

Version
Décembre 2013

Logiciel

RFEM 5

**Calcul de structure par les
éléments finis (MEF)**

Description du logiciel

Tous les droits, y compris ceux de la traduction, sont réservés.

Le présent manuel ne doit être ni reproduit – sous forme mécanique, électronique, ou par n'importe quel autre moyen comme la photocopie – sans l'autorisation écrite de DLUBAL SOFTWARE GMBH.

© **Dlubal Software GmbH**
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.fr

Contenus

	Titre	Page		Titre	Page
1.	Introduction	8	4.8	Appuis linéiques	106
1.1	Nouveautés dans RFEM 5	8	4.9	Appuis de surface	111
1.2	Capacités de programme	9	4.10	Articulations linéique	117
1.3	Profil de la société	9	4.11	Épaisseurs variables	119
1.4	Equipe RFEM	10	4.12	Surfaces orthotropes	120
1.5	Utilisation du manuel	11	4.13	Sections	125
2.	Installation	12	4.14	Articulations de barre	137
2.1	Exigences du système	12	4.15	Excentricités de la barre	144
2.2	Processus d'installation	12	4.16	Division de la barre	146
2.2.1	Installation depuis le DVD	13	4.17	Barre	147
2.2.2	Installation réseau	14	4.18	Nervures	160
2.2.3	Installation des mises à jour et des autres modules	14	4.19	Fondation élastique de la barre	163
2.2.4	Installation parallèle des versions RFEM	15	4.20	Non linéarités de la barre	165
3.	Interface utilisateur graphique	16	4.21	Ensembles de barres	168
3.1	Vue d'ensemble	16	4.22	Intersections	170
3.2	Terminologie	17	4.23	Raffinement du maillage EF	174
3.3	Termes spéciaux dans RFEM	20	5.	Cas de charge et combinaisons	179
3.4	Interface utilisateur RFEM	21	5.1	Cas de charge	179
3.4.1	Barre de menu	21	5.2	Actions	184
3.4.2	Barre d'outils	22	5.3	Expressions de combinaison	187
3.4.3	Navigateur de projet	24	5.4	Combinaisons d'action	199
3.4.4	Tableaux	28	5.5	Combinaisons de charge	203
3.4.5	Barre d'état	29	5.5.1	Combinaisons définies par l'utilisateur	204
3.4.6	Panneau de contrôle	31	5.5.2	Combinaisons générées	210
3.4.7	Boutons par défaut	36	5.6	Combinaisons de résultats	212
3.4.8	Fonctions du clavier	37	5.6.1	Combinaisons définies par l'utilisateur	212
3.4.9	Fonctions de la souris	38	5.6.2	Combinaisons générées	218
3.4.10	Gestionnaire de configuration	39	5.7	Schéma de combinaison	220
4.	Données de modèle	41	6.	Charges	221
4.1	Nœuds	46	6.1	Charges nodales	225
4.2	Lignes	52	6.2	Charges de barre	228
4.3	Matériaux	64	6.3	Charges linéiques	235
4.4	Surfaces	80	6.4	Charges de surface	239
4.5	Solides	90	6.5	Charges de solide	244
4.6	Ouvertures	97	6.6	Charges concentrées libres	246
4.7	Appuis nodaux	98	6.7	Charges linéiques libres	248
			6.8	Charges rectangulaires libres	250

Contenus

	Titre	Page		Titre	Page
6.9	Charges circulaires libres	252	8.10	Ensembles de barres - Efforts internes	319
6.10	Charges polygonales libres	254	8.11	Sections - Efforts internes	320
6.11	Déformations nodales imposées	256	8.12	Surfaces - Déformations locales	321
6.12	Déplacements linéaires imposées	257	8.13	Surfaces - Déformations globales	324
6.13	Imperfections	259	8.14	Surfaces - Efforts internes de base	325
6.14	Charges générées	264	8.15	Surfaces - Efforts internes principaux	328
7.	Calcul	265	8.16	Surfaces - Efforts internes de calcul	331
7.1	Vérification des données d'entrée	265	8.17	Surfaces - Contraintes de base	334
7.1.1	Vérification de plausibilité	265	8.18	Surfaces - Contraintes principales	336
7.1.2	Contrôle du modèle	266	8.19	Surfaces - Autres contraintes	338
7.1.3	Régénérer le modèle	269	8.20	Surfaces - Contraintes de contact	339
7.1.4	Supprimer les charges non utilisées	270	8.21	Surfaces - Contraintes équivalentes - von Mises	341
7.2	Maillage EF	270	8.22	Surfaces - Contraintes équivalentes - Tresca	343
7.2.1	Bases des éléments finis dans RFEM	270	8.23	Surfaces - Contraintes équivalentes - Rankine	344
7.2.2	Paramètres du maillage EF	273	8.24	Surfaces - Contraintes équivalentes - Bach	345
7.2.3	Raffinement du maillage EF	275	8.25	Surfaces - Déformations de base	346
7.2.4	Génération du maillage EF	276	8.26	Surfaces - Déformations principales	348
7.3	Paramètres de calcul	277	8.27	Surfaces - Déformations maximales	350
7.3.1	Cas de charge et combinaisons de charge	278	8.28	Surfaces - Déformations - von Mises	351
7.3.1.1	Onglet de dialogue <i>Paramètres de calcul</i>	278	8.29	Surfaces - Déformations - Tresca	353
7.3.1.2	Onglet de dialogue <i>Modifier la rigidité</i>	283	8.30	Surfaces - Déformations - Rankine	354
7.3.1.3	Onglet de dialogue <i>Options spéciales</i>	284	8.31	Surfaces - Déformations - Bach	355
7.3.2	Combinaisons de résultats	286	8.32	Solides - Déformations	356
7.3.3	Paramètres globaux de calcul	287	8.33	Solides - Contraintes	357
7.4	Démarrage de calcul	294	8.34	Solides - Déformations	360
8.	Résultats	297	8.35	Solides - Pression du gaz	362
8.0	Résumé des résultats	297	9.	Évaluation des résultats	363
8.1	Nœuds - forces d'appui	300	9.1	Résultats disponibles	363
8.2	Nœuds - Déformations	304	9.2	Sélection des résultats	364
8.3	Lignes - Forces d'appui	305	9.3	Affichage des résultats	365
8.4	Barres - Déformations	309	9.3.1	Résultats de barre	366
8.5	Barres - Déformations globales	311	9.3.2	Résultats de surface et de solide	367
8.6	Barres - Efforts internes	312	9.4	Affichage des valeurs	369
8.7	Barres - Forces de contact	315	9.4.1	Valeurs de résultats	369
8.8	Barres - Coefficients pour flambement	317			
8.9	Élancements de barre	318			

Contenus

	Titre	Page		Titre	Page
9.4.2	Paramètres	371	10.1.11	Exporter le rapport d'impression	422
9.4.3	Valeurs de résultats définies par l'utilisateur	372	10.1.12	Paramètres de langue	424
9.4.4	Info sur l'objet	374	10.2	Impression directe du graphique	426
9.5	Diagrammes de résultats	375	10.2.1	Général	427
9.6	Coupes	377	10.2.2	Options	430
9.6.1	Coupe à travers la surface	378	10.2.3	Echelle de couleur	432
9.6.2	Coupe à travers le solide	381	10.2.4	Impression en série	433
9.7	Résultats de lissage	382	10.2.5	Notes pour impression par traceur	435
9.7.1	Fenêtre graphique	382	11.	Outils	438
9.7.2	Diagrammes de résultats	386	11.1	Fonctions générales	438
9.7.3	Région moyenne	387	11.1.1	Paramètres de langue	438
9.8	Vues multiples des fenêtres	389	11.1.2	Propriétés d'affichage	439
9.9	Filtrer les résultats	390	11.1.3	Unités et décimales	442
9.9.1	Vues	390	11.1.4	Commentaires	443
9.9.1.1	Navigateur Vues	390	11.1.5	Fonctions de mesure	445
9.9.1.2	Boutons et menu de Visibilité	394	11.1.6	Fonctions de recherche	446
9.9.2	Plan de découpage	396	11.1.7	Point de vue et angle de vue	447
9.9.3	Fonctions de filtre	398	11.1.8	Détermination du centre de gravité	448
9.10	Animation des déformations	399	11.1.9	Rendu	449
10.	Impression	401	11.1.10	Éclairage	451
10.1	Rapport d'impression	401	11.2	Sélection	452
10.1.1	Créer ou ouvrir le rapport d'impression	401	11.2.1	Sélection graphique des objets	452
10.1.2	Travail dans le rapport d'impression	403	11.2.2	Sélection des objets par des critères	455
10.1.3	Définir le contenu du rapport d'impression	405	11.3	Fenêtre graphique	456
10.1.3.1	Sélection des données de modèle	406	11.3.1	Plans de travail	456
10.1.3.2	Sélection des données de charge	407	11.3.2	Grille	460
10.1.3.3	Sélection des données de résultats	408	11.3.3	Saisie des objets	461
10.1.3.4	Sélection des données des modules additionnels	410	11.3.4	Systèmes de coordonnées	465
10.1.4	Ajuster l'en-tête du rapport d'impression	411	11.3.5	Cotes	469
10.1.5	Insertion du graphique RFEM	414	11.3.6	Commentaires	471
10.1.6	Insérer le graphique et les textes	416	11.3.7	Lignes directives	473
10.1.7	Modèle de rapport d'impression	418	11.3.8	Grille de ligne	477
10.1.8	Ajustement de la disposition	420	11.3.9	Objets visuels	478
10.1.9	Créer la page de titre	420	11.3.10	Couches d'arrière-plan	480
10.1.10	Imprimer le rapport d'impression	422	11.3.11	Facteurs de marges et d'étirement	483
			11.4	Fonctions de modification	484
			11.4.1	Déplacer et Copier	484

Contenus

	Titre	Page		Titre	Page
11.4.2	Faire tourner	487	11.7.1.5	Diviser la barre en surfaces	533
11.4.3	Miroir	488	11.7.2	Générateurs du modèle	535
11.4.4	Projection	489	11.7.2.1	Barres	536
11.4.5	Echelle	491	11.7.2.2	Surfaces	548
11.4.6	Décalage	493	11.8	Générateurs de charge	550
11.4.7	Diviser les lignes et les barres	494	11.8.1	Fonctionnalités générales	550
11.4.8	Lignes et barres de connexion	496	11.8.2	Charges de barre/linéique des charges de surface	553
11.4.9	Fusionner les lignes et les barres	497	11.8.2.1	Charges de barre de la charge de surface via le plan	553
11.4.10	Prolonger les lignes et les barres	498	11.8.2.2	Charges de barre de la charge de surface à l'aide des cellules	557
11.4.11	Joindre les barres	499	11.8.2.3	Charges linéiques des charges de surface sur les ouvertures	558
11.4.12	Insérer un nœud	500	11.8.3	Autres charges	559
11.4.13	Insérer une barre	501	11.8.3.1	Charges de barre de la charge linéique libre	559
11.4.14	Attribution graphique des propriétés de la barre	502	11.8.3.2	Charges de barre de revêtement	559
11.4.15	Coins arrondis	503	11.8.3.3	Les charges des mouvements accélérés	560
11.4.16	Diviser la surface	503	11.8.4	Charges de neige	561
11.4.17	Appliquer la tangente aux cercles	504	11.8.4.1	Toiture terrasse/à un seul versant	561
11.4.18	Changer la numérotation	505	11.8.4.2	Toiture à deux versants	563
11.5	Fonctions de tableau	507	11.8.5	Charges de vent	564
11.5.1	Fonctions de modification	507	11.8.5.1	Voiles verticaux	564
11.5.2	Fonctions de sélection	509	11.8.5.2	Toiture-terrasse	566
11.5.3	Fonctions de vue	511	11.8.5.3	Toiture à un seul versant	567
11.5.4	Paramètres de tableau	513	11.8.5.4	Toiture à deux versants/à noue	568
11.5.5	Fonctions de filtre	515	11.8.5.5	Voiles verticaux avec toiture	570
11.5.6	Importation et exportation des tableaux	516	12.	Gestion de fichiers	571
11.6	Entrée paramétrée	519	12.1	Gestionnaire de projet	571
11.6.1	Concept	519	12.1.1	Gestion de projets	573
11.6.2	Liste de paramètres	519	12.1.2	Gestion de modèle	577
11.6.3	Éditeur de formule	523	12.1.3	Sauvegarde de données	579
11.6.4	Formules dans les tableaux et les boîtes de dialogue	525	12.1.4	Paramètres	581
11.7	Générateurs du modèle	527	12.1.4.1	Vue	581
11.7.1	Copies et extrusions	527	12.1.4.2	Corbeille	582
11.7.1.1	Décalage parallèle des lignes et des barres	527	12.1.4.3	Répertoires	583
11.7.1.2	Extruder les lignes et les barres	528	12.2	Création d'un nouveau modèle	584
11.7.1.3	Extruder les surfaces	530	12.2.1	Général	585
11.7.1.4	Générer les solides	531			

Contenus

	Titre	Page		Titre	Page
12.2.2	Historique	589	12.5.2	Formats de fichier pour l'échange de données	597
12.3	Gestion de réseau	590	12.5.3	Importation de RF-LINK *.step, *.iges, *.sat	604
12.4	Gestionnaire de blocs	591	A	Bibliographie	605
12.4.1	Créer un bloc	592	B	Index	607
12.4.2	Importer un bloc	593			
12.4.3	Supprimer un bloc	595			
12.5	Interfaces	596			
12.5.1	Echange de données direct	596			

1. Introduction

1.1 Nouveautés dans RFEM 5

RFEM, le programme d'AEF (Analyse par Éléments Finis) utilisé pour le calcul des dalles, voiles, coques, solides et charpentes, est un outil puissant qui fait face aux différents défis que vous rencontrez dans le Génie Civil moderne. Le programme représente la base pour le logiciel d'analyse DLUBAL composé de différents modules de vérification : RFEM détermine les efforts internes, déformations et réactions d'appui des modèles généraux de dalle ou de coque avec ou sans éléments de barre ou de solide.

La version de programme RFEM 5 vous offre plusieurs fonctionnalités et options utiles soulignant la convivialité et la gestion facile du programme quand vous travaillez sur des projets d'analyse structurelle. Nous voulons remercier nos clients pour leurs idées et remarques précieuses.

Vous trouverez ci-après les innovations les plus importantes de RFEM 5 :

- Interface utilisateur graphique en français, italien, polonais, portugais, russe et espagnol
- Excentricités de barre à partir des côtés de la section
- Diagrammes contrainte-déformation et critères étendus pour les appuis nodaux et articulations non linéaires
- Propriétés orthotropes pour les surfaces quadrangulaires et de membrane tout comme pour les solides
- Option d'entrée pour les sections hybrides en bois
- Modélisation des solides par l'extrusion des surfaces par rapport au plan ou au point, aussi avec des côtés effilés
- Intersections des solides avec des opérateurs booléens
- Importation des fichiers de Bentley ISM, Ansys Apdl et Scia Engineer
- Importation d'objets 3D
- Symboles de couleur dans des tableaux pour les sections, surfaces, solides, types de surfaces et de barres
- Sélection avec une ellipse, un anneau ou avec une ligne d'intersection
- Plans de travail définis par trois points ou par une ligne, une barre et des axes de surface
- Gestion de couleurs pour des types des surfaces, des raidisseurs, des barres et des solides
- Création automatique des combinaisons de charge et de résultats selon la spécification de la norme
- Raffinement progressif du maillage EF dans les zones de contour des surfaces
- Analyse des grandes déformations utilisée selon NEWTON-RAPHSON, PICARD ou comme une relaxation dynamique
- Sortie de la distribution de charge, des déformations, des coefficients et des élancements de barre
- Zones lissées pour l'évaluation des singularités
- Évaluation des résultats à l'aide du plan de coupe
- Navigateur *Vues* pour les visibilité et les angles de vue définis par l'utilisateur et générés
- Gestionnaire de configuration pour l'affichage des propriétés, des barres d'outils, des entêtes du rapport d'impression etc.
- Publipostage du graphique
- Exportation du rapport d'impression en PDF

Nous espérons que vous aurez plaisir à travailler avec RFEM 5.

Votre équipe DLUBAL SOFTWARE GMBH

1.2 Capacités de programme

Les valeurs suivantes représentent les limites supérieures dans la structure de données dans RFEM. Veuillez noter que les structures complexes nécessitent un ordinateur puissant.

Données de modèle

99999 objets de chaque catégorie (nœuds, lignes, surfaces, sections etc.)

Données de charge

99999 objets de chaque type de charge par cas de charge

Cas et combinaisons de charge

Case de charge (calcul linéaire)	9999
Combinaisons de charge (calcul non linéaire)	9999
Combinaisons de résultats	9999

Tableau 1.1 : Limites du programme RFEM

1.3 Profil de la société

Depuis le début, en 1987, DLUBAL SOFTWARE GMBH a développé ses programmes conviviaux et puissants pour l'analyse structurelle et dynamique. En 1990, la société a déménagé dans son siège actuel à Tiefenbach en Bavière de l'Est. Depuis 2010, il y a une filiale locale à Leipzig.

En utilisant nos programmes, vous trouverez l'enthousiasme de de chaque personne qui a contribué au développement du logiciel et vous apprécierez la philosophie essentielle de toutes nos applications qui peut être exprimée dans un seul mot : convivialité. Ces deux points combinés avec notre expertise en Génie Civil forment la base d'un succès grandissant de nos produits.

Le logiciel a été conçu de telle manière que même les utilisateurs avec des connaissances de base en informatique peuvent le gérer avec succès dans un très court délai. Etant très fiers, nous comptons maintenant plus que 7 000 bureaux d'ingénierie et entreprises de construction de différents domaines et endroits d'éducation supérieure parmi nos clients satisfaits dans le monde entier. Pour rester fidèles à nos objectifs, plus de 150 employés internes et externes travaillent continuellement sur le développement et sur l'amélioration des applications DLUBAL. Pour des questions et problèmes généraux, nos clients peuvent toujours compter sur notre assistance qualifiée par télécopie ou par email.

L'équilibre parfait entre le prix et la performance combiné avec le service clientèle excellent assuré par les ingénieurs expérimentés en Génie Civil assurent que les programmes DLUBAL représentent un outil essentiel pour chaque personne travaillant dans les domaines d'ingénierie structurelle, dynamique et de vérification.

1.4 Equipe RFEM

Le développement de RFEM 5 a été effectué à l'aide de l'équipe mentionnée ci-dessous :

Coordination de programme

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Pavel Bartoš
Ing. Pavol Červeňák

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Programmation

RNDr. Miroslav Šejna, CSc
Ing. Radek Brettschneider
Jan Brnušák
Ing. Martin Budáč
Ing. Michal Búzik
Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Jan Fenár
Ing. Jan Gregor
Ing. Jiří Kubíček
Dr.-Ing. Jaroslav Lain
Ing. Jan Miléř
Ing. Daniel Molnár
Ing. Petr Novák
Ing. Jan Otrádovec
Mgr. Petr Oulehle

Mgr. Jiří Patrák
Mgr. Andor Patho
Mgr. Petr Pitka
Bc. Ondřej Planý
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
Ing. Fatjon Sakiqi
Ing. Pavel Spilka
Ing. Roman Svoboda
RNDr. Stanislav Škovran
Dis. Jiří Šmerák
Ing. Jan Štalmach
Lukáš Tůma
RNDr. Miroslav Valeček
Ing. Vítězslav Zajíc
Michal Zelenka

Programmation du calcul

Doc. Ing. CSc. Ivan Němec
Ing. Jiří Buček
Ing. Jiří Doležal
Ing. Petr Horák
Ing. Jaromír Kabeláč

Ing. Ph.D. Radoslav Rusina
Ing. CSc. Ivan Ševčík
Ing. CSc. Zbyněk Vlk

Ing. Lukáš Weis
RNDr. Milan Zeiner

Conception du programme, figures des boîtes de dialogue, icônes

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
MgA. Robert Kolouch

Zdeněk Ballák
Ing. Jan Miléř

Blocs

Ing. Tommy Brtek
Ing. Dmitry Bystrov

Ing. Evžen Haluzík

Surveillance du programme

Ing. Alexandra Bayrak
Marian Bocek
Ing. Tommy Brtek
Ing. Ondřej Šašinka
Ing. Tomáš Ferencz
Ing. Vladimír Gajdoš
Ing. Jakub Harazín
Ing. Martin Hlavačka
Ing. Iva Horčíčková
Karel Kolář
Ing. František Knobloch

Ing. Ctirad Martinec
Pavla Novotná
Ing. Vladimír Pátý
Ing. Evgeni Pirianov
Ing. Václav Rek
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
Mgr. Ph.D. Vítězslav Stembera
Ing. Ondřej Šupčík
Ing. Martin Vasek
Marek Ženuch

Localisation, manuel

Ing. Fabio Borriello
 Ing. Dmitry Bystrov
 Eng.º Rafael Duarte
 Ing. Jana Duníková
 Ing. Lara Freyer
 Alessandra Grosso
 Bc. Chelsea Jennings
 Jan Jeřábek
 Ing. Ladislav Kábrt
 Ing. Aleksandra Kociolek
 Mgr. Michaela Kryšková
 Dipl.-Ing. Tingting Ling

Ing. Roberto Lombino
 Eng.º Nilton Lopes
 Mgr. Ing. Hana Macková
 Ing. Téc. Ind. José Martínez
 MA SKT Anton Mitleider
 Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
 Mgr. Petra Pokorná
 Ing. Zoja Rendlová
 Dipl.-Ing. Jing Sun
 Ing. Marcela Svitáková
 Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
 Ing. Marcin Wardyn

Support technique, gestion de qualité

M.Eng. Cosme Asseya
 Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel
 Dipl.-Ing. Moritz Bertram
 M.Sc. Sonja von Bloh
 Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß
 Dipl.-Ing. Frank Faulstich
 Dipl.-Ing. (FH) René Flori
 Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel
 Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich
 Dipl.-Ing. Wieland Götzler
 Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold
 Dipl.-Ing. (FH) Paul Kieloch

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
 Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex
 Dipl.-Ing. (BA) Sandy Matula
 Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
 M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
 Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm
 M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
 M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
 Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
 Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel
 Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.5 Utilisation du manuel

Beaucoup de chemins mènent à Rome – cette politique peut s'appliquer aussi avec RFEM : Les graphiques, tableaux et navigateurs sont sur un pied d'égalité. Les descriptions dans ce manuel respectent l'ordre et la structure des tableaux pour les données du modèle, de charge et de résultats. Les tableaux individuels sont décrits en détail colonne par colonne. Au lieu de la présentation des fonctionnalités de Windows de base, le manuel se concentre souvent sur des conseils pratiques.



S'il s'agit de votre première participation au programme, il vaut mieux travailler d'abord avec l'exemple introductif qui décrit l'insertion des données pas à pas. Veuillez trouver le document PDF sur notre site Internet <http://www.dlubal.fr/telechargement-des-manuels.aspx>. De cette manière, vous pouvez vous familiariser avec les fonctionnalités les plus importantes de RFEM. Les utilisateurs avancés peuvent essayer notre didacticiel détaillé disponible aussi au téléchargement. Les deux exemples peuvent être réalisés avec les restrictions des versions démo.



Le texte du manuel affiche les **boutons** décrits entre crochets, par exemple [Appliquer]. En même temps, ils sont affichés dans la marge gauche. En complément, les **expressions** utilisées dans les boîtes de dialogue, dans les tableaux et dans les menus sont mises en *italiques* afin de clarifier les explications.

L'index à la fin du manuel vous aide à spécifier des termes et des sujets spécifiques. Néanmoins, si vous ne trouvez toujours pas ce que vous cherchez, veuillez consulter notre site Internet www.dlubal.fr où vous pouvez parcourir nos pages FAQ et sélectionner un critère particulier.

2. Installation

2.1 Exigences du système

Pour éviter les difficultés lors de l'utilisation de RFEM, les exigences suivantes du système sont recommandées :

- Système d'exploitation Windows Vista/7/8
- x86 CPU avec 2 GHz
- RAM de 2 Go
- Lecteur DVD-ROM pour l'installation (l'installation réseau est alternativement possible)
- Capacité de disque dur de 10 Go, y compris les 2 Go exigés pour l'installation
- Carte graphique avec accélération OpenGL et résolution de 1024 x 768 pixels. Les solutions à bord et technologies de mémoire partagée ne sont pas recommandées.



RFEM n'est pas supporté par Windows 95/98/Me/NT/2000/XP, Linux, Mac OS ni par des systèmes d'exploitation de serveur.

Nous ne recommandons aucun produit à l'exception de celui de système d'exploitation, comme RFEM fonctionne sur tous les systèmes qui satisfont les configurations requises mentionnées ci-dessus. Si vous utiliser RFEM pour des calculs élevés, le principe directeur 'plus, c'est mieux' est appliqué.



Quand vous calculez des systèmes structuraux complexes, il est produit une grande quantité de données. Dès que la mémoire principale n'est plus en mesure de prendre les données, le disque dur va prendre le dessus. Ceci peut considérablement ralentir votre ordinateur. Ainsi, la mise à niveau de la mémoire principale fait avancer le calcul plus qu'un processeur plus rapide.

Comme le cœur d'analyse de RFEM supporte plusieurs cœurs de processeur, vous pouvez complètement exploiter le potentiel du système d'exploitation de 64 bits. Pour les systèmes de 32 bits, la taille de mémoire utilisée par le processeur est limitée à 2 gigaoctets. Ainsi, plus de mémoire peut être utilisé avec la technologie de 64 bits. Si votre ordinateur a suffisamment de mémoire RAM quand il travaille avec le système d'exploitation de 64 bits, la méthode de résolution d'équation rapide et directe peut être appliquée même aux modèles plus larges.

Pour calculer les systèmes de structures complexes, nous vous recommandons les paramètres suivants :

- Processeur quadricœur
- Windows 7/8 de 64 bits
- RAM de 8 Go

2.2 Processus d'installation

La famille de programme **RFEM** est livrée sur DVD. En complément au programme principal RFEM, le DVD contient tous les modules additionnels qui appartiennent à la famille de programme RFEM, par exemple **RF-CONCRETE**, **RF-STEEL**, **RF-STABILITY** etc.

Avant l'installation de RFEM, fermez toutes les applications démarrées en arrière-plan.

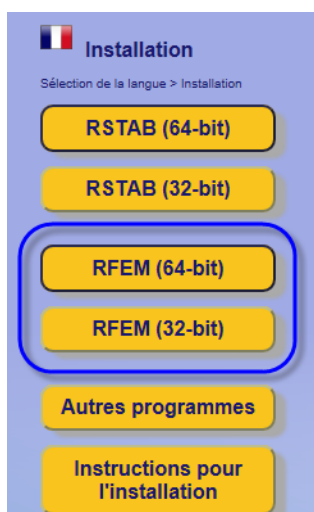


Veuillez vous assurer que vous êtes connecté en tant qu'administrateur ou que vous avez les droits d'administrateur pour l'installation des programmes. Pour travailler avec RFEM, les droits d'utilisateur sont suffisants. Veuillez trouver les instructions détaillées affichées dans la [Vidéo sur les droits d'utilisateur](#) et le [Document sur les droits d'utilisateur](#) disponibles sur notre site Internet.

2.2.1 Installation depuis le DVD

Sur le verso du boîtier DVD, vous trouverez les instructions pour l'installation.

- Insérez le DVD dans votre lecteur DVD-ROM.
- Le processus d'installation démarre automatiquement. S'il ce n'est pas le cas, l'option *d'exécution automatique* peut être désactivée. Dans ce cas, démarrez le fichier *setup.exe* à partir de DVD soit dans l'Explorateur soit par insertion de la commande 'D':\setup.exe dans le champ d'entrée du menu Démarrage ('D' est rapporté à la lettre de votre lecteur DVD).
- Dans la boîte de dialogue de démarrage, sélectionnez la langue.



Sélectionnez l'installation



Figure 2.1 : Sélectionner la langue

- Dans la boîte de dialogue, définissez la version du programme (64 bits ou 32 bits).
- Suivez les instructions de l'*Assistant d'Installation*.

Ne connecter la clé à un port USB de votre ordinateur qu'après l'installation finie. Le pilote de clé sera installé automatiquement.

Le DVD contient aussi les instructions pour l'installation et pour le manuel RFEM sous format PDF. Pour voir le manuel, vous avez besoin d'Acrobat Reader que vous pouvez installer depuis le DVD.

RFEM comme version pleine ou d'essai

Quand vous démarrez le programme pour la première fois après que l'installation ait été complétée avec succès, vous devez décider si vous voulez utiliser RFEM en version pleine ou en version d'essai qui fonctionne sur une période de 30 jours.

Pour démarrer le programme en version pleine, vous avez besoin d'un pilote de clé et d'un fichier d'autorisation (*Author.ini*). Le pilote de clé doit être inséré à un port USB de votre ordinateur. Le fichier d'autorisation contient les informations codées sur vos licences. D'habitude, nous vous envoyons le fichier *Author.ini* par e-mail. Vous pouvez accéder au fichier d'autorisation actuel aussi à l'aide de l'Extranet auquel vous vous enregistrez sur notre page Internet www.dlubal.fr. Enregistrer le fichier *Author.ini* sur votre ordinateur, sur une clé USB ou sur le réseau.

Chaque poste de travail requiert le fichier d'autorisation. Le fichier peut être copié autant de fois que vous le souhaitez. Néanmoins, si le contenu est modifié, il ne peut plus être utilisé pour l'autorisation.



Il est aussi possible de démarrer la pleine version de RFEM en utilisant une *clé logicielle*.

2.2.2 Installation réseau

Licences locales

L'installation peut être démarrée depuis n'importe quel lecteur de votre ordinateur ou du serveur. D'abord, veuillez copier le contenu de DVD au fichier correspondant. Puis, démarrez le fichier *setup.exe* du client. Les pas suivants ne diffèrent pas de ceux de l'installation depuis DVD.

Licences réseau

Quand vous avez des licences réseau, installez le programme sur les postes de travail comme décrit. Puis, les licences seront approuvées par la clé réseau SENTINEL. Vous trouverez les informations détaillées sur l'installation de la clé réseau dans les [instructions](#) sur notre site Internet.

2.2.3 Installation des mises à jour et des autres modules

Le DVD contient le paquet de programme complet y compris tous les modules additionnels. Quand vous achetez un nouveau module additionnel, il n'est pas nécessaire que vous receviez un nouveau DVD, mais vous recevrez toujours un nouveau fichier d'autorisation *Author.ini*. Pour mettre à jour l'autorisation sans la réinstallation du logiciel, sélectionnez *Charger le fichier d'autorisation* dans le menu *Aide* de RFEM.

Les vieux fichiers du programme seront enlevés et remplacés par des nouveaux quand vous installerez la mise à jour. Bien sûr, vos données de projet seront conservées !



Si vous utilisez les en-têtes que vous avez définis vous-même, veuillez les enregistrer avant l'installation de la mise à jour. Les en-têtes sont d'habitude enregistrés dans le fichier **DlubaProtocolConfigNew.cfg** que vous trouvez par défaut dans le dossier de données de base générales *C:\ProgramData\Dluba\Global\General Data*. Ce fichier ne sera pas remplacé pendant la mise à jour. Néanmoins, il peut être utile d'enregistrer un fichier de sauvegarde.

Nous vous recommandons aussi d'enregistrer vos rapports types avant l'installation de la mise à jour. Ils sont stockés dans le fichier **RfemProtocolConfig.cfg** du dossier *C:\ProgramData\Dluba\RFEM 5.xx\General Data*.

Les projets liés dans le gestionnaire de projet sont gérés dans le fichier ASCII **PRO.DLP** que vous pouvez trouver dans le dossier *C:\ProgramData\Dluba\Global\Project Manager* (voir la Figure 12.21, page 583). Si vous voulez désinstaller RFEM avant l'installation de la mise à jour, vous devez enregistrer aussi ce fichier.

2.2.4 Installation parallèle des versions RFEM

Les applications Dlubal de RFEM 4 et de RFEM 5 peuvent être démarrées parallèlement sur l'ordinateur car les fichiers de programme sont stockés dans des répertoires différents. Les dossiers par défaut de ces générations de programme sont les suivants pour un système d'exploitation de 64 bits :

- RFEM 4: C:\Programs (x86)\Dlubal\RFEM4
- RFEM 5.01: C:\Programs\Dlubal\RFEM 5.01
- RFEM 5.02: C:\Programs\Dlubal\RFEM 5.02
- RFEM 5.03: C:\Programs\Dlubal\RFEM 5.03 etc.

Tous les modèles créés avec les versions antérieures à RFEM 4 peuvent être ouverts et modifiés dans RFEM 5.

Comme les deux programmes utilisent les terminaisons de fichier différents : RFEM 4 enregistre les données de modèle dans le format ***.rf4**, RFEM dans ***.rf5**. Alors, les modèles de RFEM 4 ne seront pas remplacés quand vous les enregistrez dans RFEM 5.

3. Interface utilisateur graphique

3.1 Vue d'ensemble

Quand vous ouvrez l'un des exemples inclus dans RFEM, l'écran doit se présenter comme la figure ci-dessous (Figure 3.1). L'interface utilisateur graphique correspond aux normes habituelles de Windows.

La figure suivante vous montre les zones les plus importantes de l'interface de programme.

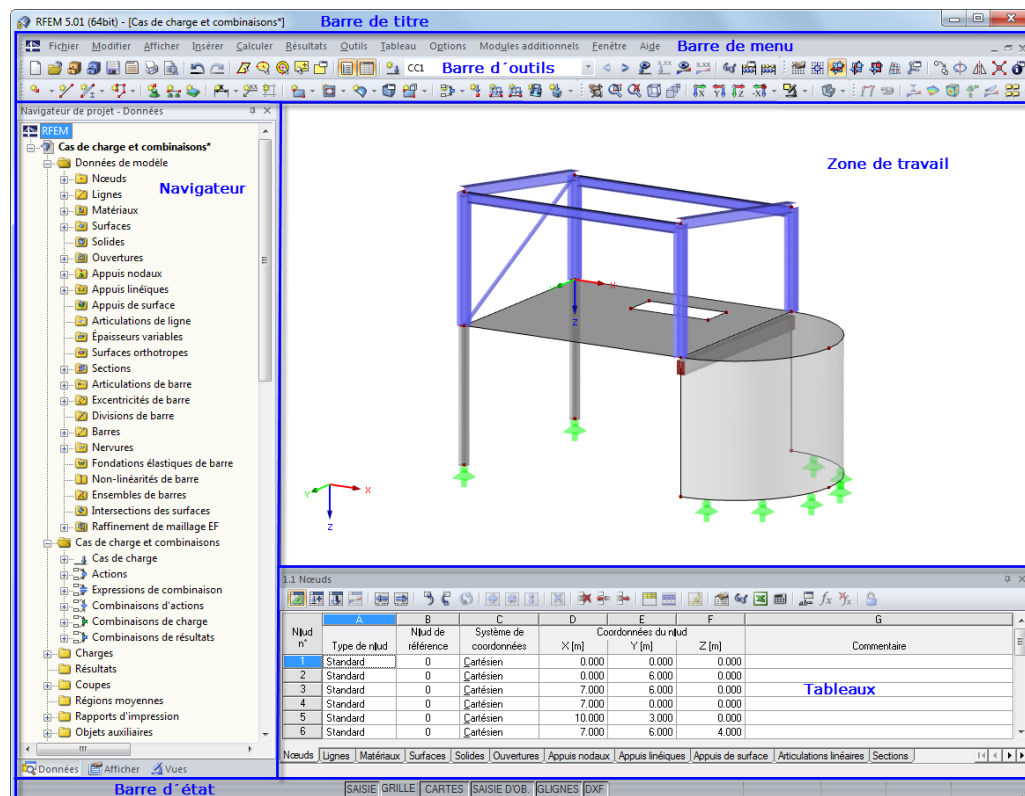


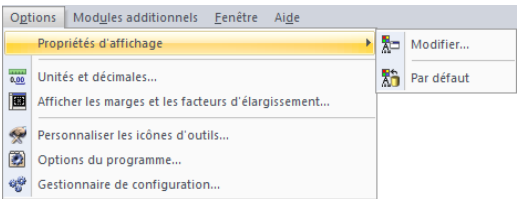


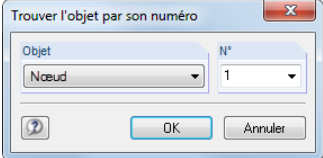
Figure 3.1 : Interface utilisateur RFEM

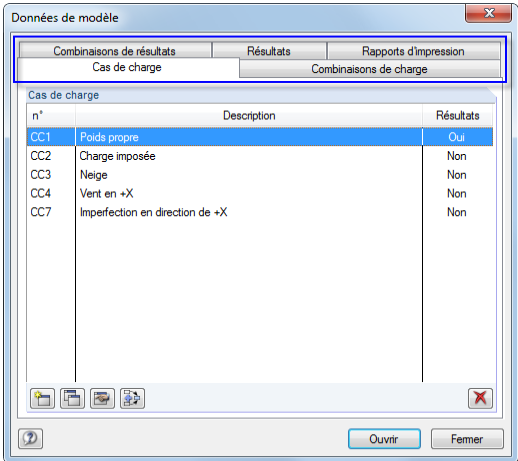
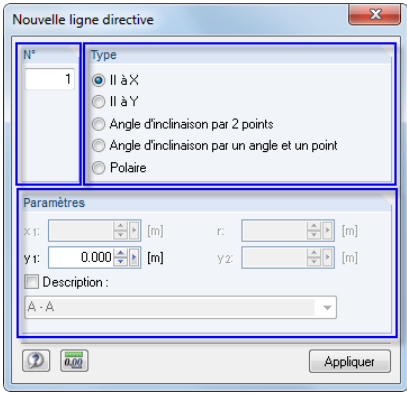
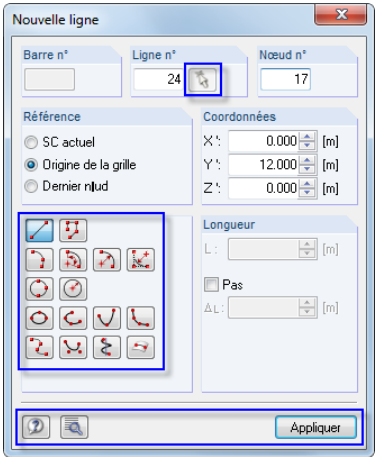
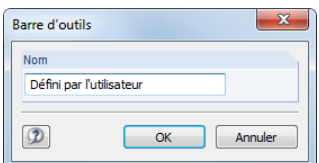
3.2 Terminologie

Ce chapitre explique les termes importants utilisés dans ce manuel rapportés à l'interface utilisateur fournie par Windows.

La description des éléments de l'interface utilisateur est faite par différents termes. Ce manuel utilise les expressions françaises souvent rapportées au manuel annuel de Microsoft concernant le Style pour les publications techniques. Certains termes sont résumés si leur différenciation n'est pas essentielle pour les opérations de RFEM.

Le tableau suivant décrit les termes fréquemment utilisés.

Terme	Figure	Synonyme	Explication
Menu		Menu déroulant	Commandes et fonctions en-dessous de la barre de titre
Menu contextuel		Sous-menu contextuel	Ouvrez le menu contextuel en cliquant sur un objet par le bouton droit de la souris. Contient des commandes et fonctions utiles pour l'objet sélectionné.
Barre d'outils		Barre de boutons	Collection des boutons en-dessous de la barre de menu
Boîte de dialogue			Fenêtre utilisée pour l'insertion des données dans la fenêtre principale

Onglets		Registre	<p>Les grandes boîtes de dialogue sont divisées dans plusieurs onglets.</p> <p>Cliquez sur un onglet pour ouvrir la fiche d'index correspondante.</p>
Section		Groupe, cadre	<p>Éléments dans une boîte de dialogue qui vont ensemble logiquement</p>
Bouton		Icône	<p>Cliquez sur un bouton pour démarrer une action (par exemple pour ouvrir une boîte de dialogue ou pour modifier les données).</p> <p>La barre d'outils contient les <i>boutons de liste</i> : Cliquez sur [▼] pour ouvrir une liste avec les fonctions similaires. Le bouton récemment sélectionné est affiché en haut.</p>
Champ d'entrée		Zone de texte, zone d'entrée	<p>Champ pour l'insertion du texte ou des numéros</p>



Bouton de liste de la barre d'outils

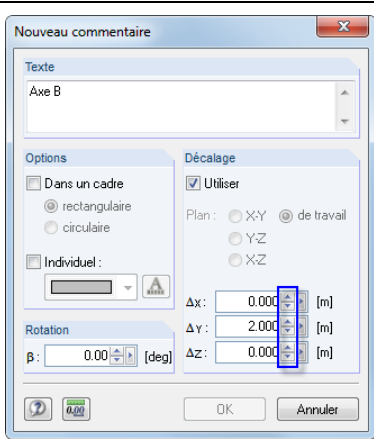
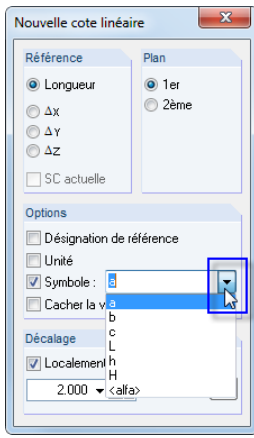
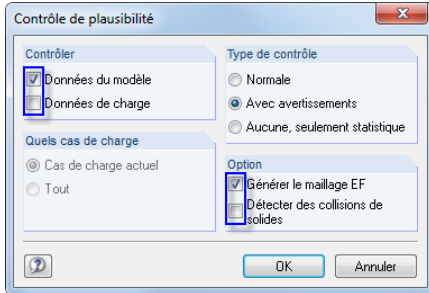
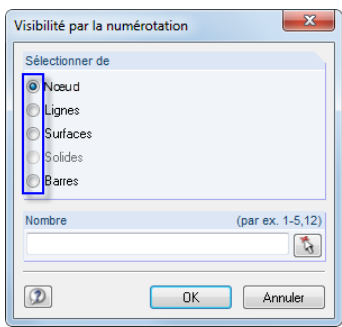
Zone de sélection numérique		Toupie	<p>Deux petits boutons près d'un champ d'entrée</p> <p>Les valeurs numériques peuvent être modifiées progressivement.</p>
Liste		Zone de liste, liste déroulante	<p>Options pour les champs d'entrée</p> <p>Les spécifications définies par l'utilisateur peuvent être ajoutées.</p>
Case à cocher		Case à cocher	<p>Décision Oui/Non en cochant ou décochant la case</p>
Champ de sélection		Case d'option	<p>Vous ne pouvez sélectionner qu'une seule option.</p>

Tableau 3.1 : Termes ou interfaces utilisateur

3.3 Termes spéciaux dans RFEM

Ce chapitre explique des termes importants spécifiques pour RFEM.

Terme	Explication
Nœud	Dans le modèle 3D, un nœud est défini par ses coordonnées (X/Y/Z). Les nœuds sont utilisés pour modéliser la géométrie d'une structure.
Ligne	Les nœuds sont liés par des lignes. Les lignes peuvent être droites, courbées ou définies par l'utilisateur, par exemple arcs et splines.
Barre	Une barre représente les propriétés d'une ligne. Par les propriétés pour le matériau et la section, une certaine rigidité est attribuée à la barre. Une barre est un élément 1D.
Ensemble de barres	Les barres peuvent être combinées dans des ensembles de barres. Les barres continues joignent les barres continuellement comme dans une barre continue. Un groupe de barres , consiste des barres connectées et peut joindre plus que deux barres dans un seul nœud.
Surface	Une surface est limitée par des lignes de contour. Par son matériau et ses propriétés d'épaisseur, une certaine rigidité est attribuée à la surface. Les surfaces sont des éléments 2D.
Solide	Un solide est entouré par des surfaces de contour (d'habitude de type <i>Nulle</i>). L'épaisseur est définie par ses propriétés de matériau. Les solides sont des éléments 3D.
Appui nodal	Les degrés de liberté sont limités pour le nœud.
Appui linéique	Les degrés de liberté sont limités pour tous les nœuds sur la ligne.
Charge nodale	Force ou moment appliqués au nœud.
Charge linéique	Une ligne est chargée par une charge concentrée, une charge uniforme ou linéairement variable. La charge agit comme force ou moment.
Charge de barre	Une barre est chargée par une charge linéaire ou concentrée. Le diagramme de charge peut être soit uniforme soit trapézoïdal. En complément aux forces et aux moments, les actions de température et de précontrainte sont possibles.
Charge de surface	Une surface est chargée par une charge uniforme ou linéairement variable. En complément aux forces, les charges de température et les déformations imposées peuvent agir sur la surface.
Charge de solide	Un solide est chargé par les effets de température ou par les déformations imposées.

Cas de charge CC	<p>Les charges d'une action sont gérées dans un cas de charge, par exemple 'poids propre' ou 'vent'.</p> <p>Les charges doivent être définies comme des charges caractéristiques (sans facteurs). Des facteurs partiels de sécurité peuvent être considérés dans les combinaisons de charge ou de résultats.</p> <p>D'habitude, un cas de charge est calculé selon l'analyse statique linéaire, mais un calcul selon l'analyse de second ordre ou des grandes déformations est aussi possible.</p>
Combinaison de charge CO	<p>Une combinaison de charge est utilisée pour superposer les cas de charge c'est-à-dire que toutes les charges des cas de charge en question sont résumées.</p> <p>D'habitude, une combinaison de charge est calculée selon l'analyse de second ordre ou des grandes déformations, mais un calcul selon l'analyse statique linéaire est aussi possible.</p>
Combinaison de résultats CR	<p>Une combinaison de résultats résume les résultats des cas de charge contenus.</p> <p>Il est aussi possible de déterminer les efforts internes et déformations extrêmes à partir des cas de charge, différentes combinaisons de charge ou de résultats par une combinaison <i>Ou</i>.</p> <p>Néanmoins, le principe additionnel de superposition n'est pas appliqué aux résultats calculés selon l'analyse de second ordre.</p>

Tableau 3.2 : Termes spécifiques de RFEM

3.4 Interface utilisateur RFEM

Ce chapitre décrit les éléments de commande individuels de RFEM (voir la Figure 3.1, page 16). Le programme respecte les standards généraux des applications Windows.

3.4.1 Barre de menu

Au-dessous de la barre de titre, vous pouvez voir la barre de menu. Toutes les fonctions RFEM sont accessibles dans la barre de menu. Les fonctions sont organisées dans des blocs logiques.

Ouvrez un menu par un simple clic sur le bouton gauche de la souris. Vous pouvez aussi utiliser la touche [Alt] du clavier en combinaison avec la lettre soulignée du titre de menu. Puis, le menu sera ouvert et vous pouvez voir ses éléments. Sélectionnez les entrées par un clic de la souris ou appuyez sur la lettre soulignée. Vous pouvez aussi sélectionner un élément à l'aide des touches de curseur [↑] et [↓] et finalement appuyer sur la touche [↵].

Quand une liste de menu est ouverte, vous pouvez basculer entre les menus ou les sous-entrées à l'aide des touches [→] et [←].

Pour quelques éléments de menu, un raccourci de clavier est affiché. Ces combinaisons de touches suivent les standards Windows. Utilisez ces raccourcis pour démarrer les fonctions directement à l'aide des touches de clavier (par exemple [Ctrl] + [S] enregistre les données).

3.4.2 Barre d'outils



Bouton de liste de la barre d'outils

En-dessous de la barre de menu, vous pouvez voir les barres d'outils avec des boutons différenciés. Utilisez ces boutons pour accéder aux fonctions les plus importantes directement par un clic de la souris. Une courte information de la fonction du bouton sera affichée quand vous passez le pointeur de la souris dessus (*Info-bulle*).

Il y a quelques boutons qui fournissent les sous-entrées sous forme de menu : Ces *boutons de liste* contiennent des fonctions liées au sujet. Cliquez sur [▼] près du symbole de bouton pour accéder aux fonctions. Le bouton récemment sélectionné est prédéfini en haut de la liste.

Pour modifier la position d'une barre d'outils, saisissez la barre dans son aire frontale avec le bouton gauche de la souris. Puis, déplacer-la à la position désirée.

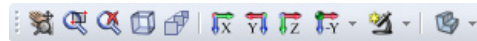


Figure 3.2 : Position fixée de la barre d'outils *Vue*

Quand vous déplacez la barre d'outils dans l'espace de travail, elle devient une barre d'outils « flottante ».



Figure 3.3 : Position flottante de la barre d'outils *Vue*

Pour fixer de nouveau la barre d'outils flottante, déplacez-la dans le cadre de la fenêtre à l'aide du bouton de la souris. Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur son titre principal.

Dans le menu **Vue**, cliquez sur **Arranger les barres d'outils personnalisées** pour ouvrir une boîte de dialogue pour modification du contenu et de l'aspect des barres d'outils. Les barres d'outils personnalisées suivent les standards Windows.

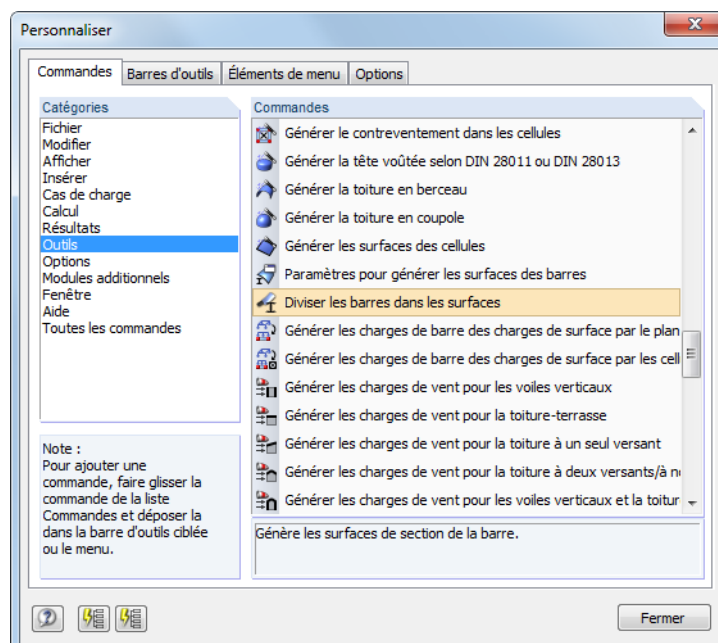
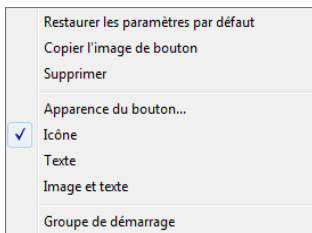


Figure 3.4 : Boîte de dialogue *Personnaliser*, onglet *Commandes*

Toutes les commandes de RFEM sont stockées par *Catégories*. Sélectionnez une entrée de la liste pour voir les boutons de toutes les *Commandes* attribuées à droite. Cliquez sur un bouton pour obtenir une explication de sa fonction dans la section de dialogue ci-dessous. Tous les boutons peuvent être déplacés à n'importe quel endroit dans la barre d'outils à l'aide de la



Menu contextuel d'un bouton ou d'un élément de menu

fonction glisser-déplacer. Il est recommandé d'intégrer ces boutons additionnels dans une nouvelle barre d'outils (voir la Figure 3.6) comme les barres d'outils restantes peuvent être remises aux entrées par défaut lors de l'installation des mises à jour.

Pour enlever un bouton de la barre d'outils, la boîte de dialogue *Personnaliser* doit être ouverte. Puis, vous pouvez glisser et déplacer le bouton de la barre d'outils dans l'espace de travail. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel figuré à gauche pour *Supprimer* le bouton.

En complément des commandes de glissement dans la barre d'outils, vous pouvez les déplacer dans les menus. De cette façon, vous pouvez créer des menus personnalisés. Les éléments de menu peuvent être supprimés ou ajustés par des spécifications de la même façon que les barres d'outils.

L'option *Apparence des boutons* disponible dans le menu contextuel ouvre la boîte de dialogue suivante :

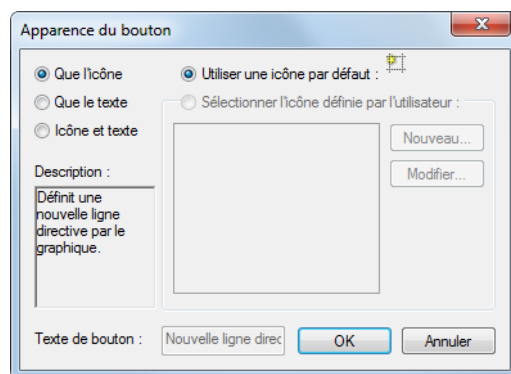


Figure 3.5 : Boîte de dialogue Apparence des boutons

La boîte de dialogue vous aide à modifier le *texte* du bouton ou de l'élément de menu. En plus, vous pouvez remplacer le symbole par défaut par une *icône définie par l'utilisateur*.



Toutes les barres d'outils disponibles sont listées dans l'onglet *Barres d'outils* de la boîte de dialogue *personnaliser*. Vous pouvez cacher les barres d'outils ou en créer des nouvelles à l'aide du bouton [Nouvelle].

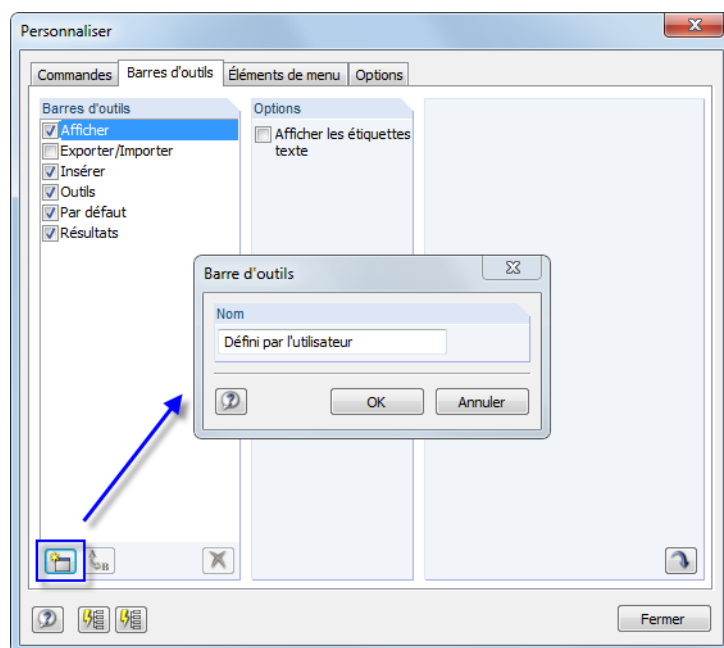


Figure 3.6 : Création d'une nouvelle barre d'outils

Insérez le *Nom* de la nouvelle barre d'outils dans la boîte de dialogue *Barre d'outils* et cliquez sur [OK]. La nouvelle barre apparaîtra dans une position flottante sur l'écran. Vous pouvez déplacer la barre d'outils à la position appropriée et la remplir avec les boutons à l'aide de l'onglet *Commandes* (voir ci-dessus).



Le bouton [Rétablir toutes les barres d'outils définies par l'utilisateur] rétablit l'état initial de la barre d'outils. Quand la liste contient une barre d'outils personnalisée, la barre d'outils sera enlevée. Les barres d'outils par défaut de RFEM ne peuvent pas être enlevées, mais seulement masquées.



Dans l'onglet *Éléments de menu*, vous pouvez créer des menus déroulants définis par l'utilisateur. Pour la création de nouvelles barres d'outils procédez comme décrit ci-dessus.

Utilisez l'onglet final *Options* du dialogue pour modifier l'apparence de l'interface utilisateur RFEM.

Les *conceptions* suivantes peuvent être sélectionnées :

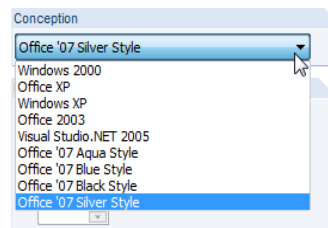


Figure 3.7 : Conceptions disponibles pour l'interface utilisateur

Les nouveaux paramètres seront activés immédiatement.

3.4.3 Navigateur de projet



A gauche de la fenêtre de travail, vous voyez un navigateur qui a l'air comme l'Explorateur Windows. Pour afficher ou masquer le *Navigateur de projet*, ouvrez le menu **Vue** et sélectionnez le **Navigateur** ou utilisez le bouton de la barre d'outils correspondant.



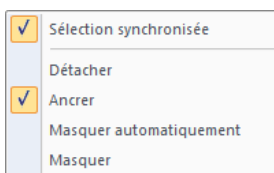
Figure 3.8 : Bouton *Navigateur* dans la barre d'outils *Par défaut*

Le navigateur vous montre les données de modèle des fichiers ouverts dans une structure d'arborescence. Cliquez sur [+] pour ouvrir une branche de la structure d'arbre, cliquez sur [-] pour la fermer. Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur l'entrée.

Pareillement aux barres d'outils, vous pouvez utiliser la souris pour « saisir » le navigateur par sa barre de titre et le déplacer dans l'espace de travail. Pour le fixer à nouveau, cliquez deux fois sur la barre de titre ou déplacez le navigateur dans le cadre de la fenêtre. Quand vous déplacez le navigateur, les boutons directionnels affichés à gauche seront affichés et vous facilitent l'ancrage à l'un des quatre côtés de la fenêtre graphique. Faites glisser le navigateur au bouton flèche de votre choix et relâchez le bouton gauche de la souris dès que le pointeur est placé sur le bouton.

Si vous ne voulez pas que le navigateur soit ancré au cadre de la fenêtre, annulez la sélection correspondante dans le menu contextuel du navigateur.

Quand l'élément de menu *Sélection synchronisée* est coché, un objet marqué dans le navigateur sera souligné avec des couleurs dans le graphique du modèle.



Menu contextuel d'un navigateur

L'option de menu contextuel *Masquage automatique* vous permet de minimiser un navigateur ancré : Quand vous cliquez dans la fenêtre graphique, le navigateur glisse au bord et devient une barre mince (voir la Figure 3.9). Pour sélectionner cette fonction vous pouvez utiliser aussi le bouton d'épingle en haut à droite du navigateur (voir la Figure 3.10, page 26).

Le navigateur sera ouvert en pleine grandeur à nouveau quand vous déplacez le pointeur à travers le champ du *Navigateur de projet* souligné dans la barre de navigateur ancrée.

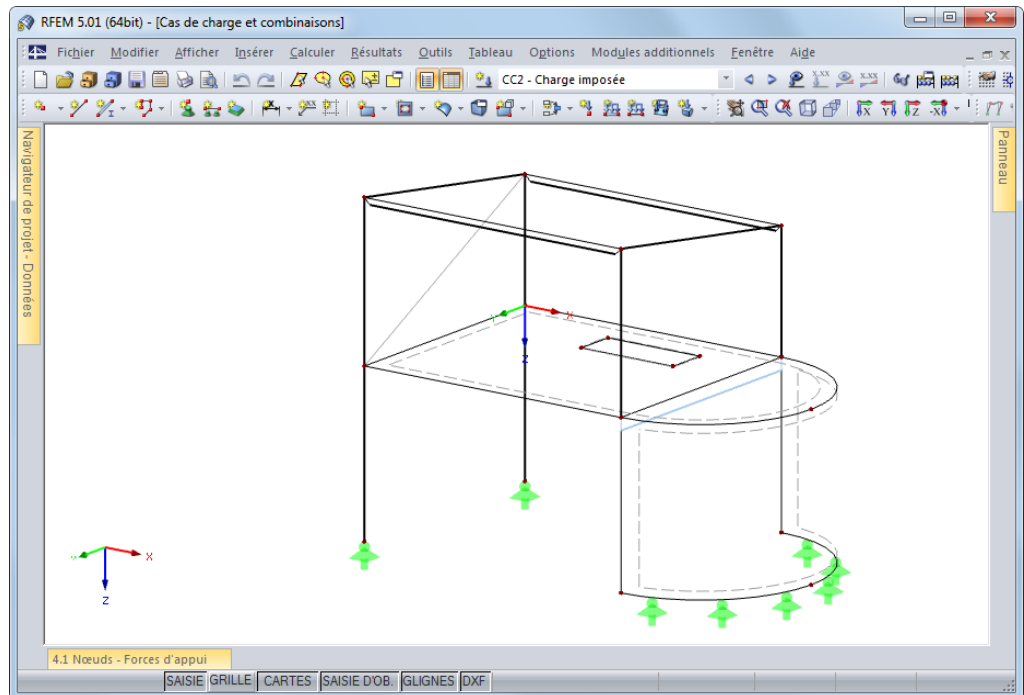


Figure 3.9 : Navigateur, tableaux et panneau dans le mode Masquage automatique

Au bord inférieur du navigateur, vous pouvez voir trois onglets (quatre après les calculs). Utilisez les onglets pour basculer parmi les navigateurs *Données*, *Afficher*, *Vues* et *Résultats*.

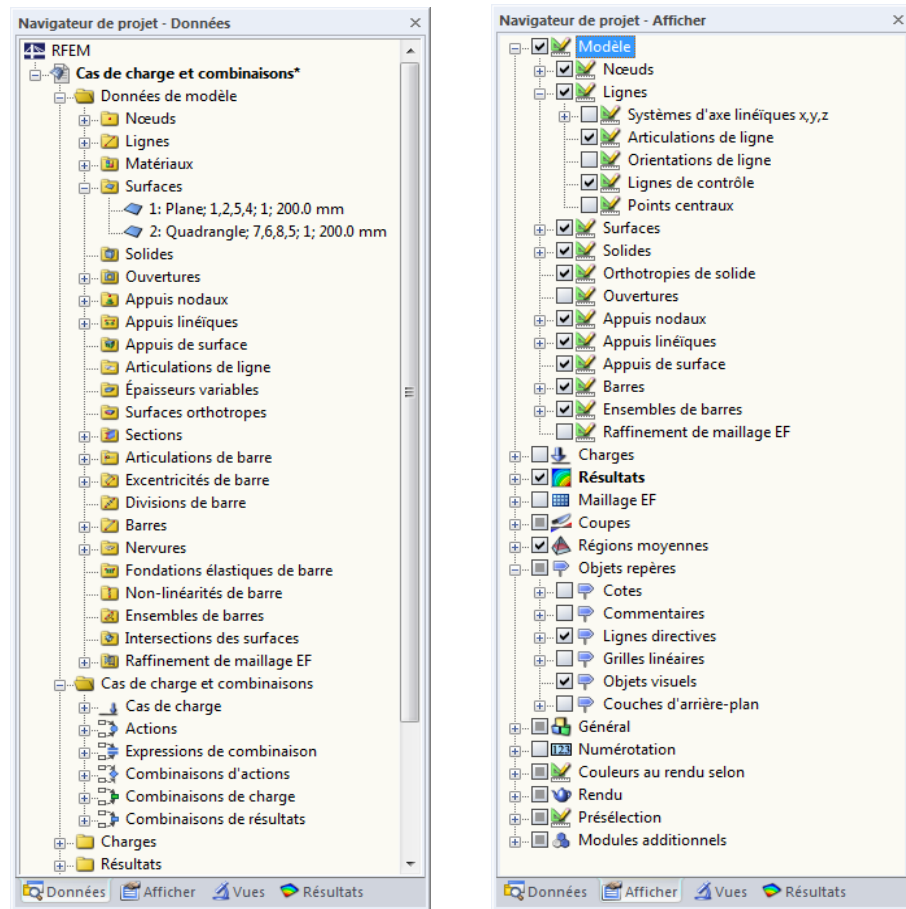


Figure 3.10 : Onglets pour *Données* et *Afficher* dans le navigateur de projet

Navigateur *Données*

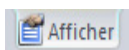
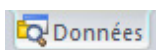
Ce navigateur gère les données du modèle et de charge tout comme les résultats calculés. Cliquez deux fois sur l'entrée (une « feuille » de la structure arborescente) et ouvrez une boîte de dialogue pour modifier l'objet sélectionné. Quand vous cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'entrée, un menu contextuel s'affiche avec les fonctions utiles utilisées pour créer ou modifier l'objet.

Les objets incorrectement définis sont affichés en lettres rouges, les objets non utilisés sont affichés en lettres bleues.

Navigateur *Afficher*

Ce navigateur gère l'affichage dans la fenêtre graphique. Quand vous décochez la case d'une entrée, l'objet correspondant sera masqué dans le graphique.

Utilisez le menu contextuel du navigateur affiché à gauche pour enregistrer ou importer les paramètres définis par l'utilisateur. Vous pouvez appliquer aussi les paramètres enregistrés par défaut pour de nouveaux modèles.



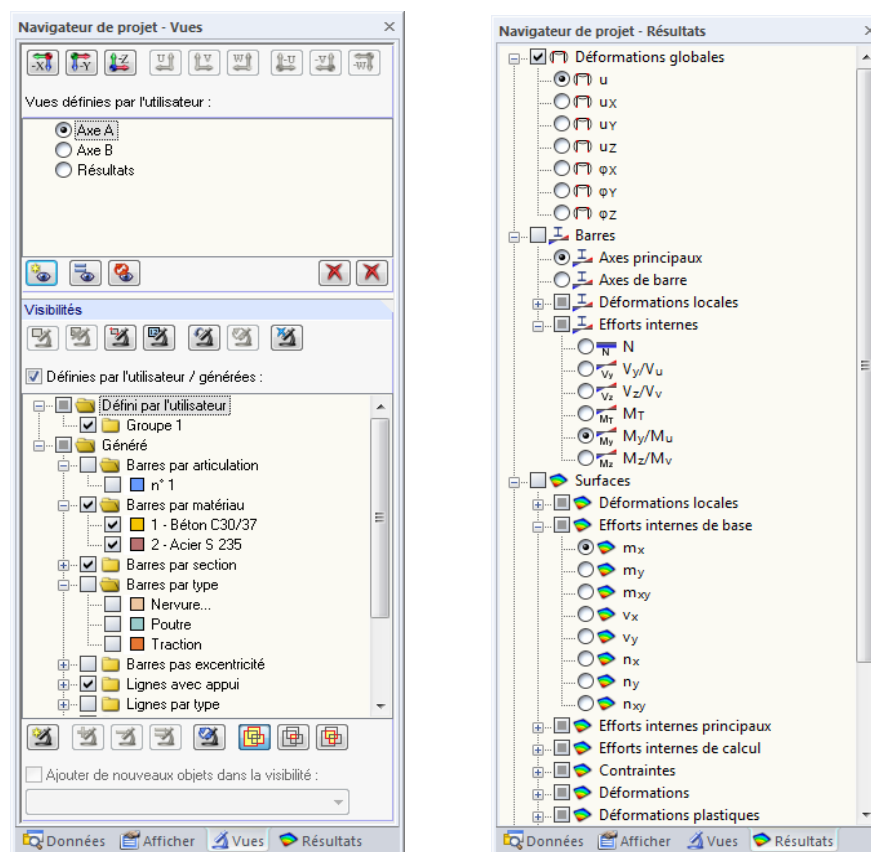


Figure 3.11 : Onglets pour Vues et Résultats dans le navigateur de projet

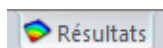
Navigateur Vues



Le navigateur gère les vues définies par l'utilisateur tout comme les visibilitées des objets définies par l'utilisateur et créées automatiquement (utilisez « Vues partielles » et « Groupes » dans RFEM 4). Les boutons sont disponibles pour créer les vues définies par l'utilisateur, pour définir les visibilitées, pour intégrer les objets dans les visibilitées définies par l'utilisateur etc.

Le travail avec les vues et les visibilitées est décrit dans le chapitre 9.9.1, page 390.

Navigateur Résultats



Avec le navigateur final, vous contrôlez les résultats affichés dans le graphique. Les entrées disponibles dépendent du fait si les résultats de RFEM ou d'un module additionnel sont affichés.

3.4.4 Tableaux

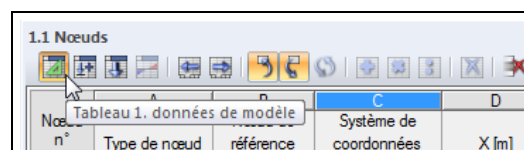


Au bord inférieur de la fenêtre de RFEM, vous voyez les tableaux. Pour afficher ou masquer les tableaux, cliquez sur **Afficher** dans le menu **Tableau** ou utilisez le bouton correspondant.



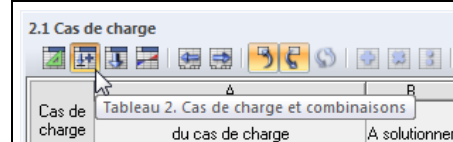
Figure 3.12 : Bouton *Tableau activé/désactivé* dans la barre d'outils *Par défaut*

Il y a quatre groupes de tableaux. Pour basculer parmi les tableaux, utilisez les quatre premiers boutons affichés dans la barre d'outils du tableau ou bien tapez sur **Atteindre** dans le menu de **Tableau**.



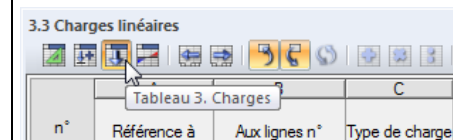
Menu de tableau → Atteindre → Données de modèle

Tableaux pour les données de modèle



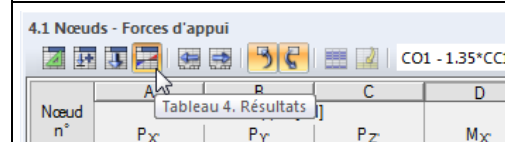
Menu de tableau → Atteindre → Cas de charge et combinaisons

Tableaux pour les cas de charge et combinaisons



Menu de tableau → Atteindre → Charges

Tableaux pour les charges



Menu de tableau → Atteindre → Résultats

Tableaux pour les résultats

Tableau 3.3 : Boutons pour la gestion des groupes

Les tableaux gèrent toutes les données de modèle et de charge numériquement. Plusieurs fonctions puissantes permettent une entrée de donnée efficace (voir le chapitre 11.5, page 507).

Par le travail successif dans les tableaux, RFEM assure que toutes les données sont capturées. Les tableaux représentent l'organisation des données internes de RFEM. Les descriptions de l'entrée et de la sortie sont à trouver dans les chapitres 4, 5, 6 et 8 et sont basées sur la structure de ces tableaux.

Pareillement aux barres d'outils, vous pouvez utiliser la souris pour « saisir » les tableaux par leur barre de titre et les déplacer dans l'espace de travail. Pour ancrer un tableau, cliquer deux fois sur sa barre de titre ou déplacez le tableau dans le cadre de fenêtre ou sur l'un des boutons directionnels affichés à gauche.



Les tableaux ancrés peuvent être minimisés quand l'option du menu contextuel *Masquer automatiquement* est définie. Dès que vous cliquez dans la fenêtre graphique, ils glissent sur le bord (voir la Figure 3.9, page 25). Vous pouvez aussi utiliser le bouton d'épingle en haut à droite du tableau pour sélectionner la fonction de minimisation. Les tableaux sont ouverts à nouveau en pleine taille quand vous déplacez le pointeur sur la barre ancrée.



Quand vous sélectionnez une ligne de tableau par un clic de la souris, les objets correspondants sont soulignés par des couleurs dans le graphique. D'une façon réciproque, quand un objet est sélectionné dans la fenêtre graphique, la ligne de tableau correspondante est aussi affichée et soulignée. Pour contrôler les paramètres pour la « synchronisation de la sélection », pointez sur **Paramètres** dans le menu de **Tableau**. Vous pouvez aussi utiliser les boutons affichés à gauche (voir le chapitre 11.5.4, page 513).

3.4.5 Barre d'état

En dessous de la fenêtre graphique de RFEM, vous pouvez voir la barre d'état. Pour activer ou désactiver la barre, cliquez sur la **Barre d'état** dans le menu **Vue**.

La barre d'état est composée des trois aires.

Aire gauche

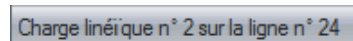


Figure 3.13 : Aire gauche de la barre d'état

Le texte affiché diffère selon la fonction du programme qui est activée. Quand le pointeur est déplacé à travers la fenêtre graphique, les informations sur l'objet indiqué par le pointeur sont affichées.

Si vous êtes débutant dans RFEM, jetez un coup d'œil sur cette section: Vous pouvez trouver les descriptions utiles des boutons de la barre d'outils et des boîtes de dialogue.

Aire centrale

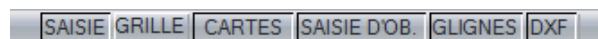


Figure 3.14 : Aire centrale de la barre d'état

Sa fonctionnalité est similaire à celle d'une barre d'état, contrôlant l'affichage de la fenêtre graphique.

SAISIE

Le bouton active ou désactive la fonction d'alignement de la grille. Utiliser le menu contextuel pour accéder dans la boîte de dialogue avec des paramètres spécifiques pour les paramètres de la grille (voir le chapitre 11.3.2, page 460).



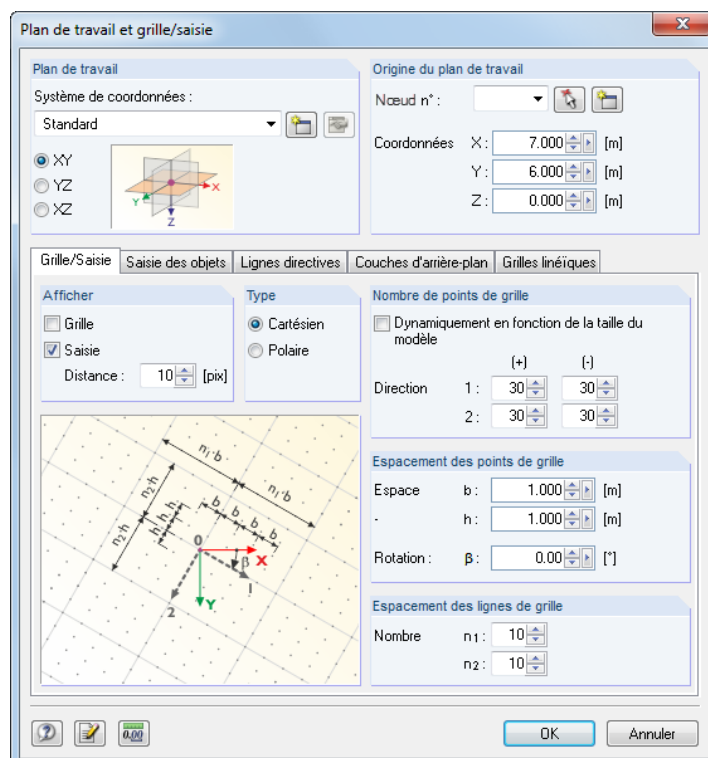


Figure 3.15 : Boîte de dialogue *Plan de travail et Grille/saisie*

GRILLE

Cliquez sur le bouton pour afficher ou masquer la grille. Sélectionnez *Modifier* dans le menu contextuel pour ouvrir la boîte de dialogue affichée dans la Figure 3.15.

En complément, le menu contextuel vous offre la possibilité de maximiser ou de minimiser l'espacement de la grille progressivement.

ORTHO / CARTES / POLAIRE

Utilisez ce bouton pour sélectionner la grille orthogonale, cartésienne ou polaire. Avec le menu contextuel, vous pouvez ouvrir la boîte de dialogue affichée dans la Figure 3.15. En complément, vous pouvez élargir et réduire progressivement l'espacement de la grille.

SAISIE D'OB.

Le bouton active ou désactive l'alignement de l'objet (voir le chapitre 11.3.3, page 461).

GLIGNES

Le bouton gère l'affichage des lignes directives (voir le chapitre 11.3.7, page 473).

DXF

Utilisez ce bouton pour afficher ou masquer les couches d'arrière plan (voir le chapitre 11.3.10, page 480).



Aire droite

SC : Global XYZ	Plan: XY	X: 7.000 m	Y: 0.000 m	Z: 4.000 m
-----------------	----------	------------	------------	------------

Figure 3.16 : Aire droite de la barre d'état

L'aire droite de la barre d'état affiche les informations suivantes sur les données insérées graphiquement :

- Mode de visibilité (s'il est actif)
- Système de coordonnées SC
- Plan de travail
- Coordonnées de la position actuelle de pointeur

3.4.6 Panneau de contrôle



Dès que les efforts internes ou les déformations sont affichés graphiquement, le **panneau** est affiché dans la fenêtre graphique qui offre les possibilités pour l'affichage et la gestion. Pour afficher ou masquer le panneau,

sélectionnez le **Panneau de contrôle (Échelle de couleur, Facteurs, Filtre)** dans le menu **Vue**

ou utilisez le bouton affiché à gauche.



Pareillement à la barre d'outils, vous pouvez utiliser la souris pour « saisir » le panneau par sa barre de titre et le déplacer dans l'espace de travail. Pour ancrer le panneau, cliquez deux fois sur sa barre de titre ou bien déplacez le tableau dans le cadre de fenêtre ou sur l'un des boutons directionnels affichés à gauche.

Le panneau ancré peut être minimisé quand l'option de menu contextuel *Masquage automatique* est définie. Dès que vous cliquez dans la fenêtre graphique, elle glisse sur le bord (voir la Figure 3.9, page 25). Vous pouvez aussi utiliser le bouton d'épingle en haut à droit du tableau pour sélectionner la fonction de minimisation. Le panneau sera ouvert à nouveau en pleine taille quand vous déplacez le pointeur sur la barre ancrée.

Le panneau de contrôle se compose des onglets suivants : *Échelle de couleur*, *Facteurs*, *Filtre* et *Épaisseurs*, si disponibles.

Spectre de couleur

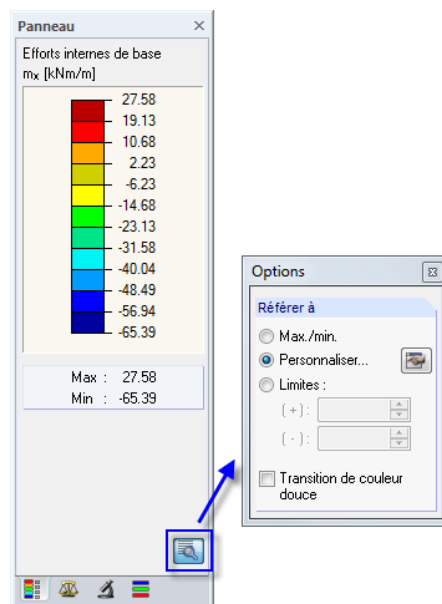


Figure 3.17 : Panneau de contrôle, onglet *Spectre de couleur* avec la boîte de dialogue *Options* active

Quand il est défini l'affichage multicouleurs des résultats, le premier onglet affiche le spectre de couleur avec les gammes attribuées des valeurs. Il y a onze zones de couleur définies par défaut qui couvrent la gamme entre les valeurs extrêmes dans les intervalles équivalents.

Pour ajuster le spectre de couleurs, cliquez deux fois sur l'une des couleurs. Vous pouvez utiliser aussi le bouton [Options] disponible dans le panneau. La boîte de dialogue *Options* sera ouverte (Figure 3.17) quand vous cliquez sur le bouton [Modifier] pour accéder à une autre boîte de dialogue pour modifier la gamme de couleurs et de valeurs.

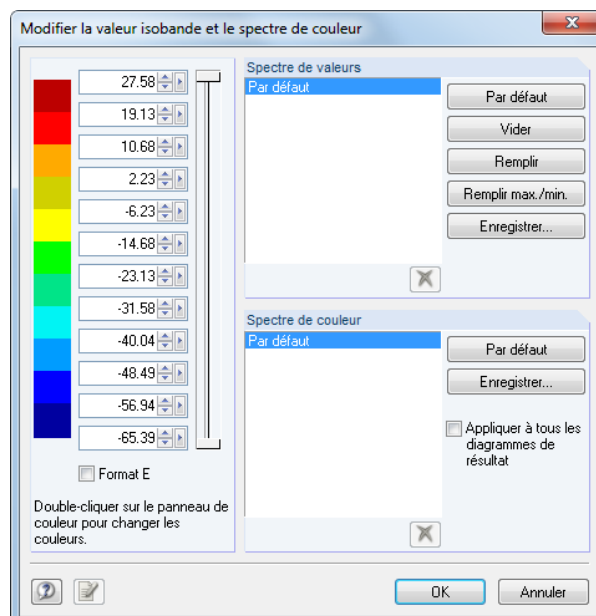


Figure 3.18 : Boîte de dialogue *Modifier la valeur isobande et le spectre de couleur*

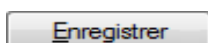
Utilisez les curseurs verticaux à droite des valeurs pour réduire le nombre de plages de couleur aux deux extrémités du spectre de couleurs.

Vous pouvez modifier les couleurs individuellement en cliquant deux fois sur un champ de couleurs.

En plus, vous pouvez ajuster les valeurs du spectre manuellement. Veuillez prendre soin de suivre strictement l'ordre ascendant ou descendant. Utilisez les boutons dans la section de dialogue *Spectre de valeur* pour attribuer les valeurs. Les boutons sont définis comme suit :

Bouton	Fonction
Par défaut	Il y a onze zones de couleur définies par défaut.
Vide	Toutes les valeurs dans les champs d'entrée seront supprimées.
Remplir	Les valeurs seront introduites de façon équidistante entre le maximum et le minimum dépendant du nombre de zones de couleurs.
Remplir max/min	Pour un spectre de couleur réduit, les valeurs interpolées sont calculées par rapport aux valeurs extrêmes absolues ou manuellement insérées.
Enregistrer	Le spectre de valeurs sera enregistré comme un échantillon global.

Tableau 3.4 : Les boutons dans la section de dialogue *Spectre de valeur*



Cochez la case en face de *Appliquer à tous les diagrammes de résultats* pour utiliser le spectre de couleur courant pour afficher les résultats de tous les cas de charge, combinaisons de charge et de résultats. Le spectre de valeurs n'est pas influencé car l'attribution globale pour les déformations, efforts, moments et contraintes serait difficile. Cliquez sur [Enregistrer] pour enregistrer le spectre de couleur modifié comme défini par l'utilisateur.

Utilisez le bouton actif [Options] affiché dans la Figure 3.17 pour sélectionner d'autres options dans la boîte de dialogue *Options*.

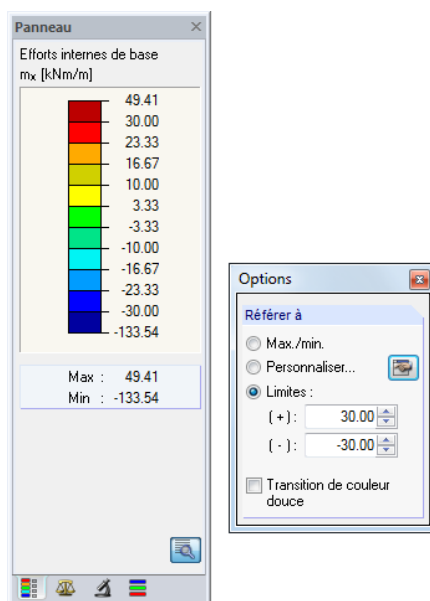


Figure 3.19 : Boîte de dialogue *Options*, option *Limites +/-*

La référence aux valeurs limites vous permet d'évaluer les résultats exactement dans une zone définie. Les dépassements des limites supérieures et inférieures sont représentés par des couleurs différentes. Avec les valeurs définies dans la Figure 3.19, vous pouvez voir les moments m_x affichés aux nuances très fines avec la gamme de ± 30 kNm/m. Les valeurs au-delà de la zone définie sont affichées en couleurs rouge ou bleu.

Cochez la case pour *Transition de couleurs douce* dans la boîte de dialogue *Options* pour faire disparaître les contours claires des zones de couleurs. Le spectre de couleur aux nuances très fines peut être défini d'une façon indépendante, peu importe laquelle de ces trois options de référence est sélectionnée pour les valeurs de résultat.

Facteurs

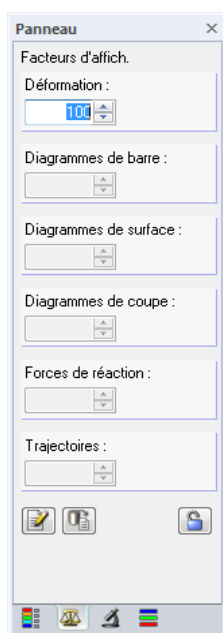


Figure 3.20 : Panneau de contrôle, onglet *Facteurs*

Utilisez le deuxième onglet de panneau pour contrôler les facteurs d'échelle pour l'affichage graphique. En fonction du graphique de résultats actuellement défini, vous pouvez accéder aux champs d'entrée pour mettre en échelle les *Déformations*, *Diagrammes de barres*, *Diagrammes de surface*, *Diagrammes de coupe*, *Forces de réaction* et *Trajectoires*.

Filtrer



Figure 3.21 : Panneau de contrôle, onglet *Filtrer*

Avec l'onglet *Spectre de couleurs*, vous pouvez filtrer les valeurs de résultat en général. Utilisez l'onglet *Filtrer* pour sélectionner différents affichages de résultat pour les surfaces, barres ou solides particuliers.



Vous devez insérer les numéros des barres correspondantes, des surfaces ou des solides dans le champ d'entrée *Afficher les diagrammes pour*. Puis, avec un clic sur le bouton [Appliquer], vous définissez le filtre dans le graphique.



Il est aussi possible de reprendre les numéros d'objet du graphique : D'abord, sélectionnez les barres, surfaces ou solides (sélection multiple à l'aide de la fenêtre ou bien par tenir la touche [Ctrl] appuyée). Puis, cliquez sur le bouton [Importer de la sélection].



Les paramètres de filtre du panneau influencent aussi les objets dans les tableaux de résultat : Quand vous limitez l'affichage des résultats dans le panneau à par exemple deux barres, le tableau 4.6 *Barres - Effort internes* ne liste que les résultats de ces deux barres.

3.4.7 Boutons par défaut

Les boutons sont utilisés dans beaucoup de boîtes de dialogue. Quand vous mettez le pointeur sur un bouton, sa fonction sera affichée en une description courte au bout d'un moment.

La vue d'ensemble suivante décrit les boutons par défaut fréquemment utilisés.























Bouton	Nom	Fonction
	Nouveau	Ouvre une boîte de dialogue pour définir un objet
	Modifier	Ouvre une boîte de dialogue pour modifier un objet
	Supprimer	Supprime un objet ou une entrée
	Sélectionner	Sélection graphique
	Appliquer	Importer de la sélection courante
	Bibliothèque	Ouvre une collection des données stockées
	Aide	Ouvrir la fonction d'aide
	Utiliser	Applique les modifications sans fermer la boîte de dialogue
	Paramètres	Ouvre une boîte de dialogue pour les paramètres détaillés
	Commentaires	Accès aux modules de texte par défaut → chapitre 11.1.4, page 443
	Unités et décimales	Paramètres pour les unités et décimales → chapitre 11.1.3, page 442
	Par défaut	Restaure les paramètres par défaut
	Définir par défaut	Enregistre les paramètres courants comme par défaut
	Police	Option pour définir la police et les tailles de police
	Couleurs	Option pour définir les couleurs
	Info	Affiche les informations sur un objet
	Sélection du transfert	Transfère les éléments sélectionnés d'une liste à l'autre
	Transférer tout	Transfère tous les éléments sélectionnés d'une liste à l'autre
	Enregistrer	Stocke les entrées définies par l'utilisateur
	Importer	Importe les entrées stockées
	Sélectionner	Sélectionne certains ou tous les objets
	Désélectionner	Supprime ou annule tous les éléments

Tableau 3.5 : Boutons pas défaut

3.4.8 Fonctions du clavier

Les fonctions souvent requises dans les tableaux et l'interface utilisateur graphique sont aussi accessibles à l'aide du clavier.

[F1]	Aide
[F2]	Tableau suivant
[F3]	Tableau précédant
[F4]	Vérification de plausibilité pour le tableau actuel
[F5]	Vérification de plausibilité pour tous les tableaux
[F7]	Fonction de sélection dans les tableaux
[F8]	Copie la cellule de tableau ci-dessus ou affiche le modèle entier sur l'écran
[F9]	Calculatrice
[F10]	Barre de menu
[F12]	Enregistre le modèle sous un nouveau nom
[Alt]	Barre de menu
[Ctrl]+[2]	Copie une ligne de tableau dans la ligne suivante
[Ctrl]+[A]	Fonction <i>Restaurer</i>
[Ctrl]+[C]	Copie dans le presse-papiers
[Ctrl]+[E]	Exporte les données
[Ctrl]+[F]	Recherche dans le tableau
[Ctrl]+[G]	Génère les entrées dans le tableau
[Ctrl]+[H]	Trouve les entrées dans le tableau et les remplace
[Ctrl]+[I]	Insère une ligne dans le tableau ou importe les données
[Ctrl]+[L]	Saute le numéro spécifique de ligne dans le tableau
[Ctrl]+[N]	Crée un nouveau modèle
[Ctrl]+[O]	Ouvre un modèle existant
[Ctrl]+[P]	Imprime le graphique
[Ctrl]+[R]	Supprime une ligne dans le tableau
[Ctrl]+[S]	Enregistre les données
[Ctrl]+[U]	Efface la sélection dans le tableau
[Ctrl]+[V]	Insère du presse-papiers
[Ctrl]+[X]	Découpe les éléments dans le tableau
[Ctrl]+[Y]	Supprime le contenu d'une ligne dans le tableau
[Ctrl]+[Z]	Fonction <i>Rétablir</i>
[+] [-] Clavier numérique	Zoom

Tableau 3.6 : Fonctions du clavier



Il est prévu qu'aucune boîte de dialogue n'est ouverte, la touche [Entrée] appelle la dernière fonction utilisée. Ainsi, la réapplication des données est plus simple, par exemple le nouveau placement des objets de modèle ou de charge dans la fenêtre graphique.

3.4.9 Fonctions de la souris

Les fonctions de la souris correspondent aux standards généraux des applications Windows. Pour sélectionner un objet à modifier, cliquez sur lui avec le bouton **gauche** de la souris. Cliquez deux fois sur l'objet quand vous voulez ouvrir son dialogue pour la modification. Vous pouvez appliquer ces fonctions aux objets de la fenêtre graphique tout comme aux entrées dans le navigateur *Données*.

Les objets de modèle et de charge peuvent être déplacés dans la fenêtre graphique par la fonction Glisser-déplacer. Pour copier les objets, tenez en plus la touche [Ctrl] appuyée. La fonction Glisser-déplacer peut être activée ou désactivée dans le menu contextuel général (voir la Figure 11.53, page 470).

Quand vous cliquez sur l'objet avec le bouton **droit** de la souris, son menu contextuel s'affiche avec les commandes et fonctions correspondantes.

Les menus contextuels sont disponibles dans le graphique, dans le navigateur et dans les tableaux.



Figure 3.22 : Menu contextuel de l'appui nodal dans le graphique



En utilisant le **bouton roulette**, vous pouvez maximiser ou minimiser la représentation actuelle du modèle. La position du pointeur est toujours prévue comme un centre de la zone zoomée.

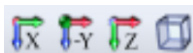


Appuyez sur la roulette pour déplacer le modèle directement dans l'espace de travail, c'est-à-dire sans précédemment activer le bouton de la barre d'outils [Déplacer, Zoomer]. En plus, si vous tenez la touche [Ctrl] appuyée, vous pouvez tourner le modèle. La rotation du modèle est aussi possible en utilisant le bouton roulette et le bouton droit de la souris appuyé en même temps. Les symboles de pointeur figurés à gauche indiquent la fonction sélectionnée.

Pour tourner l'affichage autour d'un nœud particulier, sélectionnez d'abord le nœud. Puis, tenez la touche [Alt] appuyée et en plus, appuyez sur le bouton roulette pour tourner le modèle autour du nœud sélectionné.



Les options proposées par une souris 3D peuvent être utilisées aussi avec l'interface utilisateur graphique de RFEM.



En plus, RFEM vous offre une fonction utile pour afficher les objets sélectionnés rapidement dans la vue maximisée : D'abord, sélectionnez les objets dans la fenêtre graphique. Puis, tenez la touche Maj [↑] appuyée et cliquez sur l'un des boutons disponibles dans la barre d'outils *Vue* figurée à gauche. La fenêtre graphique vous montre une vue partielle maximisée de l'objet dans la direction de vue sélectionnée.

3.4.10 Gestionnaire de configuration

Le gestionnaire de configuration rend possible l'accès aux paramètres disponibles pour afficher les propriétés, polices, barres d'outils, en-tête d'impression etc. Pour ouvrir le gestionnaire de configuration, sélectionnez le **Gestionnaire de configuration** dans le menu **Options** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

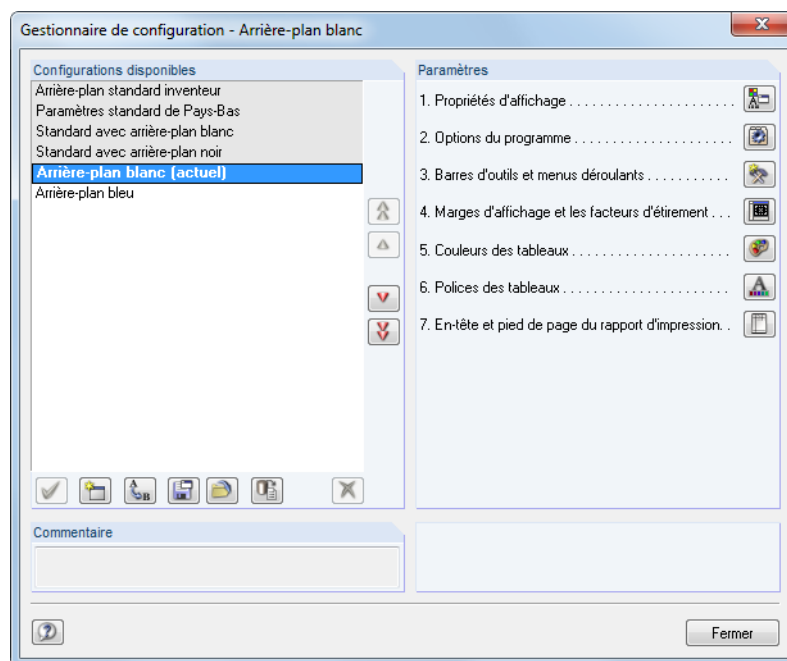


Figure 3.23 : Boîte de dialogue *Gestionnaire de configuration*

Configurations disponibles

Cette section de dialogue liste toutes les configurations qui ont été définies par l'utilisateur ou créées pendant l'installation. Les paramètres actuellement utilisés par le programme sont soulignés et indiqués comme *actuels*.

La configuration *Standard* est prédéfinie, elle ne peut pas être supprimée.

Les boutons en dessous de la section de dialogue ont les fonctions suivantes :








Bouton	Fonction
	Définit l'entrée sélectionnée ci-dessus comme une nouvelle configuration <i>actuelle</i>
	Crée une nouvelle configuration des paramètres actuels (→ Figure 3.24)
	Renomme la configuration sélectionnée
	Exporte la configuration sélectionnée dans un fichier
	Importe une configuration d'un fichier
	Rétablit les valeurs par défaut
	Supprime la configuration sélectionnée (pas possible pour <i>Standard</i> et <i>Actuel</i>)

Tableau 3.7 : Les boutons pour les *Configurations disponibles*



Utilisez le bouton [Nouvelle configuration] pour enregistrer les paramètres actuels comme une nouvelle configuration. Une boîte de dialogue s'ouvre et vous pouvez y insérer une *Description*. Un *Commentaire* optionnel facilite la sélection ultérieure parmi différentes configurations que vous aurez définies.

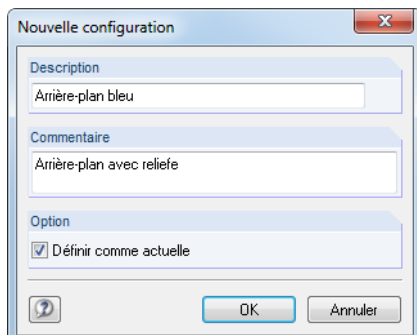


Figure 3.24 : Boîte de dialogue *Nouvelle configuration*

Paramètres

Les boutons disponibles dans la section de dialogue *Paramètres* vous permettent d'accéder à différentes boîtes de dialogue avec les paramètres de configuration. Ils sont décrits dans le tableau suivant.








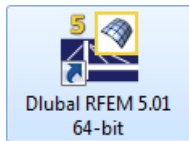
Bouton	Description	Fonction
	Propriétés d'affichage	Ouvre la boîte de dialogue <i>Propriétés d'affichage</i> → chapitre 11.1.2, page 439
	Options de programme	Ouvre la boîte de dialogue multi-onglets <i>Options de programme</i> → chapitre 7.3.3, page 291 → chapitre 9.10, page 400 → chapitre 11.1.1, page 438 → chapitre 11.1.4, page 444
	Barres d'outils et menus	Ouvre la boîte de dialogue <i>personnaliser</i> → chapitre 3.4.2, page 22
	Facteurs de marges et d'étirement	Ouvre la boîte de dialogue <i>Facteurs de marges d'affichage et d'étirement</i> → chapitre 11.3.11, page 483
	Couleurs de tableau	Ouvre la boîte de dialogue <i>Couleurs</i> pour les couleurs du tableau → chapitre 11.5.4, page 514
	Police de tableau	Ouvre la boîte de dialogue <i>Police</i> pour la police du tableau → chapitre 11.5.4, page 514
	En-tête et pieds du rapport d'impression	Ouvre la boîte de dialogue <i>En-tête du rapport d'impression</i> → chapitre 10.1.4, page 411

Tableau 3.8 : La fonction des boutons dans la section de dialogue *Paramètres*

4. Données de modèle



Démarrage du programme RFEM

Pour démarrer le programme, utilisez le menu Démarrer de Windows ou l'icône Dlubal sur le Bureau.

Pour insérer les données, un modèle doit être créé ou ouvert (voir le chapitre 12.2, page 584).

RFEM vous offre différentes options pour insérer les données. Vous pouvez définir les objets dans une **boîte de dialogue**, un **tableau** et souvent directement dans le **graphique**. Toutes les entrées sont interactives ce qui veut dire que l'entrée graphique est immédiatement reflétée dans le tableau et vice versa.

Pour vos premiers pas avec RFEM nous vous recommandons d'essayer l'exemple introductif qui peut être utile pour les débutants. Vous trouvez le manuel correspondant disponible au téléchargement sur notre site Internet : <http://www.dlubal.fr/telechargement-des-manuels.aspx>

Ouvrez la boîte de dialogue d'entrée

Vous pouvez accéder aux boîtes de dialogue d'entrée et dans l'entrée graphique de différentes manières.

Menu Insérer

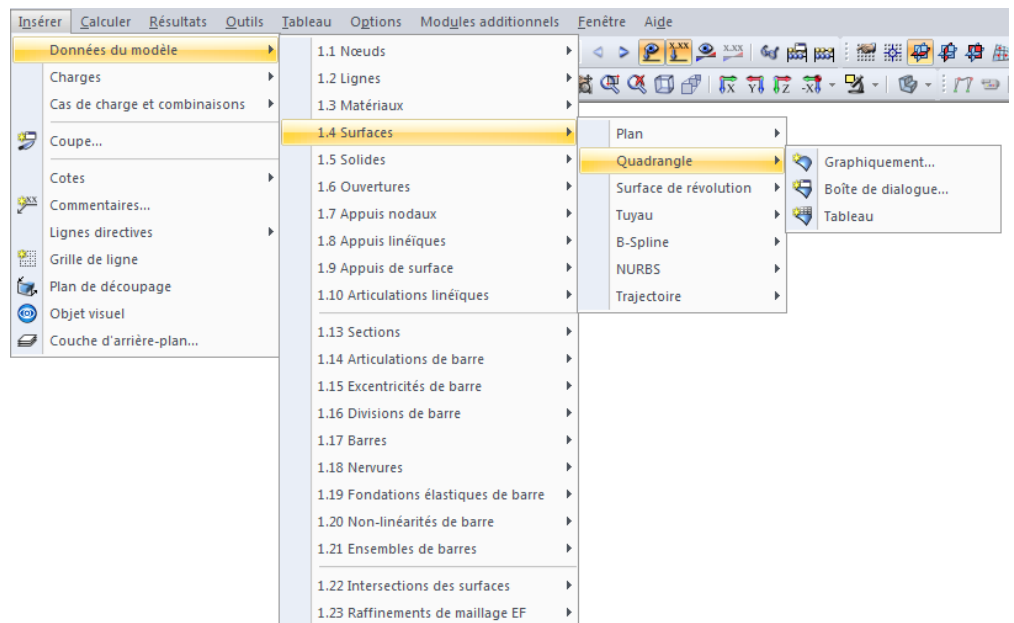


Figure 4.1 : Menu *Insérer* → *Données du modèle*

Barre d'outils *Insérer*

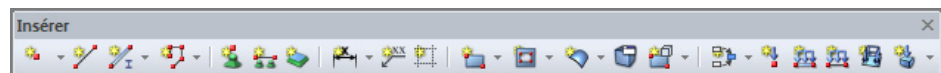
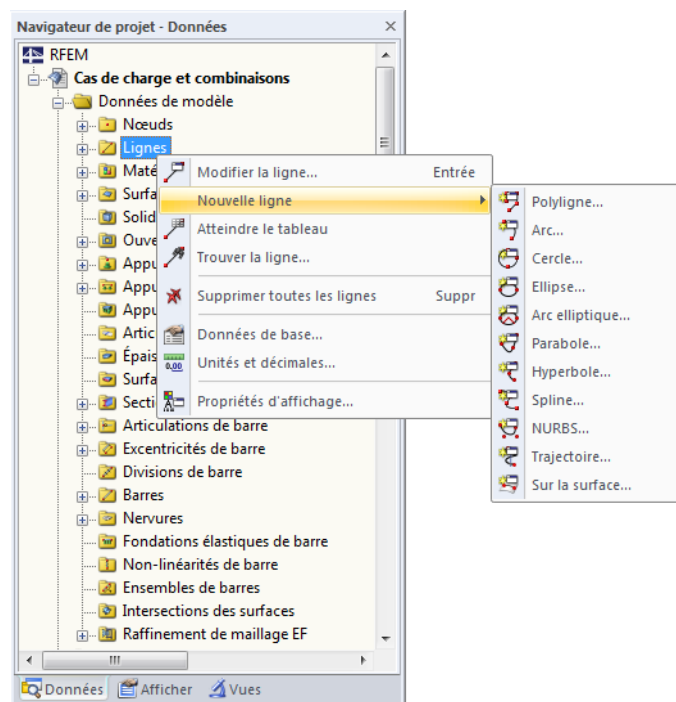


Figure 4.2 : Barre d'outils *Insérer*

Menu contextuel dans le navigateur *Données*Figure 4.3 : Menu contextuel des objets de données de modèle dans le navigateur *Données*

Menu contextuel ou double clic dans le tableau

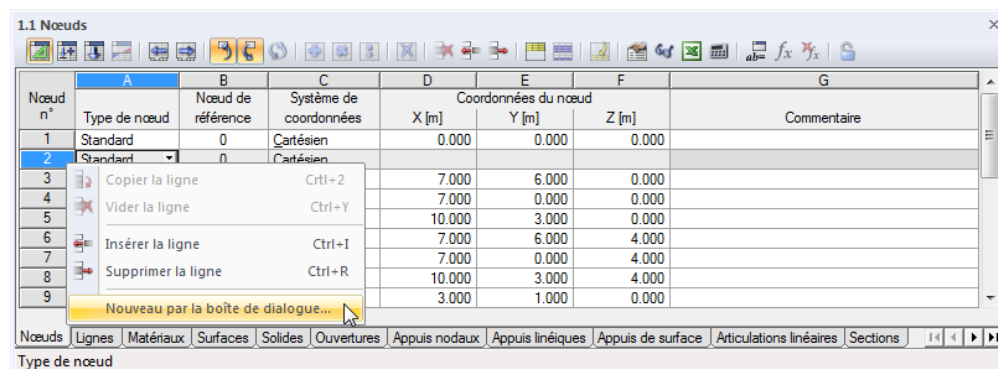


Figure 4.4 : Menu contextuel dans les tableaux de données de modèle

Vous pouvez accéder à la boîte de dialogue d'entrée à l'aide du menu contextuel (ou par un double clic) du numéro de ligne.

Ouvrez la boîte de dialogue de modification

RFEM offre différentes possibilités pour ouvrir une boîte de dialogue afin de modifier les objets du modèle.

Menu Modifier

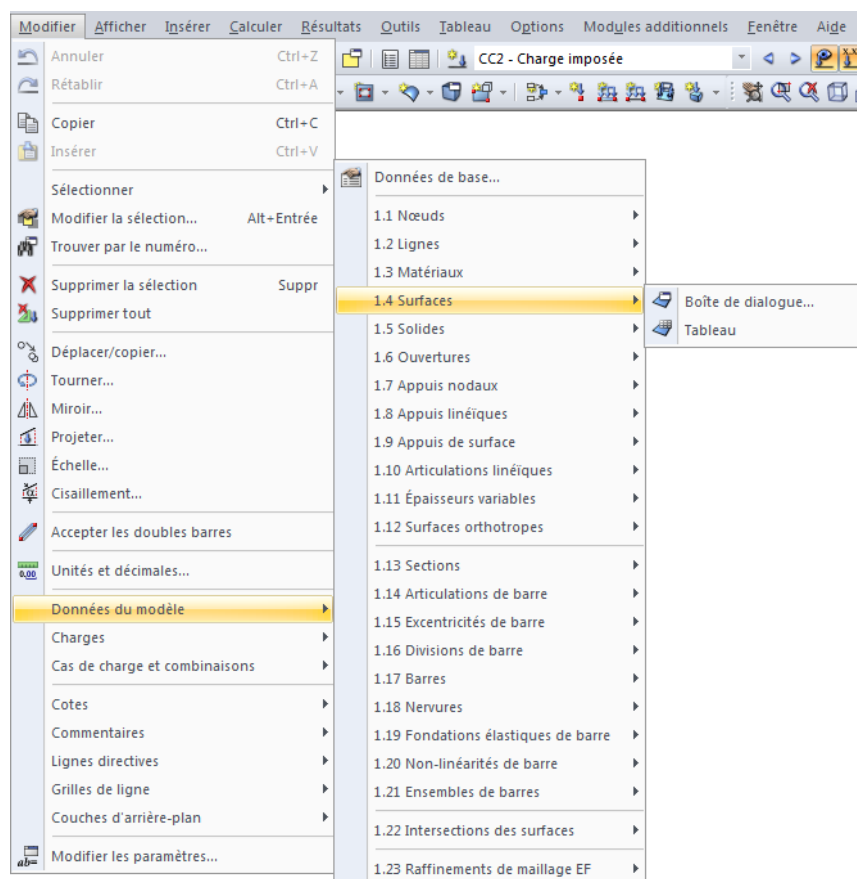


Figure 4.5 : Menu Modifier → Données de modèle

Menu contextuel ou double clic dans le graphique

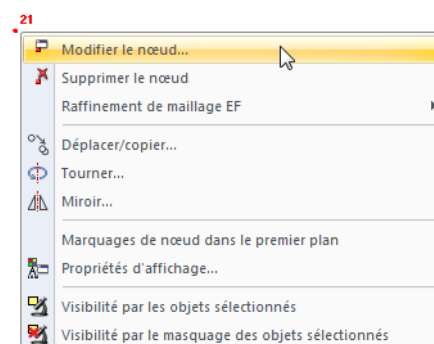
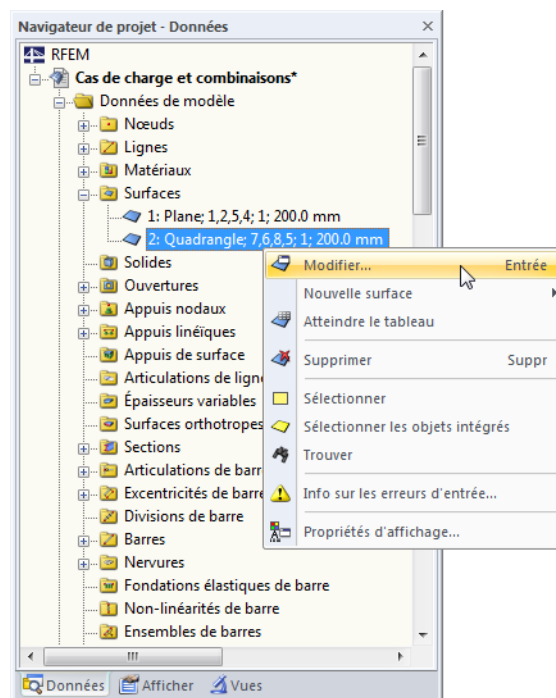


Figure 4.6 : Menu contextuel d'un nœud dans la fenêtre graphique

Menu contextuel ou double clic dans le navigateur *Données*Figure 4.7 : Menu contextuel des objets de données de modèle dans le navigateur *Données*

Menu contextuel ou double clic dans le tableau

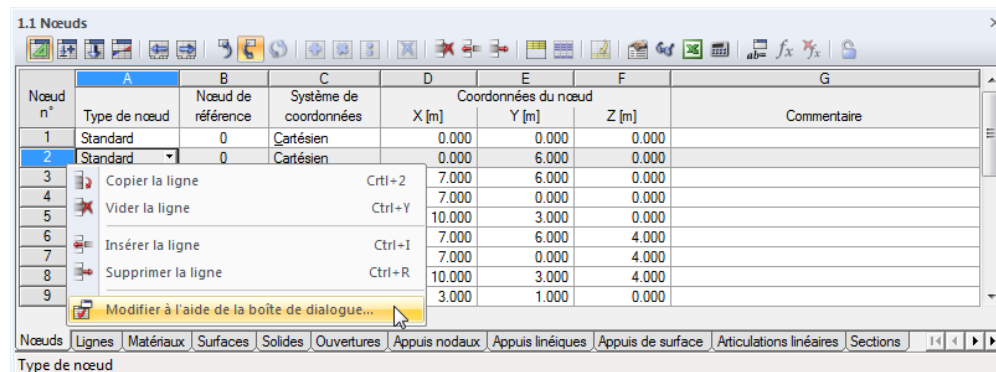


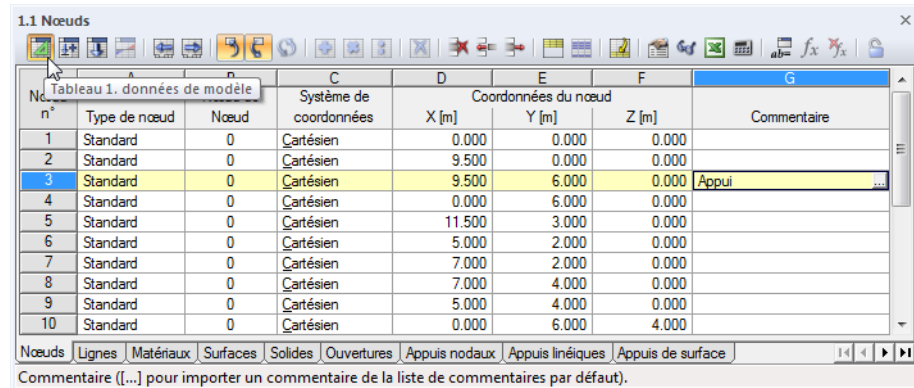
Figure 4.8 : Menu contextuel dans les tableaux de données de modèle

On peut accéder dans la boîte de dialogue d'entrée à l'aide du menu contextuel (ou par un double clic) du numéro de ligne.

Entrées de tableau



Les entrées et les modifications effectuées dans l'interface utilisateur graphique sont affichées immédiatement dans les tableaux et vice versa. Pour ouvrir les tableaux de données de modèle, utilisez le bouton gauche de la souris dans la barre d'outils du tableau affichée à gauche.



N°	Type de nœud	Nœud	Système de coordonnées	X [m]	Y [m]	Z [m]	Commentaire
1	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	0.000	
2	Standard	0	Cartésien	9.500	0.000	0.000	
3	Standard	0	Cartésien	9.500	6.000	0.000	Appui
4	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	0.000	
5	Standard	0	Cartésien	11.500	3.000	0.000	
6	Standard	0	Cartésien	5.000	2.000	0.000	
7	Standard	0	Cartésien	7.000	2.000	0.000	
8	Standard	0	Cartésien	7.000	4.000	0.000	
9	Standard	0	Cartésien	5.000	4.000	0.000	
10	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	4.000	

Figure 4.9 : Bouton [Tableau 1. données de modèle]

Les entrées sous forme de données de feuille insérées dans les tableaux peuvent être rapidement modifiées et importées (voir le chapitre 11.5, page 507).



Les objets non utilisés sont soulignés en bleu dans les tableaux et dans le navigateur *Données*.

Dans chaque boîte de dialogue et dans chaque tableau, il est possible d'ajouter un *Commentaire* qui spécifie l'objet. Vous pouvez aussi utiliser les commentaires prédéfinis (voir le chapitre 11.1.4, page 443). En plus, les commentaires font partie des Info-bulles pour les objets graphiques.

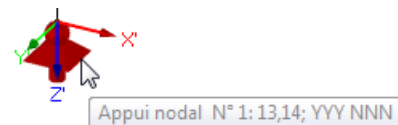


Figure 4.10 : Info-bulle d'un appui nodal

4.1 Nœuds

Description générale

La géométrie du modèle est définie par des nœuds. Ils sont essentiels pour la création des lignes et ainsi, des barres, des surfaces et des solides. Chaque nœud est spécifié par ses coordonnées (X,Y,Z). Les coordonnées sont en général rapportées à l'origine du système de coordonnées globales, mais il est aussi possible de les définir par rapport à un autre nœud.

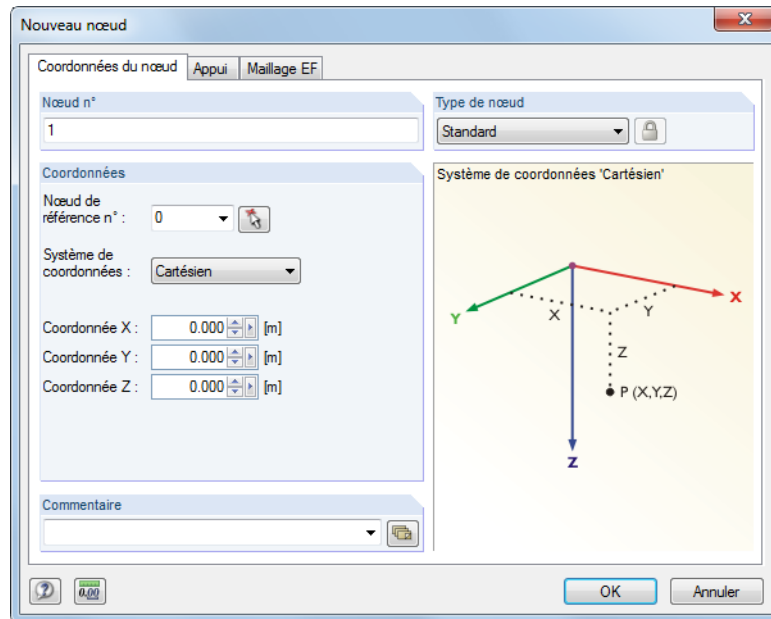
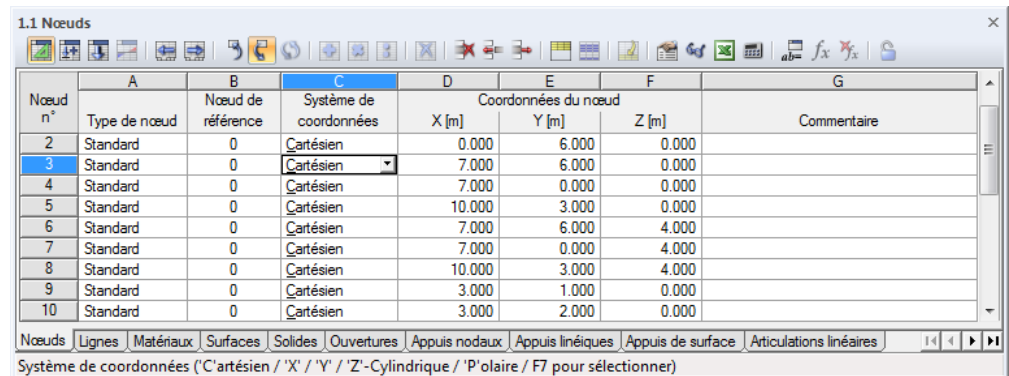


Figure 4.11 : Boîte de dialogue *Nouveau nœud*



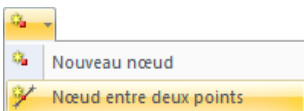
Nœud n°	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	Coordonnées du nœud			Commentaire
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
2	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	0.000	
3	Standard	0	Cartésien	7.000	6.000	0.000	
4	Standard	0	Cartésien	7.000	0.000	0.000	
5	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	0.000	
6	Standard	0	Cartésien	7.000	6.000	4.000	
7	Standard	0	Cartésien	7.000	0.000	4.000	
8	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	4.000	
9	Standard	0	Cartésien	3.000	1.000	0.000	
10	Standard	0	Cartésien	3.000	2.000	0.000	

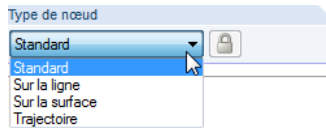
Figure 4.12 : Tableau 1.1 *Nœud*

Le numéro du nœud est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouveau nœud*, mais il peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de la numérotation des nœuds n'est pas important et les vides sont permis.

Pour ajuster l'ordre des numéros des nœuds ultérieurement, sélectionnez **Renommer** dans le menu **Outils** (voir le chapitre 11.4.18, page 505).

En plus, RFEM vous fournit une fonction spéciale pour créer un nœud sur la ligne de connexion entre deux nœuds déjà existants (voir le chapitre 11.4.12, page 500).





Type de nœud

Par défaut

Ce type de nœud est utilisé le plus fréquemment. Les nœuds standard peuvent être insérés graphiquement dans le plan de travail ou n'importe où dans le plan de travail par la spécification des coordonnées. Quand vous insérez graphiquement des lignes ou des surfaces tournées, les nœuds standard seront créés.

Dans le graphique, les nœuds standard sont affichés en rouges.

En ligne

Utilisez ce type de nœud pour éviter la division en deux lignes. La ligne complète reste sans changement. Le paramètre de nœud δ décrit la distance relative par rapport au nœud de début de ligne.

Par la création des nœuds sur les lignes, il est possible d'appliquer les charges nodales partout sur la ligne ou de forcer un nœud EF.

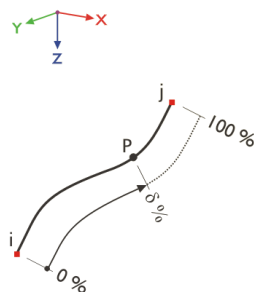


Figure 4.13 : Nœud sur une ligne

Les nœuds sur les lignes sont affichés en couleur bleu clair par défaut.

Sur la surface

Pour les surfaces quadrangulaires, il est difficile de déterminer les coordonnées des nœuds qui se trouvent sur la surface courbée. Avec le type de nœud *Nœud sur une surface* vous pouvez mettre un nœud directement sur une surface quadrangulaire affichée dans le graphique. Les paramètres nodaux δ_1 et δ_2 sont rapportés à quatre nœuds de coin de la surface.

Par la création des nœuds sur les surfaces, il est possible d'appliquer les charges nodales partout sur la surface courbée ou de forcer un nœud EF.

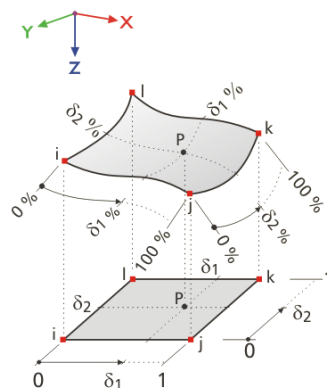


Figure 4.14 : Nœud sur la surface

Les coordonnées dans le tableau sont stockées dans le système de coordonnées cartésiennes. Les nœuds sur les surfaces sont affichés graphiquement en bleu clair par défaut.

Si vous travaillez avec des surfaces planes, utilisez des nœuds standard.

Trajectoire

Ce type de nœud est créé quand vous définissez une courbe de trajectoire en spirale (voir le chapitre 4.2, page 62). Le paramètre de nœud δ décrit la distance relative par rapport au nœud de début de ligne.

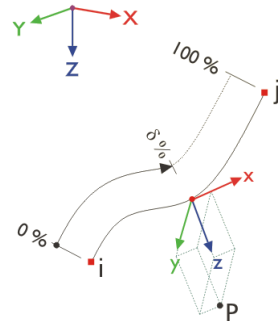


Figure 4.15 : Trajectoire

Les nœuds de trajectoire dans le graphique sont affichés en vert foncé par défaut.

Nœud de référence

En général, les coordonnées d'un nœud sont rapportées à l'origine du système de coordonnées globales. Vous n'avez pas besoin de définir le nœud (0/0/0) car RFEM reconnaît l'origine automatiquement.

N'importe quel nœud peut servir comme un nœud de référence. Même un nœud avec un numéro supérieur est permis pour être utilisé comme un nœud de référence. Une référence à un autre nœud peut être utile pour définir par exemple un nouveau nœud dans une distance à partir de la position déjà connue. La liste de tableau avec son option « *Nœud précédant* » est utile surtout dans ce cas.



Dans la boîte de dialogue *Nouveau nœud*, vous pouvez insérer directement le nœud de référence, le sélectionner dans la liste ou le définir graphiquement à l'aide du bouton [↖].

Système de coordonnées

Les coordonnées d'un nœud sont toujours rapportées à un système de coordonnées qui décrit la position du nœud dans l'espace de travail. En fonction de la géométrie du modèle, vous pouvez sélectionner parmi différents systèmes de coordonnées. Tous les systèmes de coordonnées sont orientés dans le sens des aiguilles d'une montre.

Cartésien

Les axes globaux X, Y et Z décrivent une expansion translationnelle (linéaire). Toutes les directions des coordonnées sont sur un même pied d'égalité.

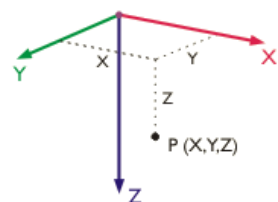


Figure 4.16 : Système de coordonnées cartésiennes

Dans la plupart de cas, les nœuds peuvent être définis dans le système de coordonnées cartésiennes.

X cylindrique

L'axe X décrit une expansion translationnelle. Le rayon R définit la distance du nœud à partir de l'axe X. L'angle θ définit la rotation des coordonnées autour de l'axe X.

Le système de coordonnées cylindriques X sera appliqué, par exemple, pour des structures tubulaires dont l'axe central est l'axe X.

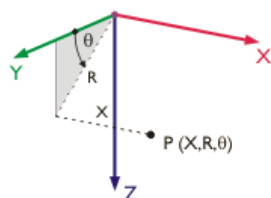


Figure 4.17 : Système de coordonnées cylindriques X

Y cylindrique

Ce système de coordonnées est similaire au système cylindrique X, mais maintenant, l'axe longitudinal est représenté par l'axe Y.

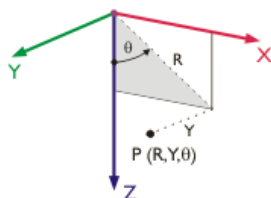


Figure 4.18 : Système de coordonnées cylindriques Y

Z cylindrique

Le système de coordonnées est similaire au système cylindrique X, mais maintenant, l'axe longitudinal est représenté par l'axe Z.

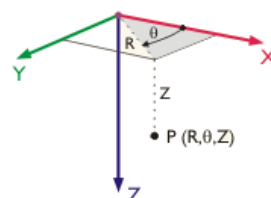


Figure 4.19 : Système de coordonnées cylindriques Z

Polaire

Dans le système de coordonnées polaires, la position de nœud est décrite par un rayon définissant la distance à partir du point d'origine et les angles θ et Φ .

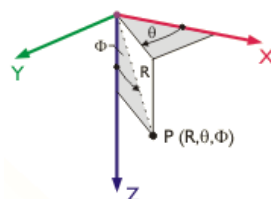


Figure 4.20 : Système de coordonnées polaires



Si possible, organisez les entrées du modèle par rapport au système de coordonnées globales de telle manière que les axes X, Y et Z du système de coordonnées soient en ligne avec les directions principales de la structure modélisée. Ceci facilite la définition des coordonnées, des conditions et des charges.

Pour définir les nœuds directement dans l'espace de travail, ouvrez la boîte de dialogue flottante *Nouveau nœud* pour l'entrée graphique. D'habitude, les nœuds sont saisis sur les points de grille qui sont alignés avec le système de coordonnées actif défini par l'utilisateur ou avec le système de coordonnées globales (SC).

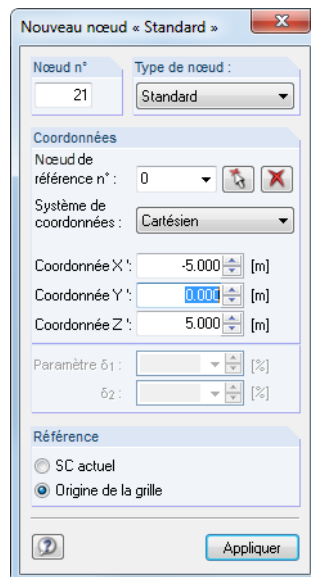


Figure 4.21 : Boîte de dialogue flottant *Nouveau nœud*

Pour plus d'informations sur les systèmes de coordonnées définis par l'utilisateur, voir le chapitre 11.3.4, page 465.

Quand le système de coordonnées dans le tableau est modifié, il est possible de convertir les coordonnées du nœud automatiquement au nouveau système. La question suivante sera affichée.

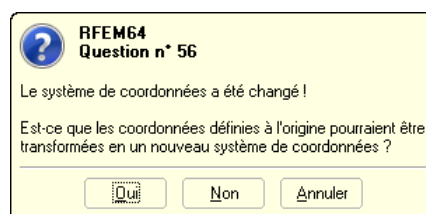


Figure 4.22 : Question de RFEM

De la même façon, vous pouvez convertir les coordonnées de nœud avec le nœud de référence *précédent* par rapport à l'origine.

Coordonnées du nœud

Les coordonnées du nœud sont définies dans le système de coordonnées que vous avez précédemment défini. Quand vous modélisez une structure 3D, le nœud est clairement défini par les coordonnées X, Y et Z ou par un rayon et l'angle. Les paramètres des coordonnées et les titres de colonne de tableau sont modifiés en fonction du système de coordonnées.

Quand le type de modèle est réduit à une dalle ou un voile 2D, il n'est pas possible d'accéder dans les trois champs d'entrée ou colonnes.



Pour ajuster les *Longueurs* et les *Angles*, sélectionnez les **Unités et Décimales** dans le menu **Modifier** ou utilisez le bouton correspondant dans la boîte de dialogue.

Avec la procédure suivante, vous pouvez vérifier si tous les nœuds d'une surface se trouvent dans un plan : Sélectionnez les nœuds correspondants et cliquez deux fois sur l'un d'eux pour ouvrir la boîte de dialogue *Modifier le nœud*.

Les données de coordonnées ne sont remplies que dans les champs d'entrée dont les valeurs sont conformes à tous les nœuds sélectionnés. Si ce n'est pas le cas, vous pouvez attribuer une coordonnée plane uniforme aux nœuds actuellement sélectionnés.

Il est possible d'importer les coordonnées de nœud depuis les tableurs d'Excel ou OpenOffice.org Calc (voir le chapitre 11.5.6, page 516). En plus, vous pouvez déterminer les coordonnées du nœud avec l'éditeur de formule de RFEM (voir le chapitre 11.6, page 519). En complément, vous pouvez profiter des générateurs de modèle qui facilitent l'entrée (voir le chapitre 11.7.2, page 535).

Pour insérer les coordonnées exactes, non arrondies, sélectionnez *Précision complète* dans la boîte de dialogue *Nouveau nœud*.

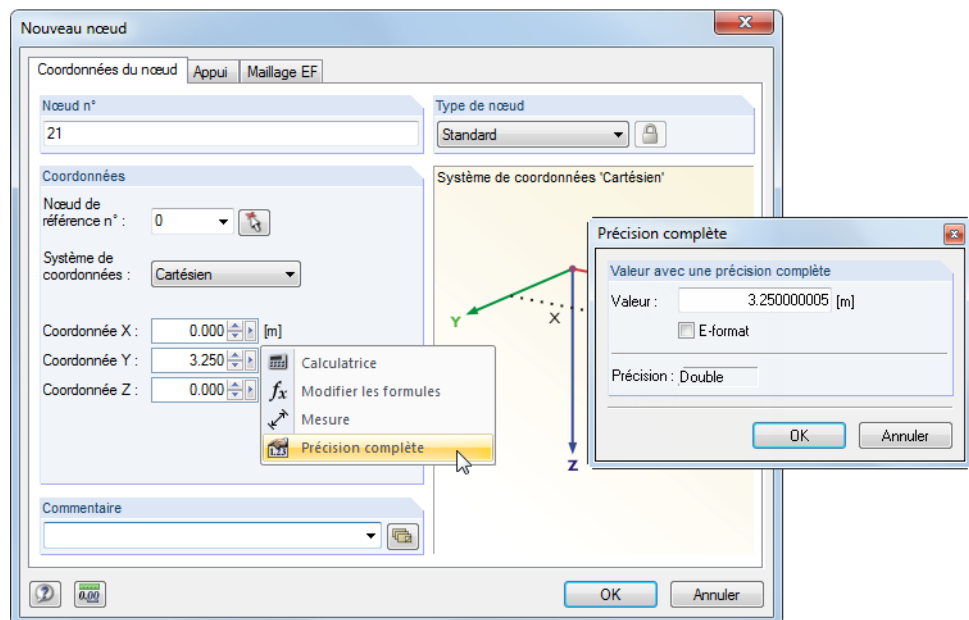


Figure 4.23 : Menu contextuel dans la boîte de dialogue *Nouveau nœud* et boîte de dialogue *Précision complète*

Commentaire



Vous pouvez insérer des notes définies par l'utilisateur. Utilisez le bouton [Appliquer le commentaire] pour importer les commentaires enregistrés (voir le chapitre 11.1.4, page 443).



Le commentaire *Généré* est affiché pour les nœuds qui sont générés par RFEM quand vous créez une intersection ou une surface de rotation. Cliquez sur le bouton figuré à gauche disponible dans la boîte de dialogue et dans le tableau, pour « déverrouiller » les nœuds générés, pour les rendre accessibles aux modifications.

4.2 Lignes

Description générale

La géométrie du modèle est définie par des lignes. Elles sont essentielles pour la création des barres, des surfaces et des solides. Toutes les lignes sont définies par un nœud de début et de fin. Pour définir des types complexes de lignes, les nœuds intermédiaires sont requis.

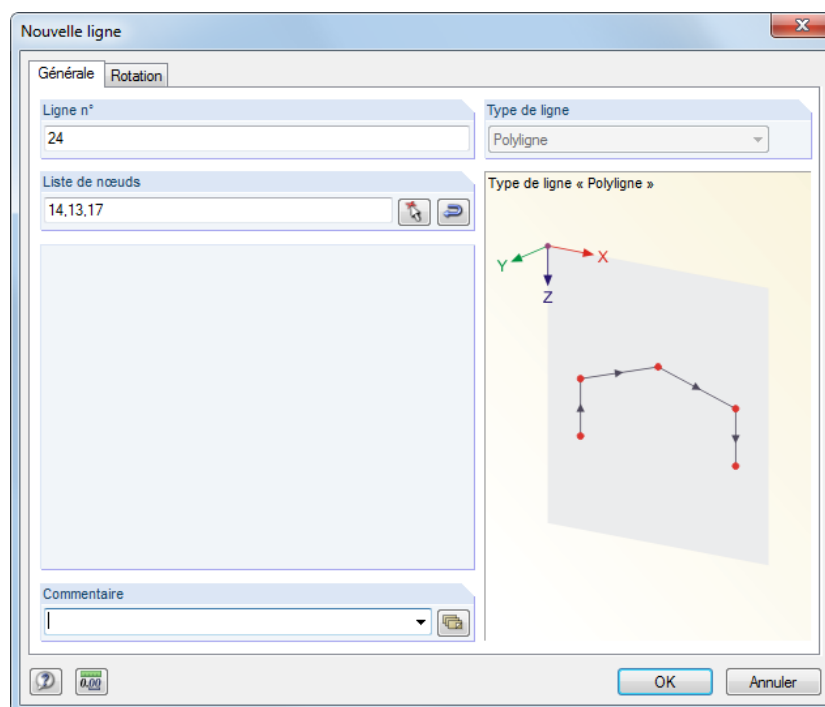


Figure 4.24 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*

1.2 Lignes					
Ligne n°	Type de ligne	Nœuds n°	Longueur L [m]		Commentaire
1	Polyligne	1,2	6.000	Y	
2	Polyligne	2,3	7.000	X	
3	Polyligne	3,4	6.000	Y	
4	Polyligne	4,1	7.000	X	
5	Arc	4,5,3	9.425	XY	
6	Arc	7,8,6	9.425	XY	
7	Polyligne	3,6	4.000	Z	
8	Polyligne	4,7	4.000	Z	

Nœuds Lignes Matériaux Surfaces Solides Ouvertures Appuis nodaux Appuis linéiques Appuis de surface Articulations linéaires

Type de ligne ('P'olyligne / 'A'rc / 'C'ercle / 'S'pline / B-s'pline / Be'z'ier-Spline / F7 pour sélectionner)

Figure 4.25 : Tableau 1.2 *Lignes*

Le numéro de la ligne est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle ligne* mais il peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de la numérotation de ligne n'est pas important.

Pour ajuster l'ordre des numéros des lignes ultérieurement, sélectionnez **Renommer** dans le menu **Outils** (voir le chapitre 11.4.18, page 505).

Type de ligne

Les types de ligne suivants sont disponibles dans le menu tout comme dans la liste de tableau.

- Ligne simple
- Polyligne
- Arc
- Cercle
- Ellipse
- Arc elliptique
- Parabole
- Hyperbole
- Spline
- NURBS
- Trajectoire
- Sur la surface

Les différents types de lignes sont décrits sur les pages suivantes.

Nœuds

Chaque ligne est définie géométriquement par un nœud de début et de fin. Ils définissent l'orientation d'une ligne qui influence la position du système de coordonnées linéaires. Les nœuds peuvent être insérés manuellement, sélectionnés graphiquement ou redéfinis (voir le chapitre 4.1, page 46). Si une ligne nécessite des points de contrôle ou des nœuds intermédiaires, ils sont aussi inclus dans la liste de nœuds.

L'affichage des orientations de ligne peut être activé dans le navigateur *Afficher*.

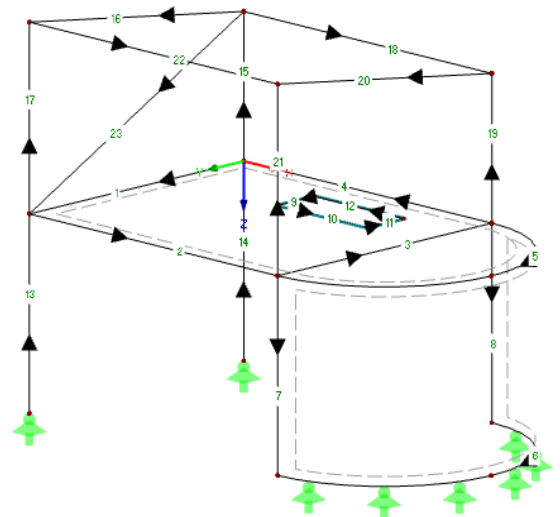
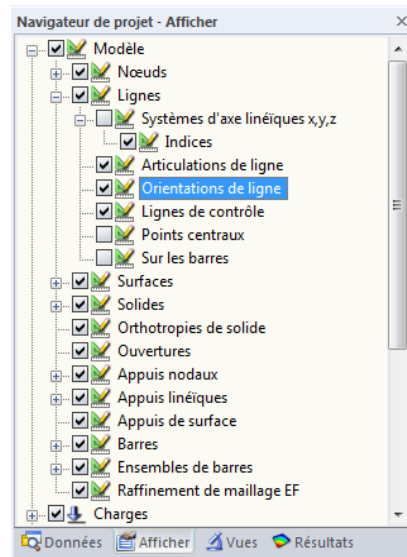


Figure 4.26 : Activation des *Orientations de ligne* dans le navigateur *Afficher*



L'orientation de ligne peut être rapidement modifiée dans le graphique : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur la ligne et sélectionnez *Renverser l'orientation de ligne* dans le menu contextuel. Les numéros des nœuds de début et de fin seront interchangeés.

Les systèmes de coordonnées des lignes peuvent être activés dans le navigateur *Afficher* : Sélectionnez *Modèle* et *Lignes*, et cochez *Systèmes axiaux de ligne x, y, z* y compris les *Indexes* (voir la Figure 4.96, page 107).

Longueur de la ligne

Cette colonne de tableau affiche la longueur totale de la ligne.

Position

La colonne **D** du tableau vous informe sur l'axe global qui est dirigé parallèlement à la ligne ou indique le plan déterminé par les axes globaux là où la ligne est positionnée. S'il n'y a pas d'entrée, la ligne est dans une position spatiale arbitraire.

Commentaire



Vous pouvez insérer des notes définies par l'utilisateur. Utilisez le bouton [Appliquer le commentaire] pour importer les commentaires enregistrés (voir le chapitre 11.1.4, page 443). Le commentaire *Généré* est affiché pour des lignes créées par RFEM (par exemple un tuyau).

Ligne / Polyligne

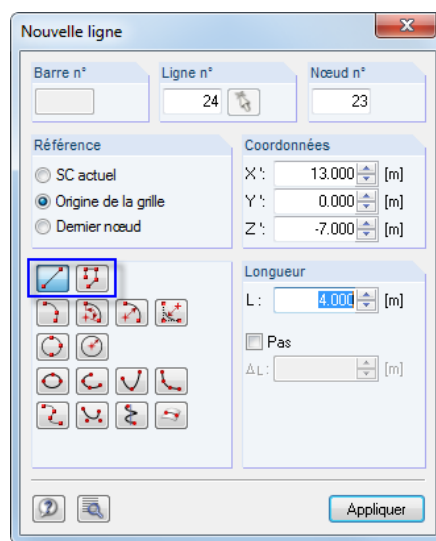


Figure 4.27 : Boîte de dialogue de l'entrée graphique *Nouvelle ligne*

Si vous sélectionnez l'entrée de ligne dans le menu déroulant, il s'ouvre la boîte de dialogue *Nouvelle ligne* affichée dans la Figure 4.24, page 52. La figure ci-dessus affiche la boîte de dialogue générale pour l'insertion graphique des lignes. Utilisez le bouton de liste dans la barre d'outils pour l'ouvrir.



Une ligne « réelle » n'est définie que par le nœud de début et le nœud de fin. Une telle ligne représente une connexion directe entre les deux nœuds.

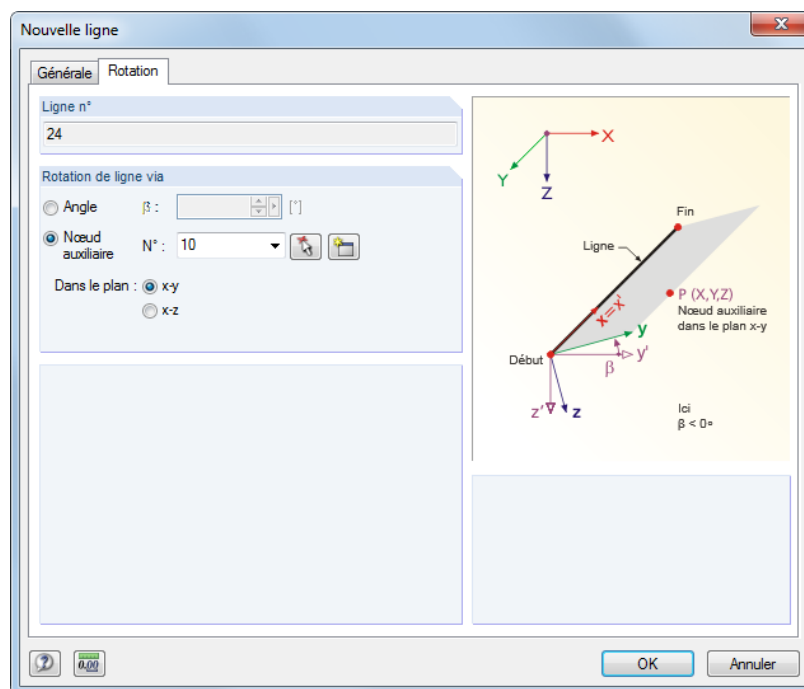


Une **polyligne** est une chaîne polygonale qui consiste en plusieurs sections droites linéaires. Ainsi, les nœuds intermédiaires sont listés dans la boîte de dialogue (voir la Figure 4.24) en complément aux numéros des nœuds de début et de fin. En raison de la gestion de ligne simplifiée, les lignes « réelles » sont traitées comme des polygones.

Quand vous insérez les polygones graphiquement, les nœuds déjà existants, les points de grille ou les objets de la saisie peuvent être sélectionnés comme nœuds de définition. Il est aussi possible de définir les nœuds librement dans le plan de travail.



Par exemple, si les charges linéiques ou les appuis linéiques ne sont efficaces que pour les sections d'une polygones, vous pouvez fractionner la polygones en lignes « réelles » ultérieurement : Cliquez par le bouton droit de la souris sur la polygones et sélectionnez *Exploser Polygones* dans le menu contextuel. Vous pouvez aussi ouvrir le menu *Modifier* et y pointer sur *Données du modèle* et *Lignes* et puis, sélectionner *Exploser Polygones*.

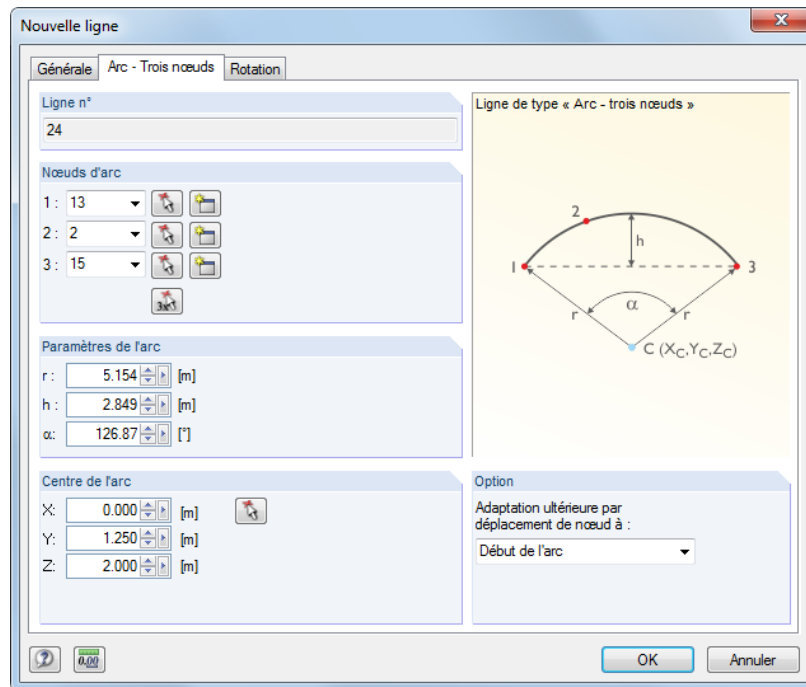
Figure 4.28 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*, onglet *Rotation*

Dans le deuxième onglet de la boîte de dialogue, vous pouvez définir une *Rotation* de la ligne. Spécifiez soit un *Angle* β soit un *Nœud auxiliaire* auxquels les axes y ou z sont alignés. Le nœud auxiliaire peut être sélectionné dans la liste ou défini graphiquement. Il est aussi possible de créer un nouveau nœud.

Une rotation de la ligne peut faciliter l'insertion des charges linéiques agissant en direction de l'axe local. Les rotations de ligne n'influencent pas les surfaces ou les barres car qu'elles ont leur propre système de coordonnées.

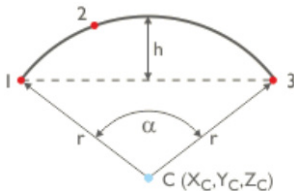
Les systèmes d'axes locaux sont affichés dans la Figure 4.96, page 107.

Arc

Figure 4.29 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*, onglet Arc

Un arc peut être défini par les paramètres suivants :

- trois nœuds
- nœud central, nœud de bord et angle d'ouverture
- nœuds et rayons de bord, angle d'ouverture ou pente
- tangentes et rayons



Dans la section de dialogue *Nœuds dans l'arc*, vous pouvez définir le nœud de début, intermédiaire et de fin directement ou les sélectionner graphiquement. Vous pouvez aussi créer de nouveaux nœuds. L'ordre de nœud est affiché dans le petit graphique de dialogue.

A la base des trois nœuds, RFEM détermine les *Paramètres d'arc* spécifiés dans la section de dialogue ci-dessous. Il est possible de modifier le rayon r , la contre flèche h et l'angle d'ouverture α . Les coordonnées de nœud seront ajustées d'une façon appropriée.

Les coordonnées du centre de l'arc qui résultent des nœuds ou des paramètres d'arc sont affichées dans la section de dialogue *Centre de l'arc*. Quand vous modifiez les données manuellement ou sélectionnez les nœuds graphiquement avec le bouton [↖], les coordonnées des nœuds seront aussi ajustées.

Dans la liste *Ajustement ultérieur par déplacement du nœud à*, vous pouvez définir le nœud pour lequel vous voulez modifier les coordonnées.



Quand vous définissez l'arc graphiquement en utilisant le bouton de la barre d'outils *Arc à l'aide de trois nœuds*, vous pouvez sélectionner ou créer les nœuds directement dans le graphique.

Si vous sélectionnez l'une des autres options d'entrée affichées dans la Figure 4.30 et la Figure 4.31 à gauche, d'abord, vous devez sélectionner deux nœuds. Puis, quand le deuxième nœud est défini, une autre boîte de dialogue s'affiche (figurée à droite) où vous définissez les paramètres de l'arc.

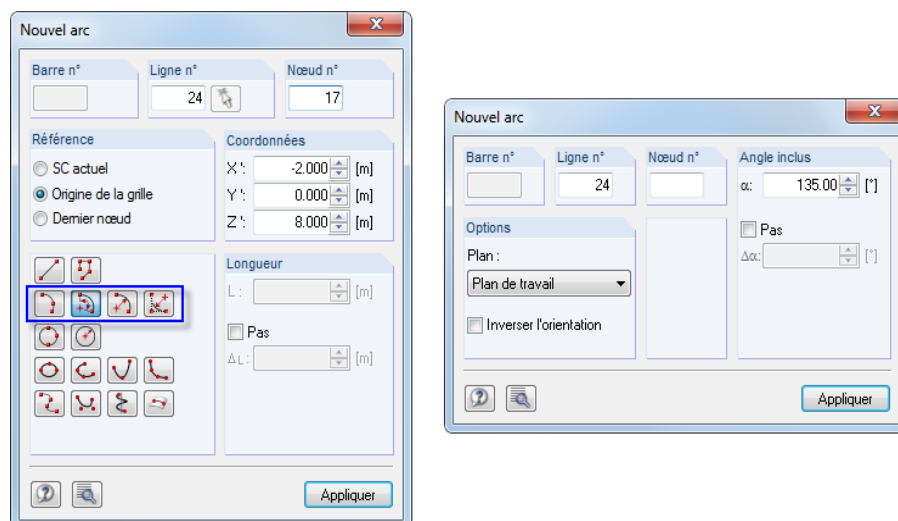
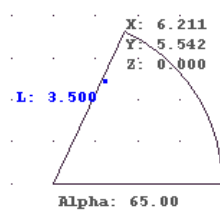


Figure 4.30 : Boîte de dialogue *Nouvel arc*, type de définition *Arc à l'aide du nœud central, nœud et angle de bord*



Dans la section de dialogue *Options* (voir la Figure 4.30 et la Figure 4.31 à droite), vous pouvez sélectionner le plan de l'arc de la liste. Définissez l'*Angle inclus* α directement dans le graphique, ou bien insérez l'angle manuellement et puis, cliquez sur le bouton [Appliquer].

Pour ajuster un arc déjà défini, cliquez deux fois sur sa ligne d'arc. La boîte de dialogue *Modifier la ligne* s'ouvre et vous pouvez y modifier les entrées dans l'onglet de dialogue *Arc - Trois nœuds* (voir la Figure 4.29, page 56).

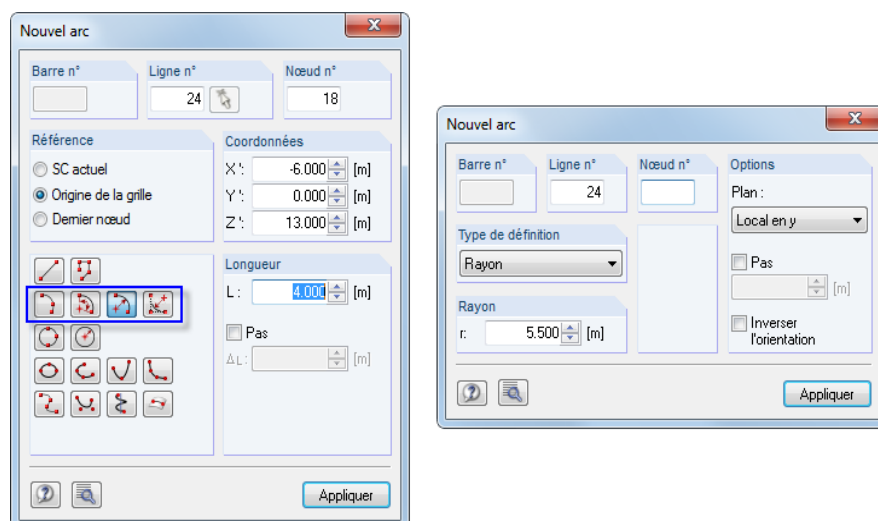
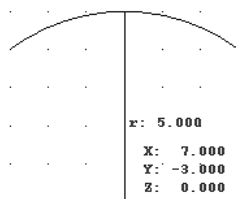


Figure 4.31 : Boîte de dialogue *Nouvel arc*, type de définition *Arc à l'aide des nœuds et du rayon de bord, angle ou contre-flèche*



Dans la section de dialogue *Type de définition* (boîte à droite), sélectionnez le paramètre approprié de l'arc de la liste. Puis, définissez l'arc directement dans le graphique ou bien insérez l'arc manuellement et cliquez sur le bouton [Appliquer].

Dans le champ d'entrée *intervalle* vous pouvez insérer l'espacement par lequel le pointeur s'aligne quand vous faites glisser le rayon d'arc, l'angle ou la contre-flèche.

L'orientation de l'arc circulaire peut être ajustée en cochant la case *Orientation inversée*, déterminant si l'arc est placé « à droite » ou « à gauche » des deux nœuds.

Cercle

Un cercle peut être défini par les paramètres suivants :

- trois nœuds
- Point central et rayon.

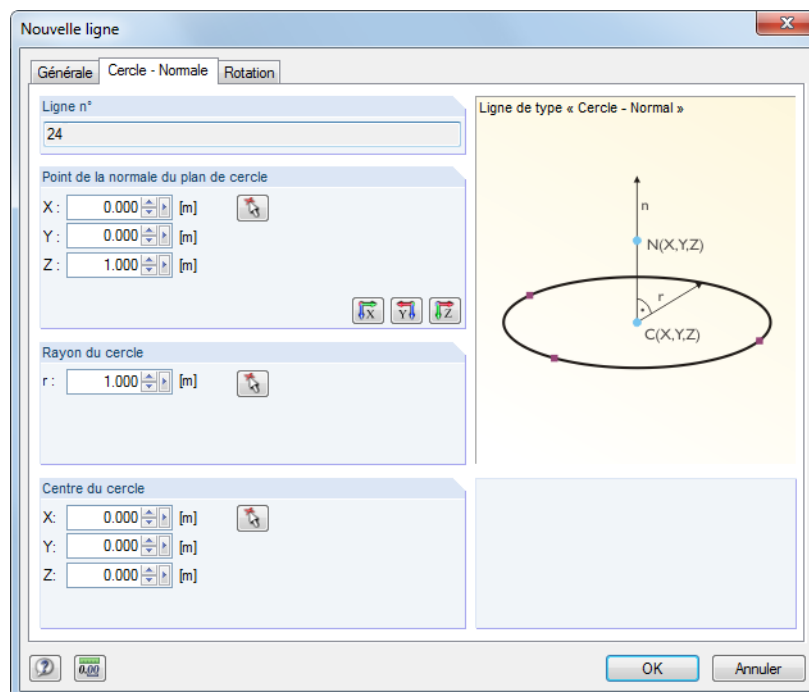


Figure 4.32 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*, onglet *Cercle - Normal*

Vous pouvez insérer le *Rayon du cercle* et les coordonnées pour le *Centre du cercle* manuellement ou graphiquement à l'aide du bouton [↵]. Le *Point de la normale du plan de cercle* détermine le plan dans lequel le cercle est généré. Utilisez les trois boutons de la section de dialogue pour sélectionner l'un des axes globaux.

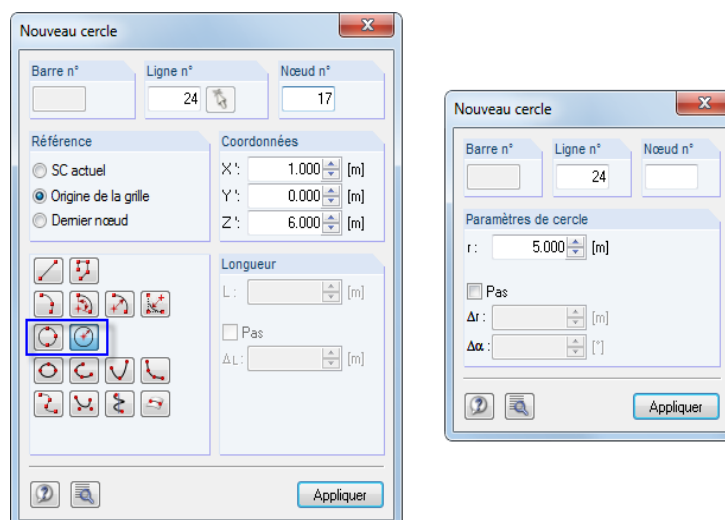
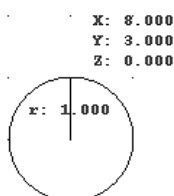


Figure 4.33 : Boîte de dialogue *Nouveau cercle*, type de définition *Centre et rayon*

Quand vous définissez le cercle graphiquement à l'aide d'un des boutons de la barre d'outils, vous pouvez sélectionner ou créer les trois nœuds tout comme le centre et le rayon directement dans le graphique.



Ellipse

Pour définir une ellipse, vous avez besoin de trois nœuds.

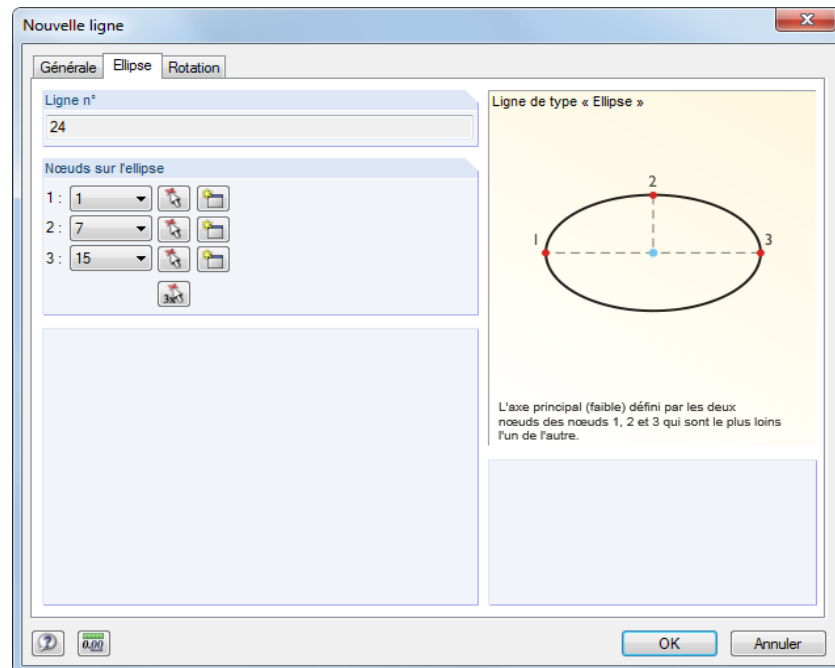
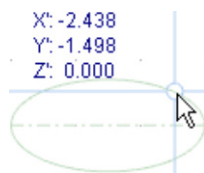


Figure 4.34 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*, onglet *Ellipse*



L'ellipse est générée par les *Nœuds sur l'ellipse* : La distance la plus large entre les trois nœuds insérés est supposée être l'axe principal de l'ellipse.

Quand vous utilisez le bouton de la barre d'outils pour définir l'ellipse graphiquement, vous pouvez la définir directement en sélectionnant trois nœuds dans le plan de travail.

Arc elliptique / parabole / hyperbole

Les courbes suivantes des sections coniques peuvent être définies :

- Arc elliptique
- Parabole
- Hyperbole

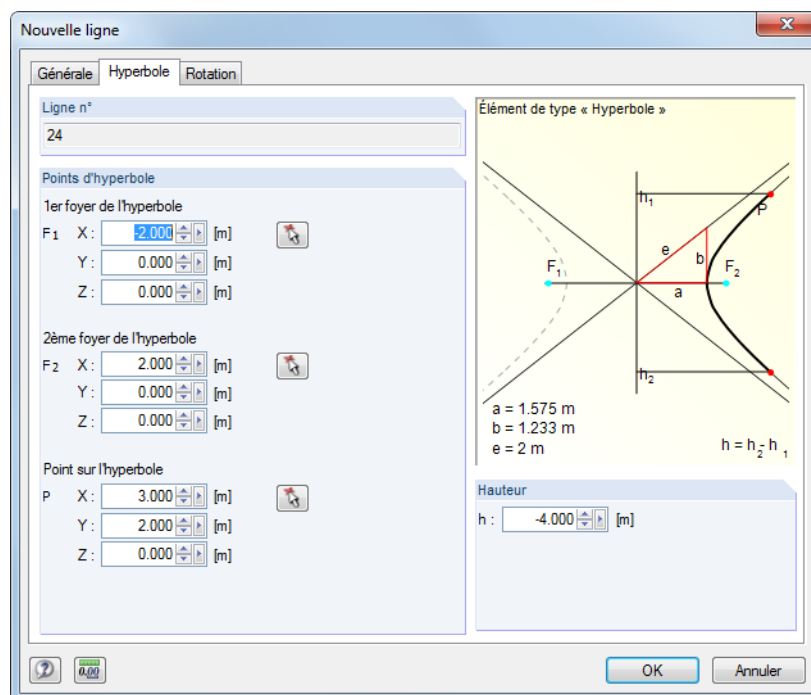
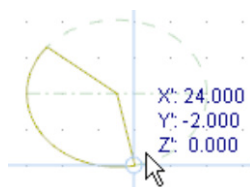


Figure 4.35 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*, onglet *Hyperbole*



Insérez les paramètres de courbe (centre, angle, axe de rotation etc.) manuellement dans l'onglet correspondant de la boîte de dialogue *Nouvelle ligne*. Vous pouvez les définir aussi graphiquement.

Quand vous insérez les données de ligne graphiquement en utilisant l'un des boutons de la barre d'outils, vous pouvez définir les paramètres de courbe directement dans le graphique.

Spline



Les splines sont utilisées pour modéliser n'importe quel type de courbe. Insérez une ligne graphiquement en sélectionnant les nœuds déterminants d'une ligne courbée l'un après l'autre, ou bien créez les nœuds par un clic de la souris.

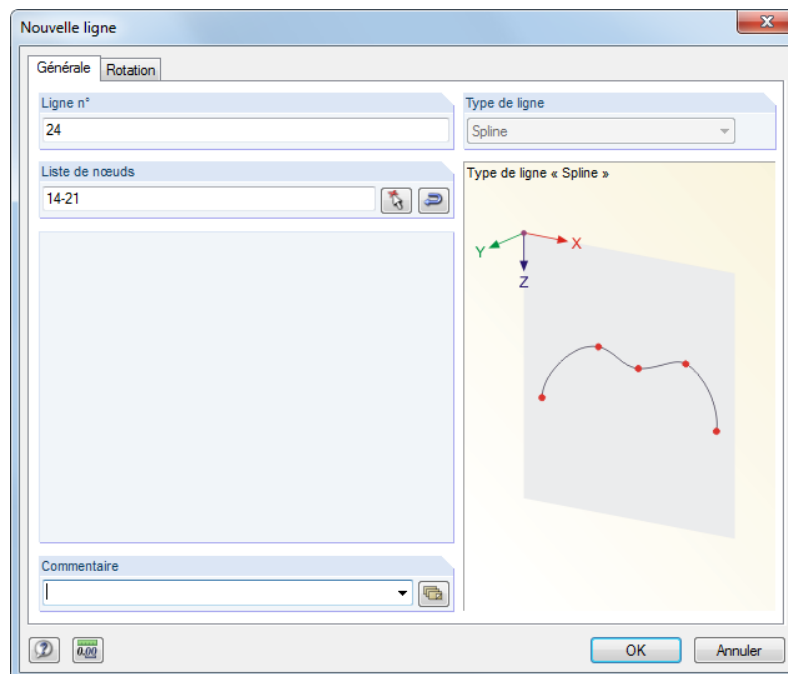


Figure 4.36 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne* - type de ligne *Spline*

NURBS



Les NURBS (Non-Uniforme Rationnel B-Splines) sont requises pour la modélisation des surfaces de forme libre. Les NURBS sont des splines dont les points de contrôle ne se trouvent pas sur la courbe elle-même. D'habitude, ces lignes sont insérées par la sélection des points de contrôle l'un après l'autre ou par la génération des points par un clic de la souris.

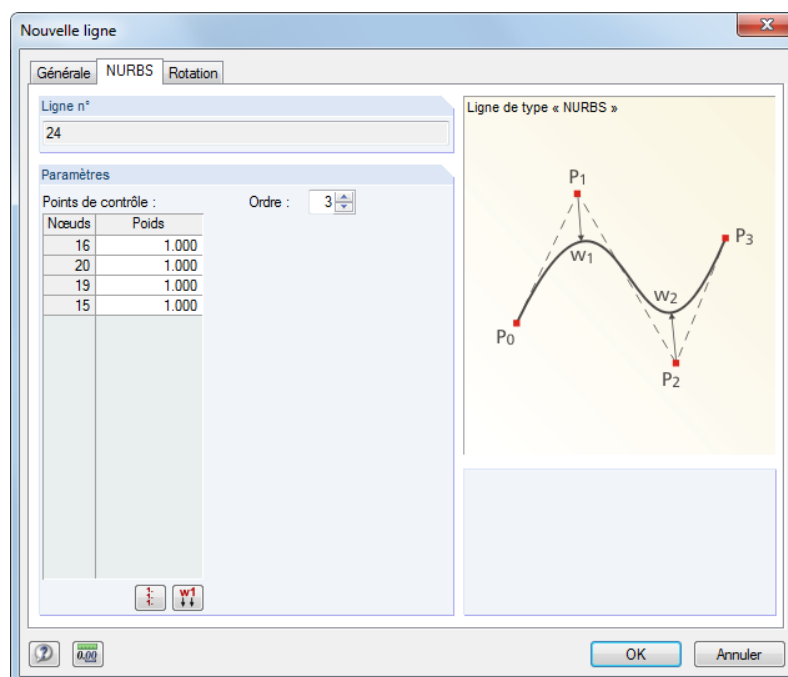


Figure 4.37 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne* - type de ligne *NURBS*



Courbe de trajectoire

Utilisez les courbes de trajectoire pour créer des lignes hélicoïdales. D'habitude, elles sont insérées graphiquement en utilisant le bouton de la barre d'outils affiché à gauche. La boîte de dialogue suivante s'affiche :

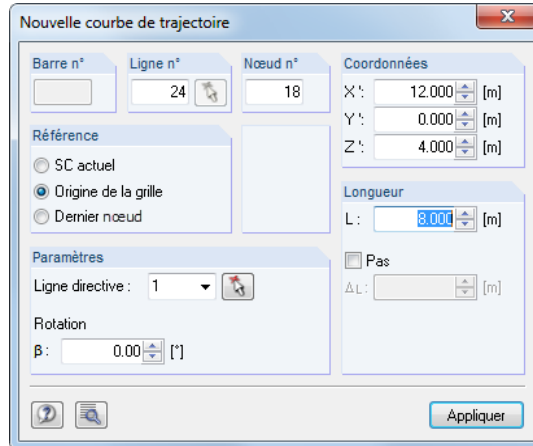
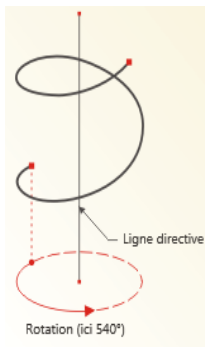


Figure 4.38 : Boîte de dialogue *Nouvelle courbe de trajectoire*



D'abord, définissez les *Coordonnées* du début de la ligne. Puis, la section de dialogue *Paramètres* est affichée et vous pouvez y spécifier la *Rotation* totale de l'hélice.

Vous pouvez définir les *Coordonnées* de la fin de ligne graphiquement ou les insérer manuellement et cliquer sur le bouton [Appliquer]. Alternativement, vous pouvez utiliser les champs d'entrée *Longueur*. Finalement, les coordonnées de la fin de ligne seront déterminées en considérant la rotation spécifiée dans le plan de travail.

Pour ajuster une courbe de trajectoire déjà définie, cliquez deux fois sur sa ligne de trajectoire. La boîte de dialogue *Modifier la ligne* s'ouvre et vous pouvez y modifier les entrées dans l'onglet de dialogue *Trajectoire*.

Ligne sur la surface



En général, les lignes dans les surfaces planes sont reconnues automatiquement comme des objets intégrés afin que le type de ligne *Polyligne* soit suffisant. Néanmoins, pour définir une ligne sur une surface courbée, utilisez le type de ligne *Ligne sur surface*. Vous pouvez utiliser cette option aussi pour insérer des lignes dans les surfaces planes qui ne sont pas définies parallèlement aux axes globaux - sans création d'un nouveau système de coordonnées défini par l'utilisateur.

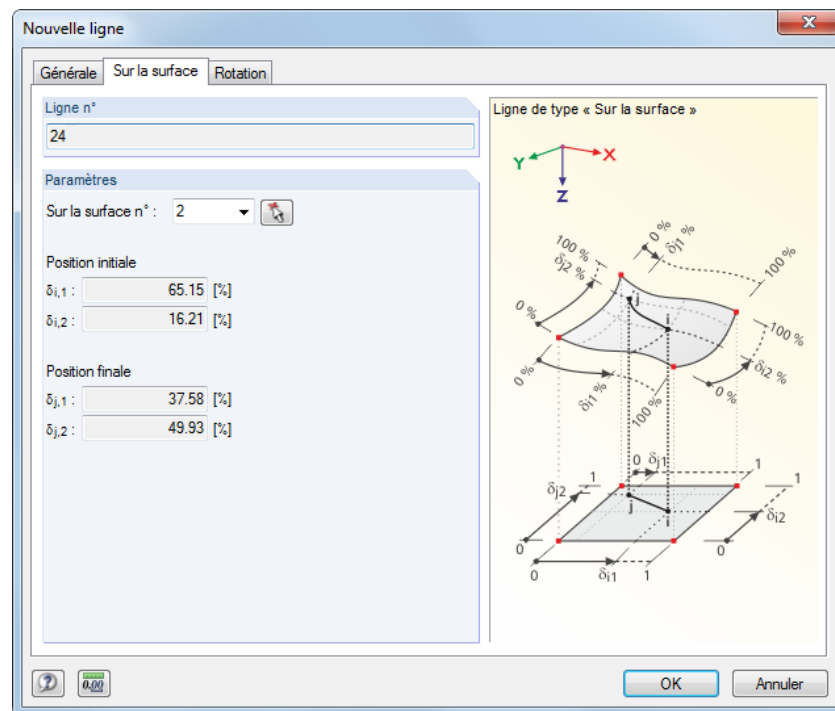
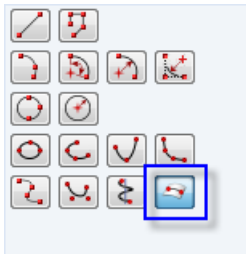
La boîte de dialogue d'entrée est similaire à la boîte d'une polyligne (voir la Figure 4.24, page 52).



Insérez les nœuds de début et de fin de la ligne dans la boîte de dialogue ou sélectionnez les nœuds graphiquement. Pour définir les nœuds directement sur la surface courbée, utilisez la boîte de dialogue flottante *Nouvelle ligne de type 'Sur surface'*, mais vérifiez que la surface est déjà sélectionnée et l'option d'affichage de modèle *Solide* ou *Solide transparent* est activée. RFEM va générer des nœuds de type *Sur surface*.



La surface où la ligne est intégrée est définie dans le deuxième onglet *Sur surface* de la boîte de dialogue *Nouvelle ligne*. Vous pouvez aussi vérifier les paramètres δ_1 et δ_2 des nœuds de début et de fin (voir la Figure 4.14, page 47), mais il n'est pas possible de les modifier.

Figure 4.39 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne*, onglet *Sur la surface*

Si vous choisissez l'entrée graphique de ligne en utilisant le bouton de la barre d'outils [Ligne sur la surface], vous pouvez mettre les nœuds directement sur les surfaces courbées. Veuillez noter que l'option d'affichage *Rendu en fil de fer* n'est pas appropriée pour l'entrée.

4.3 Matériaux

Description générale

Les matériaux sont requis pour définir les surfaces, les sections et les solides. Les propriétés de matériau influencent les épaisseurs des objets de modèle.

Une *couleur* est attribuée à chaque matériau. Les couleurs sont utilisées par défaut dans le modèle rendu pour la représentation des objets (voir le chapitre 11.1.9, page 449).

Pour de nouveaux modèles, RFEM prédéfinit les deux matériaux qui ont été utilisés le plus récemment.

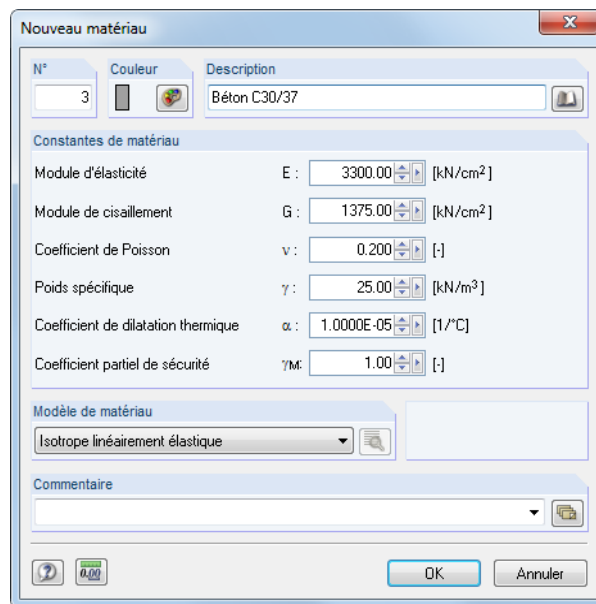
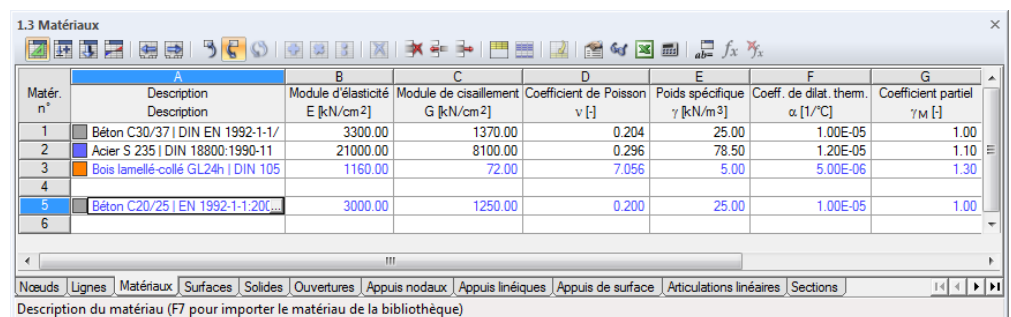


Figure 4.40 : Boîte de dialogue *Nouveau matériau*



Matér. n°	Description	Module d'élasticité E [kN/cm²]	Module de cisaillement G [kN/cm²]	Coefficient de Poisson ν [-]	Poids spécifique γ [kN/m³]	Coeff. de dilat. therm. α [1/°C]	Coefficient partiel γ_M [-]
1	Béton C30/37 DIN EN 1992-1-1/	3300.00	1370.00	0.204	25.00	1.00E-05	1.00
2	Acier S 235 DIN 18800:1990-11	21000.00	8100.00	0.296	78.50	1.20E-05	1.10
3	Bois lamellé-collé GL24h DIN 105	1160.00	72.00	7.056	5.00	5.00E-06	1.30
4							
5	Béton C20/25 EN 1992-1-1:200...	3000.00	1250.00	0.200	25.00	1.00E-05	1.00
6							

Figure 4.41 : Tableau 1.2 *Matériaux*

Description de matériau

Un nom peut être choisi pour la *Description* du matériau. Quand le nom inséré correspond à une entrée de la bibliothèque, RFEM va importer les propriétés de matériau. L'importation des matériaux de la bibliothèque est décrite plus loin dans ce manuel.

Module d'élasticité E

Le module d'élasticité décrit le rapport entre la contrainte normale et la déformation axiale.

Pour ajuster les paramètres des *Matériaux*, cliquez sur **Unités et décimales** dans le menu **Modifier** ou utilisez le bouton correspondant.



Module de cisaillement G

Le module de cisaillement G est le deuxième paramètre utilisé pour décrire le comportement élastique d'un matériau homogène, isotrope et linéaire.



Le module de cisaillement des matériaux listés dans la bibliothèque est calculé selon l'Équation 4.1 à partir du module d'élasticité E et le coefficient de Poisson ν . Ainsi, une matrice de rigidité symétrique est assurée pour les matériaux isotropes. Les valeurs des modules de cisaillement déterminées de cette façon peuvent varier par rapport aux spécifications des Eurocodes.

Coefficient de Poisson ν

Il y a la relation suivante entre le module d'élasticité, de cisaillement et le coefficient de poisson ν .

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Équation 4.1



Quand vous définissez manuellement les propriétés d'un matériau isotrope, RFEM détermine automatiquement le coefficient de Poisson à partir des valeurs des modules d'élasticité et de cisaillement (on bien le module de cisaillement à partir des modules d'élasticité et du coefficient de Poisson).

En général, le coefficient de Poisson des matériaux isotropes se trouve entre 0.0 et 0.5. Ainsi, pour une valeur supérieure à 0.5 (par exemple caoutchouc) on suppose que le matériau n'est pas isotrope. Avant le démarrage du calcul, il est affiché une question qui vous demande si vous voulez utiliser un modèle de matériau orthotrope.

Poids spécifique γ

Le poids spécifique γ décrit le poids du matériau par unité de volume.

La spécification est importante surtout pour le type de charge 'poids propre'. Le poids propre automatique du modèle est déterminé par le poids spécifique et les aires de section des barres ou des surfaces et des solides utilisés.

Coefficient de la dilatation thermique α

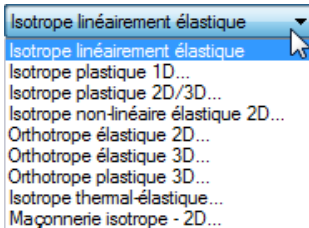
Le coefficient décrit une corrélation linéaire entre les changements de température et les déformations axiales (allongement du à la chaleur, rétractation du au froid).

La valeur est importante pour les types de charge 'variations de température' et 'température différentielle'.

Facteur partiel de sécurité γ_M

La valeur décrit le facteur de sécurité pour la résistance de matériau. Ainsi, l'indice M est utilisé. Utilisez le facteur γ_M pour réduire la rigidité pour les calculs selon l'analyse de second ordre et des grandes déformations (voir le chapitre 7.3.1, page 283).

Ne confondez pas le facteur γ_M avec les facteurs de sécurité pour la détermination des efforts internes de calcul. Les facteurs partiels de sécurité γ des actions participent dans la combinaison des cas de charge pour les combinaisons de charge et de résultats.



Modèle de matériau

Il y a neuf modèles de matériau disponibles dans la bibliothèque de matériaux. Utilisez le bouton [Détails] dans la boîte de dialogue ou dans le tableau pour accéder aux boîtes de dialogue où vous pouvez définir les paramètres du modèle sélectionné.

Si le module additionnel **RF-MAT NL** n'est pas licencié, vous pouvez utiliser seulement les modèles de matériau *Élastique linéaire isotrope* et *Élastique orthotrope 2D/3D*.

Élastique linéaire isotrope

Les propriétés de rigidité linéaire élastique du matériau ne dépendent pas des directions. Elles peuvent être décrites selon l'Équation 4.1. Les conditions suivantes sont appliquées :

- $E > 0$
- $G > 0$
- $-1 \leq \nu < 0.5$ (seulement pour les surfaces et les solides, pas limitées en haut pour les barres)

La matrice d'élasticité (matrice inversée de la matrice de rigidité) pour les surfaces est la suivante :

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & & & \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & & & \\ & & \frac{1}{G} & & \\ & & & \frac{1}{G} & \\ & & & & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Équation 4.2

Isotrope plastique 1D

Si vous définissez le modèle de type 3D (voir la Figure 12.23, page 584), vous pouvez définir les propriétés plastiques du matériau isotrope dans une boîte de dialogue. RFEM va prendre en compte les propriétés pour les éléments de barre, par exemple pour les calculs plastiques d'une chaîne cinématique.

Seulement si, sur la barre, il est créé le nombre suffisant de nœuds EF, le comportement non linéaire du matériau sera déterminé correctement dans le calcul. Les possibilités suivantes sont disponibles :

- Boîte de dialogue *Diviser la barre par n nœuds intermédiaires* (voir la Figure 11.91, page 495), méthode de division : *sans le diviser*
- Boîte de dialogue *Paramètres du maillage EF* (voir la Figure 7.10, page 273), option *Utiliser la division pour les barres directes avec un Nombre minimal de divisions de barre de 10*



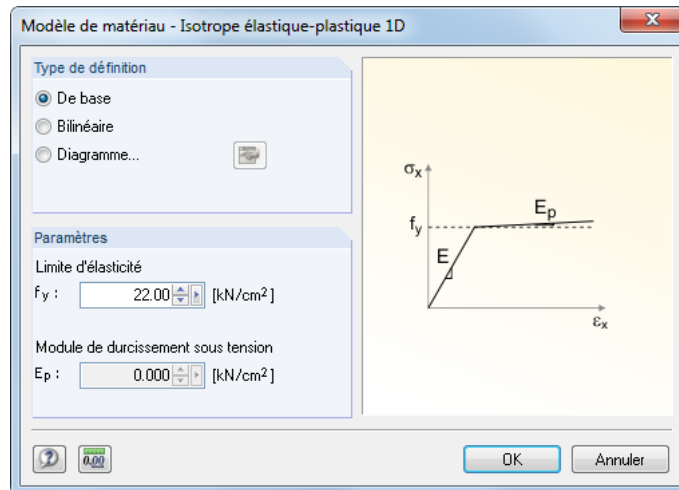


Figure 4.42 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Isotrope élastique-plastique 1D*

Définissez les paramètres du matériau idéalement ou bilinéairement plastique. Vous pouvez aussi définir un *Diagramme* contrainte-déformation pour représenter le comportement de matériau le plus proche de la réalité.

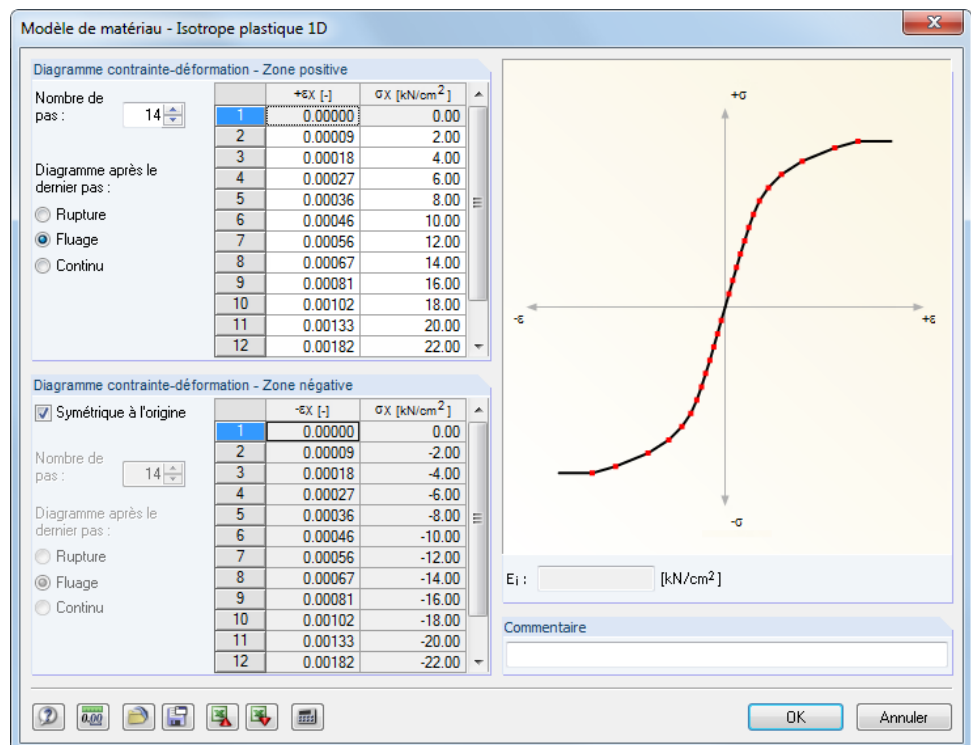


Figure 4.43 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Isotrope plastique 1D, diagramme contrainte-déformation*

Les propriétés de matériau peuvent être définies séparément pour les zones *Positive* et *Négative*. Le *Nombre d'étapes* détermine le nombre de points de définition disponibles. Insérez les déformations ε et les contraintes normales correspondantes σ dans les deux listes.

Vous avez plusieurs options pour le *Diagramme après la dernière étape* : *Rupture* pour la rupture de matériau quand une certaine contrainte est dépassée, *Fluage* pour la restriction du transfert de la contrainte maximale, *Continu* comme dans la dernière étape ou *Arrêter* pour la restriction à une déformation maximale admissible.

Il est aussi possible d'importer les paramètres depuis une feuille [Excel].





Regardez le graphique dynamique à droite pour vérifier les propriétés de matériau. Le champ de dialogue E_i au-dessous du graphique vous montre le module d'élasticité pour le point courant défini.

Utilisez le bouton [Enregistrer sous] dans la boîte de dialogue pour stocker le diagramme contrainte-déformation afin de pouvoir l'appliquer aux différents modèles. Vous pouvez importer les diagrammes définis par l'utilisateur à l'aide du bouton [Charger] (voir la figure ci-dessous).

La case *Activer la rigidité de cisaillement des barres (aire de la section A_y , A_z)* dans la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir la Figure 7.22, page 287) n'influence pas les barres avec les propriétés de matériau isotropes élastiques-plastiques. Ce modèle de matériau utilise la théorie des poutres selon EULER BERNOULLI où les distorsions de cisaillement sont négligées.

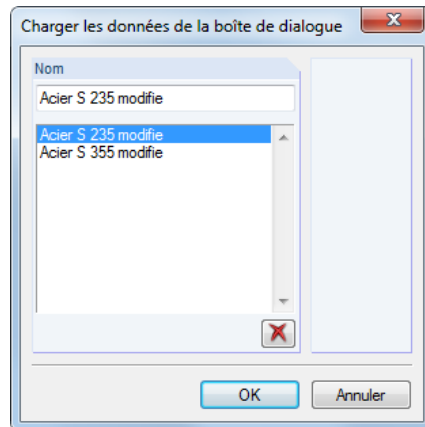


Figure 4.44 : Boîte de Dialogue Charger les données de la boîte de dialogue

Isotrope plastique 2D/3D

Ce modèle de matériau vous montre un comportement de matériau isotrope dans la zone élastique. La zone plastique est basée sur le fluage selon VON MISES (plasticité J2) avec une *Limite d'élasticité* définie par l'utilisateur de la contrainte équivalente pour les surfaces et les solides.

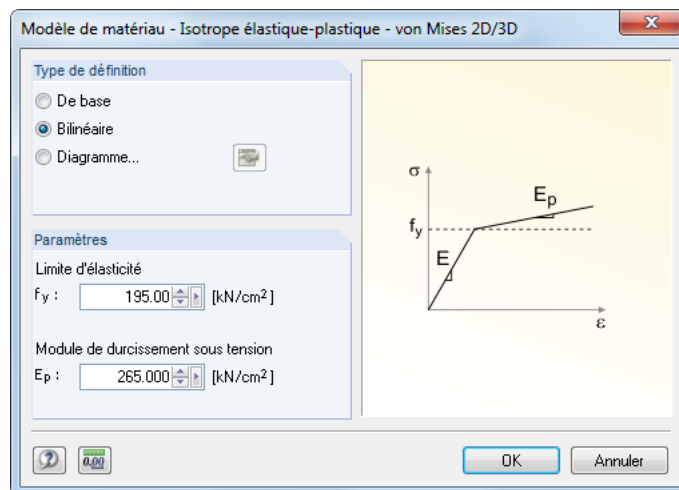


Figure 4.45 : Boîte de dialogue Modèle de matériau - Isotrope élastique-plastique - von Mises 2D/3D

Définissez les paramètres du matériau idéalement ou bilinéairement plastique. Vous pouvez aussi définir un *Diagramme* contrainte-déformation pour représenter le comportement de matériau le plus proche de la réalité (voir la Figure 4.43). Les mêmes relations sont appliquées pour la traction et la compression.

Le fluage est le suivant :

$$\sigma_{\text{équ}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{pour les éléments 2D}$$

Équation 4.3

$$\sigma_{\text{équ}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)} \quad \text{pour les éléments 3D}$$

Équation 4.4



Pour les propriétés de matériau plastique, les calculs sont effectués d'une façon itérative et avec incréments de charge (voir les chapitre 7.3, page 291). Si la contrainte est dépassée dans un élément fini, le module d'élasticité y sera réduit et un nouveau calcul sera démarré. Le processus est répété jusqu'à ce que la convergence ne soit atteinte. Quand le calcul est effectué, les réductions de rigidité peuvent être vérifiées aussi graphiquement (voir le chapitre 9.3.2, page 368).



Pour l'évaluation des résultats, il est recommandé d'utiliser l'option de lissage *Constant sur les éléments* (voir la Figure 9.31, page 383). Les paramètres assurent que la limite de contrainte définie est affichée comme un maximum dans le panneau de résultats. Les effets plastiques peuvent être considérés seulement élément par élément dans le calcul. Pour les options de lissage restantes, néanmoins, RFEM interpole ou extrapole les résultats. Ceci peut mener aux distorsions qui sont plus ou moins distinguées en fonction du maillage.

Élastique non linéaire isotrope 2D

Ce modèle de matériau est similaire au modèle *Isotrope plastique 2D/3D* décrit ci-dessus mais aucune énergie n'est fournie au modèle (analyse conservatoire). Comme les mêmes relations contrainte-déformation sont appliquées pour le chargement et le déchargement, il n'y a aucune distorsion plastique permanente après un déchargement.

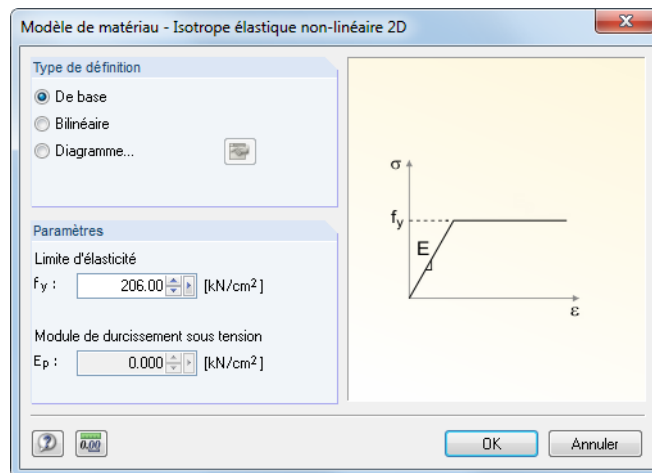


Figure 4.46 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Isotrope élastique non-linéaire 2D*

La matrice d'élasticité est amortie isotropiquement afin que les relations contrainte-déformation des contraintes équivalentes et des distorsions selon VON MISES soient respectées. Elles sont définies par les conditions suivantes :

$$\sigma_{\text{équ}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\varepsilon_{\text{équ}} = \frac{\sigma_{\text{équ}}}{E}$$

Équation 4.5

Dans le *Diagramme*, il est possible de définir les relations contrainte-déformation séparément pour la zone de traction et de compression (voir la Figure 4.43).



En général, il y a beaucoup d'itérations requises pour ce modèle de matériau pour que la convergence soit atteinte. Ainsi, il est recommandé de spécifier une valeur minimale de 300 comme le *nombre minimal d'itérations* dans les paramètres de calcul (voir le chapitre 7.3.3, page 287).

Orthotrope élastique 2D

Vous pouvez définir les propriétés de rigidité qui sont affichées différemment dans les deux directions de surface x et y. De cette façon, vous pouvez modéliser par exemple des planchers nervurés ou directions de contrainte des planchers renforcés. Les axes de surface x et y sont perpendiculaires l'un à l'autre dans le plan de surface (voir la Figure 4.73, page 89).



Les modèles de matériau de RFEM 4 *Orthotrope* et *Orthotrope extra* sont convertis dans ce modèle.

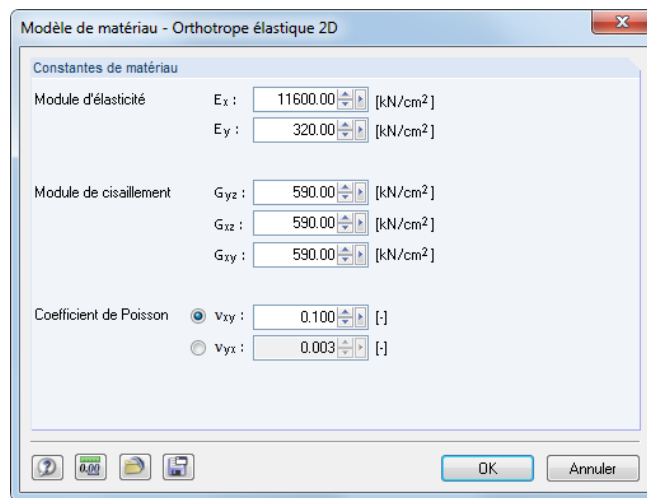


Figure 4.47 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Orthotrope élastique 2D*

Avec ce modèle de matériau, vous pouvez attribuer une propriété orthotrope globalement à toutes les surfaces fabriquées avec un matériau particulier. Alternativement, il est possible de définir les paramètres pour chaque surface individuellement (voir le chapitre 4.12 *Surfaces orthotropes*, page 120).

Un matériau orthotrope élastique est caractérisé par les modules d'élasticité E_x et E_y , par les modules de cisaillement G_{yz} , G_{xz} et G_{xy} tout comme par les coefficients de Poisson ν_{xy} et ν_{yx} . La matrice d'élasticité (matrice inversée de la matrice de rigidité) est définie de la façon suivante :

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & & & \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & & & \\ & & \frac{1}{G_{xy}} & & \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} & \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Équation 4.6

Il y a la corrélation suivante entre les coefficients de Poisson principal ν_{xy} et secondaire ν_{yx} :

$$\frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Équation 4.7

Les conditions suivantes doivent être mises pour une matrice de rigidité définie positive :

- $E_x > 0$; $E_y > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$

Orthotrope élastique 3D

Dans le modèle de matériau 3D, vous pouvez définir les rigidités élastiques séparément dans toutes les directions du solide. De cette façon, vous pouvez représenter par exemple les propriétés des matériaux à base de bois.

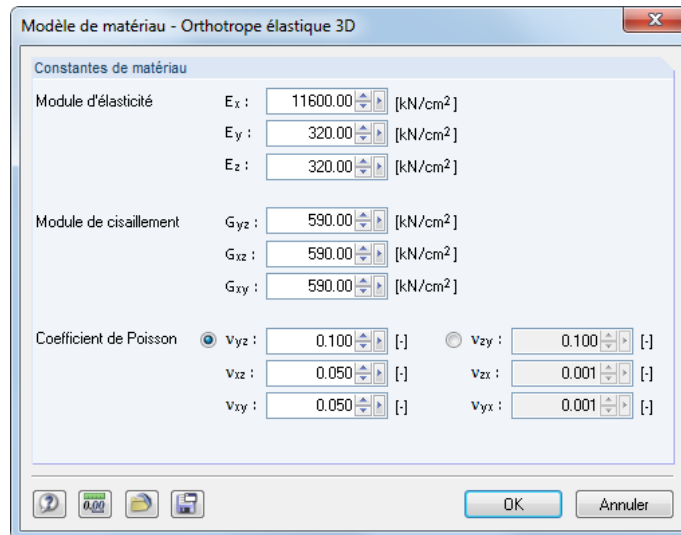


Figure 4.48 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Orthotrope élastique 3D*

La matrice de rigidité est définie de la façon suivante :

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & -\frac{\nu_{xz}}{E_x} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & -\frac{\nu_{yz}}{E_y} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{zx}}{E_z} & -\frac{\nu_{zy}}{E_z} & \frac{1}{E_z} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{yz}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{xz}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

Équation 4.8

Il existe les corrélations suivantes entre les coefficients de Poisson principaux ν_{yz} , ν_{xz} , ν_{xy} et les coefficients de Poisson secondaires ν_{zy} , ν_{zx} , ν_{yx} :

$$\frac{\nu_{zy}}{E_z} = \frac{\nu_{yz}}{E_y} ; \quad \frac{\nu_{zx}}{E_z} = \frac{\nu_{xz}}{E_x} ; \quad \frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

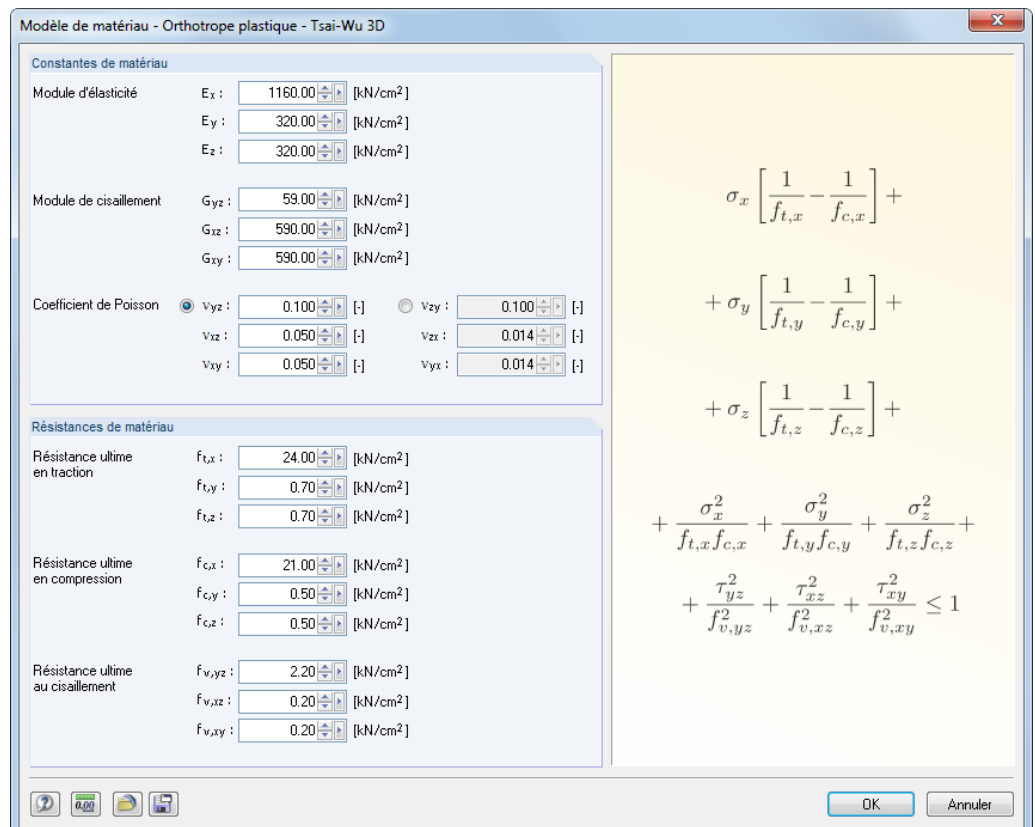
Équation 4.9

Les conditions suivantes doivent être mises pour une matrice de rigidité définie positive :

- $E_x > 0$; $E_y > 0$; $E_z > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{yz}| < \sqrt{\frac{E_y}{E_z}}$; $|\nu_{xz}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_z}}$; $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$
- $1 - \nu_{yz}^2 \frac{E_z}{E_y} - \nu_{xz}^2 \frac{E_z}{E_x} - \nu_{xy}^2 \frac{E_y}{E_x} - 2 \frac{E_z}{E_x} \nu_{yz} \nu_{xz} \nu_{xy} > 0$

Orthotrope plastique 3D

Le modèle de matériau selon TSAI-WU unifie les propriétés plastiques avec les propriétés orthotropes. De cette façon, vous pouvez insérer des modèles spéciaux des matériaux avec les caractéristiques anisotropes comme plastique ou bois. Quand le matériau devient plastique, les contraintes restent constantes. Il est effectué une redistribution selon les rigidités disponibles dans les directions individuelles.



Modèle de matériau - Orthotrope plastique - Tsai-Wu 3D

Constantes de matériau

Module d'élasticité E_x : 1160.00 [kN/cm²]
 E_y : 320.00 [kN/cm²]
 E_z : 320.00 [kN/cm²]

Module de cisaillement G_{yz} : 59.00 [kN/cm²]
 G_{xz} : 590.00 [kN/cm²]
 G_{xy} : 590.00 [kN/cm²]

Coefficient de Poisson ν_{yz} : 0.100 [-] ν_{zy} : 0.100 [-]
 ν_{xz} : 0.050 [-] ν_{zx} : 0.014 [-]
 ν_{xy} : 0.050 [-] ν_{yx} : 0.014 [-]

Résistances de matériau

Résistance ultime en traction $f_{t,x}$: 24.00 [kN/cm²]
 $f_{t,y}$: 0.70 [kN/cm²]
 $f_{t,z}$: 0.70 [kN/cm²]

Résistance ultime en compression $f_{c,x}$: 21.00 [kN/cm²]
 $f_{c,y}$: 0.50 [kN/cm²]
 $f_{c,z}$: 0.50 [kN/cm²]

Résistance ultime au cisaillement $f_{v,yz}$: 2.20 [kN/cm²]
 $f_{v,xz}$: 0.20 [kN/cm²]
 $f_{v,xy}$: 0.20 [kN/cm²]

Equation de Tsai-Wu :

$$\sigma_x \left[\frac{1}{f_{t,x}} - \frac{1}{f_{c,x}} \right] + \sigma_y \left[\frac{1}{f_{t,y}} - \frac{1}{f_{c,y}} \right] + \sigma_z \left[\frac{1}{f_{t,z}} - \frac{1}{f_{c,z}} \right] + \frac{\sigma_x^2}{f_{t,x} f_{c,x}} + \frac{\sigma_y^2}{f_{t,y} f_{c,y}} + \frac{\sigma_z^2}{f_{t,z} f_{c,z}} + \frac{\tau_{yz}^2}{f_{v,yz}^2} + \frac{\tau_{xz}^2}{f_{v,xz}^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{f_{v,xy}^2} \leq 1$$

Figure 4.49 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Orthotrope plastique - Tsai-Wu 3D*

La zone élastique correspond au modèle de matériau *Orthotrope élastique 3D* (voir ci-dessus).

Pour la zone plastique, il est appliqué le fluage selon TSAI-WU :

$$f_y(\sigma) = \sigma_x \left(\frac{1}{f_{t,x}} - \frac{1}{f_{c,x}} \right) + \sigma_y \left(\frac{1}{f_{t,y}} - \frac{1}{f_{c,y}} \right) + \sigma_z \left(\frac{1}{f_{t,z}} - \frac{1}{f_{c,z}} \right) + \frac{\sigma_x^2}{f_{t,x}f_{c,x}} + \frac{\sigma_y^2}{f_{t,y}f_{c,y}} + \frac{\sigma_z^2}{f_{t,z}f_{c,z}} + \frac{\tau_{yz}^2}{f_{v,yz}^2} + \frac{\tau_{xz}^2}{f_{v,xz}^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{f_{v,xy}^2}$$

où

$f_{t,x}, f_{t,y}, f_{t,z}$	Résistance ultime en traction plastique en direction de l'axe x, y ou z
$f_{c,x}, f_{c,y}, f_{c,z}$	Résistance ultime en compression plastique en direction de l'axe x, y ou z
$f_{v,yz}, f_{v,xz}, f_{v,xy}$	Résistance plastique au cisaillement en direction de l'axe yz, xz ou xy

Équation 4.10

Toutes les résistances doivent être définies positivement.

Le critère de contrainte peut être imaginé comme une surface dans la forme d'une ellipse dans un espace de contraintes six-dimensionnels. Si l'un des trois composants de contrainte est appliqué comme une valeur constante, la surface peut être projetée sur un espace trois-dimensionnel (voir la figure ci-dessous) :

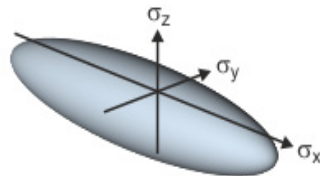


Figure 4.50 : Projection des surfaces pour les contraintes normales selon TSAI-WU

Quand la valeur pour $f_y(\sigma)$ selon l'Équation 4.10 est inférieure à 1, les contraintes se trouvent dans la zone élastique. La zone plastique est atteinte quand $f_y(\sigma) = 1$. Les valeurs supérieures à 1 ne sont pas permises. Le comportement de modèle est idéal-plastique ce qui signifie qu'il n'y a aucun renforcement.



L'Équation 4.10 n'est valide que pour le système de coordonnées locales EF. Si ce n'est pas conforme au système de coordonnées de solide utilisé pour la sortie de contrainte dans RFEM, les valeurs doivent être transformée d'une façon appropriée.

Isotrope thermal-élastique

Les propriétés de contrainte-déformation dépendantes de la température d'un matériau isotrope élastique peuvent être définies dans un diagramme ou importées depuis [Excel]. Ces propriétés seront considérées pour les éléments de barre et de surface sollicités par une charge thermique (changements ou différences de température).

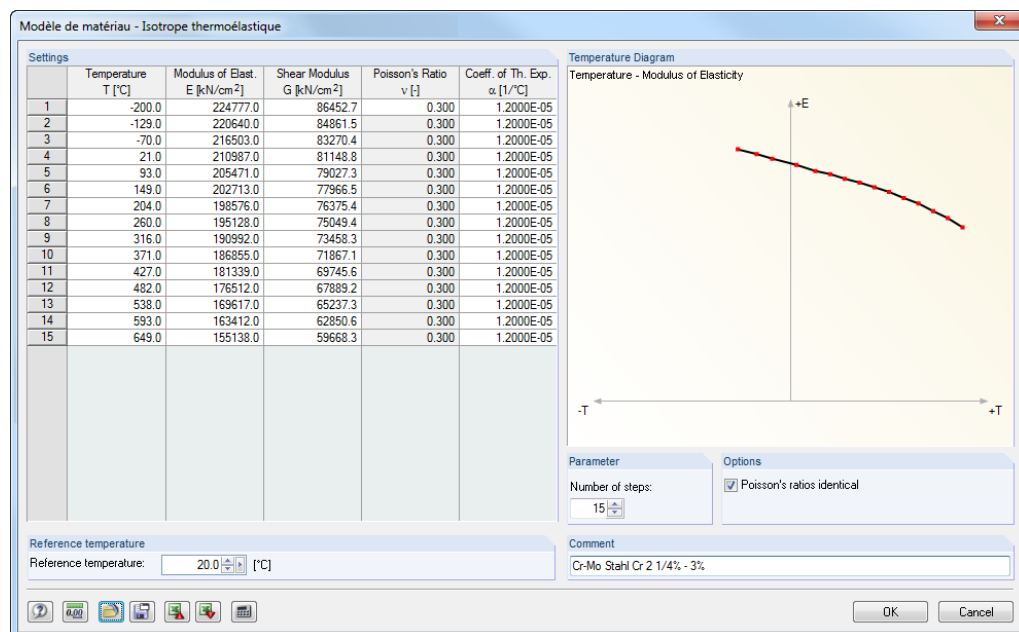


Figure 4.51 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Isotrope thermal-élastique*

La *Température de référence* définit les raidisseurs pour les barres ou les surfaces qui ne sont pas chargées par la température. Par exemple, quand il est défini une température de référence de 300 °C, RFEM applique le module d'élasticité réduit de ce point de la courbe de température à toutes les barres et les surfaces.

Avec les paramètres dans la section de dialogue *Options*, vous décidez si les *Coefficients de Poisson identiques* sont appliqués au diagramme complet de température. Enlevez les coches pour accéder dans la colonne de tableau *Coefficient de Poisson* quand vous voulez insérer les entrées individuelles.

Utilisez le bouton [Charger] pour importer les diagrammes de température prédéfinis pour différents alliages ferreux (voir la Figure 4.44, page 68).

Cliquez sur le bouton [Enregistrer] pour enregistrer les diagrammes de température définis par l'utilisateur afin que vous puissiez les utiliser pour d'autres modèles.

Maçonnerie isotrope 2D

Utilisez ce modèle de matériau pour prendre en compte les murs en maçonnerie qui ne sont pas capables de transférer les efforts de traction et réagissent par la formation des fissures.

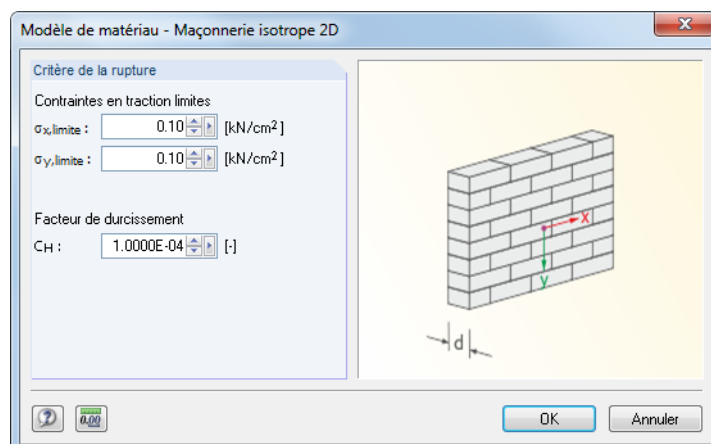


Figure 4.52 : Boîte de dialogue *Modèle de matériau - Maçonnerie isotrope 2D*

La boîte de dialogue permet la définition des *Contraintes limites de traction* en direction des axes x et y de la surface c'est-à-dire parallèle et perpendiculaire aux interstices de l'appui. Puis, quand vous calculez les données, RFEM trouve à l'aide de plusieurs itérations quels éléments finis restent sans contrainte à cause du critère de l'échec.

Quand la contrainte limite de traction est définie à zéro, RFEM applique une valeur limite de 10^{-11} N/mm² dans les calculs pour une raison de stabilité. Ainsi, les contraintes mineures de traction ne sont pas complètement exclues.

S'il y a des problèmes numériques pendant le calcul, vous pouvez essayer d'atteindre la convergence par l'augmentation du *Facteur de durcissement* C_H .

Si le matériau de maçonnerie a déjà été défini dans la bibliothèque avant l'ouverture de la boîte de dialogue *Modèle de matériau*, les valeurs limites suivantes sont prédéfinies :

Norme	$\sigma_{x,limite}$	$\sigma_{y,limite}$
DIN 1053-100	f_{x2} résistance en traction parallèle à l'interstice de l'appui	0
EN 1996-1-1	f_{xk2} résistance en traction parallèle à l'interstice de l'appui	f_{xk1} résistance en traction perpendiculaire à l'interstice de l'appui

Tableau 4.1 : Contraintes limites en traction selon les normes pour la maçonnerie

Bibliothèque de matériau

Les propriétés de beaucoup de matériaux sont stockées dans une base de données complète qui peut être étendue.

Ouverture de la bibliothèque

Pour accéder à la bibliothèque, cliquez sur le bouton [Bibliothèque de matériaux] (voir la Figure 4.40, page 64) dans la boîte de dialogue *Nouveau matériau*. Vous pouvez ouvrir la base de données aussi dans le tableau 1.3 *Matériaux* (voir Figure 4.41, page 64) : Mettez le curseur dans la colonne A du tableau et cliquez sur le bouton [...] affiché à gauche ou utilisez la touche de fonction [F7] sur le clavier.

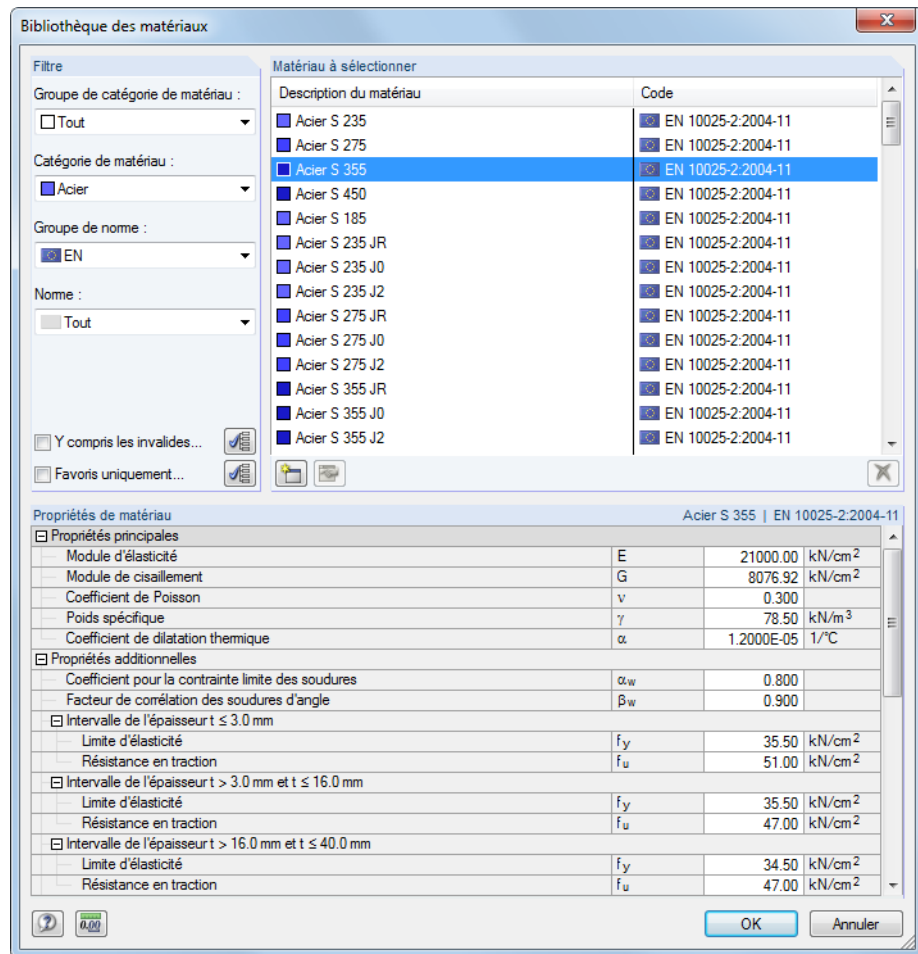


Figure 4.53 : Boîte de dialogue *Bibliothèque des matériaux*

Sélectionnez un matériau de la liste *Matériau à sélectionner* et vérifiez les paramètres correspondants dans la partie inférieure de la boîte de dialogue. Cliquez sur [OK] ou sur [...] pour l'accepter dans la boîte de dialogue précédente ou dans le tableau précédant.

Filtre de bibliothèque

Comme la bibliothèque de matériaux est très large, vous trouvez différentes options de sélection dans la section de dialogue *Filtre*. Vous pouvez filtrer la liste de matériaux selon le *Groupe de catégorie de matériau*, *Catégorie de matériau*, *Groupe de norme* et *Norme*. De cette façon, vous pouvez réduire les données offertes.

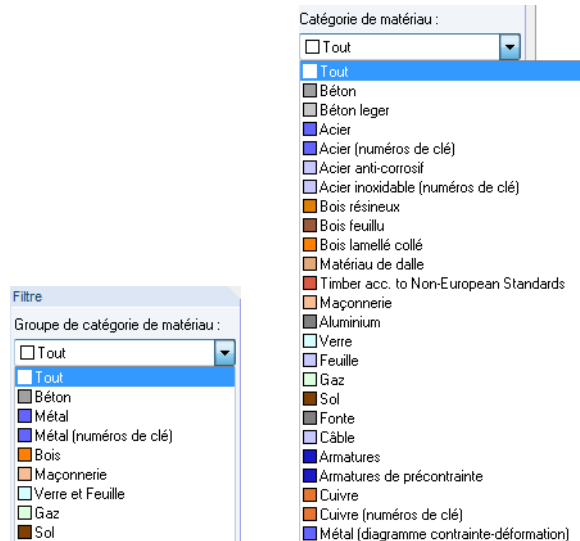


Figure 4.54 : Filtre pour le *Groupe de catégorie de matériau* et pour la *Catégorie de matériau*

Créer les Favoris

Souvent, dans le travail quotidien de l'ingénieur, l'utilisation de quelques matériaux suffit. Vous pouvez marquer ces matériaux comme vos favoris. Utilisez le bouton [Modifier les Favoris] (voir la Figure 4.56) pour ouvrir la boîte de dialogue pour définir les matériaux préférés.

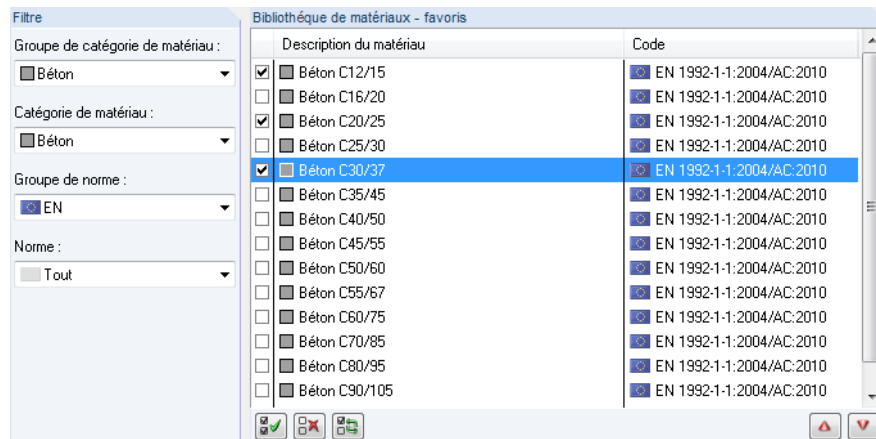
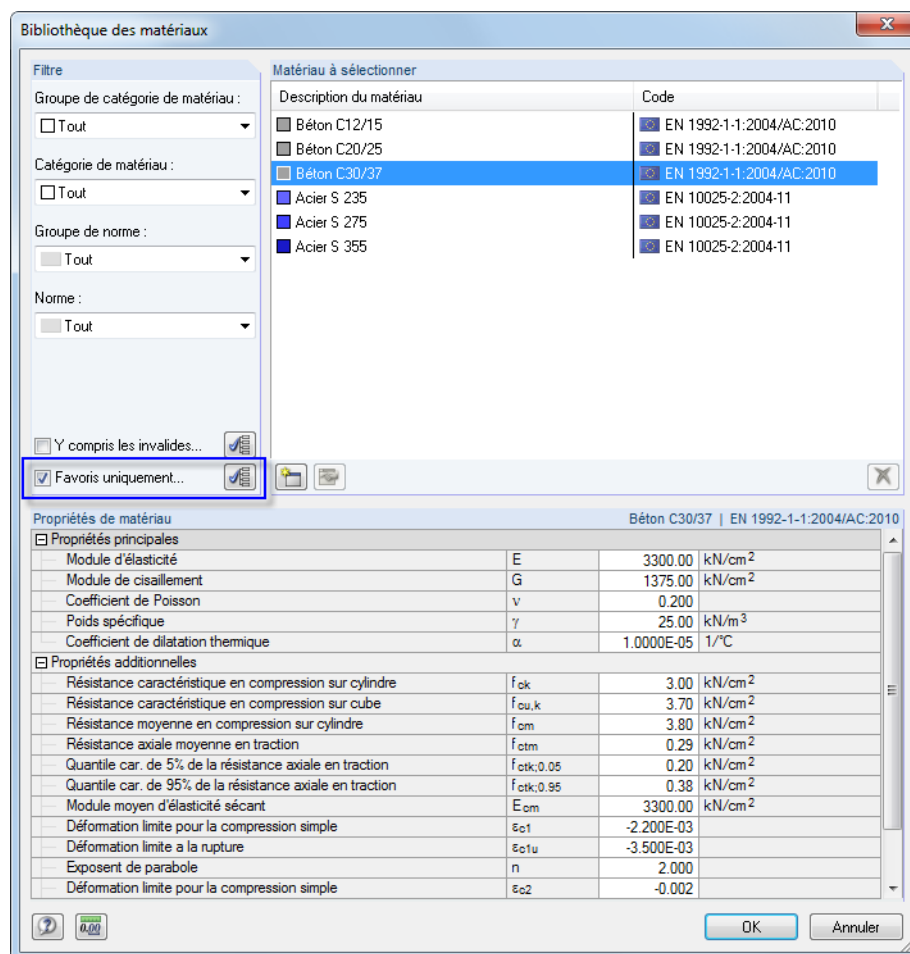


Figure 4.55 : Boîte de dialogue *Bibliothèque de matériaux - Favoris* (section de dialogue)

La boîte de dialogue a l'air comme la bibliothèque de matériau. Vous pouvez utiliser les options de filtre décrites ci-dessus. Dans la section de dialogue *Bibliothèque de matériaux - Favoris*, vous pouvez sélectionner vos matériaux préférés en sélectionnant leurs cases. Pour modifier la séquence des matériaux, utilisez les boutons [▲] et [▼].

Après avoir fermé la boîte de dialogue, la bibliothèque de matériaux présente un aperçu clair de favoris dès que vous activez l'option *Favoris uniquement*.

Figure 4.56 : Boîte de dialogue *Bibliothèque des matériaux* avec l'option *Favoris uniquement*

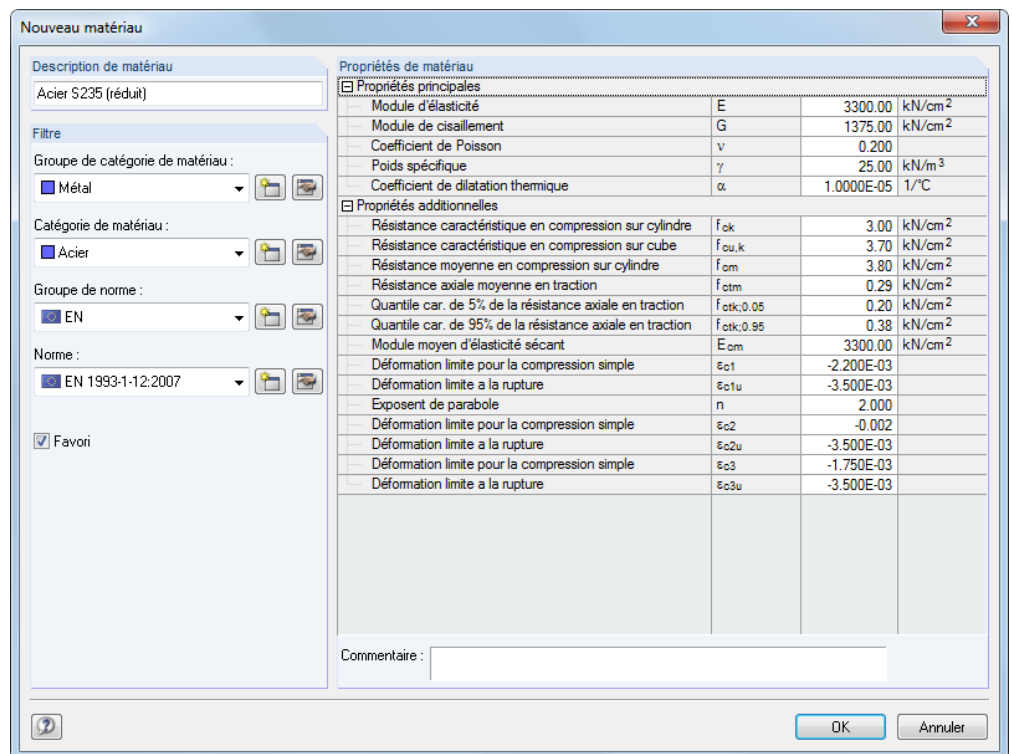
Avec l'option *Y compris les invalides* dans la section de dialogue *Filtre*, vous pouvez intégrer aussi les matériaux des « vieilles » normes dans la bibliothèque.

Ajouter un matériau

La *Bibliothèque des matériaux* peut être étendue. Quand un nouveau matériau est ajouté, il peut être utilisé pour tous les modèles disponibles.



Cliquez sur le bouton [Nouveau] dans la bibliothèque (à droite du bouton [Favoris]), voir la Figure 4.56). La boîte de dialogue *Nouveau matériau* s'ouvre. Vous pouvez voir que les paramètres de l'entrée sélectionnés dans la liste *Matériau à sélectionner* sont prédéfinis. Ainsi, la création d'un nouveau matériau est plus facile quand vous choisissez un matériau avec des propriétés similaires avant d'accéder à la boîte de dialogue.



Nouveau matériau

Description de matériau
Acier S235 (réduit)

Filtre
Groupe de catégorie de matériau : Métal
Catégorie de matériau : Acier
Groupe de norme : EN
Norme : EN 1993-1-2:2007
☒ Favori

Propriétés de matériau

Propriétés principales		
Module d'élasticité	E	3300.00 kN/cm ²
Module de cisaillement	G	1375.00 kN/cm ²
Coefficient de Poisson	ν	0.200
Poids spécifique	γ	25.00 kN/m ³
Coefficient de dilatation thermique	α	1.0000E-05 1/°C
Propriétés additionnelles		
Résistance caractéristique en compression sur cylindre	f_{ck}	3.00 kN/cm ²
Résistance caractéristique en compression sur cube	$f_{cu,k}$	3.70 kN/cm ²
Résistance moyenne en compression sur cylindre	f_{cm}	3.80 kN/cm ²
Résistance axiale moyenne en traction	f_{ctm}	0.29 kN/cm ²
Quantile car. de 5% de la résistance axiale en traction	$f_{ctk;0.05}$	0.20 kN/cm ²
Quantile car. de 95% de la résistance axiale en traction	$f_{ctk;0.95}$	0.38 kN/cm ²
Module moyen d'élasticité sécant	E_{cm}	3300.00 kN/cm ²
Déformation limite pour la compression simple	ϵ_{c1}	-2.200E-03
Déformation limite à la rupture	ϵ_{c1u}	-3.500E-03
Exposant de parabole	n	2.000
Déformation limite pour la compression simple	ϵ_{c2}	-0.002
Déformation limite à la rupture	ϵ_{c2u}	-3.500E-03
Déformation limite pour la compression simple	ϵ_{c3}	-1.750E-03
Déformation limite à la rupture	ϵ_{c3u}	-3.500E-03

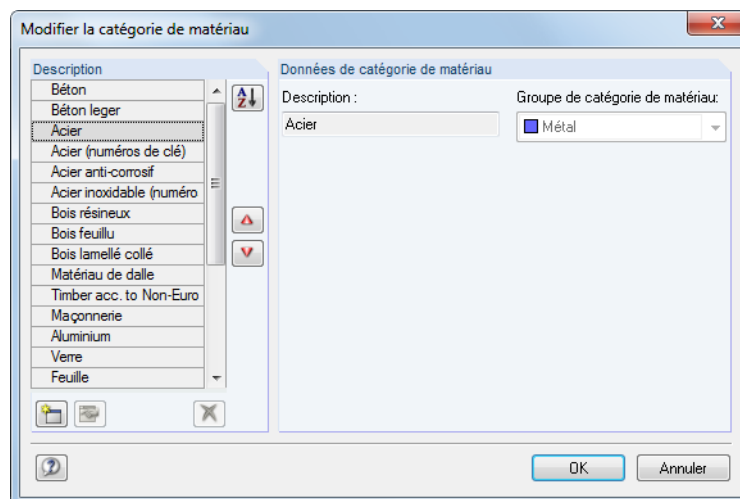
Commentaire :

OK Annuler

Figure 4.57 : Boîte de dialogue *Nouveau matériau*

Insérez la *Description de matériau*, définissez les *Propriétés de matériau* et attribuez le matériau aux catégories appropriées pour les fonctions de *Filtre*.

Utilisez les boutons affichés à gauche pour créer et modifier les catégories.



Modifier la catégorie de matériau

Description

- Béton
- Béton léger
- Acier
- Acier (numéros de clé)
- Acier anti-corrosif
- Acier inoxydable (numéro)
- Bois résineux
- Bois feuillu
- Bois lamellé collé
- Matériau de dalle
- Timber acc. to Non-Euro
- Maçonnerie
- Aluminium
- Verre
- Feuille

Données de catégorie de matériau

Description : Acier

Groupe de catégorie de matériau : Métal

OK Annuler

Figure 4.58 : Boîte de dialogue *Modifier la catégorie de matériau*

Pour ajuster la séquence des entrées, utilisez les boutons [▲] et [▼].

Enregistrement des matériaux définis par l'utilisateur

Si vous personnalisez les matériaux, vous devez enregistrer **Materialien_User.dbd** avant l'installation d'une mise à jour. Le fichier peut être trouvé dans le dossier principal de données de RFEM 5 C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.xx\General Data.

4.4 Surfaces

Description générale

En complément à la géométrie de structure, les surfaces décrivent la rigidité résultante des propriétés de matériau et d'épaisseur. Quand vous générez le maillage EF, les éléments 2D sont créés sur les surfaces. Pour les informations détaillées sur les éléments utilisés, voir le chapitre 7.2.1 page 270.

Le type d'épaisseur *Zéro* est à utiliser pour les descriptions de la géométrie des solides.

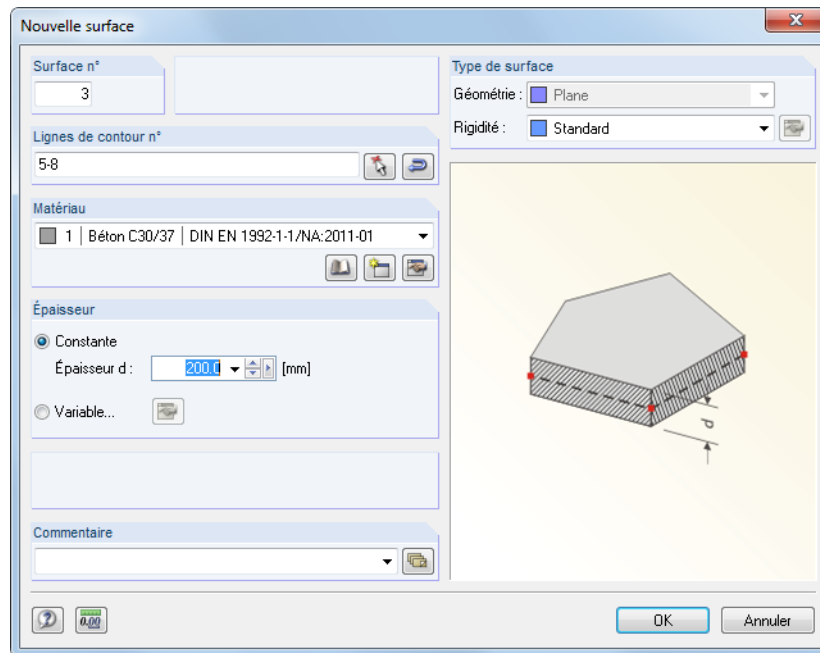
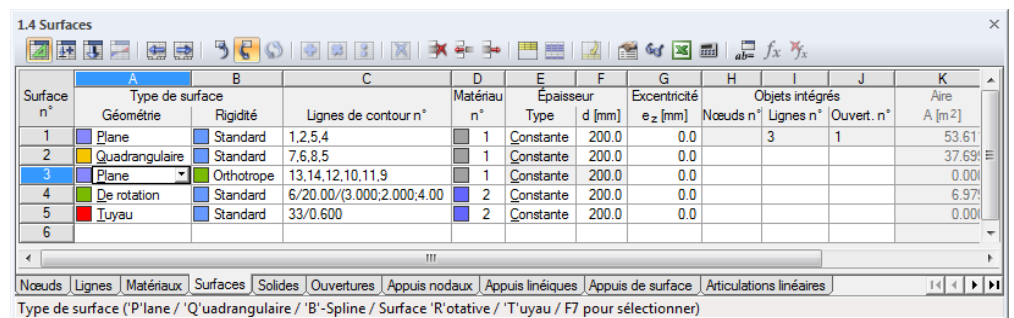


Figure 4.59 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface*



Surface n°	Type de surface		Lignes de contour n°	Matériau n°	Épaisseur		Excentricité ez [mm]	Objets intégrés			Aire A [m²]
	Géométrie	Rigidité			Type	d [mm]		Nœuds n°	Lignes n°	Ouvert. n°	
1	Plane	Standard	1,2,5,4	1	Constante	200.0	0.0	3		1	53.61
2	Quadrangulaire	Standard	7,6,8,5	1	Constante	200.0	0.0				37.69
3	Plane	Orthotrope	13,14,12,10,11,9	1	Constante	200.0	0.0				0.00
4	De rotation	Standard	6/20.00/(3.000;2.000;4.00	2	Constante	200.0	0.0				6.97
5	Tuyau	Standard	33/0.600	2	Constante	200.0	0.0				0.00
6											

Figure 4.60 : Tableau 1.4 *Surfaces*

Différentes propriétés de *Géométrie* et de *Rigidité* sont disponibles pour la modélisation de structure. Il est possible de combiner les entrées des listes de *Types de surface* ou de colonnes de tableau – dans les limites et les conditions des types spécifiques.

Les symboles de couleur vous aident à attribuer différents types pour la *Géométrie* et la *Rigidité*. Vous pouvez utiliser les couleurs dans le modèle pour représenter les types individuels de surface. Les couleurs sont contrôlées dans le navigateur *Afficher* avec l'option *Couleurs dans le rendu selon* (voir le chapitre 11.1.9, page 449).

Type de surface	
Géométrie	Rigidité
Plane	Standard
Quadrangulaire	Orthotrope
B-Spline	Verre
De rotation	Rigide
Tuyau	Membrane
Trajectoire	Nul

Type de surface - Géométrie

Surface plane

Les surfaces planes peuvent être définies graphiquement en dessinant un rectangle, un parallélogramme, cercle, anneau, polygone etc. Utilisez le menu ou le bouton de liste dans la barre d'outils figuré à gauche pour accéder aux formes différentes des surfaces planes.

La boîte de dialogue suivante s'affiche quand vous insérez les données de surface en utilisant l'un des boutons de la barre d'outils.

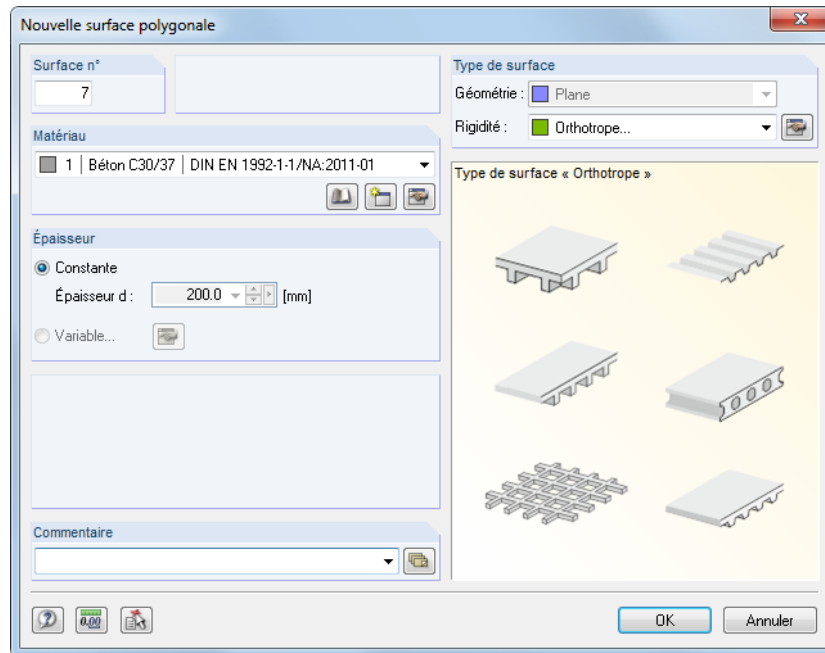
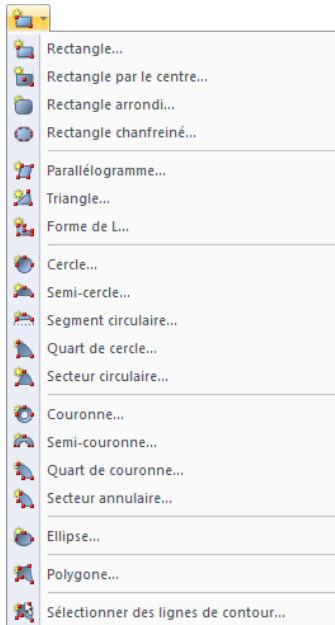


Figure 4.61 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface polygonale*

D'abord, en complément au numéro de surface, insérez les paramètres pour le *Matériau*, l'*Épaisseur* et la *Rigidité*. Cliquez sur [OK] et puis, définissez les lignes de contour de la surface dans la fenêtre graphique en sélectionnant les points de coin correspondants.



Avec l'option de menu [Sélectionner les lignes de contour] vous pouvez sélectionner les lignes existantes graphiquement. Les lignes doivent être arrangées dans une chaîne polygonale qui se trouve dans un seul plan. Les types de ligne sont décrits dans le chapitre 4.2, page 56.

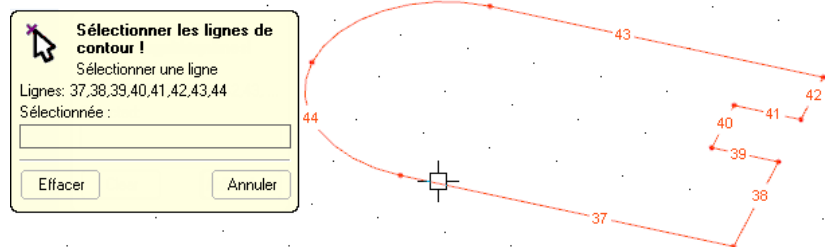


Figure 4.62 : Sélection des lignes de contour dans le graphique

RFEM reconnaît les surfaces automatiquement dès qu'un nombre suffisant de lignes de contour est défini.

Surface quadrangulaire

Ce type de surface représente une surface générale quadrilatérale. En complément aux lignes directes, vous pouvez utiliser les arcs, polygones et splines comme lignes de contour. Utilisez ce type de surface pour modéliser des coques comme il n'est pas nécessaire que les lignes de contour soient arrangées dans un seul plan.

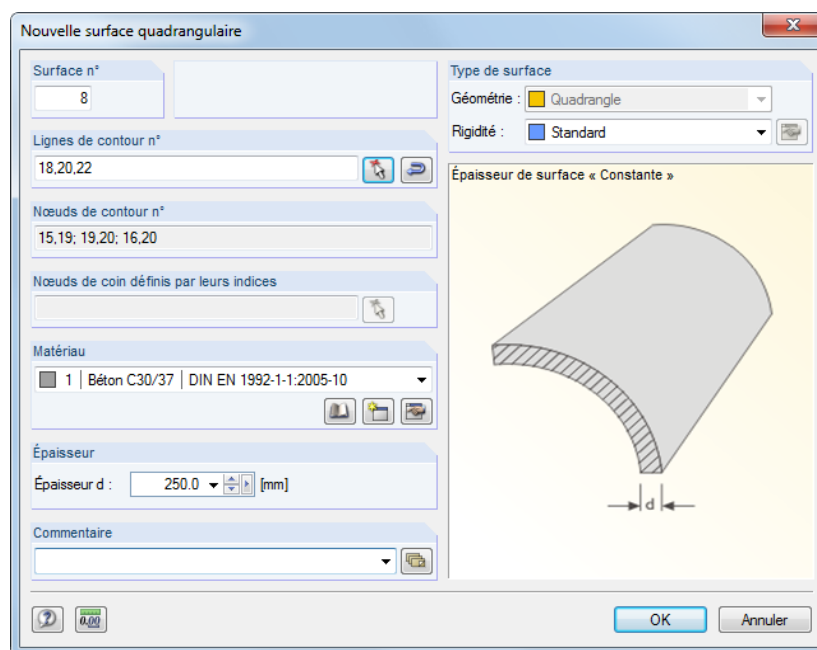


Figure 4.63 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface quadrangulaire*

Vous pouvez sélectionner les lignes de contour graphiquement après avoir cliqué sur [OK].

Surface de révolution

Une surface de révolution est créée par la rotation d'une ligne autour d'un axe fixe. La surface de révolution est déterminée par la position des points de début et de fin de la ligne principale et des points intermédiaires.

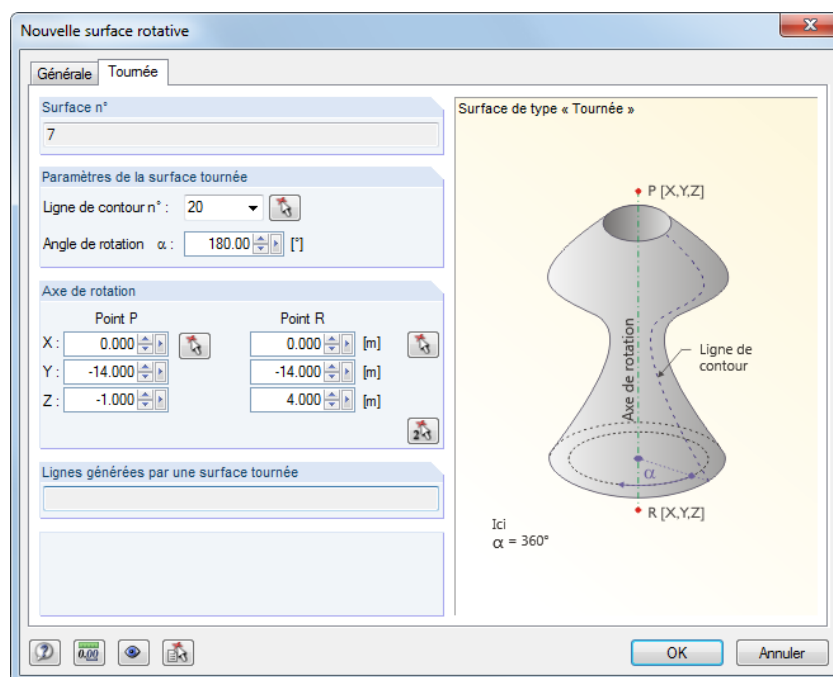


Figure 4.64 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface rotative*, onglet *Tournée*

La boîte de dialogue *Nouvelle surface de révolution* consiste en deux onglets. Définissez le *Matériau*, l'*Épaisseur* et la *Rigidité* de la surface dans l'onglet de dialogue *Général*. Une épaisseur variable de la surface n'est pas permise.



Dans l'onglet *Tournée*, spécifiez l'*Angle de rotation* α . Les deux points de l'*Axe de rotation* peuvent être définis soit par l'insertion de leurs coordonnées soit par l'utilisation de la fonction [^]. Cliquez sur [OK] et puis, définissez la ligne de contour pour la rotation dans la fenêtre graphique.

En plus, les surfaces tournées peuvent être créées à partir des lignes générées.

Tuyau



Une surface de tuyau est créée par une rotation de la ligne centrale du tuyau autour de l'axe central à une distance d'un rayon spécifique.

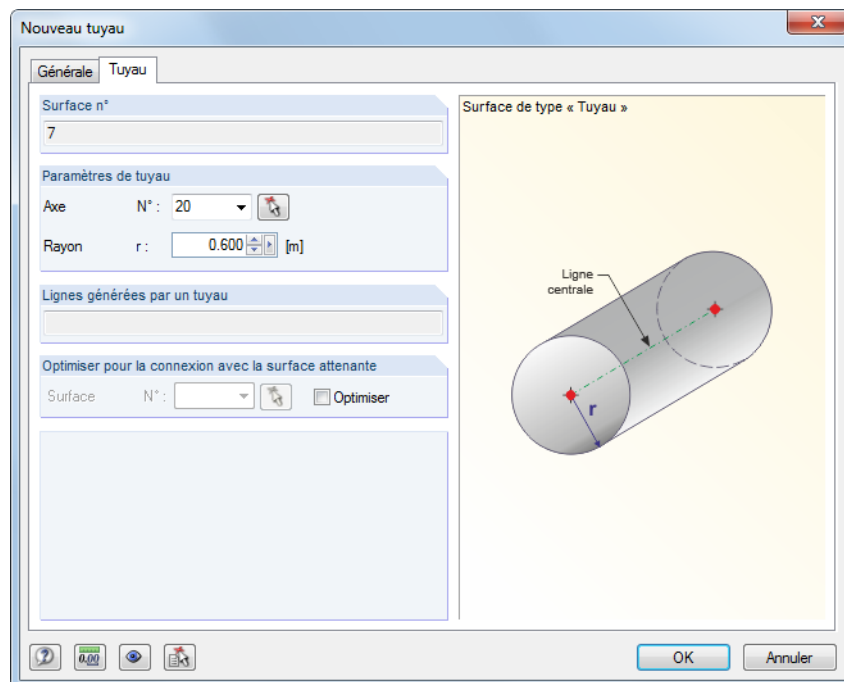


Figure 4.65 : Boîte de dialogue *Nouveau tuyau*, onglet *Tuyau*



Dans la boîte de dialogue *Nouveau tuyau*, il y a deux onglets. Dans l'onglet *Général*, vous insérez les paramètres du *Matériau*, l'*Épaisseur* et la *Rigidité* de la surface. Dans l'onglet *Tuyau*, vous spécifiez l'*Axe* et le *Rayon r*. Vous pouvez définir la ligne centrale aussi graphiquement.

Utilisez ce type de surface pour créer deux cercles et une polygône qui est parallèle à l'axe du tuyau.

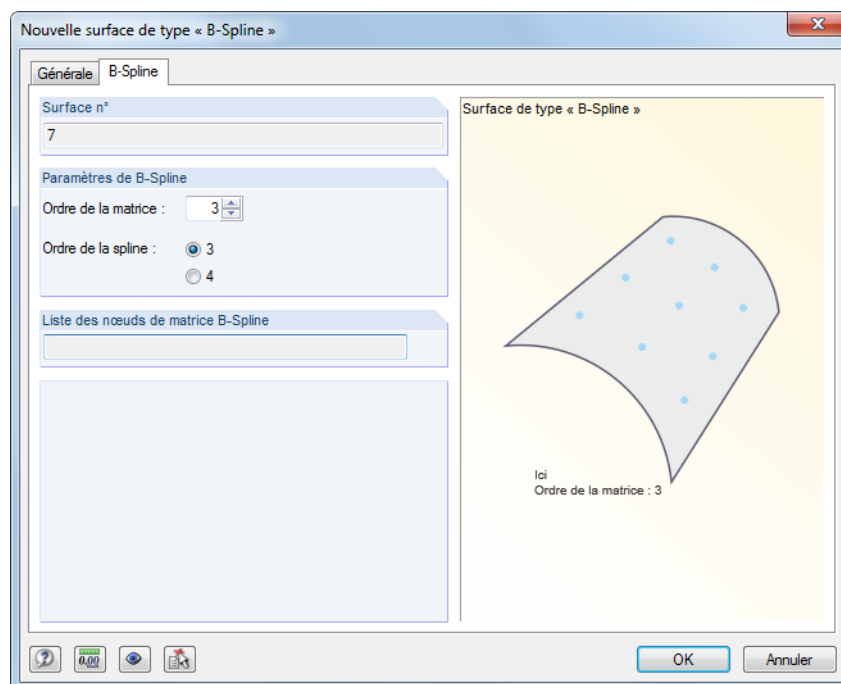
Surface B-Spline



Une surface B-Spline est similaire à une surface quadrangulaire (voir la Figure 4.63), mais les nœuds auxiliaires sont créés en complément sur la surface. La forme de surface peut être influencée par ajustement des coordonnées des nœuds auxiliaires.

Il y a deux onglets dans la boîte de dialogue d'entrée. Dans l'onglet *Général*, vous définissez les paramètres du *Matériau*, l'*Épaisseur* et la *Rigidité* de la surface. Une épaisseur variable de la surface n'est pas permise.

Dans l'onglet *B-Spline*, vous insérez le nombre de nœuds auxiliaires dans le champ d'entrée *Ordre de la matrice* : Par exemple, si vous insérez « 3 », vous créez une grille de nœuds auxiliaires 3 x 3 qui se trouve dans toute la surface. Le champ de sélection *Ordre de spline* spécifie si un polynôme de troisième ou de quatrième degré est utilisé pour le calcul de la surface.

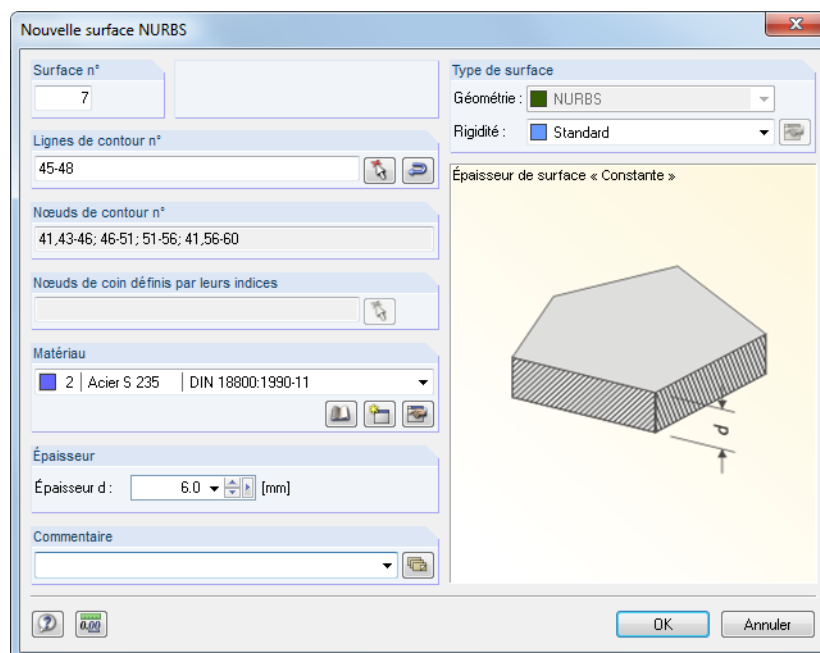
Figure 4.66 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface de type « B-Spline »*, onglet *B-Spline*

Surface NURBS



Les surfaces NURBS sont définies par quatre lignes NURBS connectées (voir le chapitre 4.2, page 61). En utilisant les surfaces NURBS, vous pouvez modéliser presque toute les formes de surface.

Quand vous insérez les lignes de contour, assurez-vous que les paires opposés des lignes NURBS sont « compatibles » l'un avec l'autre. Seulement si le nombre de points de contrôle est égal, les lignes NURBS opposées sont arrangées dans le même ordre.

Figure 4.67 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface NURBS*

Surface de trajectoire



Utilisez ce type de surface pour créer une surface courbée dans l'espace à partir d'un certain profilé de début par rapport à une trajectoire.

La boîte de dialogue *Nouvelle surface de trajectoire* a deux onglets. Dans l'onglet *Général*, vous définissez les paramètres pour le *Matériau*, l'*Épaisseur* et la *Rigidité* de la surface.

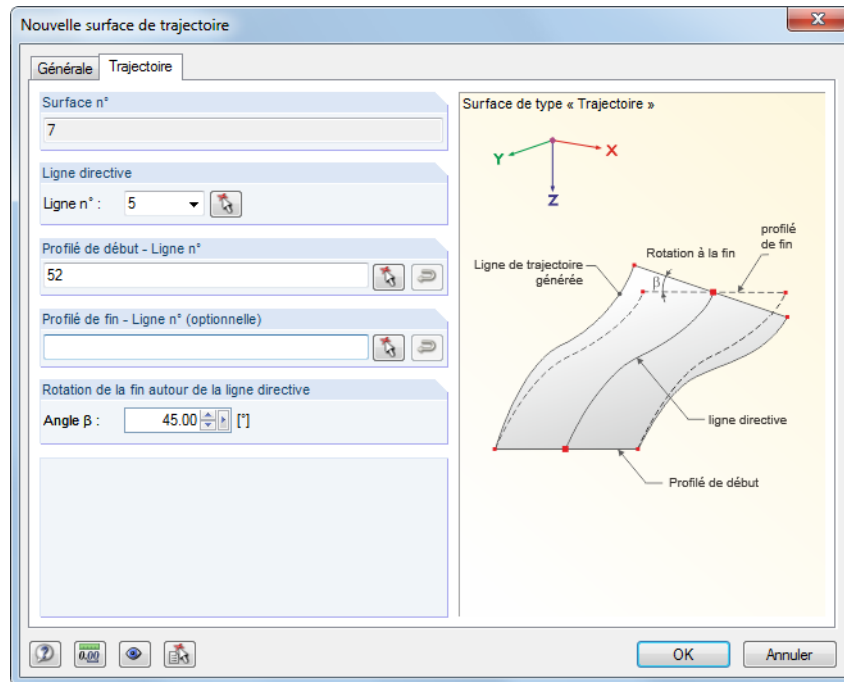


Figure 4.68 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface de trajectoire*, onglet *Trajectoire*



Dans l'onglet *Trajectoire*, vous insérez le nombre de *Lignes directrices* qui représentent la ligne de référence de la surface. Vous pouvez la sélectionner aussi graphiquement. Puis, déterminez le *Profilé de début* dans le graphique. Si nécessaire, définissez une deuxième ligne comme *Profilé de fin*. L'angle β décrit la rotation de la ligne de contour parallèle générée par rapport à la trajectoire.

Composant

Cette entrée est affichée dans la colonne et dans le navigateur de tableau seulement quand il a été créé une intersection de surfaces (voir le chapitre 4.22, à la page 170). Les fonctions d'édition pour les composants des surfaces d'intersection fournies par RFEM sont les mêmes que pour les surfaces « normales ». Ainsi, il est possible de rapidement modifier les propriétés des composants de surface sans créer une nouvelle intersection.

La surface d'origine d'un composant est indiquée dans l'onglet *Composant* de la boîte de dialogue *Modifier la surface*.

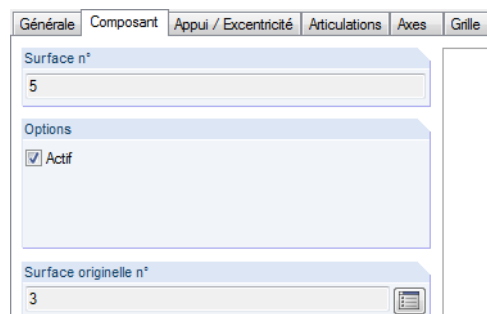


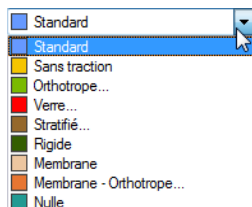
Figure 4.69 : Boîte de dialogue *Modifier la surface*, onglet *Composant*



Utilisez le bouton [Atteindre la surface parente] pour accéder à la boîte de dialogue de modification de la surface d'origine.

Type de surface - Rigidité

La liste disponible dans la boîte de dialogue et dans le tableau fournit plusieurs modèles de rigidité que vous pouvez sélectionner pour modéliser la structure la plus proche de la réalité.



Norme

La surface transfère les moments et les efforts normaux. L'approche décrit le comportement général d'un matériau homogène et isotrope. Les propriétés de rigidité de la surface ne dépendent pas des directions.

Sans traction

Les moments et les efforts de membrane sont transférés. Pour les efforts normaux qui causent la traction, néanmoins, il se produit une rupture des éléments de surface influencés (exemple : pression diamétrale).

Orthotrope

Définissez ce type de rigidité pour les surfaces avec différentes rigidités dans les deux directions de surface (voir le chapitre 4.12, page 120). Utilisez le bouton [Modifier] pour définir les paramètres.

Alternativement, vous pouvez attribuer une propriété orthotrope au matériau (voir le chapitre 4.3, page 70). Ainsi, vous pouvez éviter la définition des propriétés pour chaque surface.

Verre

Ce type de rigidité est requis pour tous les modules additionnels RF-GLASS. Les moments et les efforts de membranes sont transférés, mais les contraintes ne sont pas déterminées dans RFEM. Le calcul de la contrainte actuelle est effectué plus tard dans le module additionnel RF-GLASS.

Stratifié

Ce type d'épaisseur transfère les moments et les efforts normaux. Le module additionnel RF-LAMINATE est requis pour le calcul du modèle stratifié. Les contraintes correspondantes ne sont pas incluses dans la sortie des résultats de RFEM, vous avez besoin du module pour calculer la contrainte.

Rigide

Utilisez ce type de rigidité pour générer les surfaces très rigides créant une connexion rigide entre des objets attenants.

Membrane

La surface a une rigidité uniforme dans toutes les directions. Il n'y a que les efforts de membrane qui sont transférés.

Membrane orthotrope

Il n'y a que les efforts de membrane qui sont transférés. Les rigidités sont différentes dans les deux directions de surface (chapitre 4.12, page 120). Utilisez le bouton [Modifier] pour définir les paramètres.



Zéro

Aucune surface n'est requise pour la définition des solides (voir le chapitre 4.5, page 90).

Lignes de contour n°

Les lignes de contour d'une surface sont listées dans le champ d'entrée ou dans la colonne de tableau correspondant. Elles doivent former une chaîne polygonale.

Quand les surfaces de révolution ont été générées, les paramètres de génération sont affichés dans la colonne du tableau.

Matériau n°

Vous pouvez choisir une entrée de la liste de matériaux qui a déjà été créée. Les couleurs de matériau facilitent l'attribution.

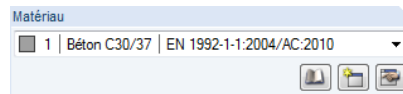


Tableau 4.70 : Les boutons dans la section de dialogue *Matériau*

Dans la boîte de dialogue *Nouvelle surface*, vous pouvez voir trois boutons en-dessous de la liste. Utilisez les boutons pour accéder dans la bibliothèque de matériaux ou pour créer et modifier les matériaux.

Pour plus d'informations détaillées sur les matériaux, voir le chapitre 4.3 page 64.

Épaisseur

Type

Vous pouvez sélectionner parmi deux types d'épaisseur de surface.

- **Constante**

La surface a la même épaisseur partout.

- **Variable**

L'épaisseur de la surface est linéairement variable (voir le chapitre 4.11, page 119). Utilisez le bouton [Modifier] pour définir les paramètres.



Épaisseur d

Spécifiez l'épaisseur de la surface *d* sauf une épaisseur variable ou une surface nulle. L'épaisseur est utilisée pour déterminer le poids propre et la rigidité pour les types de rigidité *Standard*, *Sans traction*, *Verre* et *Membrane isotrope*. Pour la rigidité *Orthotrope*, cette valeur n'est utilisée que pour le calcul du poids propre (les rigidités doivent être définies séparément pour les surfaces orthotropes).



L'épaisseur de la surface peut être visualisée avec des couleurs différentes dans le modèle : Dans le navigateur *Afficher*, sélectionnez le *Modèle* et les *Surfaces*, et puis, cochez la case : *Échelle de couleurs des épaisseurs dans le panneau* (voir la figure ci-dessous).

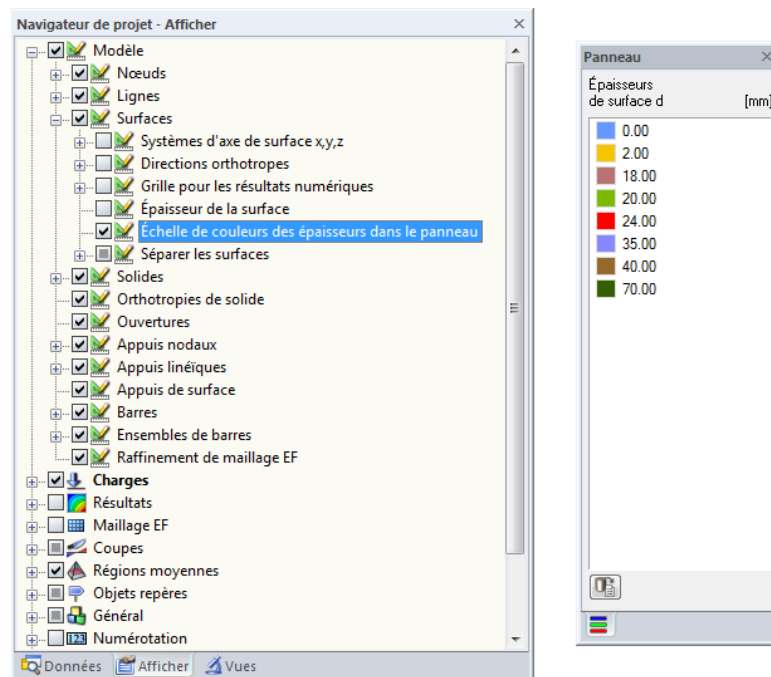


Figure 4.71 : Navigateur *Afficher* : Surfaces → *Échelle de couleurs des épaisseurs dans le panneau*

Excentricité

Le plan dans le centre de la surface représente la surface de référence pour l'épaisseur supposée être dans les parties égales des deux côtés du « plan central ». Pour contrôler le centre, définissez le navigateur *Afficher* et sélectionnez les options *Rendu*, *Modèle*, *Rendu solide*, *Surface* et *Rempli y compris l'épaisseur* (voir la Figure 4.110, page 120).

En spécifiant une *Excentricité* e_z , vous pouvez définir un décalage d'une hauteur pour la surface. Ainsi, vous pouvez créer les bords uniformes supérieur ou inférieur pour voisiner les surfaces qui ont des épaisseurs différentes.

L'excentricité dans la forme des moments additionnels influence les efforts internes de la surface.

Objets intégrés

En général, RFEM reconnaît automatiquement tous les objets qui se trouvent sur une surface, mais qui ne sont pas utilisés pour la définition de la surface. Dans les colonnes de tableau ou dans les champs d'entrée de la boîte de dialogue, tous les numéros de nœuds, de lignes et d'ouvertures sont affichés.

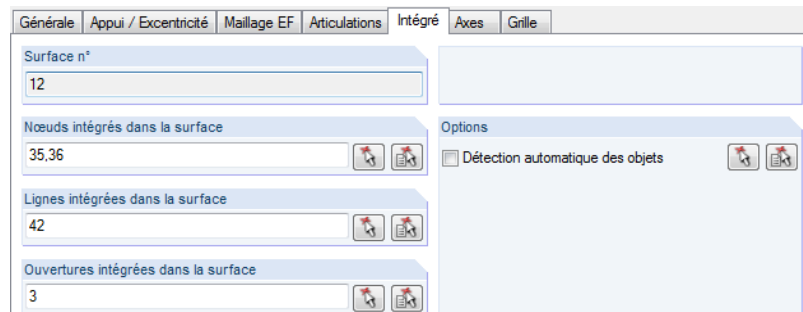


Figure 4.72 : Boîte de dialogue *Modifier la surface*, onglet *Intégré*



Si un objet n'est pas reconnu, il est possible de l'intégrer manuellement : Cliquez deux fois sur la surface pour ouvrir la boîte de dialogue *Modifier la surface*. Puis, dans l'onglet *Intégré*, désactivez l'option *Détection automatique des objets*. Les champs d'entrée des sections de dialogue à gauche seront activés pour l'accès. Utilisez le bouton [^] pour la sélection graphique des objets.

Aire

L'aire de chaque surface est affichée dans le tableau afin que vous puissiez vérifier les données de la surface. Les aires des ouvertures ne sont pas prises en compte, ainsi, la valeur représente l'aire nette.

Poids

La masse de chaque surface est indiquée. Elle est déterminée à partir de l'aire et du poids spécifique du matériau.

Commentaire

Insérez une note définie par l'utilisateur ou sélectionnez une entrée de la liste.

Système d'axes

Chaque surface a un système de coordonnées locales. Le système d'axe de la surface est signifiant pour différents paramètres d'entrée comme les propriétés orthotropes et de fondation ou les directions des charges de surfaces. Les efforts internes de base sont aussi rapportés au système d'axe de surface.

RFEM vous affiche les systèmes de coordonnées dès que vous déplacez le pointeur à travers la surface. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel d'une surface pour les afficher ou les masquer (voir la figure ci-dessous).

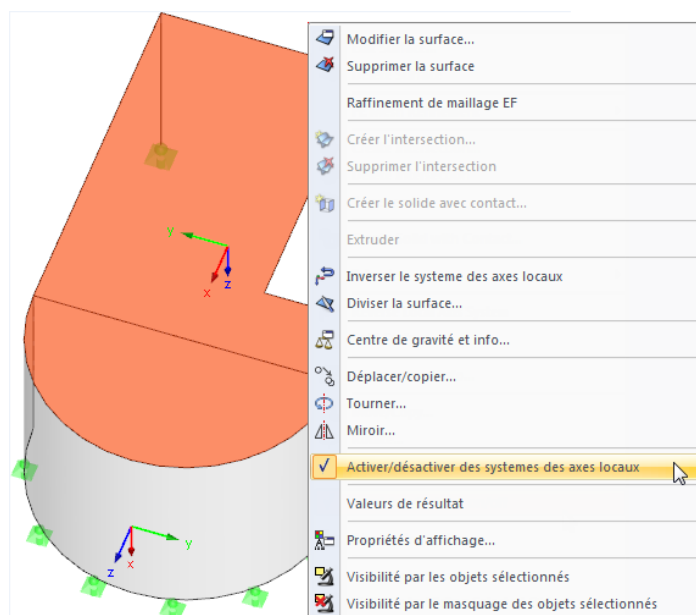
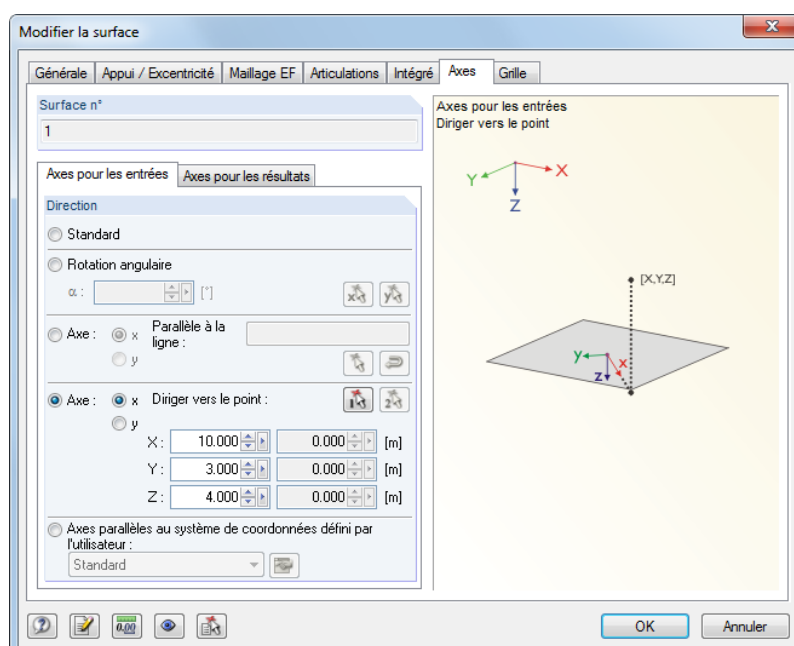


Figure 4.73 : Menu contextuel de la surface

Si c'est requis, vous pouvez ajuster les axes locaux de la surface :

- Option de menu contextuel *Inverser le système des axes locaux*
L'orientation de l'axe z local est renversée, les autres axes sont arrangés selon la règle de la main droite. En conséquence, les fondations sont positionnées sur l'autre côté de la surface ou bien les couches d'armatures « supérieures » et « inférieures » pour la vérification du béton armé changent les côtés de la surface.
- Boîte de dialogue *Modifier la surface*
Pour ouvrir la boîte de dialogue *Modifier la surface*, cliquez deux fois sur la surface. Dans l'onglet Axes, vous pouvez ajuster les axes locaux de la surface pour les entrées tout comme pour les résultats.

Figure 4.74 : Boîte de dialogue *Modifier la surface*, onglet Axes

Dans les deux sous onglets, il est possible de diriger les axes locaux de surface x ou y à une *ligne*, un *point* ou un *système de coordonnées défini par l'utilisateur* (voir le chapitre 11.3.4, page 466).

4.5 Solides

Description générale



Dans RFEM, les objets 3D sont décrits par des solides. Quand vous générez le maillage EF, les éléments 3D sont créés. Vous pouvez utiliser les solides pour modéliser aussi les propriétés orthotropes ou les problèmes de contact entre les surfaces. En complément, les solides peuvent avoir les propriétés d'un gaz.

En général, les surfaces de contour des solides sont définies avec le type de rigidité *Nulle* (voir le chapitre 4.4, page 86). Néanmoins, si aucun autre solide n'est connecté à un modèle qui représente le contact entre deux surfaces, les deux surfaces de contact doivent être caractérisées par une rigidité.



Dans le graphique, les solides peuvent être rapidement créés à partir des surfaces. Les fonctions correspondantes de génération sont décrites dans les chapitres 11.7.1.3 et 11.7.1.4, page 530.



Vous pouvez spécifier aussi les raffinements de maillage EF pour les éléments 3D.

Les vérifications du béton armé ne sont pas actuellement implémentées pour les solides.

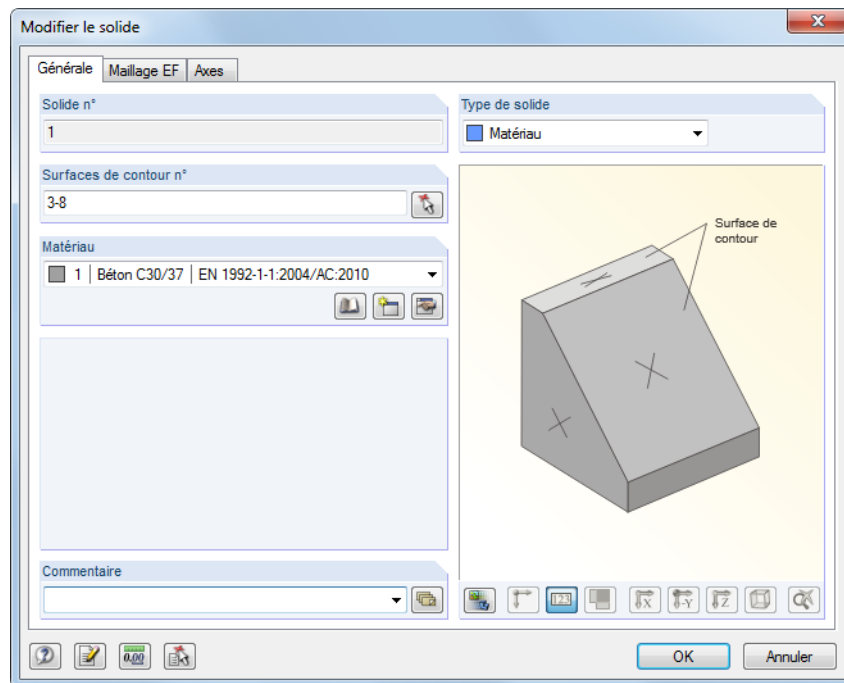
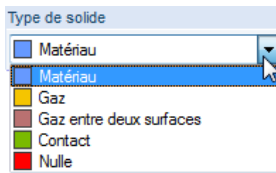


Figure 4.75 : Boîte de dialogue *Modifier le solide*

1.5 Solides									
Solide n°	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de solide	Surfaces de contour n°	Matériau n°	Gaz (fabrication)		Solides composés	Volume V [m³]	Poids W [kg]	Commentaire	
			Pression p [bar]	Température T [°C]					
1	Matériau	3-8	1		<input type="checkbox"/>	36.047	90117.4		
2	Contact	9-14	2		<input type="checkbox"/>	30.000	0.0		
3	Gaz	15-20	3	1.00	20.0	<input type="checkbox"/>	11.771	0.0	Helium
4									
5									
6									

Figure 4.76 : Tableau 1.5 Solides



Type de solide

Dans le tableau tout comme dans la liste disponible dans la boîte de dialogue, vous pouvez sélectionner plusieurs types de rigidité pour modéliser les structures les plus proches de la réalité. Chaque type a sa propre couleur qui peut être utilisée dans le modèle afin de distinguer les solides. Les couleurs sont contrôlées dans le navigateur *Afficher* avec l'option *Couleurs dans le rendu selon* (voir le chapitre 11.1.9, page 449).

Matériau

Le modèle standard est représenté par un objet 3D avec les propriétés de solide spécifique d'un matériau homogène et isotrope. Ainsi, les surfaces de contour devraient être définies par le type de rigidité *Nulle*.

Si le solide a des propriétés orthotropes, les rigidités dépendent aussi des caractéristiques du matériau. Définissez les rigidités élastiques du modèle de matériau tri dimensionnel dans la boîte de dialogue *Modèle de matériau - Orthotrope élastique 3D* (voir la Figure 4.48, page 71).

Gaz

Utilisez cette option pour modéliser les solides avec les propriétés d'un gaz idéal. Les paramètres de gaz doivent être définis dans un onglet séparé de la boîte de dialogue (voir la Figure 4.79).

Le gaz entre deux surfaces

Il est recommandé de former un solide avec les propriétés d'un gaz idéal comme un objet assez mince (par exemple une couche de gaz dans le verre d'isolation). Avec cette option, RFEM crée exactement deux éléments finis entre l'aire de couverture et l'aire de base du solide afin que les calculs convergent plus vite que pour le type *Gaz*. Les paramètres doivent être définis dans un onglet séparé de la boîte de dialogue (voir la Figure 4.79). Néanmoins, pour les situations générales (par exemple un conteneur, château gonflable) utilisez le type *Gaz*.

Contact

Ce type de solide est approprié pour la modélisation des propriétés de contact entre deux surfaces. Les paramètres doivent être définis dans un onglet séparé de la boîte de dialogue (voir la Figure 4.80).

Zéro

Ni le solide nul ni ses charges ne seront considérés pour le calcul. Les solides nuls sont utilisés pour analyser par exemple les changements dans le comportement structurel du modèle si un solide n'est pas efficace. Vous n'avez pas besoin de supprimer le solide, le chargement sera aussi gardé.

Surfaces de contour

Un solide est défini par des surfaces complètes se refermant sur un espace. Insérez les numéros des surfaces dans le champ d'entrée ou sélectionnez les surfaces dans le graphique à l'aide de la fonction [^].

Dès que vous définissez toutes les surfaces de contour dans la boîte de dialogue *Nouveau solide*, vous pouvez cliquer sur le bouton [Afficher la figure ou le rendu] au-dessous du graphique pour voir un aperçu du solide.

Matériau

Vous pouvez choisir l'entrée de la liste de matériaux qui a déjà été créée. Les couleurs de matériau facilitent l'attribution.

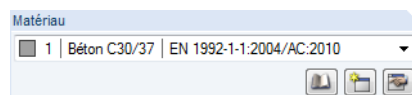


Table 4.77 : Les boutons dans la section de dialogue *Matériau*





Dans la boîte de dialogue *Nouveau solide*, vous pouvez voir trois boutons au-dessous de la liste. Utilisez les boutons pour accéder dans la bibliothèque de matériaux ou pour créer et modifier les matériaux.

Pour plus d'informations détaillées sur les matériaux, voir le chapitre 4.3 à la page 64.

Solides composés

Quand vous créez une intersection de solides, vous pouvez le voir dans le tableau.

En complément des surfaces, vous pouvez générer les intersections pour les solides. RFEM détermine les lignes d'intersection des solides qui intersectent et crée les objets de solide 3D comme une union, une section ou un simple ensemble d'intersection. Ainsi, un nouveau solide est généré à partir des deux objets d'origine.

La détermination de l'intersection de solide consomme assez de temps et est lourde à calculer. Lors de chaque modification du modèle, il est nécessaire d'effectuer un nouveau calcul de la géométrie.

Création d'une intersection

Vous pouvez créer rapidement des intersections de solides dans le graphique : Sélectionnez deux solides en dessinant une fenêtre de sélection à travers des objets ou utilisez la sélection multiple en tenant la touche [Ctrl] appuyée. Puis, effectuez un clic droit sur l'un des solides pour ouvrir son menu contextuel où vous

pointez sur **Solide** et sélectionnez **Nouveau solide composé**.

la boîte de dialogue *Nouveau solide*. Avec les paramètres dans l'onglet de dialogue *Solides composés*, vous spécifiez comment les deux solides sont combinés.

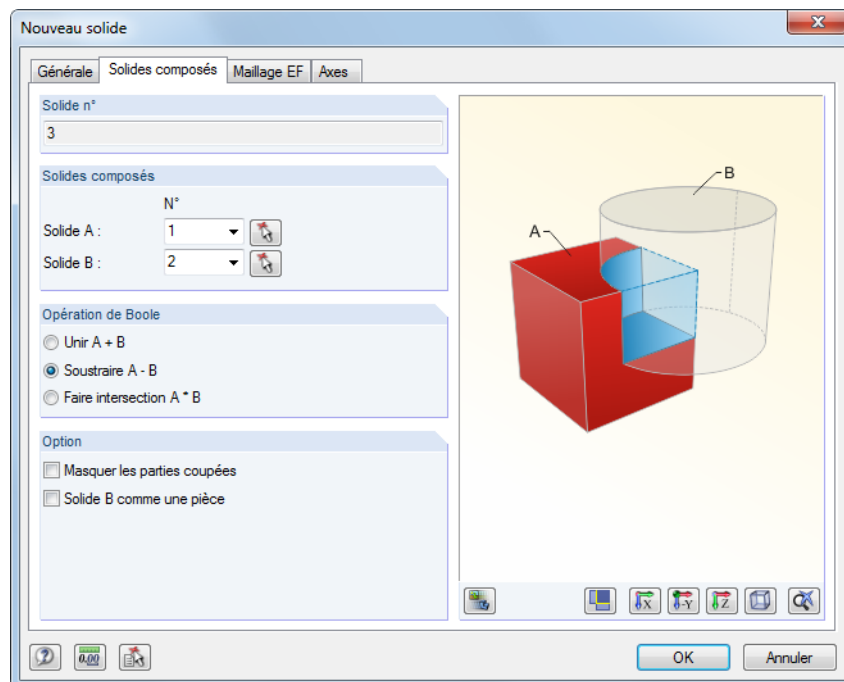
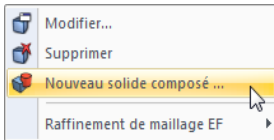


Figure 4.78 : Boîte de dialogue *Nouveau solide*, onglet *Solides composés*

Les numéros des deux solides sélectionnés sont insérés dans les champs d'entrée. Utilisez la liste ou la fonction [↵] pour modifier les entrées.

Opération booléenne

Vous avez trois possibilités pour combiner les solides dans un nouvel objet :

- *Unir* : Les solides A et B sont combinés dans une unité.
- *Soustraire* : Le solide B est coupé hors du solide A.
- *Faire intersection* : RFEM détermine l'aire partagée par les solides A et B.



Le graphique de dialogue à droite montre le principe des combinaisons. Utilisez le bouton [Afficher la figure ou le rendu] pour basculer entre le schéma et l'affichage du modèle.

Dans la section de dialogue *Option*, vous décidez comment les parties qui ont été coupées sont affichées dans le graphique de la fenêtre graphique.

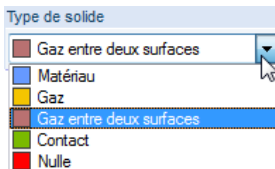
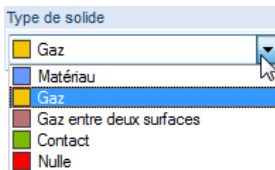
Cliquez sur [OK] pour créer le solide combiné. Comme un résultat, les intersections des surfaces sont générées (voir le chapitre 4.22, page 170) avec les composants de surface actifs ou inactifs (voir le chapitre 4.4, page 85). En même temps, RFEM définit les solides d'origine pour le type *Nul*.

Volume V

La colonne de tableau affiche le volume de chaque solide.

Poids W

La masse de chaque solide est indiquée. Elle est déterminée à partir du volume et du poids spécifique du matériau.



Gaz

Cet onglet est disponible si vous sélectionnez le type de solide *Gaz* dans l'onglet de dialogue *Général*.

Vous devez définir les *Paramètres de la pression* de gaz p_p et la température T_p (voir la Figure 4.79).

Gaz entre deux surfaces

Cet onglet est disponible si vous sélectionnez le type de solide *Gaz entre deux surfaces* dans l'onglet de dialogue *Général*. Avec les paramètres de l'onglet vous pouvez modéliser les solides de contact spécifique de type gaz qui représentent l'effet de la pression sur les deux surfaces opposées (par exemple le verre d'isolation).

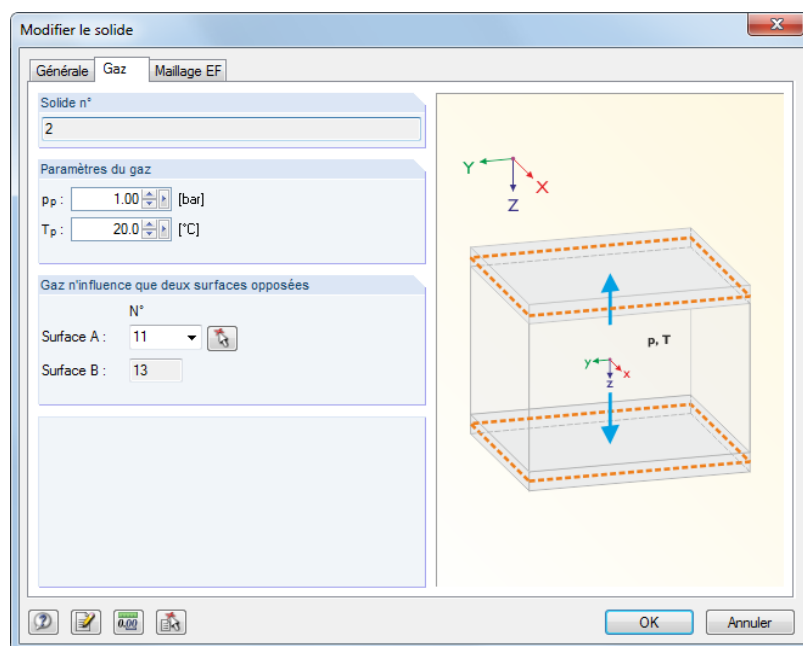


Figure 4.79 : Boîte de dialogue *Modifier le solide*, onglet *Gaz*

En complément au *Paramètres de gaz* à la pression p_g et à la température T_p , vous devez spécifier deux surfaces entourant la couche de gaz. La *Surface A* peut être sélectionnée dans la liste ou définie graphiquement à l'aide de la fonction [^]. La *Surface B* parallèle sera insérée automatiquement.

Contact

Cet onglet de dialogue est disponible si vous sélectionnez le type de solide *Contact* dans l'onglet de dialogue *Général*.

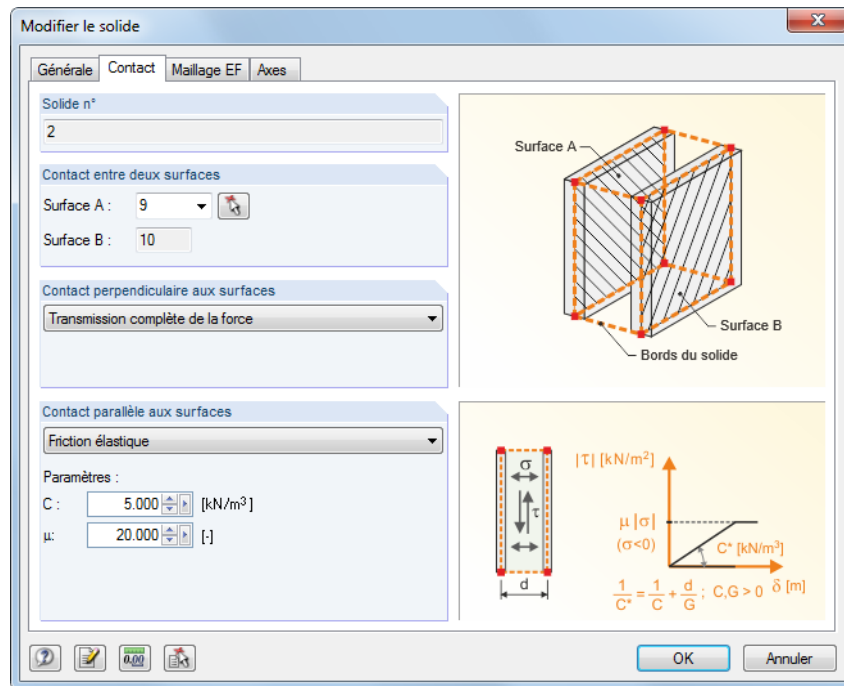
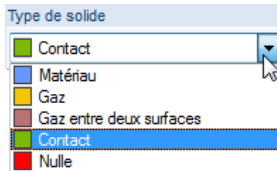


Figure 4.80 : Boîte de dialogue *Modifier le solide*, onglet *Contact*



Les repères suivants doivent être observés lors de l'insertion de solide de contact :

- Les deux surfaces de contact doivent être arrangées d'une façon parallèle et créées identiquement. Il est recommandé de créer le deuxième contact de surface en les copiant.
- Chaque surface latérale de connexion entre les surfaces de contact doit être créée comme une surface simple consistante de quatre lignes de contour. La division d'une surface de connexion, par exemple en deux composants de surface au milieu de la hauteur, n'est pas permise.
- Quand vous modélisez les surfaces de contact courbées, vous devez diviser le solide de contact en plusieurs parties individuelles.
- RFEM génère les éléments 3D non divisés (« poteaux » parallèles) entre les éléments finis des surfaces de contact, par une création d'une connexion directe. Ainsi, la division EF de la surface nécessite d'être ajustée à l'espacement des surfaces de contact.
- Les solides polygonaux sont préférés aux solides triangulaires.



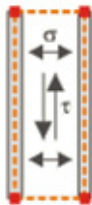
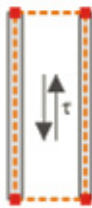
RFEM cherche automatiquement à trouver les surfaces de contact. Dans la section de dialogue *Contact entre deux surfaces*, vous pouvez modifier *Surface A* en utilisant la liste. Vous pouvez utiliser aussi la fonction [^] pour sélectionner la surface graphiquement. Automatiquement, RFEM insère la *Surface B* comme une surface de solide qui est parallèle à la première surface.

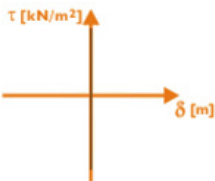
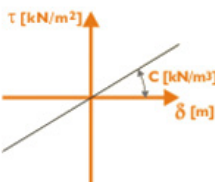
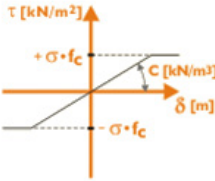
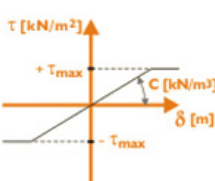
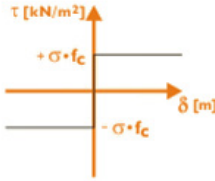
Dans la section de dialogue *Contact perpendiculaire aux surfaces*, vous pouvez sélectionner trois options :

- Pleine transmission de l'effort
- Pas de transmission d'une compression
- Pas de transmission d'une traction

Les critères de rupture *Pas de transmission d'une compression* et *Pas de transmission d'une traction* sont pris en compte dans le calcul par les déformations des nœuds de maillage EF du solide.

Le *Contact parallèle aux surfaces* peut être défini d'une façon indépendante, indépendamment des propriétés de contact agissant perpendiculairement aux deux surfaces de contact.



Contact	Diagramme	Description
Pleine transmission de l'effort		Tous les efforts sont transmis.
Friction élastique		La « friction » représente un comportement élastique : L'effort tranchant augmente de façon proportionnelle à la déformation. Il n'y a pas de limite pour la déformation. La rigidité du ressort C doit être insérée comme un paramètre (ce qui signifie l'effort nécessaire pour le déplacement d'une surface de 1 m ² de longueur de 1 m).
Friction de Coulomb		Ce type de contact est similaire à une friction élastique, mais il a un impact non linéaire. Quand il est atteint une contrainte de cisaillement de $\sigma \cdot f_c$, la contrainte de cisaillement reste constante même si la déformation augmente. La contrainte σ représente la contrainte normale dans l'élément fini correspondant. La rigidité du ressort C et le facteur de la friction de Coulomb f_c doivent être insérés comme des paramètres.
La friction de Coulomb avec limite		Contrairement à la friction de Coulomb élastique, la contrainte maximale de cisaillement ne dépend pas de la contrainte normale. Seule une contrainte de cisaillement définie peut être absorbée. La rigidité de ressort C et la contrainte de cisaillement τ_{max} doivent être insérées comme paramètres.
Friction rigide		Ce type de non linéarité est similaire à la friction élastique de Coulomb. Comme une zone élastique est manquante, la friction de Coulomb est immédiatement efficace. Le facteur de la friction de Coulomb f_c doit être inséré comme un paramètre.

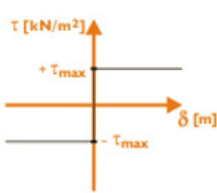
Friction rigide avec la limite		<p>Ce type de non linéarité est similaire à la friction élastique de Coulomb avec limite. Comme la zone élastique est manquante, la limite due à la contrainte de cisaillement est immédiatement efficace.</p> <p>La contrainte de cisaillement τ_{\max} doit être insérée comme un paramètre.</p>
--------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

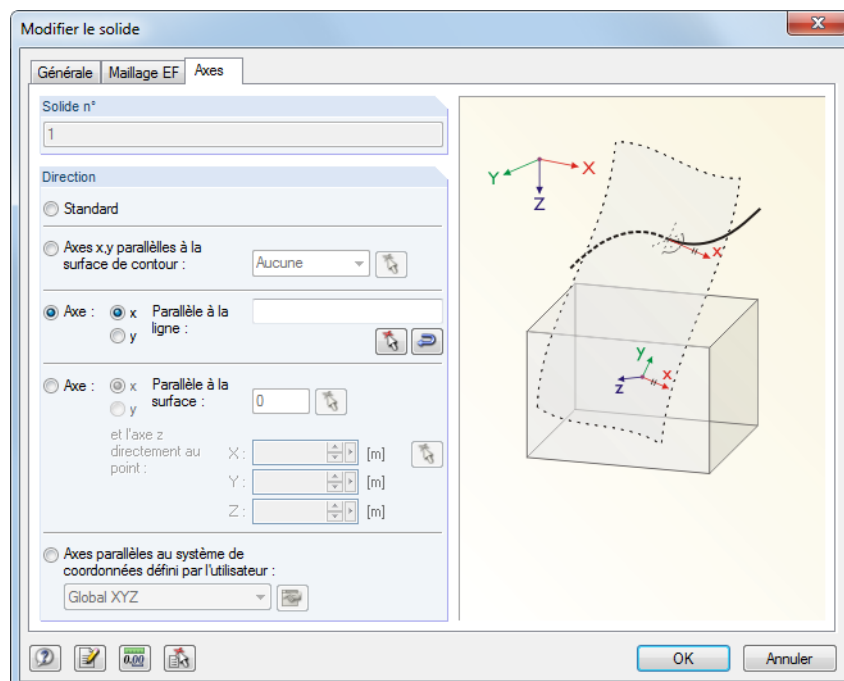
Tableau 4.2 : Propriétés de contact parallèle aux surfaces de contact

Système d'axes

Chaque solide a un système de coordonnées locales. Le système d'axe est important par exemple pour les propriétés orthotropes. Les contraintes et les distorsions sont aussi rapportées au système d'axes locaux.

RFEM affiche les systèmes de coordonnées dès que vous déplacez le pointeur à travers la surface. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel d'un solide pour les afficher ou les masquer.

Dans la boîte de dialogue *Modifier le solide*, vous pouvez ajuster le système de coordonnées de solide. Cliquez deux fois sur le solide pour ouvrir la boîte de dialogue. L'orientation des axes locaux est gérée dans l'onglet de dialogue Axes.

Figure 4.81 : Boîte de dialogue *Modifier le solide*, onglet Axes

Les axes locaux du solide x et y peuvent être dirigés parallèlement aux axes d'une *surface de contour*, d'une *ligne*, d'une *surface* ou en direction d'un *système de coordonnées défini par l'utilisateur* (voir le chapitre 11.3.4, page 466).

4.6 Ouvertures

Description générale



Les ouvertures sont utilisées pour la création des découpes dans les surfaces. Dans les zones d'ouvertures, ni les éléments finis ne sont générés ni les charges de surface ne sont appliquées.

Les ouvertures peuvent être définies graphiquement dans les surfaces. RFEM crée une chaîne polygonale pour différents types d'ouvertures et l'intègre dans la surface.

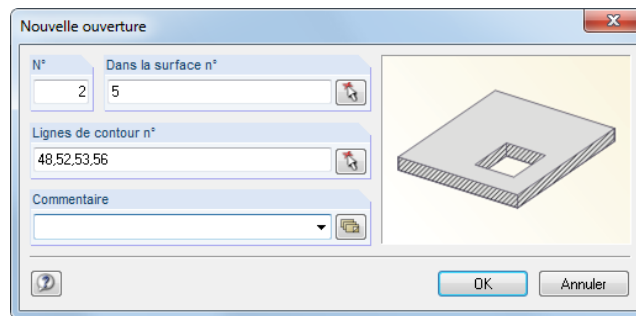
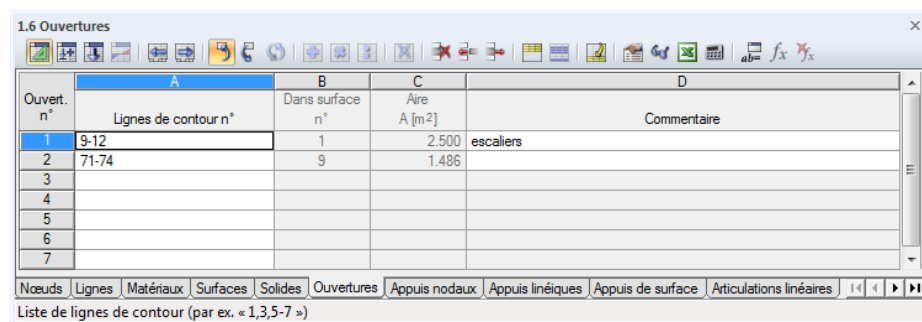


Figure 4.82 : Boîte de dialogue *Nouvelle ouverture*



Ouvert. n°	A Lignes de contour n°	B Dans surface n°	C Aire A [m²]	D Commentaire
1	9-12	1	2.500	escaliers
2	71-74	9	1.486	
3				
4				
5				
6				
7				

Figure 4.83 : Tableau 1.6 *Ouvertures*

Lignes de contour

Insérez les lignes qui contiennent une ouverture. Elles doivent être définies comme une chaîne polygonale. Les ouvertures au bord d'une surface sont aussi possibles.

Quand vous utilisez la sélection graphique, cliquez sur les lignes de contour de l'ouverture l'une après l'autre dans le graphique. RFEM reconnaît les ouvertures automatiquement dès qu'un nombre suffisant de lignes de contour est défini.

Les ouvertures peuvent être placées directement dans une surface qui se trouve dans le plan de travail à l'aide d'un des boutons figurés à gauche. Les types de définition des ouvertures sont basés sur les types de ligne décrits dans le chapitre 4.2, page 52 (par exemple un cercle, une ellipse). L'ouverture est créée dès que les lignes de contour sont déterminées. Avec cette option d'entrée, il n'est pas nécessaire de créer les lignes pour les ouvertures en avance.

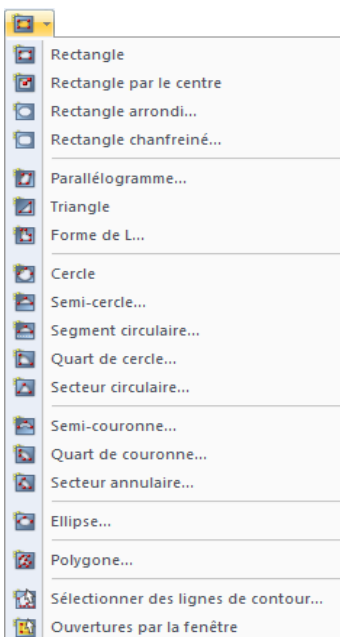
Utilisez l'option *Sélectionner les lignes de contour* dans la liste de menu d'ouverture pour sélectionner graphiquement les lignes déjà définies. Elles doivent former une chaîne polygonale.

Sur la surface

Pour les surfaces planes, l'intégration automatique est activée par défaut. Pour les surfaces courbées, vous devez intégrer l'ouverture manuellement. Dans la boîte de dialogue *Modifier la surface*, sélectionnez l'onglet *Intégrée* et insérez le numéro de l'ouverture dans le champ d'entrée (voir la Figure 4.72, page 88).

Aire

La colonne de tableau vous montre l'aire de l'ouverture.



4.7 Appuis nodaux

Description générale

Les appuis sont utilisés pour transférer les charges appliquées sur un système structural dans la fondation. Sans aucun appui, tous les nœuds seront libres et peuvent être déplacés ou tournés. Si vous voulez qu'un nœud agisse comme un appui, au moins un des degrés de liberté doit être bloqué ou maintenu par un ressort. De plus, le nœud doit faire partie d'une surface ou d'une barre. Les conditions de contour des barres doivent être considérées afin d'éviter les doubles articulations dans les nœuds supportés.

Les appuis nodaux sont requis afin d'appliquer les déformations imposées.

Il est possible d'attribuer les propriétés non linéaires aux appuis nodaux (critère de rupture pour les efforts de traction ou de compression, diagrammes contrainte-déformation ou de rigidité).

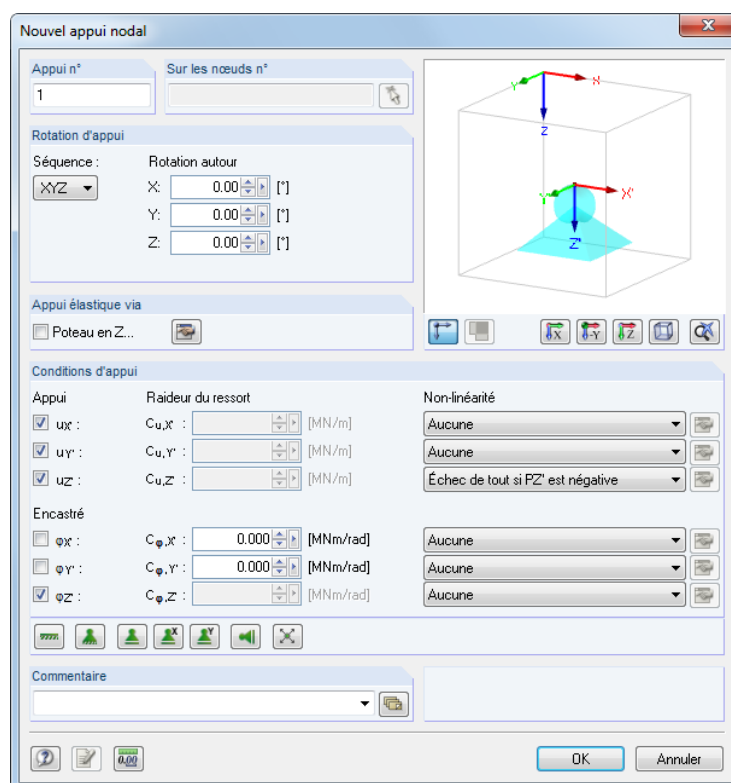


Figure 4.84 : Boîte de dialogue *Nouvel appui nodal*

1.7 Appuis nodaux

Appui n°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Aux nœuds n°	Séq.	Rotation d'appui [°]	Poteau dans Z	Appui ou ressort [kN/m]	Maintien de rotation ou ressort [kNm/rad]								Commentaire
		aut. de X	aut. de Y	aut. de Z	u _X	u _Y	u _Z	φ _X	φ _Y	φ _Z			
1	13,14	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	3	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11320.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	8	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4									Oui				
5									Non				
6									Constante de ressort				
7									Échec si PZ' est négative				
8									Échec si PZ' est positive				
9									Échec de tout si PZ' est négative				
10									Échec de tout si PZ' est positive				
11									Activité partielle...				
12									Diagramme...				
13									Friction PX'...				
14									Friction PY'...				
									Friction PX' PY'...				
									Friction PX+PY'...				

Nœuds Lignes Matériaux Surfaces Solides Ouvertures Appuis nodaux Appuis linéiques / Appuis de surface / Articulations linéaires

Condition d'appui pour un mouvement de translation ('O'ui / 'N'on / Raideur de ressort / Inefficacité / F7 pour sélectionner)

Figure 4.85 : Tableau 1.7 Appuis nodaux



Pour ouvrir la boîte de dialogue suivante, ouvrez le menu **Insérer**, pointez sur **Données de modèle** et **Appuis nodaux** et puis, sélectionnez **Graphiquement**, ou bien utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

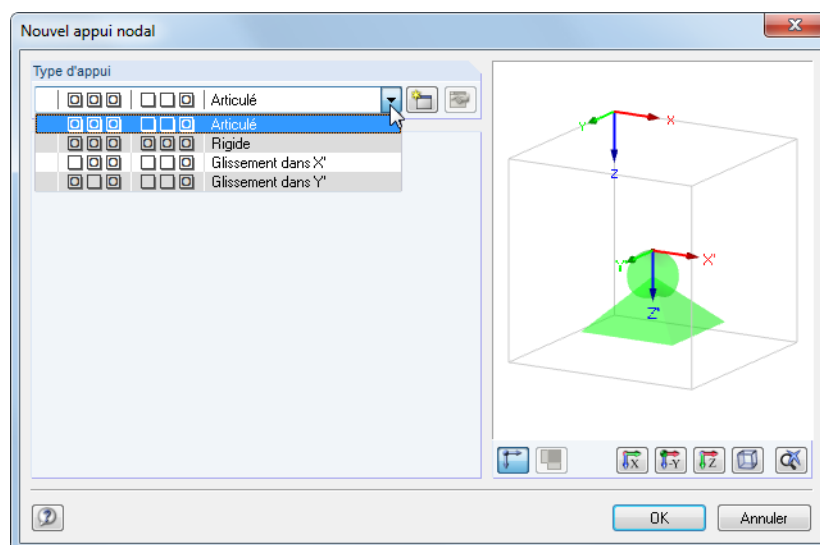


Figure 4.86 : Boîte de dialogue *Nouvel appui nodal*

Les types d'appui suivants sont prédéfinis et peuvent être sélectionnés dans la liste :

- Articulé (YYY NNY)
- Rigide (YYY YYY)
- Glissement en X' (NYY NNY)
- Glissement en Y' (YNY NNY)

Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez attribuer le type d'appui sélectionné au nœud dans le graphique.

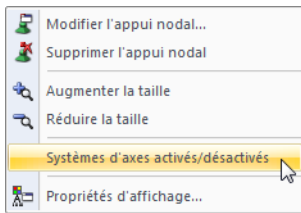


Utilisez le bouton [Nouveau] pour créer un autre type d'appui. La boîte de dialogue de la Figure 4.84 s'affiche.



Sur les nœuds

Les appuis singuliers ne peuvent être définis que sur les nœuds. Insérez le numéro de nœud dans la colonne de tableau ou dans le champ d'entrée de la boîte de dialogue. Vous pouvez le sélectionner aussi graphiquement.

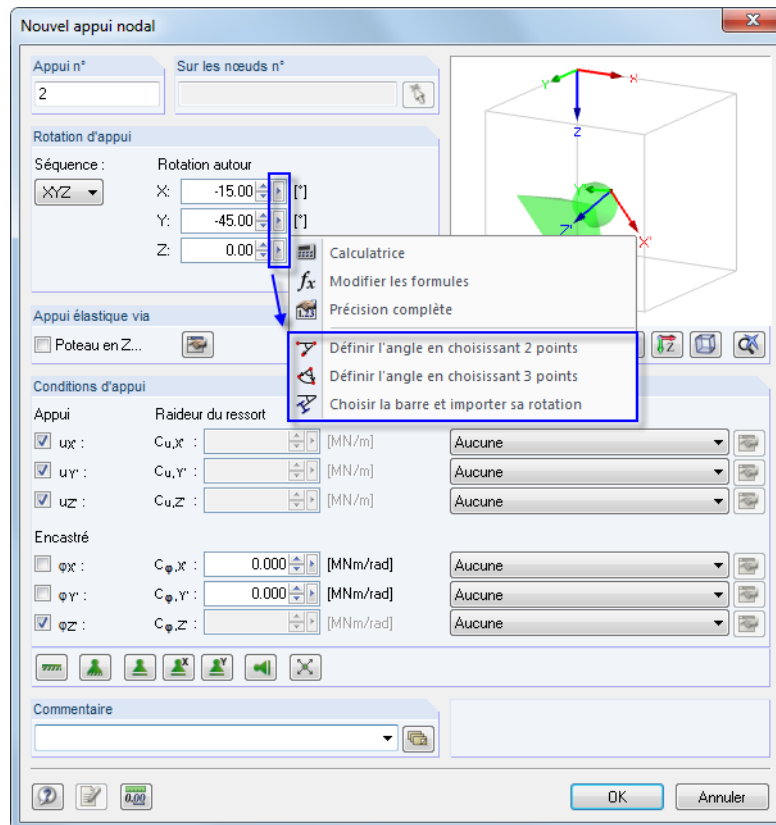


Menu contextuel d'un appui nodal

Rotation d'appui

Chaque appui nodal a un système de coordonnées locales défini par défaut comme parallèle aux axes globaux X, Y et Z. Utilisez le menu contextuel de l'appui nodal pour activer l'affichage des systèmes de coordonnées d'appui.

Il est possible de tourner le système d'axes d'appui locaux. D'abord, sélectionnez la *Séquence* qui détermine l'ordre des axes locaux d'appui X', Y' et Z'. Puis, insérez l'angle de rotation des axes globaux X, Y et Z dans les champs d'entrée ci-dessous *Rotation autour*. Vous pouvez utiliser aussi les boutons de dialogue [►] pour définir la rotation d'appui graphiquement.

Figure 4.87 : Boîte de dialogue *Nouvel appui nodal* avec les options pour la rotation d'appui

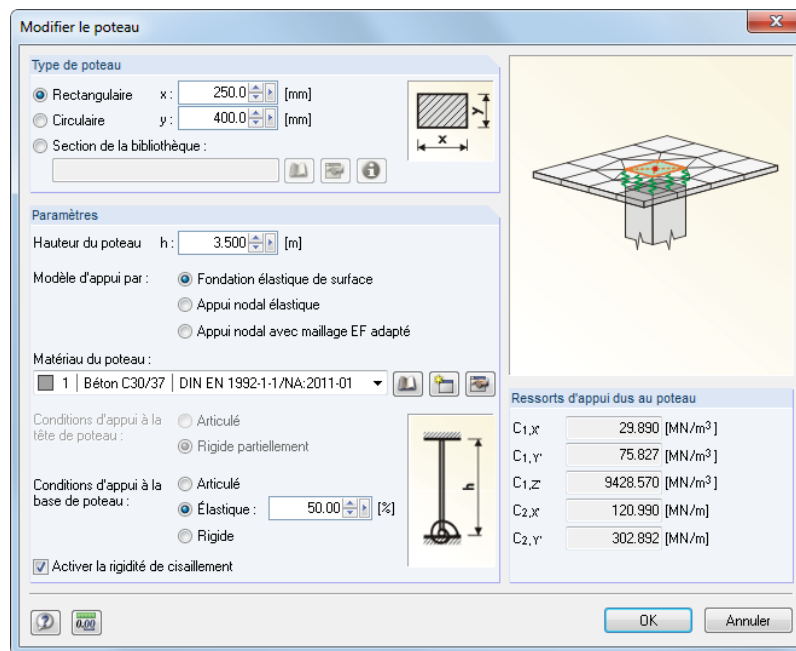
La rotation d'appui insérée est affichée dans le graphique de dialogue interactif.



Quand le calcul est complété, vous pouvez évaluer les réactions d'appui d'un appui nodal tourné par rapport aux systèmes d'axes globaux et locaux.

Poteaux en Z :

Souvent, les conditions de structure réelle ne sont pas suffisamment représentées par un appui nodal, par exemple quand la zone d'appui a des dimensions supérieures. De telles conditions d'appui peuvent être représentées dans RFEM par des éléments macro spéciaux de poteau qui considèrent le matériau et la géométrie du poteau. RFEM calcule les rigidités de ressort et ajuste les conditions d'appui. Grâce à la modélisation réaliste, vous pouvez éviter les singularités qui peuvent se produire dans un nœud EF simple quand un appui rigide est défini.

Figure 4.88 : Boîte de dialogue *Modifier le poteau*

Définissez la section du poteau dans la section de dialogue *Type de poteau*. Les champs d'entrée sont modifiés selon le type de poteau sélectionné *Rectangulaire*, *Circulaire* ou *Section de la bibliothèque*. Ainsi, en complément aux poteaux en béton armé, vous pouvez utiliser les sections en acier pour le poteau.

En plus, la *Hauteur du poteau h* influence les constantes des ressorts de translation et de rotation. Dans la section de dialogue *Paramètres*, vous pouvez définir comment les poteaux sont modélisés dans la structure :

- La *Fondation élastique de surface* représente une subsurface interne (découpe) de l'aire du poteau qui est supportée élastiquement. Les coefficients de fondation sont calculés à partir de la géométrie et du matériau du poteau.
- L'*Appui nodal élastique* représente aussi une subsurface interne, mais elle n'est supportée que dans un seul nœud. L'appui est modélisé à l'aide des ressorts de translation et de rotation qui sont calculés à partir de la géométrie et du matériau du poteau. En interne, l'épaisseur de la surface est dupliquée pour représenter une rigidité en flexion plus haute dans l'aire du poteau.
- L'*Appui nodal avec un maillage EF adopté* correspond à l'appui nodal élastique, mais aucun ressort n'est appliqué aux appuis ponctuels.



Dans le module additionnel RF-CONCRETE Surfaces, les découpes ne peuvent pas être vérifiées pour aucune des trois options de modèle. Au lieu de cela, les efforts internes aux lignes de contour du poteau sont utilisés.



Quand vous sélectionnez la *Fondation élastique de surface* ou *Appui nodal élastique*, vous devez insérer d'autres données pour le poteau. Sélectionnez le *Matériau du poteau* dans la liste des matériaux déjà définis ou créez un nouveau matériau du poteau (voir le chapitre 4.3, page 64).

Pour déterminer les rigidités de ressort, les spécifications pour les *Conditions d'appui à la tête du poteau* et au *pied du poteau* sont requises. Si vous cochez la case pour *Activer la rigidité de cisaillement*, la rigidité de cisaillement influence aussi les constantes des *Ressorts d'appui dus au poteau*.

Les ressorts nodaux déterminés à partir des paramètres insérés sont affichés dans la section de dialogue à droite.

Appui ou ressort

Pour définir un appui, sélectionnez l'option correspondante dans la boîte de dialogue ou le tableau. La coche indique que le degré de liberté correspondant est bloqué et le déplacement du nœud dans la direction correspondante n'est pas possible.

Si vous ne voulez pas définir les appuis, décochez la case correspondante. Puis, RFEM définit la constante du ressort de translation à zéro dans la boîte de dialogue *Appui nodal*. Il est toujours possible de modifier la constante de ressort afin de représenter un appui élastique du nœud. Dans le tableau, insérez la constante directement dans la colonne du tableau.

Les rigidités de ressort doivent être insérées comme les valeurs de calcul.

L'attribution des propriétés des appuis non linéaires est décrite ci-dessous.

Maintien ou ressort

Les maintiens sont définis de la même façon que les appuis. De nouveau, la coche indique que le degré de liberté correspondant est bloqué et le déplacement du nœud dans la direction correspondante n'est pas possible. Les constantes pour les ressorts de rotation peuvent être définies dès que les cases sont décochées. Dans le tableau, insérez la constante directement dans la colonne du tableau correspondante.

La boîte de dialogue *Nouvel appui nodal* (vois la Figure 4.84, page 98) vous propose les boutons pour différents types d'appui et facilite la définition des degrés de liberté.

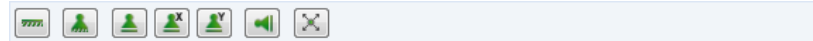


Figure 4.89 : Boutons dans la boîte de dialogue *Nouvel appui nodal*

Les boutons ont les fonctions suivantes utilisées pour les propriétés d'appui :








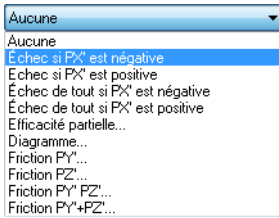
Bouton	Type d'appui
	Rigide
	Articulé avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en X' et Y' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en X' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en Y' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en Z' et Y' avec un maintien autour de l'axe X'
	Libre

Tableau 4.3 : Les boutons dans la boîte de dialogue *Appui nodal*



Non linéarités

Pour gérer précisément le transfert des efforts internes, il est possible de définir les appuis nodaux avec les propriétés non linéaires. La liste de non linéarités inclut les options suivantes :

- Rupture du composant si la force ou le moment d'appui est négatif ou positif
- Rupture complète de l'appui si la force ou le moment d'appui est négatif ou positif
- Activité partielle
- Diagramme
- Friction dépendant des forces d'appui

Vous pouvez accéder aux propriétés non linéaires dans la boîte de dialogue et le tableau à l'aide de la liste (voir la Figure 4.84 et Figure 4.85). De cette façon, pour chaque degré de liberté de l'appui, vous pouvez définir quels efforts ou moments sont transférés au nœud.

Les appuis efficaces non linéaires sont affichés avec une couleur différente dans le graphique. Dans le tableau, les éléments d'appui ayant des propriétés non linéaires sont indiqués par une case bleue.

Perte d'efficacité d'appui si la force/le moment d'appui est positif ou négatif

Les deux options représentent une gestion facile pour décider si l'appui peut transférer seulement les efforts/moments positifs ou négatifs : Si les efforts internes (effort ou moment) agissent dans la direction interdite, le composant correspondant à l'appui sera rompu. Les maintiens qui restent seront toujours efficaces.

Les directions *positive* ou *négative* sont rapportées aux forces ou aux moments qui sont introduits à l'appui nodal par rapport aux axes correspondants (ils ne sont pas rapportés aux forces de réaction de l'appui). Les signes résultent donc des directions des axes globaux. Si l'axe Z est orienté vers le bas, le cas de charge « Poids propre » résulte en une force d'appui positive P_z .

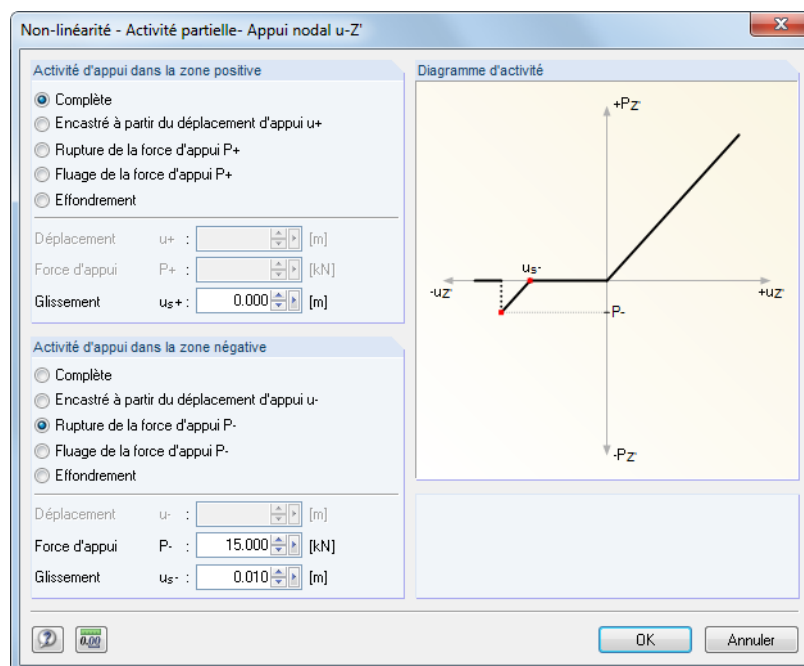
Perte d'efficacité d'appui si la force/le moment d'appui est négatif ou positif

Contrairement à la rupture d'un composant simple décrit ci-dessus, l'appui est rompu complètement dès que le composant est inefficace.

Pour accéder aux boîtes de dialogue suivantes, utilisez les boutons [Modifier les non linéarités] ou [▼] à droite de la liste disponible dans la boîte de dialogue et le tableau.



Activité partielle

Figure 4.90 : Boîte de dialogue *Non linéarité - Activité partielle*

L'effet d'appui peut être défini séparément pour la zone *Positive* et *Négative*. La règle de signe est décrite dans le paragraphe précédent. En complément à l'activité *Complète* ou l'*Effondrement* complet, l'appui peut être défini comme efficace seulement quand il est déplacé ou tourné dans une certaine mesure. Dans ce cas, d'abord, un ressort de translation ou de rotation doit être défini.

En plus, la *Rupture* (rupture de l'appui quand un certain effort ou moment est dépassé) tout comme le *Fluage* (n'est efficace qu'avant qu'un effort ou un moment n'est atteint) peut être défini en combinaison avec un *Glissement*.

Regardez le graphique de dialogue dynamique *Diagramme d'activité* pour contrôler les propriétés d'appui.

Diagramme

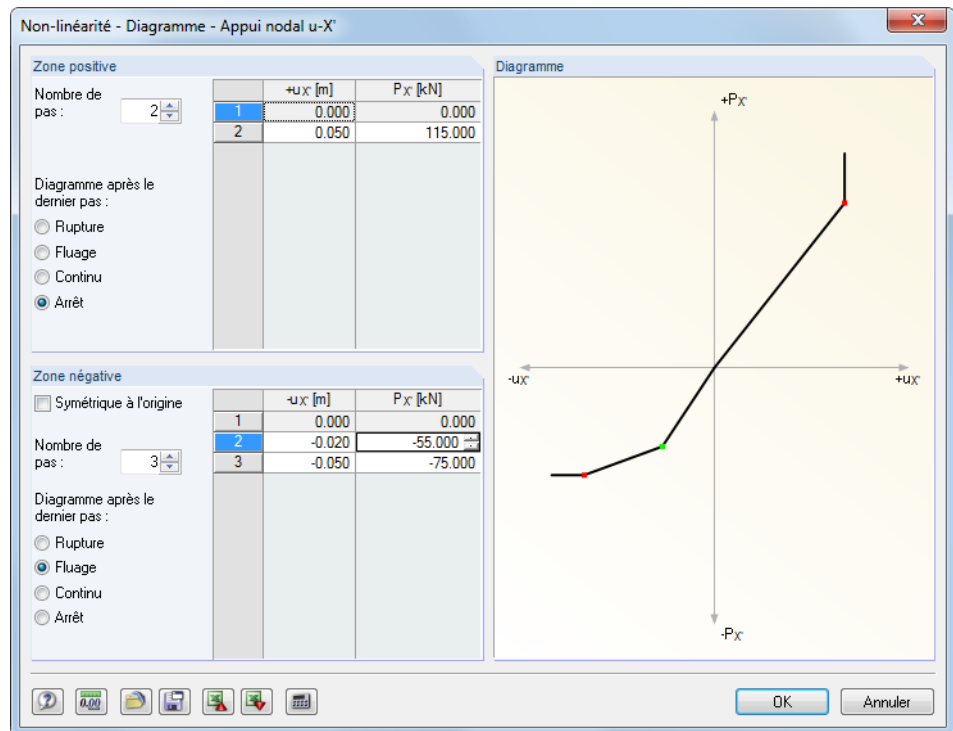


Figure 4.91 : Boîte de dialogue Non linéarité - Diagramme

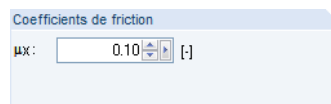
L'effet d'appui peut être défini séparément pour la zone *Positive* et *Négative*. D'abord, définissez le *Nombre de pas* (c'est-à-dire les points de définition) pour le diagramme contrainte-déformation. Puis, insérez les abscisses des déplacements ou des rotations avec les forces ou les moments d'appui correspondants dans la liste à droite.

Vous trouverez différentes options pour le *Diagramme après le dernier pas* : *Rupture* pour la rupture d'appui lors de dépassement, *Fluage* pour borner le transfert à la force ou au moment d'appui maximal, *Continu* comme dans le dernier pas ou *Arrêt* pour la restriction à un déplacement ou rotation maximal admissible après une activité d'appui rigide ou maintenu.

Friction dépendant de la force d'appui

Utilisez ces quatre options de friction pour définir les forces d'appui transférées en relation avec les forces de compression agissant dans une autre direction. En fonction de votre sélection, la friction ne dépend que d'une force d'appui ou de la force totale de deux forces d'appui agissant simultanément.

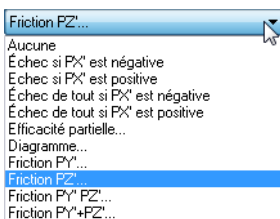
Cliquez sur le bouton de dialogue [Modifier] pour ouvrir une boîte de dialogue où vous pouvez définir le *Coefficient de friction* μ .


Figure 4.92 : Boîte de dialogue Friction en u_X' (section de dialogue)

Il y a la relation suivante entre l'effort normal et l'effort de friction de l'appui :

$$P_{\text{Support}} = \mu \cdot P_{\text{Axial force}}$$

Équation 4.11



4.8 Appuis linéiques

Description générale

Les appuis linéiques décrivent les conditions de contour de tous les nœuds EF disponibles le long d'une ligne. Les déplacements et les rotations de ces nœuds internes peuvent être évités ou limités par des ressorts de translation ou de rotation.

Vous pouvez attribuer des propriétés non linéaires aux déplacements des appuis linéiques afin que les appuis soient inefficaces dans le cas de la traction ou de la compression.

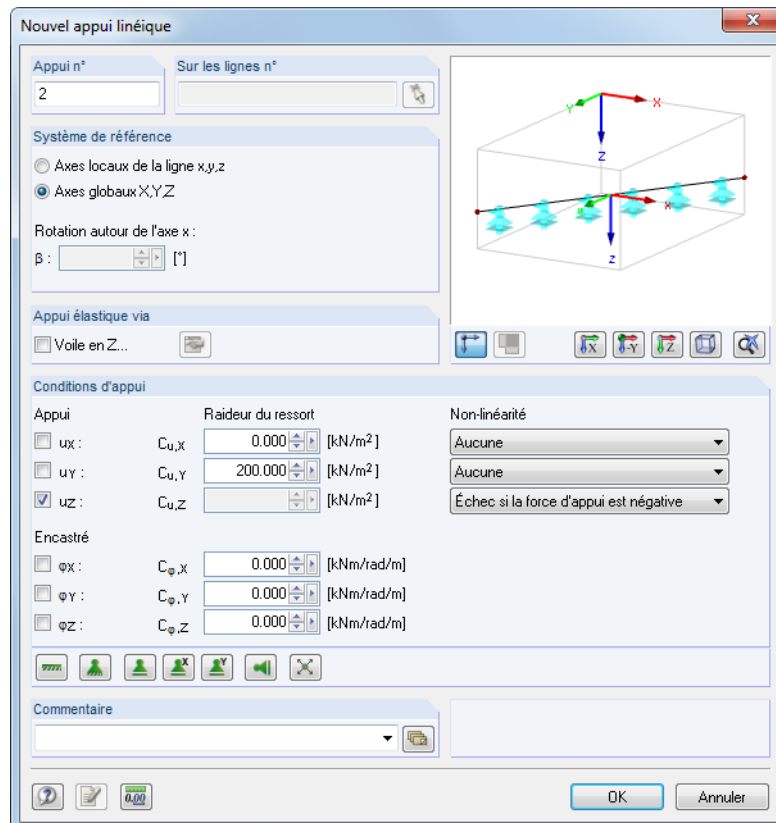


Figure 4.93 : Boîte de dialogue *Nouvel appui linéique*

1.8 Appuis linéiques

Appui n°	A	B	C	D	E			F	G	H	I	J	K
Aux lignes n°	Système de référence	Rotation β [°]	Voile dans Z	u_x	u_y	u_z	Maintien de rotation ou ressort [kNm/rad/m]						
1	6,9,15	Global	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Commentaire
2	4	Global	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	200 000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	3	Global	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4							Oui						
5							Non						
6							Raideur de ressort						
7							Inefficacité...						
8													

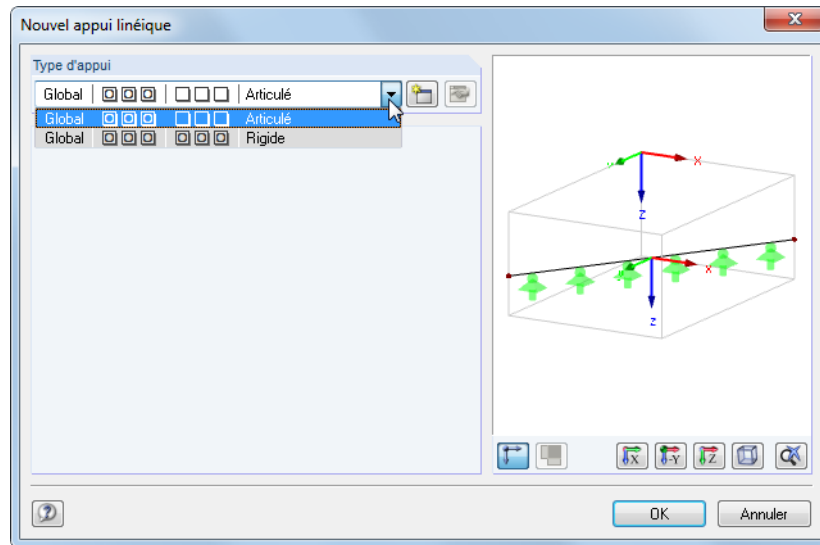
Nœuds Lignes Matériaux Surfaces Solides Ouvertures Appuis nodaux Appuis linéiques Appuis de surface Articulations linéaires

Condition d'appui pour un mouvement de translation ('O'ui / 'N'on / Raideur de ressort / Inefficacité / F7 pour sélectionner)

Figure 4.94 : Tableau 1.8 *Appuis linéiques*



Pour ouvrir la boîte de dialogue suivante, ouvrez le menu **Insérer**, pointez sur **Données de modèle** et **Appuis linéiques** et puis, sélectionnez **Graphiquement**, ou bien utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Figure 4.95 : Boîte de dialogue *Nouvel appui linéique*

Les types d'appui *Articulé* (YYY NNN) et *Rigide* (YYY YYY) sont prédéfinis et peuvent être sélectionnés de la liste. Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez attribuer le type d'appui sélectionné aux lignes dans le graphique.

Utilisez le bouton [Nouveau] pour créer un autre type d'appui. La boîte de dialogue de la Figure 4.93 s'affiche.

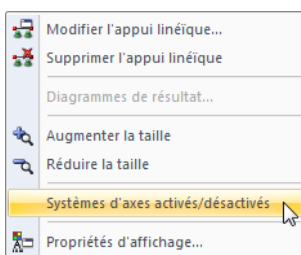
Sur les lignes

Les appuis linéiques ne peuvent être définis que sur des lignes qui appartiennent à une surface ou un solide. Insérez le numéro de ligne dans la colonne du tableau ou dans le champ d'entrée de la boîte de dialogue. Vous pouvez le sélectionner aussi graphiquement.

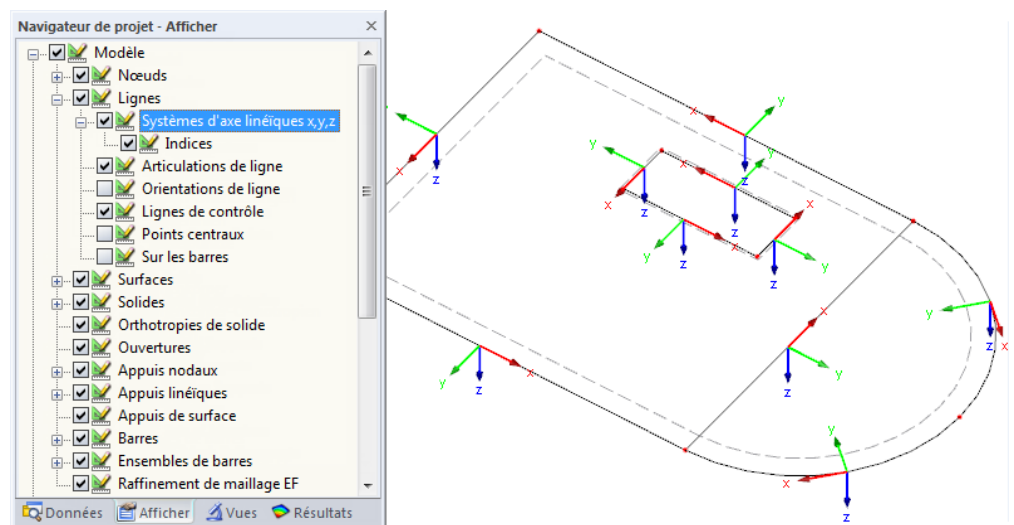
Système de référence

Les paramètres d'appui peuvent être rapportés aux axes *Locaux* x, y et z ou aux axes *Globaux* X, Y et Z. Les indices dans la section de dialogue *Conditions d'appui* tout comme les titres des colonnes de tableau E à J sont modifiées en fonction des paramètres sélectionnés.

L'affichage du système des axes locaux des lignes y compris la numérotation peut être défini dans le navigateur *Afficher*. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel d'un appui linéique.



Menu contextuel d'un appui linéique

Figure 4.96 : Activation du système d'axes locaux x,y,z dans le navigateur *Afficher*

Rotation d'appui

Vous pouvez tourner le système d'axes d'un appui linéique local. La *Rotation* d'angle positif β tourne l'appui dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe positif x.

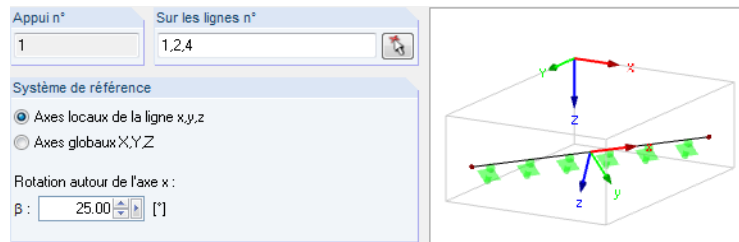


Figure 4.97 : Rotation d'appui

La rotation d'appui insérée est affichée dans le graphique de dialogue dynamique.

Quand le calcul est complété, vous pouvez évaluer les réactions d'appui d'un appui linéique tourné par rapport aux systèmes d'axes globaux et locaux.

Voile en Z

Quand une surface est supportée par un voile, il est considéré comme un appui élastique dépendant de la rigidité du voile. Un appui linéique fixé ne représenterait pas la flexibilité proprement. Pour un tel type d'appui, vous pouvez définir un *Voile* : RFEM va calculer les constantes des ressorts de translation et de rotation à partir du matériau et de la géométrie du voile. Cette option est utile surtout pour les dalles 2D pour éviter les singularités qui peuvent se produire quand une ligne est supportée d'une façon rigide.

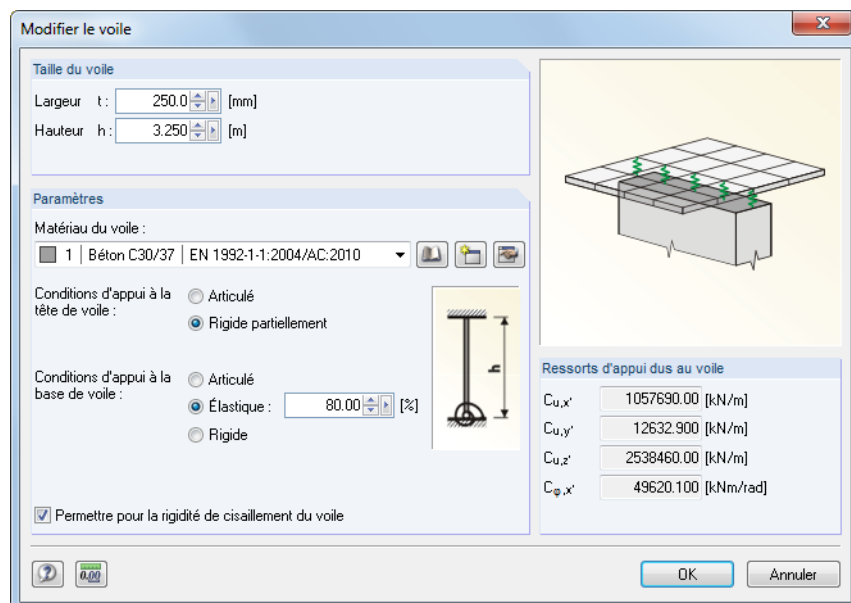


Figure 4.98 : Boîte de dialogue *Modifier le voile*

Dans la section de dialogue *Taille du voile*, vous définissez la géométrie. En complément à la *Largeur t*, la *Hauteur h* influence les constantes des ressorts de translation et de rotation.

Dans la section de dialogue *Paramètres*, vous sélectionnez le *Matériau du voile* de la liste des matériaux déjà définis. Vous pouvez aussi créer un nouveau matériau de voile (voir le chapitre 4.3, page 64).

Pour déterminer les rigidités de ressort, les spécifications pour les *Conditions d'appui à la tête de voile* et au *pied du voile* sont requises. Si vous cochez la case *Permettre la rigidité de cisaillement*, la rigidité de cisaillement va aussi influencer les constantes des *Ressorts d'appui causés par le voile*.

Les constantes de ressort déterminées à partir des paramètres insérés sont affichées dans la section de dialogue à droite.

Les largeurs du voile sont affichées sur la ligne supportée dans le graphique.

Appui ou ressort

Pour définir un appui, sélectionnez l'option correspondante dans la boîte de dialogue ou le tableau. La coche indique que le degré de liberté correspondant est bloqué et le déplacement de la ligne dans la direction correspondante n'est pas possible.

Si vous ne voulez pas définir les appuis, décochez la case correspondante. RFEM définit la constante du ressort de translation à zéro dans la boîte de dialogue *Appui linéique*. Il est toujours possible de modifier la constante du ressort afin de représenter un appui élastique de la ligne. Dans le tableau, insérez la constante directement dans la colonne du tableau.

Les rigidités de ressort sont considérées comme des valeurs de calcul.

L'attribution du critère de rupture est décrite ci-dessous.

Maintien ou ressort

Les maintiens sont définis de la même façon que les appuis. Encore, la coche indique que le degré de liberté correspondant est bloqué et le déplacement de la ligne dans la direction correspondante n'est pas possible. Les constantes pour les ressorts de rotation peuvent être définies dès que les cases sont décochées. Dans le tableau, insérez la constante directement dans la colonne correspondante.

La boîte de dialogue *Nouvel appui linéique* (voir la Figure 4.93, page 106) vous propose les boutons pour différents types d'appui et facilite la définition des degrés de liberté.

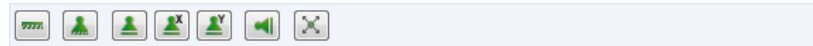


Figure 4.99 : Boutons dans la boîte de dialogue *Nouvel appui linéique*

Les boutons ont les fonctions suivantes utilisées pour les propriétés d'appui :








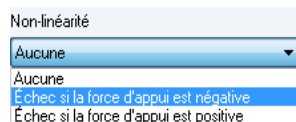
Bouton	Type d'appui
	Rigide
	Articulé avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en X' et Y' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en X' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en Y' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Déplaçable en Z' et Y' avec un maintien autour de l'axe Z'
	Libre

Tableau 4.4 : Les boutons dans la boîte de dialogue *Appui linéique*

Non linéarités

Vous pouvez attribuer les fonctionnalités non linéaires suivantes aux appuis ou aux ressorts de translation d'un appui linéique :

- Perte d'efficacité si la force d'appui est positive
- Perte d'efficacité si la force d'appui est négative



Vous pouvez accéder aux propriétés non linéaires dans la boîte de dialogue et dans le tableau à l'aide de la liste (voir la Figure 4.93 et la Figure 4.94). Utilisez ces paramètres pour définir s'il y a des forces positives ou négatives transférées pour chaque élément de l'appui sur la ligne supportée.

Les termes *Positive* ou *négative* sont rapportés aux forces qui sont introduites à l'appui en direction des axes correspondants (ils ne sont pas rapportés aux forces de réaction de l'appui linéique). Les signes résultent donc des directions des axes locaux ou globaux. Par exemple, si l'axe local z d'une ligne est dirigé vers le bas, le cas de charge « Poids propre » résulte en une force d'appui positive p_z .

Les appuis efficaces non linéaires des lignes sont affichés avec une couleur différente dans le graphique. Dans le tableau, vous pouvez reconnaître les éléments d'appui avec un critère de rupture par une case bleue.

4.9 Appuis de surface

Arrière-plan théorique

Une fondation élastique de surface représente un appui élastique de tous les éléments 2D d'une surface.

Dans le modèle de fondation WINKLER, il est supposé que le sol est un liquide idéal sur lequel la dalle est flottante. Ce modèle est basé sur les différences importantes entre les modules d'élasticité du béton et du sol (linéarisé). Le rapport typique entre ces deux modules est 1000:1 et plus. Mathématiquement, la supposition de Winkler est la suivante :

$$p_z = C_z \cdot w_z$$

Equation 4.12

Dans chaque point, la pression de contact p_z est mise en relation avec le déplacement w_z à l'aide de la constante de fondation C_z . Néanmoins, la supposition implique que chaque point est déplacé d'une façon indépendante des autres nœuds du plan de plancher. Ainsi, le sol environnant n'est pas relevant pour la déformation d'une surface (Figure 4.100a).

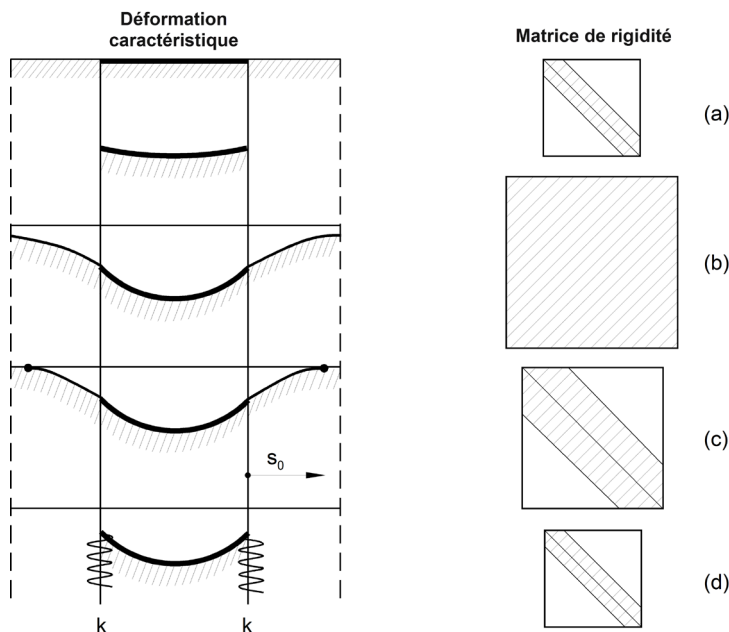


Figure 4.100 : Corrélation entre la figure de déformation et la largeur de la diagonale de la matrice de rigidité

Ce modèle rudimentaire de la fondation ne correspond plus aux réquisitions modernes.

Un type amélioré de modélisation des fondations élastiques est basé sur la *méthode des modules de rigidité*. Dans ce modèle, le sol est considéré comme une demi-surface élastique avec tous ses nœuds en corrélation mathématiquement et mécaniquement. Ceci résulte en un bassin « infini » de subsidence avec des effets d'amortissement. L'inconvénient de ce modèle de sol de fondation est une matrice énorme du système (Figure 4.100b).

L'algorithme de RFEM utilise le modèle de sol efficace selon KOLAR / NEMEC, intégrant les avantages des deux modèles. Ce modèle de sol de fondation est basé sur la théorie de PASTERNAK [8]:

- Pour le radier qui est en contact avec le sol, il n'y a que les propriétés mécaniques de demi-espace non linéaire ou plastique dans le joint de contact qui sont importantes. Ainsi, les effets de trois dimensions de fondation sont concentrés dans le joint de contact, c'est-à-dire transformés en un problème 2D.

- Le modèle de WINKLER effectue la concentration 2D (voir l'équation 5.4), même si c'est imparfait au niveau de l'énergie. Si vous prenez en compte le deuxième coefficient C_v pour la capacité de cisaillement du sol, la collaboration dépassant le bord du radier est établie. Un bassin naturel de subsidence aux dimensions limitées est formé comme il peut être vérifié en réalité.
- Deux systèmes paramétriques (C_u , C_v) sont créés. $C_{u,z}$ correspond approximativement à la constante de fondation de WINKLER et peut ainsi être appliqué dans les calculs pratiques. En détail, le système complet consiste en cinq paramètres : $C_{u,x}$, $C_{u,y}$, $C_{u,z}$, $C_{v,x}$, et $C_{v,y}$.

La Figure 4.100c montre ce modèle de sol en comparaison. Numériquement, le modèle EF est stable comme un modèle de WINKLER. Néanmoins, le fait d'inclure les éléments de sol dans le bassin de subsidence résulte en une matrice de rigidité de système plus large.

Le modèle de KOLAR/NEMEC a été aussi élargi. L'expérience nous a montré que les éléments de sol peuvent être éliminés du système à l'aide des mesures appropriées. Le *modèle de sol efficace* implémenté dans RFEM est schématiquement affiché dans la Figure 4.100d. Ainsi, l'inconvénient de la large matrice du système est éliminé. Vous trouverez une description détaillée du modèle de sol de fondation efficace dans [4].

Le sol environnant (« coin de sol ») est éliminé du modèle de surface par la conversion de sa rigidité en ligne de contour élastique et en appui nodal de coin.

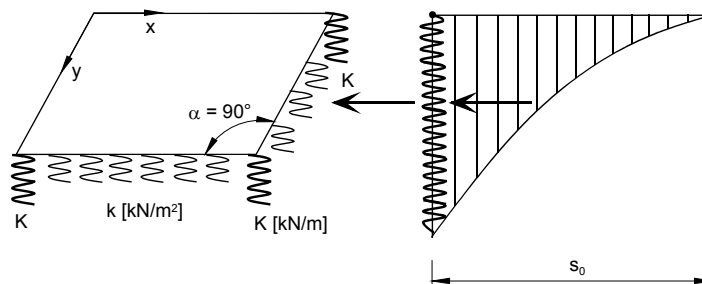


Figure 4.101 : Conversion du sol environnant en appuis nodaux linéiques et de coin

Dans la première approximation, les constantes de ressort k et K des appuis nodaux linéiques et de coin sont calculés selon les équations suivantes :

$$k = \sqrt{C_{u,z} \cdot C_{v,\text{perpendiculaire}}}$$

Equation 4.13 : Constante de ressort de l'appui linéique

$$K = \frac{C_{v,x} + C_{v,y}}{4}$$

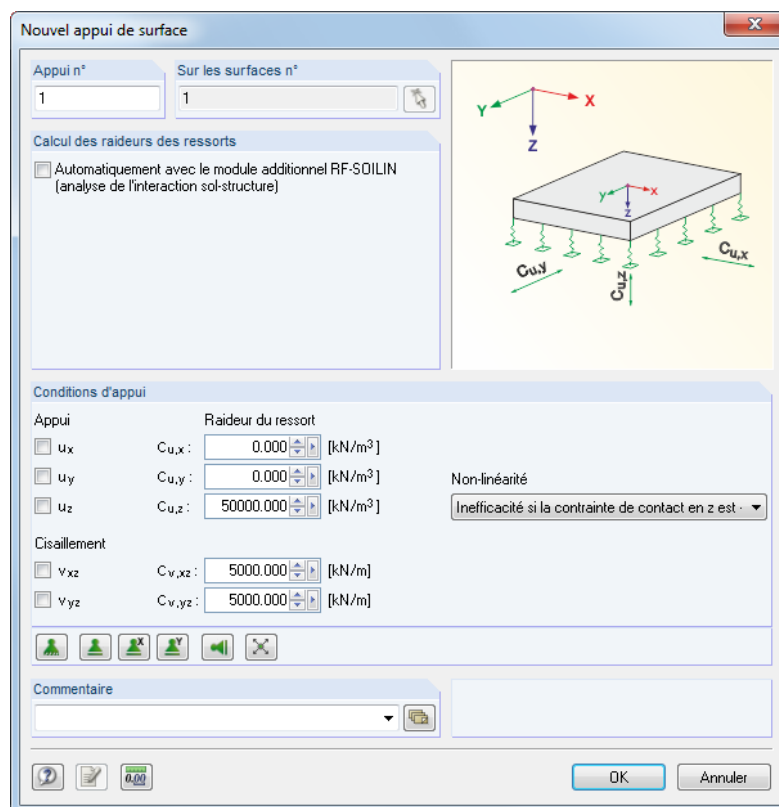
Equation 4.14 : Constante de ressort de l'appui nodal de coin

Dans l'Equation 4.13, vous devez insérer le paramètre C_v qui agit dans le sens perpendiculaire à la ligne de contour.

L'Equation 4.14 est utilisée pour les coins avec un angle de $\alpha = 90^\circ$ (voir [17] pour les autres valeurs d'angle). Les angles supérieurs à 90° résultent en valeurs plus petites de K . Néanmoins, si $\alpha = 0^\circ$, $K = 0$ aussi.



Dans le modèle, les ressorts déterminés de cette façon doivent être arrangés, en complément à la fondation élastique de la surface, comme des appuis linéiques et nodaux.

Figure 4.102 : Boîte de dialogue *Nouvel appui de surface*

1.9 Appuis de surface								
Fond. n°	Aux surfaces n°	Constantes de ressort par RF-SOILIN	Appui ou ressort translatif [kN/m³]		Ressort de cisaillement [kN/m]			
			C _{ux} [-]	C _{uy} [-]	C _{uz} [-]	C _{v,xz} [-]	C _{v,yz} [-]	Commentaire
1	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50000.000	5000.000	5000.000	
2	2-4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30000.000	3000.000	3000.000	
3					Oui			
4					Non			
5					Raideur de ressort			
6					Inefficacité...			

Coeficient de ressort de translation pour l'axe local z (perpendiculaire à la surface).

Figure 4.103 : Tableau 1.9 *Appuis de surface*

Sur les surfaces

Insérez les numéros des surfaces à supporter dans la colonne du tableau ou dans le champ d'entrée de la boîte de dialogue. Vous pouvez les sélectionner aussi graphiquement.

Constantes de ressort avec RF-SOILIN

Chaque sol a plus ou moins de particularités élastiques non linéaires ou plastiques. Pour déterminer facilement les coefficients de fondation, utilisez le module additionnel Dlubal RF-SOILIN. Le programme effectue les calculs d'affaissements basés sur les actions de charge et sur les résultats des tests de forage. Puis, il détermine les coefficients de ressort dans chaque élément fini. Dans le module additionnel, vous pouvez considérer différentes couches de sol aux plusieurs points d'enregistrement.

Si vous sélectionnez l'option et aucun résultat de RF-SOILIN n'est accessible, les coefficients de fondation seront déterminés avant que le calcul de RFEM soit effectué.

Appuis $u_x / u_y / u_z$ ou ressorts $C_{u,x} / C_{u,y} / C_{u,z}$

Les directions des appuis ou des ressorts sont rapportées aux axes locaux des surfaces x , y et z . Utilisez le navigateur *Affichage* ou le menu contextuel d'une surface pour les afficher dans le graphique (voir la Figure 4.73, page 89).



Les rigidités de ressort doivent être insérées comme les valeurs de calcul.

Si l'appui agit d'une façon perpendiculaire à la surface, insérez la constante d'appui ou de ressort dans le champ d'entrée $C_{u,z}$. Le paramètre est pratiquement égal au module de WINKLER de fondation C_z . Il peut être pris d'une expertise de sol.

Les paramètres $C_{u,x}$ et $C_{u,y}$ représentent les ressorts de translation qui décrivent la résistance de fondation contre le déplacement dans les directions x ou y de la surface. Dans le cas de la dalle de plancher, ils définissent la résistance (indépendante de charge) dans les directions horizontales.



Dans le graphique, les ressorts sont toujours positionnés en direction de l'axe positif de la surface z . Si les symboles de ressort sont sur le « mauvais » côté de la surface, vous pouvez modifier rapidement l'orientation de l'axe z local : Cliquez sur la surface avec le bouton droit de la souris pour ouvrir le menu contextuel et sélectionnez *Reverser le système d'axe local*. Cette option n'est disponible que pour les modèles 3D, pas pour les modèles plans. Quand vous modifiez les paramètres, veuillez noter que le critère de rupture va modifier aussi la direction de l'action.

Les appuis rigides rendent possible, par exemple pour les modèles solides symétriques, la représentation seulement d'une partie du modèle. De cette façon, vous pouvez augmenter considérablement la vitesse de calcul.

Ressort de cisaillement $C_{v,x} / C_{v,y}$

Ces champs d'entrée sont utilisés pour considérer la capacité de cisaillement du sol en direction des axes de surface x ou y . Dans la plupart de cas, la constante de PASTERNAK C_v se trouve entre $0.1 \cdot C_z$ (petite capacité de cisaillement) et $0.5 \cdot C_z$ (capacité de cisaillement moyenne). En général, $C_{v,x} = C_{v,y}$ peut être utilisé.

L'idée principale du modèle efficace est de définir les paramètres $C_{u,z}$ et C_v à l'aide du coefficient s selon les équations suivantes.

$$C_{v,x} = C_{u,z} \cdot s_x^2$$

Equation 4.15 : Constante de ressort de cisaillement $C_{v,x}$

$$C_{v,y} = C_{u,z} \cdot s_y^2$$

Equation 4.16 : Constante de ressort de cisaillement $C_{v,y}$

La valeur s est analogue à la longueur élastique pour les poutres sur fondation élastique. Cette équation empirique a été dérivée des mesures d'affaissement (voir la Figure 4.100c, page 111):

$$s_0 = 4,0 \text{ s à } 5,0 \text{ s} \quad \text{Moyenne: } s_0 = 4,5 \text{ s}$$

Equation 4.17 : Bassin d'affaissement s_0

Le bassin d'affaissement s_0 mentionné dans l'Equation 4.17 est compris plutôt dans le sens énergétique que dans le sens géométrique du terme. Dans la structure pratique, s_0 est défini comme une distance à partir du bord de radier où les valeurs d'affaissement tombent au-dessous de 1 % des valeurs de bord de la fondation. Si une valeur de référence pour s_0 est connue, s est calculé selon l'Equation 4.17. Comme un résultat, vous obtenez la valeur de C_v selon l'Equation 4.15 et l'Equation 4.16.

S'il n'y a pas de mesurage disponible, mais s'il est possible de déterminer ou d'estimer la valeur de C_v à partir du type de sol, vous pouvez obtenir la valeur de s de la façon suivante :

$$s_x = \sqrt{\frac{C_{v,x}}{C_{u,z}}} \quad \text{ou} \quad s_y = \sqrt{\frac{C_{v,y}}{C_{u,z}}}$$

Equation 4.18

La détermination de C_v est le problème principal quand vous appliquez le modèle de fondation selon PASTERNAK. Si C_v s'approche de zéro, ce modèle est modifié en modèle énergétique défectif de WINKLER. Si C_v s'approche de l'infini, l'atteinte du bassin d'affaissement s_0 devient aussi sans fin. Puis, l'énergie de la déformation de sol est une expression infinie, les changements d'affaissement tout comme les affaissements s'approchent de zéro. Ainsi, les valeurs trop élevées de C_v mènent aux problèmes numériques dans l'algorithme EF.

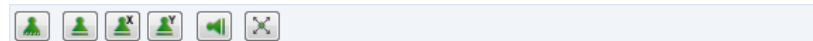
Par exemple pour des sables mouvants, C_v s'approche de zéro. Néanmoins, pour les types compacts de roche, il peut être supposé proche de $1.0 \cdot C_{u,z}$.

KOLAR [17] prévoit un tableau résumé avec les valeurs d'orientation suivantes. Veuillez noter qu'elles ne remplacent pas les valeurs d'une expertise de sol.

Consistance de sol	$C_{u,z}$	Capacité de cisaillement C_v		
		Aucune	Moyenne	Grande
	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
Molle, fluide	1,000	0	500	1,000
De densité moyenne	10,000	0	5,000	10,000
Compacte	100,000	0	50,000	100,000

Tableau 4.5 : Valeurs guides pour $C_{u,z}$ et C_v 

La boîte de dialogue *Nouvel appui de surface* (voir la Figure 4.102, page 113) vous propose les boutons pour différents types d'appui et facilite la définition des degrés de liberté.

Figure 4.104 : Boutons dans la boîte de dialogue *Nouvel appui de surface*

Les boutons ont les fonctions suivantes pour les propriétés d'appui :







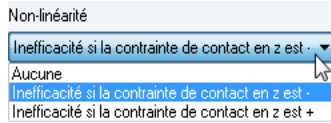
Bouton	Type d'appui
	Rigide
	Déplacement en x et y
	Déplacement en x
	Déplacement en y
	Déplacement en z
	Libre

Tableau 4.6 : Boutons dans la boîte de dialogue *Appui de surface*



Non linéarités

L'appui peut être exclu pour les contraintes de contact positives ou négatives en direction du déplacement u_z : La fondation est rompue par exemple dans le cas des forces de soulèvement. Spécifiez les paramètres à l'aide de la liste disponible dans la boîte de dialogue ou dans le tableau (voir la Figure 4.103, page 113).

Les termes *positif* ou *négatif* sont rapportés aux contraintes agissant en direction (ou en direction opposée) de l'axe local z de la surface. Les contraintes de contact positives sont causées quand un radier est sollicité par le poids propre et l'axe global Z tout comme l'axe local z , les deux sont orientés vers le bas. Si l'axe de surface z est orienté vers le haut, la contrainte de contact sera négative.

L'option d'affichage de l'axe local de la surface est affichée dans la Figure 4.73, page 89.

Les appuis efficaces non linéaires de la surface sont affichés avec une couleur différente dans le graphique. Dans le tableau, les valeurs caractéristiques u_z de chaque appui sont affichées en bleu.

Quand il y a une non-linéarité, RFEM calcule les déformations et les contraintes en plusieurs itérations. Le programme trouve les éléments finis qui deviennent sans contrainte si la fondation n'est plus active à cause de la rupture.

Veuillez noter que, pour les combinaisons de résultats avec des supports agissant d'une façon non linéaire, il peut arriver que les résultats soient combinés avec une rupture d'appui localement différente sur l'endroit. Dans ces cas, il est recommandé d'utiliser les combinaisons de charge (voir l'exemple dans la Figure 5.28, page 204).

4.10 Articulations linéique

Description générale

Les surfaces en contact sur une ligne y sont connectées de façon rigide. Avec une articulation linéique, vous pouvez exclure les degrés de liberté particuliers du transfert.

Les articulations linéiques peuvent être situées sur des lignes de contour des surfaces. En complément, elles peuvent être attribuées aux lignes intégrées dans une surface comme affiché à gauche.

Une articulation de ligne est un attribut d'une surface, pas d'une ligne. Ainsi, elle doit être attribuée à une surface. Pour attribuer une articulation linéique graphiquement,

sélectionnez **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, pointez sur **Articulations linéiques** et cliquez sur **Attribuer aux lignes graphiquement**.

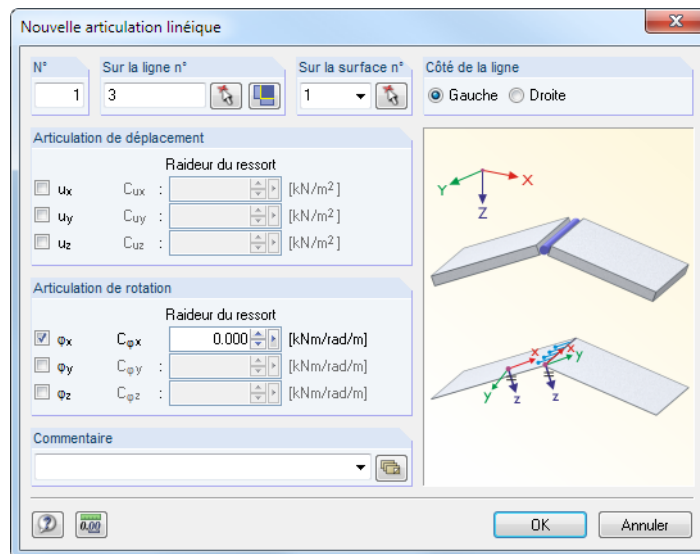
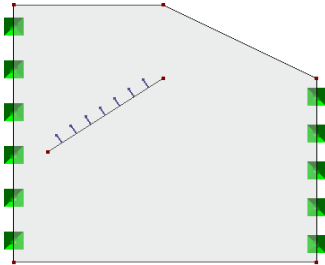


Figure 4.105 : Boîte de dialogue *Nouvelle articulation linéique*

1.10 Articulations linéiques

Articul. n°	Ligne n°	Surface n°	Côté	Articulation normale/de cisaillement ou ressort [kN/m ²]			Articul. de moment ou ressort [kNm/rad/m]			Commentaire
				u_x	u_y	u_z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	
1	3	1	Gauche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	22	2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3							Oui			
4							Non			
5							Raideur de ressort			
6										

Lignes | Matériaux | Surfaces | Solides | Ouvertures | Appuis nodaux | Appuis linéiques | Appuis de surface | Articulations linéiques | Sections

Condition de l'articulation ('O'ui / 'N'on / Raideur de ressort / F7 pour sélectionner)

Figure 4.106 : Tableau 1.10 *Articulations linéaires*

Sur une ligne

Insérez le nombre de lignes sur lesquelles vous voulez définir l'articulation. Vous pouvez aussi utiliser la liste ou sélectionner la ligne graphiquement. Quand vous sélectionnez la surface avant de définir les paramètres dans la boîte de dialogue, vous pouvez importer toutes les lignes de contour de la surface en cliquant sur le bouton [Toutes les lignes de contour].

Sur la surface

Attribuer une articulation linéique à une surface. Comme l'articulation est une propriété de la surface, vous pouvez l'ajuster dans la boîte de dialogue *Modifier la surface*.

Côté

Les options dans la boîte de dialogue, ou bien la colonne dans le tableau, ne sont accessibles qu'au cas où la ligne serait un objet intégré de la surface. L'arrangement des articulations détermine comment les éléments finis sur les côtés linéiques sont pris en compte pour la rigidité.



Pour l'arrangement de l'articulation à *Gauche* ou à *Droite* de la ligne, les directions de la ligne (► dans l'image ci-dessous) et de l'axe z de la surface sont décisives. Si l'orientation de l'axe global Z est *En bas*, la règle descriptive suivante convient : « Point de vue sur la ligne, axe z local de la surface vers le bas, vue en direction de la ligne, gauche/droite comme les bras ». Pourtant, si l'orientation de l'axe global Z est *En haut*, cette règle est applicable avec la condition « vue opposée à la ligne ».

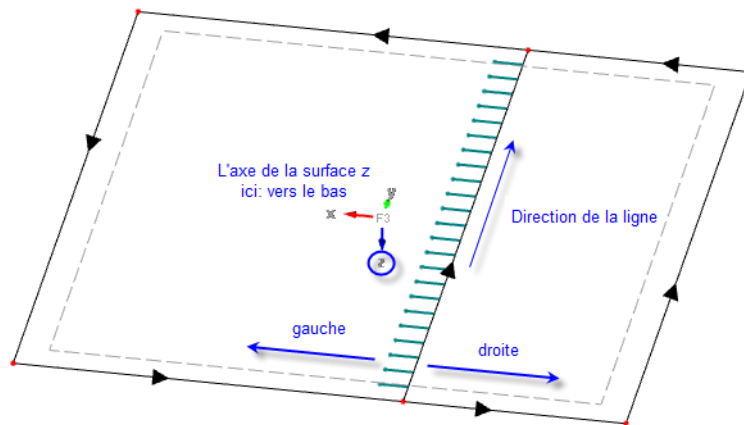


Figure 4.107 : Définition des côtés linéiques

L'option de côté est verrouillée pour les lignes de contour d'une surface parce que le côté de la ligne sur lequel l'articulation est efficace est clairement défini par l'attribution à la surface.

Articulation ou ressort axial/de cisaillement

A l'aide des champs d'entrée de dialogue et des colonnes du tableau, vous pouvez gérer les degrés de liberté pour les efforts normaux et tranchants. Si la case est cochée, cela signifie que le déplacement en direction correspondante est possible et ainsi, l'effort ne sera pas transféré. Vous pouvez aussi insérer la constante d'un ressort correspondant.



Les degrés de liberté reposent sur la définition des axes suivante : L'axe x indique la direction de la ligne ; l'axe y représente la tangente à la surface plane, l'axe z la normale à la surface.

Articulation ou ressort de moment

Les degrés de liberté des moments sont rapportés au système de coordonnées local de l'articulation (axe x en direction de la ligne, axe y comme tangente et axe z comme normale à la surface plane). La coche signifie que la rotation est libre et le moment ne sera pas transféré. Vous pouvez aussi insérer la constante d'un ressort de rotation.



Le petit graphique dans la boîte de dialogue *Nouvelle articulation linéique* vous montre la direction des moments. D'habitude, l'articulation linéique est utilisée comme un « joint d'articulation » entre deux surfaces. Dans ce cas, le type d'articulation φ_x est appliqué, ce qui signifie une articulation de torsion autour de l'axe de ligne longitudinal.

4.11 Épaisseurs variables

Description générale

L'épaisseur variable décrit une augmentation ou diminution linéaire de l'épaisseur de la surface. Utilisez les épaisseurs variables pour modéliser les surfaces à sections variables. L'épaisseur variable doit être définie sur les trois points afin qu'il soit possible de les interpoler linéairement entre eux.

L'épaisseur variable n'est pas insérée directement, mais elle est définie comme un paramètre lors de la définition d'une surface. Quand vous créez une surface, définissez l'*Épaisseur* comme **Variable** (voir le chapitre 4.4, page 87). Puis, les boutons [Modifier] affichés à gauche deviennent actifs dans la boîte de dialogue et dans le tableau.

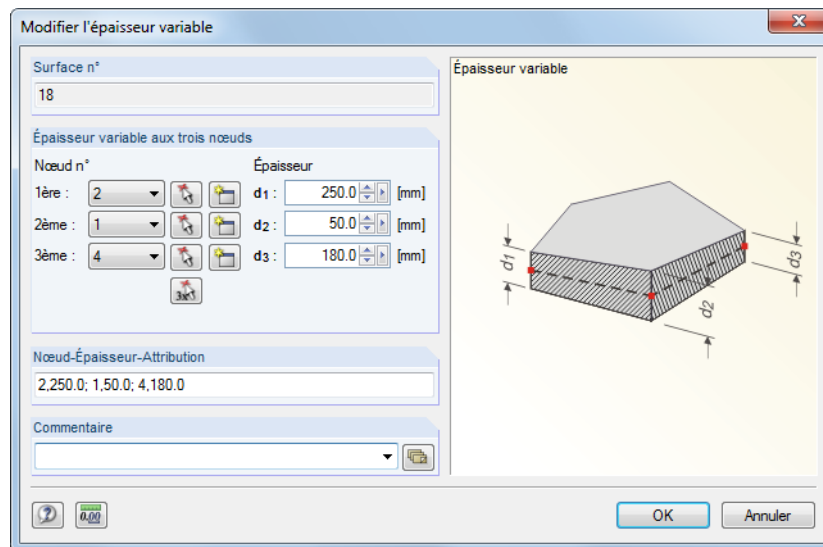


Figure 4.108 : Boîte de dialogue *Modifier l'épaisseur variable*

1.11 Épaisseurs variables

Surface n°	A	B	C	D	E	F	G
n°	1er nœud n°	d ₁ [mm]	2nd nœud n°	d ₂ [mm]	3e nœud n°	d ₃ [mm]	Commentaire
1	2	210.0	1	160.0	4	210.0	dalle de balcon
2	2	160.0	1	160.0	4	200.0	

Appuis nodaux Appuis linéiques Appuis de surface Articulations linéaires Épaisseurs variables Sections Articulations de barre

Commentaire ([...]) pour importer un commentaire de la liste de commentaires par défaut.

Figure 4.109 : Tableau 1.11 *Épaisseurs variables*

Surface

Les épaisseurs variables ne peuvent être utilisées que pour les surfaces planes. Elles ne peuvent pas être appliquées par exemple pour les surfaces courbes.

Épaisseur variable aux trois nœuds

Pour définir une épaisseur variable, spécifiez trois nœuds pour que RFEM puisse les interpoler linéairement entre eux. Vous pouvez sélectionner des nœuds dans le plan de la surface pour définir l'épaisseur. Il n'est pas nécessaire qu'ils appartiennent à la surface, mais il faut que les nœuds EF puissent être générés sur ces points de définition.

Sélectionnez les trois nœuds de la liste ou utilisez la fonction [^] pour les sélectionner graphiquement. Vous pouvez aussi créer de [Nouveaux] nœuds. Puis, attribuez l'*Épaisseur d* correspondante.



La section de dialogue *Nœud-Épaisseur-Attribution* représente un court aperçu d'entrée. Les numéros et les épaisseurs de nœud sont séparés par une virgule, les paires simples de nœud-épaisseur par un point-virgule.

Vous pouvez afficher la distribution des épaisseurs sur la surface dans le mode rendu pour pouvoir contrôler les données : Sélectionnez l'option *Rempli inclus l'épaisseur* dans le navigateur *Afficher*.

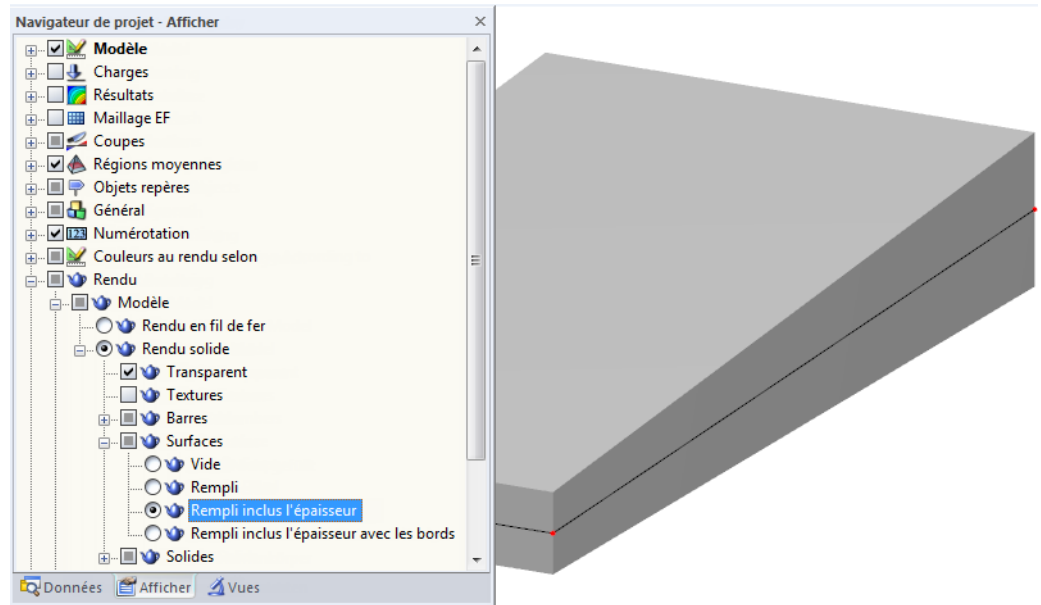


Figure 4.110 : Navigateur Afficher : Rendu → Modèle → Modèle solide → Surfaces → Rempli inclus l'épaisseur

4.12 Surfaces orthotropes

Description générale

Les surfaces orthotropes ont des rigidités différentes en direction des axes locaux de surface x et y . Utilisez les propriétés de surface isotrope pour modéliser par exemple des poutres en lamellé-collé ou des planchers nervurés. Les propriétés orthotropes peuvent être définies pour les surfaces planes et quadrangulaires.

Vous pouvez définir les propriétés orthotropes au niveau du matériau (orthotropie matérielle avec une géométrie invariable), de la géométrie (forme irrégulière de surface avec un matériau isotrope) ou une combinaison de ces deux cas.

La figure suivante vous montre la matrice de rigidité générale d'une surface orthotrope dans RFEM.

$$\begin{Bmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \\ n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & D_{26} & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & 0 & 0 & D_{36} & D_{37} & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & \text{sym.} & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix}$$

Éléments pour la rigidité en flexion et en torsion (jaune à rayures diagonales)
 Éléments pour le cisaillement (vert à rayures diagonales)
 Éléments de membrane (rose à points)
 Éléments d'excentricité (bleu clair)

Figure 4.111 : Matrice avec les coefficients de rigidité

Les surfaces orthotropes peuvent être calculées selon l'analyse statique linéaire, l'analyse de second ordre ou l'analyse de grandes déformations. Dans le cas des matrices avec des coefficients de membrane pures, l'analyse de grandes déformation est seulement possible.

Vous trouverez des informations détaillées sur l'*Orthotropie* dans un document anglais que vous pouvez demander auprès de DLUBAL SOFTWARE GMBH.

L'orthotropie n'est pas insérée directement, mais elle est définie comme un paramètre lors de la définition d'une surface. Quand vous créez une nouvelle surface, définissez l'*Épaisseur* comme **Orthotrope** ou **Membrane orthotrope** (voir le chapitre 4.4, page 86). Puis, les boutons [Modifier] affichés à gauche deviennent actifs dans la boîte de dialogue et dans le tableau.

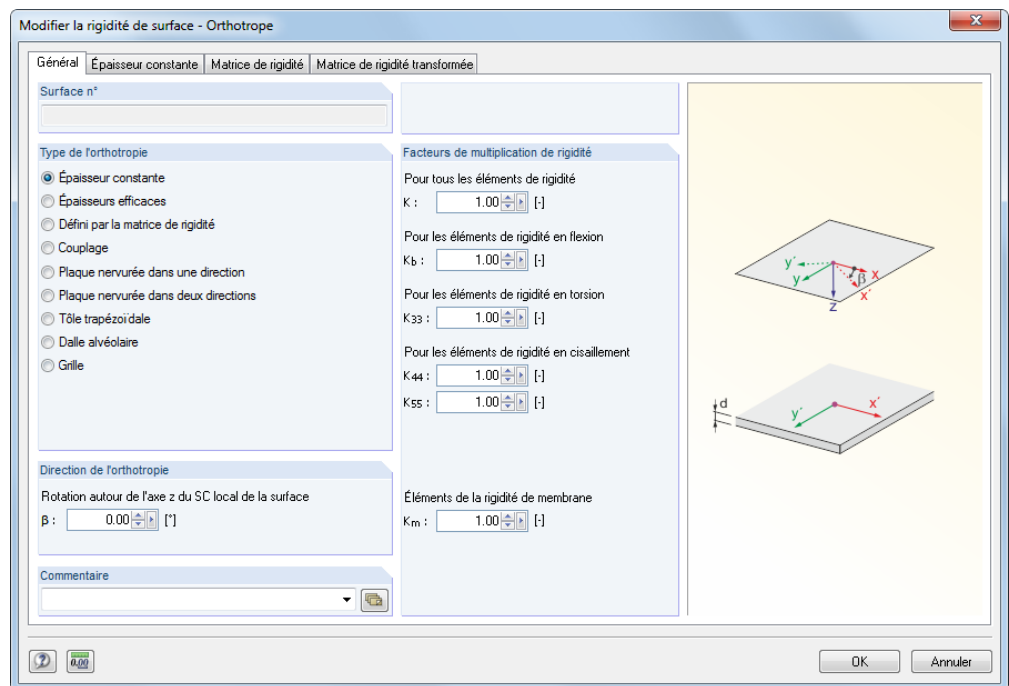


Figure 4.112 : Boîte de dialogue *Modifier la rigidité de la surface - Orthotrope*

1.12 Surfaces et barres orthotropes

Surface n°	A	B	C	D	E								L
					Facteurs de multiplication de rigidité [-]								
	Rigidité	Type d'orthotropie	Orthotrope Direction β [°]	K	K _b	K ₃₃	K _s	K ₄₄	K ₅₅	K _m	K _e	Épaisseur d [mm]	
1	Orthotrope	Couplage	90.00	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	50.0	
2	Orthotrope	Épaisseur constante	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0	
3	Orthotrope	Épaisseurs efficace	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	180.0	
4	Orthotrope	Épaisseur constante	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	120.0	
5	Orthotrope	Épaisseur constante	45.00	1.50	1.00	3.20	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	230.0	
6	Orthotrope	Dalle alvéolaire	0.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	197.9	

Figure 4.113 : Tableau 1.12 *Surfaces et barres orthotropes*

La boîte de dialogue est sous-divisée en plusieurs onglets qui dépendent du *Type d'orthotropie* sélectionnée.

Dans la section de dialogue *Facteurs de multiplication de rigidité*, vous pouvez réduire la rigidité soit globalement en utilisant le facteur *K* soit individuellement pour les éléments rigide en flexion, torsion, en cisaillement ou les membranes (voir la page 124).

Dans l'onglet *Matrice de rigidité*, les éléments correspondants de la matrice sont affichés (voir la Figure 4.114).

Définition

Vous pouvez définir les surfaces orthotropes par les paramètres de matériau et de géométrie ou bien directement par les coefficients de la matrice de rigidité locale. En fonction de vos spécifications, les onglets de la boîte de dialogue sont modifiés.

Les types d'orthotropie sont décrits sur les pages suivantes. Pour chaque type de définition, vous devez spécifier l'*Épaisseur* que vous voulez appliquer pour la détermination du poids propre.

Épaisseur constante

RFEM utilise les propriétés de matériau orthotrope qui ont été définies dans la boîte de dialogue *Modèle de matériau - Orthotrope élastique 2D* (voir la Figure 4.47, page 70). Ce type n'est approprié que pour les surfaces homogènes d'épaisseur égale dont le matériau a des propriétés orthotropes.

Épaisseurs efficaces

Dans l'onglet de dialogue *Épaisseurs efficaces*, vous pouvez définir différentes épaisseurs en direction de l'axe x' et y' pour reproduire les conditions de rigidité inégales.

Le poids propre n'est pas déterminé à partir des épaisseurs insérées dans la boîte de dialogue, mais RFEM utilise l'épaisseur de la surface insérée dans la boîte de dialogue *Modifier la surface* ou dans le tableau 1.4 *Surfaces*.

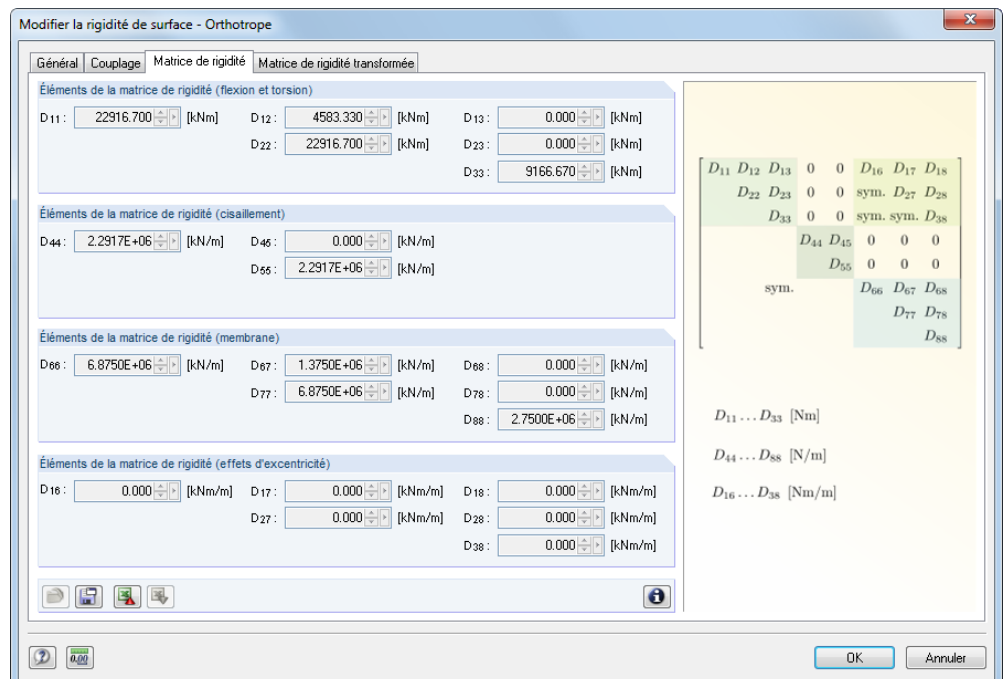
RFEM vous montre le module d'élasticité et le module de cisaillement du matériau qui est utilisé (voir le chapitre 4.3, page 70) afin que vous puissiez contrôler les données correspondantes. Il est aussi possible de gérer les propriétés d'orthotropie à l'aide des paramètres de matériau et de définir les mêmes épaisseurs en directions des axes x' et y' .

En plus, RFEM ne calcule pas de contraintes pour des surfaces orthotropes : Des coefficients de rigidité différents pourraient causer des résultats « flous » parce qu'ils sont rapportés à une valeur moyenne de la rigidité. Ces contraintes ne correspondent pas au modèle d'orthotropie.

Matrice de rigidité

Les coefficients de la matrice de rigidité locale peuvent être définis manuellement.

Avec cette option, vous pouvez ajuster aussi les coefficients générés (par exemple un plancher de couplage ou nervuré) à l'aide des paramètres définis par l'utilisateur.



Modifier la rigidité de surface - Orthotrope

Onglets: Général | Couplage | **Matrice de rigidité** | Matrice de rigidité transformée

Éléments de la matrice de rigidité (flexion et torsion)

D11: 22916.700 [kNm] D12: 4583.330 [kNm] D13: 0.000 [kNm]
 D22: 22916.700 [kNm] D23: 0.000 [kNm]
 D33: 9186.670 [kNm]

Éléments de la matrice de rigidité (cisaillement)

D44: 2.2917E+06 [kN/m] D45: 0.000 [kN/m]
 D55: 2.2917E+06 [kN/m]

Éléments de la matrice de rigidité (membrane)

D66: 6.8750E+06 [kN/m] D67: 1.3750E+06 [kN/m] D68: 0.000 [kN/m]
 D77: 6.8750E+06 [kN/m] D78: 0.000 [kN/m]
 D88: 2.7500E+06 [kN/m]

Éléments de la matrice de rigidité (effets d'excentricité)

D16: 0.000 [kNm/m] D17: 0.000 [kNm/m] D18: 0.000 [kNm/m]
 D27: 0.000 [kNm/m] D28: 0.000 [kNm/m]
 D38: 0.000 [kNm/m]

Matrice de rigidité locale:

$$\begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & \text{sym.} & D_{27} & D_{28} \\ D_{33} & 0 & 0 & \text{sym.} & \text{sym.} & D_{38} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{sym.} & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & D_{55} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ D_{77} & D_{78} \\ D_{88} \end{bmatrix}$$

D11 ... D33 [Nm]
 D44 ... D88 [N/m]
 D16 ... D38 [Nm/m]

OK Annuler

Figure 4.114 : Boîte de dialogue *Modifier la rigidité de surface - Orthotrope*, onglet *Matrice de rigidité*



Le bouton [Info] vous informe de la pertinence des coefficients dans la matrice de rigidité.

Si les axes d'orthotropie ne sont pas conformes aux axes du système de coordonnées des éléments, vous devez transformer les matrices (voir [16], page 305-313).

En plus, les ajustements appropriés des coefficients sont requis, si, lors du contrôle des données avant d'effectuer le calcul, vous trouvez que la matrice de rigidité n'est pas définie positive.

Couplage

Utilisez ces paramètres pour modéliser les connexions entre les surfaces ou les barres qui sont représentées par des éléments de couplage constitués d'un matériau isotrope.

Dans l'onglet de dialogue *Couplage*, insérez les paramètres d'épaisseur de couplage d_p , l'espacement de couplage a et la largeur de couplage b selon le schéma. Un modèle réaliste de couplage est obtenu quand la distance a est supérieure à la largeur b des éléments couplés.

L'épaisseur efficace d^* est déterminée selon l'équation suivante :

$$d^* = d_p \cdot \frac{b}{a}$$

Équation 4.19

Platine nervurée unidirectionnelle

Les propriétés orthotropes d'un plancher nervuré sont basées sur le principe d'un plancher de poutre en T sollicitée par une contrainte uniaxiale. RFEM détermine les rigidités à partir des paramètres de géométrie de l'épaisseur de la dalle d_p , hauteur de la nervure d_r , espacement des nervures a et de la largeur de la nervure b que vous devez spécifier selon le schéma affiché dans l'onglet de dialogue *platine nervurée unidirectionnelle*.

Veuillez noter que le développement des fissures (par exemple l'état II pour le béton) n'est pas pris en compte lors de la détermination des rigidités. Seulement les matériaux isotropes sont permis.

Platine nervurée bidirectionnelle

Ce type de plancher est caractérisé par les âmes se croisant perpendiculairement dans une grille uniforme qui subdivise le plancher en coffres. Les propriétés orthotropes peuvent être décrites de la même façon que pour les planchers nervurés par géométrie (voir ci-dessus). Vous devez spécifier les paramètres de rigidité selon deux directions.

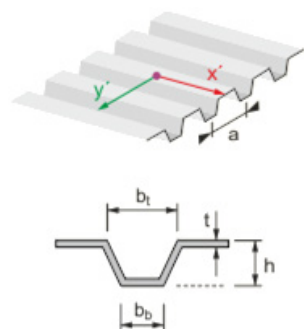
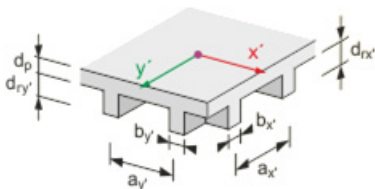
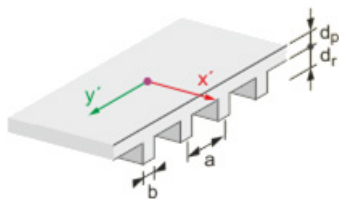
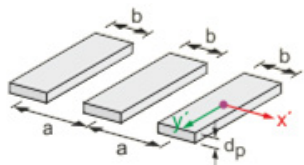
Dans l'onglet de dialogue *Platine nervurée bidirectionnelle*, vous spécifiez les paramètres pour l'épaisseur de la dalle d_p , la hauteur de la nervure d_r , l'espacement des nervures a et la largeur de la nervure b pour les directions x' et y' selon le schéma.

Bac acier

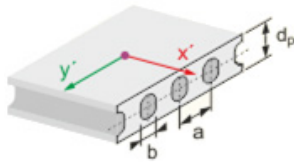
La possibilité de reproduire les bacs aciers comme surfaces avec des propriétés orthotropes facilite considérablement la modélisation des surfaces. RFEM détermine les coefficients de rigidité à partir des paramètres géométriques de la section. Seuls les matériaux isotropes sont permis.

Dans l'onglet de dialogue *Bac acier*, vous spécifiez les paramètres pour l'épaisseur de la tôle t , la hauteur totale du profilé h , l'espacement des nervures a , la largeur de la semelle supérieure b_t et la largeur de la semelle inférieure b_b selon le schéma.

Seulement les matériaux isotropes sont permis comme pour toutes les autres orthotropies géométriques (épaisseurs efficaces, plancher nervuré, plafond à caissons, plancher alvéolaire en béton).



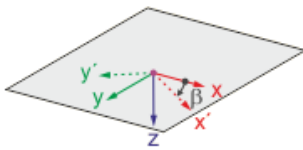
Dalle alvéolaire



Les unités creuses dans le plancher réduisent le poids propre, mais causent le comportement structurel orthotrope. RFEM détermine les rigidités à partir des paramètres de géométrie de l'épaisseur de la dalle d_p , l'espacement des creux a et le diamètre de creux b que vous devez spécifier selon le schéma affiché dans l'onglet dialogue *Dalle alvéolaire*.

Vous trouverez les informations détaillées sur les composants de rigidité déterminés à partir des spécifications géométriques dans un document anglais que vous pouvez demander auprès de DLUBAL SOFTWARE GMBH.

Direction orthotrope β



La direction orthotrope est rapportée aux axes locaux de la surface x et y . L'angle β décrit la rotation de l'axe x' par rapport à l'axe x local de la surface. Il est responsable de la transformation des matrices disponibles dans l'onglet de dialogue *Matrice de rigidité transformée*.

Utilisez le navigateur *Afficher* du menu contextuel de la surface pour afficher les systèmes de coordonnées de la surface dans le graphique.

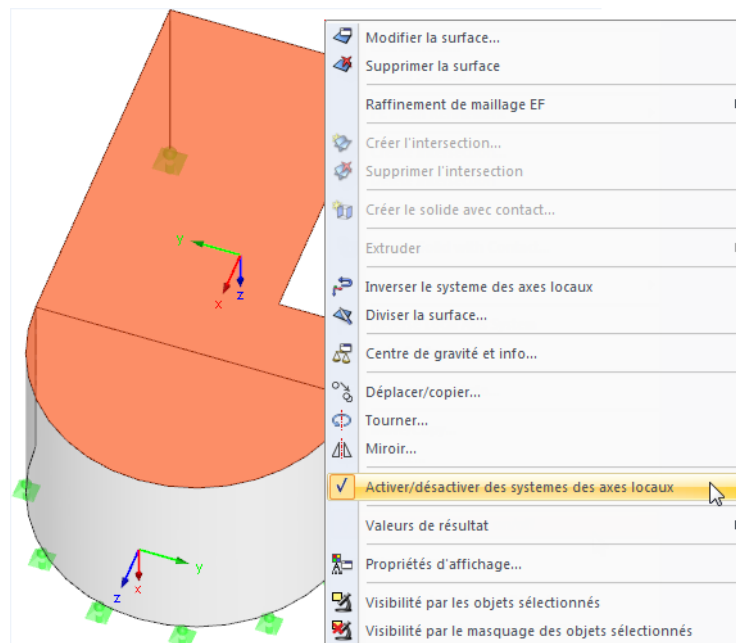


Figure 4.115 : Menu contextuel de la surface utilisé pour l'affichage des systèmes des axes locaux de la surfaces **xyz**

L'angle positif β est défini dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe positif local z de la surface.

Facteurs de multiplication de la rigidité

Vous pouvez réduire les rigidités soit globalement en utilisant le facteur K soit individuellement pour la flexion, torsion, cisaillement et éléments de membrane de la matrice (voir la Figure 4.111, page 120).

Tous les éléments de rigidité

Tous les coefficients de la matrice de rigidité sont en général multipliés par un facteur.

Éléments de rigidité en flexion

Utilisez le facteur K_b pour ajuster les coefficients D_{11} , D_{12} , D_{22} et D_{33} de la matrice de rigidité ; ils représentent les composants de flexion. Vous pouvez insérer les facteurs entre 0 (aucune résistance en flexion) et 1 (pleine résistance en flexion).

Éléments de rigidité en torsion

Avec la valeur insérée dans le champ d'entrée K_{33} , vous gérez le facteur pour la rigidité en torsion D_{33} autour des axes x' et y' . La gamme d'entrée de 0 (aucune rigidité en torsion) à 1 (pleine rigidité en torsion). Par exemple pour les structures composites avec des assemblages semi-rigides, une valeur assez petite est recommandée.

Éléments de rigidité de cisaillement

Les facteurs K_{44} et K_{55} influencent les coefficients D_{44} et D_{55} de la matrice (composants pour le cisaillement).

Éléments de rigidité de membrane

Utilisez le facteur K_m pour ajuster les coefficients D_{66} , D_{77} , D_{67} et D_{88} de la matrice de rigidité ; ils représentent les composants de l'effort normal. Vous pouvez insérer les facteurs entre 0 (aucune rigidité de membrane) et 1 (pleine rigidité de membrane).

4.13 Sections

Description générale

Avant d'insérer une barre, vous devez définir une section. Les propriétés de section et les caractéristiques du matériau qui sont assignées déterminent la rigidité de la barre.

Chaque section a sa propre *Couleur* qui peut être utilisée dans le modèle pour représenter différents profilés. Les couleurs sont contrôlées dans le navigateur *Afficher* avec les options *Couleurs dans le rendu selon* (voir le chapitre 11.1.9, page 449).

Il n'est pas nécessaire d'utiliser chaque section définie pour l'entrée dans le modèle. Ainsi, quand vous modélisez la structure, vous pouvez faire des essais sans supprimer les sections. Néanmoins, veuillez noter que les sections ne peuvent pas être renumérotées.

Pour représenter une barre à section variable, vous devez définir les sections de début et de fin pour la barre. RFEM détermine automatiquement les rigidités variables le long de la barre.

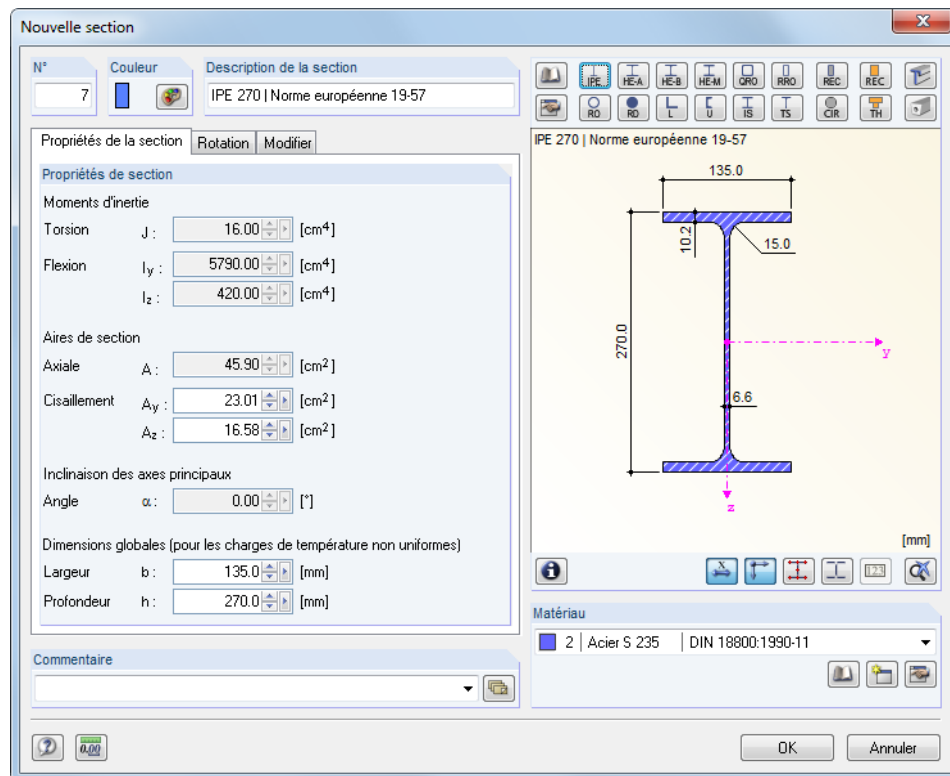














Figure 4.116 : Boîte de dialogue *Nouvelle section*, onglet *Propriétés de section*

1.13 Sections

Coupe n°	Description de la section	Matériau n°	Moments d'inertie [cm ⁴]			Aires de section [cm ²]			Axes principaux		Rotation α' [°]
			Torsion J	Flexion I _y	Flexion I _z	A axiale	Cisaillement A _y	Cisaillement A _z	α [°]		
1	 Cercle 300	 1	79521.5	39760.78	39760.78	706.86	599.03	599.03	0.00	0.00	
2	 Rectangle 250/400	 1	127335.	133333.3	52083.33	1000.00	833.33	833.33	0.00	0.00	
3	 HE A 300 DIN 1025-3:1994	 2	85.60	18260.00	6310.00	113.00	69.96	21.73	0.00	0.00	
4	 HE B 260 DIN 1025-2:1995	 2	124.00	14920.00	5130.00	118.00	75.90	22.53	0.00	0.00	
5	 L 80x8 (Invalide)	 2	2.67	115.00	29.60	12.30	5.20	5.06	-45.00	0.00	
6	 I IPE 550	 2	123.20	67120.00	2668.00	134.40	60.48	57.65	0.00	0.00	
7											

!!!

Appuis linéiques

Appuis de surface

Articulations linéaires

Surfaces et barres orthotropes

Sections

Articulations de barre

Excentricités de barre

Description de la section (F7 pour importer la section de la bibliothèque)

Figure 4.117 : Tableau 1.13 Sections

Il n'est pas nécessaire d'insérer manuellement les propriétés de section. RFEM vous propose une bibliothèque étendue et élargible des sections tout comme les options d'importation.

Description de la section

La *Description de la section* peut être sélectionnée librement. Quand le nom inséré de la section correspond à un autre nom de la bibliothèque de sections, RFEM importe les paramètres de la section. Dans ce cas, il n'est pas possible de modifier les valeurs pour les *Moments d'inertie* et aire *Axiale* A. Pour les descriptions de la section définie par l'utilisateur, vous pouvez insérer les constantes et aires de section manuellement.

Les valeurs caractéristiques des sections paramétrées sont aussi importées automatiquement. Par exemple, quand vous insérez un « Rectangle 80/140 », les paramètres de section de cette section seront affichés. La sélection des sections de la bibliothèque est décrite plus tard.

Il est aussi possible d'utiliser une section rigide nulle pour modéliser des couplages. RFEM applique les rigidités à ce type de section de la même façon qu'à une barre de couplage. Insérez le nom **Rigide nulle** comme une description pour la section sans définir les valeurs de section en détail. De cette façon, vous pouvez utiliser les barres avec un grand degré de rigidité, prenant en compte les articulations ou les autres propriétés de la barre. Il y a une nouvelle variante dans RFEM 5, le type de barre *Barre rigide* (voir la page 150), ainsi, la définition d'une *Barre rigide nulle* n'est plus nécessaire.

Matériau

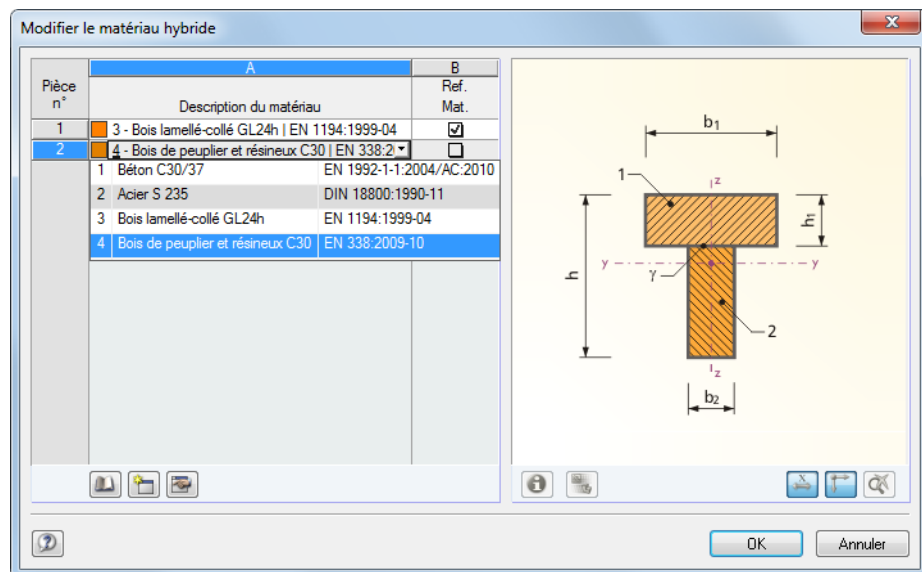
Le matériau de la section peut être sélectionné de la liste des matériaux déjà définis. L'attribution est faite plus facilement par les couleurs de matériau qui sont utilisées par défaut pour la représentation graphique rendue.

Dans la boîte de dialogue *Nouvelle section*, vous pouvez voir trois boutons au-dessous de la liste de matériau. Utilisez les boutons pour accéder dans la bibliothèque de matériaux ou pour créer et modifier les matériaux.

Pour plus d'informations détaillées sur les matériaux, voir le chapitre 4.3 à la page 64.

L'option *Hybride* disponible dans la boîte de dialogue pour les sections rectangulaires en bois peut être accédée seulement pour les profilés paramétrés en bois. Vous utilisez cette option pour attribuer les propriétés spécifiques de matériau aux éléments de section s'il y a différentes classes de matériau prévues (par exemple un bois de classe inférieure pour les âmes).

A l'aide d'un seul clic sur le bouton [Modifier], vous ouvrez la boîte de dialogue *Modifier le matériau hybride* (voir la figure ci-dessous).

Figure 4.118 : Boîte de dialogue *Modifier le matériau hybride*

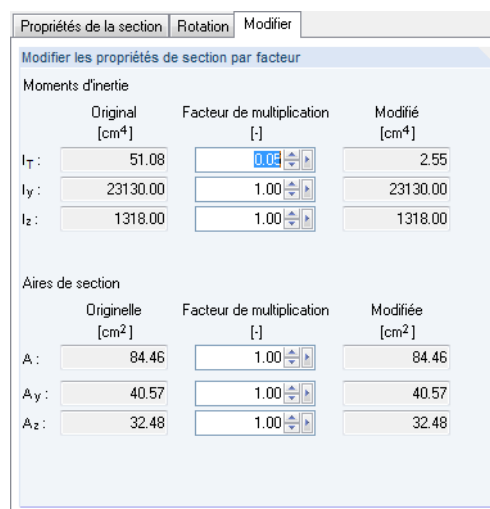
Vous attribuez les matériaux à des parties particulières de la section selon le schéma graphique. Vous pouvez les sélectionner de la liste. L'un des matériaux doit être défini comme un *Matériau de référence* utilisé pour déterminer les propriétés de section idéale.

Moments d'inertie

Les moments d'inertie sont requis pour la rigidité de la section : La constante de torsion I_T décrit la rigidité contre la rotation autour de l'axe longitudinal. Les moments d'inertie I_y et I_z décrivent les rigidités contre le flambement autour des axes locaux y et z. L'axe y est considéré comme un axe « fort ». Les axes locaux de la section sont affichés dans le graphique de dialogue de la boîte de dialogue *Nouvelle section*.

Les moments d'inertie pour les sections non symétriques sont affichés autour des axes principaux u et v.

Les moments d'inertie tout comme les aires de section peuvent être ajustés à l'aide des facteurs dans l'onglet de dialogue *Modifier*. Dans le tableau, vous pouvez accéder à l'onglet à l'aide du bouton [...] qui sera affiché quand vous cliquez dans la cellule du tableau.

Figure 4.119 : Boîte de dialogue *Nouvelle section*, onglet *Modifier*

Avec la spécification définie dans la Figure 4.119, RFEM considère le moment d'inertie de torsion seulement de 5 %.

Aires de section

Les paramètres des aires de section sont sous-divisés en aire totale *Axiale* A et les aires de cisaillement en A_y et A_z de *cisaillement*.

L'aire de cisaillement A_y est rapportée au moment d'inertie I_z , l'aire de cisaillement A_z est rapportée à I_y . A l'aide d'un facteur de correction κ , vous pouvez voir la corrélation suivante entre les aires de cisaillement A_y et A_z tout comme l'aire totale A .

$$A_y = \frac{A}{\kappa_y}; \quad A_z = \frac{A}{\kappa_z}$$

Equation 4.20

$$\kappa_{y/z} = \frac{A}{I_{z/y}^2} \cdot \iint_A \frac{S_{z/y(x)}^2}{t_{(x)}^2} dA$$

Equation 4.21

où	A	Aire totale de la section
	$I_{z/y}$	Moments d'inertie de la section
	$Q_{z/y(x)}$	Moments statiques de la section à la position x
	$t_{(x)}$	Largeur de la section à la position x

Les aires de cisaillement A_y et A_z influencent la déformation de cisaillement qui doit être prise en compte surtout pour les barres courtes et massives. Quand les aires de cisaillement sont définies à zéro, l'influence de cisaillement ne sera pas considérée. Ces paramètres peuvent être gérés aussi dans l'onglet de dialogue *Paramètres de calcul globaux* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir la Figure 7.22, page 287). Si les valeurs très basses sont définies pour les aires de cisaillement, des problèmes numériques peuvent apparaître parce que les aires de cisaillement sont contenues dans les dénominateurs des équations.



Sélectionnez les valeurs pour les aires de section réalistes. Les différences extrêmes dans les aires de section impliquent des différences importantes dans les rigidités qui peuvent mener aux problèmes numériques lors de résolution du système d'équation.

Angle des axes principaux α

Les axes principaux sont décrits avec y et z pour les sections symétriques et avec u et v pour les sections non symétriques (voir ci-dessus). L'angle de rotation des axes principaux α décrit la position des axes principaux par rapport au système standard des coordonnées pour les sections symétriques. Pour les sections non symétriques, c'est l'angle entre l'axe y et l'axe u (voir le graphique ci-dessus affiché dans la marge gauche). Cet angle est défini positif dans le sens des aiguilles d'une montre. Quand les sections symétriques sont définies, l'angle α est 0. L'inclinaison des axes principaux pour les sections de la bibliothèque ne peut pas être modifiée.

L'angle de rotation pour les axes principaux est déterminé par les équations suivantes :

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \cdot I_{yz}}{I_z - I_y}$$

Équation 4.22



Quand vous travaillez avec des modèles 2D, vous pouvez définir seulement les valeurs 0° et 180° pour les angles de rotation de la section.

Rotation de la section α'

L'angle de rotation α' décrit l'angle à partir duquel les sections des barres utilisant cette section sont tournées. Ainsi, cet angle représente un angle global de rotation de la section. En complément, chaque barre peut être tournée séparément d'un angle de rotation de la barre β .

En complément, l'onglet de dialogue *Rotation* fournit l'option de *Miroir* pour les sections non symétriques. Vous pouvez utiliser cette option par exemple pour mettre une section de cornière en position correcte.

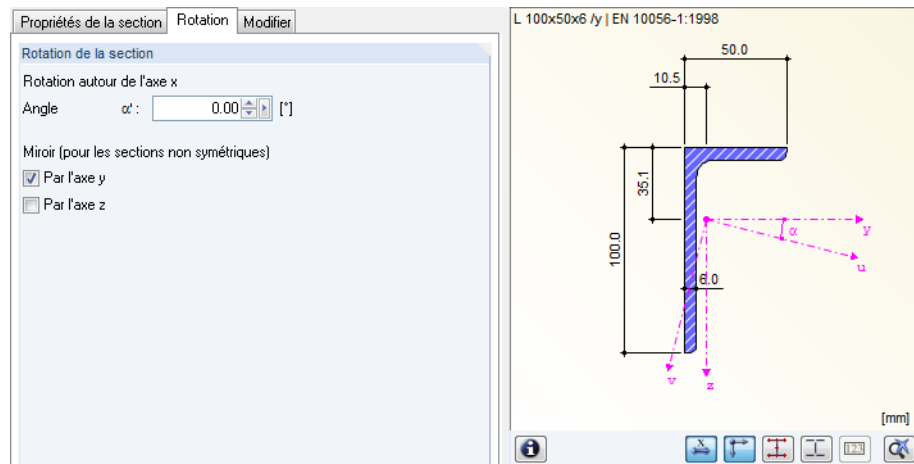


Figure 4.120 : Boîte de dialogue *Nouvelle section*, onglet *Rotation*

Quand vous importez une section de la bibliothèque de sections ou du module additionnel SHAPE-THIN, il n'est pas nécessaire de prendre soin de l'angle α' . RFEM importe cet angle de la même façon que les autres valeurs de section. Néanmoins, pour les sections définies par l'utilisateur, vous devez déterminer l'angle des axes principaux vous même et l'ajuster manuellement à l'aide de la rotation de la section.

Dimensions totales

La *Largeur b* et la *Profondeur h* de la section sont importantes pour les charges de température.

Bibliothèque des sections

Dans la base de données, il existe déjà beaucoup de sections disponibles.

Ouverture de la bibliothèque

Dans la boîte de dialogue *Nouvelle section* et dans le tableau 1.13 *Sections*, vous avez un accès direct aux tableaux des sections fréquemment utilisées :

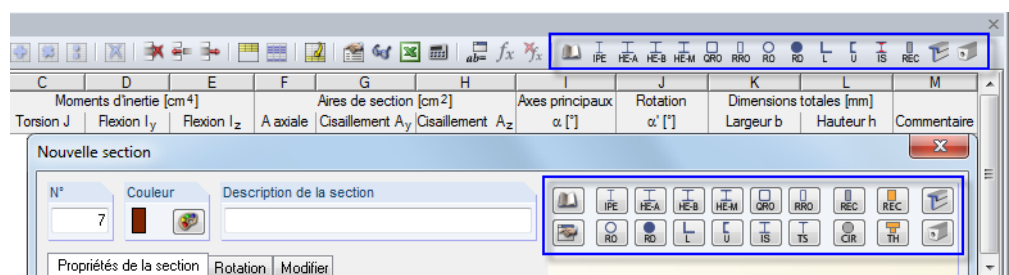


Figure 4.121 : Les boutons des sections fréquemment utilisées dans le tableau (ci-dessus) et dans la boîte de dialogue (ci-dessous)

Utilisez le bouton [Importer la section de la bibliothèque] pour accéder dans la base de données des sections complète. Quand vous travaillez dans le tableau, mettez le curseur dans la colonne A de tableau pour activer le bouton [...] que vous pouvez utiliser ainsi que la touche de fonction [F7] pour ouvrir la bibliothèque de sections.



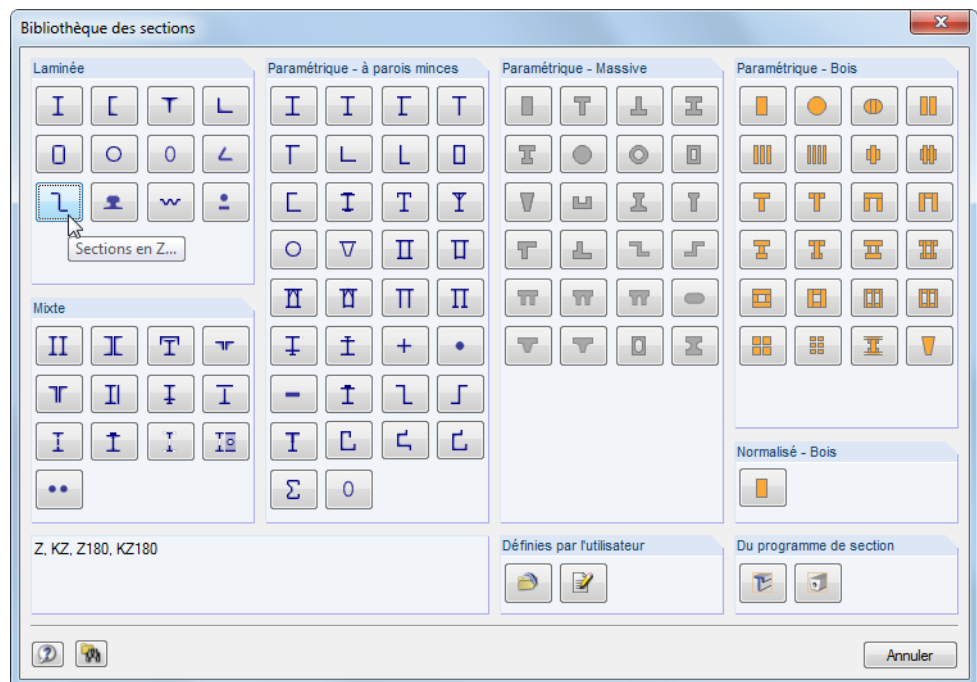


Figure 4.122 : Bibliothèque des sections

La bibliothèque de sections est divisée en plusieurs sections qui sont décrites sur les pages suivantes.

Sections laminées

Les valeurs du tableau de beaucoup de sections laminées sont stockées dans la base de données.

D'abord, cliquez sur l'un des boutons pour définir le *Type de section*. Une autre boîte de dialogue s'ouvre où vous sélectionnez le *Tableau*. Puis, sélectionnez une *Section* appropriée.

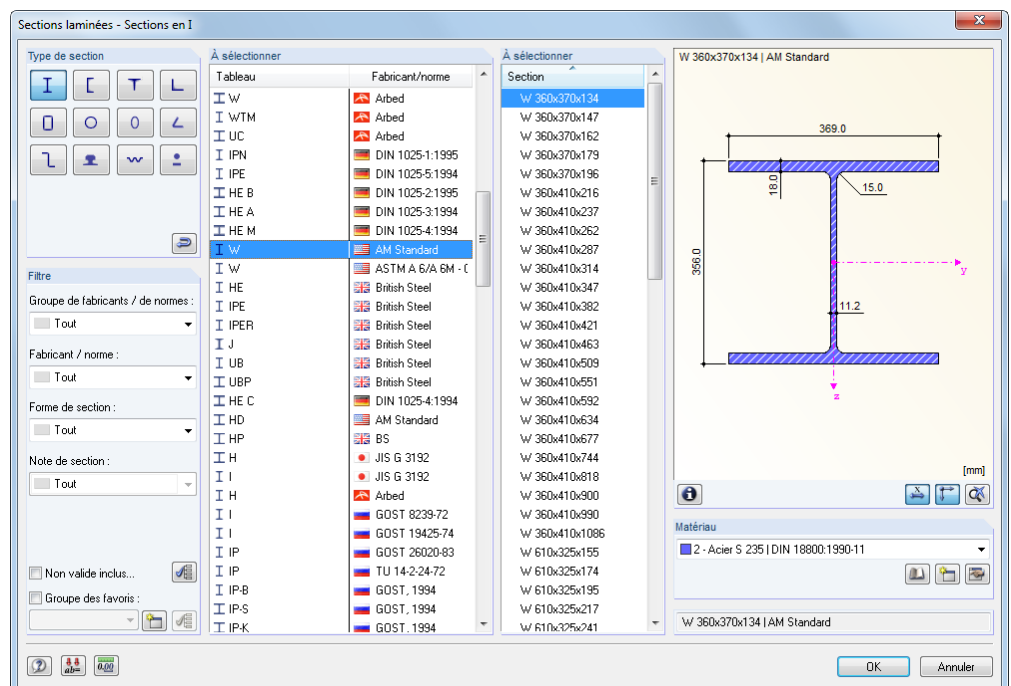
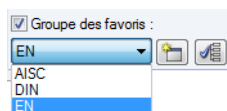
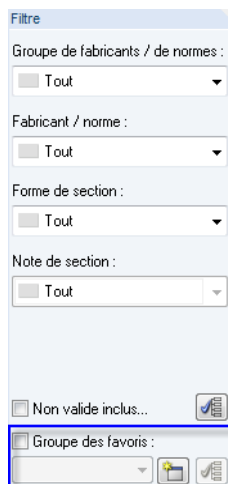


Figure 4.123 : Sélection d'une section laminée

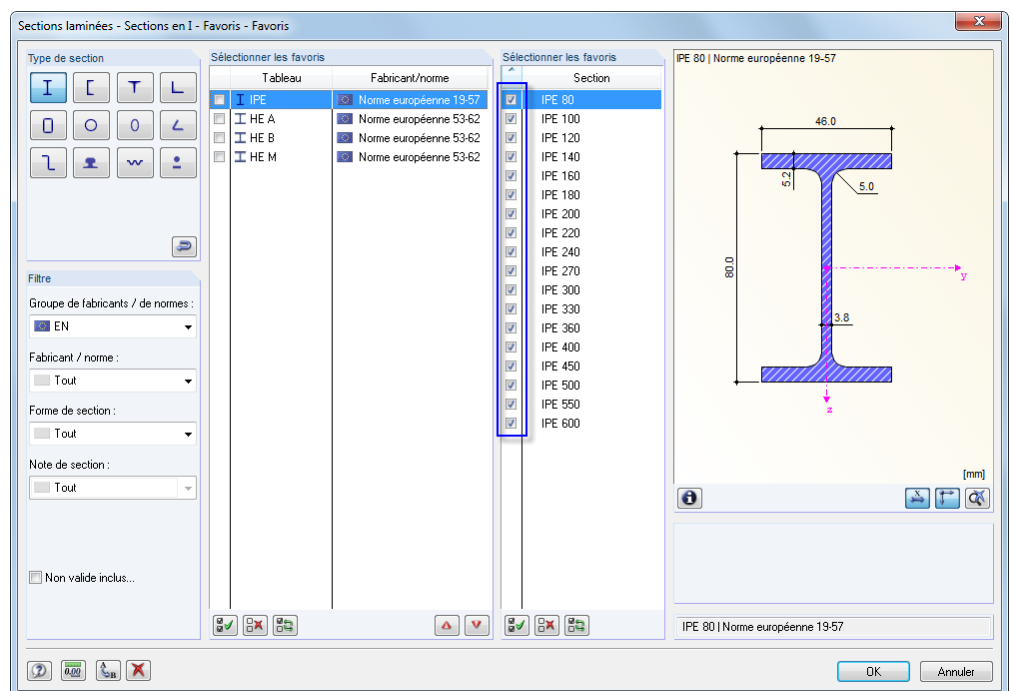

 Filtre pour
Groupe de fabricant / de norme


Dans la section de dialogue *Filtre*, vous pouvez filtrer les entrées de la bibliothèque par différents critères : *Groupe de fabricant / de norme*, *Fabricant/Norme*, *Forme de section* et *Note de section*. Ainsi, il est plus facile de voir l'ensemble des tableaux et des sections disponibles. Les données affichées peuvent être classées si vous cliquez sur les en-têtes des colonnes de tableau.

Si vous avez besoin des sections des vieilles normes, cochez la case pour *Non valides inclus* dans la section de dialogue *Filtre* pour afficher aussi ces sections.

Créer les Favoris

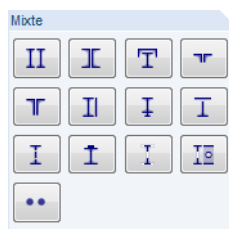
Vous pouvez définir les sections préférées comme « Favoris ». Pour accéder dans la boîte de dialogue pour la création des sections favorites, utilisez le bouton [Créer un nouveau groupe de favoris] en bas de la section de dialogue *Filtre*. Dès que le nom pour le nouveau groupe est défini, la boîte de dialogue suivante s'affiche :


 Figure 4.124 : Boîte de dialogue *Sections laminées - Sections en I - Favoris*

La boîte de dialogue a l'air comme la bibliothèque de sections. Vous pouvez utiliser les options de filtre décrites ci-dessus. Dans les sections de dialogue *Sélectionner les favoris*, vous pouvez choisir les tableaux et les sections préférés avec une coche.

Quand vous fermez la boîte de dialogue, la bibliothèque de sections présente un aperçu clair de favoris dès que vous activez l'option *Groupe de favoris*.

Ainsi, vous pouvez créer différents groupes de favoris disponibles pour la sélection dans la liste en bas de la section de dialogue *Filtre*.



Sections mixtes

Les sections laminées peuvent être combinées en spécifiant des paramètres.

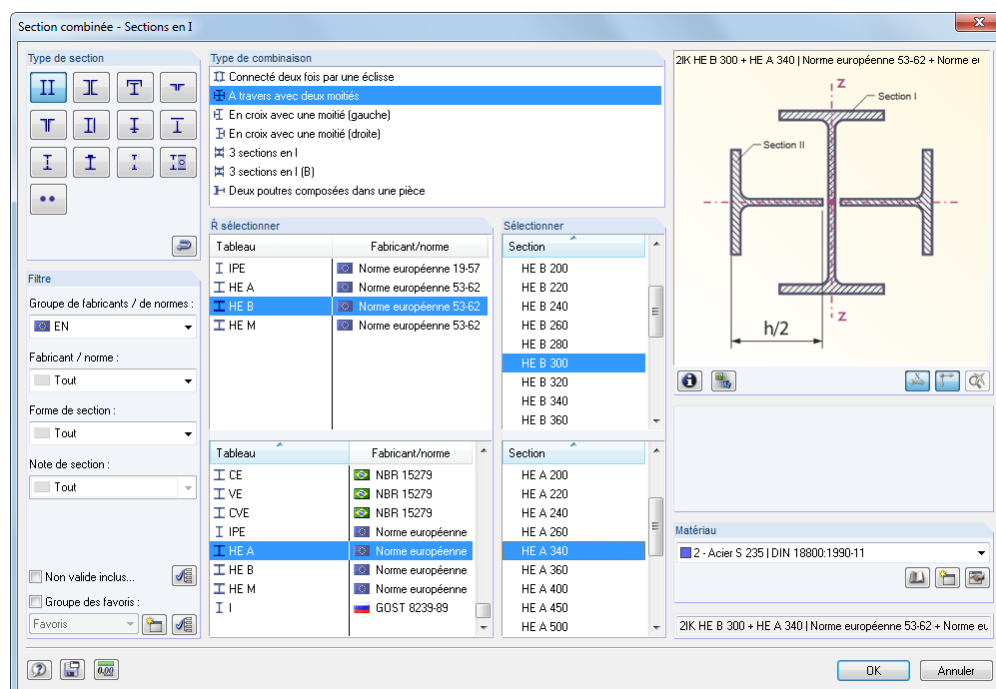


Figure 4.125 : Boîte de dialogue *Section combinée - Sections en I*



Section paramétrique - A parois minces

Avec les champs d'entrée offerts, vous pouvez définir librement les paramètres pour une section composée des tôles.

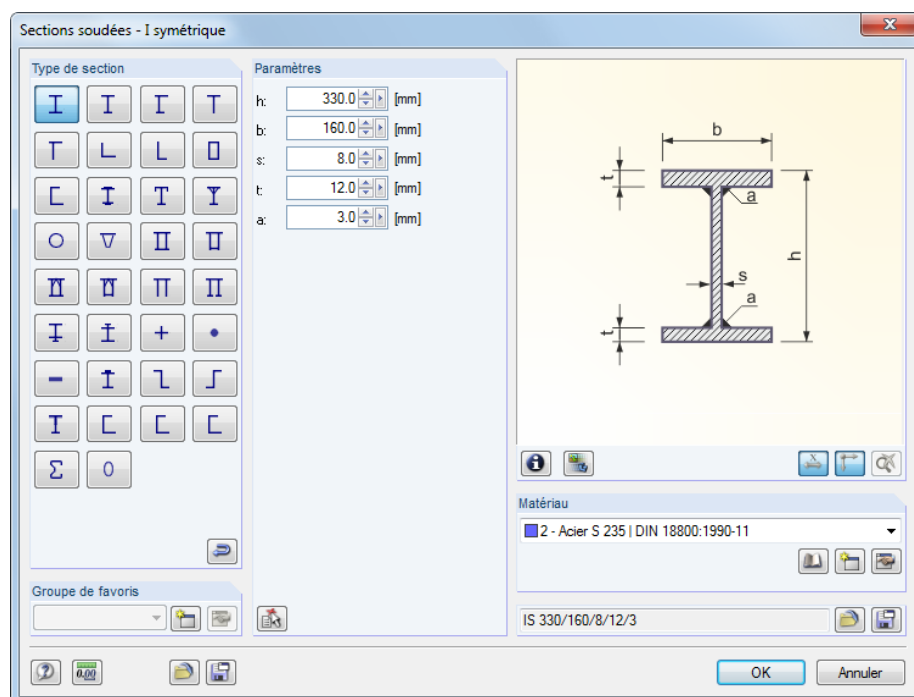


Figure 4.126 : Boîte de dialogue d'entrée de la section paramétrique à paroi mince

Les valeurs de section seront calculées selon la théorie des sections à parois minces. La théorie est appliquée seulement pour les sections dont l'épaisseur est clairement inférieure à la longueur de l'élément correspondant. Si cette condition n'est pas respectée, définissez la section dans la catégorie *Massive* (voir la Figure 4.127), si possible.

Le paramètre a représente la racine de la soudure, pas le rayon de l'arrondi.

Utilisez le bouton affiché à gauche pour importer les paramètres d'une section laminée. A l'aide de la fonction de sélection, vous pouvez éviter l'insertion de nombreux paramètres.

Utilisez le bouton [Enregistrer] pour enregistrer une section paramétrique avec son nom précis, par exemple *IS 330/160/8/12/0* dans la figure ci-dessus. Cliquez sur le bouton [Charger] affiché à gauche pour l'importer.



Section paramétrique - Pleine

Avec les champs d'entrée disponibles, vous pouvez définir librement les paramètres pour les sections pleines (par exemple les sections en béton armé). Les valeurs de section seront calculées selon la théorie pour les sections pleines prévues pour les éléments avec les épaisseurs importantes de la paroi.

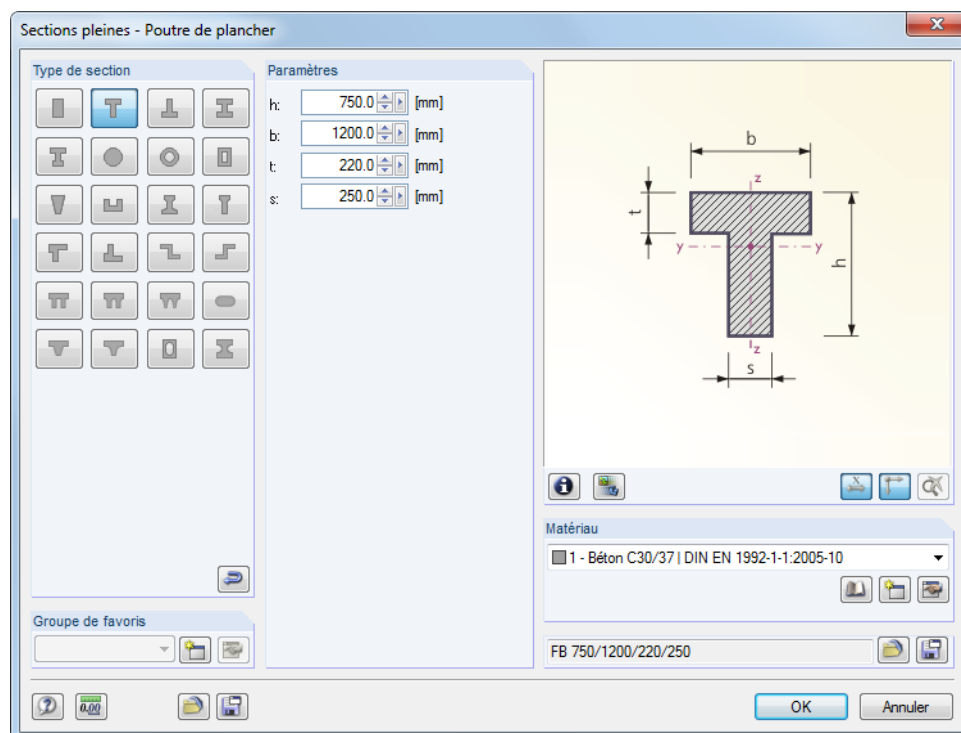


Figure 4.127 : Boîte de dialogue d'entrée d'une section pleine



Sections paramétriques - Bois

Avec les champs d'entrée disponibles, vous pouvez définir librement les paramètres pour des sections en bois. Les valeurs de section des deux sections solide et combinée seront calculées selon la théorie pour les sections pleines.

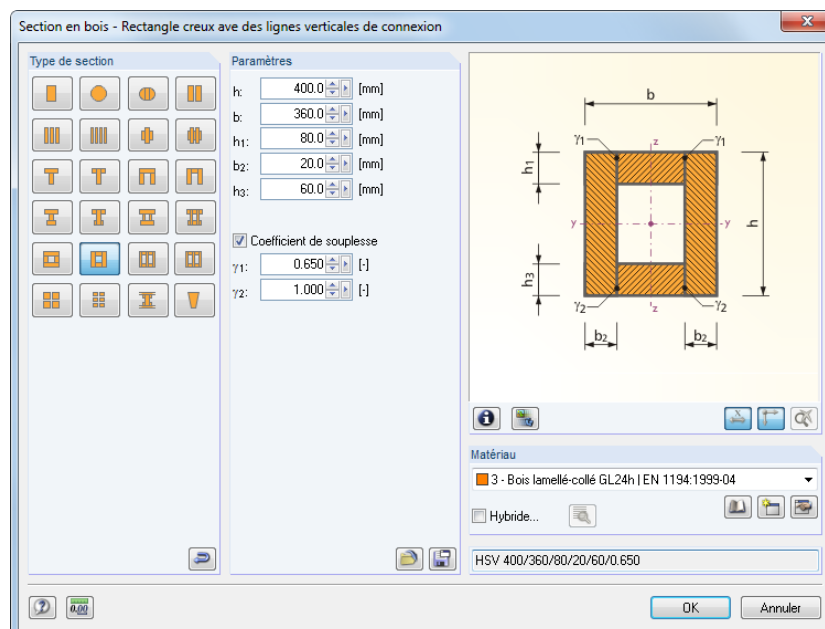


Figure 4.128 : Boîte de dialogue d'entrée d'une section en bois

Si vous cliquez sur l'option *Coefficient de souplesse*, vous permettez la détermination des rigidités efficaces pour les composants structurels mixtes des éléments de section connectés d'une façon semi rigide. Dans ce cas, spécifiez les facteurs de réduction γ .

Quand vous travaillez avec un matériau de type *Hybride*, utilisez le bouton [Modifier] pour attribuer les propriétés des parties de section (voir la Figure 4.118, page 127).

Sections définies par l'utilisateur

Importer la section enregistrée

Cliquez sur le bouton [Charger] figuré à gauche pour ouvrir une boîte de dialogue où toutes les sections créées à l'aide de la fonction **Enregistrer** sont affichées.

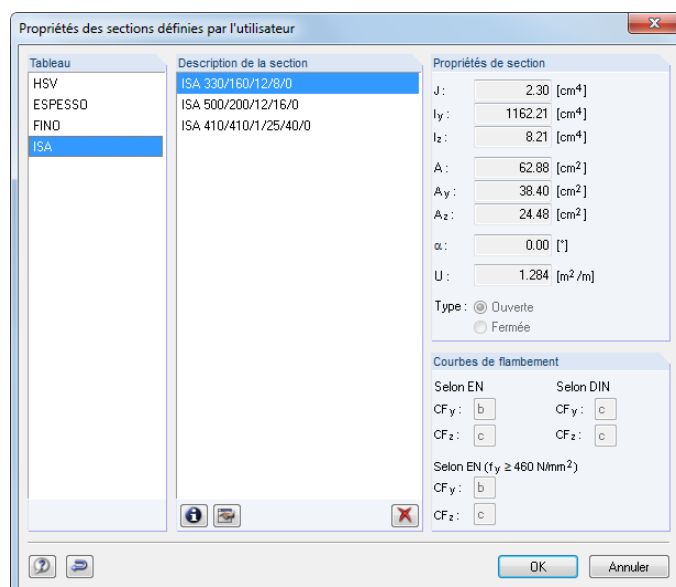


Figure 4.129 : Boîte de dialogue *Propriétés des sections définies par l'utilisateur*



Créer une section définie par l'utilisateur

Cliquez sur le bouton [Créer] figuré à gauche pour créer des sections définies par l'utilisateur.

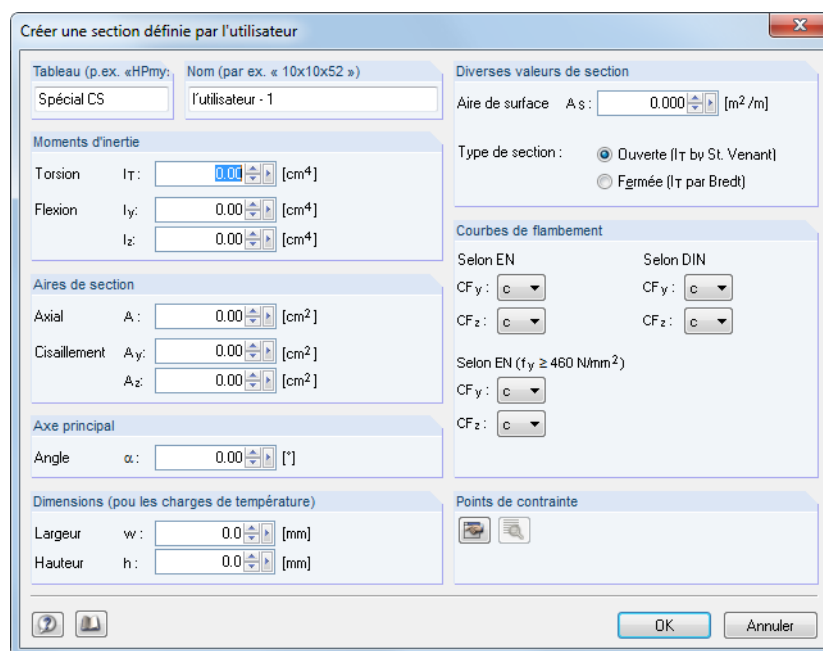
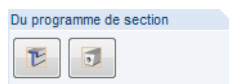


Figure 4.130 : Boîte de dialogue Créer une section définie par l'utilisateur

Insérez le *Tableau* pour définir l'endroit où la section est gérée. Spécifiez aussi le *Nom* pour décrire la nouvelle section. Puis, insérez les paramètres de la section et définissez les courbes de flambement.



Sections du programme de section

Vous pouvez aussi importer les sections des programmes de section DLUBAL **SHAPE-THIN** et **SHAPE-MASSIVE**.

Veuillez noter que les sections doivent être d'abord calculées et enregistrées dans les modules SHAPE et puis, les valeurs de section peuvent être importées.

Importation du tableau de section depuis le fichier ASCII

Utilisez le bouton dans le coin gauche inférieur de la bibliothèque pour importer un tableau de section complet d'un fichier. Le fichier doit être un fichier de valeurs séparées par une virgule (CSV). Tout fichier Excel peut être enregistré sous ce format. Assurez-vous que la syntaxe du tableau ASCII correspond aux paramètres de définition du tableau de section correspondant de RFEM.

Exemple : Importation des sections en I doublement symétriques

Les sections sont gérées dans le tableau **IS** (voir la Figure 4.126). Pour les sections IS, les paramètres suivants sont requis : h, b, s, t, a. Le tableau est structuré dans Excel comme affiché ci-dessous :

	A	B	C	D	E	F
1	Description	h	b	s	t	a
2	Section 1	400.00	200.00	10.00	10.00	0.00
3						
4						
5						

Figure 4.131 : Feuille Excel avec des paramètres de section

Dans la boîte de dialogue d'importation, spécifiez le dossier du fichier CSV. Puis, utilisez la liste pour sélectionner dans le tableau de sections où vous voulez gérer les sections importées.

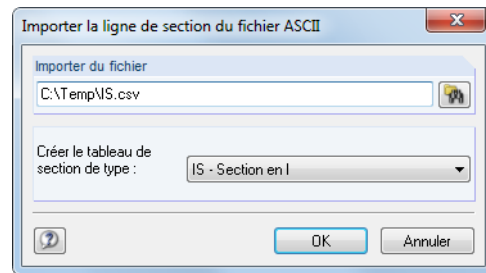


Figure 4.132 : Boîte de dialogue *Importer la section du fichier ASCII*

Finalement, vous trouvez les sections importées disponibles dans la catégorie des sections *Définies par l'utilisateur* (voir la Figure 4.129).

Lors de l'importation des sections, RFEM calcule les valeurs de section et les points de contrainte afin que les vérifications de contrainte puissent être effectuées.

4.14 Articulations de barre

Description générale

Les articulations de barre limitent les efforts internes transférés de l'une à l'autre barre. Les articulations ne sont attribuées qu'aux extrémités des barres (qu'aux nœuds). Elles ne peuvent jamais être attribuées aux autres positions, par exemple au milieu de la barre.

Il y a des types de barres qui sont déjà disponibles avec des articulations. Un treillis, par exemple, ne transfère pas de moments. Un câble ne transfère ni moments ni efforts tranchants. Quand vous insérez les données, tenez en mémoire que l'attribution des articulations pour les barres de ces types de barre est bloquée.

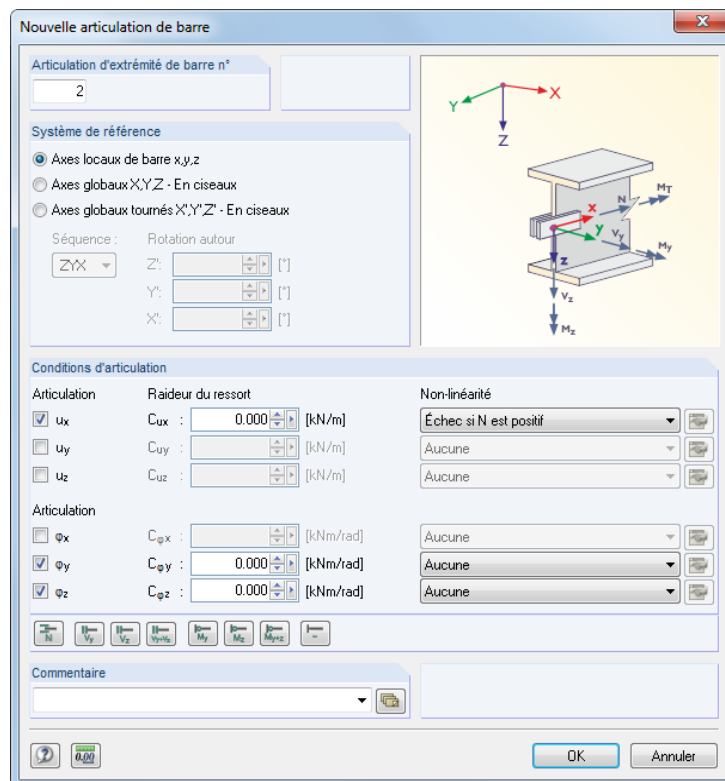


Figure 4.133 : Boîte de dialogue *Nouvelle articulation de barre*

1.14 Articulations de barre

Articul. n°	A	B	C	D	E	F	G	H
	Système de référence	Articulation normale/de cisaillement ou ressort [kN/m]		Articul. de moment ou ressort [kNm/rad]				Commentaire
1	Local x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50000.000	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Local x,y,z	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ciseaux	Ciseaux	
4				Oui				
5				Non				
6				Constante de ressort				
7				Fixé si Vz est négatif				
8				Fixé si Vz est positif				
9				Activité partielle...				
				Diagramme...				

Nœuds | Lignes | Matériaux | Surfaces | Solides | Ouvertures | Appuis nodaux | Appuis linéiques | Appuis de surface | Articulations linéaires

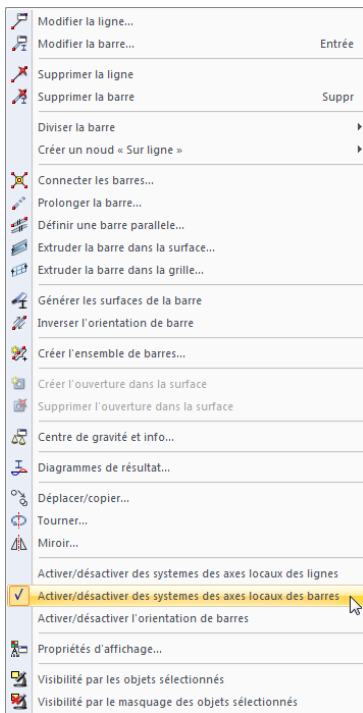
La condition d'articulation ('O'ui / 'N'on / Raideur de ressort / F7 pour sélectionner). Assigner le type d'articulation à la barre dans le tableau 1.17.

Figure 4.134 : Tableau 1.14 *Articulations de barre*

Système de référence

Une articulation de barre peut être rapportée à l'un des systèmes d'axe suivants :

- Système d'axes locaux de barre x,y,z
- Système de coordonnées globales X,Y,Z (seulement articulations de ciseaux)
- Système tourné de coordonnées globales X',Y',Z' (seulement articulations de ciseaux)



Menu contextuel de la barre

Utilisez le navigateur *Afficher* (voir la Figure 4.158, page 155).

Pour les informations détaillées sur l'orientation des axes locaux de la barre dans le système de coordonnées globales X,Y,Z, voir le chapitre 4.17 à la page 155.

Normalement, les articulations sont rapportées au système d'axes locaux x,y,z . Les articulations de ciseaux (voir la Figure 4.136) peuvent être rapportées seulement au système de coordonnées globales. Les constantes de ressort et les non linéarités doivent être définies par rapport au système d'axes locaux de barre.

Articulation ou ressort axial/de cisaillement

Pour définir une articulation axiale ou de cisaillement, définissez le déplacement correspondant libre en cochant la case appropriée dans la boîte de dialogue ou dans le tableau. La coche signifie que l'effort normal ou tranchant ne peut pas être transféré à la fin de la barre car une articulation y a été définie. Regardez la boîte de dialogue *Articulation de barre* : Une valeur zéro est affichée pour la constante du ressort de translation dans le champ d'entrée à droite de la coche.

Vous pouvez toujours modifier la constante de ressort pour représenter par exemple une connexion semi rigide. Dans le tableau, insérez la constante directement dans la colonne de tableau. Les rigidités de ressort sont considérées comme les valeurs de calcul.

Articulation ou ressort de moment

Définissez les articulations pour les moments de torsion et les moments fléchissant comme les articulations pour les forces. Même ici, la coche signifie que la torsion est libre et l'effort interne ne sera pas transféré.

Les assemblages élastiques peuvent être modélisés à l'aide des constantes de ressort que vous pouvez insérer directement. Faites attention à ne pas utiliser les valeurs des rigidités extrêmes sinon des problèmes numériques peuvent apparaître lors de calcul. Au lieu des constantes très grandes ou très petites, appliquez les assemblages rigides (aucune coche) ou articulations (coche).

L'option pour définir les propriétés non linéaires de l'articulation est décrite à la fin de ce chapitre.

Attribution graphique des articulations

Pour attribuer les articulations graphiquement dans la fenêtre graphique, sélectionnez les **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, pointez sur **Articulations de barre** et sélectionnez **Attribuer aux barres graphiquement** ou

ouvrez le menu **Modifier**, pointez sur **Données de modèle** et **Articulations de barre** et sélectionnez **Attribuer graphiquement aux barres**.

D'abord, sélectionnez un type d'articulation de la liste ou en créez un nouveau. Puis, cliquez sur [OK] et les barres seront divisées graphiquement aux points de division aux tiers.

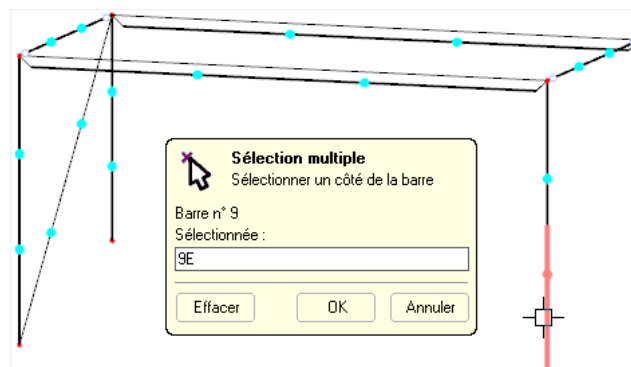


Figure 4.135 : Attribution graphique des articulations de barre

Ensuite, vous pouvez cliquer sur les côtés de barre auxquels vous voulez appliquer l'articulation sélectionnée. Pour attribuer l'articulation aux deux extrémités de barre, cliquez sur son numéro dans son aire centrale.

Articulation de ciseau

Avec les articulations de ciseau, vous pouvez modéliser des poutres qui se croisent. Par exemple: Vous avez quatre barres connectées dans un seul nœud. Chacune de ces deux paires de barres transfère les moments dans sa 'direction continue', mais elles ne transfèrent pas de moments dans l'autre paire. Il n'y a que les efforts normaux et tranchants qui sont transférés dans le nœud.

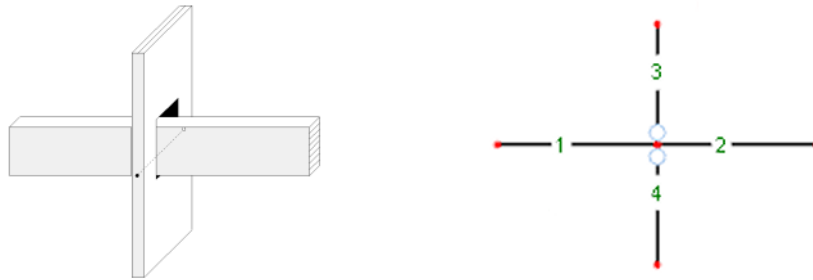


Figure 4.136 : Croisement des poutres

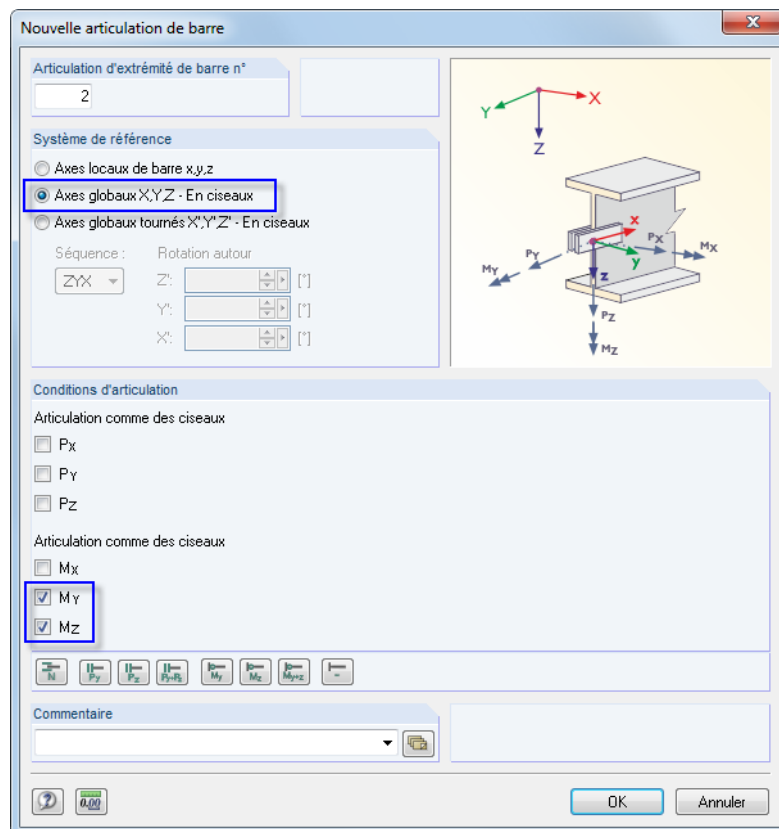


Figure 4.137 : Boîte de dialogue Nouvelle articulation de barre

Dans ce cas, l'articulation doit être attribuée soit aux barres 1 et 2 soit aux barres 3 et 4. L'autre paire de barre sera modélisée comme encastree sans articulation.

Non linéarités

Les propriétés non linéaires peuvent être attribuées aux articulations de barre. De cette façon, vous pouvez contrôler le transfert des efforts internes en détail. Cette liste de non linéarités vous offre les options suivantes :

- Fixé si l'effort interne est négatif
- Fixé si l'effort interne est positif
- Activité partielle
- Diagramme

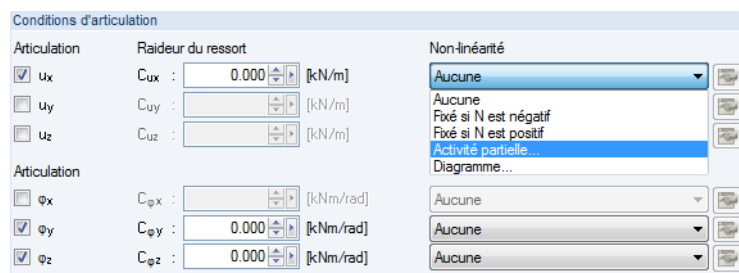


Figure 4.138 : Liste de propriétés non linéaires

Dans le tableau, les types d'articulation avec les propriétés non linéaires sont marqués en bleu.

Fixé si l'effort interne est négatif ou positif

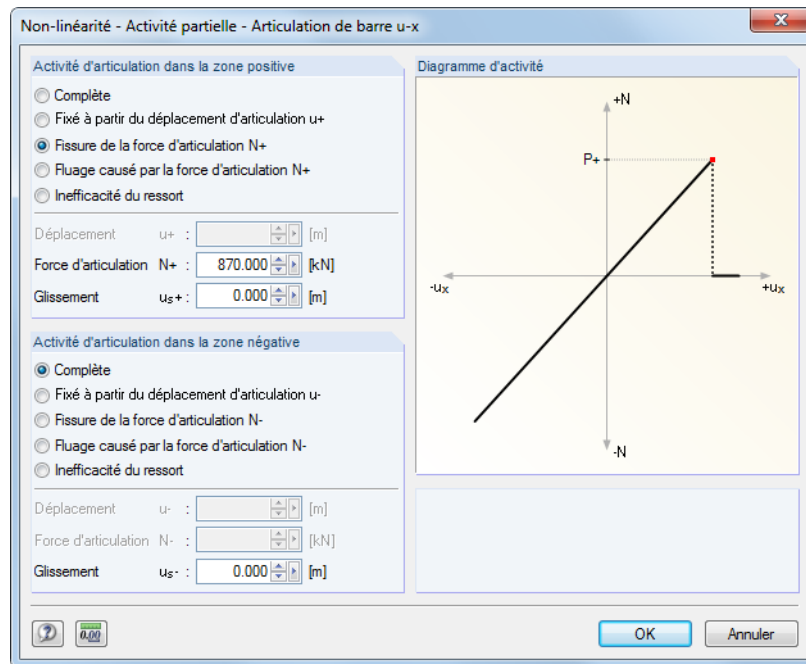
Avec ces deux options, vous pouvez contrôler l'activité d'articulation en fonction de la direction de chaque effort interne. Par exemple : Une articulation d'effort normal définie avec la non linéarité *Fixé si N est positif* a pour effet que l'effort de traction (positif) peut être transféré à la fin de la barre, mais pas l'effort de compression (négatif). Dans le cas des efforts normaux négatifs, l'articulation sera efficace.

Les efforts internes sont rapportés au système d'axes locaux xyz de la barre.



Les entrées restantes de la liste de *Non linéarités* vous offrent les options de modélisation détaillées pour les propriétés d'articulation. Pour accéder aux options, utilisez les boutons [Modifier] du dialogue à droite de la liste ou le bouton [▼] dans le tableau (voir la Figure 4.134, page 137).

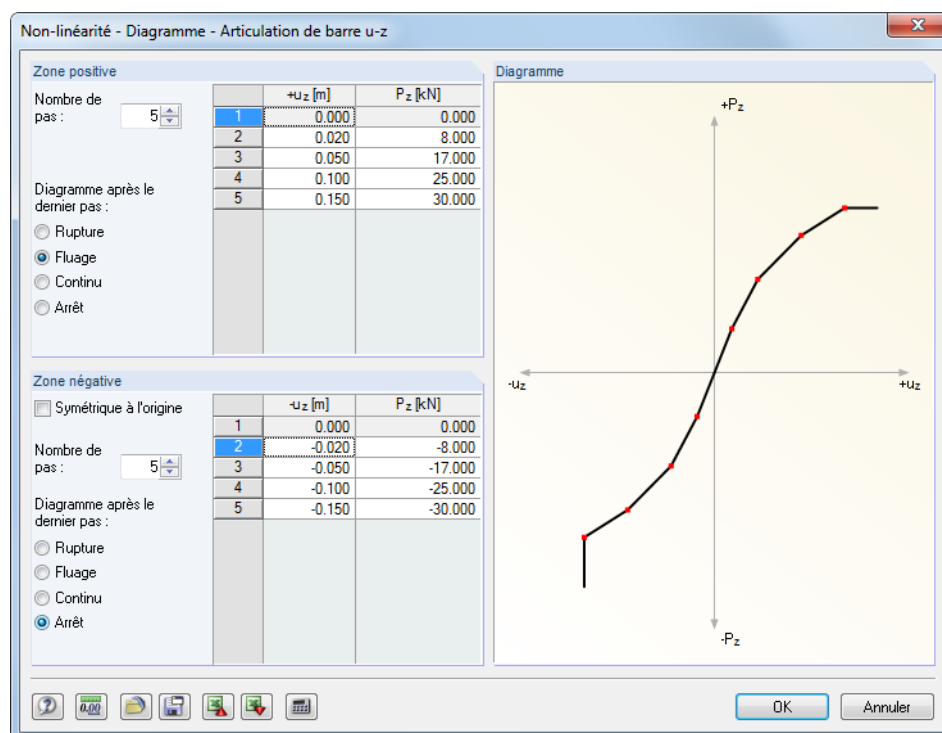
Activité partielle

Figure 4.139 : Boîte de dialogue *Non linéarité - Activité partielle*

L'activité de l'articulation peut être définie séparément pour la zone *positive* et *négative*. En complément à la pleine efficacité ou à la pleine rupture, l'articulation peut perdre son effet dès qu'une certaine valeur de déplacement ou de rotation est atteinte. Puis, elle commence à agir comme une connexion encastree ou rigide. A part ça, la *Rupture* (aucun effort interne ne sera plus transféré après avoir dépassé une certaine valeur) et le *Fluage* (les efforts internes ne seront transférés que pour les valeurs inférieures à une certaine limite dans le cas de larges déformations) sont possibles en combinaison avec le *Glissement*.

Les valeurs limites peuvent être définies dans les champs d'entrée ci-dessous. Dans la section de dialogue *Diagramme d'activité*, les propriétés d'articulation sont affichées dans un graphique dynamique.

Diagramme

Figure 4.140 : Boîte de dialogue *Non linéarité - Diagramme*

L'activité de l'articulation peut être définie séparément pour la zone *positive* et *négative*. D'abord, insérez le *Nombre de pas* (c'est-à-dire les points de définition) pour le diagramme. Puis, vous pouvez insérer les valeurs d'abscisse des efforts internes avec les déplacements ou rotations attribués dans la liste à droite.

Vous trouverez différentes possibilités d'entrée pour le *Diagramme après le dernier pas* : La *Rupture* pour l'échec de l'articulation (aucun effort interne ne sera plus transféré), le *Fluage* pour un transfert limité à l'effort interne maximal possible, *Continu* comme dans le dernier pas ou *Arrêt* pour une restriction à un déplacement ou une rotation maximale disponible suivi par une activité encastree ou rigide de l'articulation.

Dans la section de dialogue *Diagramme*, les propriétés d'articulation sont affichées dans un graphique dynamique.

Exemple : toiture à chevrons

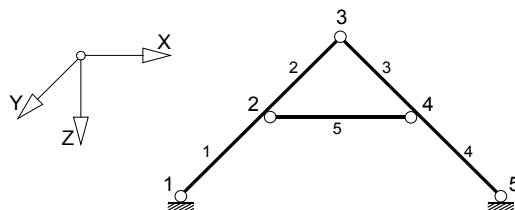


Figure 4.141 : Toiture à chevrons

Un système plan est utilisé. L'articulation doit être définie de la façon suivante :

1.14 Articulations de barre

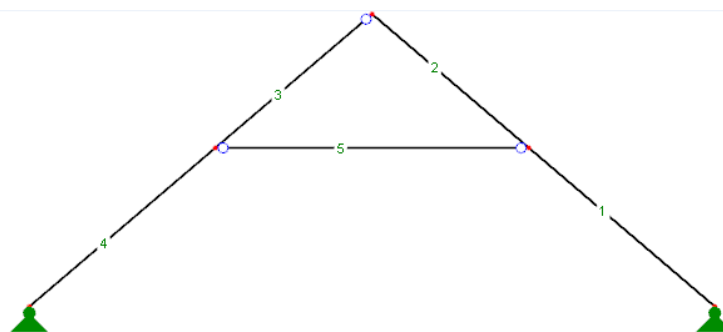
Articul. n°	A Système de référence	B Articulation normale/de cisaillement ou ressort [kN/m]	C u_x	D u_y	E u_z	F Articul. de moment ou ressort [kNm/rad]	G φ_x	H φ_y	I φ_z	J Commentaire
1	Local x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2										
3										
4										

Nœuds Lignes Matériaux Surfaces Solides Ouvertures Appuis nodaux Appuis linéiques Appuis de surface

La condition d'articulation ('O'ui / 'N'on / Raideur de ressort / F7 pour sélectionner). Assigner le type d'articulation à la barre dans le

Figure 4.142 : Tableau 1.14 Articulations de barre

Puis, le type d'articulation peut être attribué aux barres.



1.17 Barres

Barre n°	Ligne n°	A Type de barre	B Section n°	C Début	D Fin	E Rotation de barre	F Type	G Articulation n°	H Début	I Fin	J Excentr. n°	K Division n°	L Forme de voûte	M Longueur L [m]	N Poids W [kg]	O Commentaire
1	1	Poutre	1	1	1	Angle	0.00	0	0	0	0	0	6.000	1060.3	Y	
2	2	Poutre	1	1	1	Angle	0.00	0	0	0	0	0	7.000	1237.0	X	
3	3	Poutre	1	1	1	Angle	0.00	1	0	0	0	0	6.000	1060.3	Y	
4	4	Poutre	1	1	1	Angle	0.00	0	0	0	0	0	7.000	1237.0	X	
5	5	Poutre	1	1	1	Angle	0.00	1	1	1	0	0	9.425	1665.5	XY	

Surfaces et barres orthotropes Sections Articulations de barre Excentricités de barre Divisions de barre Barres

Numéro de la ligne

Figure 4.143 : Graphique et tableau 1.17 Barres

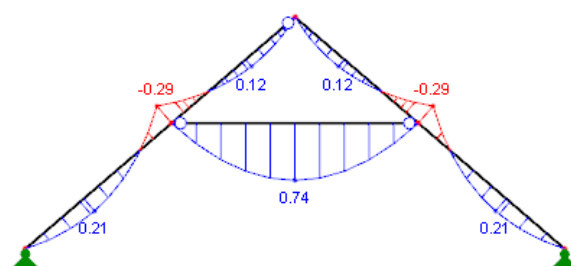


Figure 4.144 : Diagramme de moment dans le cas de charge 'poids propre'

4.15 Excentricités de la barre

Description générale

La longueur d'une barre correspond à la distance entre deux nœuds définie par la ligne de barre. Néanmoins, dans quelques situations de modélisation (assemblages des sections ou poutres en T), la réalité n'est représentée que partiellement. Avec les excentricités de barre vous pouvez connecter les barres d'une façon excentrique grâce aux barres et aux sections spéciales. De cette façon, vous pouvez réduire par exemple les moments de calcul sur les poutres horizontales pour les portiques avec de grandes sections. Les excentricités de barre sont prises en compte par une transformation des degrés de liberté en matrice de rigidité de l'élément local.

Pour vérifier les excentricités insérées, utilisez une image photo-réaliste de rendu 3D.

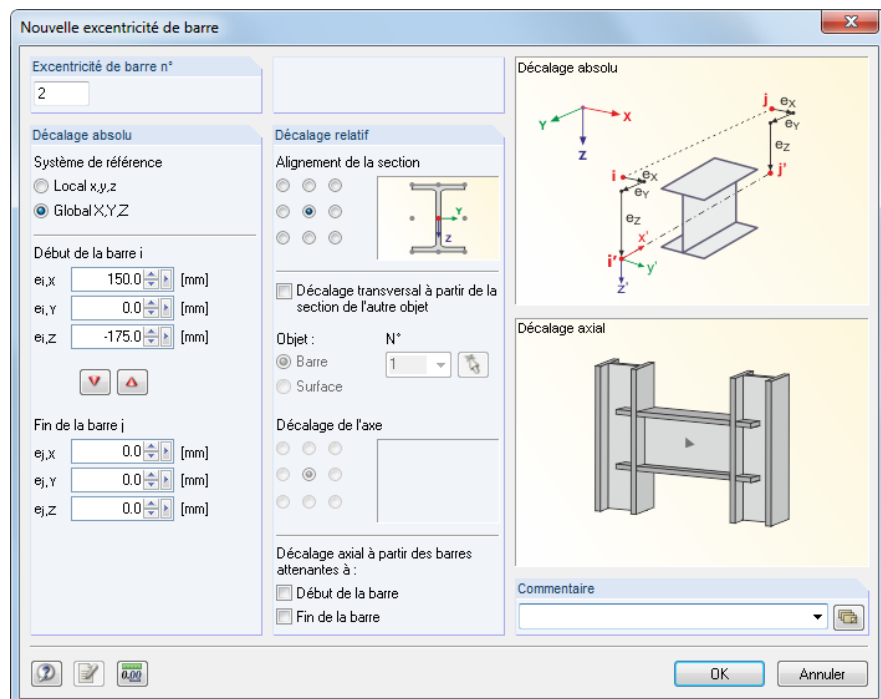
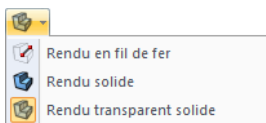



Figure 4.145 : Boîte de dialogue *Nouvelle excentricité de barre*

1.15 Excentricités de barre



Excen. n°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Système de référence	Début de barre - Excentricité [mm]			Fin de barre - Excentricité [mm]			Alignement de la section		Transférer le décalage d'une section d'un autre objet			
		$e_{i,x}$	$e_{i,y}$	$e_{i,z}$	$e_{j,x}$	$e_{j,y}$	$e_{j,z}$	Axe y	Axe z	Type d'objet	Objet n°	Axe y	Axe z
1	Global	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Centrale	Centrale	Barre	6	Centrale	Inférieure (+)
2	Global	150.0	0.0	-175.0	0.0	0.0	0.0	Centrale	Centrale	Aucune	0	Centrale	Centrale
3													
4													
5													

Surfaces et barres orthotropes

Sections

Articulations de barre

Excentricités de barre

Divisions de barre

Barres

Fondations élastiques de barre

Système de référence ('Local' / 'Global' / F7 pour sélectionner). Assigner le type d'excentricité à la barre dans le tableau 1.17.

Figure 4.146 : Tableau 1.15 *Excentricités*

Système de référence

Une excentricité de barre peut être rapportée à l'un des systèmes d'axe suivants :

- Système d'axes locaux de barre x,y,z
- Système de coordonnées globaux X,Y,Z

Utilisez le navigateur *Afficher* ou le menu contextuel de la barre pour afficher les axes locaux x,y,z de la barre (voir la Figure 4.158, page 155).

Excentricité pour le début / la fin de la barre

Dans la section de dialogue *décalage absolu* ou bien dans les colonnes de tableau B à G, vous définissez les excentricités pour le *Début de la barre i* et la *Fin de la barre j*. Les distances sont rapportées au système d'axes sélectionné indiqué par des indices supérieur et inférieur qui sont aussi affichés dans la boîte de dialogue.

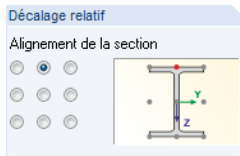


Dans la boîte de dialogue, vous pouvez utiliser les boutons [▼] et [▼] pour transférer les valeurs d'un côté à l'autre.

Alignement de la section

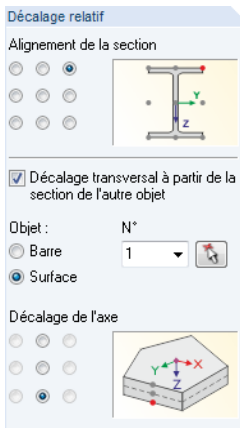
Dans la section de dialogue *Décalage relatif automatiquement*, utilisez les neuf options de sélection pour définir le point de section correspondant pour la détermination de l'excentricité. Dans le tableau, spécifiez la position du point dans les colonnes H et I. Le point définit la distance par laquelle la section est déplacée vers le nœud de début ou de fin.

A l'aide de la définition du point au milieu de la semelle supérieure, comme affiché dans la figure à gauche, vous pouvez joindre par exemple une poutre horizontale avec son bord supérieur avec un poteau par un assemblage sans extension.



Décalage transversal à partir de la section de l'autre objet

Avec un *Décalage transversal*, vous pouvez arranger une barre à une distance particulière parallèle à un autre objet (barre dans la surface, barre dans la même direction). Sélectionnez le numéro de l'objet correspondant, une *Barre* ou une *Surface*, de la liste. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [↖] pour le sélectionner dans la fenêtre graphique. L'excentricité est déterminée à partir de l'*Alignement de la section* défini ci-dessus et le *Décalage d'axes* (géométrie de la section ou épaisseur de la surface) que vous définissez en sélectionnant l'une des neuf ou trois boîtes de dialogue disponibles. Dans le tableau, définissez le décalage d'axes dans les colonnes L et M.



En définissant les points au bord de la semelle supérieure et sur le côté inférieur de la surface, comme affiché dans la figure à gauche, vous pouvez arranger par exemple une section en acier au bord sous une plaque par un assemblage sans extension.

Décalage de l'axe à partir des barres attenantes à

La dernière option dans la section de dialogue *Décalage relatif automatiquement* vous permet de connecter facilement par exemple une excentricité de barre à une semelle d'un poteau. Le décalage peut être arrangé séparément pour le *Début de la barre* et la *Fin de la barre*. L'excentricité est déterminée automatiquement à partir de la géométrie de section des barres attenantes. Dans le tableau, définissez le décalage axial dans les colonnes N et O.

Le graphique de dialogue *Décalage de l'axe* est interactif avec l'entrée, illustrant l'efficacité des boîtes de dialogue sélectionnées.

Peut-être préférez-vous l'entrée dans la section de dialogue *Décalage relatif automatiquement* car vous pouvez ajuster directement les excentricités quand les sections sont modifiées. RFEM prend en compte automatiquement la surface modifiée ou les dimensions de section modifiées.

Attribuer les excentricités graphiquement

En complément, les excentricités peuvent être attribuées aux barres graphiquement dans la fenêtre graphique.

Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez les **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, pointez sur **Excentricités de barre** et sélectionnez **Attribuer graphiquement aux barres** ou

ouvrez le menu **Modifier**, pointez sur **Données de modèle** et **Excentricités de barre** et puis, sélectionnez **Attribuer graphiquement aux barres**.



D'abord, définissez le système de référence et les excentricités.

Puis, cliquez sur [OK], les barres sont divisées graphiquement aux points de division aux tiers. Ensuite, vous pouvez cliquer sur les côtés de barres auxquels vous voulez appliquer l'excentricité (voir la Figure 4.135, page 138). Pour attribuer un assemblage excentrique aux deux extrémités de barre, cliquez sur la barre dans son aire centrale.

4.16 Division de la barre

Description générale

Les divisions de la barre sont utilisées pour définir les points sur les barres pour lesquels les efforts internes et les déformations sont affichés plus tard dans les tableaux de résultats et dans la sortie numérique. La division de la barre n'influence ni la détermination des valeurs extrêmes ni les diagrammes de résultats graphiques (RFEM utilise en interne une partition plus raffinée). Ainsi, dans la plupart de cas, les divisions de la barre ne sont pas requises.



Ne confondez pas la division de la barre avec les divisions EF pour les barres. Les nœuds EF sur des lignes « libres » (pas appartenant à une surface) avec les propriétés de la barre ne seront générés que dans le cas où les lignes ont un raffinement de maillage EF (voir le chapitre 4.23, page 174).

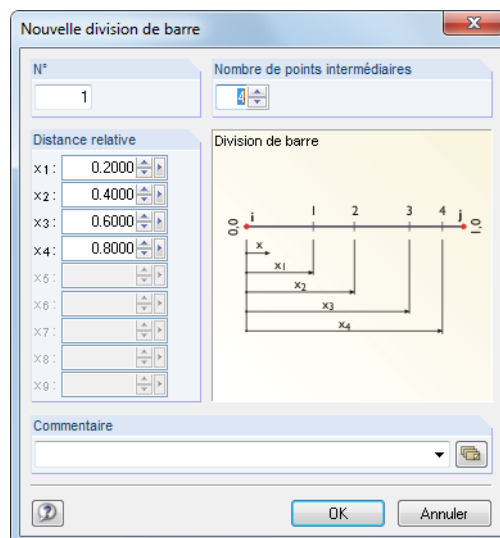


Figure 4.147 : Boîte de dialogue *Nouvelle division de barre*

1.16 Divisions de barre

Division n°	Nombre de points	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	Commentaire
1	4	0.2000	0.4000	0.6000	0.8000						
2	9	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	
3											
4											
5											
6											

Surfaces et barres orthotropes | Sections | Articulations de barre | Excentricités de barre | Divisions de barre | Barres | Fondations élastiques de barre

Nombre des points de division

Figure 4.148 : Tableau 1.16 *Divisions de barre*

Nombre de points

Vous pouvez insérer au maximum 99 points de division dans la boîte de dialogue. Une entrée divise la barre en un nombre désiré de points équidistants.

Distance relative du point à partir du début de la barre

Quand vous créez une nouvelle division dans la boîte de dialogue, les distances des trois points intermédiaires sont prédéfinies. Elles représentent les distances relatives dans l'intervalle entre 0 (début de la barre) et 1 (fin de la barre).

Comme vous pouvez insérer les distances relatives librement, vous pouvez aussi définir les divisions irrégulières pour les points spécifiés. Assurez-vous que vous suivez l'ordre correct des intervalles : $x_1 < x_2 < x_3 \dots$

En complément, une position x sur la barre peut être spécifiquement évaluée graphiquement (voir le chapitre 9.5, page 375). Ainsi, dans la plupart de cas des entrées manuelles des divisions de barre, la détermination difficile des distances relatives n'est pas nécessaire.



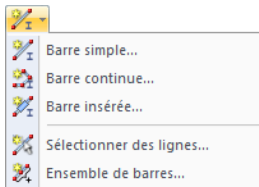
4.17 Barre

Description générale

Les barres sont des attributs des lignes. En attribuant une section (par laquelle il est défini aussi le matériau), la rigidité de la barre est définie. Quand vous générez le maillage EF, les éléments 1D sont créés sur les barres.

Les barres peuvent être connectées l'une sur l'autre seulement sur les nœuds. Quand les barres s'intersectent l'une l'autre sans partager un nœud commun, il n'y a pas de connexion. Par conséquent, aucun effort interne n'est transféré par un tel croisement.

Graphiquement, vous pouvez appliquer les barres comme *Simple*, *Continue* ou aux *Lignes* déjà existantes. L'option *Barre insérée* est décrite dans le chapitre 11.4.13 à la page 501.



Bouton de la liste *Barre*

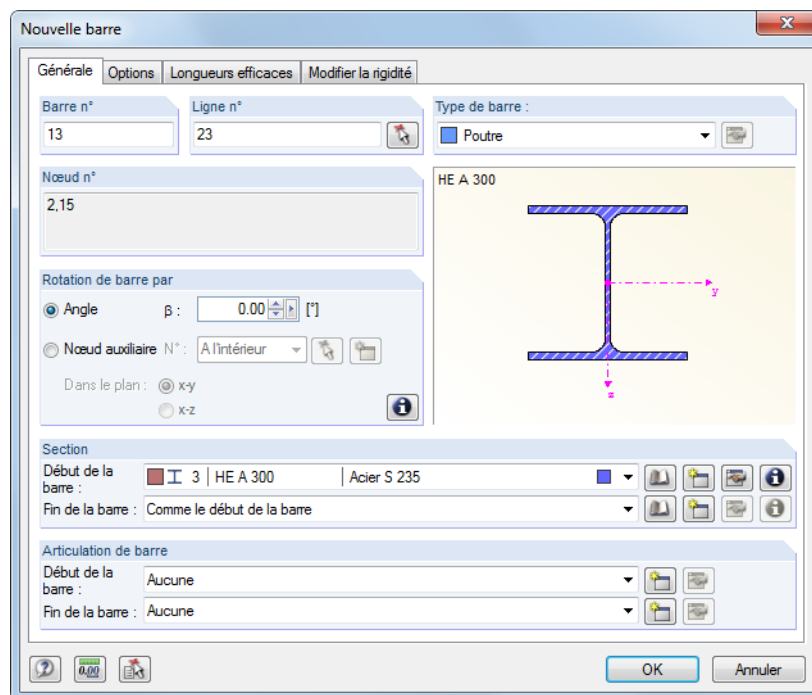


Figure 4.149 : Boîte de dialogue *Nouvelle barre*, onglet *Général*

1.17 Barres

Barre n°	A Ligne n°	B Type de barre	C Section n°		D Début	E Fin	F Rotation de barre Type β [°]	G Articulation n°	H Début	I Fin	J Excentr. n°	K Division n°	L Forme de voûte	M Longueur L [m]	N Poids W [kg]	O Commentaire
1	13	Poutre	1	1	1	1	Angle	0.00	0	0	0	0		4.000	706.9	Z
2	14	Poutre	1	1	1	1	Angle	0.00	0	0	0	0		4.000	706.9	Z
3	3	Nervure	2	2	2	2	Angle	0.00	0	0	0	0		6.000	1500.0	Y
4	15	Traction	5	5	5	5	Angle	90.00			0			3.000	29.0	Z
5	16	Poutre	6	6	6	6	Angle	0.00	1	1	0	0	Linéaire	6.059	0.0	YZ
6	17	Trellis	3	3	3	3	Angle	0.00			0			3.843	340.9	Z
7	19	Poutre	3	3	3	3	Angle	45.00	0	0	0	0		3.000	266.1	Z
8	20	Flambeme	5	5	5	5	Angle	0.00			0			6.059	58.5	YZ
9	21	Poutre	3	3	3	3	Angle	0.00	0	0	0	0		3.843	340.9	Z

Surfaces et barres orthotropes Sections Articulations de barre Excentricités de barre Divisions de barre Barres Nervures

Type de barre (F7 pour sélectionner)

Figure 4.150 : Tableau 1.17 Barres

Nouvelle barre

Générale Options Longueurs efficaces Modifier la rigidité

Barre n°
13

Excentricité de barre
2 | G | 150.0;0.0;-175.0 | 0.0;0.0;0.0 | PIT,S1B

Division de barre
1 | 4 | 0.2; 0.4; 0.6; 0.8

Fondation élastique de barre
Aucune

Non-linéarité de barre
1 - Échec sous traction

Forme d'effilement
Linéaire

Commentaire

OK Annuler

Figure 4.151 : Boîte de dialogue Nouvelle barre, onglet Options

Ligne

Insérez le numéro de la ligne avec les propriétés de barre dans le champ d'entrée de la boîte de dialogue ou bien dans la colonne du tableau. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle barre*, vous pouvez sélectionner la ligne aussi graphiquement.

Les nœuds de début et de fin de la ligne définissent l'orientation de la barre qui influence aussi la position du système de coordonnées locales de la barre (voir « rotation de barre » dans ce chapitre). L'orientation de la barre peut être modifiée rapidement dans le graphique : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur la barre et sélectionnez *Reverser l'orientation de la barre* dans le menu contextuel.

Type de barre

Avec le type de la barre, vous définissez la manière par laquelle les efforts internes sont absorbés ou les propriétés qui sont attribuées à la barre.

Il y a différentes options disponibles pour la sélection dans la liste Type de barre. Chaque type de barre a sa propre *Couleur* qui peut être utilisée dans le modèle pour représenter différents types de barres. Les couleurs sont contrôlées dans le navigateur *Afficher* avec les options *Couleurs dans le rendu selon* (voir le chapitre 11.1.9, page 449).



Type de barre	Courte description
Poutre	Barre résistante en flexion qui peut transférer tous les efforts internes.
Rigide	Barre de couplage avec une rigidité
Nervure	Poutre en T considérant la largeur efficace de la dalle
Treillis	Poutre avec les articulations de moment aux deux extrémités
Treillis (seulement N)	Barres avec rigidité $E \cdot$ seulement A
Traction	Poutre treillis (N seulement) avec rupture en cas de l'effort de compression
Compression	Poutre treillis (N seulement) avec rupture en cas de l'effort de traction
Flambement	Poutre treillis (N seulement) avec rupture en cas de l'effort de compression $> N_{cr}$
Câble	Barre qui ne transfère que les efforts de traction. Le calcul est effectué selon l'analyse des grandes déformations.
Câble sur les galets	Barre sur une polyligne, ne peut être déplacée que dans la direction longitudinale, absorbant seulement les efforts de traction (galets).
Poutre résultante	Barre pour l'intégration des résultats de surface, de solide ou de barre
Rigidités définissables	Barre avec les rigidités définies par l'utilisateur
Couplage rigide-rigide	Couplage rigide avec des connexions encastrées en flexion aux deux extrémités
Couplage rigide-articulé	Le couplage rigide avec une connexion encastrée en flexion au début de la barre et une connexion articulée à la fin de la barre
Couplage articulé-articulé	Couplage rigide avec des connexions articulées aux deux extrémités (seulement les efforts normaux et tranchants sont transmis, pas les moments).
Couplage articulé-rigide	Le couplage rigide avec une connexion articulée au début de la barre et une connexion encastrée en flexion à la fin de la barre
Ressort	Barre avec les rigidités de ressort, zones d'activité définissables et coefficients d'amortissement
Nulle	Barre qui sera ignorée dans le calcul

Tableau 4.7 : Types de barre

Poutre

Une poutre n'a pas d'articulations définies sur ses extrémités. Quand deux poutres sont connectées l'une avec l'autre et il n'y a pas d'articulation définie pour le nœud commun, la connexion est encastree en flexion. Les poutres peuvent être sollicitées par tous types de charge.

Barre rigide

Elle raccorde deux nœuds par une connexion rigide. Ainsi, elle correspond à une barre de couplage en principe (voir la page 153). Utilisez une barre rigide pour définir les barres avec une grande rigidité prenant en compte les articulations qui peuvent avoir aussi des constantes de ressort et des non linéarités. Comme les rigidités sont ajustées au système, des problèmes numériques apparaissent rarement. RFEM affiche les efforts internes aussi pour les barres rigides.

Les rigidités suivantes sont supposées (appliquées aussi aux couplages et *Barres nulles rigides*) :

- Rigidité longitudinale et de torsion $E \cdot A = G \cdot I_T = 10^{13} \cdot l$ (l = longueur de la barre)
- Résistance en flexion $E \cdot I = 10^{13} \cdot l^3$
- Rigidité de cisaillement (si activée) $G_{Ay} = G_{Az} = 10^{16} \cdot l^3$

Grâce à ce type de barre, il n'est plus nécessaire de définir une *Barre rigide nulle* (voir la page 126) qui soit assignée comme une section.

Nervure

Les nervures sont décrites dans le chapitre 4.18, page 160.

Poutres treillis (seulement N)

Ce type de barre en treillis absorbe les efforts normaux de traction aussi que de compression. Une barre en treillis possède des moments interne à chaque articulation située aux extrémités. Ainsi, une définition additionnelle de l'articulation n'est pas permise. RFEM vous montre seulement les efforts internes aux nœuds (qui sont transférés aux barres connectées). Sur la barre même, une distribution linéique des efforts internes sera affichée. La charge concentrée sur la barre est une exception, c'est-à-dire qu'aucun diagramme de moment ne sera affiché comme un résultat du poids propre ou d'une charge linéique. Les moments aux limites sont nuls à cause de l'articulation. Une distribution linéique est supposée le long de la barre. Néanmoins, les efforts aux nœuds sont calculés à partir des charges de barre qui assurent une transmission correcte.

La raison pour ce traitement spécial est qu'une poutre treillis, en général, ne transmet que les efforts normaux. Les moments ne sont pas considérés. Ainsi, ils ne sont volontairement ni affichés à la sortie ni calculés dans le cadre de la vérification. Pour obtenir et voir les moments des charges de barre, utilisez le type de barre *Treillis*.

Traction / Compression

Une barre de traction ne peut absorber que les efforts de traction et une barre de compression ne peut absorber que les efforts de compression. Le calcul de la structure de charpente avec ces types de barres est fait d'une façon itérative. Dans la première itération, RFEM détermine les efforts internes de toutes les barres. Si les barres de traction ont des efforts normaux négatifs (compression) ou si les barres de compression ont des efforts normaux positifs (traction), une autre étape d'itération est effectuée dans laquelle la rigidité de ces barres ne sera plus considérée - elles sont rompues. Ce processus d'itération se poursuit jusqu'à ce que les barres de traction ou de compression ne soient rompues. En fonction de la modélisation et du chargement, le système peut devenir instable à cause de la rupture des barres de traction ou de compression.



Une barre rompue de traction ou de compression peut être considérée à nouveau dans la matrice de rigidité si elle est réactivée dans une étape d'itération ultérieure suite à la redistribution dans le système. Dans le menu **Calculer**, sélectionnez **Paramètres de calcul** pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* où vous pouvez spécifier les *Paramètres de calcul globaux*. Dans la section de dialogue *Réactivation des barres rompues* vous pouvez définir *Gestion exceptionnelle des barres rompues*. Vous trouverez les détails dans le chapitre 7.3 à la page 287.

Flambement

Une barre de flambement absorbe une quantité non limitée d'efforts de traction. Néanmoins, les efforts de compression ne peuvent être absorbés que pour les valeurs inférieures à la charge critique d'Euler.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} \quad \text{où } l_{cr} = l$$

Equation 4.23

Avec ce type de barre, vous pouvez souvent éviter les instabilités qui apparaissent dans les calculs selon le second ordre ou selon l'analyse de grandes déformations à cause du flambement des barres de treillis. Si vous remplacez les treillis – proche de la réalité – par des barres de flambement, la charge critique est augmentée dans beaucoup de cas.

Câble

Les câbles n'absorbent que les efforts de traction. Ils sont utilisés pour analyser les chaînes de câble avec les efforts longitudinaux et transversaux par les calculs itératifs considérant la théorie des câbles (analyse de grandes déformations - voir le chapitre 7.3.1, page 279). Il est requis de définir le câble complet comme une chaîne de câble constituée de plusieurs câbles.

Pour créer rapidement une chaînette, pointez sur **Générer un modèle - Barres** dans le menu **Outils** et sélectionnez **Arc** (chapitre 11.7.2, page 545). Plus la forme de chaîne correspond à la chaîne de câble réelle, plus le calcul effectué est stable et rapide.

Il est recommandé d'utiliser des câbles précontraints afin d'éviter les efforts de compression qui mènent à la rupture. En plus, les câbles ne peuvent être utilisés que dans le cas où les déformations changent considérablement avec les efforts internes, c'est-à-dire quand il y a de grandes déformations. Pour un système de câble simple comme des contreventements verticaux (calcul de la toiture), les barres de traction sont complètement suffisantes.

Quand vous évaluez les déformations des câbles, définissez le facteur d'échelle dans le panneau de contrôle (voir la Figure 3.20, page 34) à « 1 » afin que les effets de serrage soient représentés de façon réaliste.

Câble sur galets

Le câble sur galets n'absorbe que les efforts de traction et est calculé selon la théorie de câble (analyse de grandes déformations). Contrairement à un câble, il ne peut être appliqué qu'à une polygline avec au moins trois nœuds. Ce type de barre est convenable pour les systèmes de galets où les efforts normaux ne sont transmis qu'à l'aide des poulies.

En comparaison avec un câble normal, dans la direction longitudinale u_x , il n'est possible qu'un déplacement dans les nœuds internes. Ainsi, la barre ne doit pas être sollicitée par des charges de barre agissant en direction des axes locaux y ou z . Ce déplacement en direction longitudinale ne doit pas rester libre aux extrémités du câble.

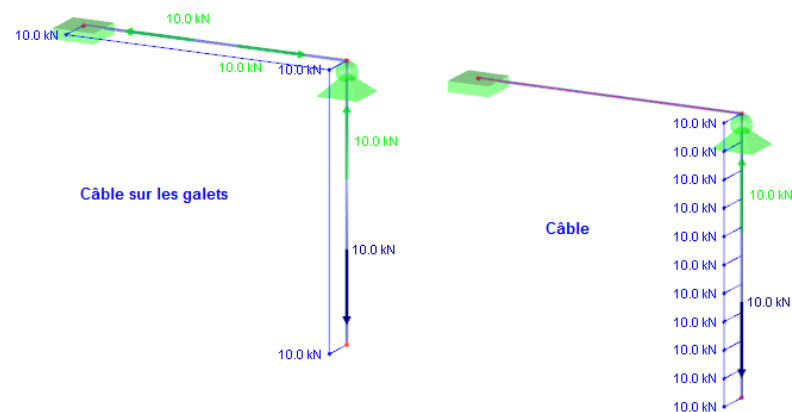


Figure 4.152 : Système avec un câble sur les galets et une barre de câble - Efforts normaux et réactions d'appui

Pour les nœuds internes de la polyligne, il ne sont pas important s'il existe un appui nodal ou si la barre est connectée à une autre structure. RFEM analyse le modèle entier de la barre de câble le long de la longueur de la polyligne.

Pour les barres de type *Câble sur les galets*, RFEM ne prend en compte que les déplacements u_x et les efforts internes N .

Poutre résultante

Comme une coupe à travers le modèle, une poutre résultante peut être placée partout dans le modèle comme une barre virtuelle. Vous pouvez l'utiliser pour afficher les efforts internes des surfaces, des barres et des solides sous forme de résultats intégrés. De cette façon, dans l'affichage, vous pouvez lire par exemple les efforts tranchants résultants d'une surface utilisés pour le calcul de maçonnerie.

La barre résultante ne nécessite ni appui ni connexion au modèle. En outre, il n'est pas possible d'y appliquer des charges.

Les paramètres d'intégration doivent être définis dans la boîte de dialogue (voir la Figure 4.153) que vous ouvrez à l'aide du bouton [Modifier].

Dans la section de dialogue *Intégrer les contraintes et les efforts*, vous définissez la zone d'influence de la poutre résultante. Le graphique illustre les paramètres correspondants aux options individuelles (voir Figure 4.153).

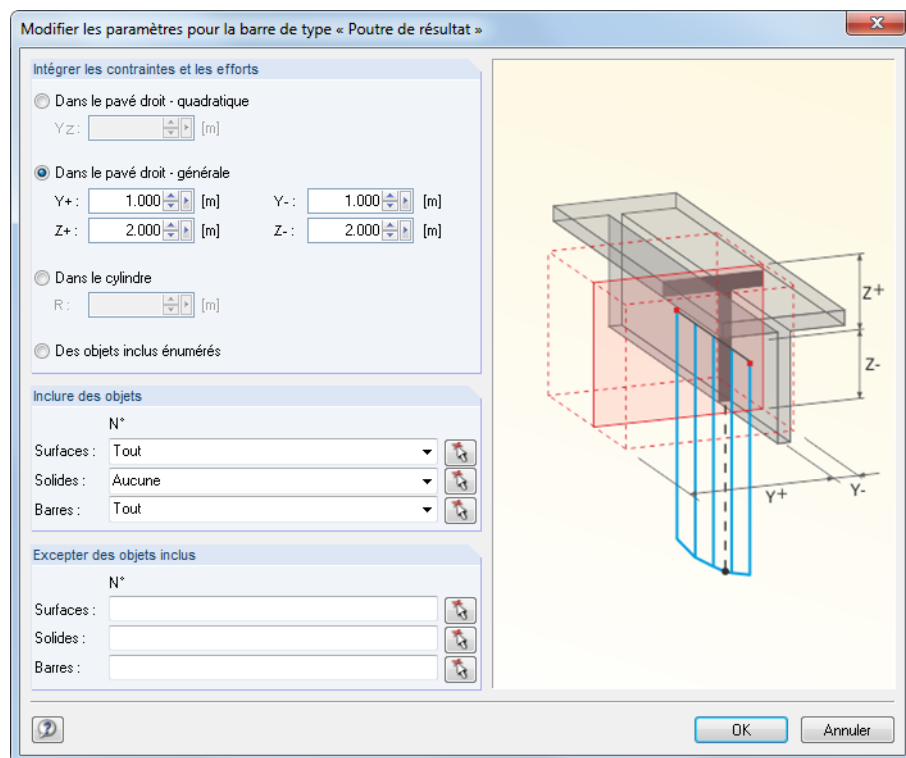
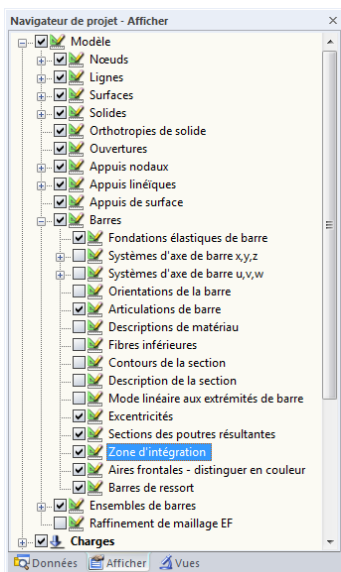
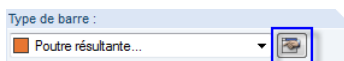


Figure 4.153 : Boîte de dialogue *Modifier les paramètres pour la barre de type « Poutre de résultat »*

La section de dialogue *Inclure des objets* permet une sélection spécifique des éléments du modèle dont les résultats doivent être pris en compte pour l'intégration : surfaces, solides, barres.

Quand la poutre résultante est définie, vous pouvez activer et désactiver l'affichage des aires d'intégration dans le navigateur *Afficher*.

Rigidités

Les rigidités de barre peuvent être spécifiées directement dans la boîte de dialogue que vous ouvrez à l'aide du bouton [Modifier]. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'attribuer une section.

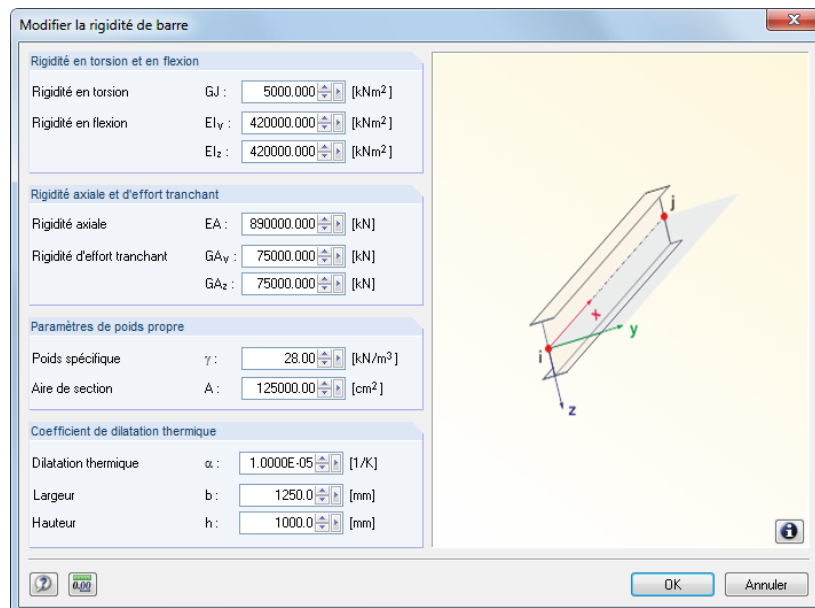
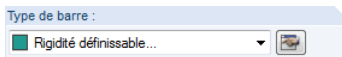


Figure 4.154 : Boîte de dialogue *Modifier la rigidité de barre*



Pour voir la définition de la matrice de rigidité, utilisez le bouton [Info].

Couplage

Une barre de couplage est une barre virtuelle, très rigide avec des propriétés rigides ou articulées définissables. Vous pouvez insérer les degrés de liberté des nœuds de début et de fin de quatre manières différentes. Les efforts normaux et tranchants ou les moments de torsion et fléchissant sont transférés directement d'un nœud à l'autre. Les couplages peuvent être utilisés pour modéliser des situations spéciales pour transférer les efforts et les moments.

RFEM calcule les rigidités de couplages en fonction du modèle afin d'éviter des problèmes numériques.



Avec la *Barre rigide* alternative (voir la page 150), vous pouvez définir des barres de couplage considérant aussi les ressorts et les non linéarités des articulations.

Pour gérer l'affichage des résultats de couplage, utilisez le navigateur *Afficher*.

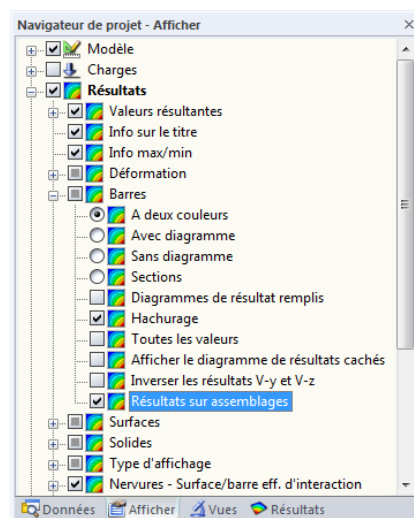


Figure 4.155 : Activation de l'affichage pour les résultats des barres de couplage dans le navigateur *Afficher*

Ressort

Si les non linéarités de *Ressort* sont définies, vous pouvez ouvrir une nouvelle boîte de dialogue à l'aide du bouton de dialogue [Modifier] ou le bouton [...] dans le tableau.

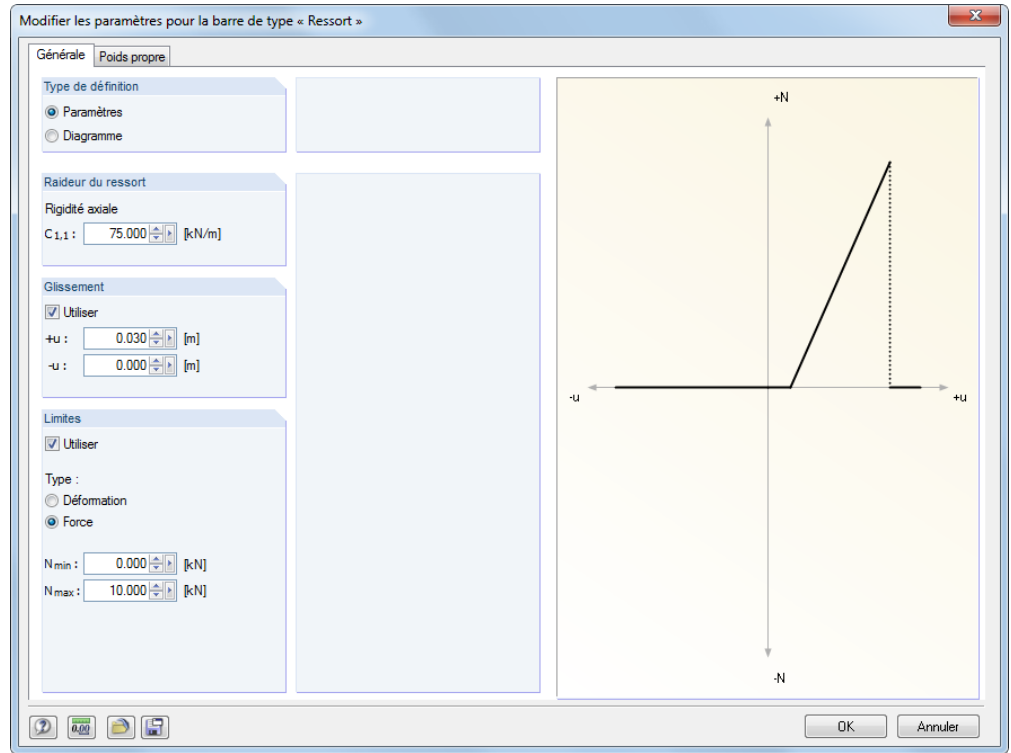


Figure 4.156 : Boîte de dialogue *Modifier les paramètres pour la barre de type « Ressort »*

Définissez les propriétés du ressort à l'aide des *Paramètres* ou dans le *Diagramme*. La constante de ressort $C_{1,1}$ décrit la rigidité de la barre en direction du x local de la barre selon les relations suivantes :

$$k = \frac{E \cdot A}{l}$$

Equation 4.24

Le *Glissement* spécifie une zone de déformation où le ressort n'absorbe pas d'efforts.

En outre, vous avez deux options pour définir les *Limites* de ressort :

- *Déformation* : Les valeurs u_{\min} et u_{\max} définissent la zone d'activité géométrique du ressort. Le ressort va agir comme une barre rigide (arrêt) pour les déformations dans la zone spécifiée.
- *Force* : Les valeurs N_{\min} et N_{\max} définissent la zone d'activité pour les efforts qui peuvent être absorbés par le ressort. Si l'effort normal dépasse les limites définies, le ressort est rompu.

Quand l'option *Diagramme* est définie, vous pouvez définir les propriétés de ressort plus précisément. Ces paramètres sont largement identiques avec les options disponibles pour les articulations de barre non linéaires (voir le chapitre 4.14, page 142).

Barre Nulle

Ni la barre nulle ni ses charges ne seront considérées pour le calcul. Vous pouvez utiliser les barres nulles pour analyser, par exemple, les changements de comportement structurel s'il y a certaines barres non efficaces. Vous n'avez pas besoin de supprimer ces barres, leur chargement sera aussi gardé.



Section au début et à la fin de la barre

Les deux champs d'entrée ou colonnes de tableau sont utilisés pour définir les sections pour le début et la fin de la barre. Les numéros de section sont rapportés aux entrées dans le tableau 1.13 *Sections* (voir le chapitre 4.13, page 125). L'attribution est faite facilement à l'aide des couleurs rapportées aux différentes sections.

Quand vous insérez différentes entrées pour la section de début et de fin, une barre à section variable est créée. RFEM interpole la rigidité variable le long de la barre selon les polynômes de grade supérieur. L'entrée d'erreur comme une barre à section variable consistant en une section IPE et une section d'acier ronde sera identifiée par le contrôle de plausibilité avant le démarrage du calcul.

La détermination interne des valeurs de la section conique est gérée par la *Forme de la barre conique* définie dans l'onglet *Options* de la boîte de dialogue *Nouvelle barre* ou dans la colonne du tableau (voir la page 158).

Rotation de la barre

Le système de coordonnées x,y,z de la barre est défini dans le sens des aiguilles d'une montre par angles droits. L'axe local x représente toujours l'axe de centre de gravité de la barre qui connecte les nœuds de début et de fin de la ligne (direction positive). Les axes de barre y et z ou u et v pour les sections non symétriques, représentent les axes principaux de la barre.

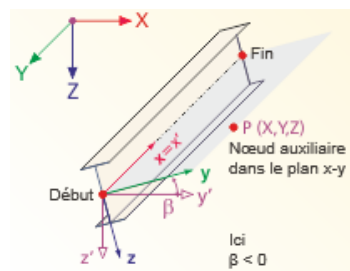
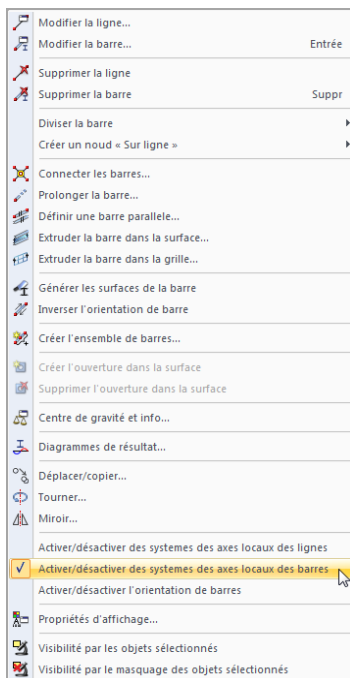


Figure 4.157 : Rotation de la barre et les axes locaux x,y,z de la barre (toutes les positions dans l'espace)

La position des axes locaux y et z est définie automatiquement. L'axe y est perpendiculaire à l'axe longitudinal x et parallèle au plan global XY . La position de l'axe z est déterminée par la règle de la main droite. Le composant z' de l'axe z va toujours vers le bas (c'est-à-dire en direction de la gravité) - indépendamment du fait si l'axe global Z est orienté vers les bas ou vers le haut.

Pour vérifier la position de la barre, utilisez le rendu 3D. Vous pouvez utiliser aussi le navigateur *Afficher* ou le menu contextuel de la barre pour afficher les *Systèmes d'axe de barre x,y,z* .



Menu contextuel de la barre

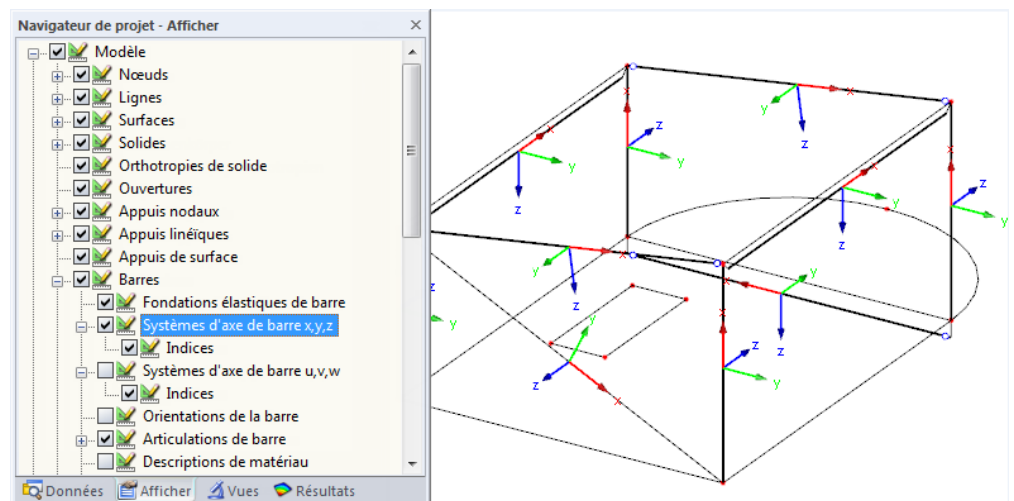


Figure 4.158 : Sélection des systèmes d'axes locaux de la barre dans le navigateur *Afficher*

La colonne **N** du tableau vous informe sur les axes globaux parallèles à la barre ou vous indique le plan donné par les axes globaux où la barre est située. S'il n'y a pas d'entrée, la barre est dans une position arbitraire dans l'espace.

Si une barre est alignée parallèlement à l'axe global Z, c'est-à-dire dans la position verticale, l'axe local **z** n'a bien sûr pas de composant Z. Dans ce cas, la règle suivante est appliquée : L'axe local **y** sera aligné parallèlement à l'axe global Y. Puis, la position de l'axe **z** sera déterminée par la règle de la main droite.

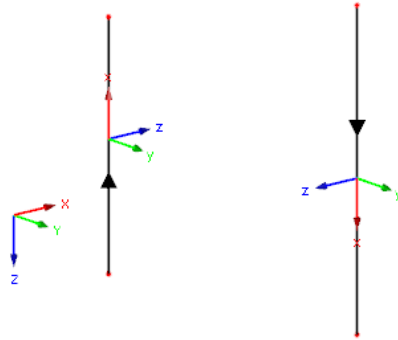


Figure 4.159 : Position verticale de barre pour les barres avec différentes orientations de barre ($\beta = 0^\circ$)

Quand une barre contenue dans un ensemble de barres continu n'est pas exactement dans la position verticale (à cause des déviations mineures des coordonnées nodales X ou Y), l'orientation des axes de la barre peut changer : RFEM classifie la position d'une barre qui est légèrement inclinée comme « générale ». Si vous voulez classer les barres en position générale toujours comme *verticales*, sélectionnez **Régénérer le modèle** dans le menu **Outils** (voir le chapitre 7.1.3, page 269).

Les rotations de la barre peuvent être appliquées de deux façons :

Rotation de la barre à l'aide de l'angle β

Vous définissez un *Angle* β duquel la barre est tournée. Si l'angle de rotation β est positif, les axes y et z sont tournés dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe longitudinal x de la barre.



Veuillez noter que l'angle de rotation β de la barre et l'angle de rotation α' de la section (voir le chapitre 4.13, page 128) sont superpositionnés.



Dans les modèle 2D, seulement les angles de rotation 0° et 180° des barres sont permis.

Rotation de la barre à l'aide du nœud auxiliaire

Le système d'axes de la barre est orienté à un nœud particulier. D'abord, sélectionnez l'axe (y ou z) qui sera influencé par le nœud auxiliaire. Le nœud auxiliaire détermine le plan x-y ou x-z de la barre. Puis, insérez le nœud auxiliaire. Vous pouvez le sélectionner aussi graphiquement ou bien créer un nouveau nœud. Néanmoins, assurez-vous que le nœud ne se trouve pas sur la ligne directe définie par l'axe x de la barre.

L'exemple suivant vous montre les poteaux qui sont alignés vers le point central.

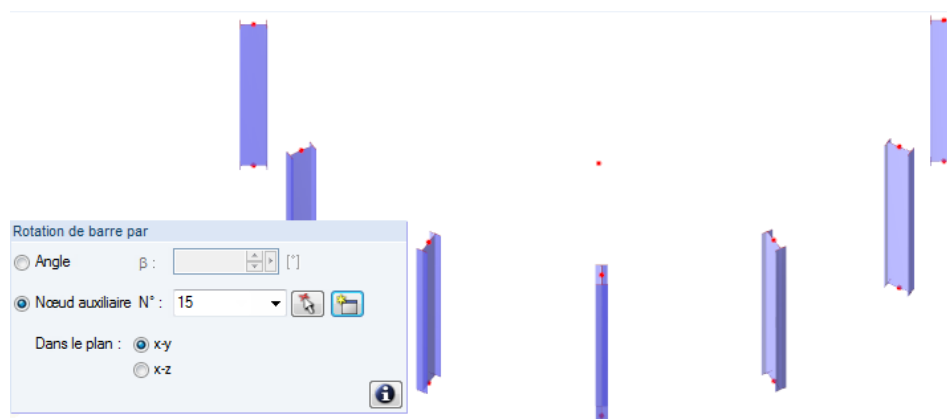


Figure 4.160 : Rotation de barre par le nœud auxiliaire

Les modifications du système d'axes locaux de la barre peuvent influencer les signes des efforts internes. La figure suivante illustre la règle générale de signe.

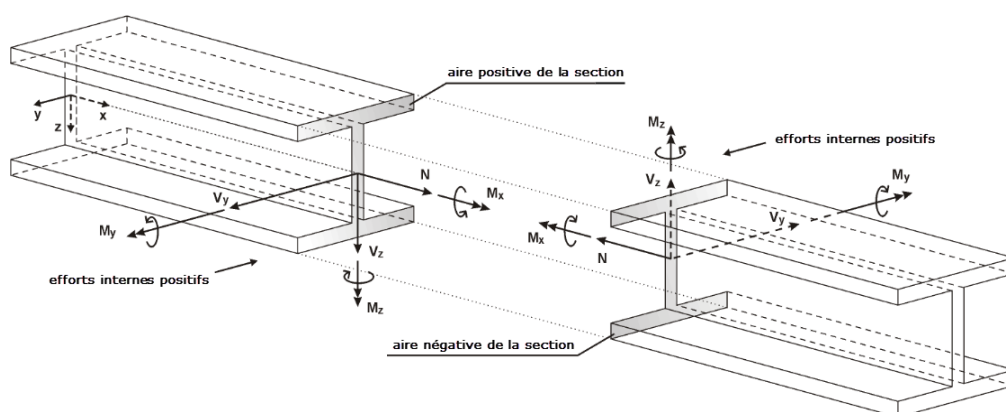


Figure 4.161 : Définition positive des efforts internes



Le moment fléchissant M_y est positif si les contraintes de traction se trouvent sur le côté positif de la barre (en direction de l'axe z). M_z est positif si les contraintes de compression se trouvent sur le côté positif de la barre (en direction de l'axe y). La définition de signe pour les moments de torsion, les efforts normaux et tranchants correspond aux conventions communes. Ces efforts internes sont positifs s'ils agissent en direction positive.

Articulation au début et à la fin de la barre

Dans ces deux colonnes de tableau ou dans les champs d'entrée de la boîte de dialogue *Nouvelle barre*, vous pouvez définir les articulations qui gèrent le transfert des efforts internes sur les nœuds. Les numéros des articulations sont rapportés aux entrées disponibles dans le tableau 1.14 *Articulations de barre* (voir le chapitre 4.14, page 137).

Pour certains types de barre, les entrées ne sont pas possibles, car il existe déjà des articulations internes.

Excentricité de la barre

Dans la colonne du tableau ou dans l'onglet de dialogue *Options* (voir la Figure 4.151), vous pouvez attribuer un assemblage excentrique à la barre. Les numéros d'excentricités sont rapportés au tableau 1.15 *Excentricités de la barre* (voir le chapitre 4.15, page 144). Le type d'assemblage détermine les excentricités au début et à la fin de la barre.

Division de barre

Les divisions de barre influencent la sortie numérique des efforts internes et des déformations le long de la barre (voir le chapitre 4.16, page 146). Utilisez les paramètres dans la colonne du tableau ou dans les champs d'entrée de l'onglet de dialogue *Options* pour attribuer les divisions ou pour créer d'autres divisions. Les numéros des divisions sont rapportés aux entrées dans le tableau 1.16 *Divisions de barre*.

La division de la barre n'influence ni la détermination des valeurs extrêmes ni les diagrammes de résultats graphiques (RFEM utilise en interne une partition plus raffinée). Comme les divisions de barre ne sont pas requises dans la plupart de cas, les paramètres par défaut sont « Aucune » ou « 0 ».

Fondation élastique de la barre

Avec ce champ d'entrée de l'onglet *Options* (voir la Figure 4.151), vous pouvez attribuer une fondation élastique à la barre. Les numéros des fondations élastiques sont gérés dans le tableau 1.19 *Fondation élastique de la barre* (voir le chapitre 4.19, page 163).

Non linéarité de la barre

Ce champ d'entrée dans l'onglet de dialogue *Options* (voir la Figure 4.151, page 148) rend possible le traitement de la barre avec des propriétés non linéaires. Les numéros des non linéarités sont rapportés aux entrées dans le tableau 1.20 *Non linéarités de la barre* (voir le chapitre 4.20, page 165).

Forme conique

S'il y a différentes sections définies pour le début et la fin de la barre, cette colonne du tableau ou le champ d'entrée dans l'onglet *Options* vous offre le choix entre une application conique *Linéaire* et *Quadratique*. Ainsi, vous pouvez décrire la géométrie conique pour la détermination des valeurs interpolées de section.

Dans la plupart de cas, il y a une géométrie conique linéaire : La hauteur de section change uniformément depuis la section de début jusqu'à la section de fin, la largeur reste plus ou moins constante. Néanmoins, même si la largeur de la section change considérablement le long de la barre (par exemple barre conique consistant en des sections solides), il est recommandé d'utiliser une fonction carrée pour l'interpolation des valeurs de section.

Longueur

Cette colonne de tableau indique la longueur absolue de la barre comme une distance entre les nœuds de début et de fin. Les excentricités sont prises en compte.

Vous pouvez voir la longueur de la barre aussi dans la fenêtre graphique : Placez le pointeur de la souris sur une barre et attendez que l'Info-bulle de la barre apparaisse.

Poids

La masse d'une barre est déterminée par le produit de l'aire de la section A et le poids spécifique du matériau. RFEM applique une accélération gravitationnelle de $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Position

La colonne **N** du tableau vous informe sur les axes globaux parallèles à la barre ou vous indique le plan donné par les axes globaux où la barre est située. S'il n'y a pas d'entrée, la barre est dans une position arbitraire dans l'espace.



Quand une barre positionnée dans un ensemble de barres continu des barres de poteau n'est pas exactement dans la position verticale (à cause des déviations mineures des coordonnées nodales X ou Y), l'orientation des axes de la barre peut changer : RFEM classifie la position d'une barre qui est légèrement inclinée comme « générale ». Si vous voulez classifier les barres en position générale toujours comme *verticales*, sélectionnez **Régénérer le modèle** dans le menu **Outils** (voir le chapitre 7.1.3, page 269).

Longueurs efficaces

L'onglet de dialogue *Longueurs efficaces* gère les *Facteurs de longueur efficace* $k_{cr,y}$ et $k_{cr,z}$.

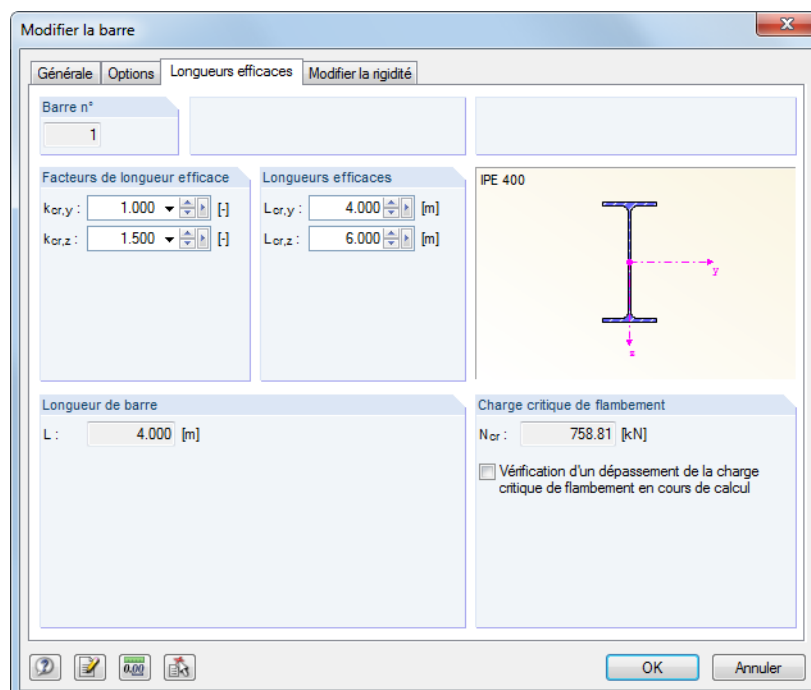


Figure 4.162 : Boîte de dialogue *Modifier la barre*, onglet *Longueurs efficaces*

Les facteurs de longueur efficace peuvent être ajustés séparément pour les deux axes de barre. Les champs de dialogue à droite vous montrent les *Longueurs efficaces* déterminées par les facteurs insérés et les longueurs de barre.

Les facteurs de longueur efficace sont importants pour les modules additionnels comme RF-STEEL EC3 où vous effectuez l'analyse de stabilité, mais ils jouent un rôle secondaire pour RFEM. Par exemple, les longueurs de flambement des barres sont déterminées en interne à partir des conditions aux limites et puis, elles sont appliquées précisément.

Dans la section de dialogue *Charge critique de flambement*, vous pouvez décider, si la charge de flambement par flexion de la barre sera vérifiée pendant le calcul. La case est cochée par défaut pour les treillis, pour les barres comprimées de flambement. L'onglet de dialogue *Paramètres de calcul globaux* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir la Figure 7.22, page 287) vous offre l'option de paramètres globaux pour ce type de contrôle.

Barre comme un modèle de surface



La fonction du menu contextuel *Générer les surfaces à partir des barres* peut convertir une barre (éléments 1D) en éléments de surface correspondants (éléments 2D) pour des vérifications détaillées. La fonction est décrite dans le chapitre 11.7.1.5 à la page 533.

Doubles barres



En général, les barres se chevauchant dans un modèle ne sont pas désirées. Ainsi, quand vous définissez une nouvelle barre sur les nœuds d'une barre déjà existante, RFEM détecte automatiquement une vieille barre.

Pour éviter une suppression des barres déjà définies dans RFEM, sélectionnez *Permettre doubles barres* dans le menu *Modifier*. RFEM va considérer les rigidités des deux barres dans le calcul.

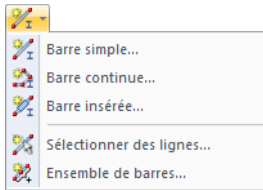
4.18 Nervures

Description générale

Les nervures sont des types spéciaux de barres. Pour créer une nervure, une barre doit déjà exister. Les nervures peuvent être utilisées pour représenter des poutres en T dans un modèle AEF par la définition des excentricités et des largeurs efficaces.

Les nervures sont utilisées surtout pour les modèles avec des éléments en béton armé : Vous pouvez utiliser les efforts internes et les sections de nervure pour la vérification dans le module additionnel **RF-CONCRETE Members**. Néanmoins, quand vous voulez modéliser une platine d'acier avec une « nervure » soudée, utilisez une surface avec une barre connectée excentriquement.

Vous pouvez définir une nervure directement avec le menu contextuel de navigateur *Nervures* ou à l'aide de l'entrée de dialogue. Quand vous créez une nouvelle barre et sélectionnez le *Type de barre Nervure* (voir le chapitre 4.17, page 149), vous pouvez utiliser le bouton [Modifier] activé pour définir les paramètres. Vous pouvez aussi accéder dans la boîte de dialogue ci-dessous à l'aide du menu ou à l'aide du menu contextuel dans le navigateur.



Bouton de la liste Barre

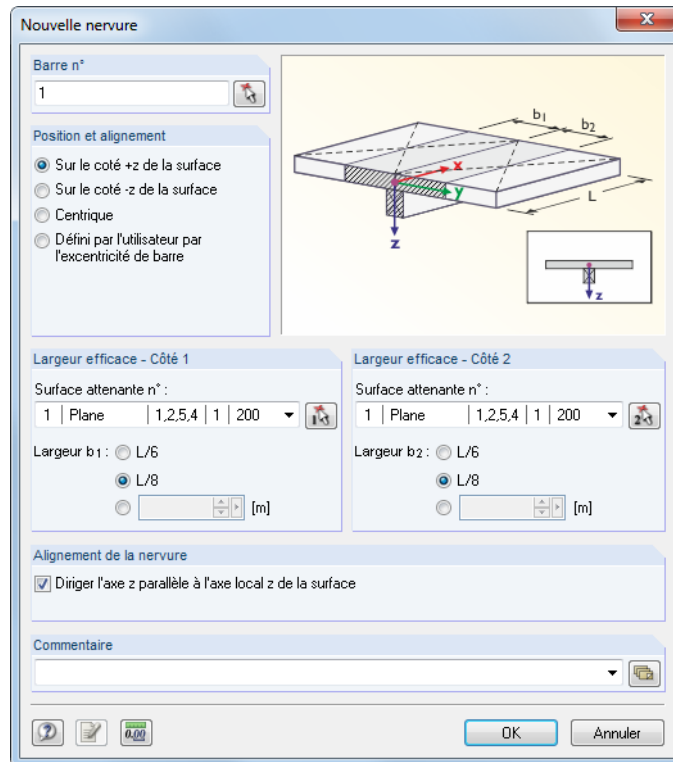


Figure 4.163 : Boîte de dialogue *Nouvelle nervure* (pour le type de modèle 2D - XY)

1.18 Nervures					
Barre n°	A Position de Nervure	B Largeur efficace - côté 1 Surface n° b ₁ [m]	C Largeur efficace - côté 2 Surface n° b ₂ [m]	D Largeur efficace - côté 2 Surface n° b ₂ [m]	F Commentaire
3	Au bord -z	1	0.750	1	0.750
13	Au bord -z	1	0.576	1	0.576
15	Centrique	1	0.559	1	0.559

Figure 4.164 : Tableau 1.18 *Nervures*

Position de la nervure

En général, une nervure est une barre arrangée de façon excentrique. L'excentricité est déterminée automatiquement par la moitié de l'épaisseur de la surface et la moitié de la hauteur de la barre (tableau 1.15 Les *Excentricités de barre* ne sont pas influencées). Vous pouvez la définir aussi manuellement. L'excentricité de la nervure augmente la rigidité du modèle.

Les options de disposition suivantes sont disponibles :

Sur le côté +/-z de la surface

L'excentricité comme somme de la moitié de l'épaisseur de la surface et la moitié de la hauteur de l'âme est appliquée automatiquement en direction de l'axe **z** positif ou négatif de la surface. Pour afficher et contrôler les axes **x,y,z** de la surface dans le graphique, utilisez le navigateur *Afficher* (voir la Figure 4.115, page 124).

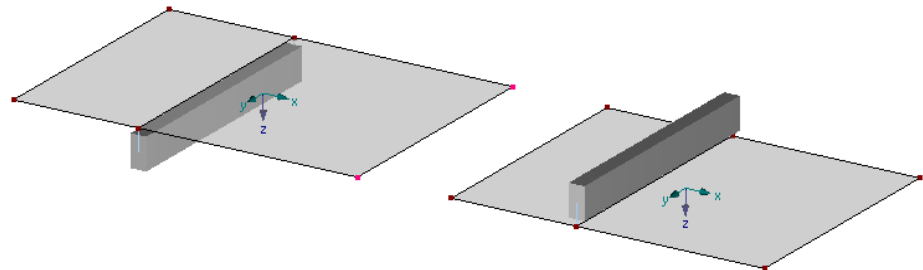


Figure 4.165 : Nervures sur le côté positif z (gauche) et négatif z (droit) des surfaces

Centrique

La nervure est modélisée sans excentricité. L'axe de centre de gravité se trouve au centre de la surface.

Défini par l'utilisateur à l'aide de l'excentricité

Vous définissez l'excentricité de la barre manuellement dans la boîte de dialogue *Nouvelle excentricité de la barre* ou dans le tableau 1.15 (voir le chapitre 4.15, page 144) et puis, vous l'attribuez à la barre.

Vous pouvez vérifier la position de la nervure dans le mode rendu sans problème : Dans le navigateur *Afficher*, sélectionnez les deux options d'affichage pour les modèles solides : *Barres* → *Sections* et *Surface* → *remplies y compris l'épaisseur*.

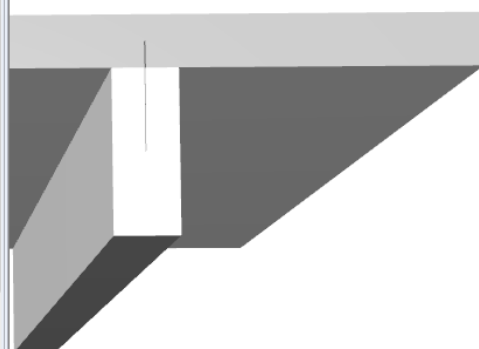
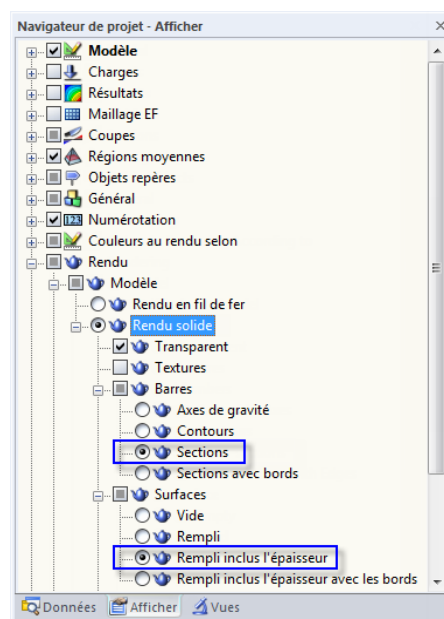


Figure 4.166 : Navigateur *Afficher* : *Rendu solide* → *Sections* → *Rempli inclus l'épaisseur*

Largeur efficace

Quand vous modélisez des structures 3D, la largeur efficace n'a pas d'influence sur l'épaisseur car l'épaisseur augmentée est déjà prise en compte par la barre excentrique. La largeur efficace n'influence que les efforts internes. Pour les modèles 2D (type de modèle 2D - XY), néanmoins, l'épaisseur est gérée par les paramètres appliqués à la *Réduction de rigidité* (voir l'article ci-dessous).

Si une barre connectée excentriquement est utilisée au lieu d'une nervure, le modèle de RFEM 4 donne les efforts internes dans la barre autant que dans la dalle. Néanmoins, dans la vérification de béton armé, la barre et une partie de la surface sont considérées comme une unité simple - poutre de plancher (poutre en T).

Pour déterminer les efforts internes de la poutre de plancher, le moment fléchissant dans la barre doit être augmenté par le produit de l'effort normal et l'excentricité de la dalle. Pour déterminer l'effort normal dans la dalle, vous devez connaître l'aire où les efforts normaux sont superposés. Ainsi, vous devez spécifier les largeurs efficaces tout comme les surfaces.

Connexion de la surface

Les largeurs efficaces de la nervure doivent être définies séparément pour le côté gauche et droit. Souvent, vous pouvez garder les paramètres de *Autodétection* dans la liste *Connexion de la surface* disponibles dans la boîte de dialogue *Nouvelle nervure*. Seulement s'il y a plus de deux surfaces qui se joignent l'une l'autre le long de la ligne de la nervure, vous devez déterminer la connexion des surfaces explicitement.

Largeur efficace

La *Largeur* b_1 ou b_2 peut être insérée directement dans le champ d'entrée ou calculée automatiquement à partir de la longueur de la barre en sélectionnant les options $L/6$ et $L/8$. Quand vous confirmez la boîte de dialogue, RFEM détermine les largeurs efficaces et insère les valeurs.

Veuillez noter : Quand la longueur de la barre est modifiée ultérieurement, les largeurs efficaces ne seront pas ajustées automatiquement !

Après le calcul, les composants efficaces des surfaces peuvent être considérés pour les résultats de la barre. Dans le navigateur *Afficher*, cliquez sur *Résultats* et sélectionnez *Surface / Barre de coopération efficace*. Les diagrammes de résultats de la barre permettent aussi une évaluation spécifique des efforts internes de la nervure (voir le chapitre 9.5, page 376).

Réduction de rigidité

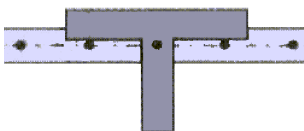
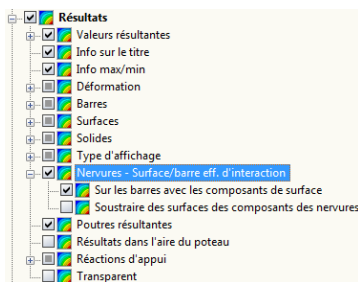
La section de dialogue ou plutôt ces colonnes de tableau ne sont affichées que s'il est défini le modèle de type 2D - XY dans les données générales (voir la Figure 12.23, page 584). En comparaison des modèles définis dans l'espace où les nervures peuvent être prises en compte comme des barres excentriquement arrangées dans l'analyse EF, RFEM utilise une autre approche d'analyse pour les poutres de plancher.

Sans activité du composant de dalle

Pour le calcul, RFEM utilise une section substituée dont la rigidité est déterminée à partir de la section de la barre et du composant efficace de la dalle des surfaces. Ainsi, la rigidité de la dalle est déterminée deux fois pour les nervures arrangées excentriquement parce qu'elle est efficace dans la section substituée tout comme directement dans les éléments de surface. Si la case *Sans activité du composant de dalle* est cochée, le composant de rigidité de la dalle ne sera pas considéré dans la section substituée.

Activité de rigidité de torsion

Ce champ d'entrée est utilisé pour réduire la rigidité de torsion de la nervure.



4.19 Fondation élastique de la barre

Description générale

Quand les appuis nodaux représentent un appui sur les deux extrémités de la barre, la fondation élastique de la barre représente un appui élastique de la barre le long de sa longueur. Utilisez la fondation élastique de la barre pour modéliser par exemple des poutres de fondation considérant les propriétés de sol. Si la fondation élastique n'est pas efficace en cas de contraintes de traction ou de compression, il est possible de prendre en compte les effets non linéaires dans le calcul.

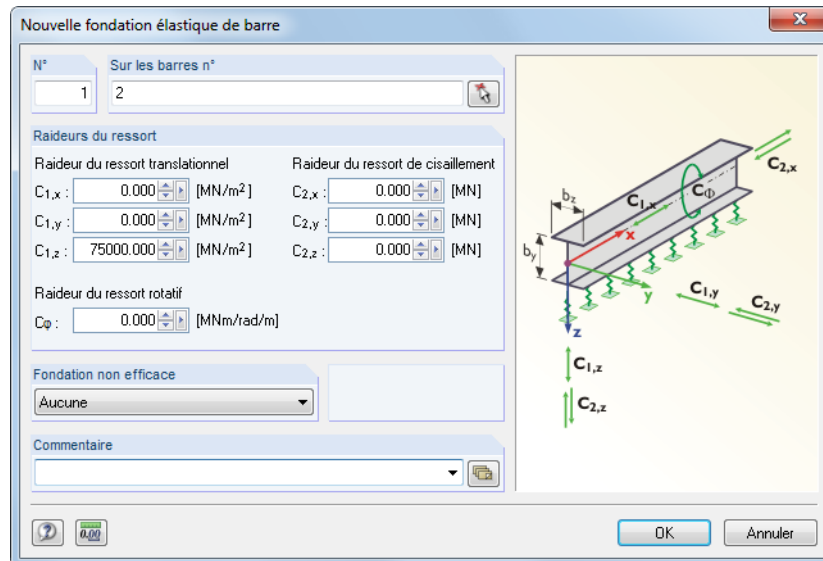


Figure 4.167 : Boîte de dialogue *Nouvelle fondation élastique de la barre*

1.19 Fondations élastiques de barre

Fond. n°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Sur les barres n°	C _{1,x} [MN/m ²]	C _{1,y} [MN/m ²]	C _{1,z} [MN/m ²]	C _{2,x} [MN]	C _{2,y} [MN]	C _{2,z} [MN]	C _φ [MNm/rad/m]	Inefficacité de fondation	Commentaire
1	5	0.000	0.000	75000.00	0.000	0.000	0.000	0.000	Aucune	
2	1,6	0.000	0.000	50000.00	0.000	0.000	0.000	0.000	Aucune	
3									Aucune	
4										
5										

Excentricités de barre | Divisions de barre | Barres | Nervures | Fondations élastiques de barre | Non-linéarités de barre | Ensembles de barres

Fondation non efficace ('A'ucune / Sous 'T'raction / Sous 'C'ompression / F7 pour sélectionner)

Figure 4.168 : Tableau 1.19 *Fondation élastique de la barre*

Sur les barres

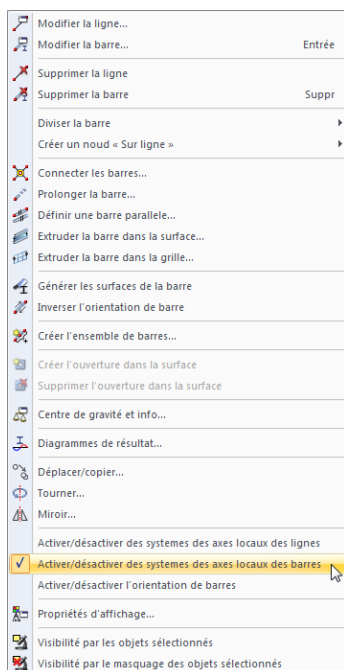
La fondation élastique de la barre ne peut être définie que pour le type de barre *Poutre*. Insérez le numéro de la barre dans la colonne du tableau ou dans le champ d'entrée. Vous pouvez le définir aussi graphiquement.

Constantes de ressort

Ressort de translation

Vous devez spécifier les paramètres des ressorts de translation en direction des axes locaux x, y et z de la barre.

Les modules de rigidité E_s du Tableau 4.8 servent comme valeurs de référence. Veuillez noter que l'entrée dans RFEM est rapportée au module de la réaction de fondation qui sera déterminé en considérant le facteur de forme.



Menu contextuel de la barre



Type de sol	E_s (chargement statique)	E_s (chargement dynamique)
Sable, compact	40 – 100	200 – 500
Sable de gravier, compact	80 – 150	300 – 800
Argile, semi-solide à solide	8 – 30	120 – 250
Argile, solide-plastique	5 – 20	70 – 150
Sol mixte, semi-solide à solide	20 – 100	200 – 600

Tableau 4.8 : Modules de rigidité des types de sol sélectionnés en $[N/mm^2]$

Les valeurs du Tableau 4.8 représentent les valeurs caractéristiques appropriées à la surface : Elles décrivent la force de surface en $[N/mm^2]$ qui est requise pour comprimer le sol de 1 mm. Ainsi, l'unité sera interprétée comme un solide lié $[N/mm^3]$.

Pour les poutres de fondation utilisées par exemple pour modéliser les semelles filantes, vous devez déterminer le coefficient de ressort qui prend en compte la largeur de la section. De cette façon, vous obtenez un ressort de translation en $[N/mm^2]$ approprié à la barre. Le ressort indique la force en $[N/mm]$ qui est requise pour comprimer le sol de 1 mm - d'où l'unité $[N/mm^2]$ pour l'entrée. Le résultat doit être inséré comme un ressort de translation $C_{1,z}$: Pour la semelle filante (barres dans la position horizontale), d'habitude, l'axe local z est orienté vers le bas.

Les rigidités de ressort sont considérées comme les valeurs de calcul.

Utilisez le navigateur *Afficher* ou le menu contextuel de la barre pour afficher l'axe local de la barre (voir la Figure 4.158, page 155).

Ressort de cisaillement

Les ressorts de cisaillement sont utilisés pour déterminer la résistance au cisaillement du sol. Les constantes de ressort C_2 sont déterminées par le produit de $\nu \cdot C_{1,z}$ avec le coefficient de Poisson ν supposé entre 0.125 et 0.5 pour le sable et le gravier, et entre 0.2 et 0.4 pour les sols argileux.

Ressort de rotation

Insérez la constante d'un ressort de rotation dans le champ d'entrée du dialogue ou dans la colonne de tableau. La constante empêche la rotation de la barre autour son axe longitudinal.

Fondation inefficace

Si la fondation élastique n'est pas efficace en cas des contraintes de traction ou de compression, attribuez la propriété non linéaire *Rupture* au type de fondation.

Veuillez noter que le critère de rupture *Rupture* s'il n'y a que la contrainte de contact négative ou positive en z est rapportée seulement à l'axe local z de la barre. La non linéarité n'est pas appliquée aux ressorts de translation en direction des axes locaux x ou y ! Ainsi, une rupture efficace biaxiale des barres de fondation n'est pas possible.

Une inefficacité dans le cas d'une contrainte constante négative a le sens suivant : La fondation n'a pas d'effet si la barre bouge en direction opposée à l'axe local z.

Quand le critère de rupture est appliqué, il est recommandé de vérifier la position et l'orientation de l'axe local z (voir la Figure 4.158, page 155). Il peut être nécessaire de tourner les barres.

La division de barre des barres avec la fondation élastique peut être ajustée dans l'onglet de dialogue *Paramètres de calcul global* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir le chapitre 7.3, page 287).

4.20 Non linéarités de la barre

Description générale

Les non-linéarités de barre sont utilisées pour représenter les relations non linéaires entre l'effort (ou moment) et la déformation dans les barres.

Des propriétés non-linéaires peuvent être définies lors de la spécification du type de barre. Une barre de traction est par exemple un treillis pour lequel la déformation augmente proportionnellement à l'effort de traction, mais dont la déformation peut augmenter sous compression sans qu'un effort considérable soit requis.

En principe, les non-linéarités de barre peuvent être attribuées à tous les types de barre. Bien sûr, les combinaisons doivent avoir un sens. Une barre de compression avec le critère de calcul « Rupture sous compression » poserait des problèmes lors de calcul. C'est pour ça que les non-linéarités ne sont pas permises pour les types de barre traction, compression, flambement et câble tout comme pour les barres avec les sections de type *Rigide nulle* (voir la page 126).

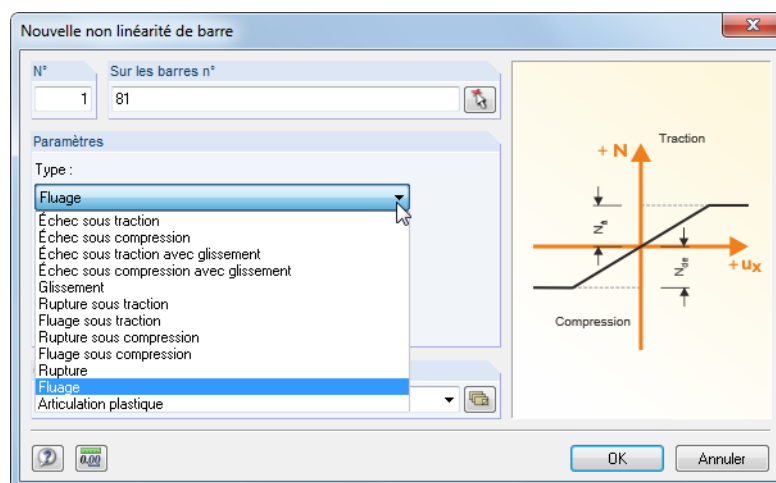
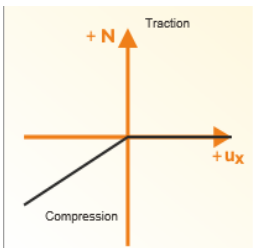
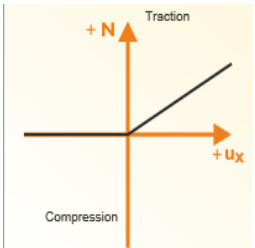
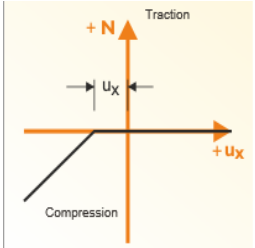
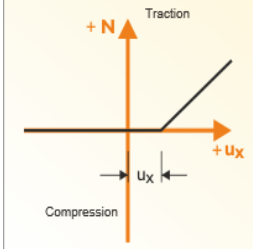
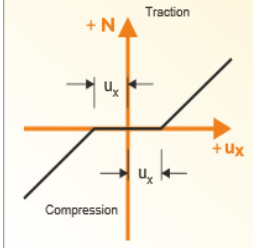
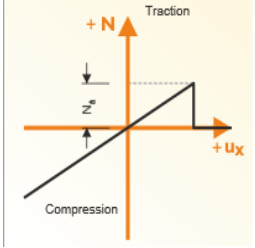


Figure 4.169 : Boîte de dialogue *Nouvelle non-linéarité de barre*

1.20 Non-linéarités de barre									
Non-lin. n°	A Sur les barres n°	B Type de non-linéarité	Paramètres non-linéaires						I Commentaire
			C N _{pl} [kN]	D V _{y,pl} [kN]	E V _{z,pl} [kN]	F M _{T,pl} [kNm]	G M _{y,pl} [kNm]	H M _{z,pl} [kNm]	
1	10	Rupture	300.00	300.00					
2	5	Échec sous compression							
3	2,3	Échec sous compression avec gl	6.00						
4	4	Articulation plastique	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	150.00	9999.00	
5									
6									
7									

Figure 4.170 : Tableau 1.20 *Non linéarités de barre*

Non linéarités	Diagramme	Description
Rupture sous traction		La barre ne peut pas absorber les efforts de traction.
Rupture sous compression		La barre ne peut pas absorber les efforts de compression.
Rupture sous traction avec glissement		La barre ne peut pas absorber les efforts de traction. Les efforts de compression ne sont pas absorbés avant que le glissement u_x ne soit dépassé.
Rupture sous compression avec glissement		La barre ne peut pas absorber les efforts de compression. Les efforts de traction ne sont pas absorbés avant que le glissement u_x ne soit dépassé.
Glissement		La barre n'absorbe les efforts normaux qu'après avoir dépassé une déformation de valeur u_x . Veillez noter : Un raffinement de ligne sur une barre avec <i>Glissement</i> cause une division interne de barre en petites parties de barre. Le critère de glissement sera appliqué à <u>chacune</u> de ces barres partielles.
Rupture sous traction		La barre absorbe les efforts de compression sans limitation, mais est rompue si les efforts de traction dépassent N_b .



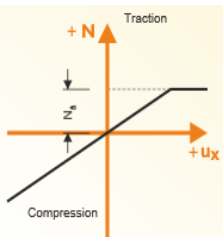
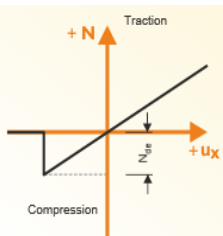
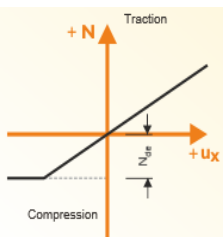
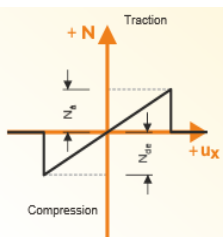
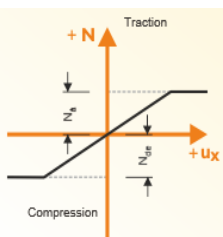
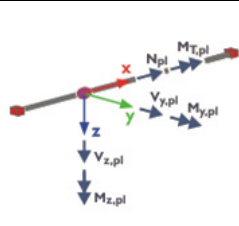
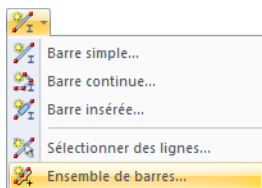
Fluage sous traction		La barre absorbe les efforts de compression sans limitation, mais seulement un effort de traction maximal de N_d . Si les déformations augmentent, l'effort de traction reste constant dans la barre.
Rupture sous compression		La barre absorbe les efforts de traction sans limitation, mais est rompue si les efforts de compression dépassent N_{de} .
Fluage sous compression		La barre absorbe les efforts de traction sans limitation, mais seulement un effort de compression maximal de N_{de} . Si les déformations augmentent, l'effort de compression reste constant dans la barre.
Rupture		La barre est rompue quand l'effort de compression N_{de} ou l'effort de traction N_d est atteint.
Fluage		La barre commence à se plastifier si l'effort de compression N_{de} ou l'effort de traction N_d est atteint : Si la déformation augmente, l'effort reste constant.
Articulation plastique		Si un effort plastique de calcul est atteint à un endroit de la barre, une articulation plastique y est formée pour l'effort interne. Les efforts internes doivent être insérés comme des valeurs absolues. Pour les composants des efforts internes non résultant en plastifications, vous devez insérer de grandes valeurs.

Tableau 4.9 : Non linéarités de la barre

4.21 Ensembles de barres

Description générale

Les ensembles de barres doivent être compris comme des barres combinées. Utilisez un ensemble de barres pour traiter plusieurs barres comme des barres simples, cela peut être préférable pour quelques positions dans le système structural (par exemple pour l'analyse de déversement, vérification des barres continues, application de la charge).



Bouton de la liste Barre

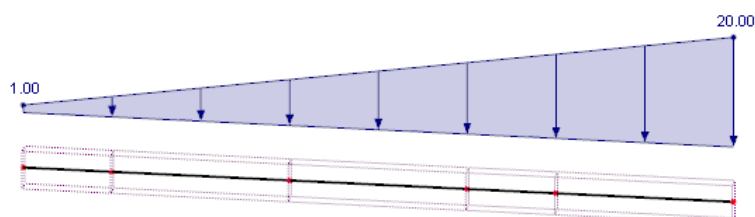


Figure 4.171 : Barres continues avec une charge trapézoïdale

La figure ci-dessus montre une charge linéairement variable agissant sur la longueur d'un ensemble de barres.

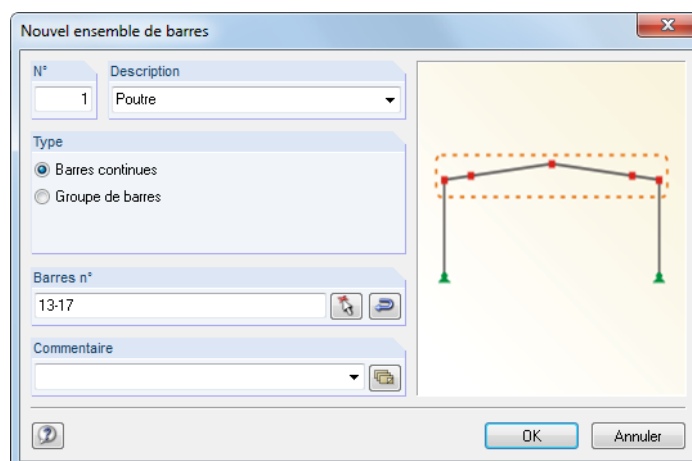


Figure 4.172 : Boîte de dialogue *Nouvel ensemble de barres*

1.21 Ensembles de barres						
Ens. de b. n°	A Description de l'ensemble de barres	B Type	C Barres n°	D Longueur [m]	E Poids [kg]	F Commentaire
1	Panne A-A	Continue	11-13	18.018	991.0	Cadre pour la conception FE fl
2	Poutre B-B	Continue	6-10	23.445	2106.0	
3	Montant C-C	Continue	2,4,14	11.031	1240.2	
4	Poutre en T	Continue	1,3	10.000	1767.1	
5						
6						

Figure 4.173 : Tableau 1.21 *Ensembles de barres*

Description

Vous pouvez insérer n'importe quel nom pour l'ensemble de barres. Vous pouvez aussi utiliser la liste pour sélectionner un nom. Les descriptions manuellement insérées sont enregistrées dans la liste et immédiatement disponibles pour la sélection.

Type

Il existe deux types différents d'ensembles de barres :

- **barres continues**
- **groupe de barres**

Les barres continues sont créées par des barres connectées qui ne peuvent pas s'embrancher. Elles peuvent être dessinées avec un crayon sans interrompre la ligne continue.

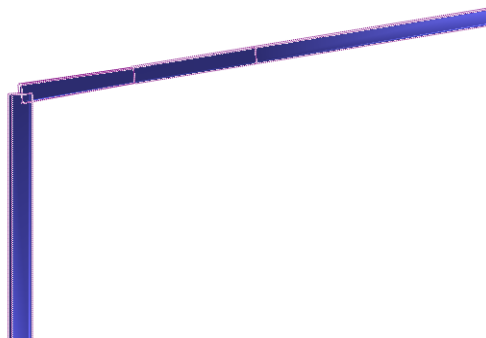


Figure 4.174 : Barres continues

Un groupe de barres consiste en des barres connectées qui peuvent s'embrancher.

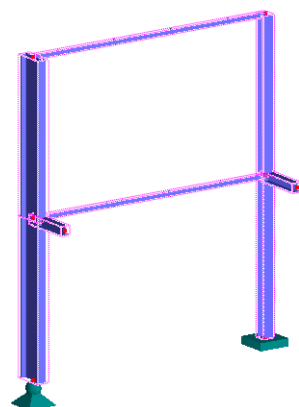


Figure 4.175 : Groupe de barres

Dans quelques modules additionnels, il est possible de vérifier les ensembles de barres. Souvent, la vérification ne peut être effectuée que pour les barres continues parce que les paramètres comme les longueurs de flambement doivent être clairement définis.

Barre

Dans le champ d'entrée de la boîte de dialogue ou dans la colonne de tableau, insérez les numéros des barres qui forment l'ensemble de barres. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [^] pour les sélectionner graphiquement dans la fenêtre graphique. Utilisez le bouton [Inverser l'orientation des barres] pour modifier l'ordre des numéros de barre et ainsi, la direction de l'ensemble de barres.

La façon rapide pour définir un ensemble de barres est la suivante : Sélectionnez les barres correspondantes dans la fenêtre de travail à l'aide du pointeur en dessinant une fenêtre. Vous pouvez aussi utiliser la sélection multiple en tenant la touche [Ctrl]. Puis, cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'une des barres sélectionnées. Le menu contextuel de la barre s'ouvre, vous pointez sur **Barre** et sélectionnez **Créer un ensemble de barres** (pour les groupes de barres) ou **Créer un ensemble de barres** (pour les barres continues). La boîte de dialogue *Nouvel ensemble de barres* s'ouvre, elle prédéfinit les numéros des barres sélectionnées.



Longueur

La longueur totale de l'ensemble de barres est déterminée par la somme des longueurs individuelles des barres.

Poids

La masse de l'ensemble de barres est déterminée par la somme de masses individuelles des barres.

4.22 Intersections

Description générale

Si les surfaces se coupent l'une l'autre et si les efforts internes sont transformés sur une ligne commune, vous devez créer une intersection. Sinon, vous aurez deux sous-systèmes indépendants sans aucune connexion. L'exemple suivant montre cet effet.

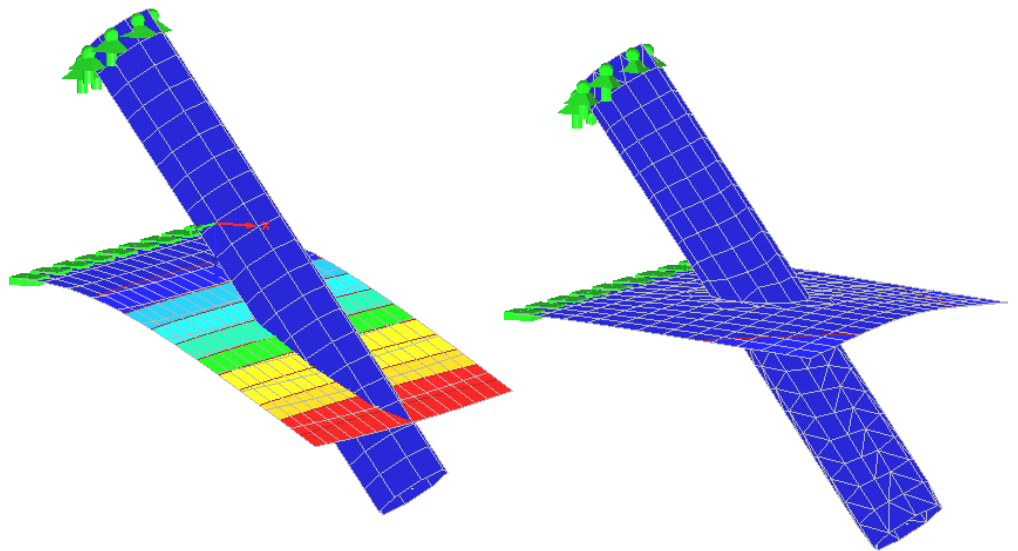


Figure 4.176 : Déformations dues au poids propre sans intersection (gauche) et avec intersection (droite)



Chaque fois que le modèle change, RFEM doit recalculer les intersections. Le nouveau calcul des données prend beaucoup de temps pour la représentation graphique quand les modèles complets sont calculés. L'entrée est ralentie en fonction.

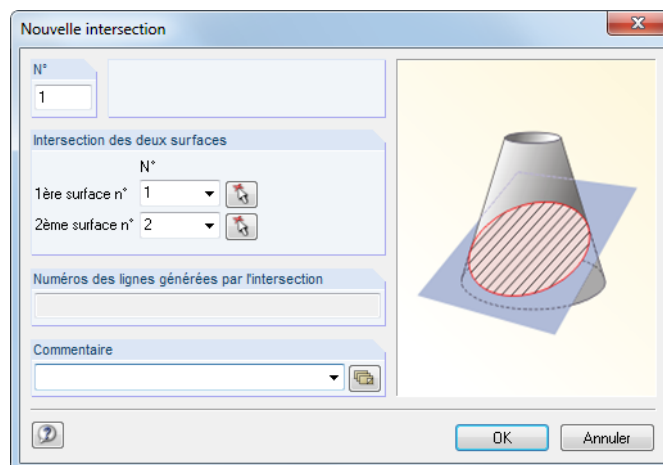


Figure 4.177 : Boîte de dialogue *Nouvelle intersection*

1.22 Intersections

Inters. n°	A 1ère surface n°	B 2ème surface n°	C Numéros de ligne Générés par intersection	D Commentaire
1	1	3	47	
2	3	34	80	Raccord de tuyau
3				
4				
5				
6				
7				

Nervures Fondations élastiques de barre Non-linéarités de barre Ensembles de barres Intersections Raffinement de maillage EF

Numéros des lignes générées par l'intersection

Figure 4.178 : Tableau 1.22 Intersections

Intersection des deux surfaces

Dans le champs d'entrée ou dans les colonnes du tableau, insérez les numéros des deux surfaces qui se coupent. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle intersection*, vous pouvez sélectionner les surfaces de la liste. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [^] pour les sélectionner graphiquement.

Les intersections (même de plus de deux surfaces si nécessaire) peuvent être rapidement créées dans le graphique : Sélectionnez les surfaces à l'aide du pointeur en dessinant une fenêtre. Vous pouvez aussi utiliser la sélection multiple en tenant la touche [Ctrl]. Puis, cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'une des surfaces sélectionnées. Le menu contextuel s'affiche et vous pointez sur **Surface** et sélectionnez **Créer une intersection**. Puis, RFEM crée l'intersection automatiquement.

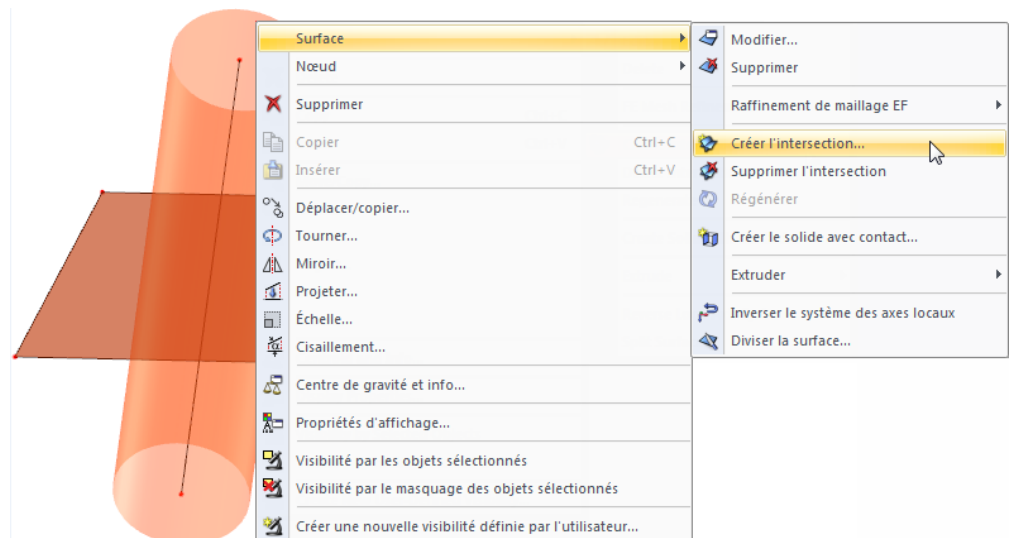


Figure 4.179 : Menu contextuel Surface → Créer l'intersection

Numéros de ligne générés par l'intersection

Quand vous créez une intersection, RFEM génère une ligne qui est partagée par les deux surfaces (« ligne d'intersection »). Le numéro de la nouvelle ligne est affiché dans le champ de dialogue et dans la colonne du tableau.

Les lignes d'intersection sont marquées comme un type de ligne *Intersection* dans le tableau 1.2 Lignes. Le commentaire les identifie comme lignes *générées*. La boîte de dialogue *Modifier la ligne* peut être aussi utilisée pour les lignes d'intersection afin que vous puissiez attribuer les propriétés de barre ou d'appui.

Composants de surface actifs

Une ligne d'intersection divise une surface en composants qui peuvent être définis actifs ou inactifs individuellement. Les composants de surface inactifs ne sont pas affichés dans la fenêtre graphique. Ni les éléments finis ne sont créés ni le chargement n'est appliqué. Il n'y a que les composants actifs de surface pour le solveur d'équation.

Les composants des intersections peuvent être activés et désactivés de la façon suivante :

- Boîte de dialogue *Modifier la surface*

Cliquez deux fois sur la surface d'origine dans le navigateur *Données*. Quand vous cliquez deux fois sur la surface dans la fenêtre graphique, utilisez le bouton [Atteindre] disponible dans l'onglet de dialogue *Composant* (voir la Figure 4.69, page 85) de la boîte de dialogue *Modifier la surface* pour ouvrir la boîte de dialogue de modification de la surface d'origine.

Ouvrez l'onglet de dialogue *Intégré / Composants* où la section de dialogue *Composants de surface active* liste tous les composants de surface qui ont été créés pendant la génération de l'intersection.

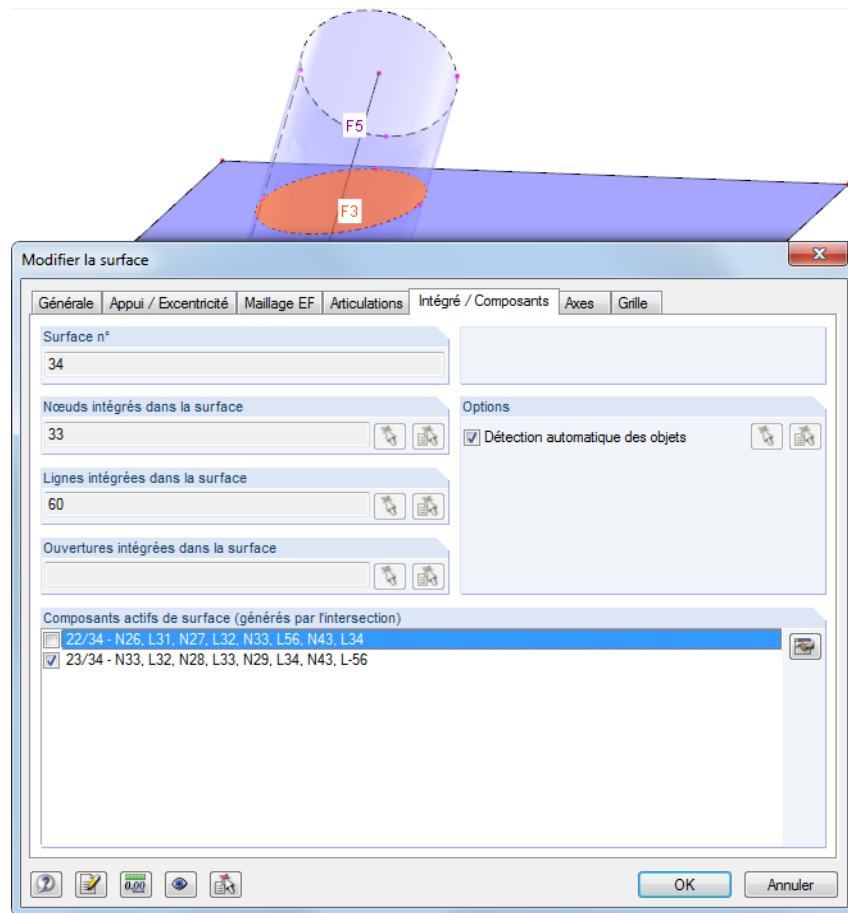


Figure 4.180 : Boîte de dialogue *Modifier la surface*, onglet *Intégré / Composants*

Le composant de surface marqué dans la liste est souligné en couleur dans la fenêtre graphique. Pour définir un composant inactif, décochez la case correspondante. Le composant de surface inactif est affiché sans couleur de remplissage.

- Le menu contextuel du composant de surface dans le navigateur *Données*

Cliquez sur le bouton droit de la souris directement dans l'entrée de navigateur *Surfaces* ou sur le composant dans la fenêtre graphique. Puis, utilisez le menu contextuel pour activer ou désactiver le composant de surface.

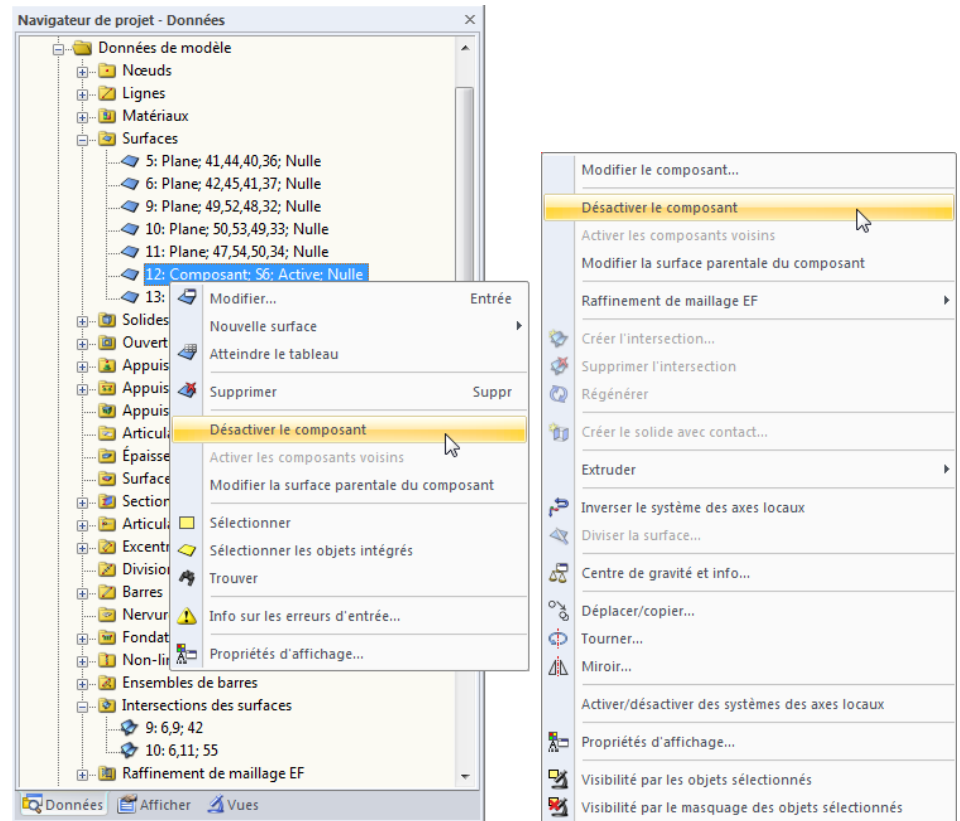


Figure 4.181 : Menu contextuel d'une surface *Composant* dans le navigateur et la fenêtre de travail

Le menu contextuel vous offre d'autres fonctions utiles pour modifier le composant ou la surface d'origine.



L'information géométrique de la surface d'origine est tenue dans le programme parce qu'elle est nécessaire pour recalculer l'intersection après les modifications. C'est pour ça que les composants de surface inactifs ne peuvent pas être supprimés, ils peuvent être seulement masqués.

4.23 Raffinement du maillage EF

Description générale

S'il n'y a aucun maillage EF défini, le maillage EF est généré avec une longueur visée EF prédéfinie. Les paramètres globaux du maillage EF sont décrits dans le chapitre 7.2.2 à la page 273.

Le concept du générateur du maillage EF ne permet pas les ajustements ultérieurs du maillage. Néanmoins, vous pouvez utiliser les raffinements de maillage EF pour influencer la génération du maillage pour les aires spécifiques. Ainsi, une discrétisation définie par l'utilisateur est faite, comme elle peut être requise par exemple aux coins, pour les connexions des barres aux surfaces ou pour une analyse dynamique des barres.

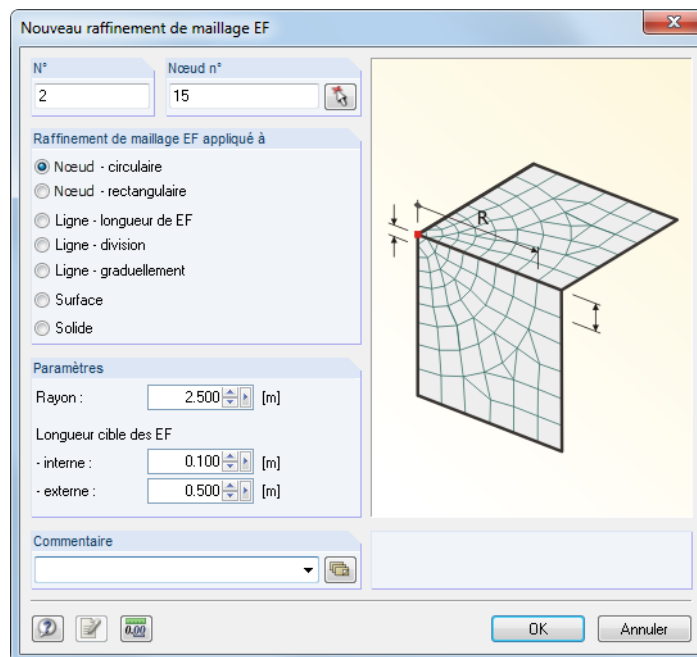


Figure 4.182 : Boîte de dialogue *Nouveau raffinement de maillage EF*

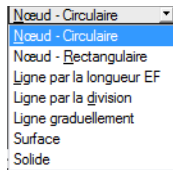
1.23 Raffinement de maillage EF

Raffin. n°	A Raffinement de maillage EF appliqué à	B Nœuds n°	C Nombre de divisions	D Rayon de sphère [m]	E Longueur EF ciblée [m]	F Interne Externe	G Commentaire
1	Nœud - Circulaire	3,4,15		2.500	0.100	0.500	
2	Surface	2		0.200			
3	Ligne par la longueur EF	10,11		0.250			
4	Solide	5		0.200			
5							
6							
7							

Fondations élastiques de barre | Non-linéarités de barre | Ensembles de barres | Intersections | Raffinement de maillage EF

Type de raffinement de maillage EF (F7 pour sélectionner).

Figure 4.183 : Tableau 1.23 *Raffinements de maillage EF*



Raffinement du maillage EF appliqué à

Avec les paramètres dans la section de dialogue ou dans la colonne de tableau, vous décidez quels objets sont compris par le raffinement du maillage EF et comment le raffinement est effectué. Il y a des options différentes disponibles pour la sélection.

Nœud - Circulaire

Définissez une aire de raffinement radial autour d'un nœud qui est étendue dans toutes les directions spatiales.

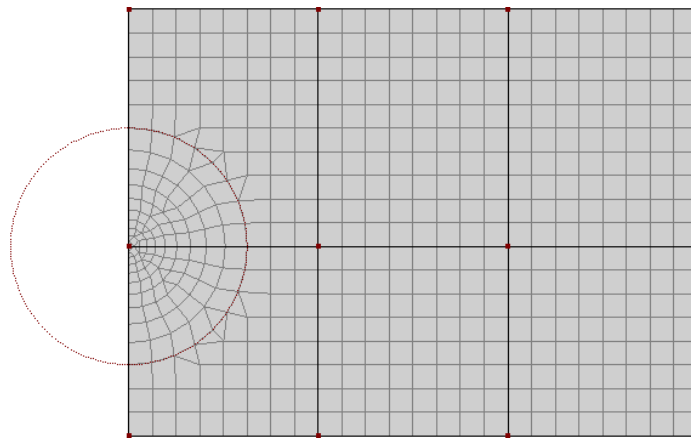


Figure 4.184 : Raffinement circulaire autour du nœud

Nœud - Rectangulaire

Au lieu d'une aire de raffinement circulaire, vous pouvez spécifier une zone rectangulaire pour le raffinement.

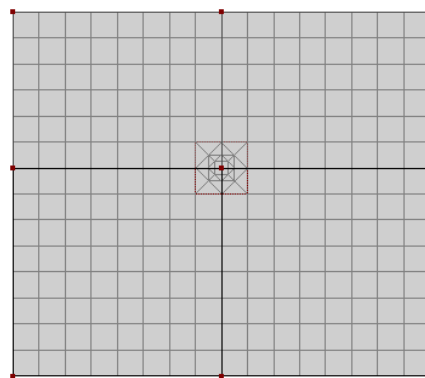


Figure 4.185 : Raffinement rectangulaire autour d'un nœud

Raffinement sur ligne par longueur EF

Définissez un espacement régulier des nœuds EF sur une ligne.

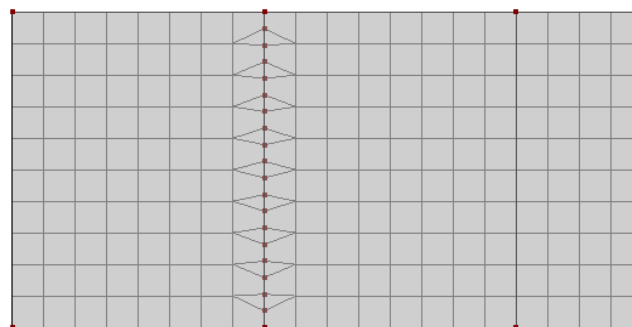


Figure 4.186 : Raffinement sur ligne par longueur EF

Raffinement sur ligne par division

Le maillage EF d'une ligne peut être raffiné dans des intervalles réguliers. Ce type de raffinement est surtout utile pour des lignes avec des propriétés de barre.

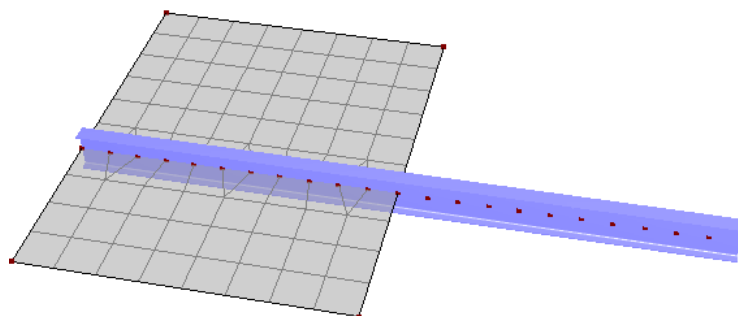


Figure 4.187 : Raffinement sur ligne par division

Raffinement graduel sur ligne

Les éléments finis attenants à la ligne peuvent être subdivisés par un nombre défini de n rangées. Ainsi, vous pouvez couvrir par exemple les aires aux limites des surfaces avec un raffinement. Ce type de raffinement est pareil à l'option de génération *Raffinement du maillage EF le long des lignes* (voir le chapitre 7.2.2, page 274) disponible pour des plaques 2D.

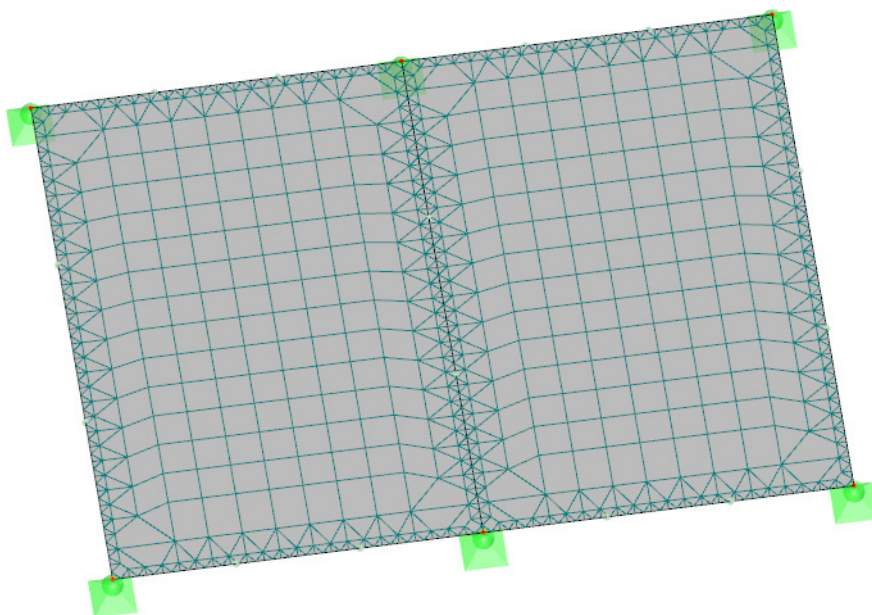


Figure 4.188 : Raffinement graduel sur une ligne par deux rangées

Raffinement sur une surface

Spécifie une longueur latérale d'éléments finis qui est définie comme une longueur visée et taille de maillage pour la surface complète.

Ce type de raffinement peut être utilisé aussi pour les surfaces avec une importance faible pour l'analyse : Comme un « raffinement », vous insérez une taille de maillage supérieure à la longueur visée EF globale.

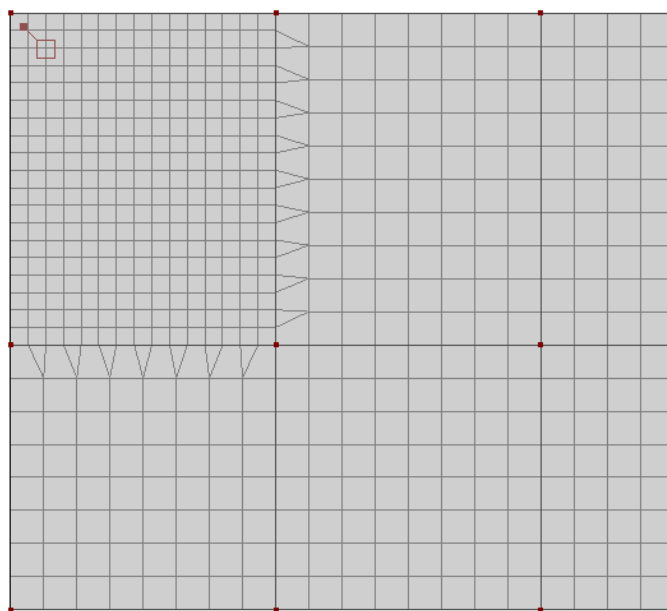


Figure 4.189 : Raffinement sur une surface

Raffinement sur un solide

Les raffinements du maillage EF peuvent être définis aussi pour les solides afin d'influencer la génération des éléments 3D.

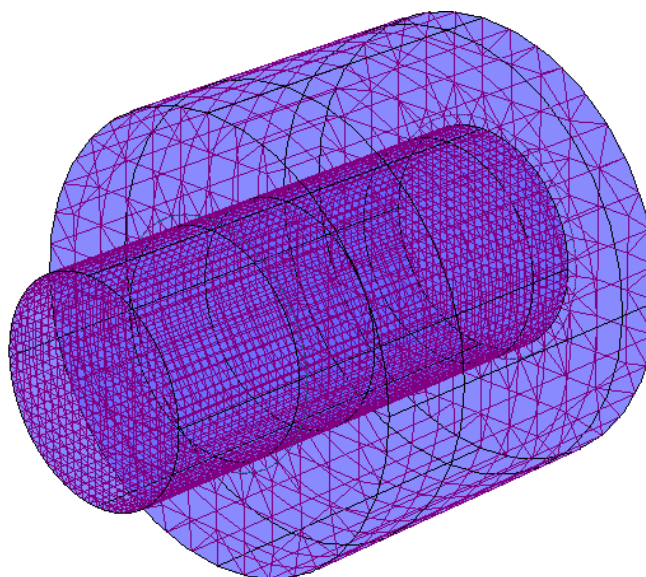


Figure 4.190 : Raffinement sur un solide



Nœuds / Lignes / Surfaces / Solides

Dans le champ d'entrée de la boîte de dialogue ou bien dans la colonne du tableau, insérez les numéros des objets auxquels vous voulez appliquer le raffinement du maillage EF. Dans la boîte de dialogue *Nouveau raffinement du maillage EF*, vous pouvez utiliser la fonction [^] pour sélectionner les objets graphiquement.

Paramètres

Rayon

Quand vous sélectionnez un raffinement circulaire autour d'un nœud, vous devez spécifier le *Rayon* de l'aire de raffinement. En complément, vous devez définir la *Longueur visée EF* au centre (*Interne*) et à la périphérie (*Externe*) du cercle. Si la longueur EF aux limites de l'aire de raffinement correspond à la taille de maillage globale, RFEM raffine le maillage graduellement depuis l'extérieur vers l'intérieur.

S'il y a une grande différence entre la longueur interne et externe EF, spécifiez un rayon plus large. Ainsi, vous pouvez éviter la génération d'éléments triangulaires à angles aigus dans l'aire de raffinement.

Longueur latérale

Quand vous sélectionnez un raffinement rectangulaire autour d'un nœud, vous devez définir l'aire de raffinement par sa longueur latérale. En outre, vous devez spécifier la *Longueur visée EF* au centre (*Interne*).

Nombre de nœuds de division

Quand vous sélectionnez un raffinement de ligne par division, vous devez définir le nombre de nœuds de division. Puis, le nombre défini de nœuds EF espacés également sera généré sur la ligne.

Nombre de rangés

Quand vous sélectionnez un raffinement graduel de ligne, vous devez définir le nombre de rangés *n*. Puis, RFEM divise les éléments finis de la surface qui sont directement attenants à la ligne en nombre de ligne correspondant. Ainsi, un raffinement en direction de la ligne est généré.

Longueur EF pour ligne / surface / solide

Si le raffinement est sélectionné sur une ligne, une surface ou un solide, la longueur visée EF pour les objets correspondants doit être insérée.

5. Cas de charge et combinaisons

Les charges agissant sur le modèle sont gérées dans différents cas de charge. Vous pouvez superposer ces cas de charge, soit manuellement soit automatiquement, dans les combinaisons de charge et de résultats (voir le chapitre 12.2.1, page 586).

Avant que vous définissiez les charges (voir le chapitre 6), vous devez créer un cas de charge.

5.1 Cas de charge

Description générale

Les charges d'une action particulière sont stockées dans un cas de charge (**CC**). Les cas de charge sont par exemple : poids propre, neige ou charge d'exploitation.

Les charges dans les cas de charge doivent être définies comme des actions caractéristiques, c'est-à-dire **sans facteurs**. Les facteurs partiels de sécurité peuvent être considérés plus tard quand les cas de charge seront superposés dans les combinaisons de charge ou de résultats.

Pour chaque cas de charge, vous pouvez définir séparément quelle méthode de calcul (statique linéaire, de second ordre ou de grandes déformations), approche et paramètres de calcul (facteur d'incrément de charge, réduction de rigidité par facteur partiel de sécurité du matériau) vous voulez utiliser.

Création d'un nouveau cas de charge

Il existe plusieurs possibilités pour ouvrir la boîte de dialogue de chargement pour créer un nouveau cas de charge :

- Vous pointez sur **Charges** dans le menu **Insérer** et sélectionnez **Nouveau cas de charge**.
- Utilisez le bouton de la barre d'outils [Nouveau cas de charge] figuré à gauche.



Figure 5.1 : Bouton *Nouveau cas de charge* dans la barre d'outils

- Utilisez le menu contextuel de l'entrée du navigateur *Cas de charge*.

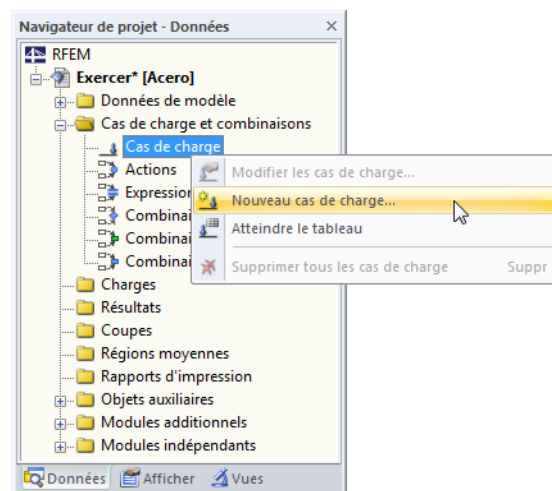


Figure 5.2 : Menu contextuel des *Cas de charge* dans le navigateur *Données*

La boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* s'affiche. Un nouveau cas de charge est prédéfini dans l'onglet *Cas de charge*.

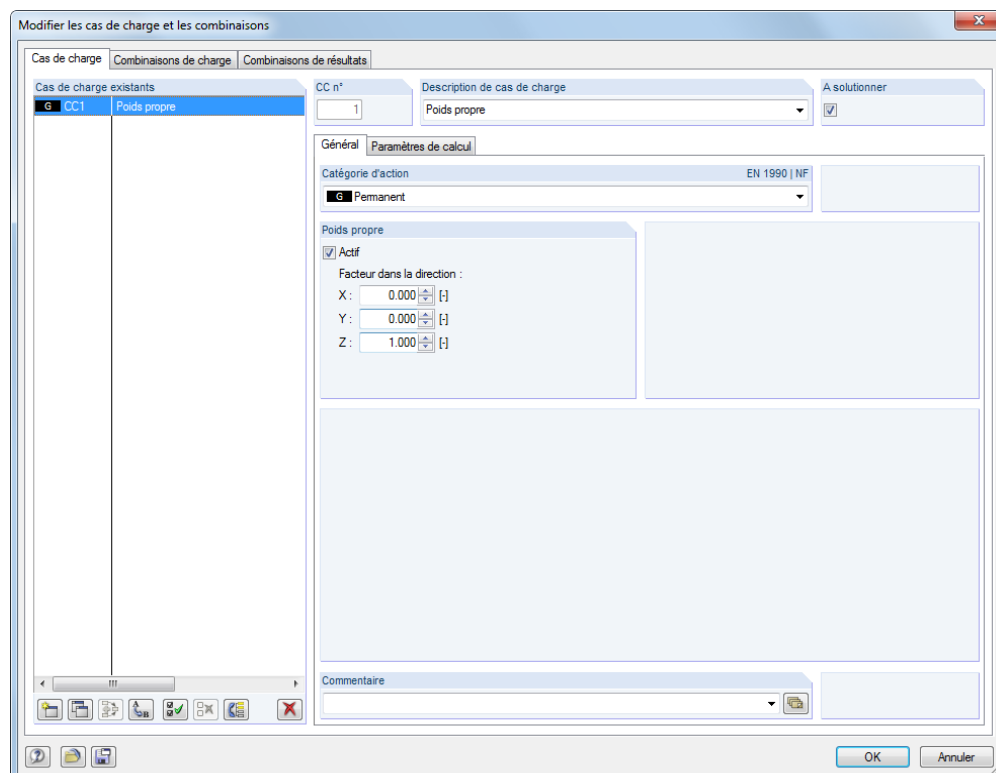


Figure 5.3 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglet *Cas de charge*



- Vous pouvez aussi insérer un nouveau cas de charge dans une rangée vide du tableau 2.1 *Cas de charge*.

2.1 Cas de charge

Cas de charge	A	B	C	D	E	F	G	H
	Description du cas de charge	A solutionner	EN 1990 NF Catégorie d'action	Poids propre - Facteur en direction Actif	X	Y	Z	Commentaire
CC1	Poids propre	<input checked="" type="checkbox"/>	G Permanent	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
CC2	Charge imposée	<input type="checkbox"/>	Q/A D'exploitation - Catégorie A : lieux	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
CC3	Neige	<input checked="" type="checkbox"/>	S Neige (H ≤ 1000 m d'altitude)	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
CC4	Vent	<input checked="" type="checkbox"/>	Qw Vent	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
CC5	Imperfection en direction de +Y	<input type="checkbox"/>	Imp Imperfection	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	
CC6								
CC7								

Cas de charge | Actions | Expressions de combinaison | Combinaisons d'actions | Combinaisons de charge | Combinaisons de résultats

Description de cas de charge

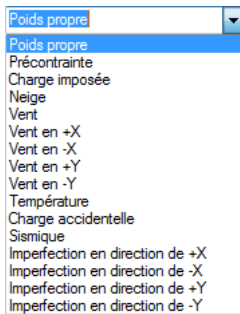
Figure 5.4 : Tableau 2.1 *Cas de charge*

Cas de charge

Le numéro du nouveau cas de charge est prédéfini, mais peut être modifié dans le champ d'entrée du dialogue *CC n°*. Si le numéro inséré est déjà attribué, RFEM affiche un avertissement lors de la fermeture de la boîte de dialogue.



La création des cas de charge doit être bien organisée. Les écarts dans la numérotation sont permis pour que vous puissiez insérer des cas de charge additionnels plus tard. L'ordre des cas de charge peut être modifié ultérieurement à l'aide du bouton de dialogue [Renommer] (voir le Tableau 5.1 et le chapitre 11.4.18, page 506).



Description du cas de charge

Vous pouvez insérer des noms manuellement. Vous pouvez aussi choisir un nom de la liste pour décrire brièvement le cas de charge.

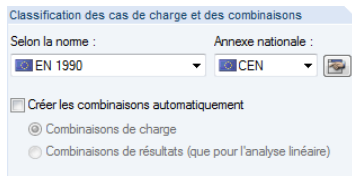
A solutionner

Utilisez la case pour décider si le cas de charge est considéré comme un cas de charge indépendant dans le calcul. Dans ce cas, vous pouvez exclure les cas de charge du calcul qui ne sont pas pris en compte (par exemple le vent sans considération du poids propre) ou dont les résultats ne correspondent pas à la vérification préliminaire.

Type d'action

Les normes mentionnent différentes catégories d'action qui contrôlent la superposition des cas de charge tout comme les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison. Chaque cas de charge doit être attribué à une catégorie.

Cette liste de la boîte de dialogue et du tableau vous fournit plusieurs catégories pour la sélection. Elles dépendent de la norme qui est définie dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base* (voir le chapitre 12.2.1, page 586).



Paramètres standard dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base*

Type d'action	EN 1990 CEN
G Permanent	1
P Précontrainte	2
Q1 A D'exploitation - Catégorie A : lieux de vie domestique, zones résidentielles	3.A
Q1 B D'exploitation - Catégorie B : zones de bureaux	3.B
Q1 C D'exploitation - Catégorie C : zones de réunions	3.C
Q1 D D'exploitation - Catégorie D : zones de ventes	3.D
Q1 E D'exploitation - Catégorie E : zones de stockage	3.E
Q1 F D'exploitation - Catégorie F : zone de circulation - Véhicules de poids ≤ 30 kN	3.F
Q1 G D'exploitation - Catégorie G : zones de circulation - Véhicules de poids ≤ 160 kN	3.G
Q1 H D'exploitation - Catégorie H : toits	3.H
Qs Neige (Finlande, Islande, Norvège, Suède)	4.A
Qs Neige (H > 1000 m d'altitude)	4.B
Qs Neige (H ≤ 1000 m d'altitude)	4.C
Qw Vent	5
Qt Température (sans feu)	6
A Accidentel	7
AE Séisme	8
Imp Imperfection	

Figure 5.5 : Catégories d'action selon EN 1990

Ces catégories d'action sont importantes pour la combinaison des cas de charge manuelle ou automatique. La classification du cas de charge détermine quels facteurs sont appliqués quand vous créez les combinaisons de charge et de résultats.

Poids propre

Quand vous voulez prendre en compte le poids propre de construction comme une charge, Activez la case. La direction de charge de l'action peut être définie dans un des trois champs d'entrée à l'aide du facteur de poids propre. Les paramètres par défaut sont 1.00 en direction Z ou bien -1.00 si l'axe global Z est dirigé vers le haut.

Quand le poids propre automatique est appliqué dans plusieurs cas de charge, vous devez le considérer pour la combinaison des cas de charge.

Commentaire

Insérez une note définie par l'utilisateur ou sélectionnez une entrée de la liste pour décrire le cas de charge en détail.

Paramètres de calcul

L'onglet *Paramètres de calcul* dans la boîte de dialogue de chargement vous offre différentes options pour le contrôle du calcul. Vous trouverez une description détaillée de ces paramètres dans le chapitre 7.3.1 à la page 278.

Modifier les données générales d'un cas de charge

Il y a plusieurs possibilités pour modifier les données générales d'un cas de charge existant :

- Dans le menu **Modifier**, pointez sur **Charges** et puis, sélectionnez **Cas de charge - Données de base** (cas de charge courant).
- Dans le menu **Modifier**, pointez sur **Charges** et puis, sélectionnez **Cas de charge** (sélection des tous les cas de charge).
- Dans le navigateur *Données*, cliquez sur le bouton droit de la souris sur un cas de charge pour ouvrir son menu contextuel ou bien cliquez deux fois sur ce même cas de charge.

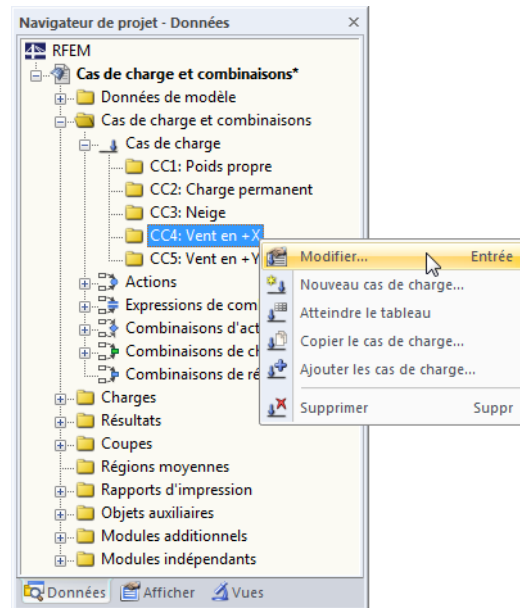


Figure 5.6 : Menu contextuel d'un cas de charge



- Utilisez le bouton [Modifier les cas de charge] dans la barre d'outils des tableaux de charges (cas de charge actuel).

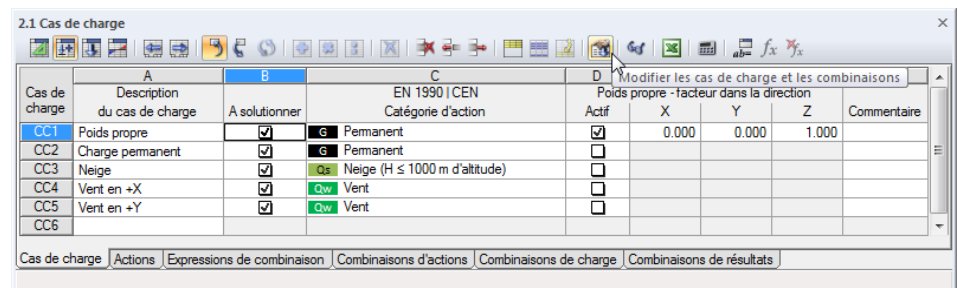
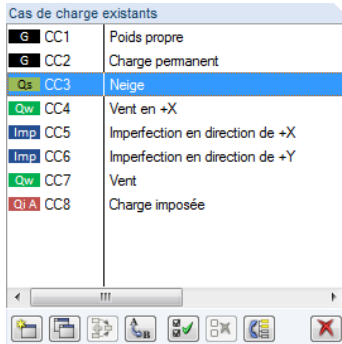


Figure 5.7 : Bouton [Modifier les cas de charge et les combinaisons] dans la barre d'outils des tableaux de charge



Boutons

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, il y a plusieurs boutons disponibles au-dessous de la liste de cas de charge (voir la Figure 5.3, page 180). Les boutons ont les fonctions suivantes :









	Crée un nouveau cas de charge
	Crée un nouveau cas de charge comme une copie du cas de charge sélectionné (voir ci-dessous)
	S'il y a plusieurs cas de charge sélectionnés, toutes les charges contenues sont copiées dans un nouveau cas de charge (voir ci-dessous).
	Attribue une nouvelle barre dans un cas de charge sélectionné. Spécifier le numéro dans une boîte de dialogue séparée. Il n'est pas permis d'insérer un numéro qui a déjà été attribué.
	Sélectionne tous les cas de charge
	Annule la sélection dans la liste
	Renverse la sélection des cas de charge
	Supprime les cas de charge sélectionnés

Tableau 5.1 : Les boutons dans l'onglet *Cas de charge*

Copier et ajouter les cas de charge

Vous pouvez utiliser les cas de charge déjà existants pour créer un nouveau cas de charge.



Pour **copier** un cas de charge, sélectionnez le cas de charge approprié dans la liste *Cas de charge existants*. En cliquant sur le bouton [Copier], vous créez une copie du cas de charge avec le numéro suivant disponible. Puis, vous pouvez ajuster la description du nouveau cas de charge et des charges.



Quand **vous ajoutez** les cas de charge, RFEM copie les charges de plusieurs cas de charge dans un nouveau cas de charge. D'abord, sélectionnez les cas de charge appropriés dans la liste *Cas de charge existants* (sélection multiple à l'aide de la touche [Ctrl] appuyée). Utilisez le bouton [Ajouter] pour copier les charges dans un nouveau cas de charge.

5.2 Actions

Description générale

Quand vous utilisez les normes les plus récentes, par exemple EN 1990 ou DIN 1055-100 (Allemagne), la prise en compte de toutes les situations de calcul en question et la sélection des situations déterminantes pour les calculs demande souvent beaucoup de temps. Dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base*, vous avez la possibilité de créer des combinaisons automatiquement (voir la Figure 12.23, page 584).

Case à cocher dans la boîte de dialogue
Modèle - Données de base

Les cas de charge définis dans le tableau 2.1 (voir le chapitre précédent 5.1) représentent les données de base pour une superposition automatique. RFEM distingue deux catégories de charge différentes : cas de charge standard et cas de charge de type *Imperfection*. En outre, pour combiner les cas de charge, il est important de savoir dans quelle catégorie d'action les cas de charge standard ont été organisés.

Les normes vous donnent des règles pour la combinaison des actions indépendantes dans différentes situations de calcul. Les actions sont indépendantes l'une de l'autre si elles viennent de différentes origines et si la corrélation existante parmi elles peut être négligée compte tenu de la fiabilité du système structural.

En conformité avec ce concept, les *Actions* auxquelles les cas de charge sont attribués doivent être définies pour la superposition automatique dans RFEM. Le type d'action défini pour les cas de charge (voir le chapitre 5.1, page 181) contrôle l'attribution aux catégories d'action conformément aux normes.

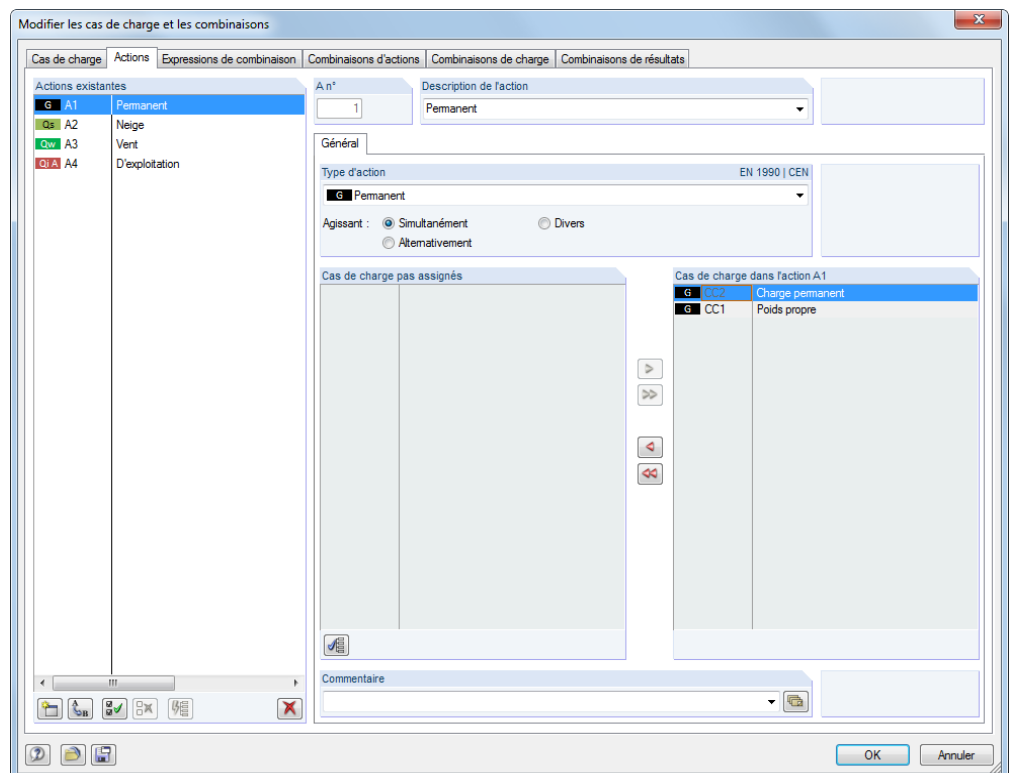
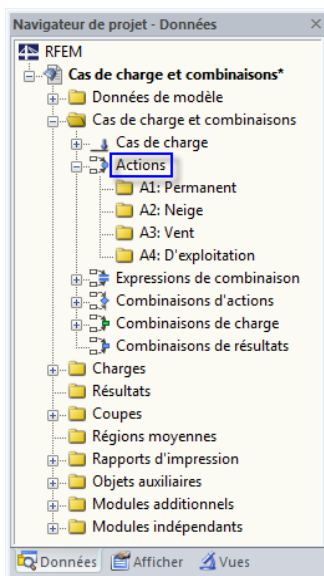
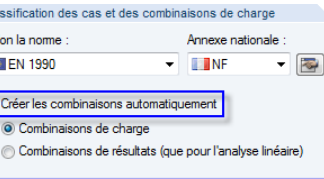


Figure 5.8 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglets *Actions*

2.2 Actions

Action	A Description de l'action	B EN 1990 NF Catégorie d'action	C Action	D Cas de charge dans l'action CC.1 CC.2 CC.3	E	F	G Commentaire
A1	Permanent	G Permanent		CC1			
A2	Neige	Qs Neige (H ≤ 1000 m d'altitude)		CC3			
A3	Vent	Qw Vent	Alternativement	CC4	CC5		
A4	Imposée	Q1B D'exploitation - Catégorie B : zones de bureaux	Alternativement	CC6			
A5			Simultanément				
A6			Divers				
A7							

Cas de charge Actions Expressions de combinaison Combinaisons d'actions Combinaisons de charge Combinaisons de résultats

Alternativement

Figure 5.9 : Tableau 2.2 Actions

Action

Les actions sont déjà créées quand vous définissez les cas de charge. Elles sont énumérées successivement. La séquence n'est pas importante, mais elle peut être modifiée, si nécessaire, à l'aide du bouton [Renuméroter] disponible dans la boîte de dialogue.

Dans le tableau, vous pouvez ajouter les actions manuellement par exemple pour attribuer les cas de charge à l'aide des spécifications définies par l'utilisateur quand vous calculez de grands modèles.

Description de l'action

La description de l'action est dérivée du type d'action qui a été sélectionné pour les cas de charge. La description prédéfinie peut être modifiée, si nécessaire.

Catégorie d'action

Les normes mentionnent différentes catégories d'action qui gèrent les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison (voir le chapitre 5.1, page 181).

La liste des boîtes de dialogue et des tableaux vous fournit seulement les catégories qui ont été utilisées pour la définition des cas de charge simples. Ainsi, un nouveau type d'action doit être attribué dans les données de base d'un cas de charge pour créer une nouvelle catégorie.

Agissant

Deux ou plusieurs cas de charge peuvent être définis comme agissant *Simultanément* ou *Alternativement*. C'est-à-dire que ces cas de charge se trouvent soit toujours soit jamais ensemble dans une combinaison de charge ou de résultats.

Par exemple, les cas de charge de vent avec différentes directions agissent « alternativement ».

Cas de charge dans l'action

Les cas de charge sont attribués selon les spécifications du type d'action de CC, l'attribution est donc principalement automatique.

Pour enlever un cas de charge d'une action, sélectionnez le cas de charge dans la section *Cas de charge dans l'action*. Utilisez le bouton [◀] ou cliquez deux fois sur l'entrée pour le transférer dans la section de dialogue *Cas de charge non attribués*. Dans ce tableau, vous pouvez définir aussi un cas de charge inactif : Sélectionnez l'entrée vide dans la liste de la cellule du tableau correspondant.

Les cas de charge enlevés manuellement, qui prennent en compte un type d'action, sont transférés dans la liste *Cas de charge non attribués*. C'est-à-dire que seulement des cas de charge du même type de catégorie peuvent être inclus dans une catégorie d'action. Il n'est pas possible, par exemple, de sélectionner les cas de charge de type « charges d'exploitation » pour les actions de « neige » ni dans la boîte de dialogue ni dans la liste du tableau (voir la figure à gauche). Ainsi, les cas de charge de différents types ne sont pas visibles dans la liste *Actions existantes*. Utilisez le bouton [Afficher les non utilisés] au-dessous de la section pour afficher les cas de charge des autres catégories. Ils sont affichés comme verrouillés et ne peuvent pas être sélectionnés.

EN 1990 | CEN
Catégorie d'action

G	Permanent
G	Permanent
Q1A	D'exploitation - Catégorie A :
Q1B	D'exploitation - Catégorie B :
Qs	Neige (H ≤ 1000 m d'altitude)
Qw	Vent

Cas de charge dans l'action

CC.1	CC.2	CC.3
CC4		
CC6		
CC2	Qw	CC5 Vent en +Y



Les cas de charge qui ne sont attribués à aucune action ne sont pas pris en compte pour la génération des combinaisons.

Commentaire

Insérez une note définie par l'utilisateur ou sélectionnez une entrée de la liste.

Les boutons dans l'onglet *Actions* de la boîte dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* ont les fonctions suivantes :







	Crée une nouvelle action
	Re-numérote les actions sélectionnées
	Sélectionne toutes les actions
	Annule la sélection dans la liste
	Attribue les cas de charge non attribués aux actions automatiquement
	Supprime les actions sélectionnées

Tableau 5.2 : Boutons dans l'onglet *Actions*

5.3 Expressions de combinaison

Description générale

Les normes décrivent comment combiner les actions. Par exemple, EN 1990 nécessite la vérification des états limites ultimes et de service. Les états limites ultimes pour la **Capacité portante de charge** doivent être vérifiés dans quatre situations de calcul pour lesquelles vous devez appliquer des règles de combinaison particulières :

1. Les situations permanentes incluant les conditions communes de l'utilisation d'un système structurel tout comme les situations temporaires rapportées aux étapes limitées dans le temps de la structure (par exemple les étapes de construction, réparations)

Comme une règle de combinaison pour les situations permanentes et temporaires (combinaison de base), vous devez appliquer soit

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.1

soit la combinaison la moins favorable avec l'Equation 5.2 et l'Equation 5.3 pour les états limites STR et GEO.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.2

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.3

2. Situations extraordinaires correspondantes aux actions extraordinaires du système structurel ou à son environnement (par exemple feu, explosion, collision)

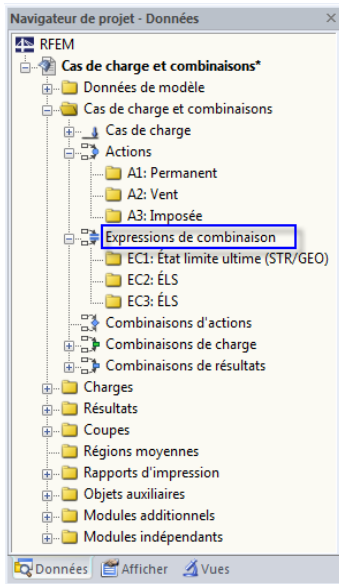
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.4

3. Situations en cas de séismes

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.5



Selon EN 1990, vous devez vérifier les états limites **de service** dans trois situations de calcul pour lesquelles les règles de combinaison suivantes doivent être appliquées.

1. Situations caractéristiques avec les effets irréversibles (permanents) sur le système structurel

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.6

2. Situations fréquentes avec les effets réversibles (non permanents) sur le système structurel

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.7

3. Situations quasi-permanentes avec les effets de longue durée sur le système structurel

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Equation 5.8

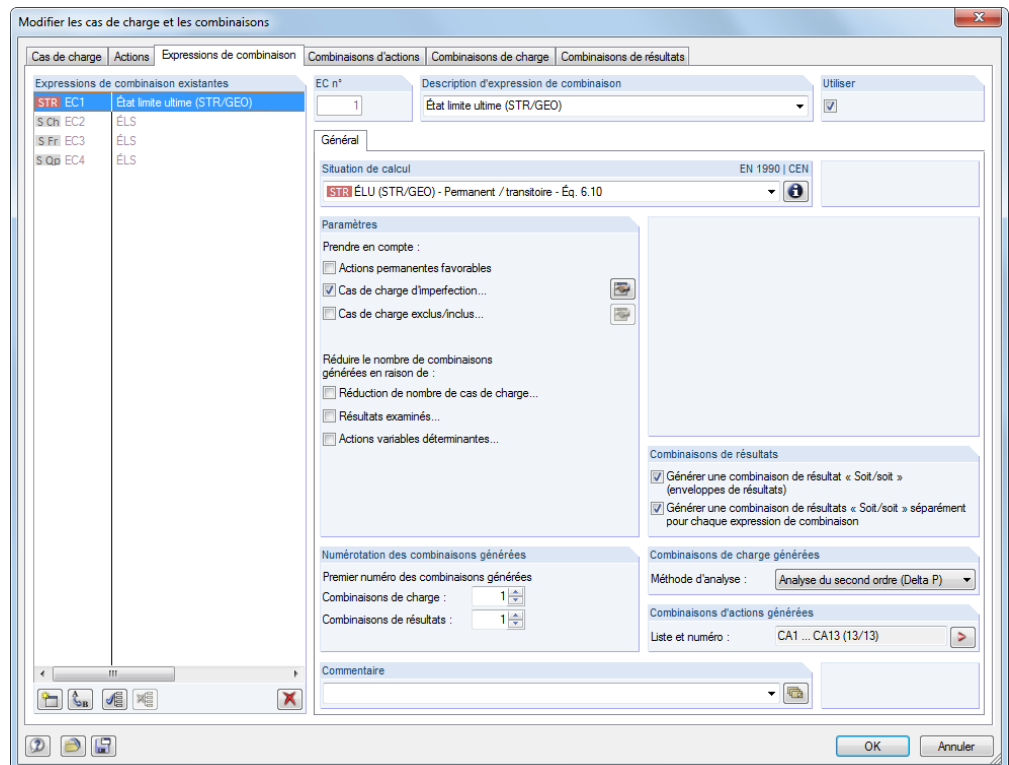


Figure 5.10 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglet *Expressions de combinaison*

Express. de com.	Description d'expression de	Utiliser	EN 1990 NF	Situation de calcul	Actions favorables	Considérer CC d'imperfection	CC ex/inclus	Réduire nombre du à Restriction	Résultats / Actions	Générés générées	Commentaire
EC1	ÉLU	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Perma	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CA1 ... CA13 (13/47)	
EC2	ÉLS	<input checked="" type="checkbox"/>	SCh	ÉLS - Caractéristique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CA14 ... CA26 (13/47)	
EC3	ÉLS	<input checked="" type="checkbox"/>	SFr	ÉLS - Fréquent	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CA27 ... CA39 (13/47)	
EC4	ÉLS	<input checked="" type="checkbox"/>	SOG	ÉLS - Quasi-permanent	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CA40 ... CA47 (8/47)	
EC5											
EC6											
EC7											

Figure 5.11 : Tableau 2.3 *Expressions de combinaison*

Expressions de combinaison

Quand vous accédez à la boîte de dialogue ou dans le tableau, RFEM prédéfinit les règles de combinaison des situations de calcul suivantes :

- *STR (ELU)* état limite ultime pour une situation permanente ou temporaire
- *S Ca (ELS)* état limite de service pour une situation caractéristique
- *S Fr (ELS)* état limite de service pour une situation fréquente
- *S Qp (ELS)* état limite de service pour une situation quasi-permanente



Vous pouvez créer une nouvelle règle de combinaison dans une autre rangée de tableau ou dans la boîte de dialogue en utilisant le bouton [Nouvelle]. Les situations de calcul décrites ci-dessous sont disponibles pour la sélection.



Les règles de combinaison marquées dans la liste de dialogue peuvent être supprimées avec le bouton [Supprimer].

Description de l'expression de combinaison

La courte description des règles de combinaison peut être modifiée ultérieurement. La liste vous offre quelques suggestions pour la sélection.

Utiliser

Utilisez la case pour décider si la règle de combinaison sélectionnée doit être considérée lors de la création des combinaisons de résultats. De cette façon, vous pouvez réactiver ou exclure les situations de calcul de la génération.

Situation de calcul

Les normes décrivent les situations pour lesquelles les calculs des systèmes structuraux doivent être effectués. Ces situations de calcul déterminent les conditions prévues pendant la construction et l'utilisation du bâtiment.

Les situations de calcul suivantes pour EN 1990 sont disponibles pour la sélection dans la liste :

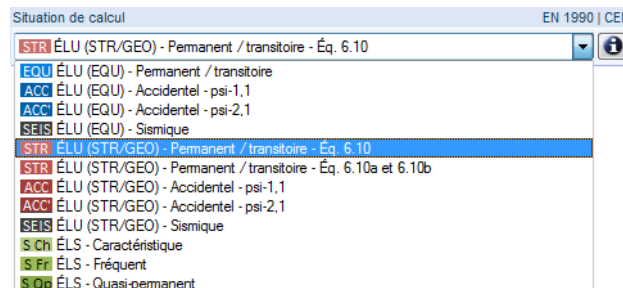


Tableau 5.12 : Situations de calcul selon EN 1990

Pour les normes DIN 1055-100, DIN EN 1990 et EN 1990 + DIN EN 1995, RFEM vous offre aussi les situations de calcul *Accidentel - Neige* où les facteurs pour la plaine d'Allemagne du Nord sont prises en compte.



Utilisez le bouton [Info] pour vérifier la règle de combinaison de la situation de calcul actuelle. Une boîte de dialogue expliquant l'équation avec les paramètres appropriés (voir la figure ci-dessous) s'ouvre.

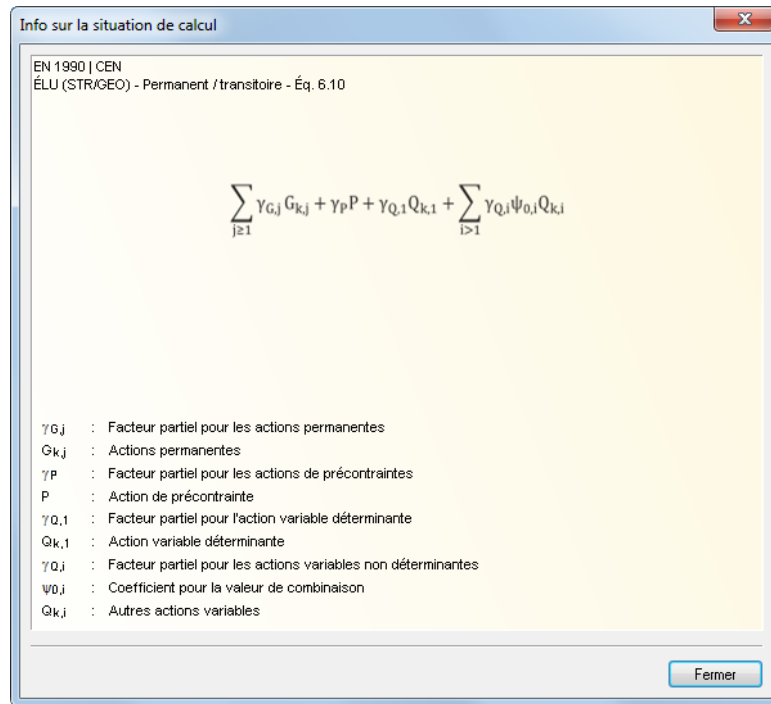
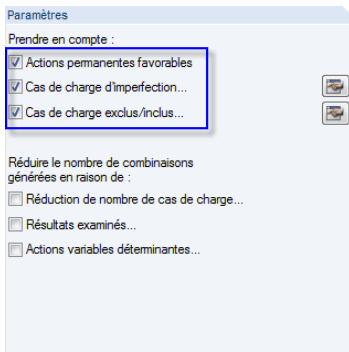


Figure 5.13 : Boîte de dialogue *Info sur la situation de calcul*



Actions permanentes favorables

Grâce à cette option, RFEM peut distinguer parmi les actions permanentes agissant favorablement et défavorablement pendant la génération. Elles sont considérées avec différents facteurs partiels de sécurité dans la superposition. Les combinaisons additionnelles sont générées.

Les paramètres de la case n'influencent que les situations de calcul pour la capacité portante. La distinction parmi les actions permanentes agissant favorablement et défavorablement est faite automatiquement pour la situation de calcul « équilibre statique » tandis que les actions pour la situation de calcul « état limite de service » ne sont pas distinguées.

Cas de charge d'imperfection

RFEM distingue deux catégories de charge différentes : cas de charge standard et cas de charge de type *Imperfection*. Grâce au traitement spécial des imperfections, vous pouvez former des combinaisons de charge possibles avec ou sans imperfection.

Les cas de charge d'imperfection sont pris en compte seulement pour la génération des combinaisons de charge. En outre, les paramètres des cases sont généralement valides : Les imperfections peuvent être considérées soit d'une façon cohérente pour toutes les règles de combinaison ou pas du tout. Il n'est pas possible d'appliquer les imperfections séparément pour les expressions de combinaison individuelles.

Quand la case est cochée, le bouton [Paramètres] ou le bouton [...] est activé. Utilisez les boutons pour accéder à une boîte de dialogue avec les paramètres spécifiques pour les cas de charge d'imperfection.

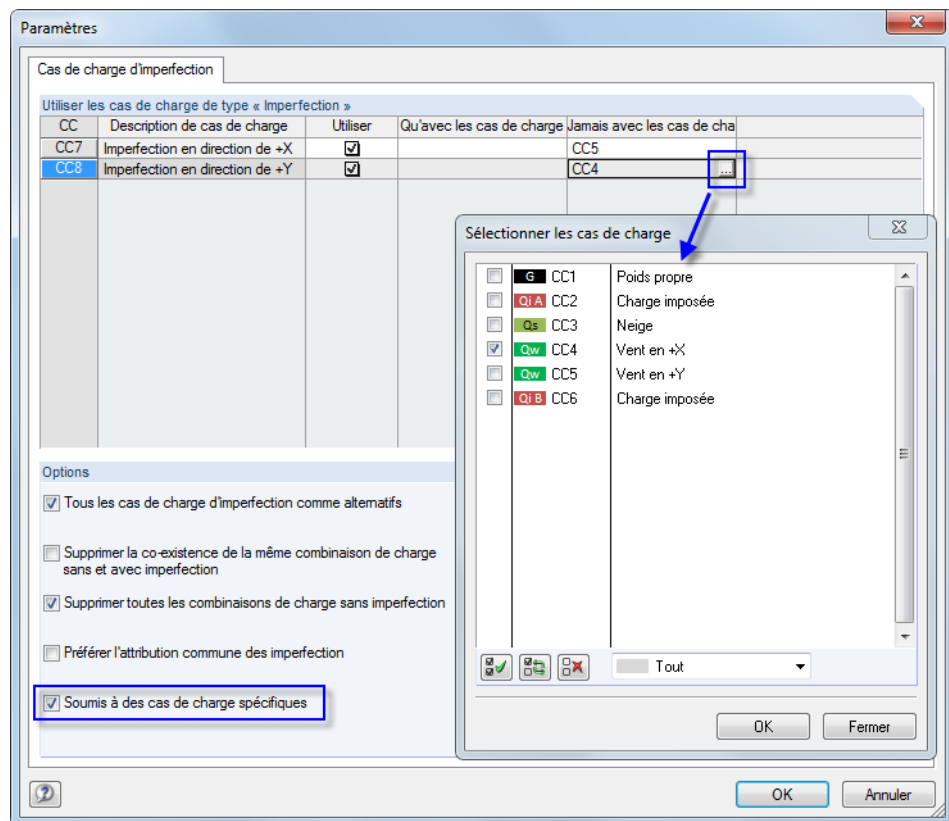


Figure 5.14 : Boîtes de dialogue *Paramètres* et *Sélectionner les cas de charge* pour sélectionner les cas de charge

La section de dialogue *Utiliser les cas de charge de type « Imperfection »* liste tous les cas de charge qui ont été classifiés comme un type d'action « imperfection » (voir le chapitre 5.1, page 181). Utilisez les cases dans la colonne *Utiliser* pour contrôler les cas de charge en détail et pour décider quel cas de charge est inclus dans la génération des combinaisons de charge.

Les colonnes *Qu'avec les cas de charge* et *Jamais avec les cas de charge* sont affichées si les cas de charge d'imperfection sont *Soumis à des cas de charge spécifiques* (voir la description ci-dessous).

Avec les paramètres dans la section de dialogue *Options*, vous déterminez comment les cas de charge d'imperfection sont pris en compte. Quand *Tous les cas de charge d'imperfections* agissent *comme alternatifs*, RFEM n'applique qu'un cas de charge d'imperfection pour chaque combinaison de charge.

Si au moins un cas de charge d'imperfection est activé, toute combinaison de charge possible sera créée soit avec soit sans imperfection. Si vous ne voulez créer que les combinaisons de charge avec imperfection, cochez la case pour *Supprimer la coexistence de la même combinaison de charge avec et sans imperfection*.

Avec l'option *Soumis à des cas de charge spécifiques*, vous pouvez réduire le nombre de combinaisons de charge générées. Si cette option est cochée, les deux colonnes additionnelles *Jamais* et *Avec cas de charge* sont affichées dans la section de dialogue ci-dessus. Cliquez dans une cellule pour activer le bouton [...] que vous pouvez utiliser pour accéder dans la boîte de dialogue *Sélectionner les cas de charge* où vous pouvez définir une relation entre le cas de charge d'imperfection et un ou plusieurs cas de charge inclus ou bien alternatif (voir la Figure 5.14).

Cas de charge exclus/inclus

Pour réduire le nombre de combinaisons de charge créées, vous pouvez classer les cas de charge s'excluant mutuellement ou apparaissant toujours ensemble.



Quand vous cochez la case, le bouton de dialogue [Paramètres] ou le bouton de tableau [...] que vous pouvez utiliser pour ouvrir une boîte de dialogue avec des paramètres détaillés pour l'application des cas de charge s'activent.

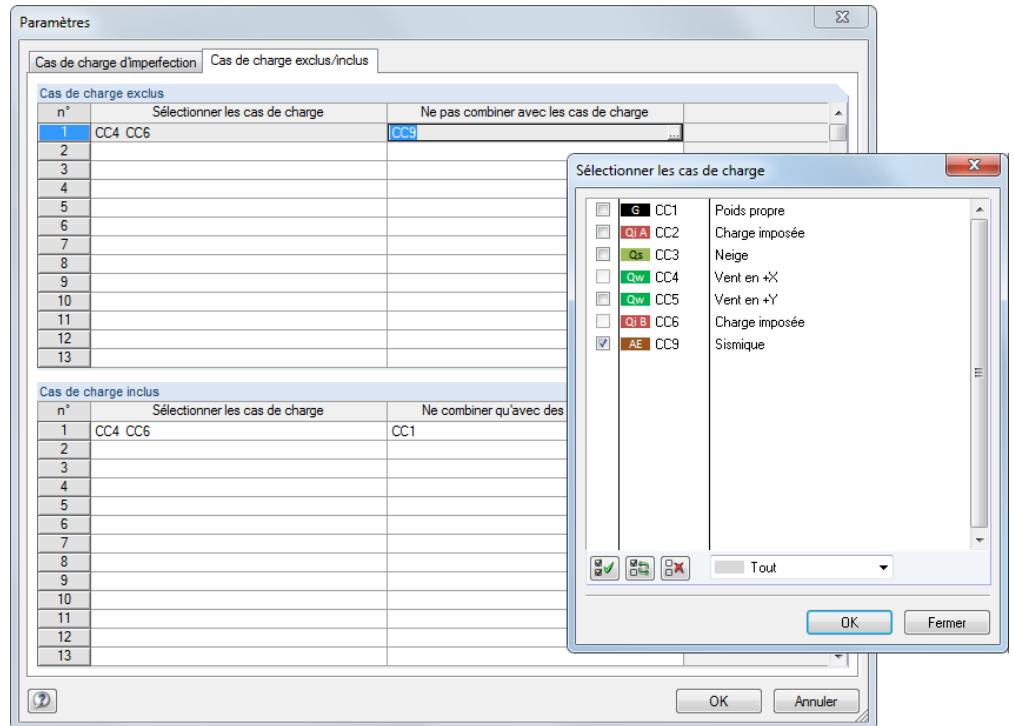


Figure 5.15 : Boîtes de dialogue *Paramètres*, onglet *Cas de charge exclus/inclus* et *Sélectionner les cas de charge*



D'abord, insérez un cas de charge dans la colonne *Sélectionner les cas de charge* dans la section de dialogue *Cas de charge exclus*. Vous pouvez utiliser aussi le bouton [...] pour ouvrir la boîte de dialogue *Sélectionner les cas de charge* où vous pouvez sélectionner le cas. Puis, dans la colonne *Ne pas combiner avec les cas de charge*, définissez quels cas de charge vous ne voulez jamais prendre en compte ensemble avec le cas dans la combinaison de charge. Ainsi, il est possible d'éviter par exemple la combinaison de neige avec le cas de charge humain.



Dans la section de dialogue *Cas de charge inclus*, vous pouvez spécifier les paramètres analogiquement pour les cas de charge qui doivent apparaître toujours ensemble dans chaque combinaison de charge. Néanmoins, ces relations ne sont efficaces que si l'option *Réduire le nombre de combinaisons générées à cause de l'examen de résultats* (voir ci-dessous) n'est pas activée.

Les spécifications dans la boîte de dialogue *Cas de charge inclus* ne sont pris en compte que pour la génération des combinaisons de charge, pas pour la génération des combinaisons de résultats.

Réduire le nombre de combinaisons générées en raison de

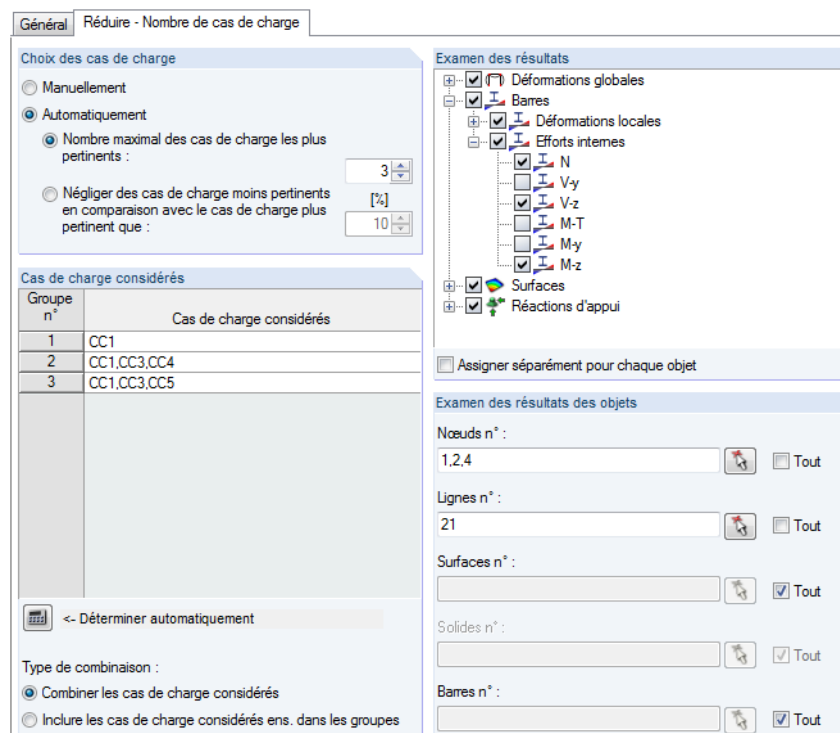
La complexité du système structural tout comme le nombre d'actions et de cas de charge influence d'une façon importante le nombre de combinaisons générées. RFEM vous offre trois possibilités pour réduire le nombre de constellations avec grand effet. Les deux premières procédures ne sont disponibles que pour la génération des combinaisons de charge mais pas pour les combinaisons de résultats. Elles sont décrites dans un exemple qui peut être trouvé à la page 196.

Réduction de nombre de cas de charge

Avec cette option, vous pouvez en général limiter le nombre de cas de charge qui apparaissent dans les combinaisons de charge. L'accès à la case est disponible dans l'onglet *Général* des *Expressions de combinaison* (voir la Figure 5.10, page 188). RFEM trouve les cas de charge qui donnent les efforts internes et les déformations positifs ou négatifs. Puis, tous les cas de charge agissant positivement et négativement sont combinés. Ainsi, les combinaisons ne prennent en compte que les cas de charge qui correspondent aux valeurs maximales ou minimales.

L'avantage de cette méthode est la possibilité de réduire considérablement le nombre de combinaisons ce qui influence positivement la vitesse de calcul tout comme l'évaluation. L'inconvénient peut être le fait qu'il y a un certain facteur d'incertitude pour la réduction afin de trouver les valeurs extrêmes en cas des arrangements de charge et des spécifications défavorables.

Quand vous cochez la case, l'onglet de dialogue additionnel *Réduire - Nombre de cas de charge* où vous pouvez spécifier en détail les cas de charge, efforts internes et les objets que vous voulez considérer pour la création des combinaisons déterminantes s'affiche.



Groupe n°	Cas de charge considérés
1	CC1
2	CC1,CC3,CC4
3	CC1,CC3,CC5

Figure 5.16 : Onglet de dialogue *Réduire - Nombre de cas de charge* pour les expressions de combinaison

Les cas de charge peuvent être sélectionnés *Manuellement* ou déterminés *Automatiquement* sur la base des critères correspondants. Si vous cliquez sur le bouton [Déterminer automatiquement], le calcul démarre afin de déterminer les efforts internes, déformations et réactions d'appui maximaux et minimaux dans les cas de charge.





Quand la détermination automatique est sélectionnée, définissez quels *résultats* (déformations, efforts internes des barres et des surfaces, réactions d'appui) et *objets* (nœuds, surfaces, barres etc.) vous voulez considérer pour l'évaluation des cas de charge. Les objets appropriés peuvent être sélectionnés graphiquement avec la fonction [^] dès que la case *Tout* est décochée. Ci-dessus, vous pouvez utiliser la case *Attribuer séparément pour chaque objet* afin d'attribuer les types de résultat spécifiques aux objets pour l'analyse.

Le nombre de cas de charge contenu dans un *groupe* après le calcul des données de cas de charge dépend des paramètres définis dans la section de dialogue *Choix des cas de charge* :

- Quand vous sélectionnez l'option **Nombre maximal de cas de charge les plus pertinents**, un groupe vous donne soit le nombre maximal spécifié de cas de charge soit seulement les cas de charge agissant positivement ou négativement dans un nombre plus petit.
- Vous pouvez **Négliger les cas de charge** qui n'ont que très petites influences dans les valeurs maximales et minimales. Le pourcentage est rapporté aux efforts internes, déformations et forces d'appui des cas de charge qui donnent les valeurs extrêmes d'une façon appropriée.

Les cas de charge d'imperfection ne sont pas considérés quand la création automatique des groupes est définie.

Règles d'examen

RFEM crée seulement les combinaisons de charge déterminantes (cette option n'est pas disponible pour les combinaisons de résultats).

Quand vous cocher la case, le nouvel onglet *Réduire - Examiner des résultats* est ajouté dans la boîte de dialogue.

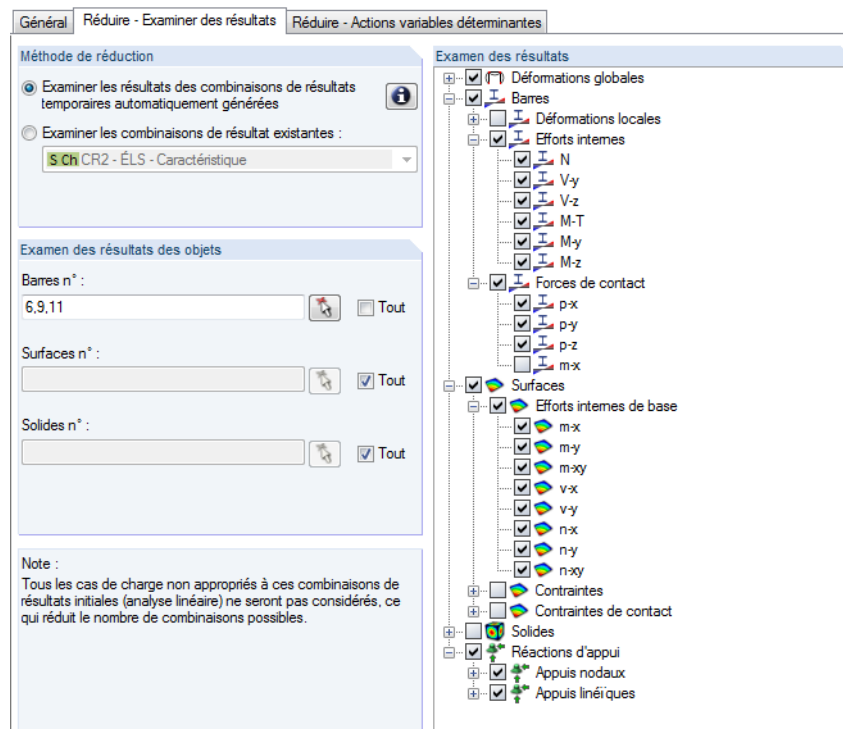
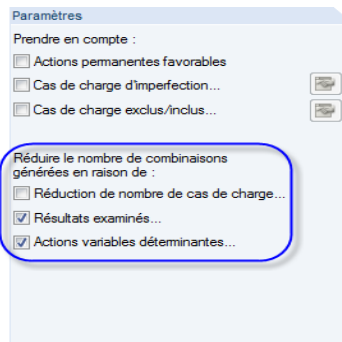


Figure 5.17 : Onglet *Réduire - Examiner des résultats* pour des règles de combinaison

Avec la première *Méthode de réduction*, vous pouvez évaluer les combinaisons de résultats temporaires automatiquement générées. Les combinaisons de résultats temporaires incluent tous les cas de charge créés dans le modèle et considèrent toutes les relations existantes parmi eux. A l'aide des résultats disponibles dans chaque nœud EF, RFEM peut analyser quels cas de charge

agissant simultanément représentent le maximum ou le minimum aux endroits correspondants. La méthode de réduction est basée sur la supposition que seulement les combinaisons qui contiennent exactement ces cas de charge agissant simultanément peuvent être déterminantes.

Alternativement, vous pouvez utiliser les résultats d'une combinaison de résultats définie par l'utilisateur pour la réduction des résultats.

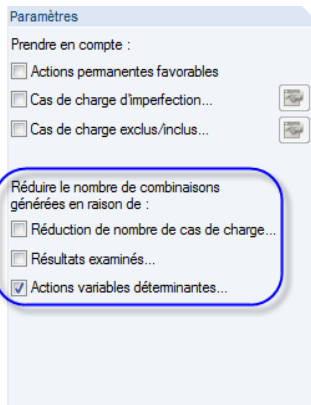
Dans la section de dialogue *Examen des résultats* à droite, vous pouvez définir les déformations, efforts internes, contraintes ou réactions d'appui que vous voulez prendre en compte pour la détermination des valeurs extrêmes.

La section de dialogue *Examen des résultats des objets* vous offre les options pour réduire l'analyse des valeurs extrêmes aux résultats des barres, surfaces et solides sélectionnés. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [^] pour sélectionner les objets graphiquement.

Sélectionner les actions variables déterminantes

La deuxième possibilité pour la réduction de nombre de combinaisons générées est de classer seulement les actions sélectionnées comme les actions déterminantes. Cette option est disponible pour la génération des combinaisons de charge et de résultats.

Quand vous cochez la case, le nouvel onglet *Réduire - Actions variables déterminantes* est ajouté dans la boîte de dialogue.



Sélectionner les actions variables déterminantes				
Action	Description d'action	EN 1990 CEN Catégorie d'action	Cas de charge dans l'action	Actions déterminantes
A2	Vent	Qw Vent	CC4	<input checked="" type="checkbox"/>
A3	Imposée	Qi B D'exploitation - Catégorie B : zones de bureaux	CC6	<input type="checkbox"/>

Figure 5.18 : Onglet *Réduire - Actions variables déterminantes* pour des règles de combinaison

La liste des actions déterminantes contient seulement les actions variables.

Quand vous enlevez la coche d'une entrée dans la colonne *Actions déterminantes*, l'action correspondante sera superposée seulement comme une action variable d'accompagnement.

Numérotation des combinaisons générées

L'insertion des données dans cette section de la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* (voir la Figure 5.10, page 188) influence le *Premier nombre de combinaisons de charge* ou de *combinaisons de résultats générées* qui sont créés dans RFEM.

Combinaisons de résultats

Optionnellement, vous pouvez *Générer en complément* une combinaison de résultats *Soit/Soit (enveloppes de résultats)*. Cette combinaison de résultats superpose les valeurs extrêmes de toutes les combinaisons de charge ou de résultats selon le schéma suivant :

« CO1/permanente ou CO2/permanente ou CO3/permanente etc. »

S'il y a plusieurs expressions de combinaison spécifiées pour la génération, il est possible de *Générer en complément une combinaison de résultats Soit/soit séparée pour chaque expression de combinaison*.

Méthode d'analyse

Utilisez la liste pour décider quelle méthode de calcul vous voulez appliquer pour analyser les combinaisons (voir le chapitre 7.3.1.1, page 278). RFEM prédéfinit le calcul non linéaire selon l'analyse de second ordre (P-Delta) pour les combinaisons de charge.

Combinaisons d'actions générées

La section de dialogue ou bien la colonne du tableau est remplie pendant la génération qui démarre automatiquement quand vous fermez l'onglet de dialogue ou le tableau. Le champ de dialogue vous montre un court aperçu des numéros des combinaisons générées.

Avec les données insérées dans la boîte de dialogue ou dans le tableau, RFEM crée les soi-disant « combinaisons d'actions » (CA). Elles sont décrites dans le tableau suivant. Vous pouvez utiliser les entrées affichées dans la boîte de dialogue actuelle pour estimer la façon par laquelle les règles de combinaison influencent le nombre de combinaisons.

Dans l'exemple affiché à gauche, il y a au total 47 combinaisons d'actions générées pour les quatre situations de calcul spécifiées :

- ELS (STR/GEO) : CA1 à CA13
- ELS - caractéristique : CA14 à CA26
- ELS - fréquent : CA27 à CA39
- ELS - quasi-permanent : CA40 à CA47

Quand vous allez dans l'onglet suivant avec le bouton de dialogue [►], RFEM détermine les combinaisons d'actions automatiquement. La première combinaison d'action créée avec l'expression de combinaison actuelle est sélectionnée dans l'onglet de dialogue suivant.

Commentaire

Insérez une note définie par l'utilisateur ou sélectionnez une entrée de la liste.

Exemple : Réduction des combinaisons générées

L'objectif de la combinaison d'actions est de trouver l'arrangement de charge le plus défavorable pour chaque position dans le système structurel. Pour l'atteindre, vous pouvez

- soit déterminer toutes les combinaisons qui sont mathématiquement possibles
- soit essayer de trouver une relation logique avant de combiner les actions pour réduire le nombre de combinaisons possible.

Par exemple, un portique symétrique à deux articulations a les cas de charge suivants :

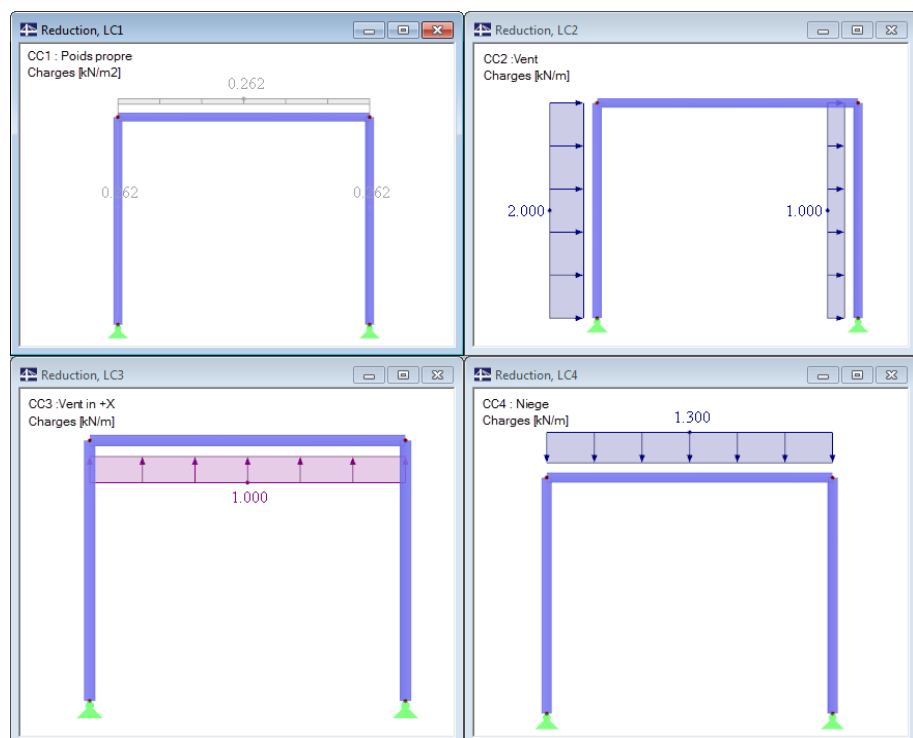
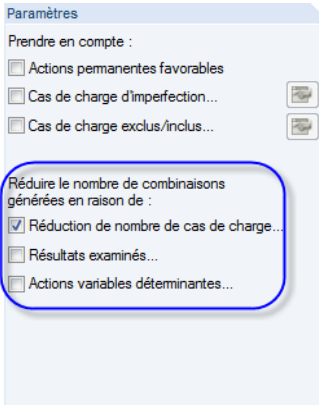


Figure 5.19 : Portique à deux articulations avec quatre cas de charge



• Option *Réduire le nombre de cas de charge*

Les cas de charge résultent en efforts normaux suivants disponibles dans les colonnes :

Cas de charge	Description	Effet	Effort normal colonne gauche	Effort normal colonne droite
1	poids propre	permanent	compression	compression
2	vent à droite	alternatif	traction	compression
3	vent de soulèvement	alternatif	traction	traction
4	neige	alternatif	compression	compression

Tableau 5.3 : Efforts de traction et de compression des poteaux

Comme le CC1 est toujours actif et les cas de charge apparaissent alternativement, théoriquement, huit combinaisons sont possibles :

CO1 : CC1 + CC2 + CC3 + CC4

CO2 : CC1

CO3 : CC1 + CC2

CO4 : CC1 + CC3

CO5 : CC1 + CC4

CO6 : CC1 + CC2 + CC3

CO7 : CC1 + CC3 + CC4

CO8 : CC1 + CC2 + CC4

Vous pouvez réduire ces huit combinaisons, si vous voulez trouver par exemple seulement les arrangements avec les valeurs extrêmes des efforts normaux de poteau. Il est possible de créer un groupe de cas de charge pour chaque poteau avec seulement les efforts de traction et de compression, considérant le cas de charge 1 agissant d'une façon permanente.

Groupe	Poteau gauche	Poteau droit
traction	CC1, CC2, CC3	CC1, CC3
compression	CC1, CC4	CC1, CC2, CC4

Tableau 5.4 : Groupes de cas de charge

Ainsi, le résultat n'est plus huit mais seulement quatre combinaisons de cas de charge.

Cette réduction peut être faite dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* (voir la Figure 5.10, page 188) en

- cochant la case *Réduire le nombre de cas de charge*,
- cochant seulement les efforts normaux dans la section de dialogue *Examen des résultats* dans l'onglet *Réduire - Nombre de cas de charge* et
- insérant seulement les numéros des barres de poteau dans la section de dialogue *Examen de résultats des objets* (voir la figure à la page suivante).



Après avoir cliqué sur le bouton [Déterminer automatiquement], RFEM effectue un court calcul. Puis, le tableau dans la section de dialogue *Cas de charge considérés* liste les quatre groupes de cas de charge qui sont aussi affichés dans le Tableau 5.4.

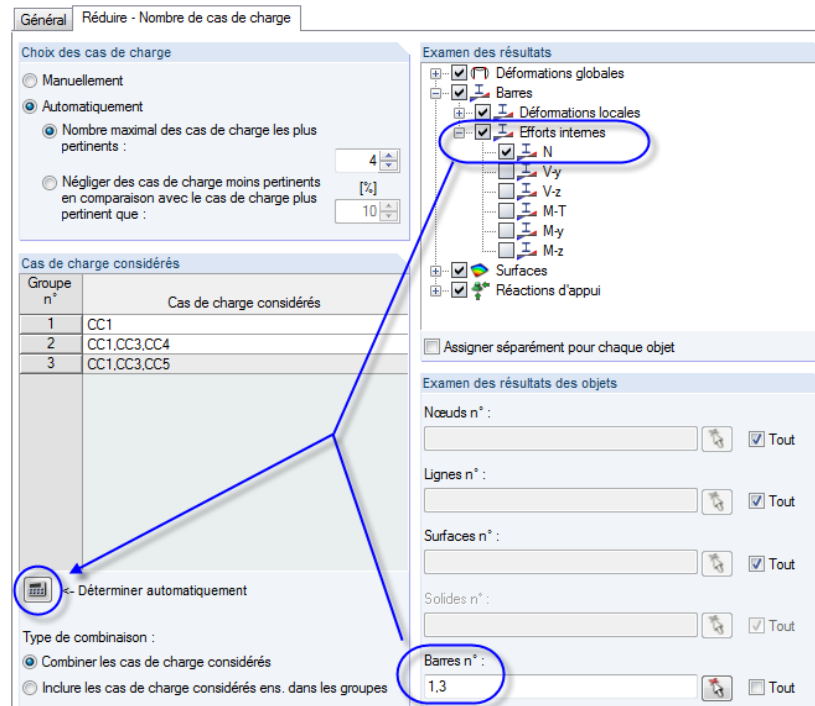


Figure 5.20 : Détermination automatique des cas de charge dans les groupes

• Option *Examen des résultats*

Avec cette méthode, une combinaison de résultat linéaire est créée des cas de charge. Pour chaque point, RFEM évalue les valeurs extrêmes et les cas de charge inclus afin que les combinaisons max. et min. des cas de charge soient disponibles d'une façon appropriée. Puis, ces combinaisons extrêmes sont utilisées pour la création des combinaisons de cas de charge.

Les cas de charge résultent en efforts normaux suivants dans les poteaux :

Cas de charge	Description	Effet	Effort normal poteau gauche	Effort normal poteau droit
1	poids propre	permanent	compression (-10 kN)	compression (-10 kN)
2	vent à droite	alternatif	traction (5 kN)	compression (-5 kN)
3	vent de soulèvement	alternatif	traction (3 kN)	traction (3 kN)
4	neige	alternatif	compression (-12 kN)	compression (-12 kN)

Tableau 5.5 : Efforts de traction et de compression des poteaux

RFEM crée cette combinaison de résultats temporaire : CC1/permanent + CC2 + CC3 + CC4

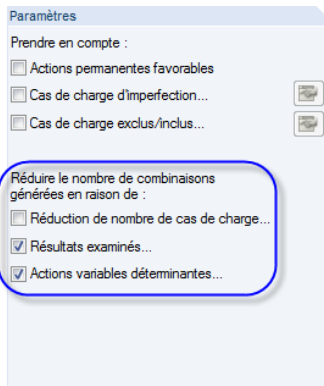
Pour les efforts normaux des deux poteaux, vous obtenez les résultats de valeur extrême suivants lors de la superposition :

Groupe	Poteau gauche	Poteau droit
N maximal	-2 kN (CC1, CC2, CC3)	-7 kN (CC1, CC3)
N minimal	-22 kN (CC1, CC4)	-27 kN (CC1, CC2, CC4)

Tableau 5.6 : Groupes de cas de charge

De nouveau, le résultat n'est plus huit mais seulement quatre combinaisons de cas de charge.

Les spécifications des paramètres dans l'onglet *Réduire - Examen de résultats* sont analogue à la Figure 5.20.



5.4 Combinaisons d'action

Description générale

Quand vous ouvrez l'onglet de dialogue ou le tableau 2.4, les actions sont superposées automatiquement selon les règles de combinaison et identifiées comme soi-disant « combinaisons d'action ». Cet aperçu est classé par actions, et ainsi, correspond à la manière par laquelle les actions sont décrites dans les normes. Maintenant, vous pouvez définir quelle combinaison d'action sera finalement prise en compte pour la génération des combinaisons de charge et de résultats.

Une combinaison d'actions inclut toutes les possibilités de combinaison de cas de charge dans l'action. Ainsi, ne le confondez pas avec une combinaison de charge et de résultats qui représentent seulement une simple variante de ces possibilités.

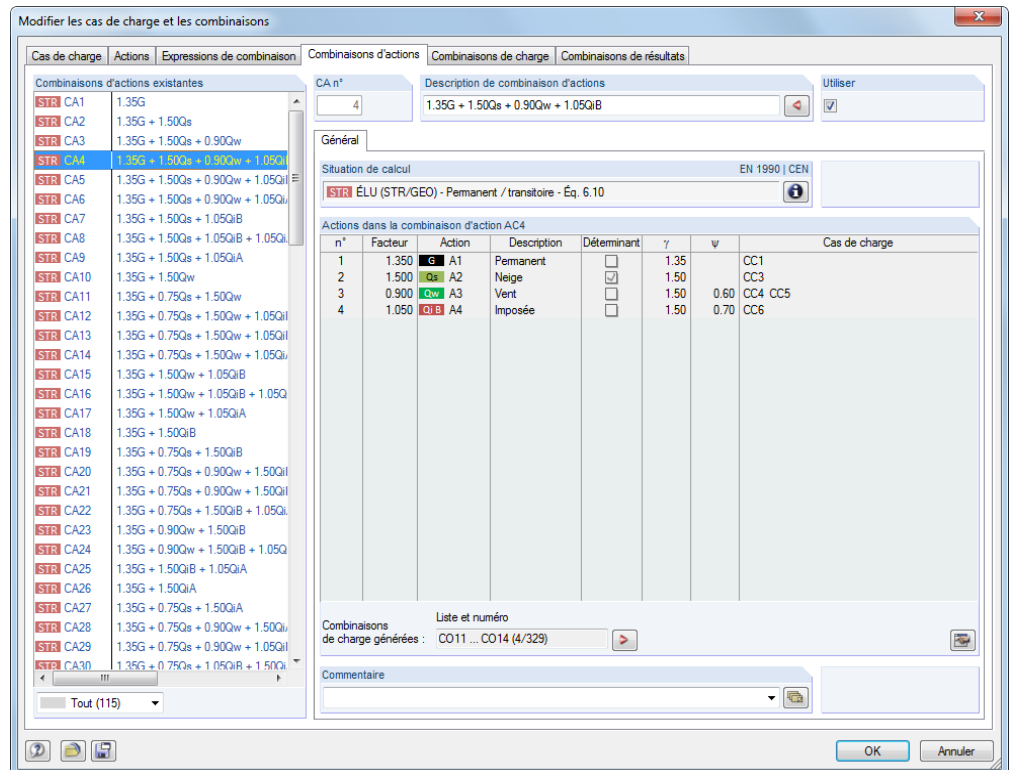
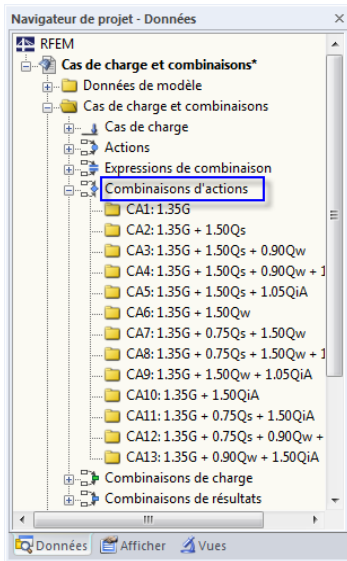


Figure 5.21 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglet *Combinaisons d'actions*

2.4 Combinaisons d'actions											
CA	Description de combinaison d'actions	Utiliser	EN 1990 CEN	Situation de calcul	Action.1 Facteur n°	Action.2 Facteur n°	Action.3 Facteur n°	Action.4 Facteur n°	Combinaisons de charge générées		
AC1	1.35G	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1			CO1 ... CO3 (3/32)		
AC2	1.35G + 1.50Qs	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Q A2	CO4 ... CO6 (3/32)		
AC3	1.35G + 1.50Qs + 0.90Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Q A2	CO7 ... CO8 (2/32)		
AC4	1.35G + 1.50Qs + 0.90Qw + 1.05Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Q A2	CO9 ... CO10 (2/32)		
AC5	1.35G + 1.50Qs + 1.05Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Q A2	CO11 ... CO13 (3/32)		
AC6	1.35G + 1.50Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Qw A3	CO14 ... CO15 (2/32)		
AC7	1.35G + 0.75Qs + 1.50Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	0.75	Q A2	CO16 ... CO17 (2/32)		
AC8	1.35G + 0.75Qs + 1.50Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	0.75	Q A2	CO18 ... CO19 (2/32)		
AC9	1.35G + 1.50Qw + 1.05Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Qw A3	CO20 ... CO21 (2/32)		
AC10	1.35G + 1.50Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	1.50	Qr A5	CO22 ... CO24 (3/32)		
AC11	1.35G + 0.75Qs + 1.50Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	0.75	Q A2	CO25 ... CO27 (3/32)		
AC12	1.35G + 0.75Qs + 0.90Qw	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	0.75	Q A2	CO28 ... CO29 (2/32)		
AC13	1.35G + 0.90Qw + 1.50Qr	<input checked="" type="checkbox"/>	STR	ÉLU (STR/GEO) - Permanent /	1.35	G A1	0.90	Qw A3	CO30 ... CO31 (2/32)		

Figure 5.22 : Tableau 2.4 *Combinaisons d'actions*

Combinaison d'actions

Les combinaisons générées des actions sont énumérées successivement. Une combinaison d'actions inclut toutes les possibilités de la prise en charge de cas de charge dans l'action. Ces possibilités dépendent de la catégorie d'action et des expressions de combinaison.

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* au dessous de la liste *Combinaisons d'action existantes*, vous pouvez filtrer les combinaisons générées par situation de calcul ou par importance.

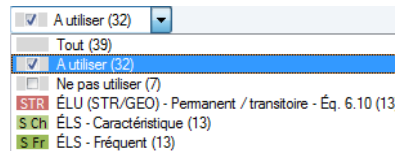


Figure 5.23 : Option de filtre dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*

Description d'une combinaison d'actions

RFEM attribue automatiquement de courtes descriptions basées sur les facteurs de sécurité et les symboles des actions qui expriment des règles de combinaison. Si nécessaire, vous pouvez modifier les descriptions.



Cliquez sur le bouton de dialogue [◀] pour aller à l'onglet de dialogue précédent où RFEM vous affiche l'expression de combinaison selon laquelle la combinaison d'action actuelle a été créée.

Utilisation

Utilisez la case pour décider si la combinaison d'actions est considérée pour la création des combinaisons de charge et de résultats. De cette façon, vous pouvez réactiver ou exclure les combinaisons d'actions de la génération.

Si, à cause des constellations spéciales, RFEM crée deux fois une combinaison d'actions, l'une d'elles est désactivée automatiquement.



Situation de calcul

La situation de calcul de la combinaison d'action actuelle est indiquée à nouveau afin que vous puissiez vérifier les données. Utilisez le bouton [Info] pour voir la règle de combinaison de la situation de calcul. Une boîte de dialogue avec les explications (voir la Figure 5.13, page 190) s'affiche.

Actions dans les combinaisons d'actions

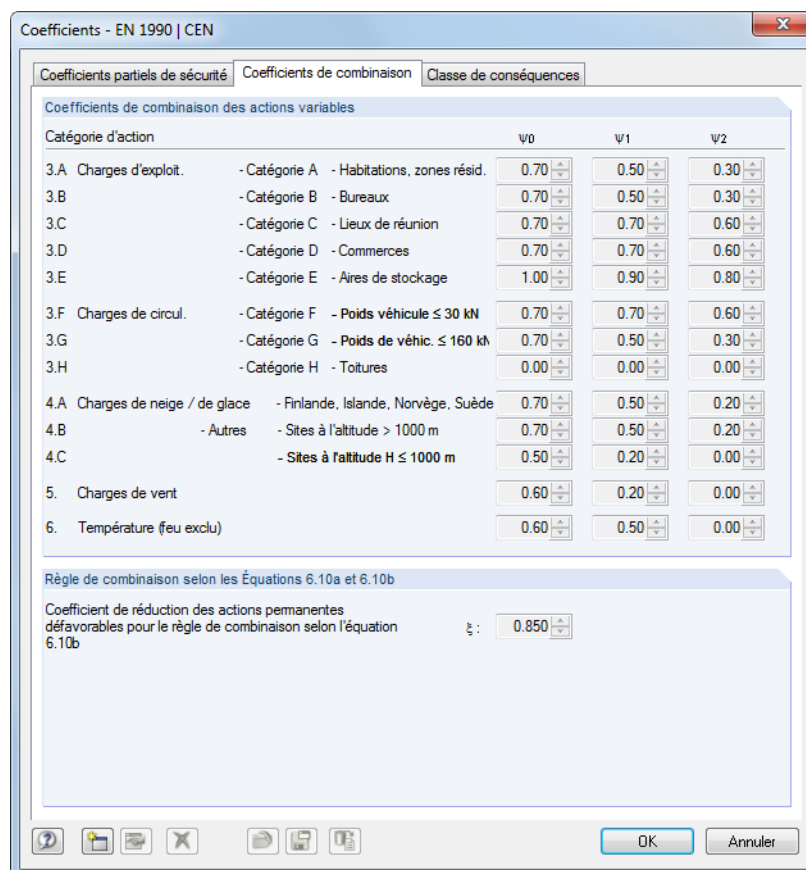
Les colonnes vous informent sur les actions y compris les facteurs partiels de sécurité correspondants et les coefficients de combinaison.

Si une action est supposée comme *Déterminante* dans la combinaison, elle est marquée d'une façon appropriée dans la boîte de dialogue. Dans ce cas, elle est insérée comme une action $Q_{k,1}$ dans les Equation 5.1 à Equation 5.7 (voir la page 187).

Les valeurs indiquées dans la colonne du tableau *Facteur* sont basées sur les coefficients dépendants des normes sélectionnées. Pour EN 1990, ce sont les facteurs partiels de sécurité γ , les facteurs de combinaison ψ , les facteurs de réduction ξ et, si applicable, les facteurs de fiabilité K_{FI} de chaque action résultante de la situation de calcul et de la catégorie d'action.



Utilisez les boutons [Paramètres] ou [...] pour vérifier et, en cas d'un standard défini par l'utilisateur, pour ajuster les facteurs partiels de sécurité et coefficients de combinaison. Les facteurs sont organisés dans plusieurs onglets de la boîte de dialogue *Coefficients*. Le premier onglet *Coefficients partiels de sécurité* est affiché sur la Figure 12.27 à la page 586. L'onglet *Coefficients de combinaison* gère les facteurs ψ et ξ .



Coefficients - EN 1990 | CEN

Coefficients partiels de sécurité | Coefficients de combinaison | Classe de conséquences

Coefficients de combinaison des actions variables

Catégorie d'action		ψ_0	ψ_1	ψ_2
3.A Charges d'exploit.	- Catégorie A - Habitations, zones résid.	0.70	0.50	0.30
3.B	- Catégorie B - Bureaux	0.70	0.50	0.30
3.C	- Catégorie C - Lieux de réunion	0.70	0.70	0.60
3.D	- Catégorie D - Commerces	0.70	0.70	0.60
3.E	- Catégorie E - Aires de stockage	1.00	0.90	0.80
3.F Charges de circul.	- Catégorie F - Poids véhicule ≤ 30 kN	0.70	0.70	0.60
3.G	- Catégorie G - Poids de véhic. ≤ 160 kN	0.70	0.50	0.30
3.H	- Catégorie H - Toitures	0.00	0.00	0.00
4.A Charges de neige / de glace	- Finlande, Islande, Norvège, Suède	0.70	0.50	0.20
4.B	- Autres - Sites à l'altitude > 1000 m	0.70	0.50	0.20
4.C	- Sites à l'altitude $H \leq 1000$ m	0.50	0.20	0.00
5. Charges de vent		0.60	0.20	0.00
6. Température (feu exclu)		0.60	0.50	0.00

Règle de combinaison selon les Équations 6.10a et 6.10b

Coefficient de réduction des actions permanentes défavorables pour la règle de combinaison selon l'équation 6.10b : ξ : 0.850

OK Annuler

Figure 5.24 : Boîte de dialogue *Coefficients*, onglet *Coefficient de combinaison*

La section de dialogue *Actions dans la combinaison d'action* liste les *Cas de charge* contenus dans les actions avec toutes les possibilités de la prise en compte dans l'action. Les possibilités dépendent du type d'action et de l'action définie (simultanée ou alternative). Il est supposé par défaut que tous les cas de charge sont toujours utilisés ensemble pour les types d'action « charges permanentes » et « précontraintes » sauf si la relation est définie comme « alternative ». En cas d'actions variables, extraordinaires et sismiques, les cas de charge attribués peuvent être superposés dans toutes combinaisons correspondantes.

Combinaisons de charge et de résultats générées

La section de dialogue ou bien la colonne du tableau est remplie pendant la génération qui démarre automatiquement quand vous fermez l'onglet de dialogue ou le tableau. Le champ de dialogue vous montre un court aperçu des numéros de combinaisons de charge et de résultats générés.

Les combinaisons de charge et de résultats sont décrites dans les chapitres suivants 5.5 et 5.6.

Combinaisons de charge générées
CO1 ... CO3 (3/47)
CO4 ... CO6 (3/47)
CO7 ... CO10 (4/47)
CO11 ... CO14 (4/47)
CO15 ... CO17 (3/47)
CO18 ... CO21 (4/47)
CO22 ... CO25 (4/47)
CO26 ... CO29 (4/47)
CO30 ... CO33 (4/47)
CO34 ... CO36 (3/47)
CO37 ... CO39 (3/47)
CO40 ... CO43 (4/47)
CO44 ... CO47 (4/47)

Exemple

Dans l'exemple figuré à gauche, il y a au total 47 combinaisons de charge générées pour la situation de calcul ELU. Pour la combinaison d'actions **CA12** (avant-dernière ligne), quatre combinaisons de charge CO40 à CO43 apparaissent avec l'arrière-plan suivant :

La première action A1 a été classée comme catégorie « charge permanente » et prévue avec le facteur $\gamma = 1.35$ dans les combinaisons de charge générées. Les cas de charge contenus 1 et 2 se trouvent ensemble dans toutes les combinaisons de charge.

Comme la deuxième action A2, la catégorie d'action « neige » est comprise dans la combinaison de charge avec le facteur $\gamma * \psi = 1.50 * 0.50 = 0.75$.

La troisième action A3 double le nombre de combinaisons de charge générées, car la catégorie « vent » est disponible avec les deux cas de charge 4 et 5 agissant alternativement. Cette action est multipliée avec le facteur $\gamma * \psi = 1.50 * 0.60 = 0.90$ dans les combinaisons de charge.

La quatrième action A4 est classifiée comme une action de type « Catégorie B de charge imposée » et prévue avec le facteur $\gamma = 1.50$ dans les quatre combinaisons de charge. Cette action est une action déterminante.

Actions dans la combinaison d'action AC1							
n°	Facteur	Action	Description	Déterm.	γ	ψ	Cas de charge
1	1.350	G A1	Permanent	<input type="checkbox"/>	1.35		CC1 CC2
2	0.750	Qs A2	Neige	<input type="checkbox"/>	1.50	0.50	CC3
3	0.900	Qw A3	Vent	<input type="checkbox"/>	1.50	0.60	CC4 CC5
4	1.500	Qr B A4	Imposée	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50		CC6


Figure 5.25 : Actions dans la combinaison d'action CA12

En complément, vous devez prendre en compte les deux cas de charge d'imperfection 7 et 8 qui sont couplés avec les directions des deux cas de charge de vent. Vous pouvez créer des combinaisons une fois avec et une fois sans imperfections.

Avec ces spécifications, RFEM forme les combinaisons de charge suivantes pour la CA12 :

- CO40 : $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC4 + 1.5 * CC6$
- CO41 : $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC4 + 1.5 * CC6 + CC7$
- CO42 : $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC5 + 1.5 * CC6$
- CO43 : $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC5 + 1.5 * CC6 + CC8$



Cliquez sur le bouton de dialogue  pour aller dans l'onglet de dialogue *Combinaisons de charge* où il est sélectionné la première combinaison créée de la combinaison d'actions actuelle.

Commentaire

Insérez une note ou sélectionnez une entrée de la liste.

5.5 Combinaisons de charge

Description générale

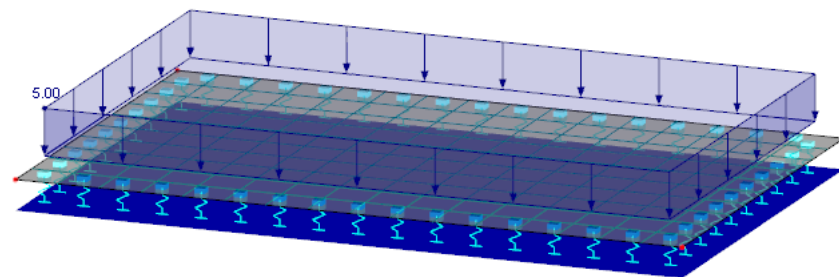
Vous pouvez superposer les cas de charge dans une combinaison de charge (**CO**) et dans une combinaison de résultats (**CR**).

En prenant en compte les facteurs partiels de sécurité, une combinaison de charge combine les charges des cas de charge contenus dans « un grand cas de charge » qui sera calculé. Dans une combinaison de résultats (voir le chapitre 5.6, page 212), d'abord, tous les cas de charge sont calculés. Puis, les résultats seront superposés, en prenant en compte les facteurs partiels de sécurité.

Vous pouvez combiner les cas de charge manuellement (voir le chapitre 5.5.1) ou bien ils peuvent être superposés automatiquement par RFEM (voir le chapitre 5.5.2), en fonction des paramètres dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base* (voir la Figure 12.23, page 584). Les paramètres influencent aussi l'apparence de l'onglet de dialogue *Combinaisons de charge* dans la boîte de dialogue de chargement.

Quand vous voulez calculer les cas de charge combinés selon l'analyse de second ordre ou de grandes déformations, en général, vous devez créer des combinaisons de charge. Le même est appliqué aux modèles avec les éléments non linéaires. L'exemple suivant est utilisé pour la démonstration du sujet.

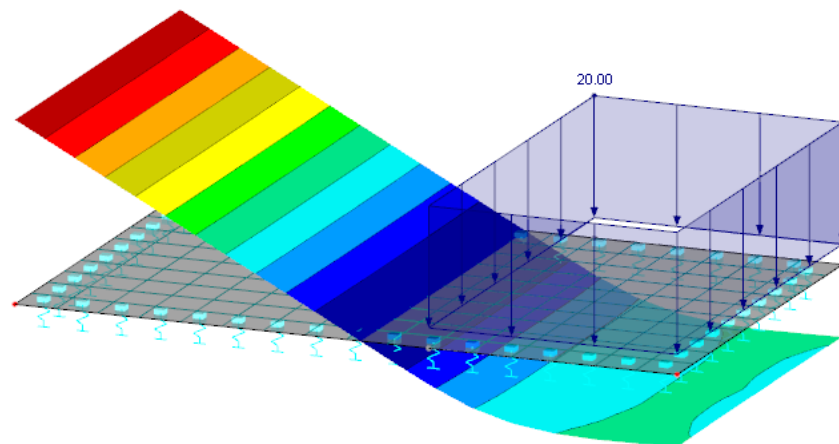
Deux cas de charge agissent sur une dalle avec une fondation élastique. Dans le cas de charge 1, la charge de surface agit sur la dalle entière. Dans le cas de charge 2, elle ne sollicite qu'une partie de la surface. Le poids propre n'est pas pris en compte. Dans le cas de la traction, la fondation élastique de la dalle est inefficace. Ainsi, aucune force de soulèvement n'est absorbée.



Max u: 0.2, Min u: 0.2 mm

Figure 5.26 : Charge et déformation dans CC 1

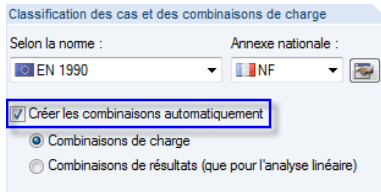
La fondation dans le cas de charge 1 est efficace pour toute la surface.



Max u: 1.1, Min u: 0.0 mm

Figure 5.27 : Charge et déformation dans CC 2

Différence entre la combinaison
de charge et de résultats

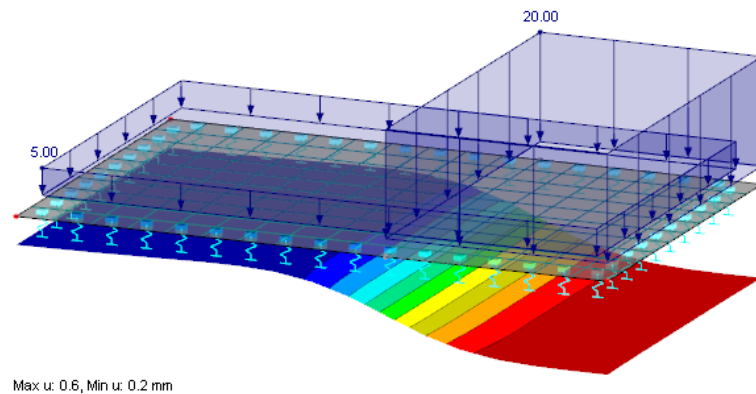


Case à cocher dans la boîte de dialogue
Modèle - Données de base

La fondation dans le cas de charge 2 n'est efficace que pour la partie droite de la surface. La partie gauche de la dalle est soulevée.

Quand vous combinez les deux cas de charge dans une combinaison de résultats, RFEM affiche un avertissement car l'ajout des résultats serait inacceptable à cause des effets non linéaires : Les déformations dans les deux cas de charge sont basées sur différents systèmes structuraux. Pour une combinaison de résultats, vous pouvez voir le soulèvement affiché dans la zone gauche dans le deuxième cas.

Ainsi, il est correct de superposer les deux cas de charge dans une combinaison de charge. Dans la figure ci-dessous, vous voyez que la fondation élastique est efficace pour les charges ajoutées sans rupture.



Max u: 0.6, Min u: 0.2 mm

Figure 5.28 : Charge et déformation de la combinaison de charge

5.5.1 Combinaisons définies par l'utilisateur

Création d'une nouvelle combinaison de charge

Il y a plusieurs possibilités pour ouvrir la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* pour créer une combinaison de charge :

- pointez sur **Cas de charge et combinaisons** dans le menu **Insérer** et puis, sélectionnez **Combinaison de charge**
- utilisez le bouton de la barre d'outils [Nouvelle combinaison de charge] affiché à gauche

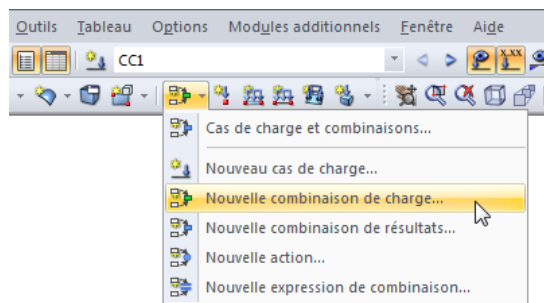
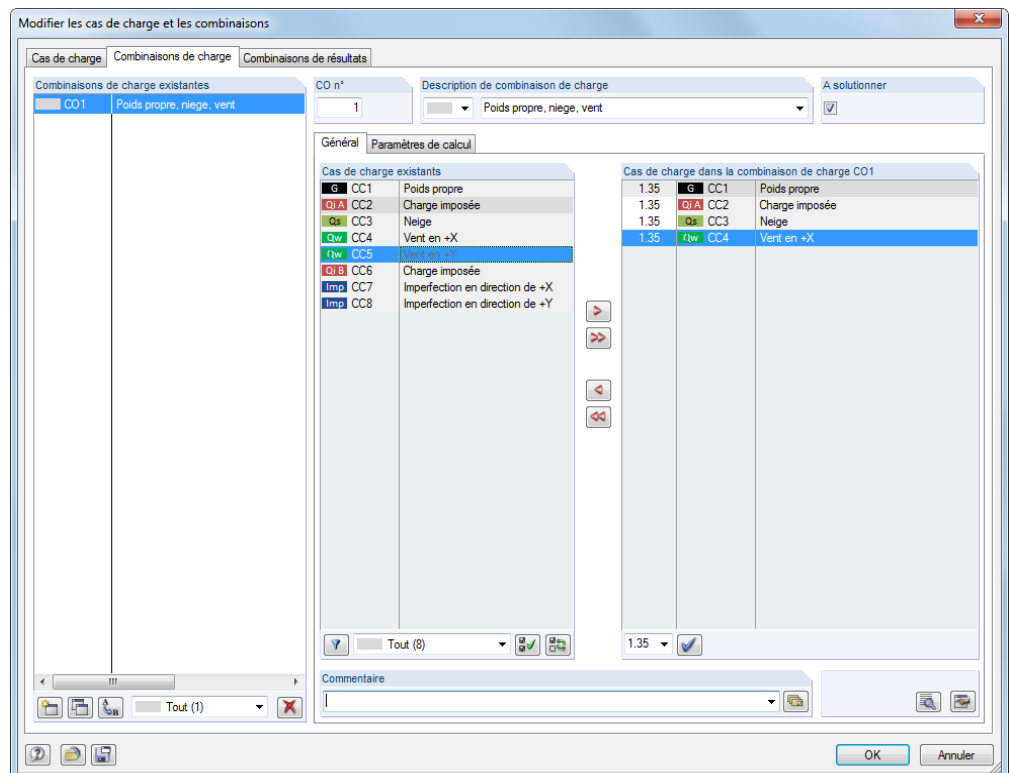


Figure 5.29 : Bouton *Nouvelle combinaison de charge* dans la barre d'outils

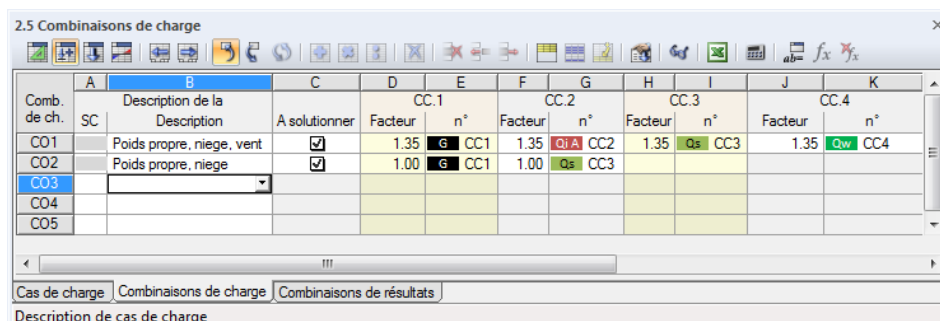
-
- Navigateur de projet - Données
- RFEM
 - Cas de charge et combinaisons*
 - Données de modèle
 - Cas de charge et combinaisons
 - Cas de charge
 - Combinaisons de charge (selected)
 - Combinaisons de résultats
 - Charges
 - Résultats
 - Coupes
 - Régions moyennes
 - Rapports d'impression
 - Objets auxiliaires
 - Modules additionnels
 - Modules indépendants
- Context menu options:
- Modifier les combinaisons de charge...
 - Nouvelle combinaison de charge... (highlighted)
 - Atteindre le tableau
 - Supprimer toutes les combinaisons de charge
- Bottom bar: Données | Afficher | Vues

La boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* s'affiche. Une nouvelle combinaison de charge est prédéfinie dans l'onglet *Combinaisons de charge*.



La description suivante est rapportée à l'onglet *Général*. L'onglet de dialogue *Paramètres de calcul* est décrit dans le chapitre 7.3.1 à la page 278.

- Vous pouvez aussi insérer une nouvelle combinaison de charge dans une rangée vide du tableau 2.5 *Combinaisons de charge*.



Comb. de ch.	Description de la Description	A solutionner	Facteur	n°	Facteur	n°	Facteur	n°	Facteur	n°
CO1	Poids propre, neige, vent	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	CC1	1.35	CC2	1.35	CC3	1.35	CC4
CO2	Poids propre, neige	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	CC1	1.00	CC3				
CO3										
CO4										
CO5										

Figure 5.32 : Tableau 2.5 *Combinaisons de charge*

Combinaison de charge

Le numéro de la nouvelle combinaison de charge est prédéfini, mais peut être modifié dans le champ d'entrée de dialogue *CO n°*. L'ordre des combinaisons de charge peut être ajusté ultérieurement à l'aide du bouton de dialogue [Renommer] (voir le Tableau 5.7 et chapitre 11.4.18, page 506).

Description d'une combinaison de charge

Vous pouvez insérer des noms manuellement. Vous pouvez aussi choisir un nom de la liste pour décrire brièvement la combinaison de charge. Les descriptions manuellement insérées sont stockées dans la liste et sont disponibles aussi pour les autres modèles.

A solutionner

Utilisez la case pour décider si la combinaison de charge doit être considérée dans le calcul. De cette façon, vous pouvez activer ou exclure les combinaisons de charge du calcul.

Cas de charge dans la combinaison de charge

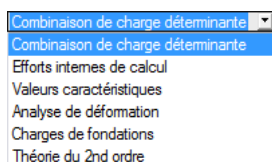
Les colonnes vous informent sur les cas de charge y compris les facteurs correspondants.

Les valeurs indiquées dans la colonne du tableau *Facteur* sont basées sur les coefficients dépendants des normes sélectionnées. Pour EN 1990, ce sont les facteurs partiels de sécurité γ , les facteurs de combinaison ψ , les facteurs de réduction ξ et, si applicable, les facteurs de fiabilité K_{FI} de chaque action résultante de la situation de calcul et de la catégorie d'action.

Pour vérifier et ajuster les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison, utilisez le bouton de dialogue [Coefficients de combinaison]. La boîte de dialogue *Coefficients* où vous trouverez différents facteurs organisés dans plusieurs onglets s'ouvre. Le premier onglet *Coefficients partiels de sécurité* pour EN 1990 est affiché dans la Figure 12.27 à la page 586. L'onglet *Coefficients de combinaison* gère les facteurs ψ et ξ (voir la Figure 5.24, page 201). Le facteur de fiabilité K_{FI} peut être défini dans un champ d'entrée de l'onglet *Classe de conséquence*, mais vous pouvez aussi insérer une valeur définie par l'utilisateur.

Combinaison des cas de charge

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, vous pouvez assimiler les cas de charge dans les combinaisons de la façon suivante : Sélectionnez les cas de charge correspondants dans la liste *Cas de charge existants* en cliquant. Avec la touche [Ctrl] appuyée, vous effectuez une sélection multiple (comme dans les applications Windows. Utilisez le bouton [►] pour transférer les cas de charge sélectionnés à droite dans la liste *Cas de charge dans la combinaison de charge*, les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison sont ajoutés automatiquement en même temps.



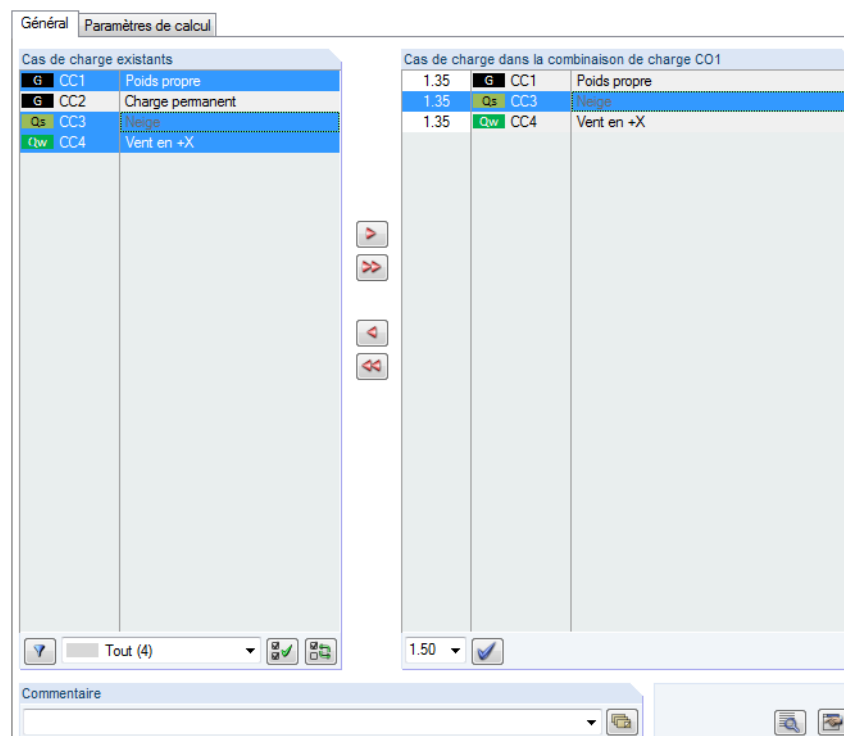
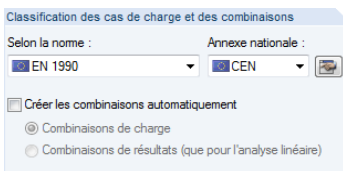
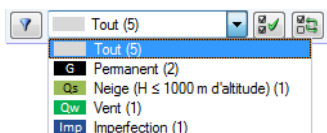


Figure 5.33 : Sélection multiple des cas de charge et des combinaisons de charge créés selon EN 1990



Paramètres standard dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base*



Les facteurs sont créés en conformité avec la norme définie dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base* (voir le chapitre 12.2.1, page 586).

Les facteurs prédéfinis peuvent être vérifiés dans la boîte de dialogue *Coefficients* que vous ouvrez à l'aide du bouton [Facteurs]. En outre, vous pouvez les ajuster pour les standards définis par l'utilisateur (voir la Figure 5.24, page 201 et Figure 12.27, page 586).

Pour modifier le facteur d'un cas de charge qui a été transféré dans une combinaison de charge, sélectionnez le cas de charge dans la liste *Cas de charge dans la combinaison de charge*. Ainsi, vous pouvez insérer le facteur approprié dans le champ d'entrée ci-dessous. Vous pouvez aussi sélectionner le facteur de la liste. A la fin, cliquez sur le bouton [Définir le facteur] pour appliquer le nouveau facteur au cas de charge.

Pour enlever un cas de charge d'une combinaison de charge, sélectionnez le cas de charge dans la section de dialogue *Cas de charge dans la combinaison de charge*. Utilisez le bouton [◀] ou cliquez deux fois sur l'entrée pour retourner dans la section de dialogue *Cas de charge existants*.

Il y a plusieurs options de filtre disponibles au dessous de la liste *Cas de charge existants*. A l'aide de ces options, vous pouvez attribuer plus facilement les cas de charge classés par catégorie d'action ou effectuer la sélection des cas de charge pas encore attribués. Les boutons sont décrits dans le Tableau 5.7 à la page 209.

Pour définir les combinaisons de charge manuellement, utilisez le bouton [Modifier] dans le coin droit inférieur de la boîte de dialogue de chargement.

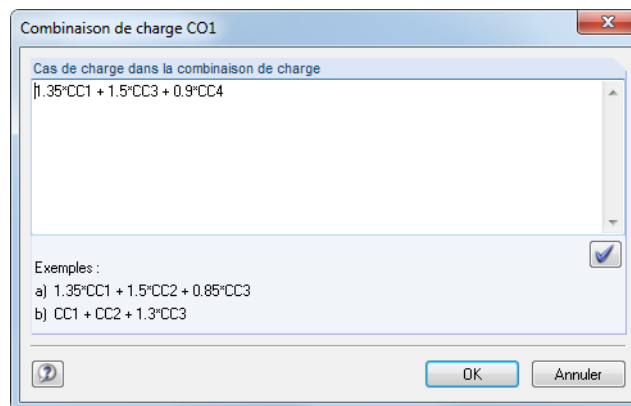


Figure 5.34 : Boîte de dialogue *Combinaison de charge* pour la définition à l'aide du champ de modification

La boîte de dialogue qui vous offre le champ d'entrée *Cas de charge dans la combinaison de charge* où vous pouvez ajouter (ou soustraire si c'est nécessaire) les cas de charge par un facteur s'affiche. Néanmoins, l'imbrication d'entrées n'est pas permise.

Exemple: $CC1 + 0.5 \cdot CC3$

A la charge simple du cas de charge 1, une moitié de charge du cas de charge 3 est ajoutée.



Utilisez le bouton [Définir l'entrée] pour transférer l'entrée dans la liste *Cas de charge dans la combinaison de charge* de la boîte de dialogue initiale.

Commentaire

Insérez une note définie par l'utilisateur ou sélectionnez une entrée de la liste pour décrire la combinaison de charge en détail.

Paramètres de calcul

L'onglet *Paramètres de calcul* dans la boîte de dialogue de chargement vous offre différentes options pour le contrôle du calcul. Vous trouverez une description détaillée de ces paramètres dans le chapitre 7.3.1 à la page 278.

Modification de la combinaison de charge

Il y a plusieurs possibilités pour modifier les combinaisons de charge ultérieurement :

- pointez sur **Cas de charge et combinaisons** dans le menu **Modifier** et puis, vous cliquez sur les **Combinaisons de charge**
- utilisez le menu contextuel ou cliquez deux fois sur une combinaison de charge dans le navigateur *Données*

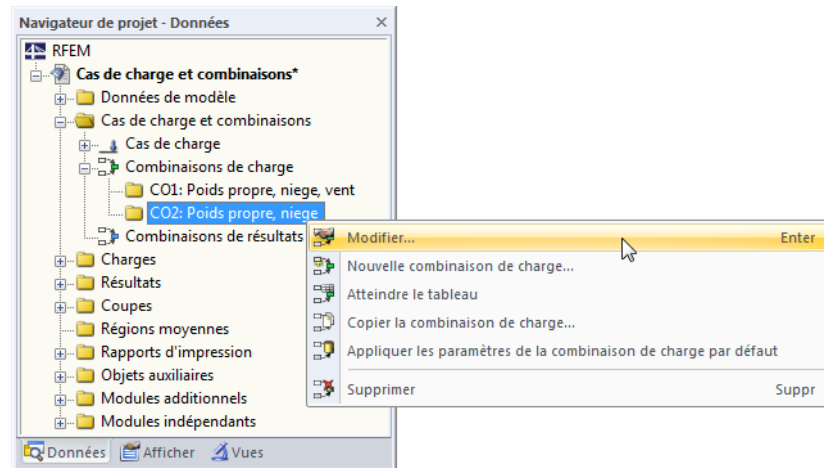


Figure 5.35 : Menu contextuel d'une combinaison de charge

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* (voir la Figure 5.31, page 205), sélectionnez la CO en cliquant. Puis, vous pouvez modifier les critères de définition.

Boutons

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, il y a différents boutons au dessous des listes *Combinaisons de charge existantes* et *Cas de charge existants*. Les boutons ont les fonctions suivantes :








	Crée une nouvelle combinaison de charge
	Crée une nouvelle combinaison de charge comme une copie de la combinaison sélectionnée
	Attribue un nouveau numéro à une combinaison de charge sélectionnée. Spécifier le numéro dans une boîte de dialogue séparée. Il n'est pas permis d'insérer un numéro de CO qui a déjà été attribué.
	Supprime la combinaison de charge sélectionnée
	La liste n'affiche que les cas de charge qui ne sont pas encore contenus dans la combinaison de charge.
	Sélectionne tous les cas de charge dans la liste
	Renverse la sélection des cas de charge

Tableau 5.7 : Boutons dans l'onglet *Combinaisons de charge*

5.5.2 Combinaisons générées

Quand vous basculez dans la boîte de dialogue *Combinaisons de charge* ou dans le tableau 2.5, RFEM crée les combinaisons automatiquement. Comme les cas de charge ne sont pas superposés manuellement, l'onglet *Général* apparaît de façon différente (voir la Figure 5.31, page 205 pour les combinaisons définies par l'utilisateur).

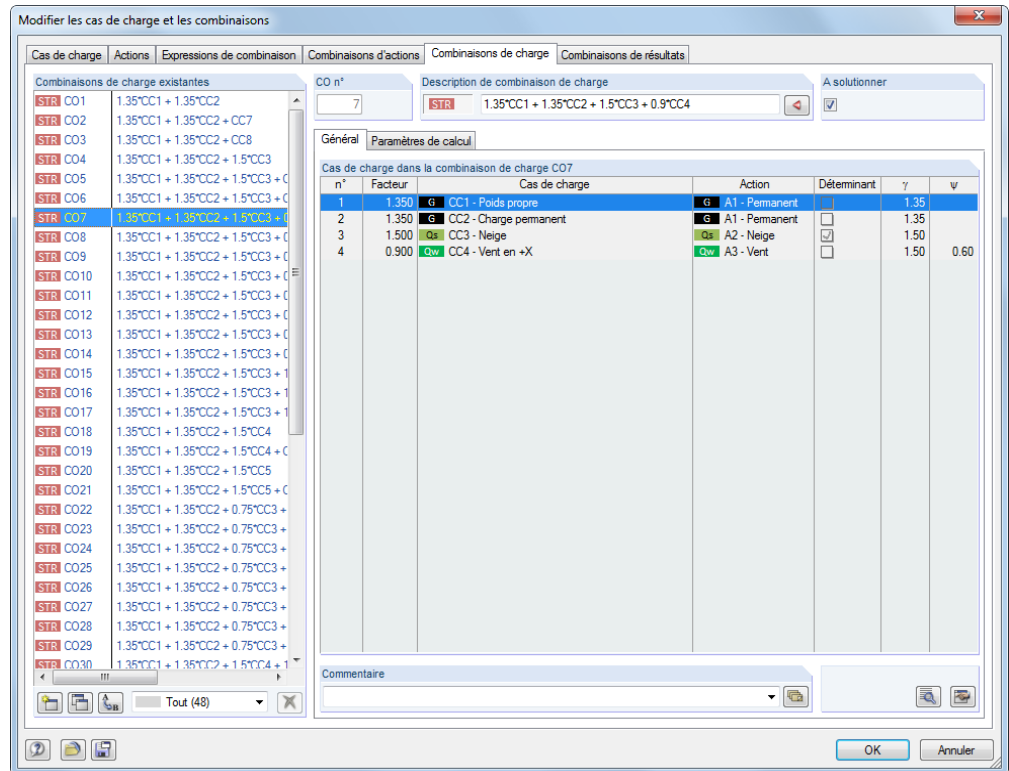
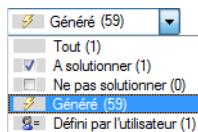


Figure 5.36 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglet *Combinaisons de charge*

Combinaison de charge

Les combinaisons de charge générées à partir des combinaisons d'action sont numérotées successivement.

Vous pouvez filtrer les combinaisons générées par des critères particuliers, à l'aide du champ de sélection au coin gauche situé au dessous de la section de dialogue *Combinaisons de charge existantes*



Description d'une combinaison de charge

RFEM attribue de courtes descriptions basées sur les facteurs de sécurité et les numéros des cas de charge, exprimant des règles de combinaison. Si nécessaire, vous pouvez modifier ces descriptions.

Cliquez sur le bouton de dialogue [◀] pour retourner dans l'onglet de dialogue *Combinaisons d'actions* (voir le chapitre 5.4, page 199) où est sélectionné la combinaison d'actions à l'aide de laquelle la combinaison de charge actuelle a été créée.

A solutionner

La case gère la détermination des résultats pour les combinaisons de charge sélectionnées.



Cas de charge dans la combinaison de charge

Les colonnes vous informent sur les cas de charge y compris les facteurs partiels de sécurité correspondants et les coefficients de combinaison. Il n'est pas possible de modifier les facteurs des combinaisons générées.

Si un cas de charge est supposé comme *Déterminant* dans la combinaison, il est marqué d'une façon appropriée dans la boîte de dialogue.



Pour vérifier et, si nécessaire, pour ajuster les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison, utilisez le bouton de dialogue [Info sur les facteurs]. La boîte de dialogue *Coefficients* est subdivisée en plusieurs onglets (voir la Figure 12.27, page 586 et la Figure 5.24, page 201).

Ajout d'une combinaison de charge

Les combinaisons de charge générées ne peuvent pas être modifiées. Elles peuvent être seulement supprimées ou exclues du calcul à l'aide de la case *A solutionner*.



Avec le bouton [Nouveau] dans le coin inférieur gauche au-dessous de la section de dialogue *Combinaisons de charge existantes*, vous pouvez ajouter une combinaison définie par l'utilisateur. Pour permettre une définition manuelle, l'onglet de dialogue *Général* change d'aspect visuel.

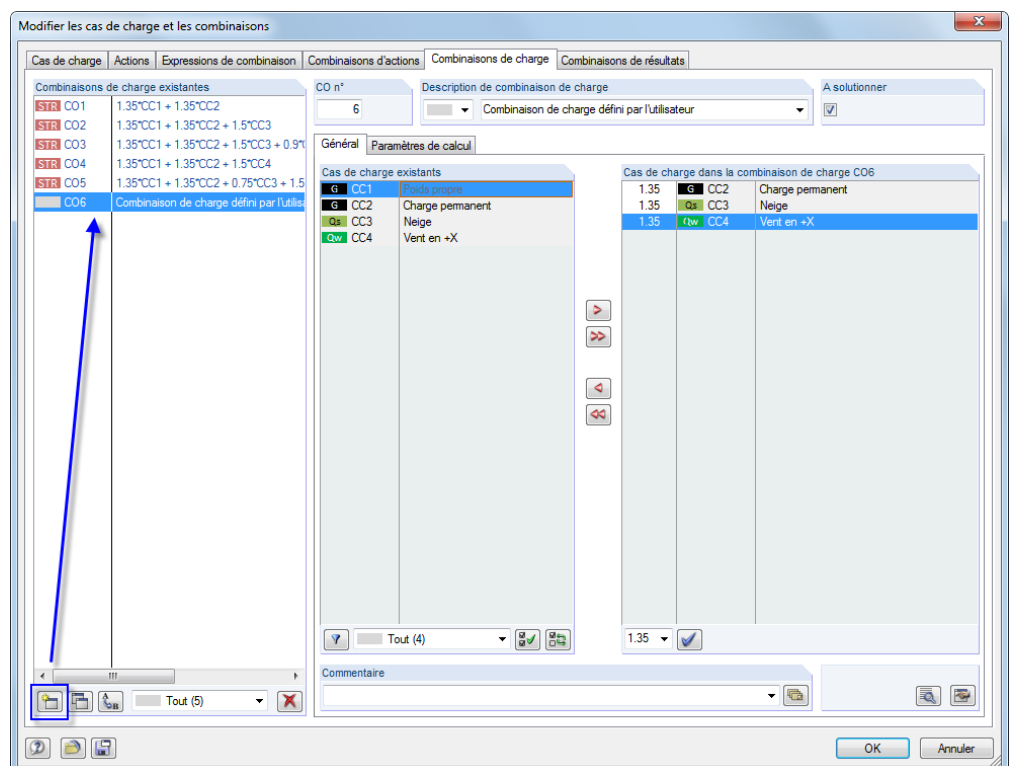


Figure 5.37 : Ajout d'une combinaison de charge définie par l'utilisateur

Le chapitre précédent 5.5.1 décrit en détail comment créer manuellement les combinaisons de charge.

5.6 Combinaisons de résultats

Description générale

Vous pouvez superposer les cas de charge dans une combinaison de résultats (**CR**) et dans une combinaison de charge (**CO**).

Dans une combinaison de résultats, d'abord, les cas de charge sont calculés. Puis, les résultats sont superposés en prenant en compte les facteurs partiels de sécurité. Une combinaison de charge (voir le chapitre 5.5, page 203) combine d'abord les charges des cas de charge contenus dans « un grand cas de charge » en prenant en compte les facteurs partiels de sécurité. Puis, le grand cas est calculé.

Vous pouvez combiner les cas de charge manuellement (voir le chapitre 5.6.1) ou bien ils peuvent être superposés automatiquement par RFEM (voir le chapitre 5.7) en fonction des paramètres dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base* (voir la Figure 12.23, page 584). Les paramètres influencent aussi l'apparence de l'onglet de dialogue *Combinaisons de résultats* dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*.

Les combinaisons de résultats ne sont pas appropriées pour les calculs non linéaires parce qu'elles mènent à de faux résultats : Dans la plupart de cas, les ruptures des éléments non linéaires (par exemple barres de traction, fondations) arrivent inégalement dans les cas de charge individuels. Il y a les effets de redistribution afin que les efforts internes soient combinés des différents modèles (voir l'exemple dans le chapitre 5.5 à la page 203).

Dans une combinaison de résultats, vous pouvez superposer les résultats des cas de charge et des combinaisons de charge tout comme les résultats des autres combinaisons de résultats.

D'habitude, les efforts internes sont récapitulés. Les soustractions sont aussi possibles. Néanmoins, veuillez noter que dans ce cas, les signes des efforts internes seront inversés : Les efforts de traction deviennent des efforts de compression etc. Ainsi, comme alternative, nous vous recommandons de copier le cas de charge (voir le chapitre 5.1, page 183) et de définir le facteur de charge à -1.00 pour la copie de cas de charge dans la boîte de dialogue *Paramètres de calcul*. Puis, le cas de charge peut être ajouté dans une combinaison de résultats.

5.6.1 Combinaisons définies par l'utilisateur

Création d'une nouvelle combinaison de résultats

Il y a plusieurs possibilités pour ouvrir la boîte de dialogue de chargement et créer une combinaison de résultats :

- pointez sur **Cas de charge et combinaisons** dans le menu **Insérer** et puis, sélectionnez **Combinaison de résultats**
- cliquez sur le bouton [Nouvelle combinaison de résultats] dans la barre d'outils

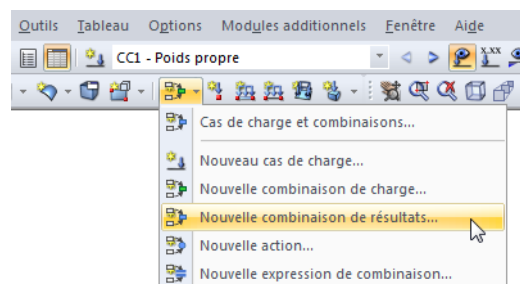
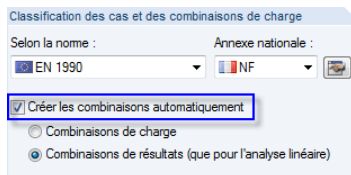


Figure 5.38 : Bouton *Nouvelle combinaison de résultats* dans la barre d'outils

Différence entre la combinaison
de résultats et de charge



Case à cocher dans la boîte de dialogue
Modèle - Données de base



- utilisez le menu contextuel de l'entrée du navigateur *Combinaisons de résultats*

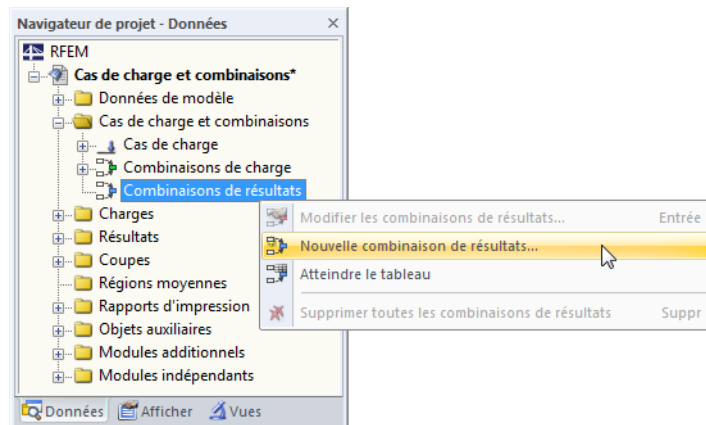


Figure 5.39 : Menu contextuel *Combinaisons de résultats* dans le navigateur *Données*

La boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* s'affiche. Une nouvelle combinaison de résultats est prédéfinie dans l'onglet de dialogue *Combinaisons de résultats*.

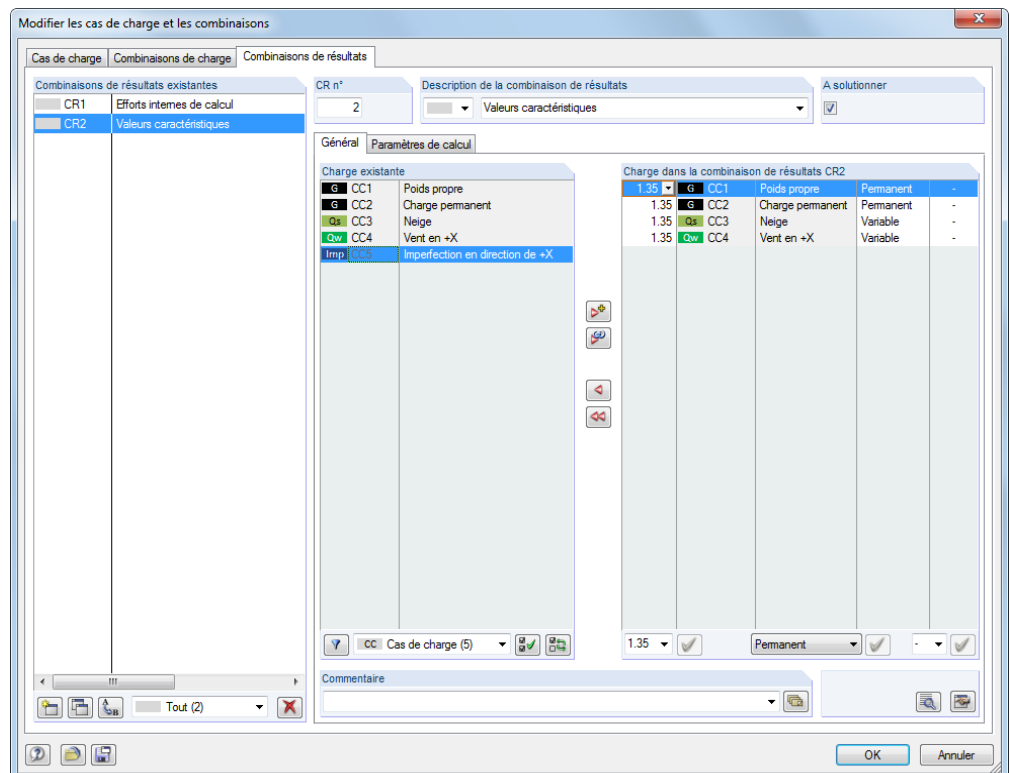
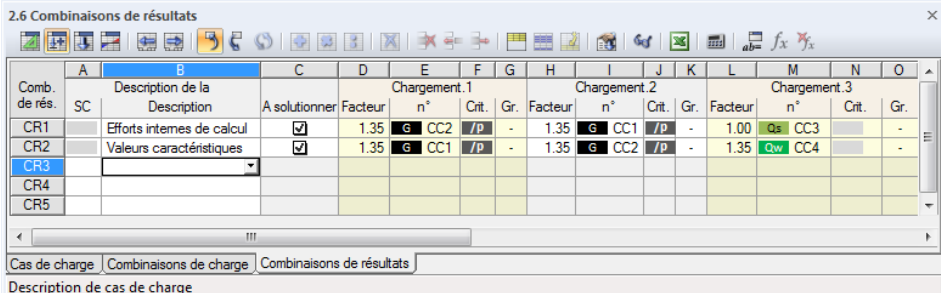


Figure 5.40 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglet *Combinaisons de résultats*

La description suivante est rapportée à l'onglet *Général*. L'onglet de dialogue *Paramètres de calcul* est décrit dans le chapitre 7.3.2 à la page 286.

- Vous pouvez aussi insérer une nouvelle combinaison de résultats dans une rangée vide du tableau 2.6 *Combinaisons de résultats*.



Comb. de rés.	SC	Description de la Description	A solutionner	Facteur	Chargement.1	Chargement.2	Chargement.3
CR1		Efforts internes de calcul	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	G CC2	/p	-
CR2		Valeurs caractéristiques	<input checked="" type="checkbox"/>	1.35	G CC1	/p	-
CR3							
CR4							
CR5							

Figure 5.41 : Tableau 2.6 *Combinaisons de résultats*

Combinaison de résultats

Le numéro de la nouvelle combinaison de résultats est prédéfini, mais peut être modifié dans le champ d'entrée de dialogue *CR n°*. L'ordre des combinaisons de résultats peut être ajusté aussi ultérieurement à l'aide du bouton de dialogue [Renuméroter] (voir Tableau 5.8 et le chapitre 11.4.18, page 506).

Description d'une combinaison de résultats

Vous pouvez insérer des noms manuellement. Vous pouvez aussi choisir un nom de la liste pour décrire brièvement la combinaison de résultats. Les descriptions manuellement insérées sont stockées dans la liste et seront disponibles pour d'autres modèles.

A solutionner

Utilisez la case pour décider si la combinaison de résultats est considérée dans le calcul. De cette façon, vous pouvez réactiver ou exclure les combinaisons de résultats du calcul de façon spécifique.

Chargement dans la combinaison de résultats

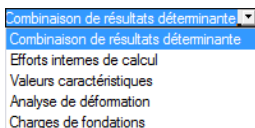
Les colonnes vous informent sur les cas de charge, combinaisons de charge et de résultats y compris les facteurs appropriés.

Les valeurs indiquées dans la colonne de tableau *Facteur* sont basées entre autre sur les coefficients des normes sélectionnées. Pour EN 1990, ce sont les facteurs partiels de sécurité γ , les facteurs de combinaison ψ , les facteurs de réduction ξ et, si applicable, les facteurs de fiabilité K_{fi} de chaque action résultante de la situation de calcul et de la catégorie d'action.

Pour vérifier et ajuster les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison conformément aux normes, utilisez le bouton de dialogue [Coefficients de combinaison]. La boîte de dialogue *Coefficients* où vous trouvez différents facteurs organisés dans plusieurs onglets s'ouvre. L'onglet *Coefficients partiels de sécurité* pour EN 1990 est affiché dans la Figure 12.27 à la page 586. L'onglet *Coefficients de combinaison* gère les facteurs ψ et ξ (voir la Figure 5.24, page 201). Le facteur de fiabilité K_{fi} peut être défini dans un champ d'entrée de l'onglet de dialogue *Classe de conséquence*, mais vous pouvez aussi insérer une valeur définie par l'utilisateur.

Combinaison des chargements

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, vous pouvez superposer les cas de charge et les combinaisons de charge et de résultats dans une combinaison de la façon suivante : Sélectionnez les entrées appropriées dans la liste *Charge existante* en cliquant dessus. Avec la touche [Ctrl] appuyée (comme dans les applications Windows), vous effectuez une sélection multiple (voir la figure ci-dessous). Ensuite utilisez les boutons [►⁺] ou [►[∞]] pour transférer les cas de charges vers la liste *Charge dans la combinaison de résultats CR*.



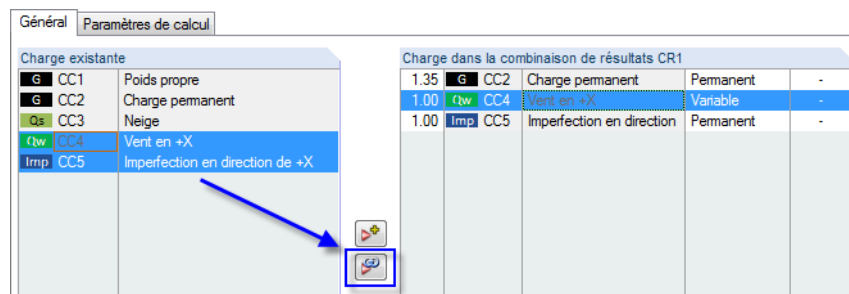


Figure 5.42 : Sélection multiple pour l'analyse alternative de deux cas de charge

Les facteurs de cas de charge sont appliqués selon la norme définie dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base*. Si requis, vous pouvez ajuster les facteurs partiels de sécurité prédéfinis (voir le chapitre 12.2.1, page 586) à l'aide du bouton de dialogue [Facteurs].

Pour enlever un chargement d'une combinaison de résultats, sélectionnez l'entrée correspondante dans la section de dialogue *Charge dans la combinaison de résultats*. Utilisez le bouton [◀] ou cliquez deux fois sur l'entrée pour retourner dans la section de dialogue *Charge existante*.

Les cas de charge, combinaisons de charge et de résultats contenus dans la combinaison de résultats peuvent être superposés en conformité avec leur effet :

- **Critère de chargement**

- **Effet permanent**

- Si vous voulez appliquer le chargement d'une façon permanente ou inconditionnellement, le critère *Permanent* ou */p* doit être ajouté dans le chargement.

- **Effet variable**

- Un chargement avec le critère *Variable* n'est considéré dans la superposition que si ses efforts internes représentent une contribution défavorable au résultat.

- **Critère pour la superposition**

- **Combinaison additionnelle**

- Les résultats des chargements sont combinés de façon cumulative avec le critère « + ». Utilisez le bouton [▶⁺] disponible dans la boîte de dialogue pour transférer les cas de charge marqués, combinaisons de charge et de résultats dans la liste de définition de la combinaison de résultats.

- **Combinaison alternative**

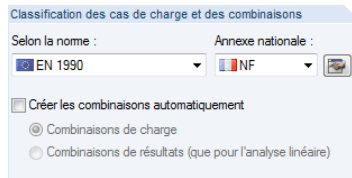
- Pour l'analyse alternative utilisant le critère « ou » ou bien l'abréviation « o », RFEM traite les résultats des chargements particuliers comme mutuellement exclusive. RFEM ne va considérer que les valeurs dont le chargement fait la contribution défavorable maximale. Utilisez le bouton de dialogue [▶^o] pour transférer les chargements sélectionnés dans la liste de définition de la combinaison de résultats.

Les chargements agissant alternativement sont marqués avec le même numéro dans la colonne de tableau *Groupe*.

Le critère « orto » (anglais : *ou à*) combine une liste des chargements alternatifs à partir du premier jusqu'au dernier objet. Les objets qui se trouvent au milieu ne sont pas listés.

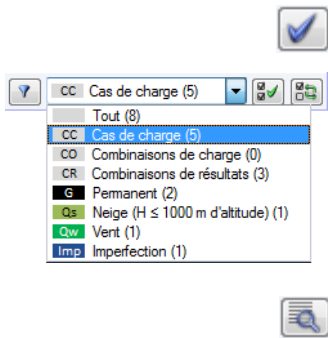
Tous les chargements listés dans la superposition alternative doivent être marqués d'une façon consistante comme « Permanent » ou « Variable ». Ainsi, il n'est pas permis d'insérer par exemple CC1/p ou CC2.

Vous pouvez ajuster individuellement les facteurs des chargements transférés : Sélectionnez les chargements dans la liste *Chargement dans la combinaison de résultats* et puis, insérez un facteur approprié dans le champ d'entrée. Vous pouvez aussi utiliser la liste pour sélectionner un facteur. A la fin, cliquez sur le bouton [Définir le facteur] pour appliquer le nouveau facteur aux chargements.



Paramètres standard dans la boîte de dialogue *Modèle - Données de base*





Analogiquement, vous pouvez modifier ultérieurement le critère de chargement (effet permanent ou variable) ou l'appartenance de groupe d'un chargement alternatif. Pour attribuer un nouveau critère au chargement sélectionné, utilisez le bouton de dialogue [Définir].

Il y a plusieurs options de filtre disponibles au dessous de la liste *Charge existante*. A l'aide des options, il est plus facile d'attribuer les chargements classés par cas de charge, combinaison de charge et combinaison d'actions tout comme catégorie d'action. En plus, vous pouvez limiter la liste aux chargements qui n'ont pas encore été attribués. Les boutons sont décrits dans le Tableau 5.8 à la page 217.

Vous pouvez définir les combinaisons de résultats manuellement dans une boîte de dialogue séparée. Pour l'ouvrir, utilisez le bouton [Modifier] dans le coin inférieur droit de la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*.

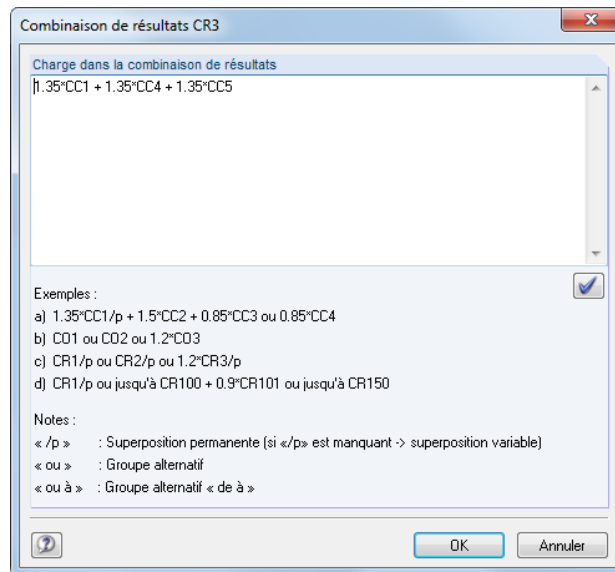


Figure 5.43 : Boîte de dialogue *Combinaison de résultats* pour la définition à l'aide du boîtier chaîne

Une boîte de dialogue qui vous offre le champ d'entrée *Charge dans la combinaison de résultats* où les cas de charge peuvent être ajoutés avec un facteur ou bien combinés avec le critère « ou » s'ouvre. Néanmoins, l'emboîtement des entrées n'est pas permis.

Exemples :

- **CC1/p + CC2/p + CC3**
Les cas de charge 1 et 2 sont superposés comme permanents, le cas de charge 3 comme variable.
- **CC1/p + CO2 + CC3 ou CC4 ou CC5 (correspond à CC1/p + CO2 + CC3 ou à CC5)**
Le cas de charge 1 est considéré comme permanent dans la superposition, la combinaison de charge 2 comme variable. Le cas le plus défavorable des cas de charge 3, 4 ou 5 est aussi superposé avec le critère « variable » (c'est-à-dire que seulement l'un d'eux est efficace - s'il augmente les valeurs de résultat).
- **1.2*CO1/p + 0.2*CR1 ou -0.2*CR1**
Le multiple de 1.2 de la combinaison de charge 1 est superposé comme permanent avec la contribution la plus défavorable du multiple de 0.2 de la combinaison de résultats 1 positif ou négatif.
- **CR1/p o CR2/p o CR3/p o CR4/p** (correspond à **CR1/p** **ou** **CR4/p**)
Les combinaisons de résultats 1 à 4 sont comparées parmi elles comme agissant d'une façon permanente. Le résultat qui enveloppe est déterminé comme le résultat le plus défavorable.

Utilisez le bouton [Définir] pour transférer l'entrée dans la liste *Charge dans la combinaison de résultats* de la boîte de dialogue initiale.

Commentaire

Insérez une note ou sélectionnez une entrée de la liste pour décrire la combinaison de résultats.

Paramètres de calcul

L'onglet *Paramètres de calcul* dans la boîte de dialogue de chargement vous offre différentes options pour le contrôle du calcul. Vous trouverez une description détaillée de ces paramètres dans le chapitre 7.3.1 à la page 278.

Modification d'une combinaison de résultats

Il y a plusieurs possibilités pour modifier les combinaisons de résultats ultérieurement :

- pointez sur **Cas de charge et combinaisons** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur les combinaisons de **résultats**
- utilisez le menu contextuel ou cliquez deux fois sur une combinaison de résultats dans le navigateur *Données*

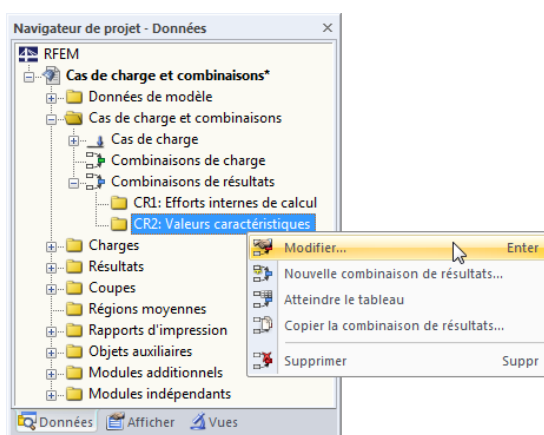


Figure 5.44 : Menu contextuel d'une combinaison de résultats

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* (voir la Figure 5.40, page 213), sélectionnez la CR. Puis, vous pouvez modifier les critères de définition.

Boutons

Dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, il y a plusieurs boutons disponibles au-dessous des listes *Combinaisons de résultats existantes* et *Chargement existants*. Les boutons ont les fonctions suivantes :








	Crée une nouvelle combinaison de résultats
	Crée une nouvelle combinaison de résultats comme une copie de la combinaison sélectionnée
	Attribue un nouveau numéro à une combinaison de résultats sélectionnée. Spécifier le numéro dans une boîte de dialogue séparée. Il n'est pas permis d'insérer un numéro de CR qui a déjà été attribué.
	Supprime la combinaison de résultats sélectionnée
	La liste ne vous montre que les cas de charge qui ne sont pas contenus dans la combinaison de résultats.
	Sélectionne tous les cas de charge dans la liste
	Renverse la sélection des cas de charge

Tableau 5.8 : Boutons dans l'onglet *Combinaisons de résultats*

5.6.2 Combinaisons générées

Quand vous basculez dans la boîte de dialogue *Combinaisons de résultats* ou dans le tableau 2.6, RFEM crée les combinaisons automatiquement. Comme les cas de charge ne sont pas superposés manuellement, l'onglet *Général* apparaît de façon différente (voir la Figure 5.40, page 213 pour les combinaisons définies par l'utilisateur).

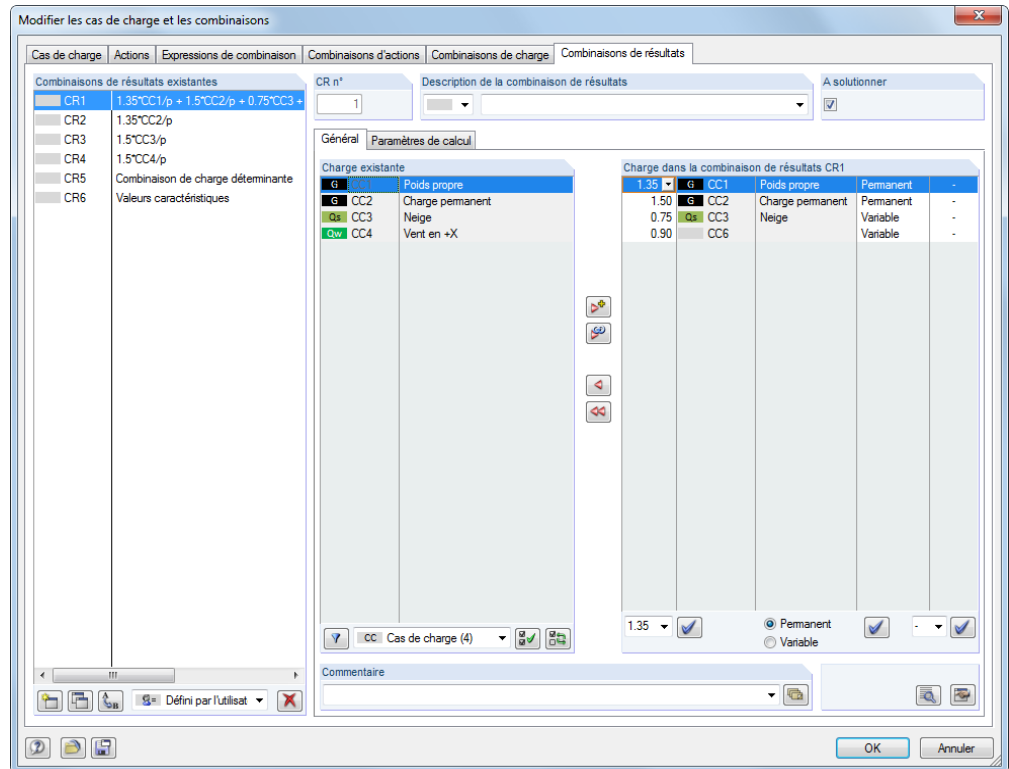
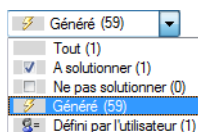


Figure 5.45 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglet *Combinaisons de résultats*

Combinaison de résultats

Les combinaisons de résultats générées à partir des combinaisons d'actions sont numérotées successivement.

Vous pouvez filtrer les combinaisons générées par différents critères à l'aide du champ de sélection dans le coin gauche du dialogue au-dessous de la section de dialogue *Combinaisons de résultats existantes*.



Description d'une combinaison de résultats

RFEM attribue de courtes descriptions basées sur les facteurs de sécurité et les numéros des cas de charge, exprimant des règles de combinaison. Si nécessaire, vous pouvez modifier ces descriptions.

Cliquez sur le bouton de dialogue [◀] pour retourner dans l'onglet de dialogue *Combinaisons d'actions* (voir le chapitre 5.4, page 199) où il est sélectionné la combinaison d'actions à l'aide de laquelle la combinaison de résultats actuelle a été créée.

A solutionner

La case gère la détermination de résultats pour les combinaisons de résultats sélectionnées à gauche.



Cas de charge dans la combinaison de résultats

Les colonnes vous informent sur les cas de charge y compris les facteurs partiels de sécurité correspondants et les coefficients de combinaison. Il n'est pas possible de modifier les facteurs des combinaisons générées.

Si un cas de charge est supposé comme *Déterminant* dans la combinaison, il est marqué d'une façon appropriée dans la boîte de dialogue.



Pour vérifier et, si nécessaire, pour ajuster les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison, utilisez le bouton de dialogue [Coefficients de combinaison]. La boîte de dialogue *Coefficients* est subdivisée en plusieurs onglets (voir la Figure 12.27, page 586 et Figure 5.24, page 201).

Ajouter une combinaison de résultats

Les combinaisons de résultats générées ne peuvent pas être modifiées. Elles peuvent être seulement supprimées ou exclues du calcul à l'aide de la case *A solutionner*.



Avec le bouton [Nouvelle] dans le coin inférieur gauche au-dessous de la section de dialogue *Combinaisons de résultats existantes*, vous pouvez ajouter une combinaison définie par utilisateur. Pour permettre une définition manuelle, l'onglet de dialogue *Général* change son aspect visuel.

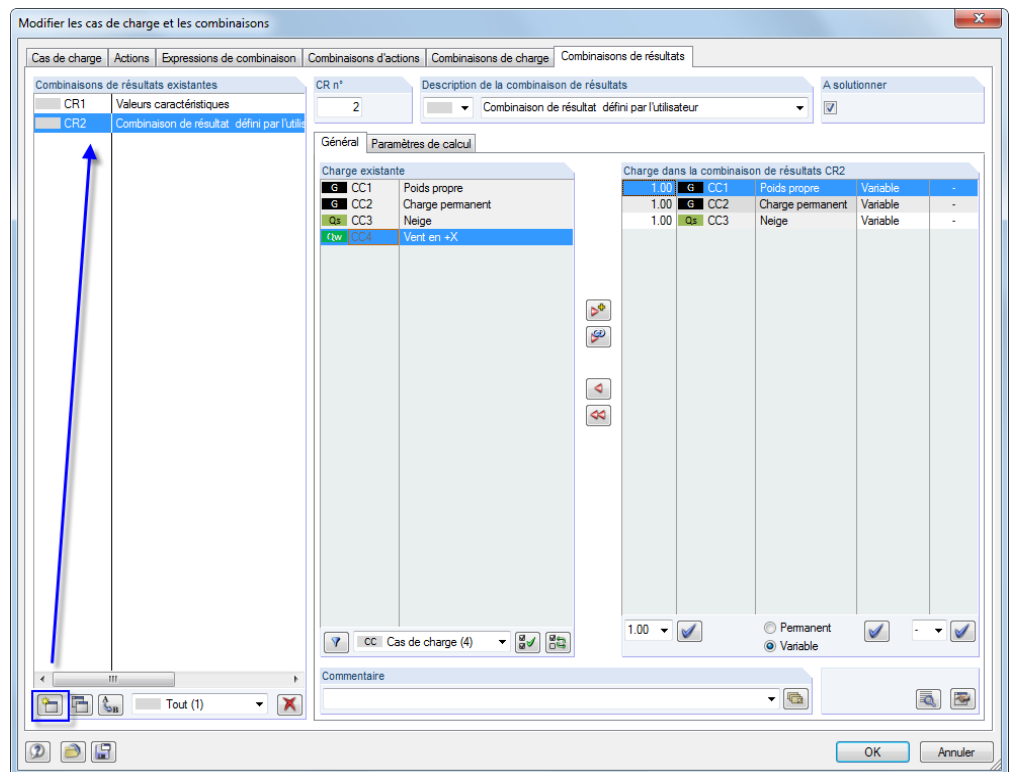


Figure 5.46 : Ajout d'une combinaison de résultats définie par l'utilisateur

Le chapitre précédent 5.6.1 décrit en détails comment vous pouvez créer manuellement les combinaisons de résultats.

5.7 Schéma de combinaison

Les constellations de cas de charge peuvent être enregistrées comme des schémas de combinaison et utilisées de nouveau pour des applications similaires. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez le **Schéma de combinaison** dans le menu **Outils**.

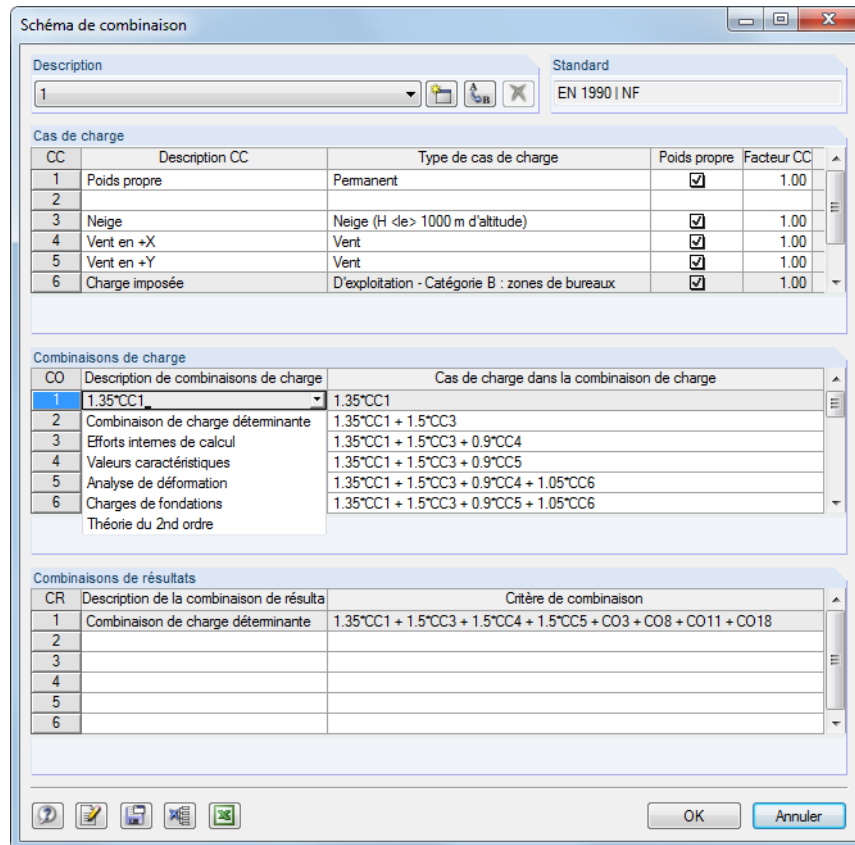


Figure 5.47 : Boîte de dialogue *Schéma de combinaison*



Dans la section de dialogue *Description*, vous pouvez sélectionner un schéma de combinaison de la liste. Vous pouvez aussi utiliser le bouton [Nouveau] pour créer un nouveau schéma.

Quand les cas de charge ont déjà été définis dans le modèle, ils sont insérés dans la section de dialogue *Cas de charge*. Les cas de charge peuvent être ajoutés par la confirmation de la dernière ligne de la liste avec la touche [Entrée] ou [Tab]. Dans la colonne de dialogue *Description CC*, vous pouvez sélectionner les descriptions prédéfinies de la liste.

Les sections de dialogue *Combinaisons de charge* et *Combinaisons de résultats* gèrent la superposition pour les combinaisons de charge (voir le chapitre 5.5) et les combinaisons de résultats (voir le chapitre 5.6).



Pour enregistrer le schéma de combinaison, cliquez sur le bouton [Enregistrer] affiché à gauche. Confirmez la boîte de dialogue avec le bouton [OK] afin que RFEM puisse créer les cas de charge, combinaisons de charge et combinaisons de résultats.



N'oubliez pas d'insérer le chargement : Le schéma de combinaison ne génère qu'un cadre des cas de charge, des combinaisons de charge et de résultats !

Pour les modèles basés sur le même schéma de charge, vous pouvez générer tous les cas de charge et toutes les combinaisons de charge et de résultats sans insérer d'autres données. Ouvrez la boîte de dialogue de schéma, sélectionnez le schéma de combinaison de la liste *Description* et l'importez en cliquant sur [OK].

6. Charges

RFEM vous offre plusieurs possibilités pour insérer des charges : Vous pouvez définir les charges dans une **boîte de dialogue**, un **tableau** et souvent directement dans le **graphique**.

Ouvrir la boîte de dialogue d'entrée

Vous pouvez accéder dans les boîtes de dialogue d'entrée et dans l'entrée graphique de différentes manières.

Menu Insérer

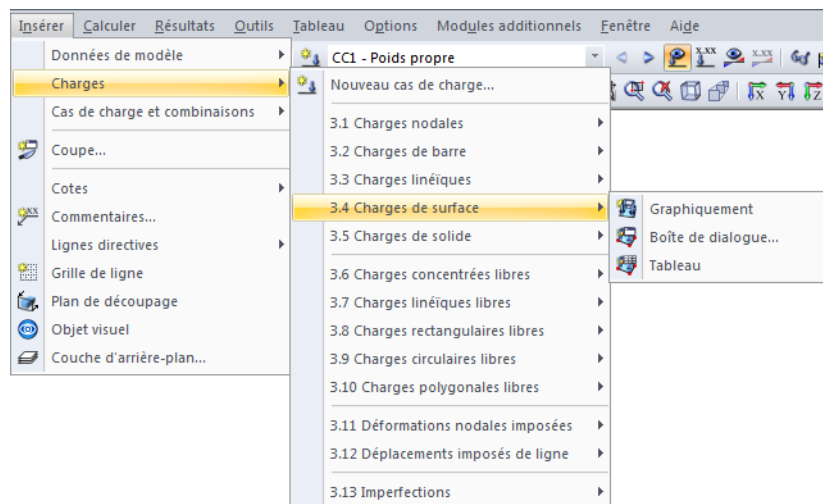


Figure 6.1 : Menu Insérer → Charges

Barre d'outils Insérer



Figure 6.2 : Barre d'outils Insérer

Menu contextuel dans le navigateur Données

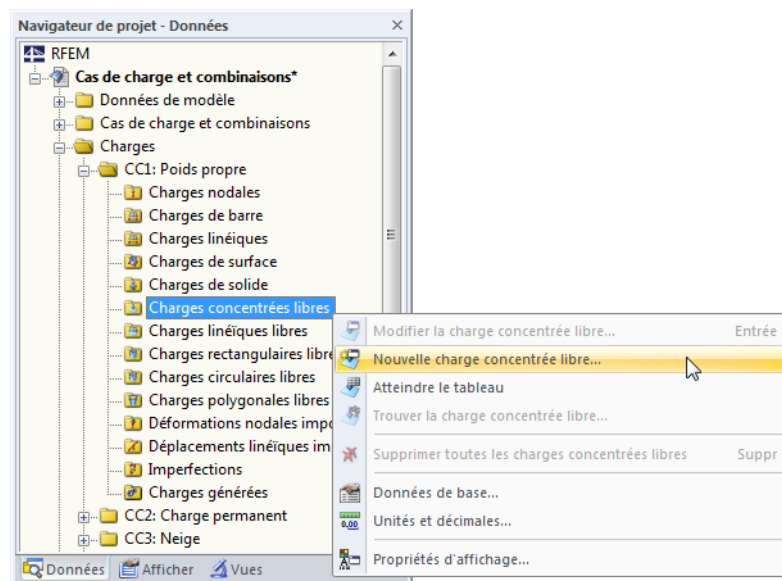


Figure 6.3 : Menu contextuel des objets de charge dans le navigateur Données



Menu contextuel ou double clic dans le tableau

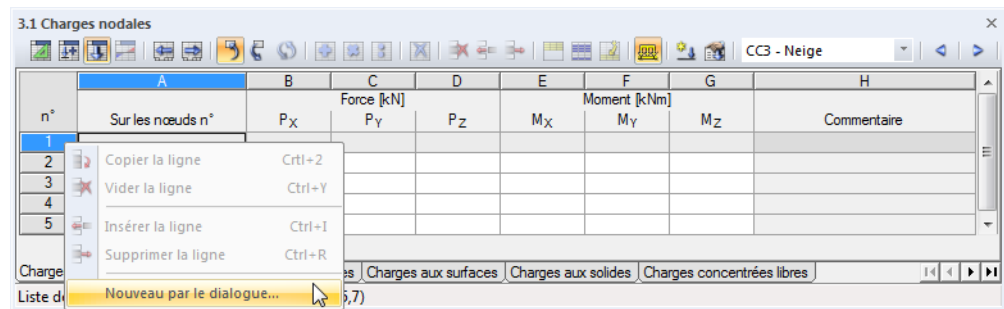


Figure 6.4 : Menu contextuel dans les tableaux de charge

Vous pouvez accéder à la boîte de dialogue d'entrée à l'aide du menu contextuel (ou par un double clic) sur le numéro de ligne.

Ouvrir la boîte de dialogue de modification

RFEM vous offre différentes possibilités pour ouvrir une boîte de dialogue pour modifier un objet de charge.

Menu Modifier

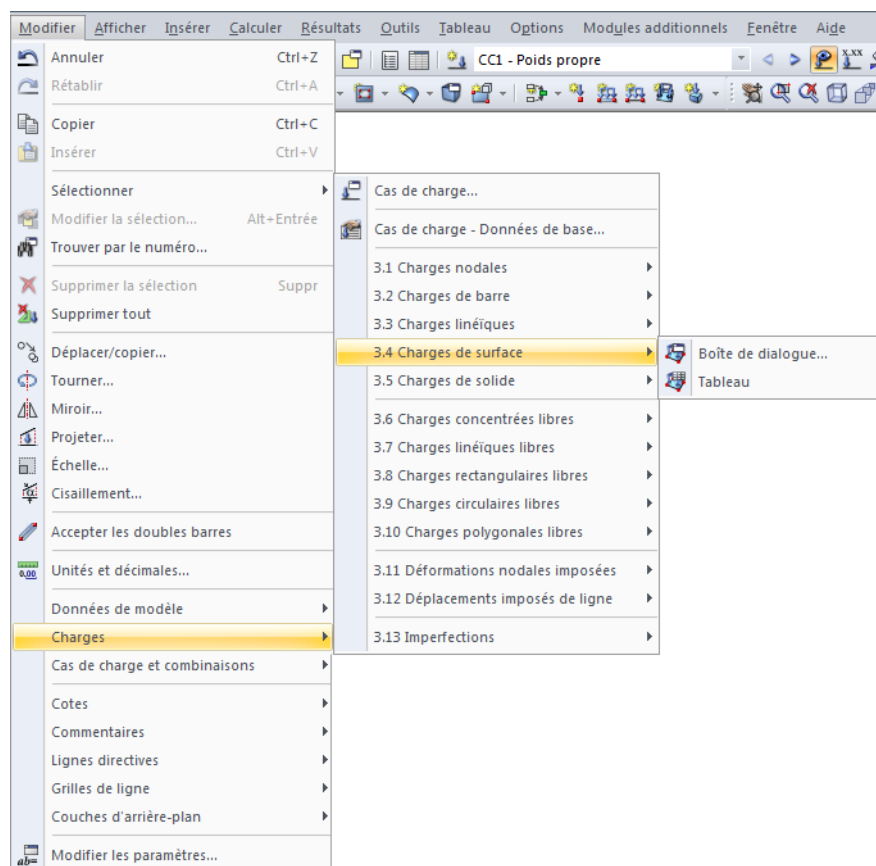


Figure 6.5 : Menu Modifier → Charges

Vous ne pouvez accéder dans l'option de menu *Boîte de dialogue* que dans le cas où l'objet de charge a déjà été sélectionné.

Menu contextuel ou double clic dans le graphique

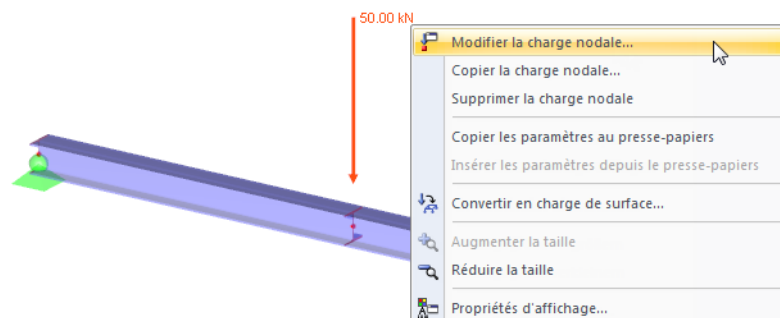


Figure 6.6 : Menu contextuel d'un nœud dans la fenêtre de travail

Menu contextuel ou double clic dans le navigateur *Données*

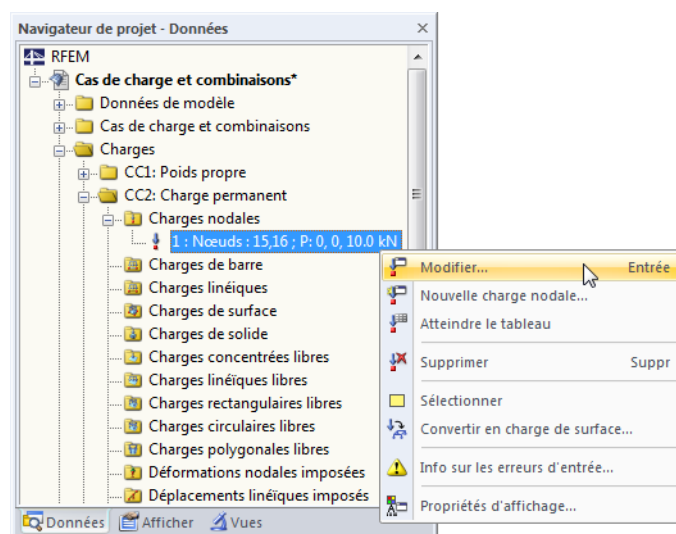


Figure 6.7 : Menu contextuel des objets de charge dans le navigateur *Données*

Menu contextuel ou double clic dans le tableau

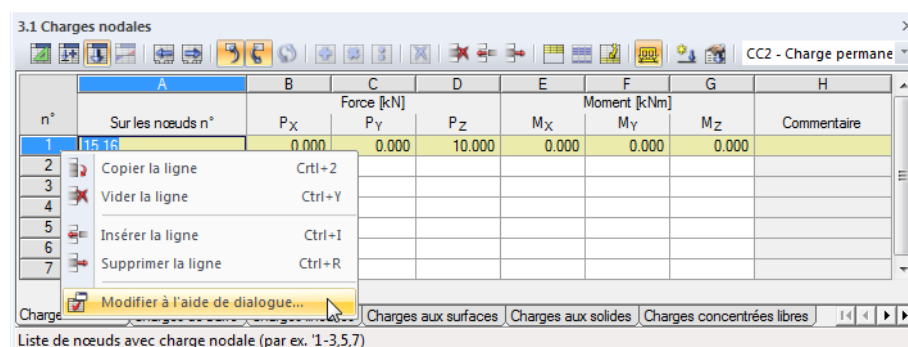


Figure 6.8 : Menu contextuel dans les tableaux de charge

On peut accéder à la boîte de dialogue d'entrée à l'aide du menu contextuel (ou par un double clic) du numéro de ligne.

Entrées de tableau



Les entrées et les modifications effectuées dans l'interface utilisateur graphique sont affichées immédiatement dans les tableaux et vice versa. Pour accéder dans les tableaux de charge, utilisez le troisième bouton disponible à partir de la gauche dans la barre d'outils.

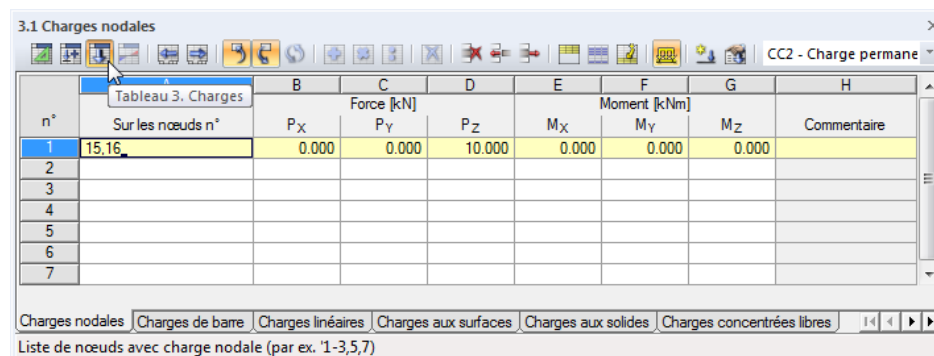


Figure 6.9 : Bouton [Tableau 3. Charges]

L'entrée sous forme de données de feuille insérées dans les tableaux peut être rapidement modifiée et importée (voir le chapitre 11.5, page 507).

Dans chaque boîte de dialogue et dans chaque tableau, il est possible d'ajouter un *Commentaire* qui spécifie la charge. Vous pouvez aussi utiliser des commentaires prédéfinis (voir le chapitre 11.1.4, page 443).



Pour gérer la liste des charges ligne par ligne ou résumées dans le tableau actuel ou bien dans tous les tableaux, sélectionnez **Optimiser les données de charge** dans le menu **Tableau**. Vous pouvez aussi utiliser les boutons dans la barre d'outils de tableau affichés à gauche pour activer les paramètres. Vous trouvez les boutons à droite de la liste des cas de charge.

6.1 Charges nodales

Description générale



Les charges nodales sont les forces et les moments qui agissent sur les nœuds (voir le chapitre 4.1, page 46).

Pour appliquer une charge nodale, un nœud doit déjà être défini.

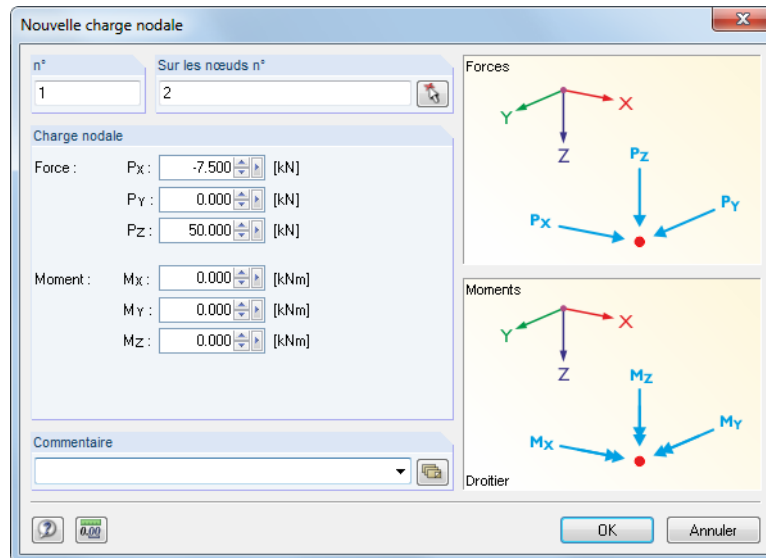



Figure 6.10 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge nodale*

3.1 Charges nodales



CC2 - Charge permanente

n°	A	B	C	D	E	F	G	H
	Sur les nœuds n°	P _x	Force [kN] P _y	P _z	M _x	Moment [kNm] M _y	M _z	Commentaire
1	2	-7.500	0.000	50.000	0.000	0.000	0.000	
2	1,11	0.000	0.000	12.350	0.000	0.000	0.000	
3								
4								
5								
6								
7								

Charges nodales

Charges de barre

Charges linéaires

Charges aux surfaces

Charges aux solides

Charges concentrées libres

Liste de nœuds avec charge nodale (par ex. '1-3,5,7')

Figure 6.11 : Tableau 3.1 *Charges nodales*

Le numéro de la charge nodale est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge nodale*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de numérotation n'est pas important.

Sur les nœuds



Dans ce champ d'entrée, définissez les numéros des nœuds sur lesquels la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge nodale*, vous pouvez sélectionner les nœuds aussi graphiquement en utilisant la fonction [↵].



Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les données de charge. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les nœuds correspondants les uns après les autres dans la fenêtre graphique.

Force $P_x / P_y / P_z$

Les forces nodales représentent les vecteurs rapportés au système d'axes globaux. Si la force n'agit pas parallèlement à l'un des axes globaux, ses composantes X, Y et Z doivent être déterminées et insérées dans les champs d'entrée correspondants.

Quand le type de modèle a été limité à un système plan dans la boîte de dialogue *Données de base*, vous ne pouvez pas accéder à l'ensemble des trois champs d'entrée ou colonnes de tableau.

Moment $M_x / M_y / M_z$

Les moments nodaux sont rapportés aussi au système de coordonnées globales X,Y,Z. Ainsi, un moment agissant dans un plan incliné doit être divisé en composantes X, Y et Z qui peuvent être insérées dans les champs d'entrée correspondants.



Un moment positif agit dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe global positif correspondant. L'entrée est faite plus clairement par les axes globaux de coordonnées représentés dans le graphique de RFEM.

En complément aux vecteurs, les moments peuvent être représentés comme des arcs. Pour gérer les propriétés d'affichage (voir le chapitre 11.1.2, page 439),

pointez sur **Propriétés d'affichage** dans le menu **Options** et sélectionnez **Modifier**.

La boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* s'ouvre et vous pouvez y définir la *Catégorie Charges* → *Charges nodales* → *Moments nodaux*. Puis, l'option d'affichage Arc est disponible pour la sélection dans l'onglet à droite.

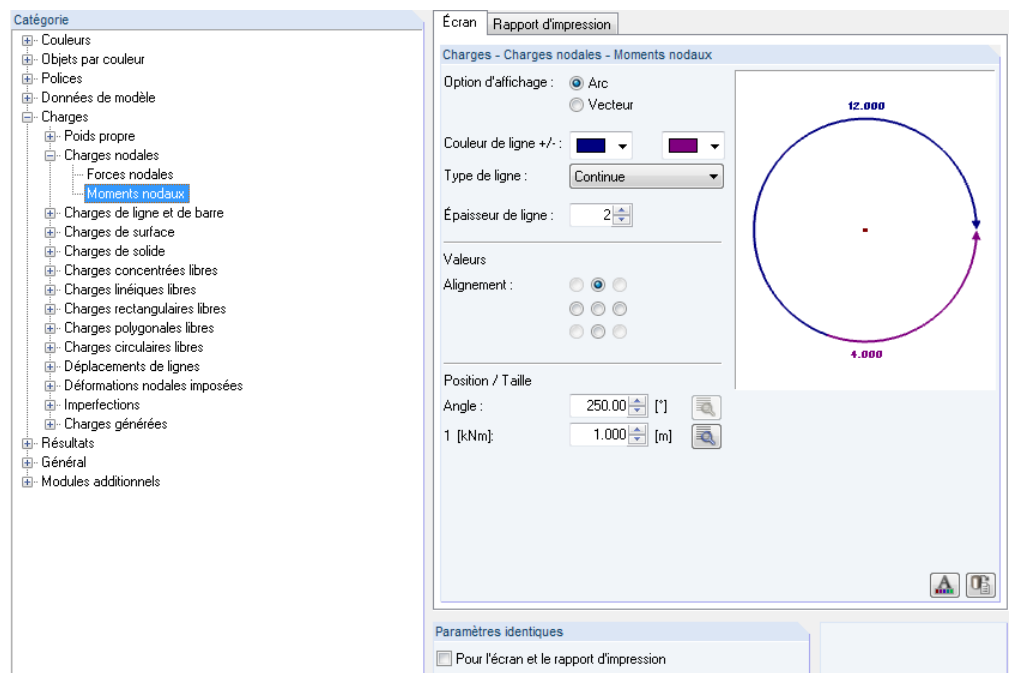
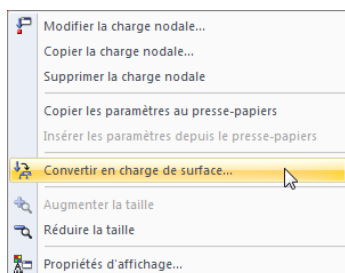


Figure 6.12 : Boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* (section de dialogue) : *Moments nodaux* avec l'option d'affichage Arc



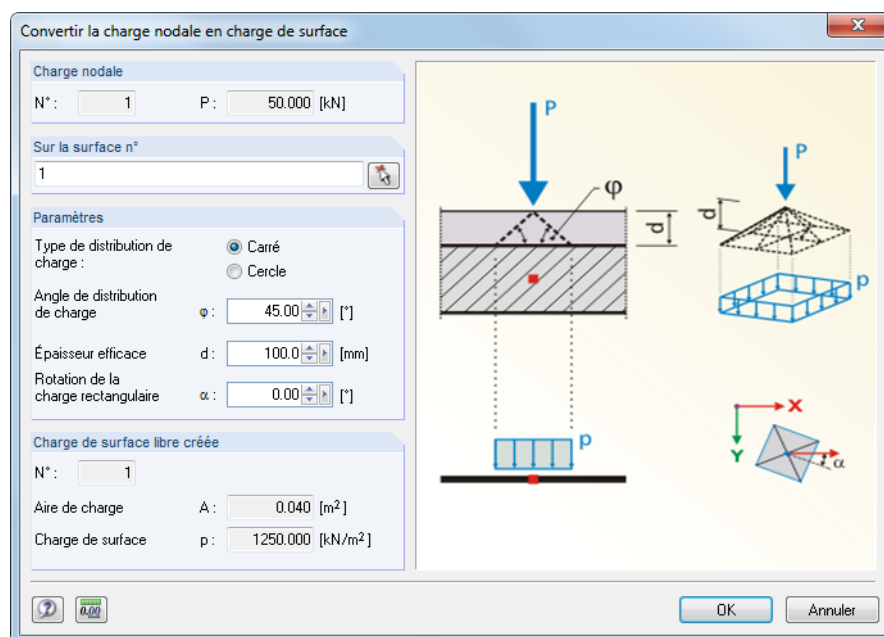
Il est possible d'importer les charges nodales depuis des tableurs d'Excel (voir le chapitre 12.5.2, page 598).



Menu contextuel de la charge nodale

Souvent, les charges nodales résultent en singularités parce que la charge est concentrée quand elle est introduite dans un nœud EF simple. Pour réduire cet effet, sélectionnez **Convertir la charge nodale/linéique en charge de surface** dans le menu **Outils**. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel d'une charge nodale affiché à gauche pour accéder à la boîte de dialogue pour la conversion des charges nodales. Ouvrez le menu contextuel par un clic droit de la souris sur l'objet.

Une boîte de dialogue (voir la Figure 6.13) s'ouvre et vous pouvez y définir les paramètres pour la distribution de la charge. Quand vous cliquez sur [OK], la charge correspondante libre rectangulaire ou circulaire se crée.

Figure 6.13 : Boîte de dialogue *Convertir la charge nodale en charge de surface*

6.2 Charges de barre

Description générale



Les charges de barre sont des forces, moments, actions de température ou déformations imposées qui agissent sur les barres.

Pour appliquer une charge de barre, une barre doit déjà être définie.

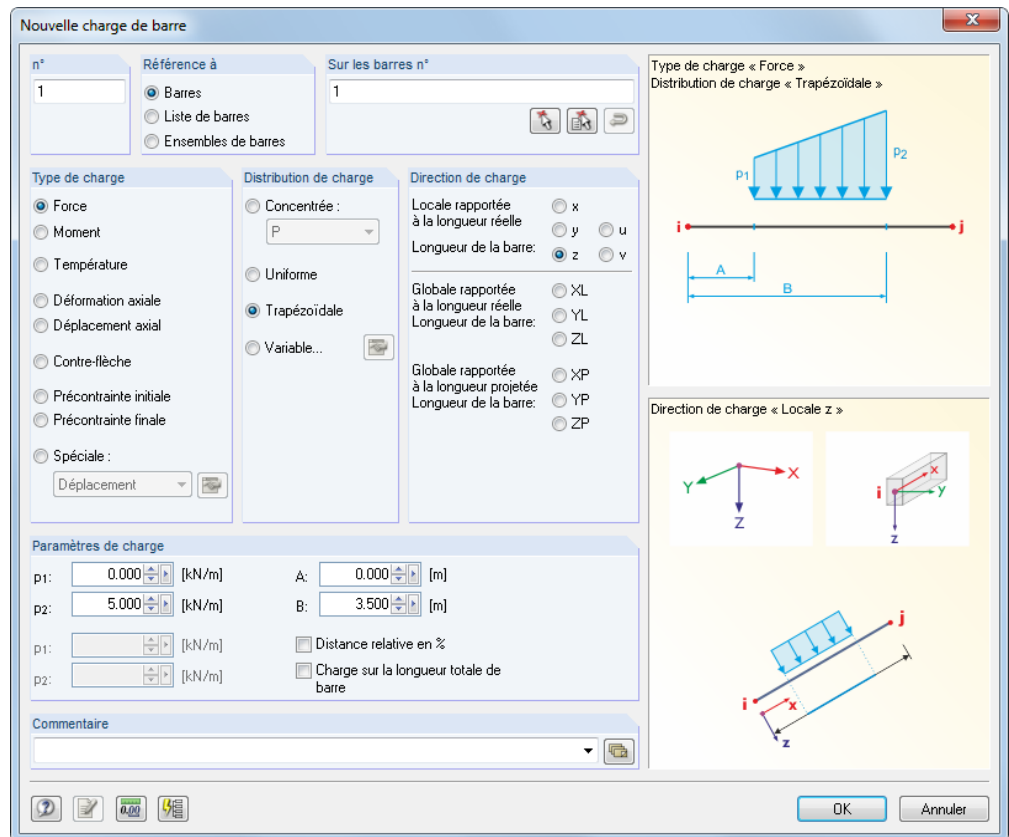


Figure 6.14 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge de barre*

3.2 Charges de barre

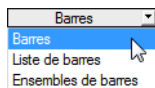
n°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
n°	Référence à	Sur les ensemble n°	Type de charge	Distribution de charge	Direction de charge	P [kN]	p2	A [m]	B	Distance dans %	Longueur totale		
1	Barres	8,11	Force	Trapezoidal	x	15.000	0.000	0.000	1.000				
2	Liste de barres	12	Précontrainte in	Uniforme	x	5.000							
3	Ensembles de b	10	Force	Concentré	z	0.000		0.000					
4	Liste de barres	2,4	Force		z	15.000	10.000	0.000	1.000				
5			Moment										
6			Température										
7			Déformation normale										
8			Déplacement normal										
9			Imperfection en arc										
			Précontrainte initiale										
			Précontrainte finale										
			Déplacement										
			Rotation										

Charges nodales | Charges de barre | Charge de barre (F7 pour sélectionner)

Charges aux solides | Charges concentrées libres | Charges linéaires libres

Figure 6.15 : Tableau 3.2 Charges de barre

Le numéro de la charge de barre est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de barre*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de numérotation n'est pas important.



Référence à

Définition des éléments de modèle auxquels vous voulez appliquer la charge de barre. Les options suivantes peuvent être sélectionnées :

Barres

La charge agit sur une barre simple ou sur chaque barre d'un ensemble de barres.

Liste de barres

La charge agit sur les ensembles de barres qui sont définies dans la liste. Ainsi, quand les charges trapézoïdales sont utilisées, les paramètres de charge ne sont pas appliqués à chaque barre individuellement, mais comme une charge totale à toutes les barres de l'ensemble de barres. Les effets de charge d'une charge trapézoïdale de barre sur les barres simples en opposition à un ensemble de barre sont affichés à la Figure 6.16.

Profitez d'une liste de barres pour appliquer les charges sur toutes les barres sans définir les barres continues. En outre, il est possible de modifier rapidement la référence de charge aux barres individuelles.

Ensembles de barres

La charge agit sur un ensemble de barres ou sur chaque ensemble de plusieurs ensembles de barres. Pareillement à la liste de barres décrite ci-dessus, les paramètres de charge sont appliqués à l'ensemble des barres incluses dans l'ensemble de barres.

Les ensembles de barres sont sous divisés en barres continues et groupes de barres (voir le chapitre 4.21, page 168). Les charges sur les ensembles de barres peuvent être appliquées aux barres continues sans problèmes. Néanmoins, les groupes de barres doivent être manipulés avec soin : D'habitude, la référence à un groupe de barres est problématique pour des charges trapézoïdales.

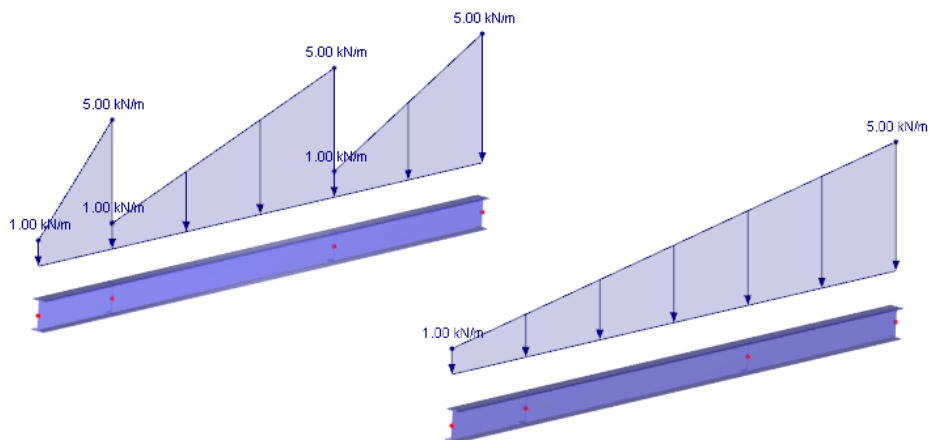


Figure 6.16 : Charge trapézoïdale rapportée aux barres (gauche) et à la liste de barres (droite)

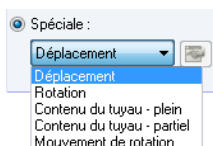
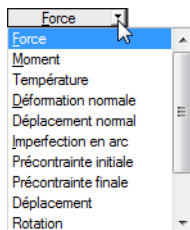
Sur les barres

Dans le champ d'entrée, insérez les numéros des barres ou des ensembles de barres sur lesquels la charge agit. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les données de charge. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les barres ou les ensembles de barres correspondants les uns après les autres dans la fenêtre graphique.

Pour les charges trapézoïdales ou variables avec une référence de charge à la liste de barre, vous pouvez ajuster les numéros de barre en utilisant le bouton [Reverser l'orientation des barres] affiché à gauche.





Type de charge

Dans cette section de dialogue, vous définissez le type de charge. En fonction de votre sélection, certaines parties de la boîte de dialogue ou bien colonnes de tableau sont désactivées. Les types de charge suivants peuvent être sélectionnés :

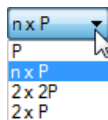
Type de charge	Description courte
Force	Charge concentrée, charge distribuée ou trapézoïdale
Moment	Moment concentré, moment distribué ou moment trapézoïdal
Température	Charge de température uniformément distribuée sur la section de barre ou différence de température entre les côtés supérieur et inférieur de la barre La charge est appliquée comme uniforme ou trapézoïdale sur la longueur de la barre ou trapézoïdale sur la section. Une valeur positive de la charge signifie que la barre ou le côté supérieur est réchauffé.
Déformation axiale	Déformation de traction ou de compression imposée ε de la barre Une valeur positive de la charge signifie que la barre est étendue. Ainsi, une précontrainte comme une contraction de barre doit être insérée négative. Utilisez ce bouton de dialogue affiché à gauche pour déterminer la déformation due au retrait des paramètres pour la contraction et le retrait de séchage (voir la Figure 6.24 avec la description à la page 240).
Déplacement axial	Déformation de traction ou de compression imposée Δl de la barre
Imperfection en arc	Courbure imposée de la barre
Précontrainte initiale	Effort de précontrainte agissant sur la barre avant le calcul Une valeur positive de la charge signifie que la barre est étendue.
Précontrainte finale	Effort normal disponible sur la barre après le calcul (pas possible pour les barres rigides et câbles) Une valeur positive de la charge signifie que la barre est étendue.
Déplacement	Déplacement de quantité Δ pour la détermination des lignes d'influence
Rotation	Rotation de l'angle φ pour les lignes d'influence
Contenu du tuyau - plein	Charge uniforme due au remplissage complet du tuyau Spécifiez la densité de poids γ du contenu de tuyau.
Contenu du tuyau - partiel	Charge uniforme due au remplissage partiel du tuyau En complément à la densité de poids γ du contenu de tuyau, spécifiez la hauteur de remplissage d .
Mouvement de rotation	Force centrifuge de la masse et vitesse angulaire ω sur la barre Vous pouvez définir l'axe de rotation dans une boîte de dialogue séparée que vous ouvrez avec le bouton [Modifier].

Table 6.1 : Types de charge

Le graphique dans le coin droit de la boîte de dialogue vous montre le type de charge sélectionné y compris l'influence des signes définis pour les forces et les déformations.

Distribution de la charge

La section de dialogue *Distribution de la charge* vous offre différentes options pour représenter l'effet de la charge. Le graphique de dialogue dans le coin droit supérieur peut vous aider à comprendre.



Charges multiples

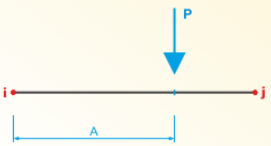
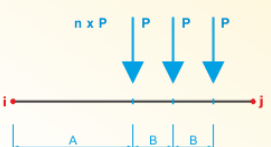
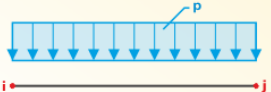
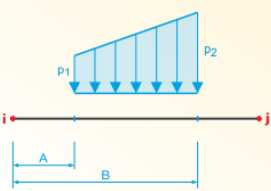
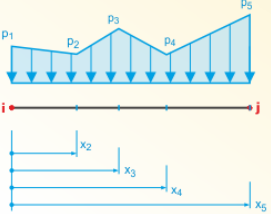
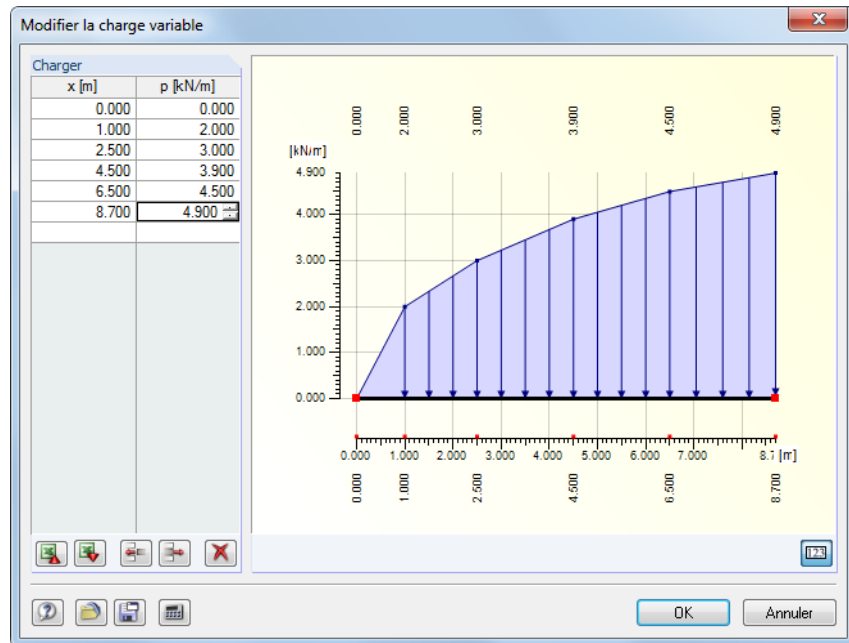
Distribution	Diagramme	Description
Concentrée P	<p>Type de charge « Force » Distribution de charge « Concentrée »</p> 	<p>Charge concentrée, moment concentré</p> <p>Dans la section de dialogue <i>Paramètres de charge</i>, spécifiez la taille de la charge ou du moment concentrés et la distance du point de l'application de la charge par rapport au début de la barre.</p>
Concentrée $n \times P$	<p>Type de charge « Force » Distribution de charge « $n \times P$ »</p> 	<p>Charges ou moments multiples concentrés</p> <p>La liste vous offre plusieurs options d'arrangement pour les paires de charge ou les charges multiples concentrées comme les charges d'essieu.</p> <p>L'option affichée à gauche est appropriée aux forces simples qui sont égales en taille et agissent dans l'espacement uniforme. Dans la section de dialogue <i>Paramètres de charge</i>, définissez la taille de la charge concentrée, la distance entre la première charge et le début de la barre et l'espacement des charges entre elles.</p>
Uniforme	<p>Type de charge « Force » Distribution de charge « Uniforme »</p> 	<p>Charge distribuée uniformément, moment distribué uniformément</p> <p>Dans la section de dialogue <i>Paramètres de charge</i>, spécifiez la taille de la charge ou du moment uniformes de la barre.</p>
Trapézoïdale	<p>Type de charge « Force » Distribution de charge « Trapézoïdale »</p> 	<p>Charge trapézoïdale, moment trapézoïdal</p> <p>Dans la section de dialogue <i>Paramètres de charge</i>, définissez les deux valeurs de charge et les distances pour une distribution de charge linéairement variable comme affiché dans le graphique de dialogue. Une charge triangulaire est créée en définissant une valeur de charge à zéro.</p> <p>Quand la case <i>Distance relative en %</i> est cochée, vous pouvez spécifier les distances relativement par rapport à la longueur de la barre.</p>
Variable	<p>Type de charge « Force » Distribution de charge « variable »</p> 	<p>Charge polygonale</p> <p>Quand vous cliquez sur le bouton [Modifier la charge variable] figuré à gauche, la boîte de dialogue affichée à la Figure 6.17 où vous pouvez insérer ou importer les paramètres de la distribution de charge s'affiche.</p>

Tableau 6.2 : Distributions de la charge

Figure 6.17 : Boîte de dialogue *Modifier la charge variable*

Si vous voulez représenter une charge variable, vous pouvez définir librement les positions x sur la barre avec les ordonnées de charge correspondantes p . Vous n'avez qu'à vous assurer que les positions x sont définies dans l'ordre ascendant. Utilisez le graphique interactif pour vérifier votre entrée immédiatement.

Les boutons dans cette boîte de dialogue ont les fonctions suivantes :






Bouton	Fonction
	Exportation de tableau à MS Excel
	Importation de tableau de MS Excel
	Insère une ligne vide au-dessus de pointeur
	Supprime la ligne active
	Supprime toutes les entrées

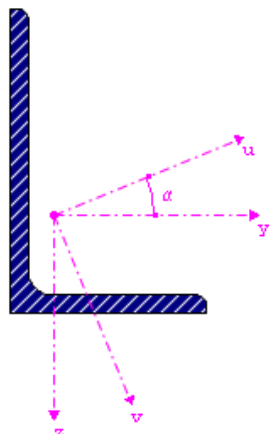
Tableau 6.3 : Boutons de la boîte de dialogue *Modifier la charge variable*

Direction de la charge

La charge peut être efficace en direction des axes globaux X, Y, Z ou des axes locaux de la barre x , y , z ou u , v (voir le chapitre 4.13, page 128). Pour le calcul selon l'analyse statique linéaire, il n'est pas important qu'une charge soit définie comme locale ou globale équivalente. Néanmoins, pour les calculs géométriquement non linéaires, les différences entre les charges définies localement et globalement sont possibles : Si la charge est définie avec une direction globale d'une action, elle tient cette direction quand les éléments finis commencent à tourner. En cas de direction locale d'une action, la charge tourne sur la barre selon la distorsion des éléments.

Quand le type de modèle a été réduit à un système plan dans la boîte de dialogue *Données de base*, vous ne pouvez pas accéder à toutes les directions de charge.

z
x - Localement en x (1)
y - Localement en y (2)
z - Localement en z (3)
XL - Globalement en X sur la longueur réelle
YL - Globalement en Y sur la longueur réelle
ZL - Globalement en Z sur la longueur réelle
XP - Globalement en X sur la longueur projetée
YP - Globalement en Y sur la longueur projetée
ZP - Globalement en Z sur la longueur projetée



Locale

L'orientation des axes de barre est décrite dans le chapitre 4.17, paragraphe *Rotation de la barre* à la page 155. L'axe local x représente l'axe longitudinal de la barre. Pour les sections symétriques, l'axe y représente le soi-disant axe « fort », l'axe z l'axe « faible » de la section de la barre. Pour les sections non symétriques, les charges peuvent être rapportées aux axes principaux u et v tout comme aux axes d'entrée standard y et z .

Les exemples pour les charges définies comme locales sont les charges de vent agissant sur les structures de toit, charges de température ou précontraintes.

Globale

La position des axes locaux de la barre n'est pas importante pour l'entrée si la charge agit en direction d'un axe du système de coordonnées globales XYZ .

Les exemples pour les charges définies comme globales sont les charges de neige agissant sur les structures de toit et les charges de vent sur les poteaux de voiles et de pignon.

L'influence de charge peut être rapportée aux différentes longueurs de référence :

- **rapportée à la longueur réelle de la barre**

La charge est appliquée à la longueur totale de la barre.

- **rapporté à la longueur de barre projetée en $X / Y / Z$**

La longueur d'application de la charge est convertie à la projection de la barre dans une des directions des systèmes de coordonnées globales. Sélectionnez cette option pour définir par exemple une charge de neige sur l'aire projetée d'une toiture.

RFEM applique les charges de barre toujours dans le centre de cisaillement. Une torsion prévue venant de la géométrie de la section (centre de gravité différent du centre de cisaillement) n'est pas considérée. Ainsi, quand des sections non symétriques sont utilisées, un moment de torsion déterminé à partir d'une distance x de la charge par rapport au centre de cisaillement doit être appliqué si le chargement est introduit par exemple dans le centre.

Paramètres de la charge de barre

Dans cette section de dialogue ou bien dans les colonnes de tableaux, les valeurs de charge et, si applicable, les paramètres additionnels sont gérés. Les champs d'entrée sont affichés et accessibles en fonction des champs de sélection préalablement activés.

Charge p_1 / p_2

Insérez les valeurs de charge dans les champs. Ajustez les signes par rapport aux orientations locales des axes.

Une valeur de charge positive pour les précontraintes, changements de température et déformations axiales signifie que la barre est déformée et, en conséquence, étendue.

Quand une charge trapézoïdale est sélectionnée, spécifiez deux valeurs de charge. Le graphique de dialogue dans le coin droit supérieur vous montre les paramètres de charge.

Distance A / B

Dans ces deux champs, insérez les distances à partir du début de la barre pour les charges concentrées et les charges trapézoïdales. Vous pouvez définir les distances aussi relativement par rapport à la longueur de la barre en cochant la case *Distance en %* (voir ci-dessous).

Le graphique de dialogue dans le coin droit supérieur vous aide à insérer les paramètres.

Distance en %

Si vous voulez définir les distances pour les charges concentrées et trapézoïdales rapportées aux longueurs de la barre, cochez cette case. Sinon, les entrées dans les champs d'entrée pour *Distance A / B* décrites ci-dessus représentent des limites absolues.

Longueur totale de la charge de barre

La case peut être activée seulement pour des charges trapézoïdales. Sélectionnez cette option pour arranger l'application des charges linéairement variables de début à la fin de la barre. Les champs d'entrée *Paramètres de charge A / B* ne sont plus importants et deviennent inaccessibles.

Exemple : Charges de barre

L'entrée des charges de barre est affichée dans l'exemple ci-dessous où les charges de barre sont appliquées à une structure de charpente plane. Il n'est pas nécessaire de diviser les barres par les nœuds intermédiaires pour appliquer les charges concentrées.

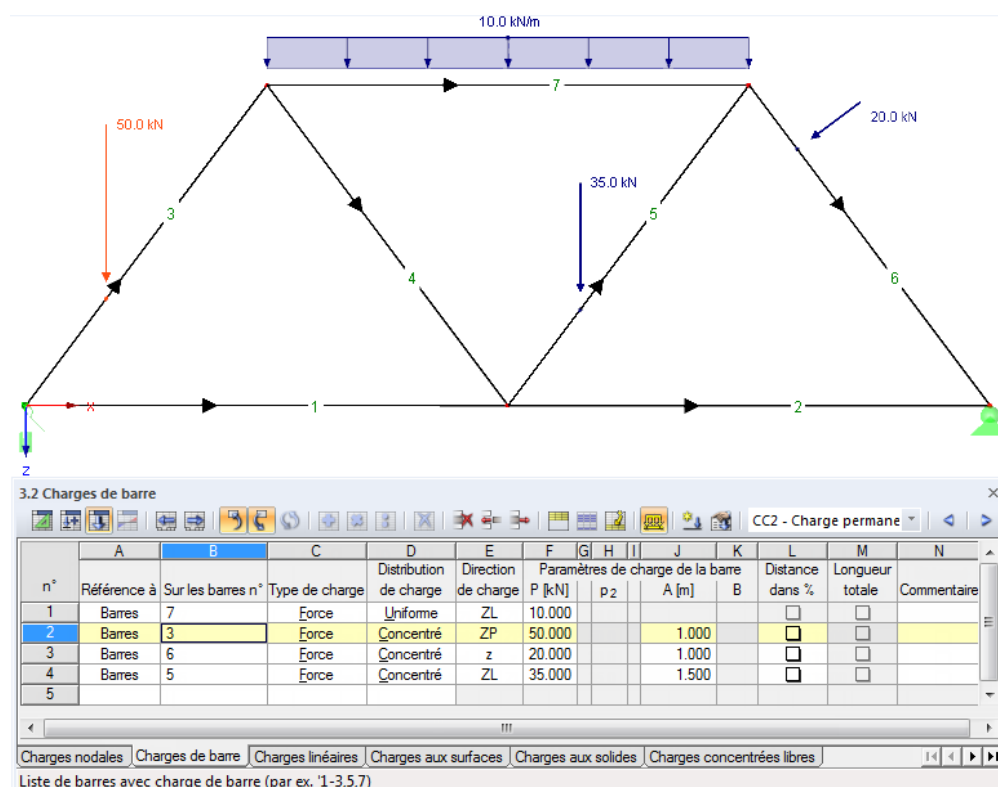


Figure 6.18 : Charpente avec une charge uniforme sur la membrure supérieure et des charges concentrées sur les diagonales

6.3 Charges linéiques

Description générale

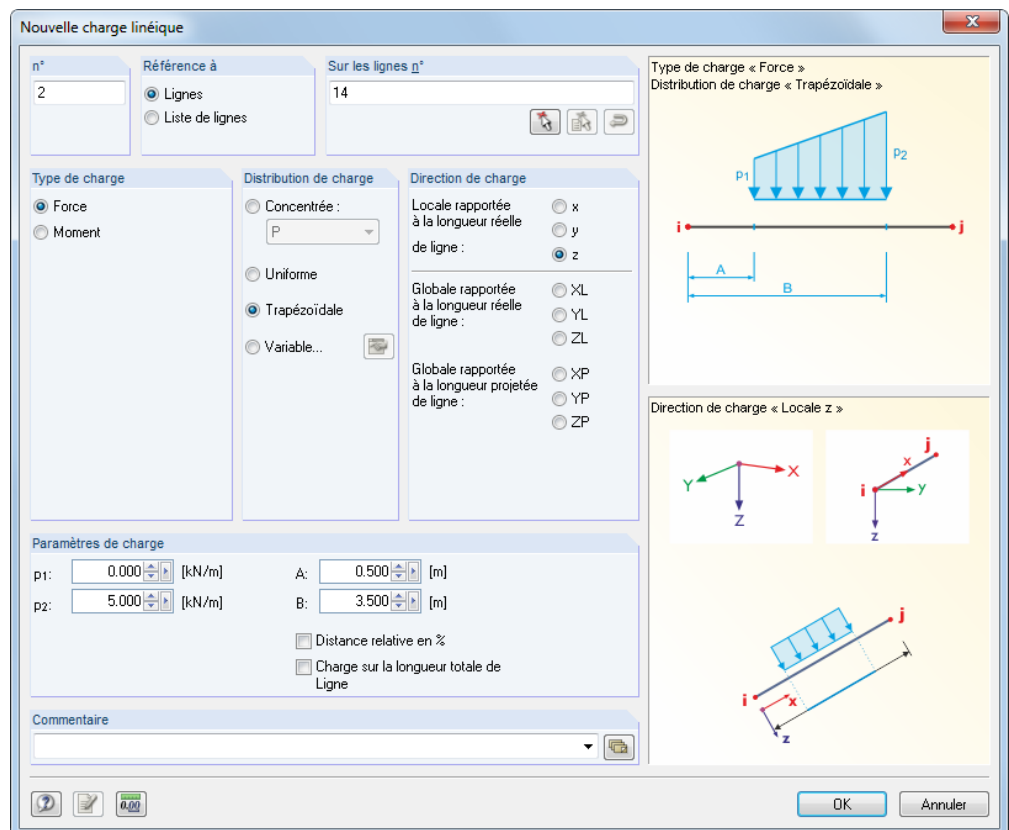


Les charges linéiques sont les forces et les moments qui agissent sur les lignes (voir le chapitre 4.2, page 52). Pour appliquer une charge linéique, une ligne doit être déjà définie auparavant.

Les charges linéiques sont similaires aux charges de barre. Néanmoins, pour les charges linéiques, il n'est pas possible d'attribuer les propriétés de matériau (par exemple charges de température ou déformations axiales).



Les charges linéiques peuvent agir sur les barres car une barre est une propriété d'une ligne. Néanmoins, pour appliquer une charge linéique à une barre, la ligne doit appartenir à une surface. En conséquence, les charges linéiques ne peuvent pas être appliquées aux barres incorporées dans les modèles constitués seulement de barres.



Nouvelle charge linéique

n°: 2 Référence à: Lignes Sur les lignes n°: 14

Type de charge: Force (selected), Moment

Distribution de charge: Concentrée (P), Uniforme, Trapézoïdale (selected), Variable...

Direction de charge:

- Locale rapportée à la longueur réelle de ligne: x, y, z (selected)
- Globale rapportée à la longueur réelle de ligne: XL, YL, ZL
- Globale rapportée à la longueur projetée de ligne: XP, YP, ZP

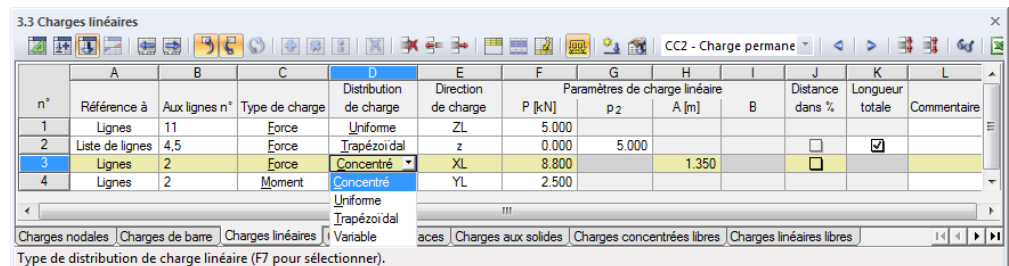
Paramètres de charge:

- p1: 0.000 [kN/m], A: 0.500 [m]
- p2: 5.000 [kN/m], B: 3.500 [m]
- ☐ Distance relative en %
- ☐ Charge sur la longueur totale de Ligne

Commentaire:

OK Annuler

Figure 6.19 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge linéique*

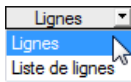


n°	Référence à	Aux lignes n°	Type de charge	Distribution de charge	Direction de charge	P [kN]	Paramètres de charge linéaire	A [m]	B	Distance dans %	Longueur totale	Commentaire
1	Lignes	11	Force	Uniforme	ZL	5.000						
2	Liste de lignes	4,5	Force	Trapézoïdal	z	0.000	5.000					
3	Lignes	2	Force	Concentré	XL	8.800		1.350				
4	Lignes	2	Moment	Uniforme	YL	2.500						

Charges nodales Charges de barre Charges linéiques Charges aux solides Charges concentrées libres Charges linéaires libres

Figure 6.20 : Tableau 3.3 *Charges linéiques*

Le numéro de la charge linéique est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge linéique*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de numérotation n'est pas important.



Référence à

Définissez les objets auxquels vous voulez appliquer la charge linéique. Les options suivantes peuvent être sélectionnées :

Lignes

La charge agit sur une ligne simple ou sur chaque ligne ou sur plusieurs lignes.

Liste des lignes

La charge agit sur l'union des lignes qui sont définies dans la liste. Ainsi, quand les charges linéiques trapézoïdales sont utilisées, les paramètres de charge ne sont pas appliqués à chaque ligne individuellement, mais comme une charge totale à toutes les lignes de la liste de lignes (voir la Figure 6.16 à la page 229).

Aux lignes

Dans le champ d'entrée, insérez les numéros des lignes sur lesquels la charge agit. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [↖].

Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les données de charge. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les lignes l'une après l'autre dans la fenêtre graphique.

Type de charge

Dans cette section de dialogue ou colonne de tableau, vous définissez le type de charge. En fonction de votre sélection, certaines parties de la boîte de dialogue ou bien colonnes de tableau sont désactivées. Les types de charge suivants peuvent être sélectionnés :

Type de charge	Description courte
Effort	Charge concentrée, distribuée, trapézoïdale ou variable
Moment	Moment concentré, moment distribué ou moment trapézoïdal

Tableau 6.4 : Types de charge

Distribution de charge

La section de dialogue *Distribution de charge* vous offre différentes options pour représenter l'effet de la charge. Le graphique dans le coin de dialogue peut vous aider à comprendre.

Distribution de charge	Description courte
Concentrée	Charge concentrée, moment concentré
Uniforme	Charge distribuée uniformément, moment distribué uniformément
Trapézoïdale	Charge trapézoïdale, moment trapézoïdal
Variable	Charge polygonale Cliquez sur le bouton [Modifier] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue affichée dans la Figure 6.17 à la page 232 où vous pouvez insérer les paramètres du diagramme de charge.

Tableau 6.5 : Distributions de charge

Les distributions des charges linéiques correspondent largement à celles des charges de barre. Les diagrammes sont décrits en détails dans le Tableau 6.2 à la page 231.



z	▼
x	- Localement en x (1)
y	- Localement en y (2)
z	- Localement en z (3)
XL	- Globalement en X sur la longueur réelle
YL	- Globalement en Y sur la longueur réelle
ZL	- Globalement en Z sur la longueur réelle
XP	- Globalement en X sur la longueur projetée
YP	- Globalement en Y sur la longueur projetée
ZP	- Globalement en Z sur la longueur projetée

Direction de charge

La charge peut être efficace en direction des axes globaux X, Y, Z ou des axes locaux x, y, z de la ligne. Pour le calcul selon l'analyse statique linéaire, il n'est pas important si une charge est définie comme locale ou globale équivalente. Néanmoins, pour les calculs géométriquement non linéaires, les différences entre les charges définies localement et globalement sont possibles : Si la charge est définie avec une direction globale d'une action, elle tient cette direction quand les éléments finis commencent à tourner. Néanmoins, en cas d'une direction locale d'une action, la charge tourne sur la ligne selon la distorsion des éléments.

Locale

L'orientation des axes de la ligne est illustrée dans la Figure 4.96 à la page 107. L'axe local x représente l'axe longitudinal de la ligne. L'axe z est d'habitude aligné parallèlement à l'axe global Z.

Globale

La position des axes locaux de la ligne n'est pas importante pour l'entrée de charge si la charge agit en direction d'un axe du système de coordonnées globales XYZ.

L'influence de charge peut être rapportée aux différentes longueurs de référence :

- **rapportée à la longueur réelle de la ligne**

La charge est appliquée à la longueur totale de la ligne.

- **rapportée à la longueur projetée de la ligne**

La longueur d'application de la charge est convertie à la projection de la ligne dans une des directions des systèmes de coordonnées globales. Les longueurs de projection sont affichées dans le graphique de dialogue à droite.

Paramètres de charge linéaire

Dans cette section de dialogue ou bien dans les colonnes de tableaux, les valeurs de charge et, si applicable, les paramètres additionnels sont gérés. Les champs d'entrée sont affichés et accessibles en fonction des champs de sélection préalablement activés.

Charge P / p / p₂ / M / m / m₂

Insérez les valeurs de charge dans les champs. Ajustez les signes par rapport aux orientations locales des axes. Quand une charge trapézoïdale est sélectionnée, spécifiez deux valeurs de charge. Le graphique de dialogue dans le coin supérieur droit vous montre les paramètres de charge.

Distance A / B

Dans ces deux champs, insérez les distances à partir du début de la ligne pour les charges concentrées et les charges trapézoïdales. Vous pouvez les définir aussi relativement par rapport à la longueur de la ligne en cochant la case *Distance en %* (voir ci-dessous).

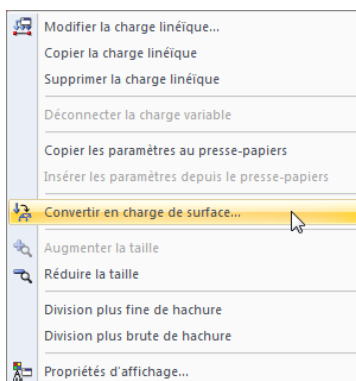
Le graphique de dialogue dans le coin droit supérieur vous aide à insérer les paramètres.

Distance en %

Cochez cette case pour définir les distances pour les charges concentrées et trapézoïdales rapportées à la longueur de la ligne. Sinon, les entrées dans les champs d'entrée *Distance A / B* décrites ci-dessus représentent les limites absolues.

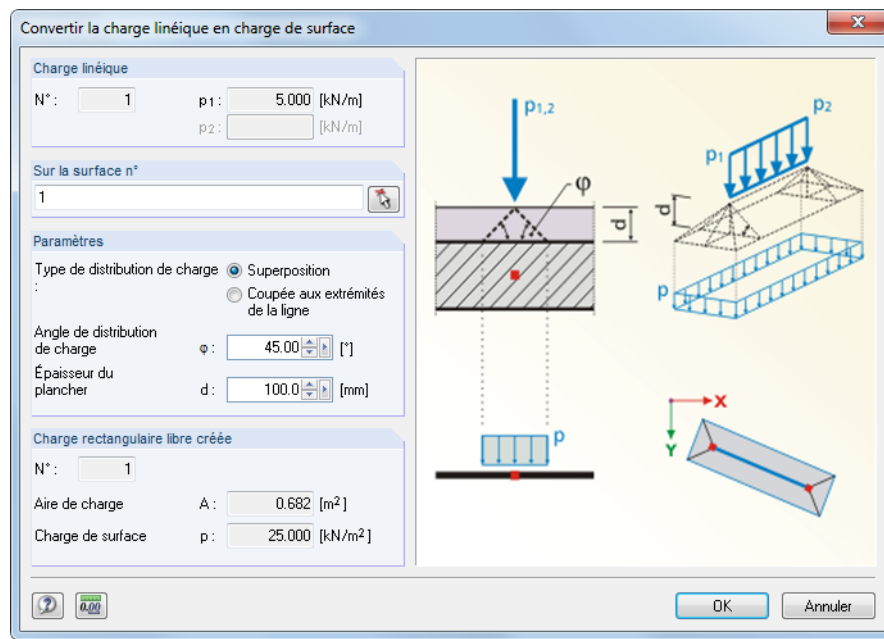
Longueur totale de la charge de ligne

La case peut être activée seulement pour des charges trapézoïdales. Sélectionnez cette option pour arranger l'application des charges linéairement variables de début et de fin de barre. Les champs d'entrée *Paramètres de charge A / B* ne sont plus importants et deviennent inaccessibles.



Menu contextuel de la charge linéique

Souvent, les charges linéiques résultent en singularités parce que la charge est concentrée quand elle est introduite dans une ligne simple. Pour réduire cet effet, sélectionnez **Convertir la charge nodale/linéique en charge de surface** dans le menu **Outils**. L'option peut être utilisée pour les lignes directes. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel d'une charge linéique affiché à gauche pour accéder dans la boîte de dialogue pour la conversion des charges linéiques. Ouvrez le menu contextuel par un clic du bouton droit de la souris sur l'objet.

Figure 6.21 : Boîte de dialogue *Convertir la charge linéique en charge de surface*

Une boîte de dialogue s'ouvre et vous pouvez y définir les paramètres pour la distribution de la charge. Quand vous cliquez sur [OK], la charge correspondante libre rectangulaire ou polygonale sera créée.

6.4 Charges de surface

Description générale



Les charges de surface agissent sur tous les éléments 2D d'une surface (voir le chapitre 4.4, page 80).

Pour appliquer une charge de surface, une surface doit déjà être définie auparavant.

Si une surface est subdivisée en composants de surface à cause d'une intersection (voir le chapitre 4.22, page 172), la charge de surface n'est pas efficace sur les composants qui sont définis inactifs. Les ouvertures sont aussi omises.

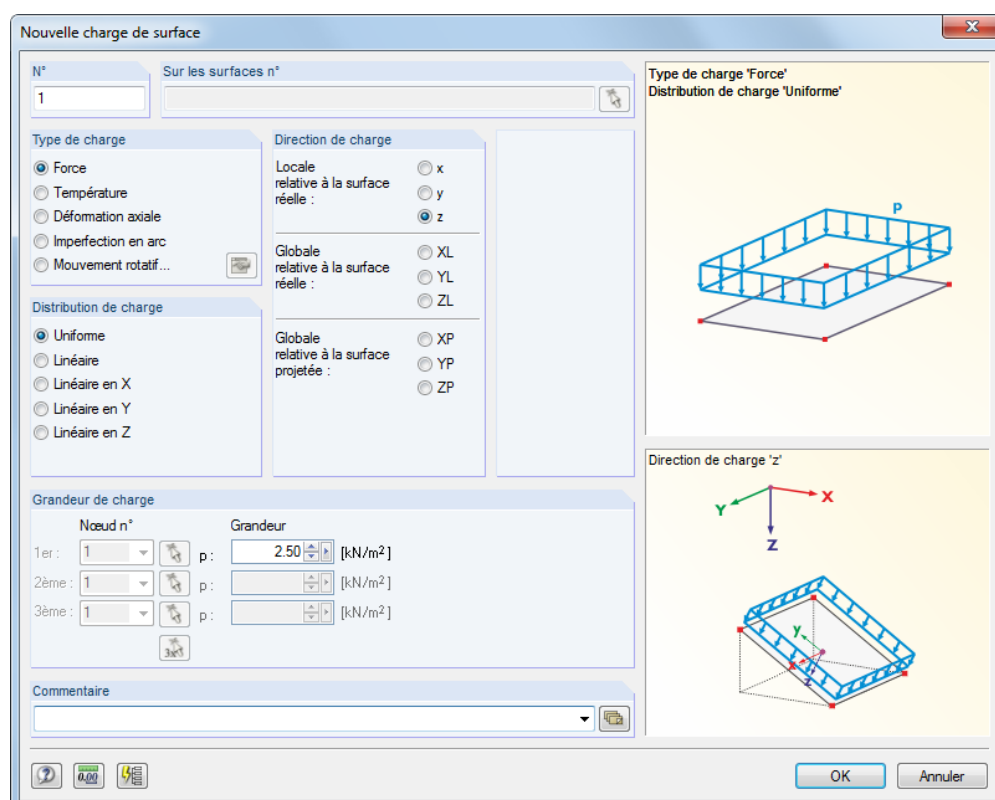


Figure 6.22 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge de surface*

3.4 Charges aux surfaces

n°	Aux surfaces n°	Type de charge	Distribution de charge	Direction de charge	n°	1er point de coin p ₁ [kN/m ²]	n°	2ème point de coin p ₂ [kN/m ²]	n°	3ème point de coin p ₃
1	1	Force	Uniforme	ZL		1.50				
2	2	Force	Linéaire en Z	z	3	0.00	6	-64.00		
3		Force								
4		Température								
		Déformation normale								
		Imperfection en arc								

Charges nodales | Charges Mouvement de rotation | Charges aux surfaces | Charges aux solides | Charges concentrées libres | Charges linéaires libres

Type de charge (F7 pour sélectionner)

Figure 6.23 : Tableau 3.4 *Charges aux surfaces*

Le numéro de charge de surface est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de surface*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de numérotation n'est pas important.

Sur les surfaces

Dans ce champ d'entrée, définissez les numéros des surfaces sur lesquels la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de surface*, vous pouvez aussi sélectionner les surfaces graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les données de charge. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les surfaces correspondantes l'une après l'autre dans la fenêtre graphique.

Type de charge

Dans cette section de dialogue ou colonne de tableau, vous définissez le type de charge. En fonction de votre sélection, certaines parties de la boîte de dialogue ou bien colonnes de tableau sont désactivées. Les types de charge suivants peuvent être sélectionnés :

Type de charge	Description
Force	Force distribuée uniformément ou linéairement variable sur la surface
Température	Charge de température distribuée comme uniforme ou linéairement variable sur l'épaisseur de la section Une valeur positive de la charge signifie que la surface ou son côté supérieur est réchauffé.
Déformation axiale	Déformation de traction ou de compression imposée ε de la surface Une valeur positive de la charge signifie que la surface est étendue. Pour déterminer la déformation de retrait, utilisez le bouton figuré à gauche. La boîte de dialogue affichée dans la Figure 6.24 s'ouvre et vous pouvez y insérer les paramètres pour le retrait.
Imperfection en arc	Courbure imposée de la surface
Mouvement de rotation	Force centrifuge de la masse et vitesse angulaire ω sur la surface Vous pouvez définir l'axe de rotation dans une boîte de dialogue séparée que vous ouvrez avec le bouton [Modifier].

Tableau 6.6 : Types de charge

Les paramètres pour les charges de surface et de barre dues au retrait peuvent être définis dans une boîte de dialogue séparée.

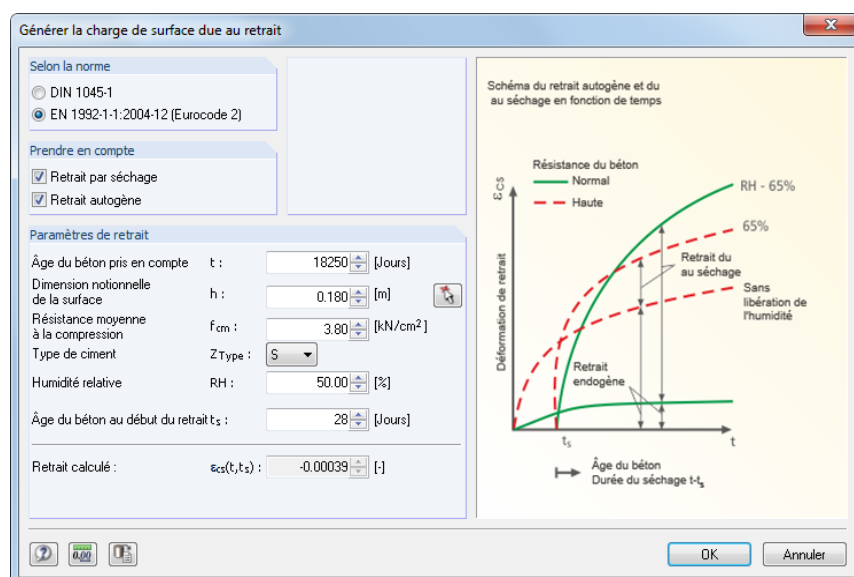


Figure 6.24 : Boîte de dialogue *Générer la charge de surface due au retrait*

Le retrait comme une charge dépendant du temps en volume, sans actions de charge externe ou effets de température, peut être classifié comme un retrait de séchage, auto-retrait, retrait plastique ou retrait de carbonatation.

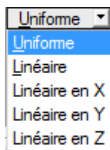
A la base des variables d'influence essentielles dans le processus de retrait (humidité relative HR , épaisseur efficace de la structure h , résistance du béton f_{cm} , type de ciment Z_{Type} , âge du béton au début de retrait t_s), vous déterminez le retrait $\varepsilon_{cs}(t, t_s)$ au moment de l'âge du béton considéré t .

Cliquez sur [OK] pour transférer la valeur comme une déformation axiale ε dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de surface*.

Distribution de la charge

La charge peut agir sur la surface comme *Uniforme* ou *Linéaire* variable.

RFEM prévoit plusieurs options pour les charges linéairement variables :



Linéaire

Définir les valeurs de charge pour trois nœuds. Les nœuds sont utilisés pour définir un plan.

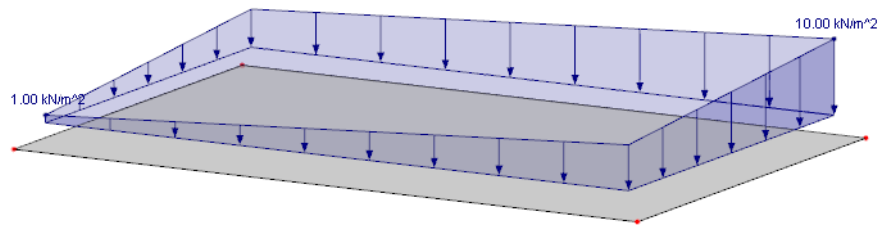


Figure 6.25 : Charge de surface linéairement variable

Linéaire en X / Y / Z

Si la charge de surface est variable en direction d'un axe du système de coordonnées globales, seulement les valeurs de charge de deux nœuds sont requises. Ils peuvent être situés hors de la surface sollicitée prévue pour la génération des nœuds EF (il n'est pas permis que les nœuds soient libres).

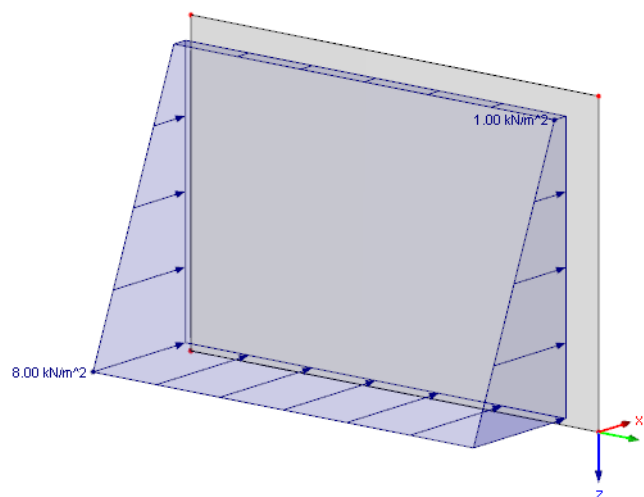
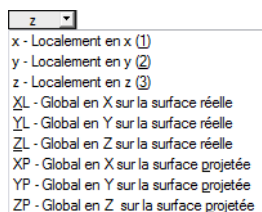


Figure 6.26 : Charge de surface linéairement variable en direction Z



Direction de la charge

La charge peut être efficace en direction des axes locaux x , y , z de la surface ou des axes globaux X , Y , Z .

Locale relative à la surface réelle

Les charges agissant perpendiculairement à la surface sont d'habitude définies comme locales en direction z . Les exemples de l'application sont les charges de vent agissant sur les surfaces de toiture ou pression interne sur les coques de réservoirs.

Pour afficher les axes de surface, cliquez sur **Modèle** dans le navigateur *Afficher*, sélectionnez **Surfaces** et cochez la case **Système d'axe de surface x,y,z** . Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel de la surface (voir la Figure 4.115, page 124).

Globale relative à la surface réelle

L'orientation des axes de surface locaux n'est pas importante pour le calcul selon l'analyse statique linéaire si la charge agit en direction d'un axe du système de coordonnées globales XYZ . Néanmoins, pour les calculs non linéaires, les différences entre les charges définies localement et globalement sont possibles : Si la charge est définie avec une direction globale d'une action, elle tient cette direction quand les éléments finis commencent à tourner. En cas d'une direction locale d'une action, la charge tourne sur la ligne selon la distorsion des éléments.

Globale relative à la surface projetée

La charge est convertie à la projection de la surface dans une les directions des systèmes de coordonnées globales. Sélectionnez cette option pour définir par exemple une charge de neige sur l'aire projetée d'une toiture.

Le graphique de dialogue dans le coin droit inférieur vous montre les surfaces projetées.

Paramètres de la charge de surface

Dans la section de dialogue ou colonnes de tableau, les valeurs de charge et, si applicable, les nœuds attribués sont gérés. Les champs d'entrée sont affichés et accessibles en fonction des champs de sélection préalablement activés.

Charge p / p_2 / p_3 / T / ΔT / ε / R / ω / α

Insérez les valeurs de charge dans les champs. Ajustez les signes par rapport aux orientations locales des axes.

Quand une charge linéairement variable est sélectionnée, spécifiez plusieurs valeurs de charge. Le graphique de dialogue dans le coin droit supérieur vous montre les paramètres de charge.

Nœuds

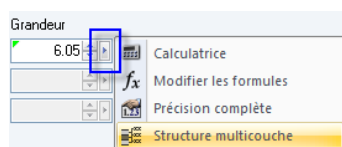
Quand une charge linéairement variable est sélectionnée, spécifiez trois nœuds sur lesquels les valeurs de charge peuvent être déterminées. Les nœuds sont utilisés pour définir un plan. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [^].

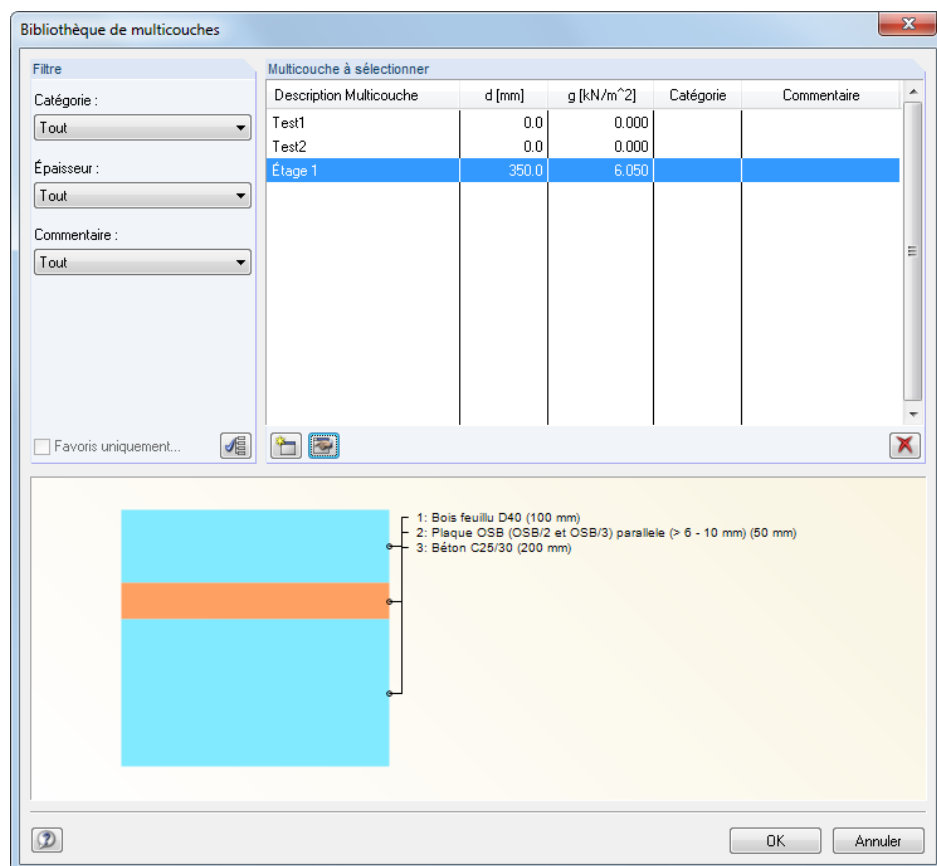
Charge de la structure multicouche

Il est possible de créer les charges à partir des poids de l'aire des matériaux agissant comme des couches laminées. De cette façon, vous pouvez déterminer facilement par exemple la structure des planchers ou des revêtements.

Vous trouverez la fonction dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de surface* (Figure 6.22), pour y accéder, utilisez le bouton [►] à droite du champ d'entrée *Grandeur*. Dans le menu contextuel, sélectionnez *Structure multicouche*.

La *Bibliothèque de multicouches* s'ouvre et vous pouvez y insérer les couches de matériau définies par l'utilisateur.



Figure 6.27 : Boîte de dialogue *Bibliothèque de multicouches*

Le concept de la base de données multicouches est similaire à celui de la bibliothèque de matériaux (voir le chapitre 4.3, page 76). Utilisez les boutons de bibliothèque [Nouveau] et [Modifier] pour créer ou modifier les structures multicouches.

Couches					
Couche n°	A Couche/Matériau Description	B Épaisseur d [mm]	C Poids spécifique γ [kN/m ³]	D Poids de l'aire g [kN/m ²]	E Commentaire
1	Acier S 235	10.0	78.50	0.785	
2	PVC-U	3.0	13.90	0.042	
3	Béton C25/30	160.0	25.00	4.000	
4					
		Σd :	173.0	Σg :	4.827
Commentaire :					

Figure 6.28 : Boîte de dialogue *Nouvelle multicouche*, section de dialogue *Couches*

Les *Couches* peuvent être composées individuellement. En outre, vous pouvez utiliser le bouton [...] pour accéder à la bibliothèque de matériaux (voir le chapitre 4.3, page 76).

RFEM détermine le poids de l'aire (colonne D du tableau) à partir de l'*Épaisseur* et du *Poids spécifique*. Une flèche dans le graphique de la boîte de dialogue vous indique la couche courante.

Confirmez toutes les boîtes de dialogue avec [OK] pour importer le poids de l'aire dans la boîte de dialogue initiale. Un triangle vert apparaît dans le champ d'entrée (voir le graphique affiché à gauche à la page 242) qui indique la valeur d'entrée paramétrique. Cliquez sur le triangle pour accéder de nouveau aux paramètres d'entrée pour les modifications.

6.5 Charges de solide

Description générale



Les charges solides agissent sur tous les éléments 3D d'un solide (voir le chapitre 4.5, page 90).

Pour appliquer une charge de solide, un solide doit déjà être défini auparavant.

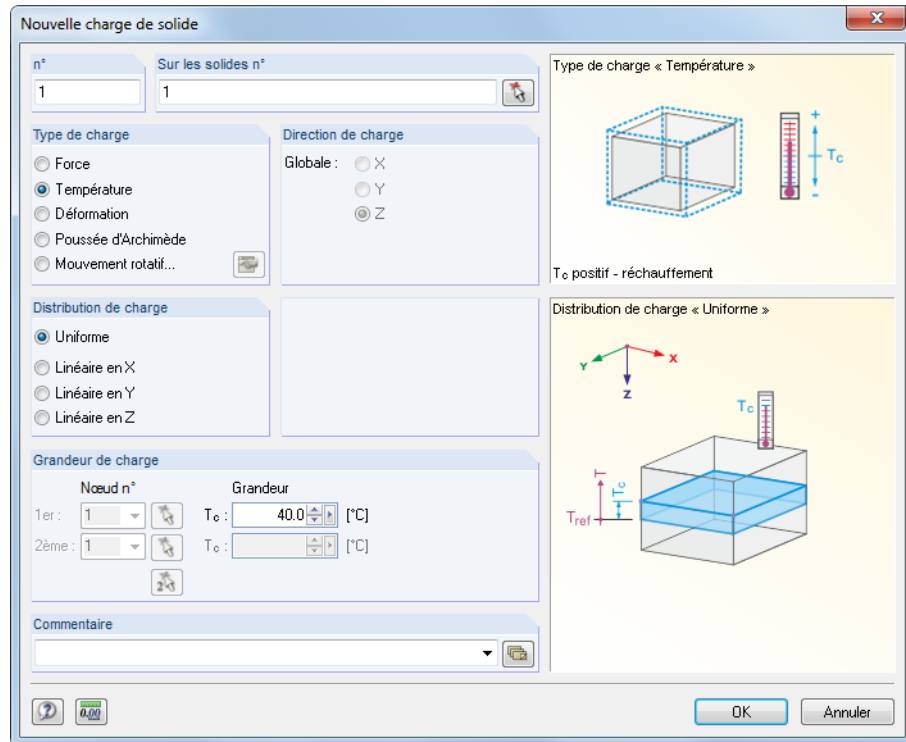
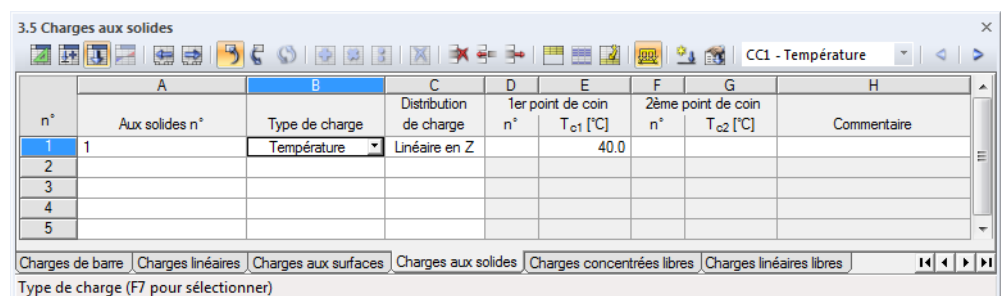


Figure 6.29 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge de solide*



n°	Aux solides n°	Type de charge	Distribution de charge	1er point de coin n°	Tc1 [°C]	2ème point de coin n°	Tc2 [°C]	Commentaire
1	1	Température	Linéaire en Z		40.0			
2								
3								
4								
5								

Figure 6.30 : Tableau 3.5 *Charges aux solides*

Le numéro de la charge de solide est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de solide*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée.

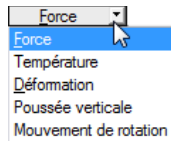
Sur les solides



Dans le champ d'entrée, insérez les numéros des solides sur lesquels la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de solide*, vous pouvez aussi sélectionner les solides graphiquement à l'aide de la fonction [F7].



Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les données de charge. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les solides les un après les autres dans le graphique.



Type de charge

Dans cette section de dialogue ou colonne du tableau, vous définissez le type de charge. Les types de charge suivants peuvent être sélectionnés :

Type de charge	Description courte
Force	Charge de solide agissant uniformément dans une des directions globales
Température	Changement de température distribué uniformément ou linéairement variable dans le solide. Une valeur de charge positive signifie une chaleur.
Déformation	Déformation imposée de traction ou de compression du solide qui est uniformément distribuée ou linéairement variable. Une valeur positive de la charge signifie que le solide est étendu.
Poussée verticale	Poids d'un matériau rejeté dont la densité peut être insérée ou sélectionnée dans une [Bibliothèque]. La <i>Densité d'environnement</i> de l' <i>Aire</i> est rapportée à l'atmosphère standard de 15°C au niveau de la mer.
Mouvement de rotation	Force centrifuge de la masse et vitesse angulaire ω sur le solide. Vous pouvez définir l'axe de rotation dans une boîte de dialogue séparée que vous ouvrez avec le bouton [Modifier].

Tableau 6.7 : Types de charge

Vous pouvez appliquer plus de forces sur un solide sous forme de charge de surface ou linéique.

Distribution de la charge

La charge peut agir sur le solide comme *Uniforme* ou *Linéairement variable*. Elle est rapportée à l'un des axes globaux X, Y ou Z.

Quand vous sélectionnez les charges linéairement variables, spécifiez les valeurs de charge sur deux nœuds. Les nœuds peuvent être situés à l'extérieur du solide sollicité si les nœuds EF y sont générés.

Grandeur de charge

Dans la section de dialogue ou colonnes de tableau, les valeurs de charge et, si applicable, les nœuds attribués sont gérés. Les champs d'entrée sont affichés et accessibles en fonction des champs de sélection préalablement activés.

Nœuds

Quand les charges linéairement variables sont sélectionnées, spécifiez deux nœuds sur lesquels RFEM peut déterminer les grandeurs. Les nœuds sont utilisés pour définir un plan. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Grandeur

Pour une distribution de charge uniforme, seulement des valeurs numériques sont requises. Pour un changement linéairement variable de la température ou de la déformation axiale, spécifiez deux valeurs de charge.

Le graphique dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge de solide* est utile quand vous insérez les paramètres de charge.

6.6 Charges concentrées libres

Description générale



Une charge concentrée libre agit comme une force ou un moment sur une position de la surface. Aucun nœud EF ne sera généré sur le point d'application de la charge.

Pour appliquer une charge concentrée libre, la surface doit déjà être définie auparavant.

Les forces d'appui nodal qui ont été importées de l'autre modèle à l'aide de la fonction *Importer les réactions d'appui comme charge* (voir la Figure 8.14, page 307) sont traitées comme des charges concentrées libres.

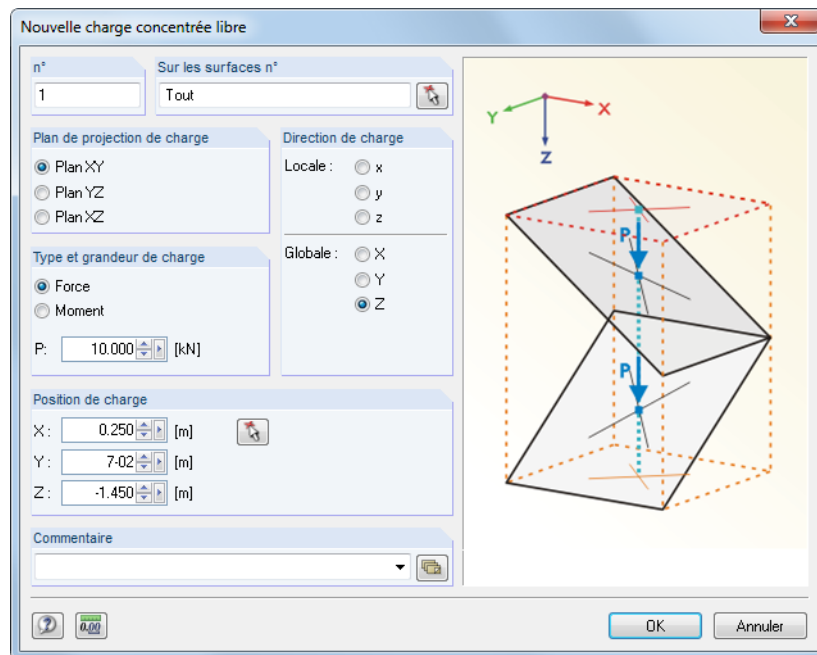


Figure 6.31 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge concentrée libre*

3.6 Charges concentrées libres							
n°	Aux surfaces n°	Projection	Type de charge	Direction de charge	Position de charge X [m]	Y [m]	Grandeur P
1	Tout	XY	Force	Z	0.250	7.020	10.000
2	1	XY	Force	z	3.200	0.420	-5.500
3				x - Localement en x (1)			
4				y - Localement en y (2)			
5				z - Localement en z (3)			
6				X - Globalement en X			
7				Y - Globalement en Y			
				Z - Globalement en Z			

Charges aux surfaces | Charges aux solides | Charges concentrées libres | Charges linéaires libres | Charges rectangulaires libres

Direction de charge concentrée libre (F7 pour sélectionner).

Figure 6.32 : Tableau 3.6 *Charges concentrées libres*

Sur les surfaces



Dans le champ d'entrée, insérez les numéros des surfaces sur lesquelles la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge concentrée libre*, vous pouvez aussi sélectionner les surfaces graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Commençant par la *Position de charge* définie, une ligne droite imaginaire est « définie » perpendiculaire au plan de projection. Quand la ligne intersecte une des surfaces listées, la charge concentrée est appliquée au point d'intersection. De cette façon, il est possible de répartir rapidement les charges de type similaire aux plusieurs surfaces.

Plan de projection

La charge peut être projetée sur un des plans globaux XY, YZ ou XZ. Comme décrit ci-dessus, une ligne imaginaire est générée commençant à la position de charge et allant perpendiculairement au plan de projection. La charge est appliquée là où la ligne intersecte une surface.

Le plan de projection ne doit pas être perpendiculaire à la surface sur laquelle la charge est appliquée : Il n'y a pas de point d'intersection clair avec la surface.

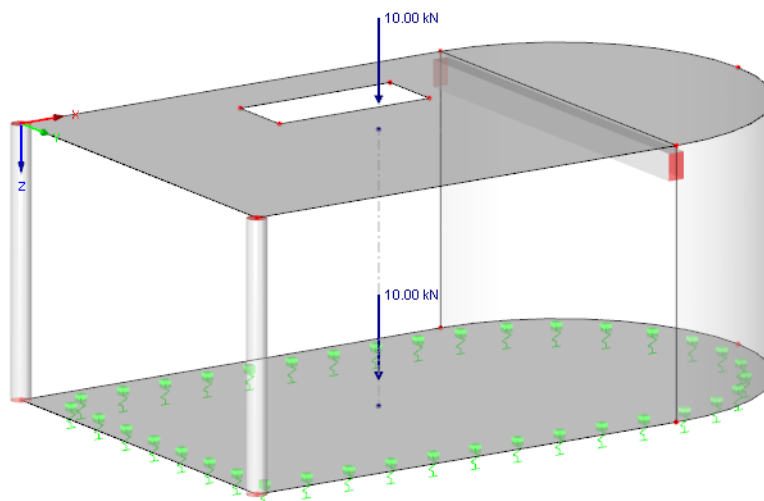


Figure 6.33 : La charge concentrée libre agissant sur le plafond : plan XY de projection de charge avec influence sur la dalle de plafond et sur la dalle de plancher

Type de charge

Spécifiez si une force ou un moment concentré est appliqué. Dans le champ d'entrée de dialogue, vous pouvez insérer une valeur numérique de la charge.

Direction de charge

La charge peut agir en direction des axes globaux X, Y, Z ou des axes locaux x, y, z de la surface. Pour afficher les axes, utilisez le menu contextuel (voir la Figure 4.115, page 124) ou le navigateur *Afficher* où vous sélectionnez **Modèle** → **Surfaces** → **Systèmes d'axes de surface x,y,z**.

Position de charge



Insérez les coordonnées de la position de charge dans les champs d'entrée. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner la position de la charge graphiquement à l'aide de la fonction [↵].

Grandeur

Dans la colonne de tableau ou bien dans le champ d'entrée, insérez la valeur numérique de la force ou du moment concentré.

6.7 Charges linéiques libres

Description générale



Une charge linéique libre agit comme une force uniforme ou linéairement variable le long d'une ligne de surface librement définissable. Aucun nœud EF ne sera généré le long de cette ligne.

Pour appliquer une charge linéique libre, une surface doit être définie auparavant.

Les forces d'appui de ligne qui ont été importées d'un autre modèle à l'aide de la fonction *Importer les réactions d'appui comme charge* (voir la Figure 8.14, page 307) sont traitées comme des charges linéiques libres.

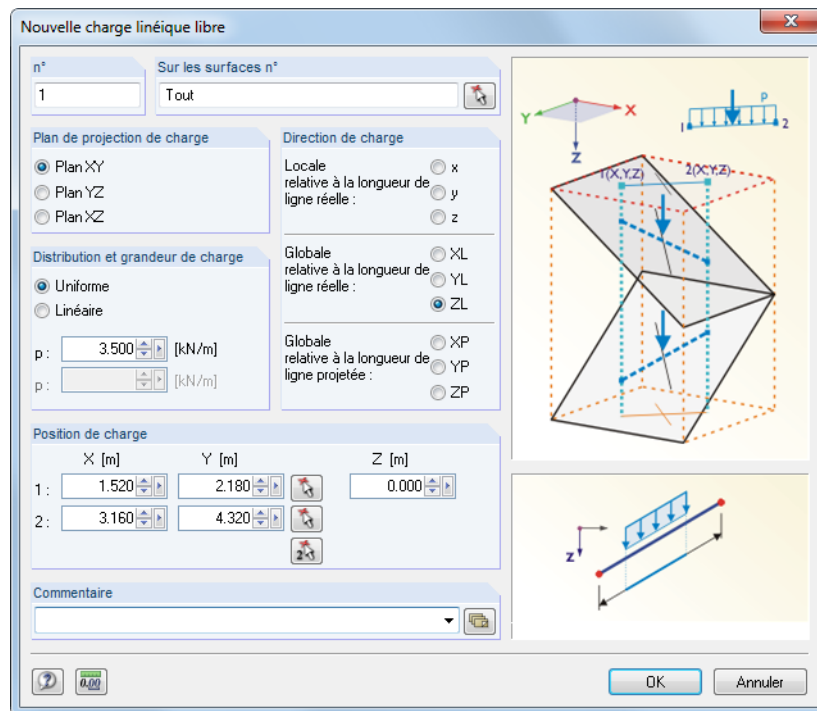


Figure 6.34 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge linéique libre*

3.7 Charges linéiques libres										
n°	Aux surfaces n°	Projection	Distribution de charge	Direction de charge	X ₁ [m]	Y ₁ [m]	X ₂ [m]	Y ₂ [m]	Grandeur [kN/m]	
1	Tout	XY	Uniforme	ZL	1.520	2.180	3.160	4.320	p ₁	p ₂
2	1,3	XY	Linéaire	ZL	4.700	4.760	8.120	3.300	3.500	2.000
3										
4										
5										
6										

Figure 6.35 : Tableau 3.7 Charges linéiques libres

Sur les surfaces



Ce champ d'entrée gère les numéros des surfaces sur lesquelles la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge linéique libre*, vous pouvez aussi sélectionner les surfaces aussi à l'aide de la fonction [↵].

Commençant par les deux points définis par la *Position de charge*, deux lignes droites imaginaires sont « définies » perpendiculaires au plan de projection. Quand les lignes intersectent

une des surfaces listées, la charge est appliquée à la ligne de connexion des deux points d'intersection. De cette façon, il est possible de répartir rapidement les charges similaires aux plusieurs surfaces.

Plan de projection

La charge peut être projetée sur un des plans globaux XY, YZ ou XZ. Comme décrit ci-dessus, deux lignes imaginaires sont générées commençant aux positions des deux charges et allant perpendiculairement au plan de projection. Les points de début et de fin de la charge linéique libre sont supposées là où les lignes intersectent une surface.

Le plan de projection ne doit pas être perpendiculaire à une surface sur laquelle la charge est appliquée : Il n'y a pas de points d'intersection clair avec la surface.

Distribution de charge

Spécifiez si une force uniforme ou linéairement variable est appliquée. Dans le champ d'entrée de dialogue ci-dessous, vous pouvez insérer une ou deux valeurs numériques de la charge.

Direction de charge

La charge peut agir en direction des axes locaux x, y, z ou des axes globaux X, Y, Z de la surface. Les charges agissant perpendiculairement à la surface sont d'habitude définies comme locales en direction **z**.

Si une charge agissant globalement ne va pas perpendiculairement à la ligne, l'influence de charge peut être rapportée aux longueurs différentes :

- **Relative à la longueur la ligne réelle**

La charge est appliquée à la longueur totale de la ligne.

- **Relative à la longueur de ligne projetée**

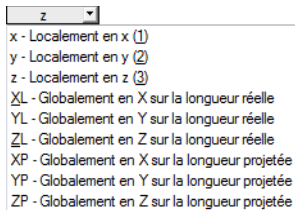
La longueur d'application de la charge est convertie à la projection de la ligne dans une des directions des systèmes de coordonnées globales. Les longueurs de projection sont affichées dans le graphique de dialogue dans le coin inférieur droit.

Position de charge

Insérez les coordonnées de la position de charge dans les champs d'entrée. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner la position de la charge graphiquement à l'aide de la fonction [↵].

Grandeur

Dans la colonne du tableau ou bien dans le champ d'entrée, insérez la valeur numérique de la charge linéique.



6.8 Charges rectangulaires libres

Description générale

Une charge rectangulaire libre agit comme uniforme ou linéairement variable sur une zone rectangulaire librement définissable d'une surface.

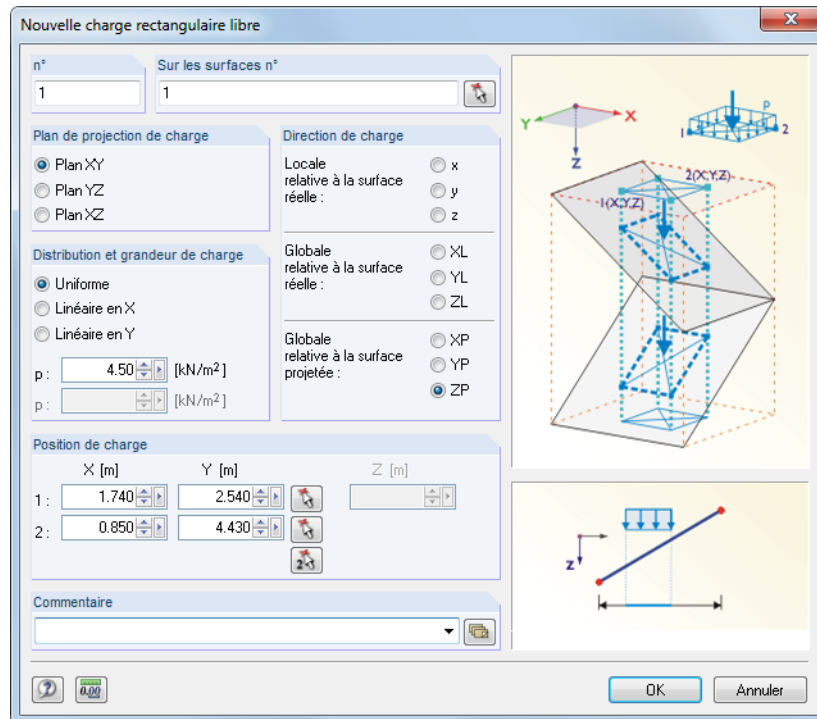
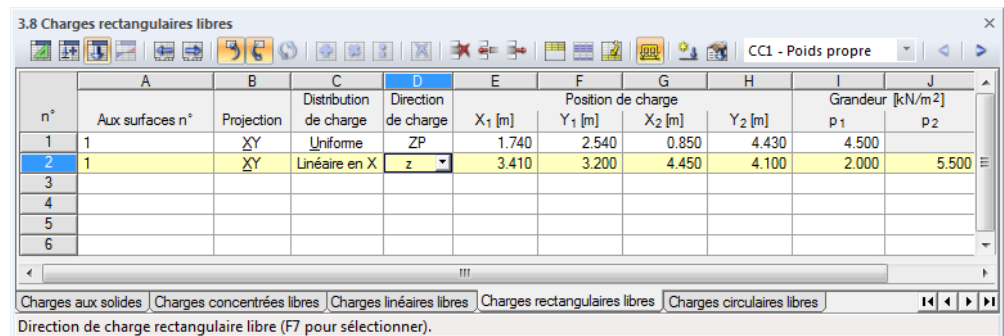


Figure 6.36 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge rectangulaire libre*



n°	Aux surfaces n°	Projection	Distribution de charge	Direction de charge	X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	Grandeur [kN/m²]	
									p1	p2
1	1	XY	Uniforme	ZP	1.740	2.540	0.850	4.430	4.500	
2	1	XY	Linéaire en X	z	3.410	3.200	4.450	4.100	2.000	5.500
3										
4										
5										
6										

Figure 6.37 : Tableau 3.8 *Charges rectangulaires libres*

Sur les surfaces

Ce champ d'entrée gère les numéros des surfaces sur lesquelles la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge rectangulaire libre*, vous pouvez aussi sélectionner les surfaces graphiquement à l'aide de la fonction [↖].

Commençant par les deux points définis par la *Position de charge*, deux lignes droites imaginaires sont « définies » perpendiculaires au plan de projection. Quand les lignes intersectent une des surfaces listées, la charge est appliquée à la diagonale de connexion des deux points d'intersection. De cette façon, il est possible de répartir rapidement les charges de type similaire aux plusieurs surfaces.

Plan de projection

La charge peut être projetée sur un des plans globaux XY, YZ ou XZ. Comme décrit ci-dessus, deux lignes imaginaires sont générées commençant aux positions des deux charges et allant perpendiculairement au plan de projection. Les points de début et de fin de la diagonale du rectangle sont supposés là où les lignes intersectent une surface.

Le plan de projection ne doit pas être perpendiculaire à une surface sur laquelle la charge est appliquée : Il n'y a pas de points d'intersection claire avec la surface.

Distribution de charge

Spécifiez si une charge uniforme ou linéairement variable est appliquée. Dans le champ d'entrée de dialogue ci-dessous, vous pouvez insérer une ou deux valeurs numériques de la charge.

Direction de charge

La charge peut agir en direction des axes globaux X, Y, Z ou des axes locaux x, y, z de la surface.

- **Locale relative à la surface réelle**

Les charges agissant perpendiculairement à la surface sont d'habitude définies comme locales en direction **z**.

- **Globale relative à la surface réelle**

L'orientation des axes de surface locaux n'est pas importante pour le calcul selon l'analyse statique linéaire si la charge agit en direction d'un axe du système de coordonnées globales XYZ. Un exemple pour une référence de charge à l'aire réelle est le poids propre.

- **Globale relative à la surface projetée**

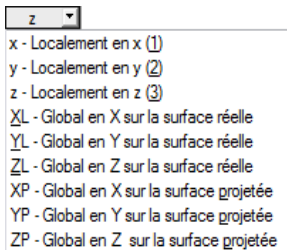
La charge est convertie à la projection de la surface dans une des directions des systèmes de coordonnées globales. Un cas pour l'application est par exemple la charge de neige. Le graphique de dialogue dans le coin droit inférieur vous montre les surfaces projetées.

Position de charge

Insérer les coordonnées de la position de charge dans les champs d'entrée. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner la position de la charge graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Grandeur

Dans la colonne de tableau ou bien dans le champ d'entrée, insérez la valeur numérique de la charge de surface.



6.9 Charges circulaires libres

Description générale



Une charge circulaire libre agit comme une charge de surface uniforme ou linéairement variable sur une zone circulaire librement définissable d'une surface.

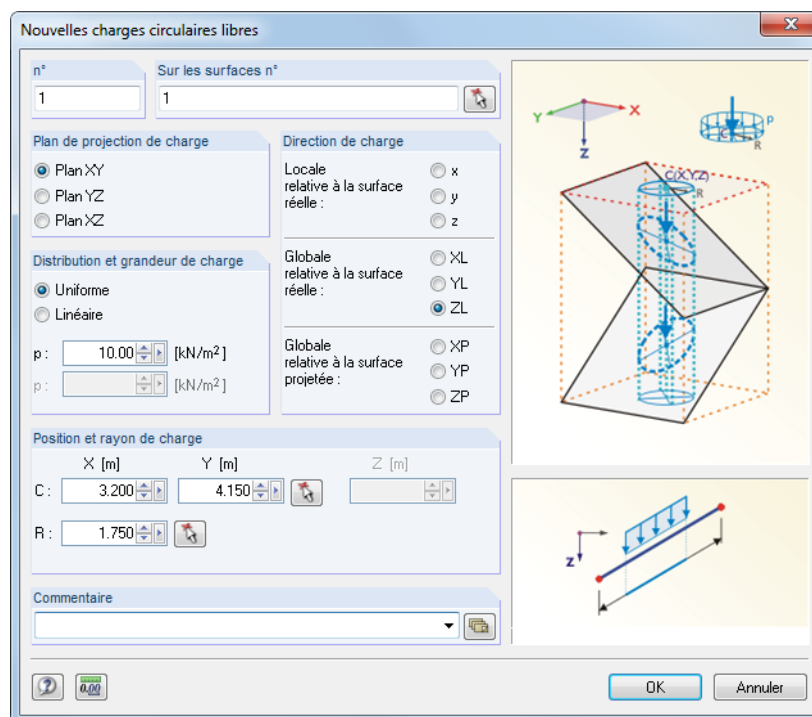


Figure 6.38 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge circulaire libre*

3.9 Charges circulaires libres									
n°	Aux surfaces n°	Projection	Distribution de charge	Direction de charge	Position de charge		Rayon	Grandeur [kN/m²]	
					X ₁ [m]	Y ₁ [m]	R [m]	p _C	p _R
1	1	XY	Uniforme	ZL	3.200	4.150	1.750	10.000	
2									
3									
4									

Figure 6.39 : Tableau 3.9 Charges circulaires libres

Sur les surfaces



Ce champ d'entrée gère les numéros des surfaces sur lesquelles la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge circulaire*, vous pouvez aussi sélectionner les surfaces graphiquement à l'aide de la fonction [↵].

Commençant par la *Position de charge*, une ligne droite imaginaire est « définie » perpendiculaire au plan de projection. Quand la ligne intersecte une des surfaces listées, la charge circulaire est appliquée au point d'intersection représentant le centre du cercle avec le rayon R . De cette façon, il est possible de répartir rapidement les charges de type similaire sur plusieurs surfaces.

Plan de projection

La charge peut être projetée sur un des plans globaux XY, YZ ou XZ. Comme décrit ci-dessus, une ligne imaginaire est générée commençant à la position de charge et allant perpendiculairement au plan de projection. Le centre de la charge circulaire est supposé là où la ligne intersecte une surface.

Le plan de projection ne doit pas être perpendiculaire à une surface sur laquelle la charge est appliquée : Il n'y a pas de points d'intersection clair avec la surface.

Distribution de charge

Spécifiez s'il est appliqué une charge uniforme ou linéairement variable. Dans le champ d'entrée de dialogue ci-dessous, vous pouvez insérer une ou deux valeurs numériques de la charge.

Direction de charge

La charge peut agir en direction des axes globaux X, Y, Z ou des axes locaux x, y, z de la surface. Les directions de charge sont décrites dans le chapitre précédent 6.8 à la page 251.

Position de charge



Dans les champs d'entrée, insérez les coordonnées du point intermédiaire C de la charge circulaire. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner le centre du cercle graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Rayon



Insérez le rayon R de la charge de surface circulaire dans le champ d'entrée ou dans la colonne de tableau. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner le rayon graphiquement dans la fenêtre graphique à l'aide de la fonction [^].

Grandeur

Dans la colonne du tableau ou bien dans le champ d'entrée, insérez la valeur numérique de la charge de surface.

6.10 Charges polygonales libres

Description générale

Une charge polygonale libre agit comme une charge de surface uniforme ou linéairement variable sur une zone polygonale librement définissable d'une surface.

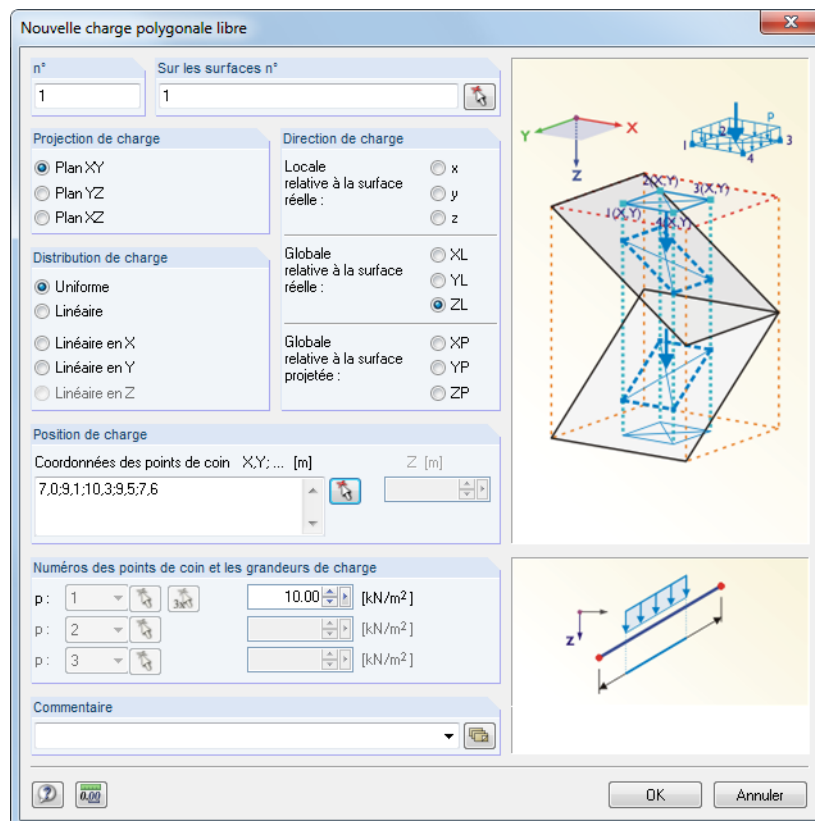


Figure 6.40 : Boîte de dialogue *Nouvelle charge polygonale libre*

3.10 Charges polygonales libres

n°	Aux surfaces n°	Projection	Distribution de charge	Direction de charge	Noeuds de la zone de surface de base [m] X ₁ ,Y ₁ ; X ₂ ,Y ₂ ; X ₃ ,Y ₃ ; ...	1er point de coin n°	G p ₁ [kN/m ²]	H 2ème point de coin n°	I p ₂ [kN/m ²]
1	1	XY	Uniforme	ZL	7,0;9,1;10,3;9,5;7,6		10,000		
2									
3									
4									

Charges linéaires libres Charges rectangulaires libres Charges circulaires libres Charges polygonales libres Déformations nodales imposées

Entrez les numéros des surfaces !

Figure 6.41 : Tableau 3.10 *Charges polygonales libres*

Sur les surfaces



Ce champ d'entrée gère les numéros des surfaces sur lesquelles la charge agit. Dans la boîte de dialogue *Nouvelle charge polygonale libre*, vous pouvez aussi sélectionner les surfaces graphiquement à l'aide de la fonction [↵].

Commençant par les points de coin définis par la *Position de charge*, des lignes droites imaginaires sont « définies » perpendiculaires au plan de projection. Quand elles intersectent une des surfaces listées, la ligne de connexion des points d'intersection représente la limite de la charge de surface à appliquer. De cette façon, il est possible de répartir rapidement les charges de type similaire aux plusieurs surfaces.

Projection de charge

La charge peut être projetée sur un des plans globaux XY, YZ ou XZ. Comme décrit ci-dessus, deux lignes imaginaires sont générées commençant aux positions de charge et allant perpendiculairement au plan de projection. Les points de coin de la charge polygonale sont supposés là où les lignes intersectent une surface.

Le plan de projection ne doit pas être perpendiculaire à une surface sur laquelle la charge est appliquée : Il n'y a pas de points d'intersection clair avec la surface.

Distribution de charge

Spécifiez si une charge de surface uniforme ou linéairement variable est appliquée. Dans la section de dialogue *Nombre de points de coin et grandeurs de charge* ci-dessous, vous pouvez insérer une valeur numérique (*Uniforme*), deux valeurs numériques (*Linéaires en X / Y / Z*) ou trois valeurs numériques (*Linéaires*).

Direction de charge

La charge peut agir en direction des axes globaux X, Y, Z ou des axes locaux x, y, z de la surface. Les directions de charge sont décrites dans le chapitre 6.8 à la page 251.

Position de charge

Insérez les *Coordonnées du point de coin* dans les champs d'entrée. Il est recommandé de définir la chaîne polygonale graphiquement à l'aide de la fonction [↻] de dialogue. Dans le champ d'entrée ou dans la colonne d'entrée, insérez les coordonnées de point séparées par une virgule. Les paires de coordonnées sont séparées des autres paires par un point-virgule.

Exemple : coordonnées de point de coin X,Y [m] 2,3;1.6,4.7;5,45;6,25;3,2

Le troisième composant de coordonnée est défini automatiquement par le plan de projection de charge. Dans l'exemple, c'est la coordonnée Z qui peut être spécifiée séparément dans un champ d'entrée de la boîte de dialogue. Quand vous définissez les coordonnées graphiquement, le composant n'est pas important parce que le plan de travail actif est déterminant.

Nombre de points de coin

Quand vous définissez les charges de surface linéairement variables, insérez deux points de coin (*Linéaires en X / Y / Z*) ou trois points de coin (*Linéaires*) avec les valeurs de charge correspondantes. Vous pouvez définir ou sélectionner graphiquement seulement les points de coin qui sont listés dans la section de dialogue *Position de charge* utilisée pour définir les lignes de contour. Il n'est pas possible de sélectionner les nœuds RFEM. Ainsi, les numéros de points de coin sont rapportés à la séquence des *Coordonnées de point*.

Grandeur

Dans la colonne de tableau ou dans le champ d'entrée, insérez la valeur numérique de la charge de surface. Pour une distribution linéairement variable, deux ou trois valeurs doivent être insérées.

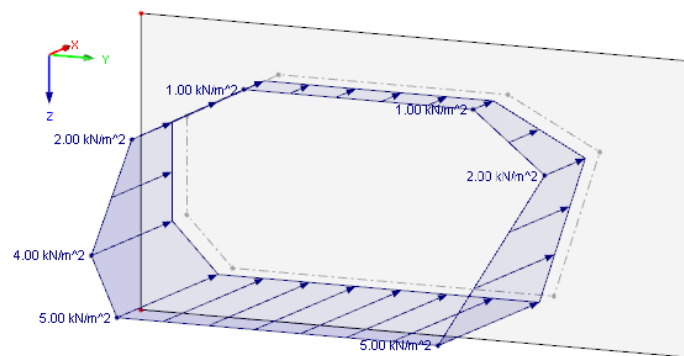
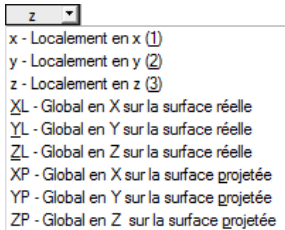


Figure 6.42 : Charge polygonale qui est linéairement variable en direction **Z** : plan de projection de charge **YZ** et direction de charge locale en **z**



6.11 Déformations nodales imposées

Description générale

Une déformation nodale imposée est un déplacement ou une rotation d'un nœud supporté par exemple à cause d'un affaissement du poteau.

Les déformations nodales imposées ne peuvent être appliquées qu'aux nœuds qui ont un appui en direction de la déformation.

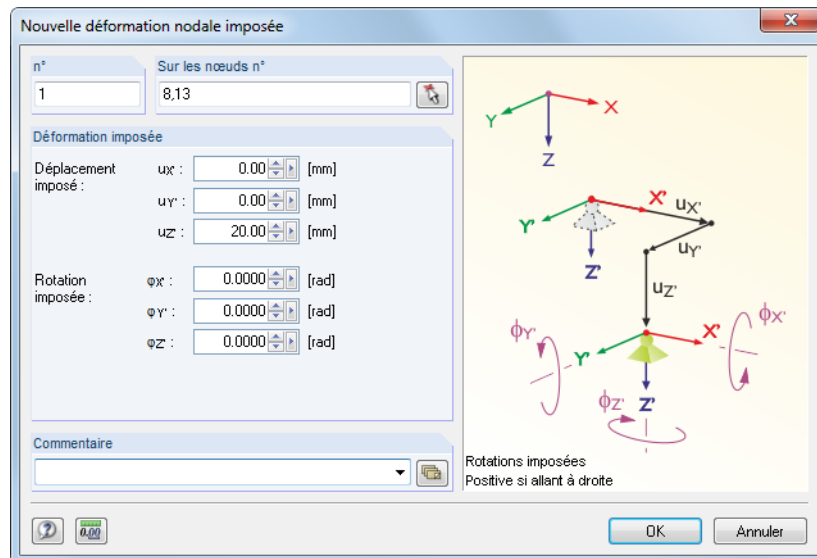



Figure 6.43 : Boîte de dialogue *Nouvelle déformation nodale imposée*

3.11 Déformations nodales imposées



CC1 - Poids propre

n°	A	B	C	D	E	F	G	H
	Aux nœuds n°	Déplacement				Rotation		
		u_x [mm]	u_y [mm]	u_z [mm]	φ_x [rad]	φ_y [rad]	φ_z [rad]	Commentaire
1	8,13	0.00	0.00	20.00	0.0000	0.0000	0.0000	
2								
3								
4								
5								

Charges circulaires libresCharges polygonales libresDéformations nodales imposéesDéplacements linéaires imposésImperfctions

Liste de nœuds supportés avec une déformation imposée (par ex. '1-3,5,7').

Figure 6.44 : Tableau 3.3 *Déformations nodales imposées*

Le numéro de la charge est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle déformation nodale imposée*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée.

Sur les nœuds

Dans ce champ d'entrée, définissez les numéros des nœuds sur lesquels la déformation imposée agit. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [↖].

Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les déformations. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les nœuds correspondants l'un après l'autre dans la fenêtre graphique.

Déplacement imposé $u_X / u_Y / u_Z$

Les déplacements imposés sont rapportés au système de coordonnées globales. Si le déplacement d'un nœud supporté n'agit pas parallèlement à l'un des axes globaux, ses composants X , Y et Z doivent être déterminés et insérés dans les champs d'entrée correspondants.

Le graphique dans la boîte de dialogue explique comment les déplacements et les signes sont efficaces.

Rotation imposée $\varphi_X / \varphi_Y / \varphi_Z$

Les rotations nodales sont rapportées aussi au système de coordonnées globales X, Y, Z . Ainsi, une rotation oblique imposée nécessite la division en composants X , Y et Z .

Une rotation imposée positive agit dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe global positif correspondant.

6.12 Déplacements linéaires imposés

Description générale

Un déplacement linéaire imposé est un déplacement d'une ligne supportée, par exemple à cause de l'affaissement de fondation.

Les déplacements linéaires imposés ne peuvent être appliqués qu'aux lignes qui sont supportées en direction du déplacement.

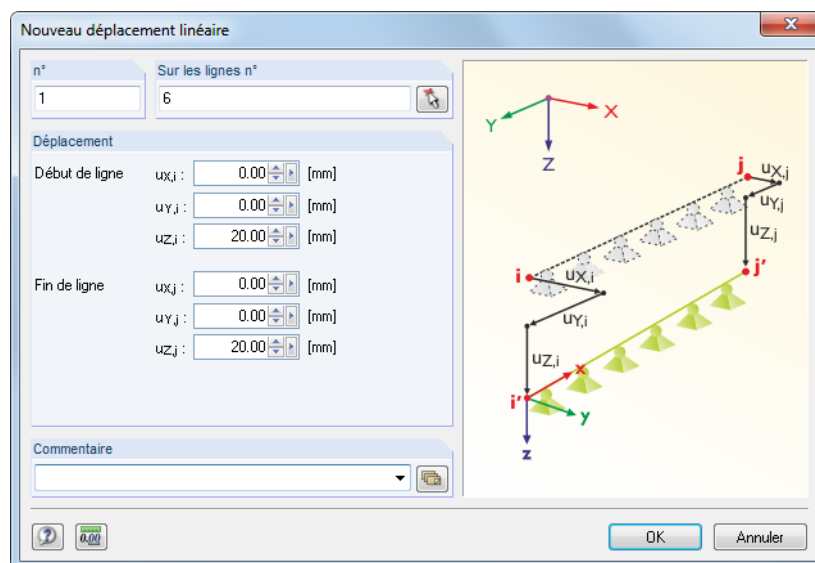


Figure 6.45 : Boîte de dialogue *Nouveau déplacement linéaire imposé*

3.12 Déplacements linéaires imposés

n°	Aux lignes n°	Déplacement au début [mm]			Déplacement à la fin [mm]			Commentaire
		$u_{X,i}$	$u_{Y,i}$	$u_{Z,i}$	$u_{X,j}$	$u_{Y,j}$	$u_{Z,j}$	
1	6	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	
2	3,19	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	25.00	
3								
4								
5								

Charges circulaires libres | Charges polygonales libres | Déformations nodales imposées | **Déplacements linéaires imposés** | Imperfections

Liste de lignes supportées avec des déplacements (par ex. '1-3,5,7').

Figure 6.46 : Tableau 3.12 *Déplacements linéaires imposés*

Le numéro de la charge est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouveau déplacement linéaire imposé*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée.

Sur les lignes



Dans ce champ d'entrée, définissez les numéros des lignes sur lesquels le déplacement imposé agit. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [^].



Quand l'entrée graphique est sélectionnée, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord les déplacements. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les lignes les unes après les autres dans la fenêtre graphique.

Déplacement imposé $u_x / u_y / u_z$

Début de la ligne

Les déplacements imposés sont rapportés au système de coordonnées globales X,Y,Z. Il y a trois champs d'entrée prévus pour le déplacement au nœud de début de la ligne supportée.

Si un déplacement d'une ligne supportée n'agit pas parallèlement à l'un des axes globaux, ses composants X, Y et Z doivent être déterminés.

Fin de la ligne

Dans les champs d'entrée, insérez le déplacement au nœud de fin de la ligne supportée.



Pour visualiser l'orientation de la ligne, utilisez le navigateur *Afficher* : Sélectionnez **Modèle** → **Lignes** → **Ligne Orientations** (voir la Figure 4.26, page 53).

6.13 Imperfections

Description générale



Il y a deux chemins pour déterminer les imperfections dans RFEM :

- **Les charges équivalentes** sont appliquées aux barres.
- Un modèle équivalent **pré-déformé** est utilisé.

Ce chapitre décrit les imperfections sous forme des charges équivalentes. Pour les informations détaillées sur la génération des modèles équivalents à l'aide du module additionnel **RF-IMP**, consultez le chapitre 7.3.1 à la page 285.

Pour appliquer une imperfection, une barre doit déjà être définie auparavant.

Les imperfections représentent les déviations de fabrication de la géométrie du modèle et les propriétés du matériau. Dans EN 1993-1-1, clause 5.3, l'application des imperfections est organisée comme imperfection en arc et défaut d'aplomb. Ainsi, les imperfections sont prises en compte par des charges équivalentes.

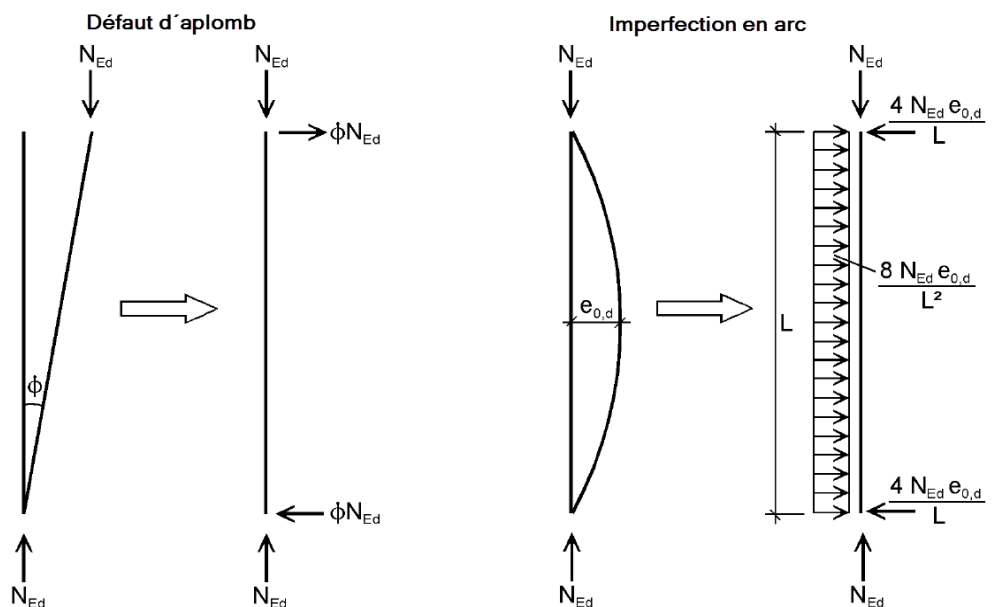


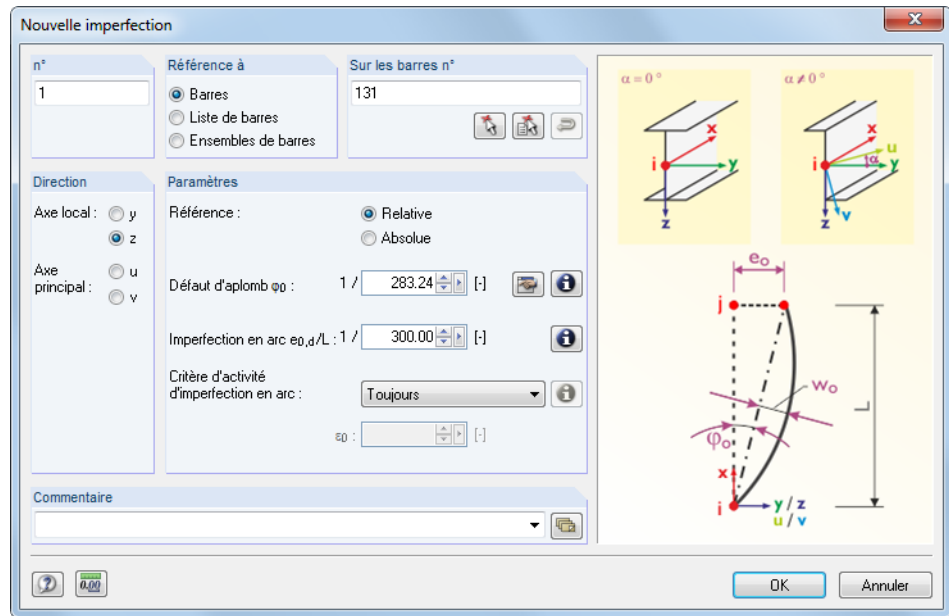
Figure 6.47 : Charges équivalentes selon EN 1993-1-1



RFEM prend également en charge les charges équivalentes quand les calculs sont effectués selon l'analyse statique linéaire. Néanmoins, veuillez noter qu'un cas de charge d'imperfection pure ne produit pas d'efforts internes. En complément, le modèle doit avoir quelques charges « réelles » y compris les efforts normaux dans la barre imparfaite.

Il est recommandé de gérer les charges et les imperfections dans des cas de charge séparés. Ils peuvent être combinés les uns avec les autres d'une façon appropriée dans des combinaisons de charge. Les cas de charge avec les imperfections pures doivent être classés comme un type d'action **Imperfection** dans les données de base pour les cas de charge (voir la Figure 5.3, page 180). Sinon, la vérification de plausibilité affiche un message de charges manquantes.

En général, les imperfections doivent être définies d'une façon affinée avec la valeur propre de flambement la plus basse dans la direction la plus défavorable.

Figure 6.48 : Boîte de dialogue *Nouvelle imperfection*

3.13 Imperfections

CC1 - Poids propre

n°	A	B	C	D	E	F	G	H
	Référence à	Sur les barres n°	Direction	Référence	Défaut d'aplomb 1/φ₀ [°]	Imperfection en arc l/w₀ [°]	Critère de l'activité	Appliquer w₀ de ε₀ [°]
1	Barres	4	z	Relative	283.24	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
2	Barres	2	y	Relative	250.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
3	Liste de barres	1,2	y	Relative	200.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
4								

Charges polygonales libres | Déformations nodales imposées | Déplacements linéaires imposés | Imperfections | Charges générées

Veuillez choisir un critère d'activité de l'imperfection en arc ou appuyer sur F7 pour sélectionner !

Figure 6.49 : Tableau 3.13 *Imperfections*

Le numéro de l'imperfection est attribué automatiquement dans la boîte de dialogue *Nouvelle imperfection*, mais peut être modifié dans le champ d'entrée. L'ordre de numérotation n'est pas important.

Référence à

Définissez les objets auxquels vous voulez appliquer l'imperfection. Les options suivantes peuvent être sélectionnées :

Barres

L'imperfection agit sur une barre simple ou sur chaque barre de plusieurs barres sélectionnées.

Liste de barres

L'imperfection agit sur l'union des barres qui sont définies dans la liste. Ainsi, les pré-déformations et les défauts d'aplomb ne sont pas appliqués à chaque barre individuellement, mais comme une imperfection totale à toutes les barres de la liste de barre. Les effets de charge d'une imperfection sur les barres simples en opposition à une liste de barre sont affichés dans la Figure 6.50.

Profitez d'une liste de barres pour appliquer les imperfections sur toutes les barres sans définir les barres continues.

Ensembles de barres

L'imperfection agit sur un ensemble de barres ou sur chaque ensemble de plusieurs ensembles de barres. Pareillement à la liste de barres décrite ci-dessus, les paramètres de charge sont appliqués à l'union des barres incluses dans l'ensemble de barres.

Les ensembles de barres sont sous divisés en barres continues et groupes de barres (voir le chapitre 4.21, page 168). Les imperfections pour les ensembles de barres ne peuvent être appliquées qu'aux barres continues qui se trouvent sur une ligne. Elles ne sont pas adéquates aux groupes de barres ou barres continues qui sont déformés.

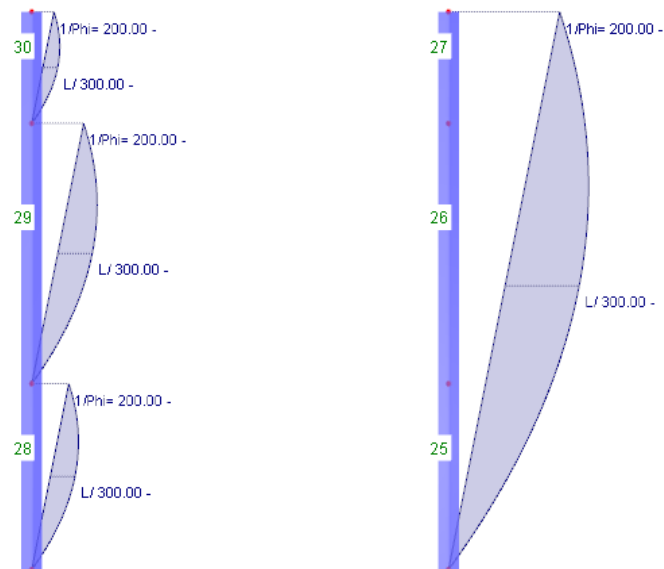


Figure 6.50 : Imperfection rapportée aux barres (gauche) et à la liste de barres (droite)

Sur les barres

Dans le champ d'entrée, insérez les numéros des barres ou des ensembles de barres sur lesquels l'imperfection est appliquée. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez aussi sélectionner les nœuds graphiquement à l'aide de la fonction [↖].

Quand vous avez sélectionné l'entrée graphique en cliquant sur le bouton de la barre d'outils, le champ d'entrée est désactivé et vous devez insérer d'abord toutes les données d'imperfection. Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez sélectionner les barres ou les ensembles de barres correspondants l'un après l'autre dans la fenêtre graphique.

Pour les imperfections avec une référence à une liste de barres, il est possible d'arranger les numéros de barres d'une façon appropriée à l'aide du bouton de dialogue [Inverser l'orientation de la barre], par exemple pour inverser le défaut d'aplomb pour l'affichage graphique. Néanmoins, la séquence n'est pas importante pour les calculs à cause des charges équivalentes identiques.

Direction

L'imperfection ne peut être appliquée qu'en direction des axes locaux de barre y ou z. Quand il est utilisé une section non symétrique, les axes principaux u et v sont aussi disponibles pour la sélection (voir le chapitre 4.13, page 128). Il n'est pas possible de définir un défaut d'aplomb ou imperfection en arc appliqués globalement.

L'orientation des axes de barre est décrite dans le chapitre 4.17, paragraphe *Rotation de barre* à la page 155. Pour les sections symétriques, l'axe y représentent le soi-disant axe « fort », l'axe z l'axe « faible » de la section de la barre.

Si vous sélectionnez le type de modèle pour les dalles ou les voiles dans la boîte de dialogue *Données de base*, seulement la direction z peut être sélectionnée.



Référence

Les valeurs pour les défauts d'aplomb et les imperfections en arc peuvent être définies de deux manières :

La manière relative permet l'insertion des valeurs réciproques de φ_0 et w_0 par rapport à la longueur de la barre, *la manière absolue* permet la spécification directe des dimensions géométriques.

Défaut d'aplomb $1/\varphi_0$

φ_0 indique le degré de l'inclinaison comme décrit par exemple dans EN 1993-1-1, clause 5.3.2. Insérez la valeur réciproque de φ_0 ou la valeur absolue, dans le champ d'entrée. Une illustration des paramètres peut être affichée dans la boîte de dialogue à l'aide de bouton [Info].

En complément, la boîte de dialogue vous offre le bouton [Calculer le défaut d'aplomb] pour déterminer les défauts d'aplomb selon les normes différentes dans une boîte de dialogue séparée.

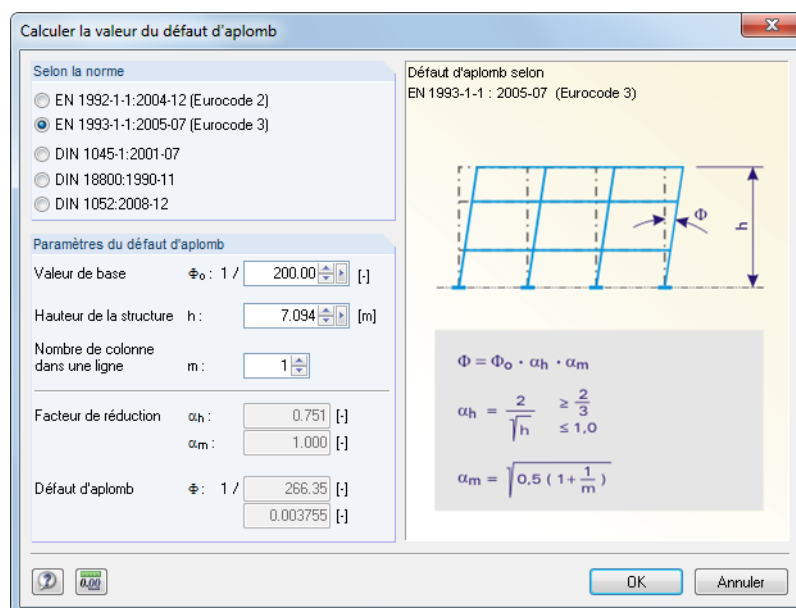
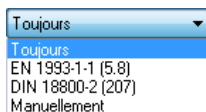


Figure 6.51 : Boîte de dialogue *Calculer la valeur du défaut d'aplomb*

En fonction des paramètres sélectionnés, dans la section de dialogue *Selon la norme*, il y a différents champs d'entrée disponibles dans la section de dialogue *Paramètres de défaut d'aplomb*. A la base des valeurs insérées dans les champs de dialogue d'entrée, les facteurs de réduction et les défauts d'aplomb sont calculés selon les normes. Cliquez sur [OK] pour transférer les valeurs dans la boîte de dialogue.

Imperfection en arc $1/w_0$

L'imperfection en arc w_0 ou $e_{0,d}$ définit le degré de la courbure à appliquer selon la norme (par exemple DIN 18800 partie 2, art. (204) ou EN 1993-1-1, clause 5.3.2). L'imperfection en arc dépend de la courbe de contrainte de flambement de la section et est rapportée à la longueur de la barre L ou insérée comme une valeur absolue.



Critère d'activité

Les options suivantes sont disponibles pour la sélection afin de définir comment les imperfections en arc sont gérées en interaction avec les défauts d'aplomb des barres :

- **Toujours**

L'imperfection en arc est prise en compte en tout les cas.

- **EN 1993-1-1 (5.8)**

L'influence de l'imperfection en arc $e_{0,d}$ est appliquée aux barres avec un élancement $\bar{\lambda}$ déterminé selon EN 1993-1-1:2005, clause 5.3.2 (6), éq. (5.8).

- **DIN 18800-2 (207)**

w_0 n'est appliqué que dans le cas où le coefficient de barre ε dépasse une certaine valeur. Cette régulation est rapportée à la norme DIN 18800, partie 2, art. (207).

- **Manuellement**

Le critère d'activité peut être défini par l'utilisateur.



Pour afficher le critère dans le graphique de dialogue, utilisez le bouton [Info].

Appliquer w_0 de ε_0

Une imperfection en arc est considérée en complément au défaut d'aplomb si le coefficient de barre ε est supérieur à la valeur définie dans le champ d'entrée. La DIN 18800-2 art. (207) spécifie $\varepsilon > 1.6$ dans la plupart de cas.

6.14 Charges générées

RFEM offre plusieurs générateurs que vous pouvez utiliser pour la création facile des charges (voir le chapitre 11.8 à la page 550 ff.). Les charges de barre ou de surface générées sont reflétées dans le tableau 3.14 et dans le navigateur *Données*.

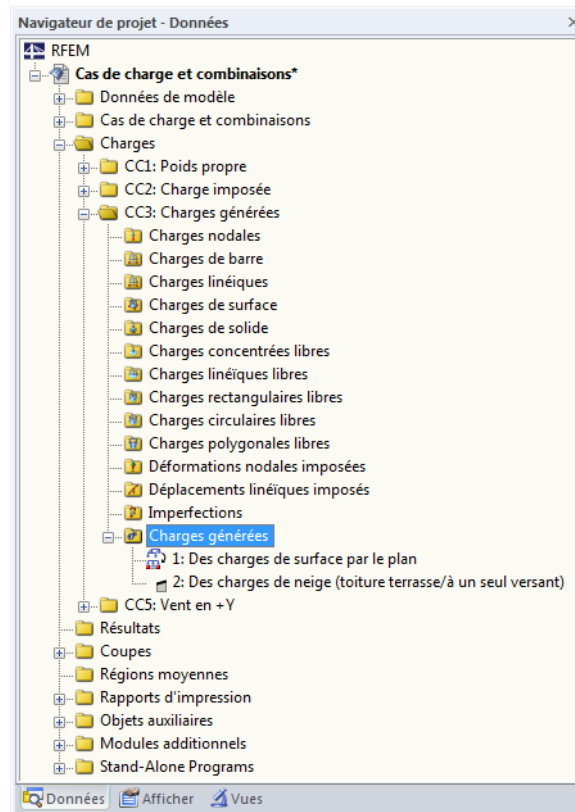
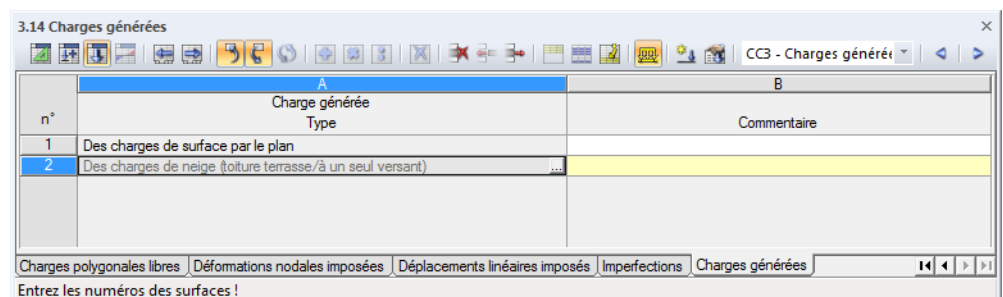


Figure 6.52 : Navigateur *Données* pour les *Charges générées*



n°	Charge générée Type
1	Des charges de surface par le plan
2	Des charges de neige (toiture terrasse/à un seul versant)

Figure 6.53 : Tableau 3.14 *Charges générées*



Les boîtes de dialogue du générateur original sont stockées comme des objets spécifiques de charge qui peuvent aussi être accessibles pour les modifications : Cliquez deux fois sur un élément de navigateur ou bien utilisez le bouton du tableau [...] pour ouvrir à nouveau la boîte de dialogue initiale (voir par exemple la Figure 11.194, page 561) où vous pouvez ajuster les paramètres de la génération de charge.

7. Calcul

7.1 Vérification des données d'entrée

Avant le démarrage du calcul, il est recommandé de vérifier les données du modèle et de charge tout comme la modélisation. RFEM vérifie si les données de chaque modèle et objet de charge sont complètement disponibles et si les références des définitions de données et la modélisation sont correctes.

Comme vous pouvez accéder directement dans la ligne du tableau avec le problème correspondant, les erreurs d'entrée possibles peuvent être vite corrigées (voir la Figure 7.2).

7.1.1 Vérification de plausibilité



Vous pouvez vérifier les données du modèle tout comme les données de charge pour leur entrée cohérente. Pour ouvrir la boîte de dialogue pour le contrôle de plausibilité,

sélectionnez **Vérification de plausibilité** dans le menu **Outils**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Une boîte de dialogue s'ouvre où vous définissez les données d'entrée que vous voulez vérifier.

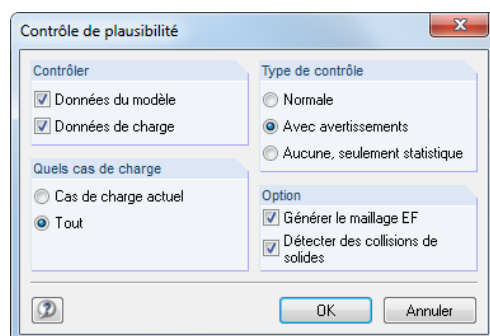


Figure 7.1 : Boîte de dialogue *Contrôle de plausibilité*

Dans la section de dialogue *Type de contrôle*, vous pouvez choisir parmi trois options :

- **Normale**

L'option standard contrôle l'exhaustivité des paramètres d'entrée et l'exactitude des enregistrements des données.

- **Avec avertissement**

Sélectionnez cette option pour effectuer une vérification détaillée des données d'entrée, trouvant aussi les nœuds avec les coordonnées ou articulations identiques avec les degrés de liberté non limités.

Quand une inadéquation est détectée, un message avec les informations détaillées du problème s'affiche. Vous pouvez interrompre la vérification afin de corriger l'erreur.

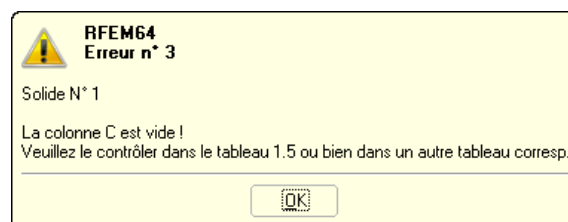


Figure 7.2 : Contrôle de plausibilité avec avertissement

- **Aucune, seulement statistique**

Il n'y a qu'un résumé des données d'entrée rapporté (dimensions de modèle, poids total, nombre de nœuds, de lignes et d'appuis, charges de surface et de barre etc.).

Quand la case pour la *Génération du maillage EF* est cochée ci-dessous, le maillage EF peut être généré pendant la vérification de plausibilité. Pour les informations plus détaillées, consultez le chapitre 7.2, page 270.

Quand la vérification de plausibilité est terminée avec succès, les résultats de vérification vous montrent un résumé des données d'entrée.

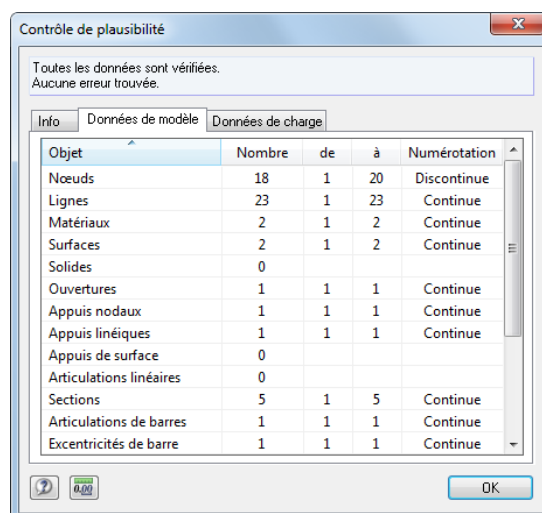


Figure 7.3 : Résultats de vérification de plausibilité, onglet *Données de modèle*

7.1.2 Contrôle du modèle

En complément à la vérification de la plausibilité générale, vous pouvez utiliser la vérification du modèle pour chercher spécifiquement des écarts causés pendant la modélisation. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

pointez sur **vérification du modèle** dans le menu **Outils** et sélectionnez l'une des plusieurs options de vérification.

Nœuds identiques

RFEM filtre tous les nœuds avec les coordonnées identiques. Ils sont combinés dans les groupes affichés dans une boîte de dialogue.

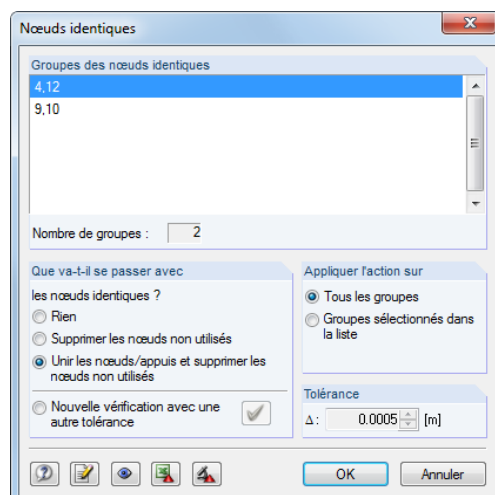


Figure 7.4 : Résultats de la vérification du modèle pour les nœuds identiques

Dans la section de dialogue *Que va-t-il se passer avec les nœuds identiques ?*, vous pouvez décider du traitement des nœuds identiques. Dans la section de dialogue *Appliquer l'action sur*, vous définissez si votre sélection est appliquée à tous les groupes listés ci-dessus ou seulement à la ligne sélectionnée.

Dans la section de dialogue *Tolérance*, une manière de réglage fin est disponible pour définir la zone où les coordonnées sont évaluées comme identiques. Cette fonction est utile surtout pour les modèles importés des programmes CAO. Dans ce cas, les lignes sont souvent courtes à cause des nœuds proches. Si de tels nœuds sont filtrés avec une tolérance appropriée et puis unifiés, il est possible d'éviter des problèmes numériques à cause d'une barre ou d'une ligne courte.

Barres dépassant



Utilisez cette option pour filtrer toutes les barres dépassant partiellement ou entièrement dans leurs longueurs.

Si les barres dépassant sont détectées, elles sont affichées dans une boîte de dialogue où elles sont classées par groupe. Le groupe courant est indiqué par une flèche affichée dans la fenêtre graphique. Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez fixer le problème.

Sauter les barres non connectées



La vérification cherche les barres qui se croisent, mais qui n'ont pas de nœud commun au point d'intersection.

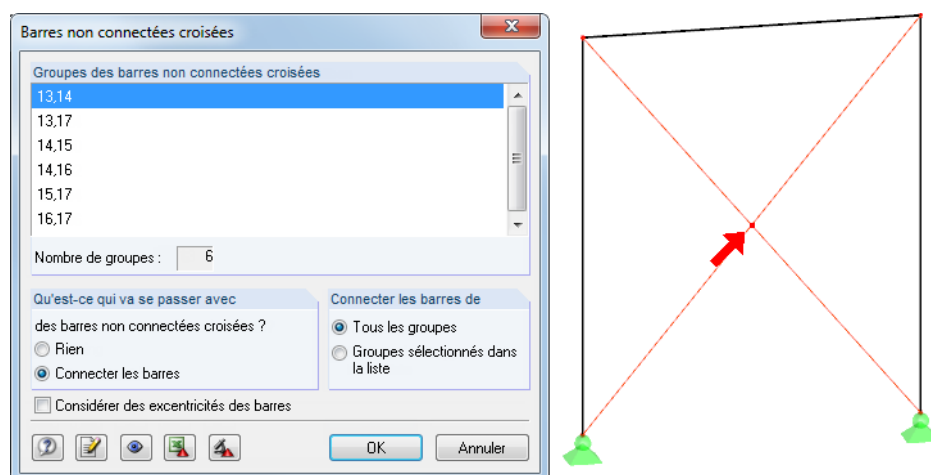


Figure 7.5 : Résultats de la vérification du modèle pour les barres qui se croisent

Les résultats de vérification sont affichés dans la section de dialogue *Groupes des barres non connectées croisées*. Les barres se croisant sont listées dans les groupes. Le groupe qui est actuellement sélectionnés est indiqué par une flèche dans le graphique.

Dans la section de dialogue *Qu'est-ce qui va se passer avec*, vous décidez de ce que vous voulez faire avec les barres se croisant. L'option *Connecter les barres* est utile pour les possibilités de transfert d'effort interne, mais pas par exemple pour les intersections ordinaires des diagonales avec des tirants.

Lignes superposées



Utilisez cette option pour filtrer toutes les lignes superposées partiellement ou entièrement dans leurs longueurs.

Si les lignes superposées sont détectées, elles sont affichées dans une boîte de dialogue où elles sont classées par groupe. Le groupe courant est indiqué par une flèche affichée dans la fenêtre graphique. Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez fixer le problème.

Lignes non connectées croisées



Utilisez cette option pour trouver les lignes qui se croisent sans partager de nœud commun au point d'intersection. Les résultats sont affichés dans la section de dialogue *Groupe des lignes non connectées croisées* (voir la Figure 7.5). Les lignes se croisant sont listées dans les groupes. Le groupe qui est actuellement sélectionné est indiqué par une flèche dans le graphique.

Dans la section de dialogue *Qu'est-ce qui va se passer avec*, vous décidez comment les lignes se croisant seront traitées.

Surfaces dépassant



Utilisez cette option pour filtrer toutes les surfaces dépassant partiellement ou entièrement dans leurs longueurs.

Si les surfaces dépassant sont détectées, elles sont affichées dans une boîte de dialogue où elles sont classées par groupe. Le groupe actuel est indiqué par sa couleur de sélection affichée dans la fenêtre graphique. Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez fixer le problème.

Surfaces minimalement courbées



Vous pouvez chercher les surfaces avec une déviation de plan minimale.

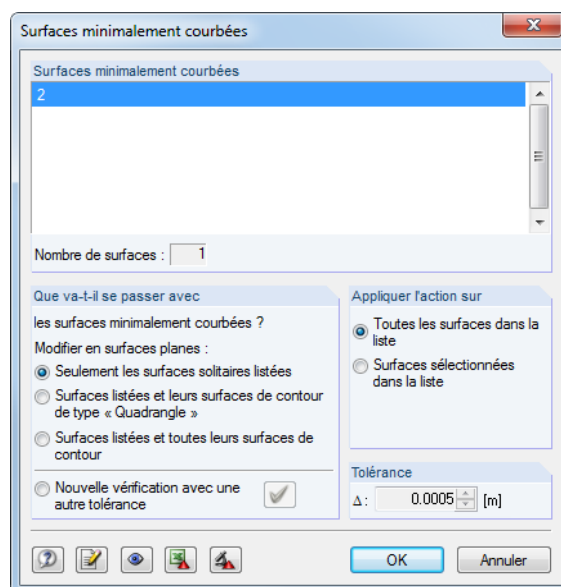


Figure 7.6 : Résultats de la vérification du modèle pour les surfaces minimalement courbées

Si les surfaces avec les courbures minimales sont détectées, elles sont affichées dans une boîte de dialogue où elles sont classées par groupe. Le groupe courant avec un nœud déviant du plan est indiqué par une flèche affichée dans la fenêtre graphique.

La section de dialogue *Que va-t-il se passer avec* vous offre des options de contrôle spécifiques pour traiter de telles surfaces. Dans la section de dialogue *Appliquer l'action sur*, vous décidez si votre définition est appliquée à tous les groupes listés ci-dessus ou seulement à la surface sélectionnée.



Dans la section de dialogue *Tolérance*, un mode de réglage fin est disponible pour une définition plane. En outre, en cas des modifications, il est possible de *Vérifier les surfaces courbées* de nouveau avec une autre tolérance.

Boutons

Les boutons dans les boîtes de dialogue de la vérification du modèle ont les fonctions suivantes :





	Applique les modifications de la section de dialogue <i>Que va-t-il se passer avec</i>
	Saute dans la fenêtre graphique de RFEM pour ajuster la vue
	Exporte les objets listés au tableau Excel
	Crée une nouvelle vue partielle pour chaque groupe d'objets

Tableau 7.1: Boutons dans les boîtes de dialogue de la vérification de modèle

7.1.3 Régénérer le modèle



RFEM révisé automatiquement les petites incohérences causées dans le modèle pendant le processus de modélisation ou résultant de l'échange de donnée avec les programmes CAO. Pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez **Régénérer le modèle** dans le menu **Outils**.

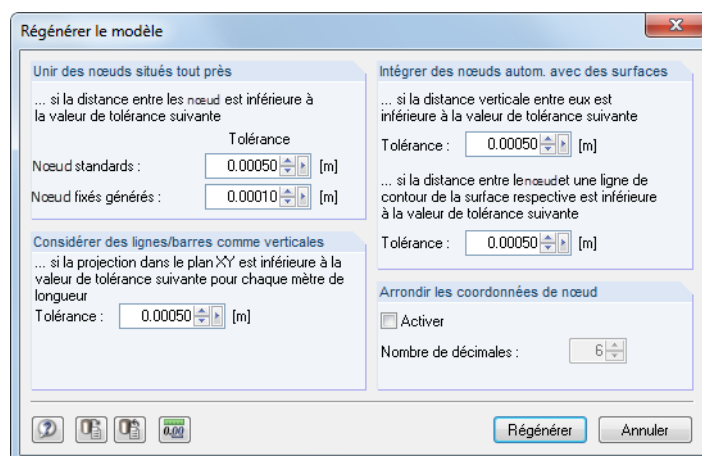


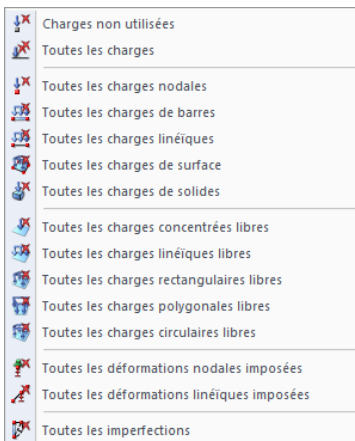
Figure 7.7 : Boîte de dialogue *Régénérer le modèle*

Dans la section de dialogue *Unir des nœuds situés tout près*, définissez un seuil pour les distances des nœuds : Quand les valeurs tombent au-dessous de la *Tolérance*, les nœuds sont considérés comme identiques et seront combinés dans un seul nœud. Comme les nœuds redondants seront supprimés, une rénumération des objets peut en résulter.

Dans la section de dialogue *Considérer les lignes/barres comme verticales*, vous pouvez contrôler la position d'une ligne locale et des axes de barre. Pour les barres dans la position verticale, l'orientation des axes diffère essentiellement des barres en position générale (inclinée) (voir le chapitre 4.17, page 156). Vous pouvez utiliser le champ d'entrée *Tolérance* pour imposer une position verticale à la position générale. De cette façon, vous prévenez les axes de barre de la « commutation », ce qui est aussi favorable pour l'entrée et la sortie de charge des efforts internes.

Utilisez ces options dans la section de dialogue *Intégrer des nœuds autom. dans des surfaces* pour les nœuds avec une très petite distance à une surface ou une ligne de contour pour les inclure automatiquement dans la liste des objets générés de la surface (voir la page 88). Comme un résultat, une intégration manuelle n'est pas nécessaire. Veuillez noter qu'une vérification interne est effectuée avant le démarrage du calcul : Si la distance des nœuds à la surface est trop grande, ils seront considérés comme n'appartenant pas à la surface.

Finalement, vous pouvez activer une fonction pour *Arrondir les coordonnées du nœud* automatiquement. Définissez le nombre correspondant de décimales.



Menu Outils → Supprimer les charges



7.1.4 Supprimer les charges non utilisées

Les charges ne peuvent être définies que sur les objets existants dans le modèle. Néanmoins, lors de processus de modélisation, les barres ou les surfaces avec les charges attribuées peuvent être enlevées du système. Normalement, RFEM supprime aussi leurs charges. Si le contrôle de plausibilité trouve toujours des charges sur les objets non existants, il est possible de les enlever. Pour trouver les charges non utilisées,

pointez sur **Supprimer les charges** dans le menu **Outils** et puis, sélectionnez **Charges non utilisées**.

Utilisez le menu affiché à gauche pour sélectionner aussi les autres objets de charge surtout pour les enlever de façon spécifique.

7.2 Maillage EF

Avec RFEM, vous pouvez analyser les éléments de barre, plaques, voiles, coques et solides. Avant de calculer les données, vous devez générer le maillage EF pour la création des éléments 1D, 2D et 3D correspondants.

L'analyse EF requiert la division du système structurel en petits sous-systèmes représenté par les éléments finis. Pour chaque élément, les conditions d'équilibre sont définies. Il est créé un système linéaire d'équations avec beaucoup de quantités inconnues. Plus la taille du maillage des éléments finis est raffinée, plus précis seront les résultats. D'un autre côté, le temps de calcul augmente à cause de la quantité de données à calculer, car les équations additionnelles doivent être résolues pour chaque nœud EF supplémentaire.

Le maillage EF est créé automatiquement. Néanmoins, quelques options peuvent être utilisées pour contrôler la génération du maillage EF.

Les références utiles concernant la discrétisation et la méthode d'éléments finis peuvent être trouvées dans [15].

7.2.1 Bases des éléments finis dans RFEM

Éléments 1D

Pour les éléments de barre, il est supposé que la section reste plane lors de la déformation. Les éléments de barre 1D sont utilisés pour représenter les poutres, treillis, nervures, câbles et couplages rigides.

Un élément de barre 1D a au total 12 degrés de liberté : six au début et six à la fin de l'élément. Ils sont rapportés aux déplacements (u_x , u_y , u_z) et aux rotations (φ_x , φ_y , φ_z). Quand vous calculez les données de structure linéairement, la traction, la compression et la torsion sont exprimées comme des fonctions linéaires de l'axe x de barre, indépendamment de la flexion et de cisaillement. Elles sont approximées par un polynôme du 3^{ème} ordre en x, y compris l'influence des contraintes de cisaillement résultant des efforts tranchants V_y et V_z . La matrice de rigidité $\mathbf{K}_L(12, 12)$ décrit le comportement linéaire des éléments 1D. L'interaction mutuelle de l'effort normal avec la flexion en cas des problèmes géométriquement non linéaires est exprimée dans la matrice de rigidité $\mathbf{K}_{NL}(12, 12)$. Veuillez trouver d'autres informations dans [18] et [19].

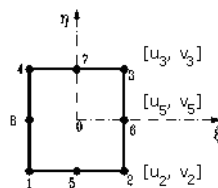
Pour les calculs selon l'analyse de grandes déformations, il est recommandé d'utiliser un raffinement de maillage EF des lignes (voir le chapitre 4.23, page 176) afin que les résultats puissent être calculés précisément.

Éléments 2D

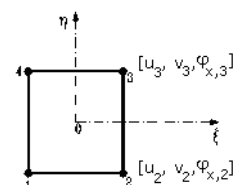
D'habitude, les éléments quadrangulaires sont utilisés comme des éléments 2D. Le générateur de maillage ajoute des éléments triangulaires là où il faut.

Les degrés de liberté aux nœuds de coin des éléments quadrangulaires et triangulaires sont les mêmes que pour les éléments 1D : degrés de liberté de déplacement (u_x, u_y, u_z) et de rotation ($\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$). Ainsi, la compatibilité des éléments 1D et 2D aux nœuds est assurée. Les paramètres sont définis dans le système plan de coordonnées locales des éléments et seront convertis en système de coordonnées globales lors de la création de la matrice de rigidité globale.

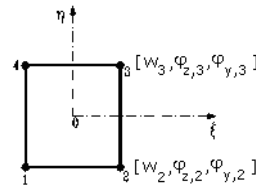
Rapport de l'effet de membrane (Approche de l'élément favorable)



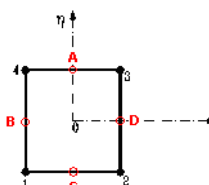
Élimination des nœuds intermédiaires



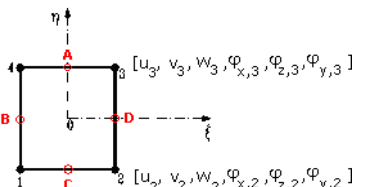
Rapport de flexion (MITC4 selon Bathe)



Connexion des déformations de cisailment transversales aux nœuds A, B, C, D



Élément de coque combiné



Déformation de cisailment : γ_{xz}, γ_{yz}

Figure 7.8 : Éléments de coque de RFEM (quadrangle)

Les éléments de coque plans sont basés sur la théorie MINDLIN/REISSNER. La Figure 7.8 vous montre les approches des éléments dans les représentations graphiques. Pour assurer un couplage direct avec les éléments de barre, il est choisi une approche carrée dans le plan de coque (u_x, u_y). En éliminant les nœuds intermédiaires, un élément de quatre nœuds est créé avec un degré de liberté complémentaire φ_x . Ainsi, vous pouvez coupler les éléments de voile directement avec les éléments de poutre. Basé sur une interpolation mixte des déformations transversales, les rotations de la section tout comme les déformations de cisailment transversal, les éléments MITC4 (Mixtes Interpolation of Tensorial Components) comme présenté par BATHE et DVORKIN [24] sont aussi appliqués.

A ce moment, les éléments de barre sont considérés par une résolution directe de l'équation différentielle selon l'analyse du second ordre. Il n'est pas possible de considérer les effets de forage avec la torsion Saint-Venant.

L'analyse des membranes est basée sur les principes de BERGAN [20], [21], [22]. Les fonctions de base sont sous divisées, par exemple pour les éléments triangulaires dans trois déformations de solide rigide, trois conditions constantes de déformation et trois gradients linéaires spéciaux de contrainte et de déformation. Dans un élément, le champ de déformation est quadratique et le champ de contrainte est linéaire. La matrice de rigidité de l'élément \mathbf{K}_L est transformée en neuf paramètres collectifs de types u_x, u_y, φ_z . Puis, les composants de cette matrice sont ajoutés dans la matrice de rigidité totale (18, 18), avec les composants qui causent les effets de flexion et de cisailment. Cette matrice est le résultat du concept LYNN/DHILLON. Puis, les soi-disant plaques de MINDLIN sont appliquées, c'est à dire que les plaques avec une distorsion de cisailment distinguée sont analysées selon TIMOSHENKO. Ainsi, RFEM est capable de trouver la solution correcte pour les deux, les plaques minces et épaisses (NAVIER plaques).

En cas de problèmes géométriquement non linéaires, il n'est pas possible de diviser la condition de contrainte-déformation en état plan et en flexion avec cisaillement. Les influences mutuelles de ces états sont considérées dans la matrice \mathbf{K}_{NL} . RFEM utilise un type simple, mais efficace de la matrice \mathbf{K}_{NL} qui est basé sur les approches de ZIENKIEWICZ [23]. Il est appliqué le composant carré ε_2 du tenseur de déformation $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ de GREEN/LAGRANGE. Une distribution linéaire de $u_z(x, y)$ de la condition de contrainte plane et les distributions linéaires de $u_x(x, y)$ et $u_y(x, y)$ de l'interaction avec flexion sont prévues. Cette supposition est possible car l'effet principal de l'interaction dépend de la première dérivation de l'équation différentielle et car l'influence des composants d'ordre supérieur diminue vite avec la division en éléments plus petits. L'exactitude de cette procédure a été prouvée dans plusieurs analyses numériques.



Pour appliquer les éléments de coque, l'épaisseur des éléments doit être considérablement inférieure à leur dimension. Si ce n'est pas le cas, il est recommandé de modéliser les objets comme des solides.

Éléments 3D

Les éléments 3D suivants sont implémentés dans RFEM : tétraèdre, pentaèdre (prisme, pyramide) et hexaèdre. Pour les informations détaillées sur les éléments et les matrices appliqués, veuillez consulter [48]. Cette documentation peut être demandée auprès de DLUBAL SOFTWARE GMBH.

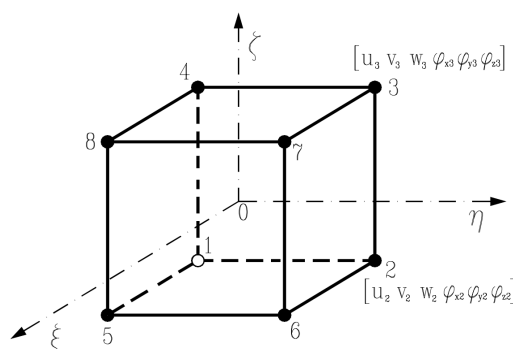


Figure 7.9 : Élément solide (hexaèdre)

7.2.2 Paramètres du maillage EF

Pour ouvrir la boîte de dialogue des paramètres du maillage EF, sélectionnez **Paramètres de maillage EF** dans le menu **Calculer**.

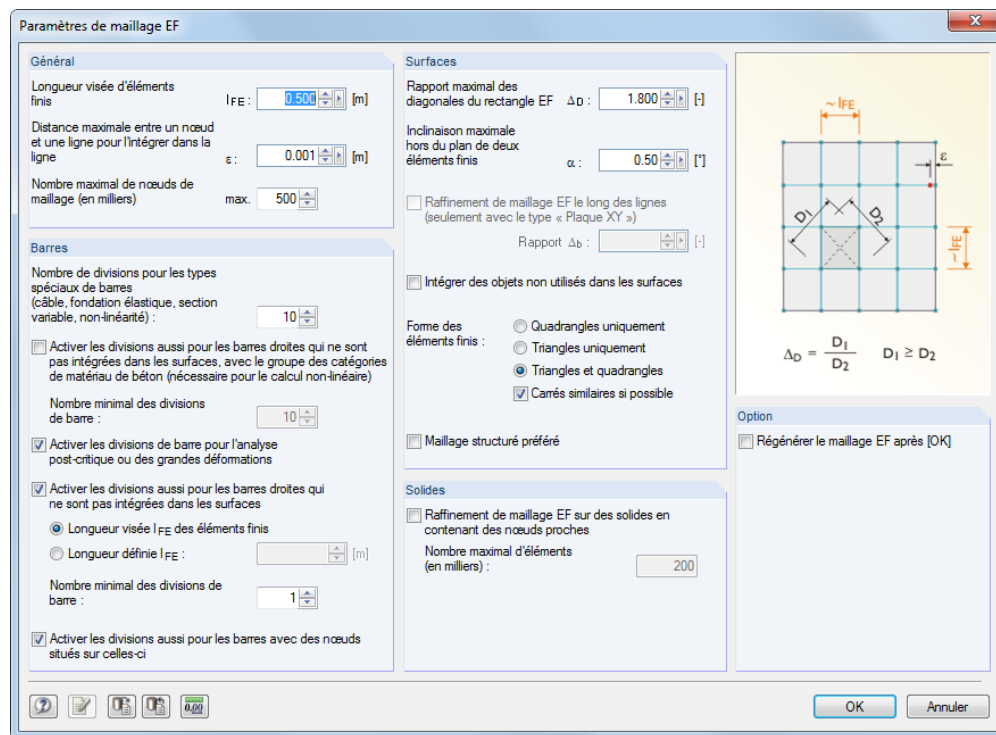


Figure 7.10 : Boîte de dialogue *Paramètres de maillage EF*

Général

La *Longueur visée d'éléments finis* gère la taille globale du maillage. Plus la taille du maillage est raffinée, plus les résultats seront précis. Néanmoins, la quantité de données à calculer tout comme le temps de calcul sont augmentés car les équations additionnelles doivent être résolues pour chaque nœud EF complémentaire. En outre, les effets de singularité apparaissent plus fréquemment dans un maillage EF fin.



La discrétisation est importante pour l'analyse EF à effectuer. Une taille de maillage qui est trop fine ralentit le calcul sans considérablement améliorer la qualité des résultats. Une longueur visée qui est trop longue ne peut pas déterminer les conditions aux limites de façon satisfaisante. Comme règle générale, la recommandation suivante peut être faite pour la longueur latérale appropriée des éléments finis : De huit à neuf éléments finis devraient être générés entre les lignes aux limites d'une surface. Si possible, définissez au moins quatre éléments.

Dans le deuxième champ d'entrée de cette section de dialogue, vous définissez la distance de nœud de maillage ϵ permise à partir d'une ligne. Si la distance d'un nœud est supérieure à la valeur insérée, un nouveau nœud EF sera créé.

Le *Nombre maximal de nœuds de maillage* est défini avec une limite supérieure dans le dernier champ d'entrée de la section de dialogue *Général* pour limiter le nombre de nœuds générés et ainsi, assurer l'efficacité du programme et de l'ordinateur.

Barres

Pour le câble, la fondation et les barres à section variable ou les barres avec des propriétés plastiques, vous pouvez spécifier le nombre de divisions internes qui mène à la division réelle de la barre par les nœuds intermédiaires. Néanmoins, si la barre est située sur une ligne de frontière d'une surface ou si la ligne de définition a un raffinement de maillage EF, la spécification n'a pas d'effet.

Cochez la case pour *Activer les divisions de barre pour l'analyse postcritique ou des grandes déformations* pour diviser aussi les poutres par des nœuds intermédiaires pour le calcul selon la théorie de grandes déformations afin que ces barres soient calculées avec une meilleure précision. Le nombre de divisions de barre est déterminé par le champ d'entrée ci-dessus.

Si vous sélectionnez *Activer la division aussi pour les barres directes qui ne sont pas intégrées dans les surfaces*, les nœuds EF seront générés sur toutes les barres libres et considérés pour les calculs selon l'analyse statique linéaire et l'analyse du second ordre. La longueur des éléments finis est soit déterminée par la longueur visée globale l_{EF} définie dans la section de dialogue *Général* soit insérée manuellement.

Avec l'option *Activer la division pour les barres avec des nœuds situés sur celles-ci*, RFEM génère les nœuds EF sur ces positions de la barre où il se trouve les nœuds de fin des autres barres sans connexion entre ces barres.

Surfaces

Les résultats les plus précis sont déterminés pour les éléments les plus proches à la forme carrée. Pour un carré, le rapport des diagonales est $D_1/D_2=1$. Dans le champ d'entrée *Rapport maximal des diagonales du rectangle EF*, insérez la valeur limite Δ_D pour le rapport de diagonale. Si la valeur est définie trop grande, vous risquez la génération d'élément avec des angles très aigus ou réflexes. Ceci peut résulter en problèmes numériques.

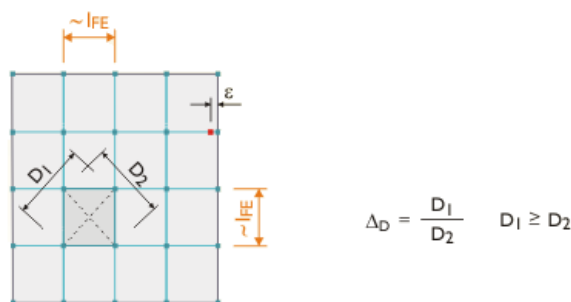


Figure 7.11 : Éléments avec les diagonales D_1 et D_2

Une surface courbée est transformée en éléments plans lors de la création de maillage EF. La valeur insérée dans le champ d'entrée *Inclinaison maximale hors du plan de deux éléments finis* définit l'angle de défaut d'aplomb maximal permis α : Le maillage sera raffiné automatiquement à l'endroit où la valeur est dépassée.

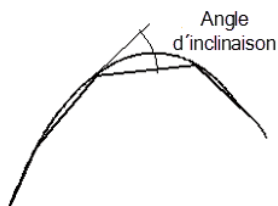


Figure 7.12 : Angle d'inclinaison α entre deux éléments finis

Si le modèle est défini comme une dalle de type 2D - en XY, vous pouvez spécifier un *Raffinement de maillage EF le long des lignes* pour créer les éléments finis plus petits sur toutes les lignes et ainsi, de mieux approximer par exemple les résultats le long de lignes supportées (voir la figure ci-dessous). La relation Δb est rapportée à la taille du maillage globale. Elle décrit la distance de bord du raffinement des lignes.

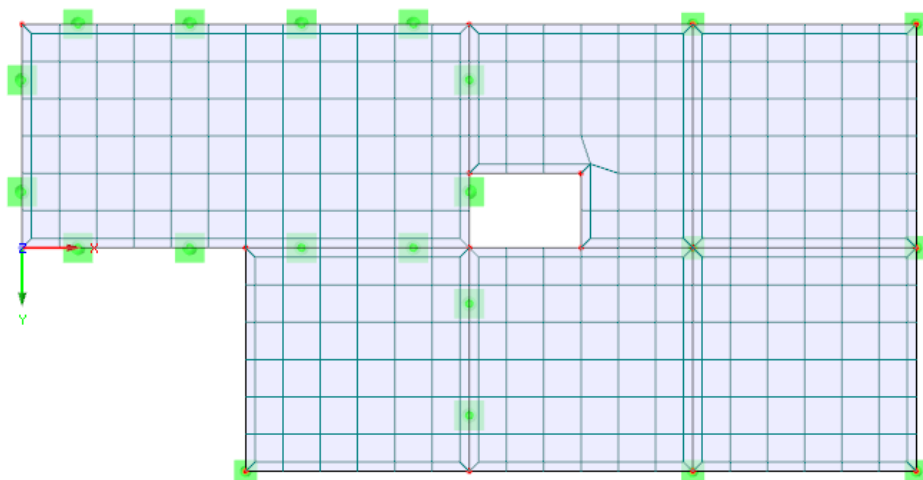


Figure 7.13 : Le raffinement de maillage EF le long des lignes de contour d'une dalle 2D

Cochez la case *Intégrer des objets non utilisés dans les surfaces* pour générer les nœuds EF aussi sur les objets qui n'ont pas de fonction spécifique pour une surface (par exemple les nœuds libres sans appui ou sans charge, lignes de construction dans les surfaces). La fonction est désactivée par défaut afin que les objets non importants pour la structure ne déforment pas le maillage EF.

La *Forme des éléments finis* peut être déterminée par les trois options suivantes :

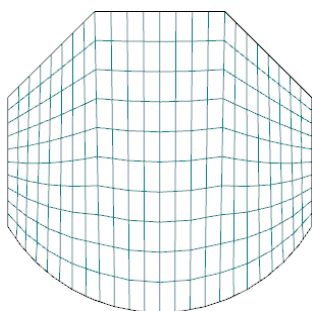
- Triangles et quadrangles : paramètres par défaut
- Triangles uniquement : option en cas où les quadrangles causent de graves distorsions de maillage
- Quadrangles uniquement : option pour une meilleure précision des résultats

L'option *Maillage structuré préféré* essaie d'aligner le maillage EF avec les lignes de contour des surfaces. Ce type de génération de maillage EF peut être défini pour chaque surface individuellement (boîte de dialogue *Modifier la surface*, onglet *Maillage EF*).

Un maillage structuré est composé exclusivement des quadrangles. En général, un maillage structuré donne des résultats « plus précis ». Comme aussi les quantités inconnues apparaissent moins fréquemment dans le système d'équation, il est recommandé pour la génération du maillage.

Option

Cochez la case *Régénérer le maillage EF après [OK]*, si vous voulez générer un nouveau maillage EF après avoir confirmé la boîte de dialogue.



Maillage EF structuré

7.2.3 Raffinement du maillage EF

Profiter des raffinements de maillage pour influencer la génération du maillage EF. Vous pouvez raffiner le maillage sur les points correspondants, par exemple dans les zones d'assemblage. Les raffinements sont utilisés aussi pour faire un compromis approprié entre l'exactitude des résultats et le temps de calcul.

En principe, il y a quatre types de raffinement du maillage EF :

- Raffinement autour d'un nœud
- Raffinement sur une ligne
- Raffinement sur une surface
- Raffinement sur un solide

La définition des raffinements du maillage EF est décrite dans le chapitre 4.23 à la page 174.

7.2.4 Génération du maillage EF



Pour démarrer la génération du maillage EF,

sélectionnez **Générer le maillage EF** dans le menu **Calculer**.

Le maillage EF est généré automatiquement quand vous démarrez le calcul d'un cas de charge. Néanmoins, il est fortement recommandé de vérifier le maillage généré avant le démarrage du calcul et de vérifier si une discrétisation suffisante et « harmonique » est disponible ou si les aires de raffinement sont toujours nécessaires.

A l'inverse, les aires de correspondance mineure pour l'évaluation des résultats peuvent être couvertes par un maillage EF à grandes mailles. Par exemple, définissez un « raffinement de maillage » de surface avec une taille de maillage supérieur à la longueur visée l_{EF} . De cette façon, il est possible d'accélérer le calcul tout comme l'évaluation.



Quand la génération du maillage EF est réussie,

sélectionnez **Statistique du maillage EF** dans le menu **Calculer**

pour ouvrir une boîte de dialogue avec les informations sur le maillage EF généré.

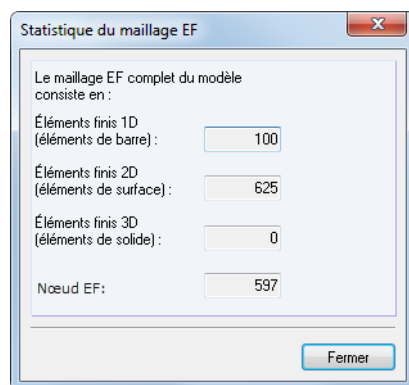


Figure 7.14 : Boîte de dialogue *Statistique du maillage EF*

Les statistiques vous montrent les types et les numéros des éléments finis générés qui vous aident pour la sélection de la méthode de résolution d'équation appropriée et pour estimer le temps de calcul approximatif (voir le chapitre 7.3, page 290).



Le maillage EF est supprimé automatiquement quand le modèle de données est modifié. En outre, il est possible de supprimer le maillage spécifiquement. Pour activer la fonction correspondante,

sélectionnez **Supprimer le maillage EF** dans le menu **Calculer**.

Veuillez noter que tous les résultats disponibles seront aussi supprimés.

7.3 Paramètres de calcul

Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*

Quand vous créez un cas de charge ou une combinaison de charge, il est possible de définir les paramètres de calcul. Vous pouvez spécifier les paramètres dans l'onglet de section de dialogue correspondant *Paramètres de calcul* de la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*.

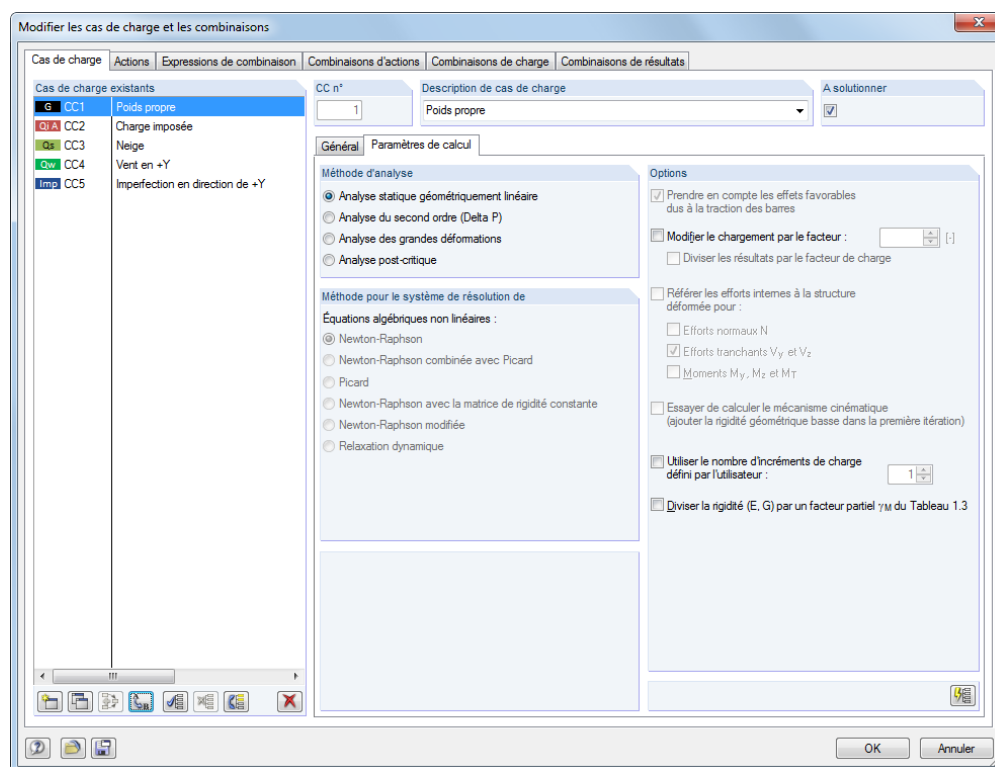


Figure 7.15 : Boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons*, onglets *Cas de charge* et *Paramètres de calcul*

En complément à l'aperçu offert sur tous les cas de charge et toutes les combinaisons, la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* gère les paramètres de calcul pour chaque cas de charge, combinaison de charge et de résultats.

Boîte de dialogue *Paramètres de calcul*

Vous pouvez accéder aux paramètres de calcul dans une boîte de dialogue séparée.

Pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres de calcul*,

sélectionnez **Paramètres de calcul** dans le menu **Calculer**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.



Figure 7.16 : Bouton [Paramètres de calcul]

La boîte de dialogue *Paramètres de calcul* est constitué de quatre onglets de dialogue. Les trois premiers onglets gèrent les paramètres de calcul de chaque cas de charge ou bien combinaison de charge et de résultats. Dans le quatrième onglet *Paramètres globaux de calcul* (voir la Figure 7.22, page 287), vous pouvez vérifier et, si nécessaire, ajuster les spécifications qui sont universellement valables.

7.3.1 Cas de charge et combinaisons de charge

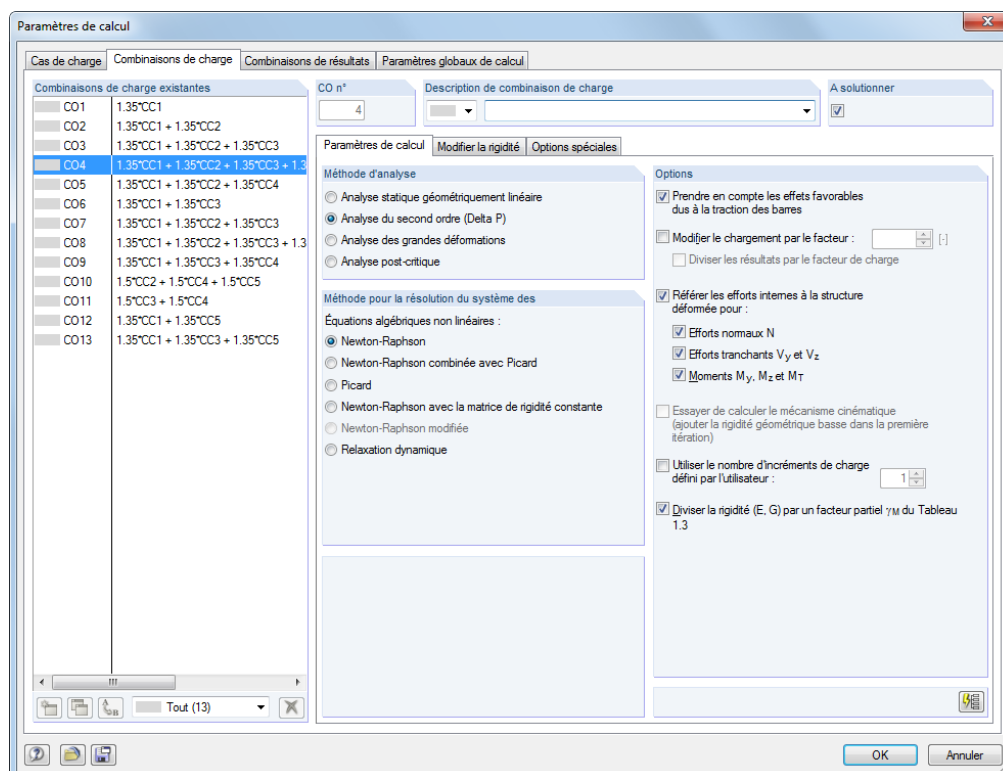


Figure 7.17 : Boîte de dialogue *Paramètres de calcul*, onglet *Combinaisons de charge*

La section de dialogue *Cas de charge existants* ou bien *Combinaisons de charge existants* vous montre tous les cas de charge et combinaisons disponibles. Vous pouvez ajuster les *Paramètres de calcul* de l'entrée sélectionnée dans la section de dialogue à droite.



Le bouton [Appliquer les paramètres] attribue les spécifications actuelles à tous les cas de charge et toutes les combinaisons.

L'onglet de dialogue *Combinaisons de charge* est sous divisé dans les onglets de section de dialogue *Paramètres de calcul*, *Modifier la rigidité* (voir la page 283) et, si applicable, *Options spéciales* (voir la page 284).

7.3.1.1 Onglet de dialogue *Paramètres de calcul*

Méthode d'analyse

Dans cette section de dialogue, vous décidez si la combinaison/le cas de charge est calculé selon l'analyse *statique linéaire*, de *second ordre* ou de *grandes déformations*. Sélectionnez l'option *Analyse post-critique* pour effectuer une analyse de stabilité selon l'analyse de grandes déformations prenant en compte la rupture post critique de la structure complète.

RFEM prédéfinit le calcul linéaire selon l'analyse statique linéaire pour les cas de charge et le calcul non linéaire selon l'analyse du second ordre pour les combinaisons de charge.



Quand le modèle comprend des barres de câble, une analyse de grandes déformations est recommandée. Les barres de câble sont toujours calculées selon l'analyse de grandes déformations, les autres barres selon la méthode d'analyse sélectionnée.

Analyse de second ordre

L'analyse du second ordre « structurel » générale est utilisée pour déterminer l'équilibre sur le système déformé. Les déformations sont supposées être petites. Si les efforts normaux sont disponibles dans le système, ils mènent à une augmentation des moments fléchissant. Ainsi, le calcul selon l'analyse du second ordre par TIMOSHENKO [10] n'a un effet que si les efforts normaux sont considérablement supérieurs aux efforts tranchants. Le moment fléchissant additionnel ΔM résulte de l'effort normal N et du bras de levier élastique e_{el} .

$$\Delta M = N \cdot e_{el}$$

Equation 7.1

Pour les systèmes structurels sollicités par la pression, il y a une relation linéaire entre le chargement et les efforts internes. Normalement, vous devez aussi calculer avec les actions γ de déformation.

La différence de l'effort normal dans les interactions représente le critère d'interruption. Pour les éléments de barre, l'effort normal qui modifie la rigidité déterminant pour l'analyse de second ordre est supposé constant le long de la barre entière. Le calcul est interrompu dès que la différence de l'effort normal est inférieure à une certaine valeur. Il est possible d'influencer cette limite d'interruption dans la section de dialogue *Précision et tolérance* de l'onglet de dialogue *Paramètres globaux de calcul*.

Pour les calculs non linéaires selon l'analyse de second ordre, les hypothèses de l'analyse statique linéaire sont les mêmes que les compléments suivants :

- Aucune déformation plastique ne se produit.
- Les forces externes restent réelles pour la direction.
- Pour les barres avec un effort normal non constant (par exemple les poteaux), la valeur moyenne de l'effort normal N est appliquée pour la détermination du coefficient de barre ε .

Analyse des grandes déformations

L'analyse de grandes déformations (« théorie du troisième ordre ») prend en compte les forces longitudinales et transversales pendant l'analyse des efforts internes. Si le calcul selon l'analyse de grandes déformations est sélectionné, toutes les surfaces et barres seront calculées selon cette théorie de calcul.



La matrice de rigidité pour le système déformé est créée après chaque étape d'itération. Veuillez noter qu'il y a des différences importantes entre les charges définies comme locales et globales : Par exemple, quand une charge de surface définie comme globale en Z agit sur un plancher, elle tient sa direction si les éléments finis sont soumis au gauchissement. Mais quand la charge est efficace en direction de l'axe local z de la surface, elle se déforme sur chaque élément selon le gauchissement de l'élément.

Analyse post-critique

Une analyse de stabilité avec une rupture post critique est effectuée. La méthode représente un calcul modifié selon l'analyse de grandes déformations par NEWTON-RAPHSON où l'influence des efforts normaux est considérée pour les modifications qui apparaissent dans la rigidité de cisaillement et de flexion. La matrice de rigidité tangentielle est enregistrée dans chaque étape d'itération. Dans le cas des singularités (qui signifient une instabilité), la matrice de rigidité de l'itération précédente sera utilisée pour de nouvelles itérations d'incrément géométriques jusqu'à ce que la matrice de rigidité tangentielle des paramètres actuels devient régulière (stable).

Méthode pour la résolution du système des équations algébriques non-linéaires

Il y a six méthodes pour la résolution du système des équations algébriques non linéaires disponibles pour la sélection :

Newton-Raphson

L'approche selon NEWTON-RAPHSON est prédéfinie pour l'analyse de grandes déformations. Le système d'équation non linéaire est résolu numériquement à l'aide des approximations itératives avec les tangentes. La matrice de rigidité tangentielle est déterminée comme une fonction de l'état courant de la déformation ; elle est invertie dans chaque cycle d'itération. Dans la plupart des cas, une convergence rapide (quadratique) est atteinte.

Vous pouvez influencer la performance de la convergence par le nombre d'incréments de charge défini dans l'onglet de dialogue *Paramètres globaux de calcul*.

Newton-Raphson combinée avec Picard

D'abord, l'approche selon PICARD est appliquée (voir ci-dessous). Après quelques itérations, le programme change en méthode NEWTON-RAPHSON. L'idée de base de cette approche est d'utiliser la méthode relativement forte PICARD pour les premières étapes d'itération pour éviter des messages d'instabilité. Cette approximation initiale est suivie par la méthode rapide selon NEWTON-RAPHSON pour retrouver l'état limite ultime de l'équilibre.

Dans la section de dialogue *Paramètres* de l'onglet de dialogue *Paramètres globaux de calcul*, vous pouvez définir le pourcentage qui est utilisé pour les itérations selon PICARD quand la méthode combinée est appliquée (voir la Figure 7.22, page 287).

Picard

La méthode selon PICARD aussi connue comme une méthode sécante peut être comprise comme une approximation de différence finie de la méthode de Newton. Le programme prend en compte la différence entre le cours d'itération actuel et le cours d'itération original dans l'étape d'incrément courante.

Souvent, la convergence est plus lente que dans la méthode de calcul selon NEWTON-RAPHSON. Mais la méthode s'avère plus forte en ce qui concerne les problèmes non linéaires ce qui fait le calcul plus stable.

Newton-Raphson avec la matrice de rigidité constante

Cette version de la méthode NEWTON-RAPHSON peut être sélectionnée pour les calculs selon l'analyse de grandes déformations. La matrice de rigidité n'est créée qu'une fois dans la première étape d'itération et puis, elle est utilisée dans tous les cercles de calcul suivants.

Ainsi, le calcul est plus rapide mais pas si stable comme les calculs selon la méthode NEWTON-RAPHSON normale ou modifiée.

Newton-Raphson modifiée

Cette méthode est utilisée pour effectuer l'analyse post critique (voir la section de dialogue *Méthode de l'analyse* ci-dessus) où le domaine de l'instabilité doit être surmonté. S'il y a une instabilité et la matrice de rigidité ne peut pas être inversée, le programme utilise la matrice de rigidité de la dernière étape d'itération stable. Le programme continue à calculer avec cette matrice jusqu'à ce qu'une zone de stabilité ne soit de nouveau atteinte.

Relaxation dynamique

La méthode finale est appropriée pour les calculs selon l'analyse de grandes déformations et pour résoudre les problèmes qui concernent l'analyse post critique. Un paramètre de temps artificiel est introduit. Si vous considérez l'inertie et l'amortissement, la rupture peut être traitée comme un problème dynamique. Cette approche utilise la méthode explicite de l'intégration de temps ; La matrice de rigidité ne sera pas inversée.

Méthode pour la résolution du système des

Équations algébriques non linéaires :

- ☒ Newton-Raphson
- ☐ Newton-Raphson combinée avec Picard
- ☐ Picard
- ☐ Newton-Raphson avec la matrice de rigidité constante
- ☐ Newton-Raphson modifiée
- ☐ Relaxation dynamique

Pour un calcul avec une relaxation dynamique, aucune partie du modèle ne doit avoir un poids spécifique nul.

Cette méthode inclue l'amortissement de RAYLEIGH qui peut être défini à l'aide des constantes α et β selon l'équation suivante avec des dérivations par le temps :

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = f$$

où	M	Matrice de masse
	C	Matrice d'amortissement $C = \alpha M + \beta K$
	K	Matrice de rigidité
	f	Vecteur des forces externes
	u	Vecteur de déplacement discrétisé

Equation 7.2

Options

Modifier le chargement par le facteur

Après avoir coché la case, vous pouvez insérer un facteur dans le champ d'entrée par lequel toutes les charges contenues dans le cas de charge ou dans la combinaison seront multipliées. Le facteur est aussi reflété dans les vecteurs et les valeurs de charge du graphique. En général, les facteurs négatifs sont aussi permis.

Les anciennes normes demandent de multiplier les charges globalement par un certain facteur afin d'augmenter les effets selon l'analyse de second ordre pour les vérifications de stabilité. De l'autre côté, la vérification doit être effectuée avec les charges caractéristiques. Les deux exigences peuvent être respectées si vous insérez un facteur supérieur à 1.00 et cochez la case *Divisez les résultats par le facteur de charge*.

Quand vous analysez les structures selon les normes actuelles, le chargement ne doit être modifié avec aucun facteur. Au lieu de cela, les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison doivent être appliqués pour la superposition dans les combinaisons de charge et de résultats.

Modifier la rigidité

Si la case est cochée, les facteurs de rigidité des matériaux (voir le chapitre 4.3, page 65), les sections (voir le chapitre 4.13, page 127) et les barres (voir le chapitre 4.17, page 153) sont considérés dans le calcul. Les paramètres peuvent être définis en détails dans l'onglet de dialogue *Modifier la rigidité* (voir le chapitre 7.3.1.2, page 283).

Activer les options spéciales

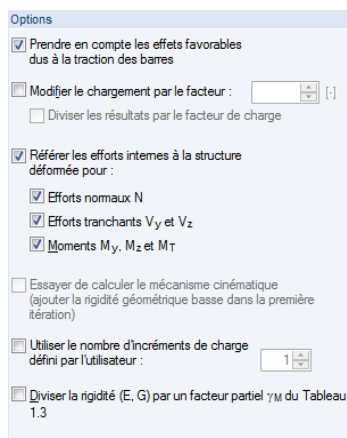
Quand vous cochez la case, l'onglet de dialogue *Options spéciales* devient accessible et vous pouvez y activer les déformations ou les efforts initiaux d'un cas de charge tout comme les résultats d'un module additionnel pour le calcul (voir le chapitre 7.3.1.3, page 284).

Considérer les effets favorables dus à la traction

Les efforts de traction ont un effet favorable sur les systèmes structurels pré-déformés. Ainsi, la pré-déformation est réduite et la structure est stabilisée.

Il y a différentes opinions pour la considération des efforts de traction agissant de la façon favorable. Les normes contiennent des règles selon lesquelles les actions allégeant doivent être considérées avec un facteur partiel de sécurité inférieur à celui des actions défavorables.

Les facteurs partiels de sécurité qui varient de l'une à l'autre barre ne peuvent pas être réalisés avec un temps de calcul acceptable. Ainsi, RFEM vous offre l'option de définir les efforts de traction en général à zéro pour les calculs selon l'analyse de second ordre. Avec cette approche vous serez certainement sur le côté de sécurité. Si vous voulez utiliser cette option, décochez la case.



De l'autre côté, on peut dire que les normes sont rapportées aux actions et pas aux efforts internes. Pour l'action complète, il est donc nécessaire de décider si elle est favorable ou défavorable. Ainsi, si une action défavorable a un effet favorable dans certaines zones du modèle, il peut être définitivement considéré. Si vous voulez prendre en compte les efforts normaux sans aucune modification dans le calcul selon cette approche, la case doit être cochée (paramètres par défaut).

L'effet favorable ou les efforts de traction doivent être considérés dans la plupart des cas, par exemple pour les halls avec les contreventements ou les systèmes structurels influencés par la flexion. Mais veuillez noter que le relief du aux effets de l'effort de traction pour les poutres avec des câbles d'appui peut résulter en réduction involontaire des déformations et des efforts internes.

Appliquer les efforts internes à la structure déformée

L'option permet la sortie pour les calculs non linéaires montrant les efforts normaux et les efforts tranchants tout comme les moments de flexion et de torsion des barres par rapport aux systèmes de coordonnées tournés du système déformé. Il y a trois cases disponibles pour les types d'effort interne *Efforts normaux*, *Efforts tranchants* et *Moments*.

Calcul du mécanisme cinématique

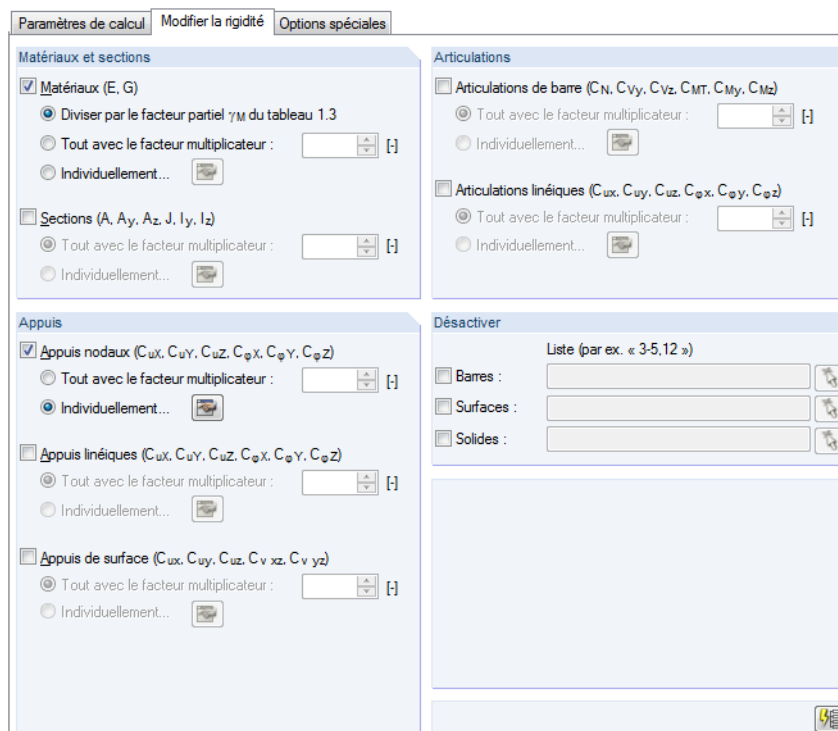
Vous pouvez essayer de faire un modèle instable disponible pour le calcul : En interne, de petits ressorts sont appliqués stabilisant le modèle pour la première itération. Quand un état initial stable est atteint, les ressorts sont enlevés pour les itérations ultérieures.

Nombres séparés d'incrément de charge

Vous pouvez définir un nombre individuel d'étapes d'incrément de charge pour chaque cas de charge et combinaison de charge. Ainsi, le nombre spécifié dans l'onglet de dialogue *Paramètres globaux de calcul* n'est plus valide (voir 7.3.3, page 288).

7.3.1.2 Onglet de dialogue *Modifier la rigidité*

L'onglet de dialogue n'est affiché que quand la case *Modifier la rigidité (matériau, sections, barres, combinaison de charge)* est cochée dans l'onglet précédent *Paramètres de calcul*.



The dialog box 'Modifier la rigidité' is divided into four panels:

- Matériaux et sections:** Includes 'Matériaux (E, G)' with a radio button for 'Diviser par le facteur partiel γ_M du tableau 1.3' and a 'Tout avec le facteur multiplicateur' field. It also includes 'Sections (A, A_y, A_z, J, I_y, I_z)' with a similar radio button and multiplier field.
- Appuis:** Includes 'Appuis nodaux (C_{ux}, C_{uy}, C_{uz}, C_{qx}, C_{qy}, C_{qz})' and 'Appuis linéiques (C_{ux}, C_{uy}, C_{uz}, C_{qx}, C_{qy}, C_{qz})' with radio buttons and multiplier fields. It also has 'Appuis de surface (C_{ux}, C_{uy}, C_{uz}, C_{vx}, C_{vy})' with a radio button and multiplier field.
- Articulations:** Includes 'Articulations de barre (C_N, C_{Vy}, C_{Vz}, C_{MT}, C_{My}, C_{Mz})' and 'Articulations linéiques (C_{ux}, C_{uy}, C_{uz}, C_{qx}, C_{qy}, C_{qz})' with radio buttons and multiplier fields.
- Désactiver:** Features a list box 'Liste (par ex. « 3-5,12 »)' and three checkboxes for 'Barres', 'Surfaces', and 'Solides', each with a corresponding input field and a 'Modifier' button.

Figure 7.18 : Onglet de dialogue *Modifier la rigidité*



Les paramètres insérés dans cet onglet de dialogue influencent seulement le cas de charge ou la combinaison de charge qui sont sélectionnés dans la liste à gauche. Le bouton [Appliquer les paramètres] transfère les paramètres actuels dans tous les cas ou dans toutes les combinaisons de charge.

Matériaux et sections / appuis / articulations

Avec les spécifications définies dans les trois sections de dialogue, vous pouvez décider comment les rigidités des paramètres de modèle différents sont pris en compte dans le calcul.

- *Tout avec le facteur multiplicateur*
Spécifiez un facteur par lequel les rigidités des matériaux, des sections, des appuis et des articulations sont globalement multipliées.
- *Individuellement*
Utilisez le bouton [Modifier] pour ouvrir une nouvelle boîte de dialogue où vous pouvez attribuer un facteur de rigidité spécifique pour chaque objet.



Désactiver

Utilisez les trois champs d'entrée pour définir quelles *Barres*, *Surfaces* ou *Solides* ne sont pas influencés par les modifications de rigidité définies, c'est-à-dire ceux qui sont considérés avec le facteur 1.0 dans le calcul. Vous pouvez aussi sélectionner les objets graphiquement à l'aide de la fonction [^].

7.3.1.3 Onglet de dialogue *Options spéciales*

L'onglet de dialogue est affiché seulement quand la case *Activer les options spéciales* est cochée dans l'onglet de dialogue *Paramètres de calcul* (voir la Figure 7.17, page 278).

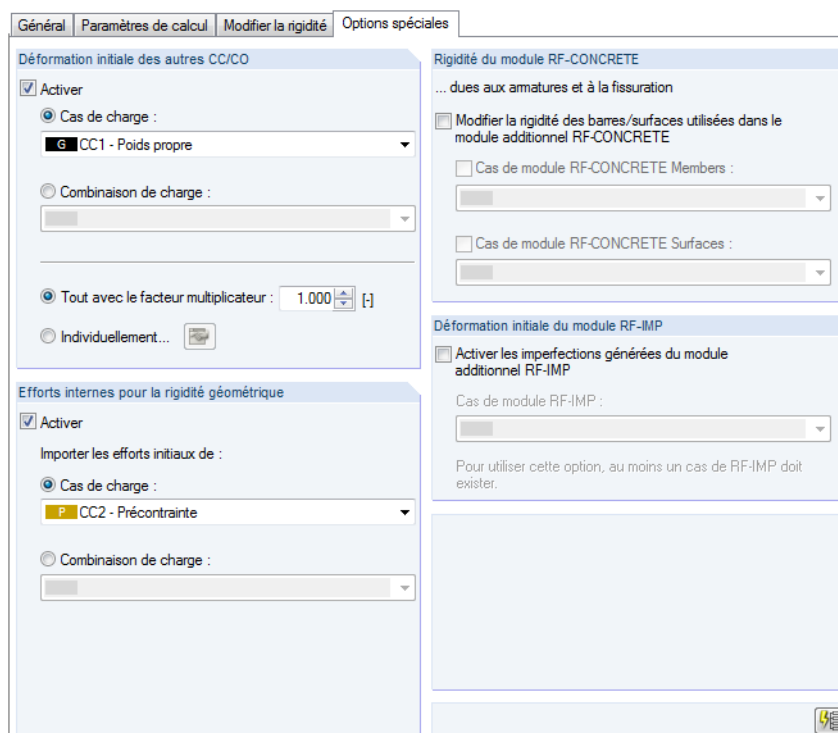


Figure 7.19 : Onglet de dialogue *Options spéciales*

Déformation initiale des autres cas/com combinaisons de charge

Sélectionnez un cas de charge ou une combinaison de charge dont les déformations vous voulez considérer comme une déformation initiale dans le calcul. Les nœuds EF sont déplacés d'une façon appropriée avant le démarrage de calcul. Si les résultats ne sont pas encore disponibles pour le cas de charge ou la combinaison de charge sélectionnés, ils seront calculés automatiquement.

Spécifiez le facteur par lequel vous voulez modifier l'échelle des déformations :

- *Tout avec le facteur multiplicateur*
Les déformations des barres, des surfaces et des solides sont globalement multipliées par le facteur spécifié.
- *Individuellement*
Utilisez le bouton [Modifier] pour ouvrir une nouvelle boîte de dialogue où vous pouvez attribuer un facteur d'échelle spécifique de déformation à chaque barre, surface et solide.



Efforts initiaux pour la rigidité géométrique

Vous pouvez sélectionner un cas de charge ou une combinaison de charge avec des efforts normaux que vous voulez utiliser pour une déformation initiale. De cette façon, vous pouvez considérer par exemple l'effet stabilisant d'un autre cas de charge (que celui spécifié ci-dessus dans la section de dialogue *Déformation initiale*).



L'accès dans la section de dialogue n'est disponible que pour un calcul selon l'analyse de second ordre.

Les rigidités du module additionnel RF-CONCRETE

Dans le calcul, vous pouvez prendre en compte les rigidités des éléments en béton armé résultant de l'analyse des armatures et des fissures selon la méthode de calcul non linéaire effectuée dans les modules RF-CONCRETE. Après avoir coché la case, spécifiez le cas d'analyse du module additionnel **RF-CONCRETE Members** ou **RF-CONCRETE Surfaces**.

Les calculs avec les rigidités de RF-CONCRETE ne sont réussis que si les cas de calcul sont créés et si les vérifications sont possibles sans situations non désignables.

Déformation initiale du module additionnel RF-IMP

Les imperfections peuvent être considérées sous forme d'un modèle équivalent pré-déformé créé dans le module additionnel **RF-IMP**. Quand le programme n'est pas licencié, les imperfections équivalentes pour les barres (voir le chapitre 6.13, page 259) ou les déformations initiales d'un cas de charge (voir ci-dessus) peuvent être appliquées manuellement.

Le calcul du modèle équivalent pré-déformé n'est possible que si ce modèle est déjà créé dans le module additionnel RF-IMP. Le module additionnel génère les imperfections à la base des valeurs propres de RF-STABILITY, RF-DYNAM ou des déformations d'un cas de charge de RFEM qui sont mises à l'échelle à l'ordonnée maximale.

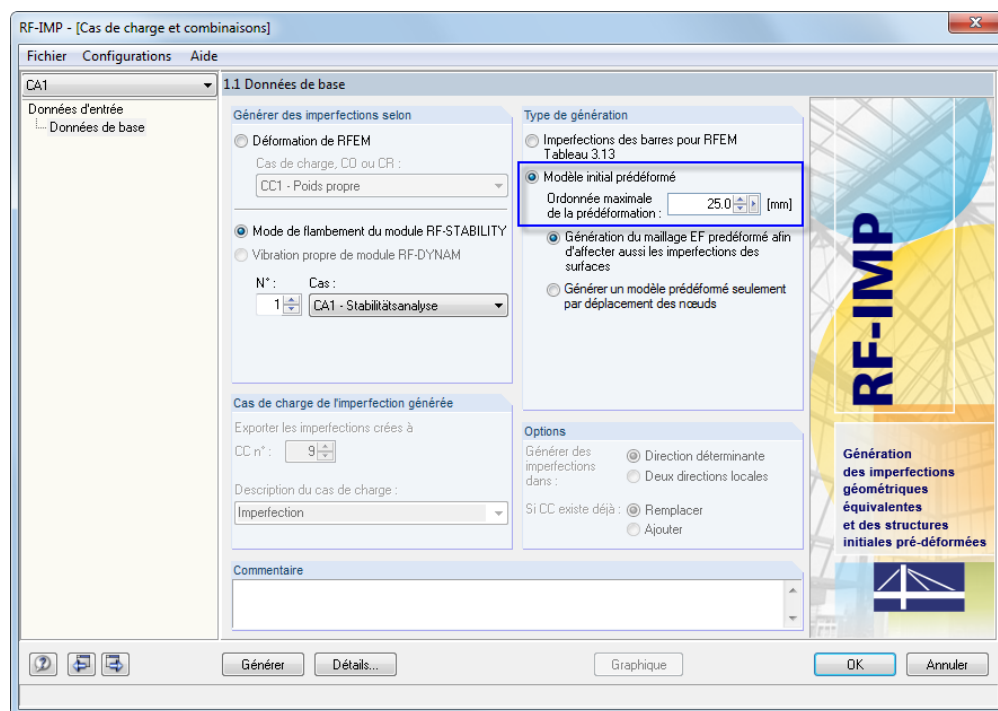


Figure 7.20 : Le module additionnel RF-IMP avec le type de génération *Modèle initial prédéformé*

Le modèle équivalent est stocké séparément sans modifier les données géométriques caractéristiques. Les coordonnées des nœuds EF ne sont alignées avec le modèle équivalent qu'après le calcul des combinaisons de charges.

Vous pouvez utiliser un modèle équivalent différent pour chaque combinaison de charge. Sélectionnez le cas correspondant dans la liste *Cas du module RF-IMP*.

7.3.2 Combinaisons de résultats

Pour une information de base sur la superposition des cas de charge dans les combinaisons de résultats, voir le chapitre 5.6 *Combinaisons de résultats* à la page 212.

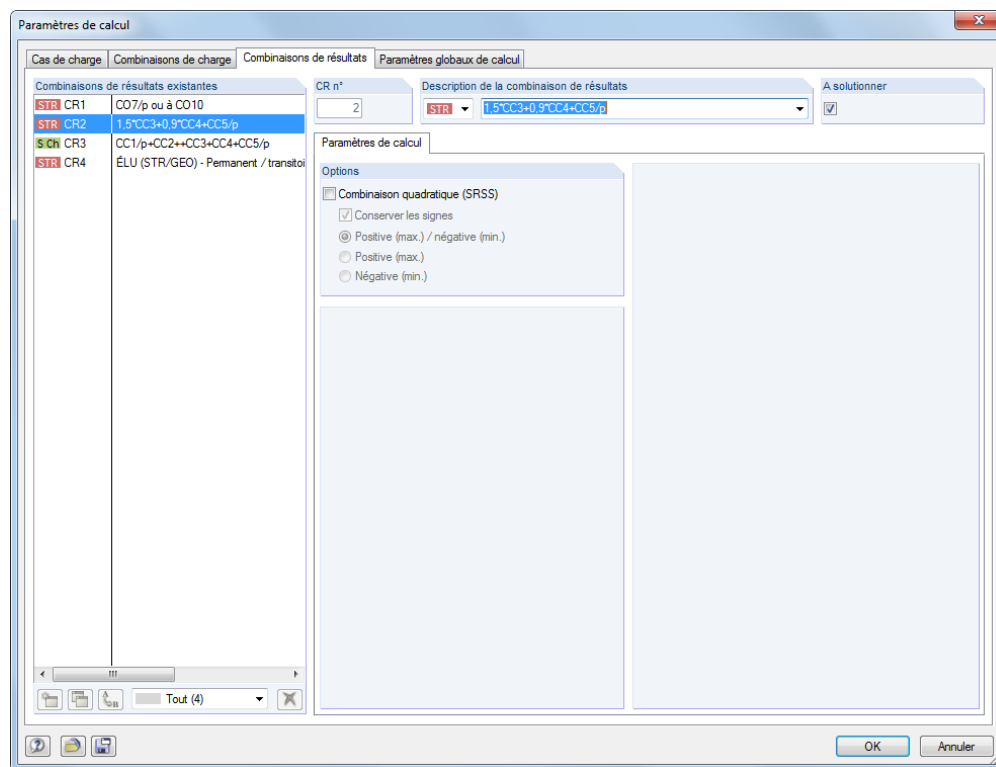


Figure 7.21 : Boîte de dialogue *Paramètres de calcul*, onglet *Combinaisons de résultats*

Dans la section de dialogue *Combinaisons de résultats existantes*, vous trouverez une liste de toutes les combinaisons de résultats créées ou générées. Vous pouvez modifier les *Paramètres de calcul* de l'entrée sélectionnée dans la section de dialogue à droite.

Options

La *Combinaison quadratique* est désactivée par défaut. Ainsi, les efforts internes sont superposés par une superposition additionnelle :

$$B = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Equation 7.3

Les paramètres par défaut sont appropriés pour la plupart de cas d'applications. Une addition des carrés des efforts internes est appropriée pour des analyses dynamiques, par exemple pour la combinaison des cas de charge due aux efforts centrifuges. Dans ce cas, la somme de Pythagore est créée de la façon suivante :

$$B = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}$$

Equation 7.4

Quand l'addition des carrés est activée, vous pouvez utiliser les options *Positives/Négatives* pour décider quelles valeurs extrêmes des cas de charge seront considérées dans la super combinaison, et si vous voulez *préserver les signes*. De cette façon, les valeurs extrêmes des efforts internes et des déformations modaux tout comme les résultats appartenant au composant déterminant peuvent être déterminés conformément aux signes.

7.3.3 Paramètres globaux de calcul



L'onglet de dialogue *Paramètres globaux de calcul* gère les paramètres appliqués à tous les cas de charge et toutes les combinaisons de charge. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Paramètres de calcul** dans le menu **Calculer** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

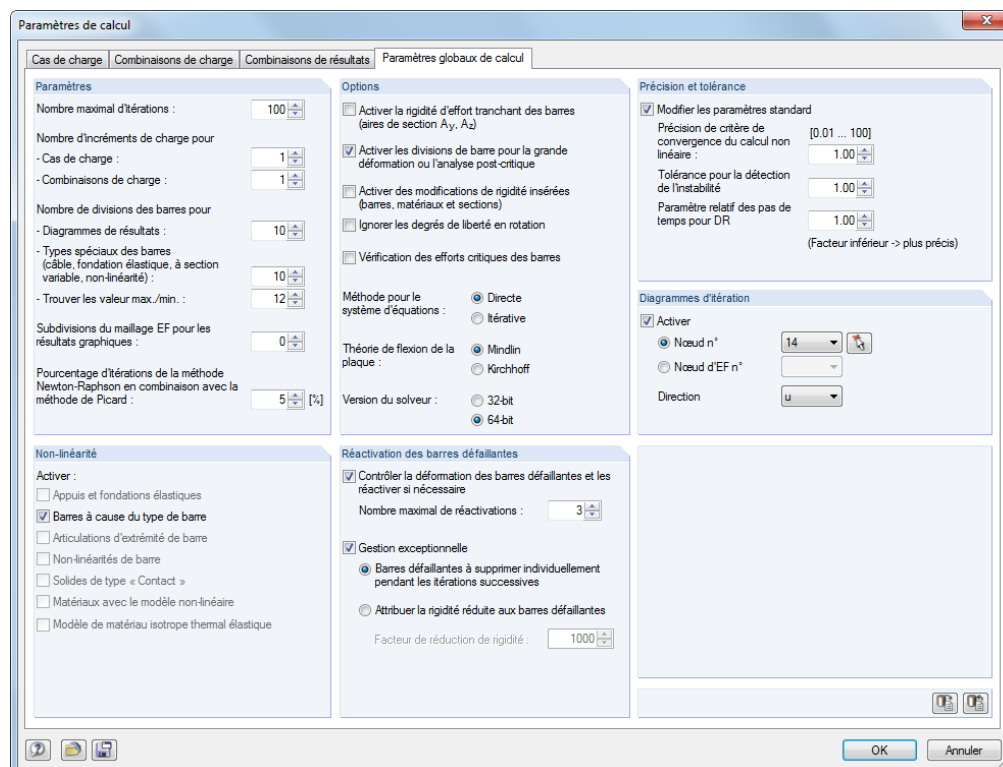


Figure 7.22 : Boîte de dialogue *Paramètres de calcul*, onglet *Paramètres globaux de calcul*

Paramètres

Nombre maximal d'itérations

Quand vous utilisez l'analyse du second ordre ou de grandes déformations tout comme les objets qui sont efficaces d'une façon non linéaire, vous devez calculer itérativement. La valeur du champ d'entrée définit le nombre le plus haut possible de cycles de calcul. La spécification n'a rien à faire avec la méthode itérative définie pour le système d'équations décrit pour la section de dialogue *Options*.

Quand le calcul arrive au nombre maximal d'itérations sans attendre un équilibre, RFEM affiche un message correspondant. Les résultats peuvent être affichés en tout cas.

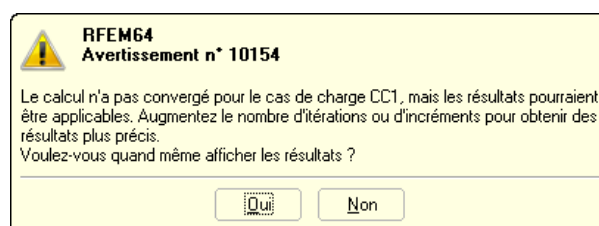


Figure 7.23 : Message affiché pour un problème de convergence

Nombre d'incréments de charge

Les spécifications de ce champ d'entrée n'ont effet que pour les calculs selon l'analyse du second ordre ou de grandes déformations. Il est souvent difficile de trouver l'équilibre quand les grandes déformations sont considérées. Les instabilités peuvent être évitées par l'application de la charge dans plusieurs étapes.

Par exemple, quand deux incréments de charge sont spécifiés, une moitié de charge sera appliquée dans la première étape. Les itérations seront effectuées jusqu'à ce que l'équilibre ne soit trouvée. Puis, dans la deuxième étape, la charge complète sera appliquée au système déjà déformé et les itérations seront redémarrées jusqu'à ce que l'état d'équilibre ne soit atteint.

Veuillez noter que les incréments de charge ont un effet défavorable sur le temps de calcul. Ainsi, la valeur 1 (pas d'incrément de charge progressif) est prédéfinie dans le champ d'entrée.

En plus, pour chaque cas de charge et combinaison, vous pouvez définir combien d'incréments de charge vous voulez appliquer (voir le chapitre 7.3.1.1, page 282). Puis, les spécifications globales seront ignorées.

Nombre de divisions de barres pour les diagrammes de résultats

Le champ d'entrée influence le diagramme de résultats graphiques des barres qui n'ont aucune autre division distincte de maillage EF (par exemple à cause d'un raffinement du maillage EF ou d'une surface connectée). Si une division de 10 est définie, RFEM divise la longueur de la barre la plus longue dans le système par 10. Avec la longueur de division rapportée au système, RFEM détermine pour chaque barre les distributions de résultats graphiques dans les points de division.

Dans la boîte de dialogue *Paramètres du maillage EF*, il y a une autre option de division prévue pour les barres directes qui ne sont pas intégrées dans la surfaces (voir la Figure 7.10, page 273). Avec cette option, vous pouvez créer les nœuds EF sur toutes les barres libres dont les résultats sont utilisés pour les diagrammes de résultats graphiques.

Nombre de divisions des barres pour les types spéciaux des barres (câble, fondation élastique, barres à section variable, non linéarité)

Contrairement à l'option de division précédente, une division réelle de la barre est maintenant définie par des nœuds intermédiaires internes. La spécification influence les câbles, barres de fondation (contraintes de contact), barres à section variable (interpolation des valeurs de section) et barres avec les propriétés plastiques (zones de fluage) s'ils ne sont pas encore divisés autrement par les nœuds EF : Cette division n'est pas pertinente si une barre est située sur une ligne de contour d'une surface ou si la ligne de définition a un raffinement de maillage EF.

Nombre de divisions de barres pour trouver les valeurs max/min

La valeur spécifie la division interne par laquelle les efforts internes maximaux et minimaux des barres sont déterminés. Ainsi, la division (paramètres par défaut : 12) représente la base pour les valeurs extrêmes affichées dans les tableaux et le graphique de résultats. La division est aussi utilisée pour calculer les efforts internes de barre des combinaisons de charge.

Subdivision du maillage EF pour les résultats graphiques

La division contrôle l'exactitude des distributions graphiques dans les éléments finis. L'exemple suivant compare les résultats avec les divisions 0 et 3.

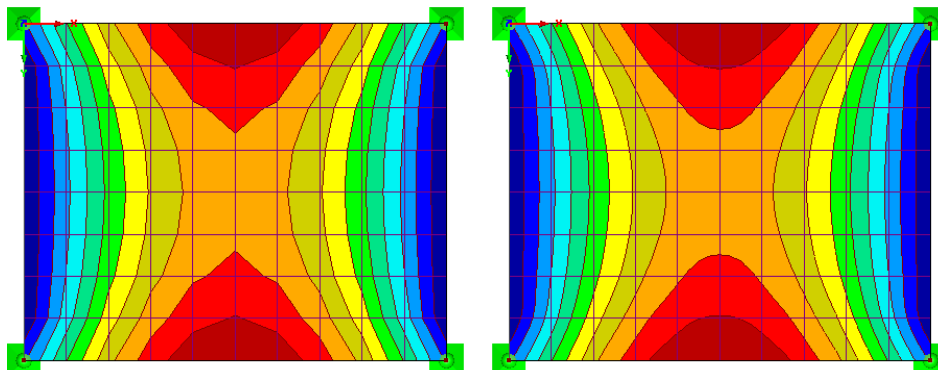


Figure 7.24 : Diagramme de résultats graphiques m-x avec la division 0 (à gauche) et 3 (à droite)

Pourcentage d'itérations de la méthode Newton-Raphson en combinaison avec la méthode de Picard

L'approche selon PICARD est basée sur l'hypothèse des rigidités sécantes, mais la méthode de NEWTON-RAPHSON suppose les rigidités tangentielles (voir le chapitre 7.3.1, page 280). Quand vous sélectionnez l'option de calcul *Newton-Raphson combinée avec Picard*, les rigidités sécantes sont utilisées dans les premières itérations avant que les rigidités tangentielles soient appliquées pour les itérations restantes.

Dans le champ d'entrée, vous pouvez définir le pourcentage des premières itérations avec les rigidités sécantes. Spécifiez la valeur par rapport au nombre total d'itérations.

Options

Activer la rigidité d'effort tranchant des barres (aires de section A_y , A_z)

La considération des rigidités de cisaillement mène à une augmentation des déformations à cause des efforts tranchants. La déformation de cisaillement n'est presque pas pertinente pour les sections laminées et soudées. Néanmoins, pour les sections en bois massif, il est recommandé de considérer les rigidités de cisaillement pour l'analyse de déformation.

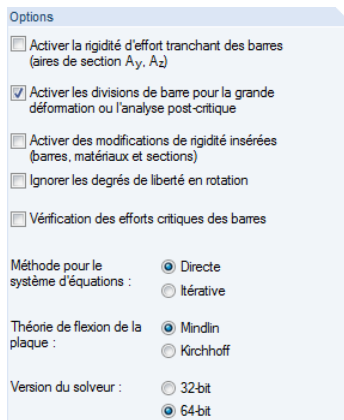
Les déformations de cisaillement n'influencent que les nœuds d'extrémité des barres. Une poutre à travée simple doit donc être divisée par des nœuds intermédiaires afin que l'augmentation devienne efficace.

Activer les divisions de barre pour la grande déformation ou l'analyse postcritique

Les poutres peuvent être divisées par des nœuds intermédiaires pour le calcul selon l'analyse de grandes déformations afin de calculer ces barres avec une meilleure précision. Le nombre de divisions est pris en compte du champ d'entrée pour les barres de câble et de fondation.

Modifier la rigidité (matériau, sections, barres, cas de charge et combinaisons)

Utilisez cette case pour définir globalement si les facteurs d'ajustement des rigidités pour les matériaux (voir le chapitre 4.3, page 65), les sections (voir le chapitre 4.13, page 127) et les barres (voir le chapitre 4.17, page 153) sont considérés dans le calcul des cas de charge et des combinaisons de charge. Les facteurs dans les boîtes de dialogues de barre et de section sont prédéfinis chacun à 1.00. Ainsi, d'habitude, la coche dans la case implique aucune réduction ou augmentation des rigidités.



Considérer les options spéciales

Si les *Options spéciales* ont été définies pour les paramètres de calcul des cas de charge et des combinaisons (voir le chapitre 7.3.1.3, page 284), vous pouvez les activer ou désactiver en cochant ou décochant cette case.

Ignorer les degrés de liberté en rotation

D'habitude, six degrés de liberté doivent être considérés dans les systèmes de structures spatiales. Pour économiser le temps, l'option vous permet de calculer les modèles avec seulement trois degrés de liberté. Les simplifications suivantes sont applicables : Seulement les déplacements sont possibles, mais pas les rotations. Seulement les efforts normaux sont calculés comme des efforts internes, mais aucun moment de flexion ou de torsion et ainsi, aucun effort tranchant - comme si le système ne consiste qu'en poutres-treillis, câbles ou surfaces de membrane.

Quand vous utilisez cette approche, la matrice de rigidité est réduite à une moitié de rangées et de tableaux, ce qui influence considérablement le temps de calcul.

Vérification des efforts critiques des barres

Souvent, le dépassement de la charge critique déjà dans la première itération mène à un message d'instabilité. Utilisez cette case pour vérifier si la charge critique est cochée pour les treillis, barres de compression et de flambement. Les longueurs efficaces définies des barres seront prises en compte.

Méthode pour le système d'équations

Les deux options contrôlent la méthode utilisée pour la résolution des systèmes d'équation : *Directe* ou *Itérative*. Pour éviter des malentendus : Quand vous solutionnez le système d'équation directement, un calcul itératif est aussi effectué s'il y a des non linéarités ou bien si les données sont calculées selon l'analyse du second ordre et de grandes déformations. Le terme *Directe* et *Itérative* est rapporté à la gestion des données lors de calcul.

Le choix de la méthode de calcul qui mène rapidement aux résultats dépend de la complexité du modèle tout comme de la taille de la mémoire de travail (RAM) qui est disponible :

- Pour les systèmes de petite taille ou de taille moyenne, la méthode de calcul *Directe* est plus efficace.
- Pour les systèmes grands et complexes, la méthode *Itérative* est plus rapide pour la sortie de résultats.

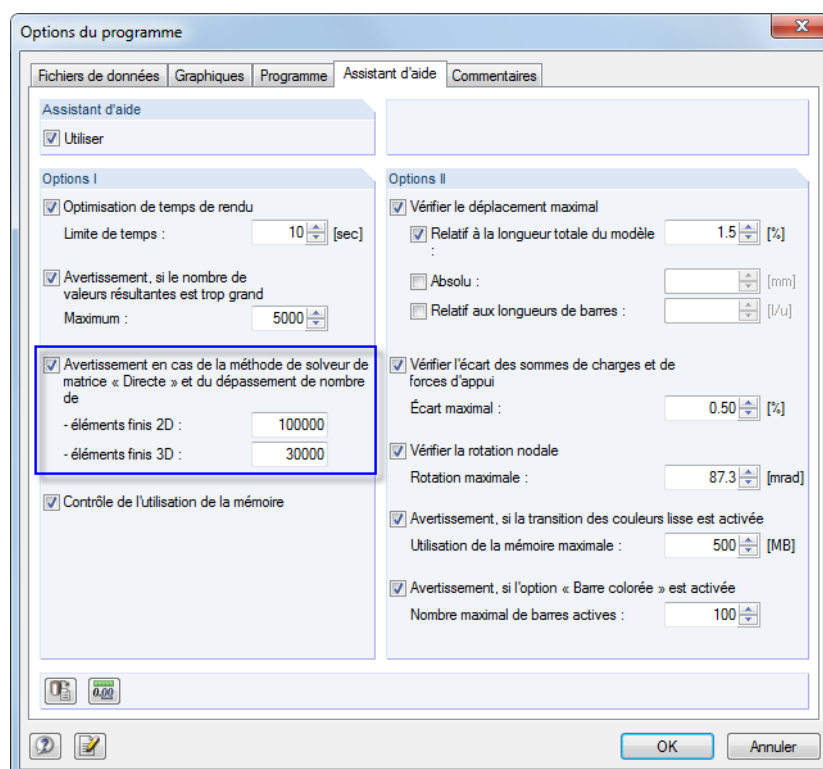
Quand les matrices pour la méthode directe ne peuvent plus être stockées dans la mémoire de travail, Windows démarre l'échange des parties des données sur le disque dur ce qui ralentit le calcul direct. Les activités du disque dur augmentent et la charge de processeur est réduite, ce qui est visible dans le Gestionnaire des tâches de Windows. Si vous utilisez la méthode de calcul itérative ICG (*gradient conjugué incomplet*), vous pouvez éviter ce problème de stockage.



Il est nécessaire d'assurer que le fichier d'échange soit suffisamment grand, la taille de fichier est assignée automatiquement par Windows. Avec le fichier d'échange qui est trop petit, une défaillance du programme peut arriver.



Dans le menu de la barre d'outils **Options**, sélectionnez les **Options du programme** ou bien utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue *Options du programme*. Dans l'onglet de dialogue *Assistant d'aide*, vous pouvez définir le nombre d'éléments 2D et 3D pour lequel, quand il est dépassé, RFEM affiche un avertissement du calcul utilisant la méthode directe.

Figure 7.25 : Boîte de dialogue *Options du programme*, onglet *Assistant d'aide*

Théorie de flexion de la plaque

Les surfaces peuvent être calculées selon les théories de flexion de MINDLIN ou KIRCHHOFF. Le calcul selon MINDLIN inclut les déformations d'effort tranchant, dans le calcul selon KIRCHHOFF, elles ne sont pas considérées. Ainsi, l'option de calcul *Mindlin* est convenable pour les dalles relativement épaisses et les coques utilisées dans une construction massive. L'option *Kirchhoff* est recommandée pour les surfaces qui sont relativement minces, par exemple des tôles d'acier dans les constructions métalliques.

Version du solveur

La méthode directe pour la résolution du système d'équations (voir ci-dessus) est basée sur un cœur d'analyse utilisant les capacités de la mémoire RAM étendue de systèmes d'exploitation de 64 bits. De cette façon, il est possible de calculer les cas de charge et les combinaisons de charge tous en même temps même pour les grands systèmes structuraux afin que vous puissiez économiser du temps, supposant qu'aucune non linéarité d'objet ne soit efficace. La mémoire RAM doit être suffisamment grande afin de couvrir la matrice de rigidité et tous les chargements.

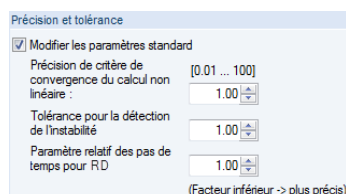
Précision et tolérance

Seulement rarement, il est requis d'ajuster la convergence prédéfinie et les paramètres de tolérance. Cochez la case *Modifier les paramètres standard* pour activer les champs d'entrée ci-dessous.

Précision de critère de convergence du calcul non linéaire

Si les effets non linéaires sont impliqués ou si le calcul est effectué selon l'analyse de second ordre ou de grandes déformations, vous pouvez influencer le calcul à l'aide des critères de convergence.

Les changements des efforts normaux de deux dernières itérations sont comparés barre par barre. Dès que le changement atteint un nombre de fraction spécifique de l'effort normal maximal, le calcul est arrêté. Néanmoins, il est possible que les efforts normaux balancent entre deux valeurs pendant le processus d'itération au lieu de la convergence. Avec la valeur



insérée dans le champ d'entrée, la sensibilité peut être définie afin de négliger ces effets d'oscillation.

La précision influence aussi le critère de convergence pour les changements de déformation dans les calculs selon l'analyse de grandes déformations où les non linéarités géométriques sont considérées.

La valeur par défaut est 1,0. Le facteur minimal est de 0,01, la valeur maximale est de 100,0. Plus le facteur est grand, moins sensible est la limite d'interruption.

Tolérance pour la détection de l'instabilité

Il y a différentes approches à l'aide desquelles le comportement de stabilité d'un modèle peut être analysé. Néanmoins, toutes les approches ne sont pas capables de détecter des matrices de rigidité singulières avec une fiabilité absolue.

RFEM utilise deux procédures pour déterminer l'instabilité : D'un côté, les éléments sur la diagonale principale de la matrice de rigidité sont comparés avec le même nombre d'itérations. De l'autre côté, chaque élément de la diagonale principale est analysé par rapport au numéro adjacent. La tolérance peut être ajoutée dans le champ d'entrée. Plus la valeur est petite, moins « sensible » est l'analyse effectuée.

Paramètres relatifs des pas de temps pour RD

Le paramètre de temps contrôle le calcul par la méthode de relaxation dynamique (voir 7.3.1.1, page 281). Plus petite la valeur est, plus petite est le pas de temps et plus précis sont les résultats.

Diagramme de convergence

Lors du calcul, il est affiché un diagramme qui vous montre le développement des déplacements et des rotations (voir la Figure 7.31, page 296). Les valeurs affichées sont rapportées au nœud avec les déformations maximales.



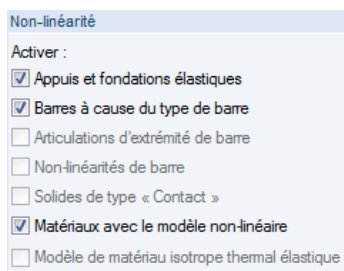
Dans la section de dialogue *Diagramme de convergence*, vous avez la possibilité de définir un nœud particulier avec un composant de déformation dont les résultats seront affichés en complément dans la boîte de dialogue *Diagramme de convergence* (voir la Figure 8.2, page 298).

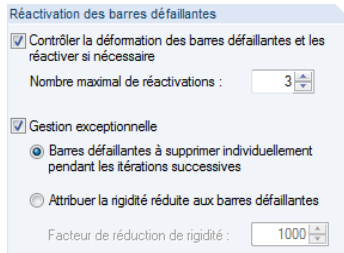
Non-linéarités

Quand des éléments agissant d'une façon non linéaire sont utilisés dans le modèle, vous pouvez désactiver l'effet des éléments suivants pour le calcul :

- Appuis et fondations élastiques (→ chapitre 4.7, p. 102, chap. 4.8, p. 109, chap. 4.9, p. 115)
- Barres à cause du type de barre (→ chapitre 4.17, p. 150)
- Articulations d'extrémité de barre (→ chapitre 4.14, p. 137)
- Non-linéarités de barre (→ chapitre 4.20, p. 165)
- Solides de type « contact » (→ chapitre 4.5, p. 94)
- Matériaux avec le modèle non-linéaire (→ chapitre 4.3, p. 65)

Il est recommandé de ne pas réprimer les effets de non linéarité seulement pour tester, par exemple pour trouver la cause de l'instabilité. Les options dans la section de dialogue vous aident à trouver les erreurs : Parfois, un critère de rupture mal défini est responsable des interruptions de calcul.





Réactivation des barres déformées

Les paramètres dans la section de dialogue concernent les éléments de barre qui peuvent faillir (par exemple les barres de traction, de compression ou de fondation). Profitez des options pour résoudre les problèmes d'instabilité causés par des barres déformées : Un modèle par exemple est renforcé par des tirants. Suite au raccourcissement des montants du aux charges verticales, les barres de tractions reçoivent de petits efforts de compression dans le premier pas de calcul. Elles seront enlevées du système. Ensuite, dans le deuxième pas de calcul, le modèle est instable sans tirant.

Contrôler la déformation des barres déformées et les réactiver si nécessaire

Quand la case est cochée, RFEM analyse les déplacements nodaux dans chaque itération. Si les extrémités de barre d'un tirant déformé s'éloignent l'une de l'autre, la barre sera réactivée.

Dans quelques cas, les barres réactivées peuvent être problématiques : Une barre est enlevée après la première itération, mais réactivée après la deuxième itération, enlevée à nouveau après la troisième itération etc. Le calcul effectue ce cercle jusqu'à ce qu'un nombre maximal d'itérations ne soit atteint sans convergence. Cet effet peut être évité par la définition d'un *Nombre maximal de réactivations* spécifiant combien de fois un élément de barre peut être réactivé avant qu'il soit définitivement enlevé de la matrice de rigidité.

Gestion exceptionnelle

Après avoir coché la case, deux méthodes pour la gestion des barres déformées sont disponibles à la sélection. Elles peuvent être combinées avec les options de réactivation décrites ci-dessus.

- **Barres déformées à supprimer individuellement pendant les itérations successives**

Après la première itération, RFEM n'enlève par exemple pas toutes les barres de traction avec un effort de compression, mais seulement le tirant avec l'effort de compression le plus grand. Puis, dans la deuxième itération, seulement une barre est manquante dans la matrice de rigidité. Dans l'étape suivante, RFEM enlève à nouveau le tirant avec l'effort de compression le plus grand. Souvent, un meilleur comportement de convergence peut être ainsi atteint pour le système à cause des effets de redistribution.

Cette option de calcul nécessite plus de temps car le programme doit fonctionner avec un grand nombre d'itérations. Vous devez vous assurer qu'un nombre suffisant d'itérations possibles est défini dans la section de dialogue *Paramètres* ci-dessus.

- **Attribuer la rigidité réduite aux barres déformées**

Les barres qui ont failli ne sont pas enlevées de la matrice de rigidité. Au lieu de cela, RFEM leur attribue une rigidité inférieure. Veuillez le spécifier dans le champ d'entrée *Facteur de réduction de rigidité* : Le facteur 1000 signifie une réduction de rigidité de 1/1000.

Veuillez garder à l'esprit que pour cette option de calcul, RFEM affiche sur les barres de petits efforts internes qui ne peuvent pas être actuellement absorbés par la barre à cause de sa déformation.



7.4 Démarrage de calcul

Vous pouvez sélectionner parmi plusieurs options pour démarrer le calcul. Avant de démarrer le calcul, il est recommandé d'effectuer une courte vérification de plausibilité des données d'entrée (voir le chapitre 7.1.1, page 265).

Calculer tout

Pour démarrer la fonction correspondante,

sélectionnez **Calculer tout** dans le menu **Calculer**,
ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.



Figure 7.26 : Bouton [Calculer tout]

La commande démarre le calcul de tous les cas de charge, toutes les combinaisons de charge et combinaisons de résultats tout comme de tous les modules additionnels où les données d'entrées sont disponibles.

Veillez utiliser la fonction [Calculer tout] avec soin :

- Il y a des cas de charge qui ne peuvent pas apparaître isolés. Par exemple les charges de vent agissent toujours avec le poids propre. Pour les structures avec des appuis défaillant en traction, les instabilités peuvent apparaître lors de calcul de lots de tous les cas de charge simples.
- S'il y a beaucoup de combinaisons de charge et de cas de calcul de module disponibles, RFEM peut nécessiter beaucoup de temps de calcul.

Calculer les cas de charge sélectionnés

Pour ouvrir la boîte de dialogue pour la sélection des cas de charge relevant pour le calcul, sélectionnez **A calculer** dans le menu **Calculer**.

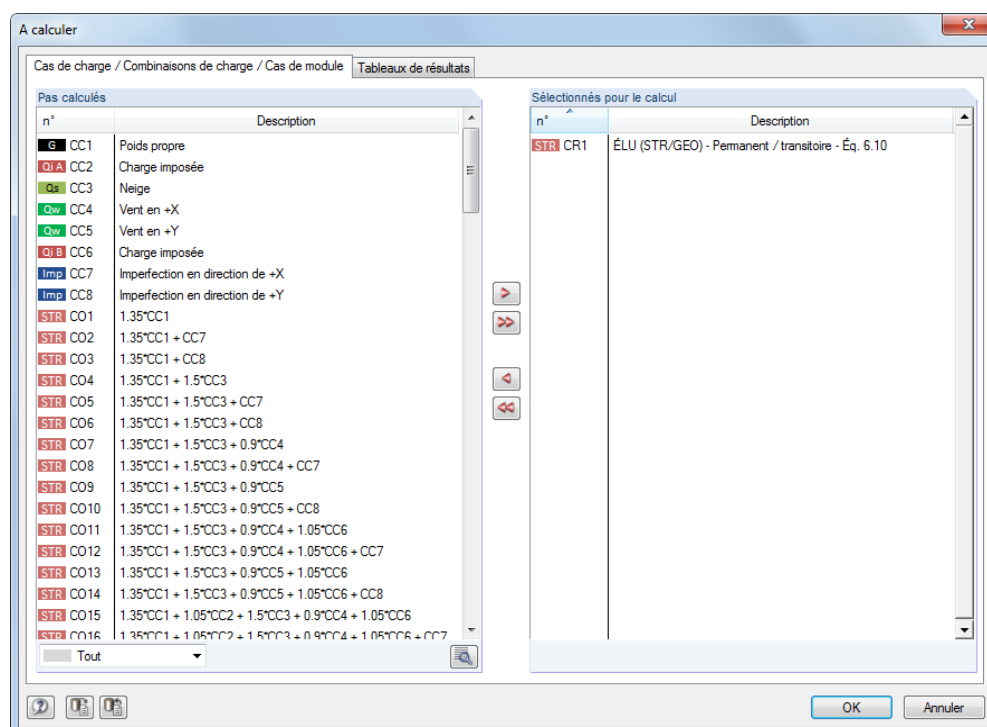
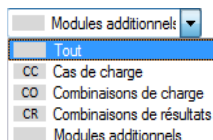


Figure 7.27 : Boîte de dialogue A calculer



Dans la section de dialogue *Pas calculés* à gauche, RFEM liste tous les cas de charge, combinaisons de charge et combinaisons de résultats tout comme les cas d'analyse des modules additionnels pour lesquels il n'y a pas de résultats. Utilisez le bouton [►] pour transférer les entrées sélectionnées dans la liste *Sélectionnés pour le calcul*. Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur les éléments. Pour transférer la liste complète à droite, utilisez le bouton [►►].

Si les combinaisons de résultats ou les cas de module sont sélectionnés, ce qui nécessite les résultats des cas de charge, les cas de charge correspondants seront calculés automatiquement.

Les éléments de charge peuvent être classés par les options de filtre disponibles au-dessous de la liste selon les critères suivants :

- Cas de charge
- Combinaisons de charge
- Combinaisons de résultats
- Modules additionnels

Le bouton [Paramètres de calcul] figuré à gauche ouvre la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir le chapitre 7.3, page 287) où les paramètres peuvent être contrôlés et ajustés pour le calcul.

L'onglet de dialogue *Tableaux de résultats* de la boîte de dialogue *A calculer* contrôle la disponibilité des tableaux affichés après le calcul.

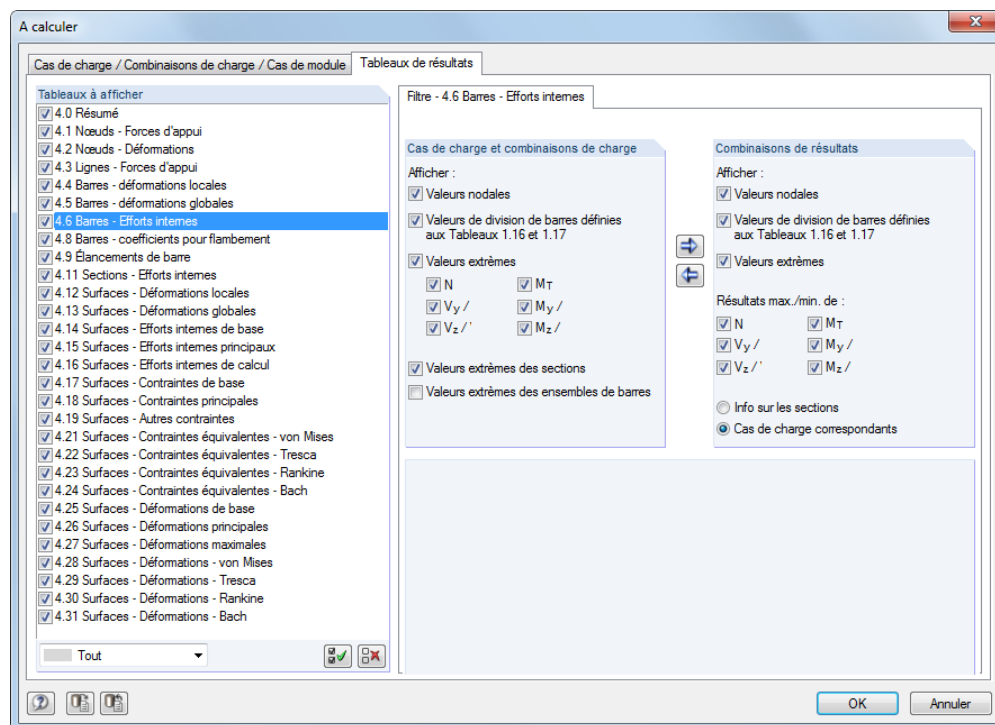


Figure 7.28 : Boîte de dialogue *A calculer*, onglet *Tableaux de résultats*

Pour quelques tableaux de résultats, plus d'options de filtre sont disponibles. Elles sont présentées dans le chapitre 8 *Résultats* avec les tableaux correspondants (voir la Figure 8.15, page 308).

Calculer le cas de charge actuel

Il est possible de démarrer le calcul d'un cas de charge individuel directement : Sélectionnez le cas de charge, la combinaison de charge ou de résultats dans la liste de barre d'outils et puis, cliquez sur le bouton [Afficher les résultats].



Figure 7.29 : Calcul directe du cas de charge à l'aide du bouton [Afficher les résultats]

Le calcul peut être démarré après qu'un message est affiché qu'aucun résultat n'a été trouvé.

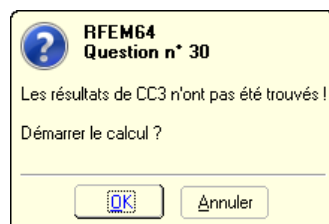


Figure 7.30 : Question avant le calcul

Calculer les résultats sélectionnés

Le menu de la barre d'outils *Calculer* vous offre les options additionnelles pour la sélection des résultats à calculer :

- Seulement les résultats RFEM
- Seulement les résultats des modules
- Tous les résultats de tous les modèles ouverts
- Résultats de RFEM seulement de tous les modèles ouverts
- Résultats des modules seulement de tous les modèles ouverts

Le calcul démarre immédiatement après avoir appelé la fonction correspondante.

Processus de calcul

Le processus de calcul est affiché dans la fenêtre *Calcul EF*. Dans un diagramme montrant le processus de convergence, vous pouvez observer les graphiques des déplacements maximaux en complément des étapes de calcul effectuées par RFEM.

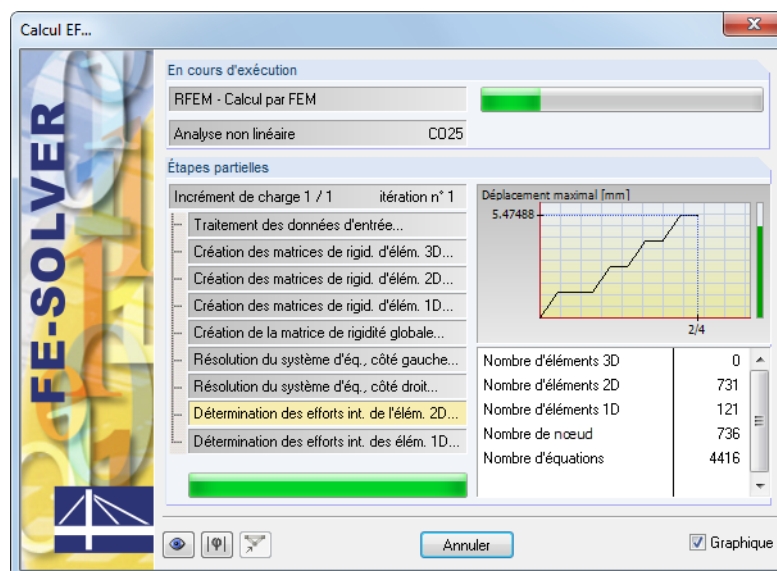


Figure 7.31 : Processus de calcul

Les barres verticales vertes ou rouges à droite dans la fenêtre vous montrent le comportement de convergence pendant le calcul : Chaque incrément de charge prend une partie du poteau, par exemple 4/5 dans la figure ci-dessus représentent le quatrième des cinq incréments de charge. Quand la barre est verte, les déformations sont dans la zone acceptable. La couleur rouge signifie les déplacements ou rotations excessifs (≥ 0.1 rad).

8. Résultats

La numérotation de ce chapitre du manuel suit la numérotation des tableaux de résultats. Cela permet de retrouver facilement les descriptions des onglets correspondants.

Veuillez noter qu'une analyse EF représente une approximation. Les résultats doivent être interprétés et vérifiés pour la plausibilité avec un savoir-faire en ingénierie.

Quand les données ont été calculées, l'onglet additionnel *Résultats* dans le navigateur (voir le chapitre 3.4.3, page 26) pour le contrôle de l'affichage des résultats graphiques s'affiche. Les résultats sont listés numériquement dans des tableaux séparés (voir le chapitre 3.4.4, page 28).

Echelles de relation colorées dans les tableaux

Les colonnes de résultats des tableaux sont soulignées en rouge ou en bleu (voir la Figure 8.4, page 300). Les barres colorées représentent graphiquement les valeurs de résultat. Elles sont mises à l'échelle aux valeurs extrêmes des efforts internes ou des déformations de tous les objets. Les valeurs négatives sont symbolisées par les barres rouges, les valeurs positives par les barres bleues. Ainsi, le tableau permet une évaluation visuelle des résultats.

Pour activer ou désactiver les barres colorées,

sélectionnez **Affichage dans le menu de tableau**, et puis, cliquez sur **Échelles de relation colorées**

ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

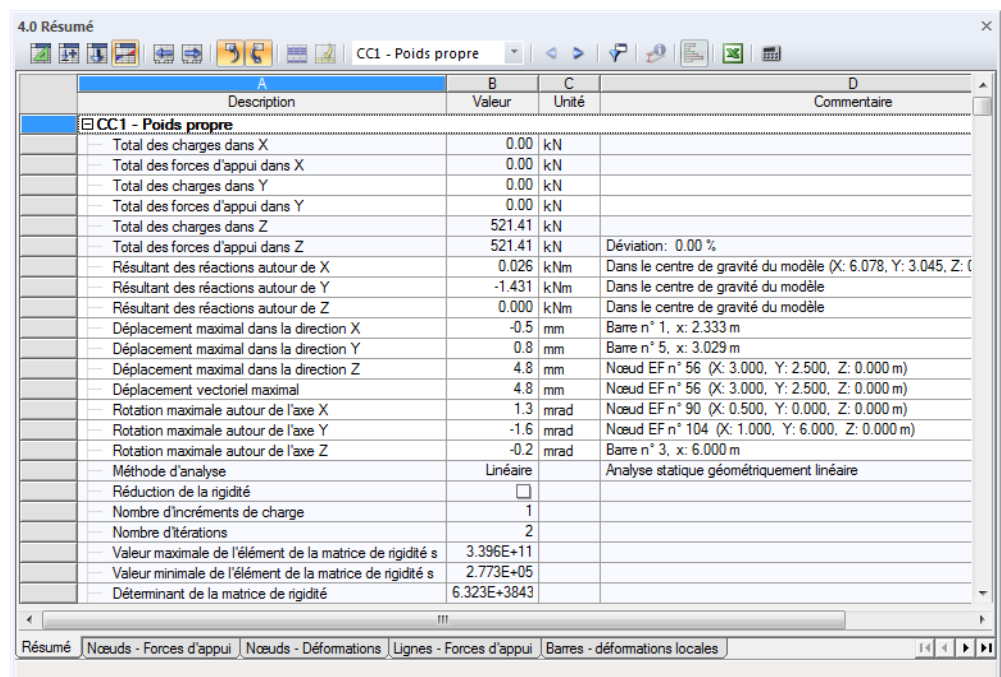
Filtre de tableau

Les tableaux affichés dépendent des sélections définies dans l'onglet de dialogue *Tableaux de résultats* de la boîte de dialogue *A calculer* (voir le chapitre 7.4, page 295).

8.0 Résumé des résultats

Tableau

Le tableau 4.0 *Résumé* représente un résumé du procédé de calcul classé par cas de charge et par combinaison.



A	B	C	D
Description	Valeur	Unité	Commentaire
CC1 - Poids propre			
Total des charges dans X	0.00	kN	
Total des forces d'appui dans X	0.00	kN	
Total des charges dans Y	0.00	kN	
Total des forces d'appui dans Y	0.00	kN	
Total des charges dans Z	521.41	kN	
Total des forces d'appui dans Z	521.41	kN	Déviations: 0.00 %
Résultant des réactions autour de X	0.026	kNm	Dans le centre de gravité du modèle (X: 6.078, Y: 3.045, Z: 0.000)
Résultant des réactions autour de Y	-1.431	kNm	Dans le centre de gravité du modèle
Résultant des réactions autour de Z	0.000	kNm	Dans le centre de gravité du modèle
Déplacement maximal dans la direction X	-0.5	mm	Barre n° 1, x: 2.333 m
Déplacement maximal dans la direction Y	0.8	mm	Barre n° 5, x: 3.029 m
Déplacement maximal dans la direction Z	4.8	mm	Nœud EF n° 56 (X: 3.000, Y: 2.500, Z: 0.000 m)
Déplacement vectoriel maximal	4.8	mm	Nœud EF n° 56 (X: 3.000, Y: 2.500, Z: 0.000 m)
Rotation maximale autour de l'axe X	1.3	mrad	Nœud EF n° 90 (X: 0.500, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
Rotation maximale autour de l'axe Y	-1.6	mrad	Nœud EF n° 104 (X: 1.000, Y: 6.000, Z: 0.000 m)
Rotation maximale autour de l'axe Z	-0.2	mrad	Barre n° 3, x: 6.000 m
Méthode d'analyse	Linéaire		Analyse statique géométriquement linéaire
Réduction de la rigidité	<input type="checkbox"/>		
Nombre d'incrément de charge	1		
Nombre d'itérations	2		
Valeur maximale de l'élément de la matrice de rigidité s	3.396E+11		
Valeur minimale de l'élément de la matrice de rigidité s	2.773E+05		
Déterminant de la matrice de rigidité	6.323E+3843		

Figure 8.1 : Tableau 4.0 *Résumé*

Cet aperçu vous montre les résumés de vérification des chargements et des forces d'appui. Les déviations doivent être inférieures à 1 % dans chaque direction. Si ce n'est pas le cas, les problèmes numériques sont apparus à cause de différences de rigidité considérables. Il se peut que le modèle ait une stabilité insuffisante ou que le calcul ait atteint le nombre maximal d'itérations sans convergence. L'aperçu vous informe aussi sur les réactions d'appui résultantes qui sont efficaces dans le centre de gravité du modèle d'une façon idéalisée.

En outre, le résumé vous montre les déplacements et rotations maximaux rapportés aux axes globaux X, Y et Z tout comme le déplacement total maximal. Grâce à la vérification des déformations, vous pouvez évaluer la fiabilité des résultats.

Le résumé qui est classé par cas de charge est complété par les paramètres de calcul utilisés. Le *Nombre d'itérations* requis pour obtenir les résultats est très important.

Le tableau finit par un *Résumé* de paramètres sélectionnés du cœur d'analyse et par des spécifications de calcul globalement valides (voir la Figure 7.22, page 287 : Boîte de dialogue *Paramètres de calcul*, onglet *Paramètres globaux de calcul*)

Diagramme de convergence

Le développement de déformation est représenté graphiquement pendant le calcul (voir la Figure 7.31, page 296). Vous pouvez aussi utiliser ce diagramme d'itération après le calcul pour l'évaluation d'« enregistrement ». Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Diagrammes d'itération** dans le menu **Résultats**.

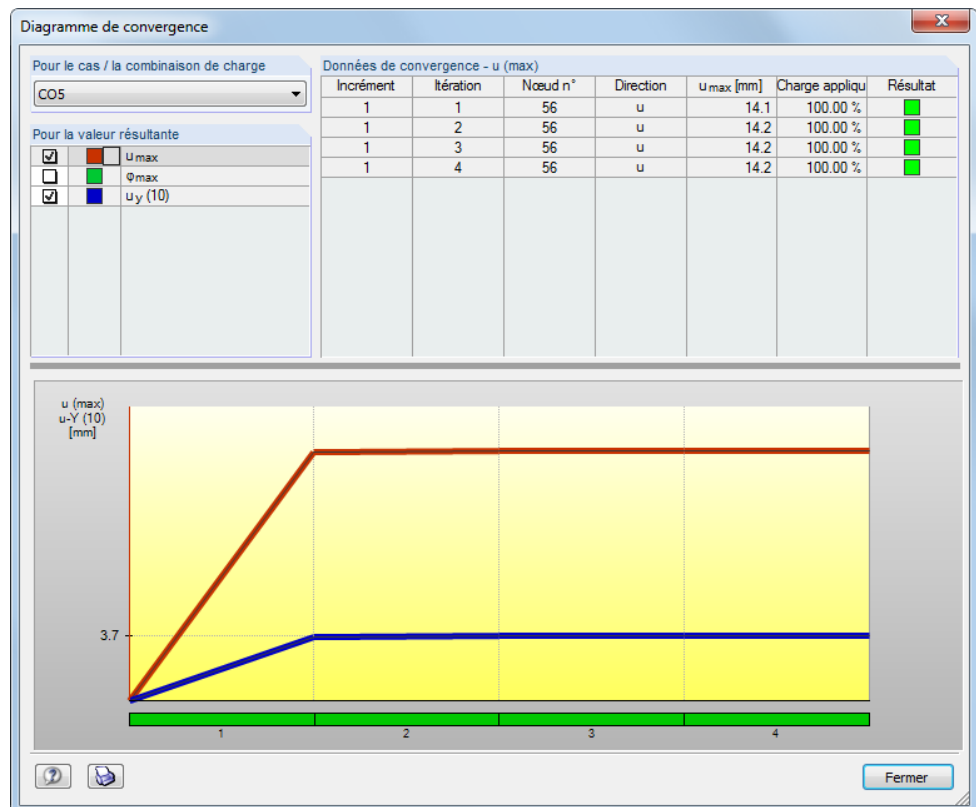


Figure 8.2 : Boîte de dialogue *Diagramme de convergence*

Le cas de charge correspondant peut être sélectionné dans la liste *Pour le cas de charge / la combinaison de charge*.

Dans la section de dialogue *Pour la valeur résultante*, les déplacements maximaux u_{max} et les rotations maximales ϕ_{max} sont prédéfinis. Quand un nœud particulier avec une déformation correspondante a été défini parmi les paramètres de calcul globaux (voir la Figure 7.22, page 287,

section de dialogue *Diagramme de convergence*), les déformations rapportées à ce nœud sont aussi contenues dans la liste.

Dans la deuxième partie de la boîte de dialogue, vous pouvez voir les graphiques des déformations activées dans la section de dialogue *Pour la valeur résultante*.

Par un clic sur l'une des lignes disponibles dans la section de dialogue *Pour la valeur résultante*, vous pouvez mettre à jour les valeurs résultantes de la déformation correspondante dans le tableau *Données de convergence*. De cette façon, une évaluation spécifique des étapes d'itération, des nœuds déterminants et des diagrammes de déformation est possible.

En outre, le diagramme d'itération rend possible la prise des mesures correctives pour les résultats « oscillant » (pas convergeant). En plus, si les calculs prennent du temps, vous pouvez vérifier le diagramme de déformation dans les itérations plus tard.

A la base du diagramme de convergence, vous pouvez créer un diagramme charge-déformation pour les incréments de charge en copiant les valeurs résultantes dans le presse-papiers.

8.1 Nœuds - forces d'appui

Avec les entrées sous *Réactions d'appui* dans le navigateur *Résultats*, vous décidez quels composants sont affichés graphiquement dans la fenêtre graphique. Ils peuvent être rapportés aux axes locaux des appuis tournés ou au système d'axes globaux XYZ. Le tableau 4.1 vous montre les forces et les moments d'appui sous forme numérique.

Si la structure est un modèle 2D, RFEM ne vous affiche que les colonnes de tableau des forces et des moments d'appui qui correspondent au système structurel plan.

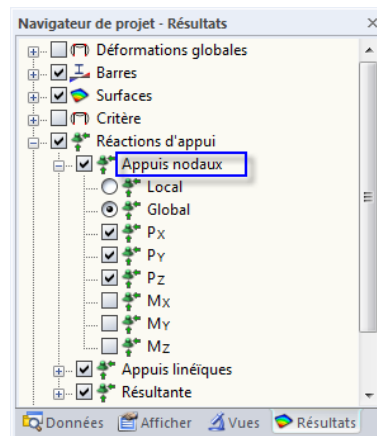
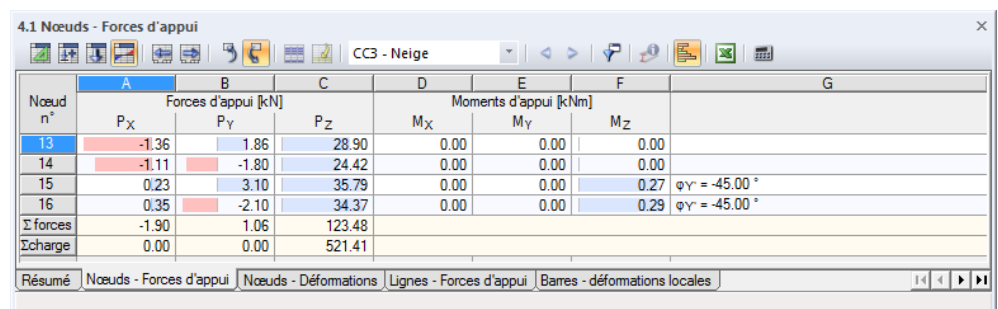


Figure 8.3 : Navigateur *Résultats* : *Réactions d'appui* → *Appuis nodaux*



Nœud n°	Forces d'appui [kN]			Moments d'appui [kNm]			G
	P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
13	-1.36	1.86	28.90	0.00	0.00	0.00	
14	-1.11	-1.80	24.42	0.00	0.00	0.00	
15	0.23	3.10	35.79	0.00	0.00	0.27	φ _y = -45.00 °
16	0.35	-2.10	34.37	0.00	0.00	0.29	φ _y = -45.00 °
Σ forces	-1.90	1.06	123.48				
Σ charge	0.00	0.00	521.41				

Figure 8.4 : Tableau 4.1 *Nœuds - Forces d'appui*

CC3: Neige

Pour afficher les réactions d'appui d'un cas de charge particulier, sélectionnez le cas de charge de la liste dans la barre d'outils principale ou la barre d'outils du tableau.

Forces d'appui P_x / P_y / P_z

Les forces d'appui sont listées dans les trois colonnes de tableau où elles sont stockées par nœud. D'habitude, les forces sont rapportées aux axes X, Y et Z du système de coordonnées globales. Pour afficher les forces rapportées aux axes d'appui locaux X', Y' et Z' (appuis tournés) dans le graphique tout comme dans le tableau, atteignez le navigateur *Résultats* et définissez les **Réactions d'appui** → **Appuis nodaux** → **Locaux**.

Les nœuds avec les rotations d'appui sont marqués d'un astérisque (*) comme affiché dans la Figure 8.4. Les forces sont publiées par rapport au système d'axe sélectionné. Dans la dernière colonne du tableau, il est indiqué l'angle de rotation d'appui.



Le tableau vous montre les forces qui sont introduites dans les appuis. Ainsi, compte tenu des signes, le tableau ne vous montre pas les forces de réaction d'une partie d'appui. Les signes résultent des directions des axes globaux. Si l'axe global Z est dirigé vers le bas, ainsi, par exemple le cas de charge du poids propre résulte en force d'appui positive P_z et une charge de vent contre l'axe global X a une force d'appui négative P_x. Ainsi, les forces d'appui affichées dans le tableau représentent les charges de fondation.

Les vecteurs verts affichés dans la fenêtre graphique vous montrent les forces de réaction d'une partie des appuis. Les composants des réactions de l'appui sont visualisés par taille et par direction des vecteurs.

Vous pouvez afficher les signes des réactions d'appui dans la fenêtre graphique. Sélectionnez *Résultats* dans le navigateur *Afficher* et cocher la case de l'option correspondante.

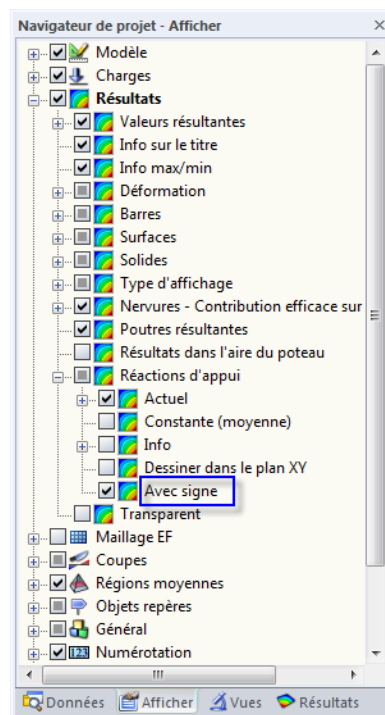


Figure 8.5 : Navigateur *Afficher*, *Résultats* → *Réactions d'appui* → *Avec signe*

Les signes dans le graphique sont rapportés au système d'axes globaux XYZ ou au système d'axes locaux X'Y'Z' qui sont tournés. Une réaction positive d'appui agit en direction de l'axe positif correspondant. Par exemple, une charge de vent dans le sens contre l'axe global X résulte en réaction d'appui positive P_x .

Il est conseillé d'afficher trois signes seulement afin de tester. Ils peuvent mener aux malentendus car les vecteurs sont déjà avec des signes. Les signes dans le graphique sont prévus comme des fonctionnalités complémentaires de l'affichage de vecteur, indiquant les directions pour les valeurs par rapport aux axes globaux.

Moments d'appui M_x / M_y / M_z

Les moments d'appui sont listés dans les trois colonnes de tableau où ils sont classés par nœuds. D'habitude, les moments sont rapportés aux axes X, Y et Z du système de coordonnées globales. Utiliser le navigateur *Résultats* pour afficher les moments rapportés aux axes d'appui locaux X', Y' et Z' dans le graphique tout comme dans le tableau.

Le tableau vous montre les moments qui sont introduits dans les appuis. Compte tenu des signes, pareillement que pour les forces d'appui, le tableau ne vous montre pas les réactions sur une partie de l'appui. Les signes résultent des directions des axes globaux. Ainsi, les moments d'appui affichés dans le tableau représentent les charges de fondation.

Néanmoins, dans la fenêtre graphique, les moments de réaction sont affichés sur une partie de l'appui.

Les signes pour les moments d'appui peuvent aussi être affichés dans le graphique (voir la Figure 8.5). Un moment d'appui positif agit dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe global positif correspondant. D'une façon similaire aux vecteurs pour les forces d'appui,

les vecteurs sont déjà avec des signes et les indications de valeur doivent être considérées indépendamment : Les signes indiquent les directions des moments par rapport aux axes globaux.

Dans le graphique, les moments d'appui peuvent être représentés comme un vecteur ou un arc. Pour modifier le type d'affichage,

pointez sur **Propriétés d'affichage** dans le menu **Options** et sélectionnez **Modifier**.

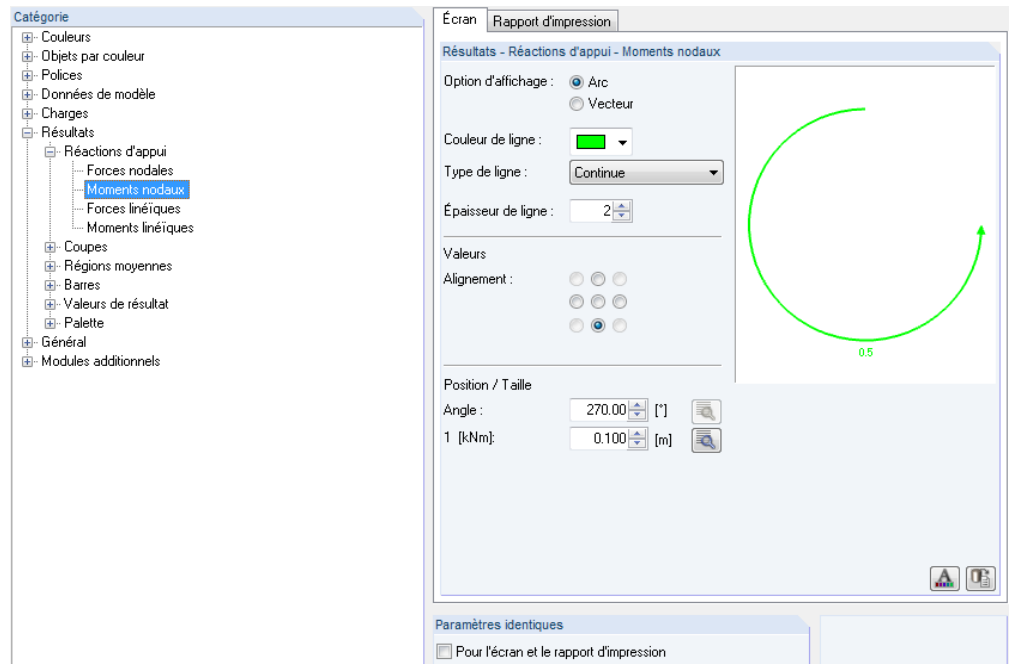


Figure 8.6 : Boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* (section de dialogue) : *Moments nodaux* avec l'option d'affichage *Arc*

Dans la section de dialogue *Catégorie* à gauche, définissez *Résultats*, *Réactions d'appui* et *Moments nodaux* et puis, sélectionnez l'*Option d'affichage Arc* à droite.

Appuis nodaux tournés

Dans la dernière colonne de tableau, il y a les angles de rotation des appuis nodaux tournés (voir la Figure 8.4, page 300). Les nœuds correspondants sont marqués d'un astérisque (*).

Sommes de contrôle

A la fin du tableau, RFEM affiche les sommes de contrôle des charges et les réactions d'appui pour les cas de charge et les combinaisons de charge. Il y a des différences entre les sommes de Σ Forces et Σ Charges si le modèle a des appuis linéiques additionnels et des barres ou surfaces avec la fondation élastique. Ainsi, la somme Σ Forces disponible dans les tableaux 4.3, 4.7 et 4.20 doit aussi être considérée pour un résumé total.

Importer les forces comme charge

Les forces et les moments d'appui nodal de l'autre modèle RFEM peuvent être appliqués comme charges dans le modèle sur lequel vous travaillez actuellement. De cette façon, les charges peuvent être transférées par plancher pour l'analyse 2D des dalles de planchers. La fonction est décrite dans le chapitre 8.3 à la page 307.

Les forces d'appui nodal qui ont été importées sont appliquées comme charges concentrées libres.





Les forces d'appui de filtrage des combinaisons de résultats

Pour les combinaisons de résultats, il est possible d'ajuster les paramètres par défaut des valeurs extrêmes affichées dans le tableau de résultats. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats** ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

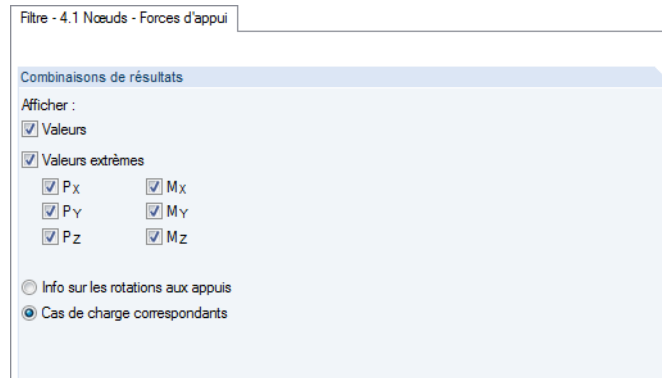


Figure 8.7 : Boîte de dialogue *Filtre* (section de dialogue)

Les cases *Filtre* dans la boîte de dialogue contrôlent le type et la quantité de sortie numérique pour les forces d'appui.

Résultant des réactions d'appui

Les résultantes des réactions d'appui pour les cas de charge et les combinaisons de charge sont affichées sous forme numérique dans le tableau 4.0 *Résumé* pour chaque direction globale (voir la Figure 8.1, page 297). Utilisez le navigateur *Résultats* pour aussi visualiser les forces résultantes sur le modèle.

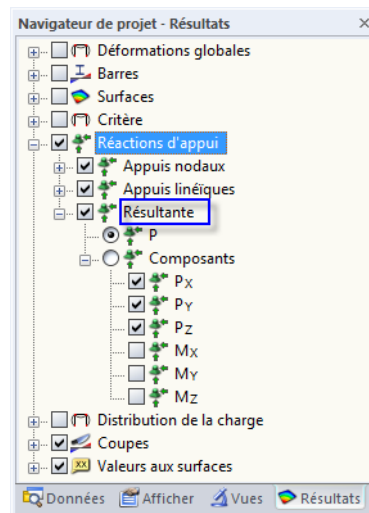


Figure 8.8 : Navigateur *Résultats* : Réactions d'appui → Résultante

En complément à la résultante totale P , il est possible d'afficher les *Composants* individuels qui sont efficaces d'une façon idéalisée dans le centre de gravité du modèle. Ainsi, vous pouvez tout de suite vérifier la position et la taille des forces d'appui résultantes.

8.2 Nœuds - Déformations

Pour contrôler l'affichage graphique des déplacements de nœud et des rotations nodales, cochez la case pour les *Déformations globales* dans le navigateur *Résultats*. Le tableau 4.2 vous montre les déformations des nœuds sous forme numérique.

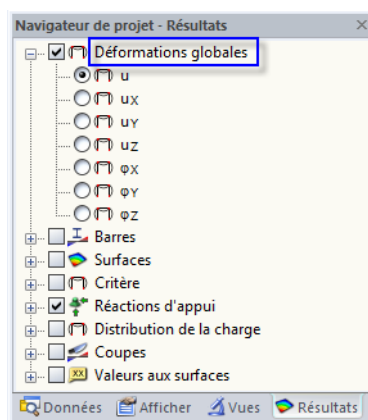
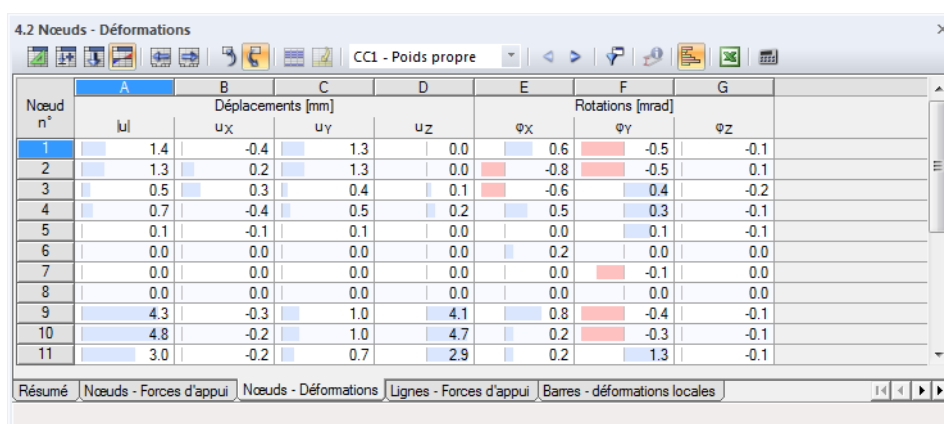


Figure 8.9 : Navigateur *Résultats* : *Déformations globales*



Nœud n°	Déplacements [mm]				Rotations [mrad]		
	u	u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
1	1.4	-0.4	1.3	0.0	0.6	-0.5	-0.1
2	1.3	0.2	1.3	0.0	-0.8	-0.5	0.1
3	0.5	0.3	0.4	0.1	-0.6	0.4	-0.2
4	0.7	-0.4	0.5	0.2	0.5	0.3	-0.1
5	0.1	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	-0.1
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	4.3	-0.3	1.0	4.1	0.8	-0.4	-0.1
10	4.8	-0.2	1.0	4.7	0.2	-0.3	-0.1
11	3.0	-0.2	0.7	2.9	0.2	1.3	-0.1

Figure 8.10 : Tableau 4.2 Nœud - Déformations

Les déplacements et les rotations sont listés par nœud.

Déplacements / rotations

Les déformations ont les significations suivantes :

u	Déplacement total
u _x	Déplacement en direction de l'axe global X
u _y	Déplacement en direction de l'axe global Y
u _z	Déplacement en direction de l'axe global Z
φ _x	Rotation autour de l'axe global X
φ _y	Rotation autour de l'axe global Y
φ _z	Rotation autour de l'axe global Z

Tableau 8.1 : Déformations nodales

8.3 Lignes - Forces d'appui

Avec les entrées sous *Réactions d'appui* dans le navigateur *Résultats*, vous décidez quels composants sont affichés graphiquement dans la fenêtre graphique. Ils peuvent être rapportés aux axes locaux des appuis tournés ou au système d'axes globaux XYZ. Le tableau 4.3 vous montre les forces et les moments d'appui sous forme numérique.

Si la structure est un modèle 2D, RFEM ne vous affiche que les colonnes de tableau des forces et des moments d'appui qui correspondent au système structurel plan.

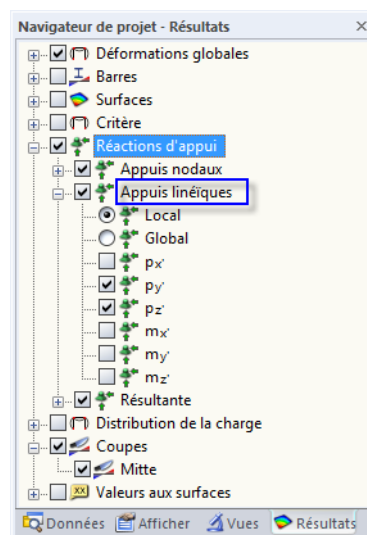


Figure 8.11 : Navigateur Résultats : Réactions d'appui → Appuis linéiques

4.3 Lignes - Forces d'appui

Ligne n°	Nœud n°	Position x [m]	Forces d'appui [kN/m]			Moments d'appui [kNm/m]		
			p _x	p _y	p _z	m _x	m _y	m _z
6	5.655	-11.63	28.51	-27.43	0.00	0.00	0.00	
	6.126	-18.98	34.91	-0.23	0.00	0.00	0.00	
	6.597	-23.30	33.70	43.52	0.00	0.00	0.00	
	7.069	-20.17	25.42	105.86	0.00	0.00	0.00	
	7.540	-6.82	13.20	184.25	0.00	0.00	0.00	
	8.011	15.77	1.86	266.95	0.00	0.00	0.00	
	8.482	39.22	-3.04	322.53	0.00	0.00	0.00	
	8.954	52.58	-1.54	335.31	0.00	0.00	0.00	
6	9.425	-17.53	18.53	110.54	0.00	0.00	0.00	
Σ forces			7.43	0.55	1135.30			
Σ charge			0.00	0.00	1486.00			

Résumé | Nœuds - Forces d'appui | Nœuds - Déformations | Lignes - Forces d'appui | Barres - déformations locales

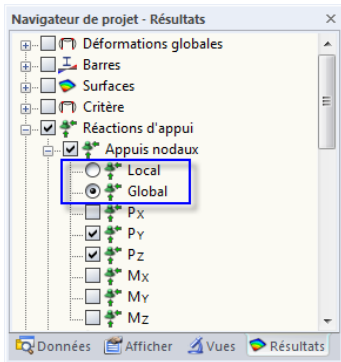
Figure 8.12 : Tableau 4.3 Lignes - Forces d'appui

CC3: Neige

Pour afficher les réactions d'appui d'un cas de charge particulier, sélectionnez le cas de charge de la liste dans la barre d'outils principale ou la barre d'outils du tableau.

Position x

Les forces d'appui sont listées par ligne. Les positions x affichées dans la colonne de tableau représentent les espacements des nœuds EF le long de la ligne. Elles sont rapportées au nœud de début de la ligne. La grille de surface ne correspond pas aux forces d'appui linéique.

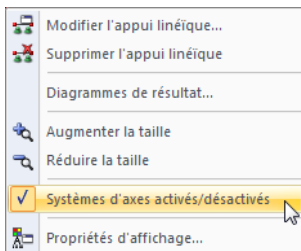


Forces d'appui p_x / p_y / p_z

Les forces d'appui sont listées dans les trois colonnes du tableau où elles sont classées par lignes. Les forces peuvent être rapportées aux axes globaux X, Y et Z ou bien aux axes locaux X', Y' et Z' des appuis linéiques. La référence de l'axe dans le tableau est gérée par les paramètres dans le navigateur *Résultats* (voir la figure à gauche).

Le tableau vous montre les forces qui sont transférées dans les appuis. Ainsi, compte tenu des signes, le tableau ne vous montre pas les forces de réaction d'une partie de l'appui. Si les forces d'appui sont rapportées au système de coordonnées globales, les signes résultent des directions des axes globaux. Si l'axe global Z est dirigé vers le bas, le cas de charge du poids propre résulte en force d'appui positive p_z , et une charge de vent contre l'axe global X a une force d'appui négative p_x . Ainsi, les forces d'appui affichées dans le tableau représentent les charges de fondation.

Si les forces d'appui locales p_x , p_y et p_z sont affichées, les forces sont rapportées aux axes des appuis linéiques X', Y' et Z'. Ainsi, les signes dans le tableau pour les forces introduites résultent des directions des axes d'appui locaux. Utilisez le navigateur *Afficher* ou le menu contextuel des appuis linéiques pour afficher ces axes.



Menu contextuel d'un appui linéique

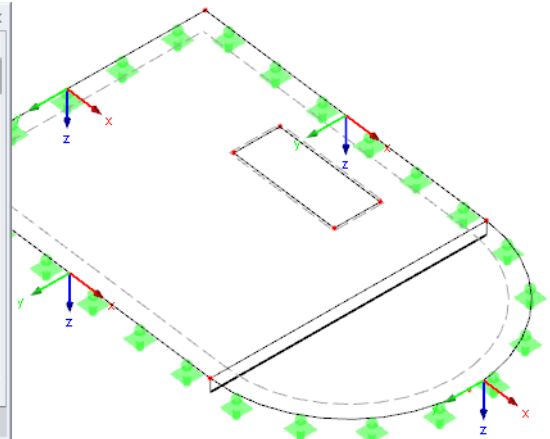
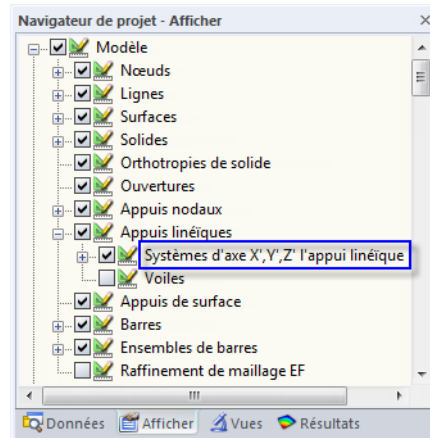


Figure 8.13 : Activation du système d'axes des appuis linéiques locaux dans le navigateur *Afficher*

Les vecteurs verts affichés dans le graphique de la fenêtre graphique vous montrent les forces de réaction d'une partie des appuis. Les composants des réactions de l'appui sont visualisés par taille et par direction des vecteurs.

Moments d'appui m_x / m_y / m_z

Les moments d'appui sont listés dans les trois colonnes de tableau où ils sont stockés par ligne. Ils sont rapportés au système d'axes globaux XYZ ou au système d'axes locaux de l'appui linéique X'Y'Z'. Si vous définissez la référence locale, les moments d'appui sont indiqués avec m_x , m_y et m_z .

Le tableau vous montre les moments qui sont introduits dans les appuis. Ainsi, compte tenu des signes, le tableau ne vous montre pas les réactions d'une partie d'appui linéique.

Néanmoins, dans la fenêtre graphique, les moments de réaction sont affichés sur une partie de l'appui.

En complément à l'affichage de vecteur, un affichage d'arc peut être défini : Pointez sur *Propriétés d'affichage* dans le menu *Options* et sélectionnez *Modifier* (voir la Figure 8.6, page 302).

Sommes de contrôle

A la fin du tableau, RFEM affiche les sommes de contrôle des charges et des réactions d'appui pour les cas de charge et les combinaisons de charge. Elles sont toujours rapportées au système d'axes globaux. Il y a des différences entre les sommes de Σ Forces et Σ Charges si le modèle a des appuis nodaux additionnels et des barres ou surfaces avec la fondation élastique. Ainsi, la somme Σ Forces disponible dans ces tableaux doit être considérée pour un résumé total.

Diagrammes de résultats

Les diagrammes de résultats des appuis linéiques peuvent être évalués spécifiquement dans une nouvelle fenêtre : Cliquez par le bouton droit de la souris sur les appuis linéiques (sélectionnés) et puis, cliquez sur l'option *Diagrammes de résultats* dans le menu contextuel (voir la figure dans la marge à gauche dans la Figure 8.13).

Pour plus d'informations détaillées sur la fenêtre *Diagramme de résultats*, voir le chapitre 9.5 à la page 375.

Dans la fenêtre graphique, il y a les informations additionnelles disponibles pour chaque appui linéique :

- Σ Somme comme la force résultante
- Φ Valeur moyenne
- X Distance entre le point à la moitié de la ligne et le début de la ligne
- E Excentricité de la force résultante rapportée au point à la moitié de la ligne
- M Moment du à l'excentricité de la force résultante

Pour afficher cette information, sélectionnez *Résultats* dans le navigateur *Afficher*, cliquez deux fois sur *Réactions d'appui* et puis, cochez la case pour *Info*.

Importer les forces comme une charge

Les composants Z des forces d'appui nodal et linéique d'un autre modèle RFEM peuvent être appliqués comme charges au modèle sur lequel vous travaillez actuellement. De cette façon, vous pouvez transférer les charges par plancher pour l'analyse 2D des dalles de plancher.

Les forces d'appui seront importées dans le cas de charge courant. Ainsi, il peut être utile si vous créez d'abord un cas de charge pour les nouvelles charges.

Pour ouvrir la boîte de dialogue d'importation,

sélectionnez **Importer des réactions d'appui comme une charge** dans le menu **Outils**.

p-Z
 Σ : 445.08 kN
 Φ : 63.58 kN/m
 x: 3.500 m
 e: 0.284 m
 M: 126.350 kNm

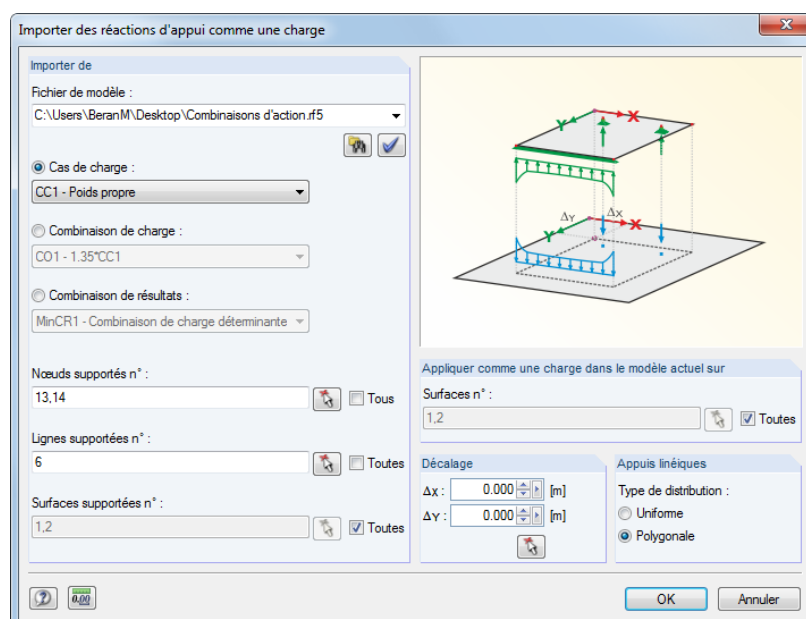


Figure 8.14 : Boîte de dialogue *Importer des réactions d'appui comme une charge*



D'abord, spécifiez le modèle correspondant dans la section de dialogue *Importer de*. Le bouton affiché à gauche vous aide à sélectionner le modèle correct. Puis, RFEM importe les cas de charge, combinaisons de charge et combinaisons de résultats calculés pour lesquels vous devez prendre la décision suivante. Quand vous définissez une combinaison de résultats (CR), vous devez aussi définir si vous voulez importer les forces d'appui maximales ou minimales.



Si vous ne voulez pas importer *toutes* les forces d'appui, vous pouvez spécifier les numéros des nœuds, des lignes et des surfaces correspondants. Vous pouvez les sélectionner aussi graphiquement dans le modèle original en utilisant la fonction [^].



Dans la section de dialogue *Appliquer comme une charge dans le modèle actuel sur*, insérez les numéros des surfaces pour lesquelles vous voulez créer les charges. Vous pouvez les sélectionner aussi graphiquement.

Si les surfaces d'origine et les surfaces visées se trouvent exactement l'une sur l'autre, aucune entrée n'est nécessaire dans la section de dialogue *Décalage*. Sinon, vous pouvez utiliser les champs d'entrée pour définir les décalages globaux ΔX et ΔY pour l'importation. Ils sont rapportés aux axes globaux.

Dans la section de dialogue *Appuis linéiques*, vous pouvez choisir si les forces d'appui sont créées comme charges linéiques libres avec une distribution de charge uniforme ou polygonale.

Les forces d'appui de filtrage des combinaisons de résultats



Pour les combinaisons de résultats, il est possible d'ajuster les paramètres par défaut des valeurs extrêmes affichées dans le tableau de résultats. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats**

ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

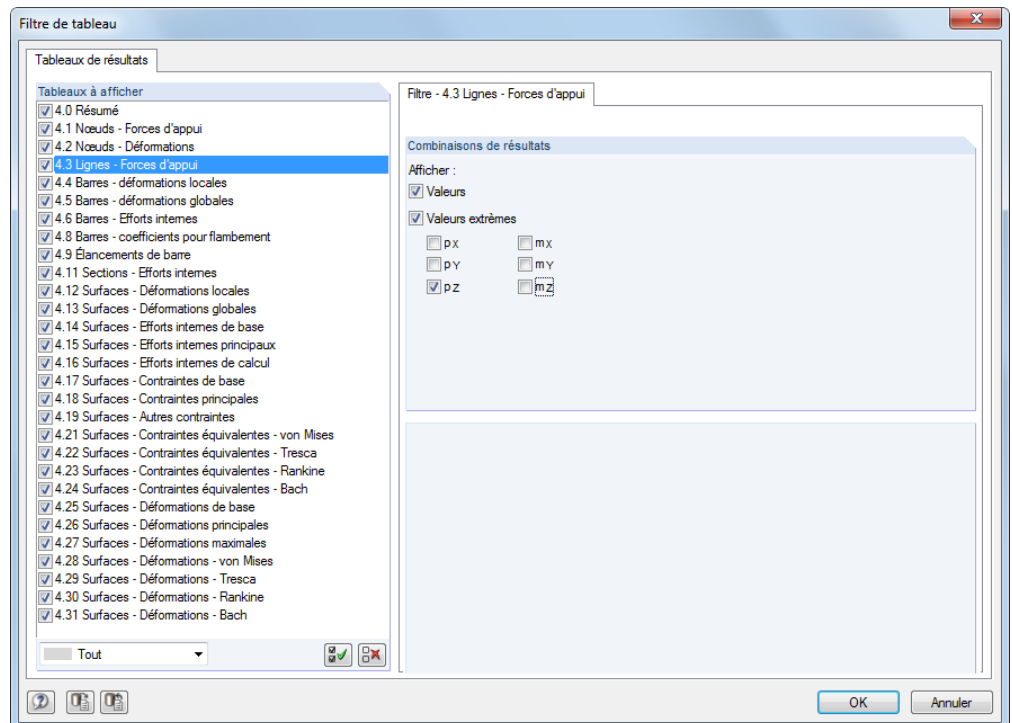


Figure 8.15 : Boîte de dialogue *Filtre de tableau*

Les cases dans la boîte de dialogue *Filtre de tableau* contrôlent le type et la quantité de sortie numérique.

8.4 Barres - Déformations

Pour contrôler l'affichage graphique des déplacements de barre et des rotations de barre, cochez la case pour les *Barres* dans le navigateur *Résultats*. Quand des sections asymétriques sont utilisées, vous pouvez sélectionner si les résultats sont rapportés aux axes principaux u et v (voir le graphique à la page 127) ou bien aux axes d'entrée standard y et z . Le tableau 4.4 vous montre les déformations locales de la barre sous forme numérique.

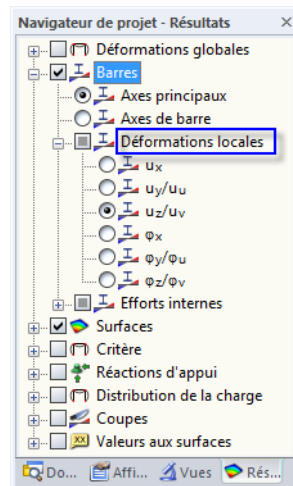


Figure 8.16 : Navigateur Résultats : Barres → Déformations locales

4.4 Barres - déformations locales

CO1 - 1.35°CCL

Barre n°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Nœud n°	Position x [m]	l [m]	Déplacements [mm]			Rotations [mrad]			Section	
			u_x	u_y / u_u	u_z / u_v	φ_x	φ_y / φ_u	φ_z / φ_v		
6	2	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	3 - HE A 300 : DIN 1025-3:1994
	16	3.843	1.0	-0.2	1.0	0.1	0.0	0.1	0.9	
	Max u_x	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	
	Min u_x	3.843	1.0	-0.2	1.0	0.1	0.0	0.1	0.9	
	Max u_y	3.843	1.0	-0.2	1.0	0.1	0.0	0.1	0.9	
	Min u_y	1.281	0.7	-0.1	-0.6	0.4	0.0	-0.1	0.1	
	Max u_z	1.601	0.7	-0.1	-0.5	0.4	0.0	0.0	0.3	
	Min u_z	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	
	Max φ_x	3.843	1.0	-0.2	1.0	0.1	0.0	0.1	0.9	
	Min φ_x	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	
8	19	0.000	0.7	0.6	0.0	0.3	-0.1	-0.3	0.0	3 - HE A 300 : DIN 1025-3:1994
	20	6.059	0.7	0.6	-0.1	0.3	-0.2	0.3	0.0	
	Max φ_y	2.882	0.3	-0.2	0.2	0.3	0.0	0.2	0.8	
	Min φ_y	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	
	Max φ_z	3.843	1.0	-0.2	1.0	0.1	0.0	0.1	0.9	
	Min φ_z	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.8	-1.0	

Nœuds - Forces d'appui | Nœuds - Déformations | Lignes - Forces d'appui | Barres - déformations locales | Barres - déformations globales | Barres - Efforts internes

Figure 8.17 : Tableau 4.4 Barres - Déformations locales

CC3: Neige

Pour afficher les déformations d'un cas de charge particulier, sélectionnez le cas de charge de la liste dans la barre d'outils principale ou la barre d'outils du tableau.

Nœud n°

Les numéros des nœuds de début et de fin sont affichés pour chaque barre dans les deux premières lignes de tableaux afin que vous puissiez lire les valeurs nodales. Dans les lignes suivantes, vous pouvez voir les informations sur le maximum ou le minimum de déformation affiché dans les colonnes de tableau D à I.

Position x

Le tableau liste les déformations de chaque barre sur les positions suivantes :

- Nœud de début et de fin
- Points de division selon la division de barre définie (voir le chapitre 4.16, page 146)
- Valeurs extrêmes (*Max/Min*) des déplacements et des rotations



Pour ajuster les paramètres par défaut des positions x affichées dans le tableau de résultats, sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats** ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

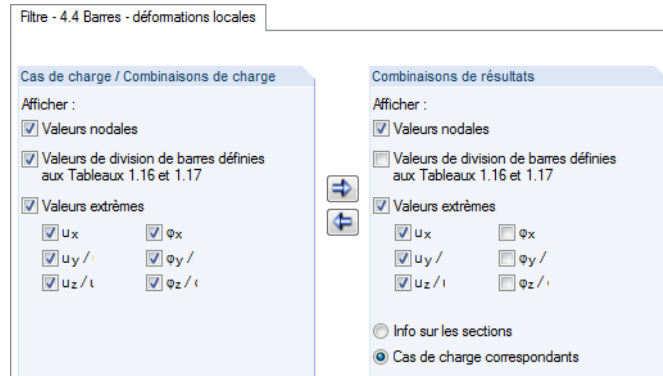


Figure 8.18 : Boîte de dialogue *Filtre de tableau* (section de dialogue)

Les cases dans la boîte de dialogue *Filtre de tableau* (voir la Figure 8.15, page 308) contrôlent le type et la quantité de sortie numérique.

Déplacements / rotations

Les déformations de barre ont les significations suivantes :

$ u $	Déplacement total absolu (pas pour les combinaisons de résultats)
u_x	Déplacement de barre en direction de son axe longitudinal
u_y / u_u	Déplacement de barre en direction de l'axe local y ou u (voir la page 127)
u_z / u_v	Déplacement de barre en direction de l'axe local z ou v
φ_x	Rotation de la barre autour de l'axe longitudinal
φ_y / φ_u	Rotation de la barre autour de l'axe local y ou u
φ_z / φ_v	Rotation de la barre autour de l'axe local z ou v

Tableau 8.2: Déformations de barre

Pour vérifier la position des axes de barre locaux, sélectionnez *Modèle* et *Barres* dans le navigateur *Affichage* et activez les *Systèmes d'axe de barre x,y,z* (voir la Figure 8.24, page 314). Vous pouvez utiliser aussi le menu contextuel de la barre affiché à gauche.

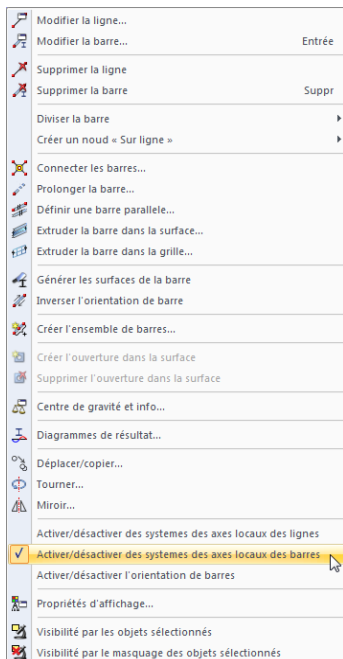
En outre, le système d'axes locaux de la barre influence les signes des déformations. Un déplacement positif suit la direction de l'axe local positif, une rotation positive agit dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'axe de barre positif.

Section

La colonne finale du tableau vous informe sur les sections utilisées dans les barres ou sur les cas de charge correspondants (pour les combinaisons de résultats).

Dans la fenêtre graphique, les déformations des barres peuvent être représentées avec un affichage de deux ou de plusieurs couleurs tout comme dans le mode de rendu (voir le chapitre 9.3, page 366).

De plus, les déformations de barre peuvent être visualisées comme animation du processus de déformation (voir le chapitre 9.10, page 399).



Menu contextuel de la barre



8.5 Barres - Déformations globales



Pour contrôler l'affichage graphique des déplacements et des rotations de barre rapportés aux axes globaux X, Y et Z, cochez la case pour les *Déformations globales* dans le navigateur *Résultats*. Le tableau 4.5 vous montre les déformations globales des barres sous forme numérique.

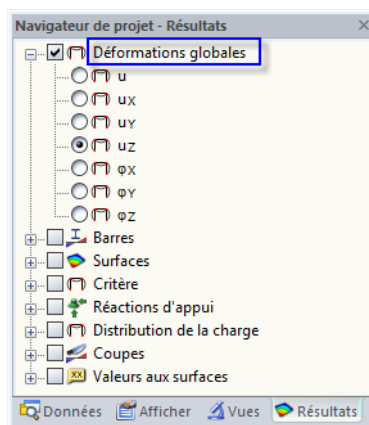


Figure 8.19 : Navigateur *Résultats* : *Déformations globales*

4.5 Barres - déformations globales

Figure 8.20 : Tableau 4.5 Barres - *Déformations globales*

Les colonnes de tableau *Nœud n°* et *Position x* correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédent 4.4 *Barres - Déformations locales*.

Déplacements / rotations

Les déformations de barre ont les significations suivantes :

u	Déplacement total absolu (pas pour les combinaisons de résultats)
ux	Déplacement de la barre en direction de l'axe global X
uy	Déplacement de la barre en direction de l'axe global Y
uz	Déplacement de la barre en direction de l'axe global Z
φx	Rotation de la barre autour de l'axe global X
φy	Rotation de la barre autour de l'axe global Y
φz	Rotation de la barre autour de l'axe global Z

Tableau 8.3 : Déformations globales de la barre

8.6 Barres - Efforts internes

Pour contrôler l'affichage graphique des efforts internes de la barre, cochez la case pour les *Barres* dans le navigateur *Résultats*. Le tableau 4.6 vous montre les efforts internes et les moments sous forme numérique.

Si la structure est un modèle 2D, RFEM ne vous affiche que les colonnes de tableau des efforts internes qui correspondent au système structurel plan.

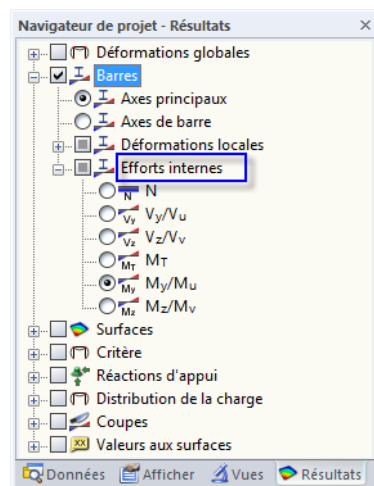



Figure 8.21 : Navigateur Résultats : Barres → Efforts internes

4.6 Barres - Efforts internes

 CR1 - Valeurs caractéri

Barre n°	A Nœud n°	B Position x [m]	C	D	E Forces [kN] V _y / V _u	F V _z / V _v	G M _T	H Moments [kNm] M _y / M _u	I M _z / M _v	J Cas de charge correspondants
5	15	0.000	max N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	CC 1,3
			min N	-7.70	0.00	7.18	0.00	0.00	0.00	
			max V _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			min V _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			max V _z	-7.70	0.00	7.18	0.00	0.00	0.00	
			min V _z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			max M _T	-7.70	0.00	7.18	0.00	0.00	0.00	
			min M _T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			max M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			min M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			max M _z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			min M _z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	16	6.059	max N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	CC 1,3
			min N	-5.68	0.00	-7.18	0.00	0.00	0.00	
			max V _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			min V _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Lignes - Forces d'appui

Barres - déformations locales

Barres - déformations globales

Barres - Efforts internes

Élancements de barre

Sections - Efforts internes

Figure 8.22 : Tableau 4.6 Barres – Efforts internes

CC3: Neige

Pour afficher les efforts internes d'un cas de charge particulier, sélectionnez le cas de charge de la liste dans la barre d'outils principale ou dans la barre d'outils des tableaux.

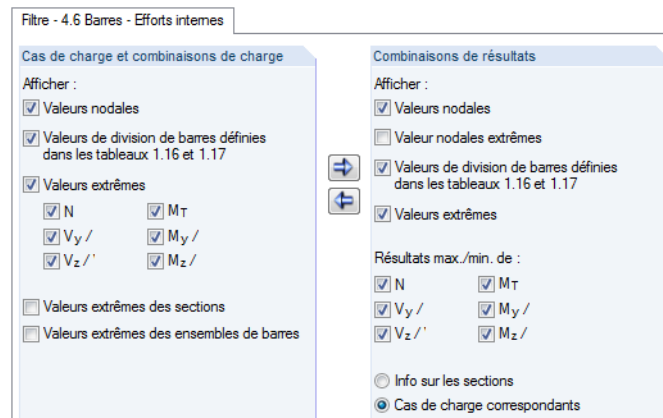
Position x

Le tableau liste les efforts internes de chaque barre sur les positions suivantes :

- Nœud de début et de fin
- Points de division selon la division de barre définie (voir le chapitre 4.16, page 146)
- Valeurs extrêmes (Max/Min) des efforts internes



Pour ajuster les paramètres par défaut des positions x affichées dans le tableau de résultats, sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats** ou utilisez le bouton dans la barre d'outils du tableau figuré à gauche.

Figure 8.23 : Boîte de dialogue *Filtre de tableau* (section de dialogue)

Les cases dans la boîte de dialogue *Filtre de tableau* contrôlent le type et la quantité de sortie numérique (voir le chapitre 11.5.5, page 515).

Le graphique de diagramme pour les efforts internes est basé sur les valeurs de résultats disponibles aux nœuds du maillage EF ou bien aux divisions de barre qui ont été définies dans l'onglet de dialogue *Calcul global des Paramètres* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir le chapitre 7.3.3 page 288).

Forces / moments

Les efforts internes de la barre ont les significations suivantes :

N	Effort normal de la barre
V_y / V_u	Effort tranchant en direction de l'axe de barre local y ou u (voir la page 127)
V_z / V_v	Effort tranchant en direction de l'axe de barre local z ou v
M_T	Moments de torsion
M_y / M_u	Moment fléchissant autour de l'axe y ou u
M_z / M_v	Moment fléchissant autour de l'axe z ou v

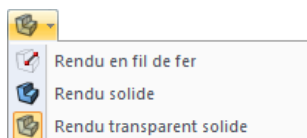
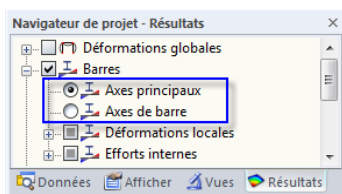
Tableau 8.4 : Efforts internes des barres

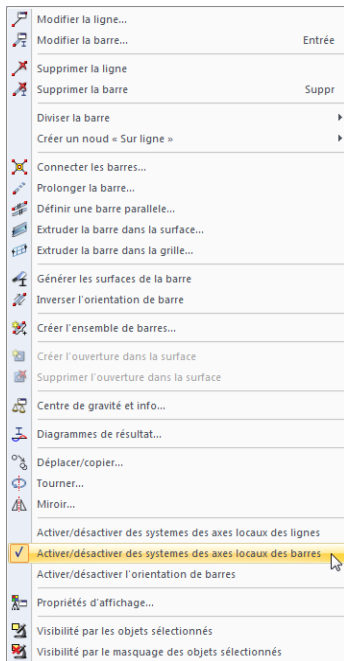
Les axes de barre locaux y et z ou u et v sont les axes principaux de la section. L'axe y ou u représente l'axe « fort », l'axe « faible » est représenté par l'axe z ou v (voir le chapitre 4.17, page 155). Quand vous utilisez des sections non symétriques, vous pouvez sélectionner si les efforts internes sont rapportés aux axes principaux u et v (voir le graphique à la page 127) ou aux axes d'entrée standard y et z.

Pour définir l'affichage de résultats, utiliser le navigateur *Résultats* comme affiché à gauche. Ces paramètres d'affichage influencent la sortie des résultats graphiques ainsi que la sortie des résultats dans les tableaux.

Quand vous effectuez une analyse non linéaire, les efforts internes peuvent être rapportés aux systèmes d'axe de barre déformés. La référence des efforts internes est définie dans la section de dialogue *Options* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir le chapitre 7.3.1, page 282).

Pour vérifier la position de la barre, utilisez le rendu 3D. Vous pouvez aussi utiliser le navigateur *Afficher* où vous sélectionnez le *Modèle* et les *Barres* et puis, vous cochez la case pour les *Systèmes d'axes de barre x,y,z* (voir la figure ci-dessous).





Menu contextuel de la barre

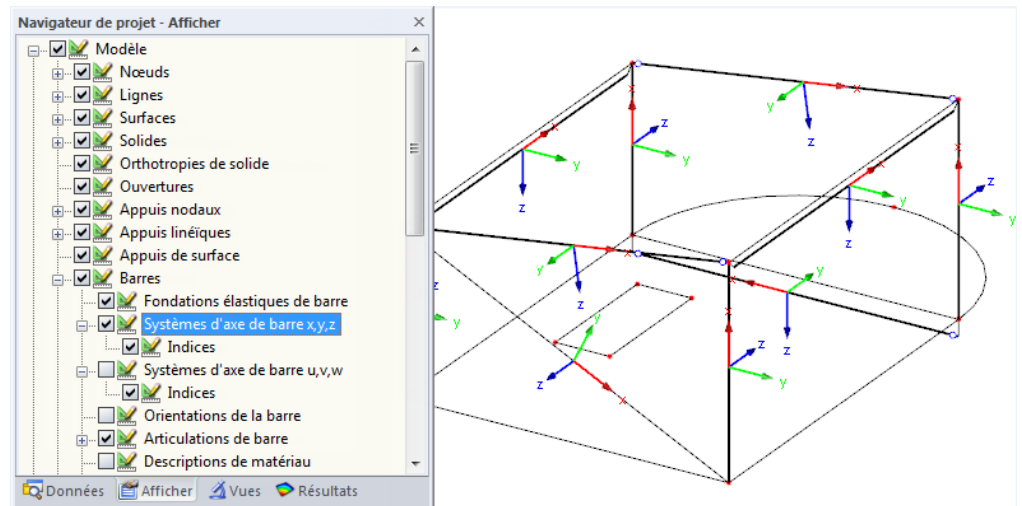


Figure 8.24 : Sélection des systèmes d'axes locaux de la barre dans le navigateur Afficher

L'affichage des axes de barre peut être aussi activé dans le menu contextuel de la barre affiché à gauche.

Le système d'axes locaux de la barre influence les signes des efforts internes.

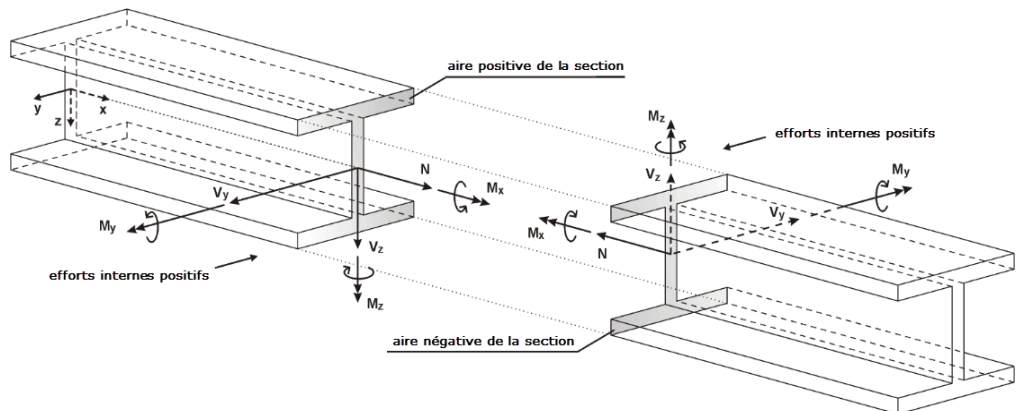


Figure 8.25 : Définition positive des efforts internes

Le moment fléchissant M_y est positif si les contraintes de traction se trouvent sur le côté positif de la barre (en direction de l'axe z). M_z est positif si les contraintes de compression se trouvent sur le côté positif de la barre (en direction de l'axe y). La définition de signe pour les moments de torsion, les efforts normaux et tranchants correspond aux conventions communes. Ces efforts internes sont positifs s'ils agissent en direction positive.

Valeurs extrêmes

Si l'affichage de tableau des valeurs extrêmes est activé (voir la Figure 8.23, page 313), RFEM vous montre les efforts internes maximaux positifs (*Max*) et minimaux négatifs (*Min*) pour chaque barre. Dans le tableau de résultats, les valeurs extrêmes sont soulignées en gras. Les valeurs dans les colonnes restantes de la ligne de tableau correspondante représentent les efforts internes rapportés aux valeurs extrêmes (voir aussi le chapitre 11.5.5, page 515).

Section / cas de charge correspondant

La colonne finale du tableau vous informe sur les sections utilisées dans les barres.

Combinaisons de résultats

Quand vous regardez les résultats des combinaisons de résultats, la colonne est intitulée avec *Cas de charge correspondant* (voir la Figure 8.22). Le tableau vous montre les numéros des cas

de charge ou des combinaisons de charge qui ont été utilisés pour déterminer les efforts internes maximaux ou minimaux de la ligne de tableau correspondante. Les cas de charge classifiés comme *Permanents* sont toujours visibles dans cette colonne du tableau. Les cas de charge *Variables* ne sont affichés que si leurs efforts internes influencent les résultats d'une façon défavorable (voir le chapitre 5.6, page 215).

En même temps, le tableau est étendu par une nouvelle colonne de tableau qui est la troisième colonne C.

A la fin de la liste des efforts internes d'une barre, vous pouvez lire les valeurs maximales positives (**Max**) et minimales négatives (**Min**).



Il est possible de réduire la quantité de données dans les tableaux de combinaisons de résultats en utilisant les fonctions de filtre spécifiques disponibles dans la boîte de dialogue *Filtre de tableau* (voir la Figure 8.23, page 313). Pour ouvrir la boîte de dialogue,

sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats** ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

8.7 Barres - Forces de contact

Quand des barres avec des fondations élastiques sont dans le modèle (voir le chapitre 4.19, page 163), les forces et les moments de contact sont affichés numériquement dans le tableau 4.6. Pour contrôler l'affichage graphique des résultats, cochez la case pour les *Barres* dans le navigateur *Résultats*.

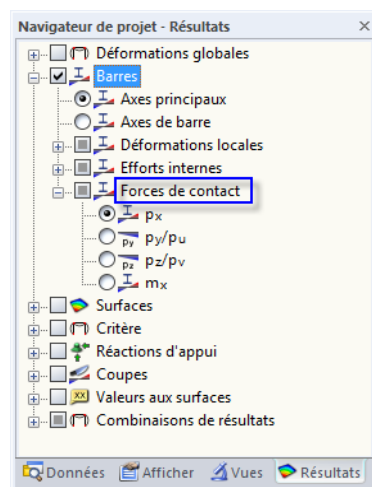


Figure 8.26 : Navigateur Résultats : Barres → Forces de contact

4.7 Barres - forces de contact

CO1 - 1.35°CCL

Barre n°	Nœud n°	Position x [m]	Forces de contact [kN/m]			Moments m _x [kNm/m]	Section
			p _x	p _y / p _u	p _z / p _v		
11	16	0.000	0.009	0.124	0.009	0.077	4 - HE B 260
	20	6.700	0.007	0.082	0.017	0.056	
	Max p _x	0.000	0.009	0.124	0.009	0.077	
	Min p _x	6.700	0.007	0.082	0.017	0.056	
	Max p _y	0.000	0.009	0.124	0.009	0.077	
	Min p _y	3.829	0.008	0.059	0.019	0.005	
	Max p _z	3.350	0.008	0.060	0.019	0.004	
	Min p _z	0.479	0.009	0.110	0.008	0.050	
	Max m _x	0.000	0.009	0.124	0.009	0.077	
	Min m _x	3.350	0.008	0.060	0.019	0.004	
	Σ forces		0.053	0.508	0.101		
	Σ charge		0.00		703.91		

Barres - déformations locales | Barres - déformations globales | Barres - Efforts internes | Barres - forces de contact

Figure 8.27 : Tableau 4.7 Barres - Forces de contact

Nœud No.

Dans les deux premières lignes du tableau, les numéros de nœuds de début et de fin sont affichés pour chaque barre de fondation. Les lignes restantes vous informent sur les types des valeurs extrêmes disponibles pour les forces et les moments de contact.



Pour ajuster les paramètres par défaut pour la sortie des valeurs extrêmes, sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats** ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

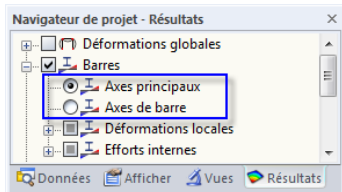
Position x

Le tableau liste les efforts internes de contact pour chaque barre sur les positions suivantes :

- Nœud de début et de fin
- Points de division selon la division de barre définie (voir le chapitre 4.16, page 146)
- Valeurs extrêmes (*Max/Min*) des forces et des moments de contact

Forces de contact $p_x / p_y / p_z$

Les forces de contact efficaces en direction des axes de barre locaux x , y et z sont affichées par rapport à la longueur standard. Quand vous utilisez des sections non symétriques, vous pouvez sélectionner si les forces de contact sont rapportées aux axes principaux u et v (voir le graphique à la page 127) ou bien aux axes d'entrée standard y et z . Pour définir l'affichage de résultats, utilisez le navigateur *Résultats*.



Pour vérifier la position des axes locaux, sélectionnez *Modèle* et *Barres* dans le navigateur *Afficher* et activez les *Systèmes d'axes de barre x,y,z* (voir la Figure 8.24). Les signes sont conformes aux définitions habituelles expliquées dans le chapitre 8.6 à la page 314 qui décrit les efforts internes des barres.

Quand vous voulez déterminer les pressions de contact de sol à la base des valeurs du tableau, en complément, vous devez diviser les résultats par les largeurs de section correspondantes.

Moments m_x

Les moments de contact autour de l'axe longitudinal x de la barre sont rapportés aussi à la longueur standard. Les moments de contact m_x sont influencés par la constante de ressort de rotation C_ϕ .

Section / cas de charge correspondant

La colonne finale du tableau vous informe sur les sections utilisées dans les barres. Quand vous définissez une combinaison de résultats, vous pouvez voir les cas de charge et les combinaisons de charge qui ont été utilisés pour déterminer les forces de contact maximales ou minimales dans la ligne de tableau correspondante.

Sommes de contrôle

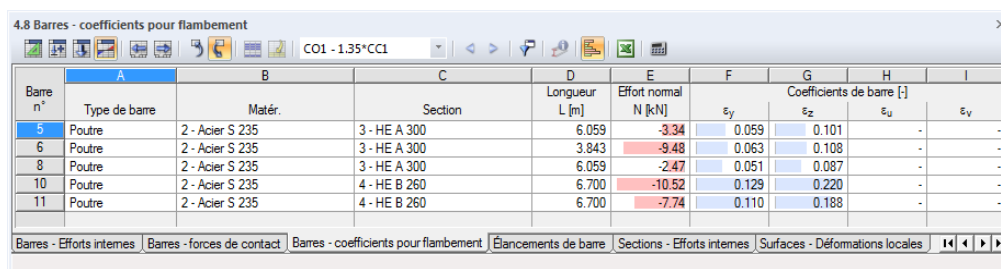
A la fin du tableau, RFEM affiche les sommes de contrôle des charges et les réactions d'appui pour les cas de charge et les combinaisons de charge. Les différences apparaissent entre les sommes Σ Forces et Σ Charges si le modèle contient des appuis nodaux ou linéiques additionnels ou bien des surfaces avec la fondation élastique. La somme Σ Forces disponible dans les tableaux 4.1, 4.3 et 4.20 doit donc être considérée aussi pour le résumé total.

8.8 Barres - Coefficients pour flambement

Quand vous calculez les modèles de barre sollicités à la pression selon l'analyse du second ordre, le coefficient de barre ε est important (voir le chapitre 7.3.1, page 279). Chaque barre a son propre coefficient de barre qui est déterminé à partir de l'effort de compression, de la longueur de la barre et de la rigidité de la barre.

Les barres avec des coefficients de barre supérieurs à 1 doivent être analysées, si c'est applicable, selon l'analyse du second ordre. Les normes de quelques pays comme les États Unis ont des règles où les coefficients de barre doivent être limités.

Le tableau 4.8 vous montre les coefficients de barre qui sont déterminants pour le flambement. Il n'y a pas d'option de sortie graphique.



Barre n°	Type de barre	Matér.	Section	Longueur L [m]	Effort normal N [kN]	ε_y	ε_z	ε_u	ε_v
5	Poutre	2 - Acier S 235	3 - HE A 300	6.059	-3.34	0.059	0.101	-	-
6	Poutre	2 - Acier S 235	3 - HE A 300	3.843	-9.48	0.063	0.108	-	-
8	Poutre	2 - Acier S 235	3 - HE A 300	6.059	-2.47	0.051	0.087	-	-
10	Poutre	2 - Acier S 235	4 - HE B 260	6.700	-10.52	0.129	0.220	-	-
11	Poutre	2 - Acier S 235	4 - HE B 260	6.700	-7.74	0.110	0.188	-	-

Figure 8.28 : Tableau 4.8 Barres - Coefficients pour flambement

Les coefficients de barre listés sont classés par numéro de barre.

Type de barre

Les types de barre sont indiqués pour information (voir le chapitre 4.17, page 149). RFEM détermine les coefficients de barre seulement pour les barres qui sont en mesure d'absorber les efforts de compression.

Matériau

Les caractéristiques de matériau influencent les rigidités de barre.

Section

Les moments d'inertie de l'aire de la section sont requis pour la détermination des rigidités de barre.

Longueur L

La colonne D du tableau vous montre les longueurs de barre.

Effort normal N

Les colonnes listent les efforts normaux utilisés pour la détermination du coefficient de barre. Ici, les efforts sont les efforts normaux qui agissent au milieu de la barre ($x = L/2$).

Les coefficients de barre sont déterminés seulement pour les barres qui ont des efforts de compression au moins dans une partie de la barre (poutre treillis) ou le long de toute la barre (barre de compression, barre de flambement etc.).

Coefficients de barre $\varepsilon_y / \varepsilon_z$

Le coefficient de barre dépend de la longueur L de la barre, de l'effort de compression N et de la rigidité $E \cdot I$.

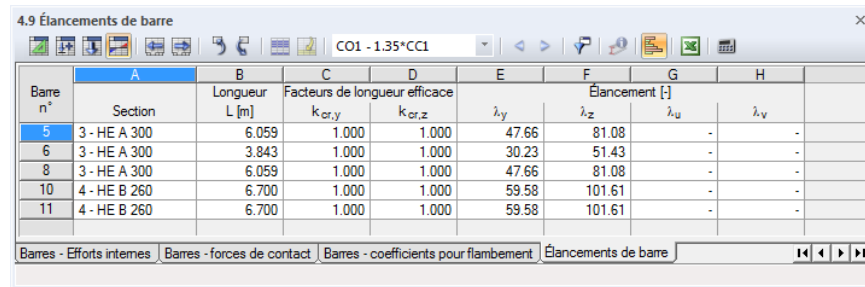
$$\varepsilon = L \cdot \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot I}}$$

Equation 8.1 : Coefficient de barre ε

Les colonnes F et G du tableau vous montrent les coefficients de barre rapportés au système d'axe local de la barre y et z. Quand vous utilisez des sections non symétriques comme des cornières, il y aura encore deux colonnes supplémentaires où les élancements de barre sont aussi affichés par rapport aux axes principaux u et v.

8.9 Élancements de barre

Le tableau 4.9 vous montre les rapports d'élancement des barres. Ils sont importants pour l'évaluation du comportement au flambement des barres sollicitées en compression. Il n'y a pas d'option de sortie graphique.



Barre n°	Section	Longueur L [m]	Facteurs de longueur efficace		Élancement [-]			
			$k_{cr,y}$	$k_{cr,z}$	λ_y	λ_z	λ_u	λ_v
5	3 - HE A 300	6.059	1.000	1.000	47.66	81.08	-	-
6	3 - HE A 300	3.843	1.000	1.000	30.23	51.43	-	-
8	3 - HE A 300	6.059	1.000	1.000	47.66	81.08	-	-
10	4 - HE B 260	6.700	1.000	1.000	59.58	101.61	-	-
11	4 - HE B 260	6.700	1.000	1.000	59.58	101.61	-	-

Figure 8.29 : Tableau 4.9 *Elancements de barre*

Les élancements de barre listés sont classés par numéro de barre.

Section

Le rayon de giration de la section est requis pour déterminer les élancements.

Longueur L

Les longueurs de barre sont indiquées dans la colonne B du tableau.

Facteurs de longueur efficace $k_{cr,y}$ / $k_{cr,z}$

Les coefficients de longueur de flambement décrivent le rapport entre la longueur de flambement et la longueur de la barre.

$$k_{cr} = \frac{L_{cr}}{L}$$

Equation 8.2 : Coefficient de longueur de flambement k_{cr}

La longueur de flambement L_{cr} est rapportée au comportement au flambement perpendiculaire à l'axe « fort » y de la barre ou bien à l'axe « faible » z de la barre. S'il n'y a pas de longueurs de flambement définies manuellement (voir le chapitre 4.17, page 159), le mode de flambement no. 2 d'EULER est supposé : Dans ce cas, la longueur de flambement est égale à la longueur de la barre. Les analyses plus précises peuvent être effectuées à l'aide du module additionnel RF-STABILITY ou dans les modules de vérification Dlubal comme RF-STEEL EC3.

Elancement λ_y / λ_z

Le rapport d'élancement représente une valeur géométrique pure. Il est déterminé à partir du facteur de longueur efficace k_{cr} , de la longueur de la barre L et du rayon de giration i.

$$\lambda = \frac{k_{cr} \cdot L}{i}$$

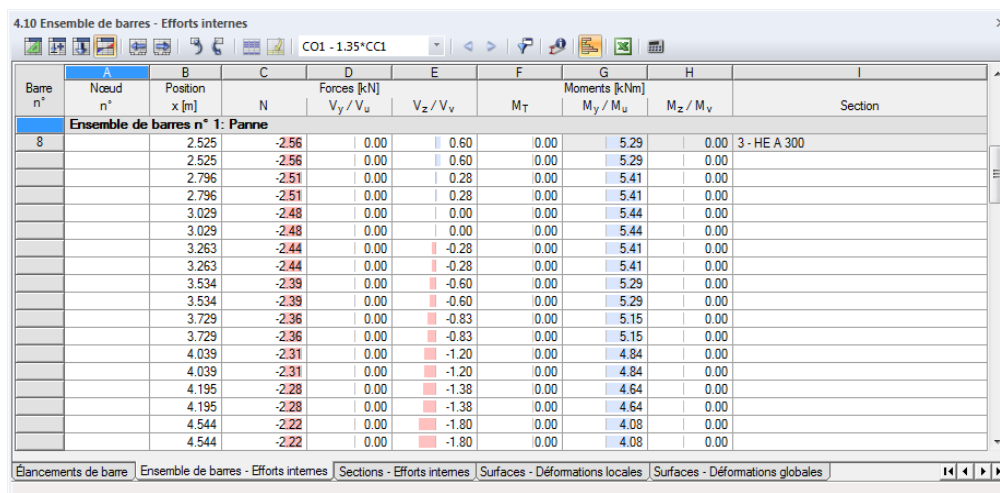
Equation 8.3 : Elancement λ

Les colonnes E et F du tableau vous montrent les élancements rapportés au système d'axes locaux y et z de la barre. Quand vous utilisez des sections non symétriques comme des cornières, il y aura encore deux colonnes supplémentaires où les élancements de barre sont aussi affichés par rapport aux axes principaux u et v.

8.10 Ensembles de barres - Efforts internes

Le tableau 4.10 vous montre les efforts internes classés par ensemble de barres (voir le chapitre 4.21, page 168).

4.10 Ensemble de barres - Efforts internes



Barre n°	A Nœud n°	B Position x [m]	C N	D Forces [kN] Vy / Vu Vz / Vv	E Vz / Vv	F MT	G Moments [kNm] My / Mu Mz / Mv	H Mz / Mv	I Section
Ensemble de barres n° 1: Panne									
8	2.525	-2.56	0.00	0.60	0.00	5.29	0.00	3 - HE A 300	
	2.525	-2.56	0.00	0.60	0.00	5.29	0.00		
	2.796	-2.51	0.00	0.28	0.00	5.41	0.00		
	2.796	-2.51	0.00	0.28	0.00	5.41	0.00		
	3.029	-2.48	0.00	0.00	0.00	5.44	0.00		
	3.029	-2.48	0.00	0.00	0.00	5.44	0.00		
	3.263	-2.44	0.00	-0.28	0.00	5.41	0.00		
	3.263	-2.44	0.00	-0.28	0.00	5.41	0.00		
	3.534	-2.39	0.00	-0.60	0.00	5.29	0.00		
	3.534	-2.39	0.00	-0.60	0.00	5.29	0.00		
	3.729	-2.36	0.00	-0.83	0.00	5.15	0.00		
	3.729	-2.36	0.00	-0.83	0.00	5.15	0.00		
	4.039	-2.31	0.00	-1.20	0.00	4.84	0.00		
	4.039	-2.31	0.00	-1.20	0.00	4.84	0.00		
	4.195	-2.28	0.00	-1.38	0.00	4.64	0.00		
	4.195	-2.28	0.00	-1.38	0.00	4.64	0.00		
	4.544	-2.22	0.00	-1.80	0.00	4.08	0.00		
	4.544	-2.22	0.00	-1.80	0.00	4.08	0.00		

Élancements de barre

Ensemble de barres - Efforts internes

Sections - Efforts internes

Surfaces - Déformations locales

Surfaces - Déformations globales

Figure 8.30 : Tableau 4.10 Ensemble de barres - Efforts internes

La structure du tableau est similaire à la structure du tableau 4.6 *Barres - Efforts internes* décrite dans le chapitre 8.6. Actuellement, les résultats sont classés par barre continue ou par groupe de barres. Les descriptions des ensembles de barres restent fixées dans la ligne supérieure du tableau afin que vous puissiez revoir plus facilement les données de résultats lors du défilement.

Le tableau inclut les résultats barre par barre de toutes les barres contenues dans l'ensemble de barres. La liste de résultats de l'ensemble d'extrémités de barre avec les lignes de tableau soulignées en couleur : Ils vous montrent les extrêmes totaux **MAX** et **MIN** de chaque type d'effort interne dans l'ensemble de barre. Les valeurs extrêmes sont soulignées en gras. Les valeurs dans les colonnes de tableau restantes représentent les efforts internes rapportés à la valeur extrême.



Vous pouvez réduire la quantité de données dans le tableau en utilisant des fonctions de filtre spécifiques disponibles dans la boîte de dialogue *Filtre de tableau* (voir le chapitre 11.5.5, page 515). Pour ouvrir la boîte de dialogue,

sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats** ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

8.11 Sections - Efforts internes

Le tableau 4.11 vous montre les efforts internes classés par section.

4.11 Sections - Efforts internes

CC1 - Poids propre

Barre n°	A Nœud n°	B Position x [m]	D Forces [kN]			F M_T	G Moments [kNm]		I
			C N	V_y / V_u	V_z / V_u		M_y / M_u	M_z / M_u	
Section n° 3: HE A 300									
5	15	0.000	-2.99	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
	16	6.059	-2.25	0.00	-2.66	0.00	0.00	0.00	
6	2	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
	16	3.843	-5.30	2.39	-5.96	0.00	-5.36	-0.03	
8	19	0.000	-2.36	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
	20	6.059	-1.61	0.00	-2.66	0.00	0.00	0.00	
8	MAX N	6.059	-1.61	0.00	-2.66	0.00	0.00	0.00	
6	MIN N	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
6	MAX V_y	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
5	MIN V_y	0.000	-2.99	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
5	MAX V_z	0.000	-2.99	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
6	MIN V_z	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
6	MAX M_T	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
8	MIN M_T	0.000	-2.36	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
6	MAX M_y	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
6	MIN M_y	3.843	-5.30	2.39	-5.96	0.00	-5.36	-0.03	
6	MAX M_z	0.000	-8.71	2.39	-5.96	0.00	17.54	9.14	
6	MIN M_z	3.843	-5.30	2.39	-5.96	0.00	-5.36	-0.03	
Section n° 4: HE B 260									
10	15	0.000	-8.04	0.00	3.05	0.00	-4.07	0.00	
	19	6.700	-8.04	0.00	-3.16	0.00	-4.42	0.00	
11	16	0.000	-5.96	-0.21	2.98	-0.06	-4.04	0.03	
	20	6.700	-5.93	0.18	-3.16	0.04	-4.65	0.03	
11	MAX N	6.700	-5.93	0.18	-3.16	0.04	-4.65	0.03	
10	MIN N	0.000	-8.04	0.00	3.05	0.00	-4.07	0.00	
11	MAX V_y	6.700	-5.93	0.18	-3.16	0.04	-4.65	0.03	
11	MIN V_y	0.000	-5.96	-0.21	2.98	-0.06	-4.04	0.03	
10	MAX V_z	0.000	-8.04	0.00	3.05	0.00	-4.07	0.00	
11	MIN V_z	6.700	-5.93	0.18	-3.16	0.04	-4.65	0.03	
11	MAX M_T	6.700	-5.93	0.18	-3.16	0.04	-4.65	0.03	

Élancements de barre Ensemble de barres - Efforts internes Sections - Efforts internes Surfaces - Déformations locales

Figure 8.31 : Tableau 4.11 Sections - Efforts internes

La structure du tableau est similaire à la structure du tableau 4.6 Barres - Efforts internes décrite dans le chapitre 8.6. Les résultats sont classés par section. Les descriptions des sections restent fixées dans la ligne supérieure du tableau afin que vous puissiez revoir plus facilement les données de résultats lors de défilement.

Le tableau inclut les résultats barre par barre de toutes les barres qui utilisent la section correspondante. La liste de résultats pour une section finit par les lignes de tableau soulignées en couleur : Ils vous montrent les extrêmes totaux **MAX** et **MIN** de chaque type d'effort interne dans la section. Les valeurs extrêmes sont soulignées en gras. Les valeurs dans les colonnes de tableau restantes représentent les efforts internes rapportés à la valeur extrême.



Vous pouvez réduire la quantité de données dans le tableau en utilisant des fonctions de filtre spécifiques disponibles dans la boîte de dialogue *Filtre de tableau* (voir le chapitre 11.5.5, page 515).

8.12 Surfaces - Déformations locales



Pour contrôler l'affichage graphique des déformations locales de surface, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats*. Le tableau 4.12 vous montre les déformations locales des surfaces sous forme numérique.

Pour les structures 2D, RFEM vous montre seulement les colonnes du tableau correspondant aux déformations.

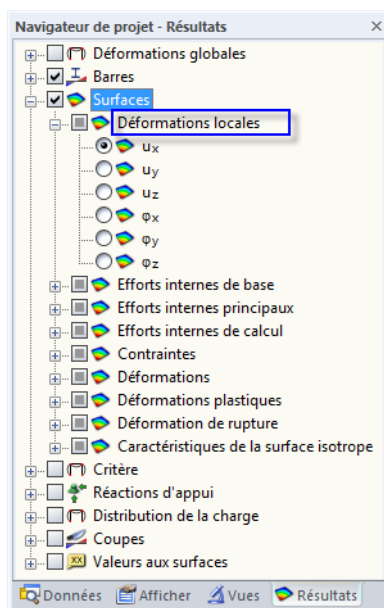


Figure 8.32 : Navigateur *Résultats* : *Surfaces* → *Déformations locales*

4.12 Surfaces - Déformations locales

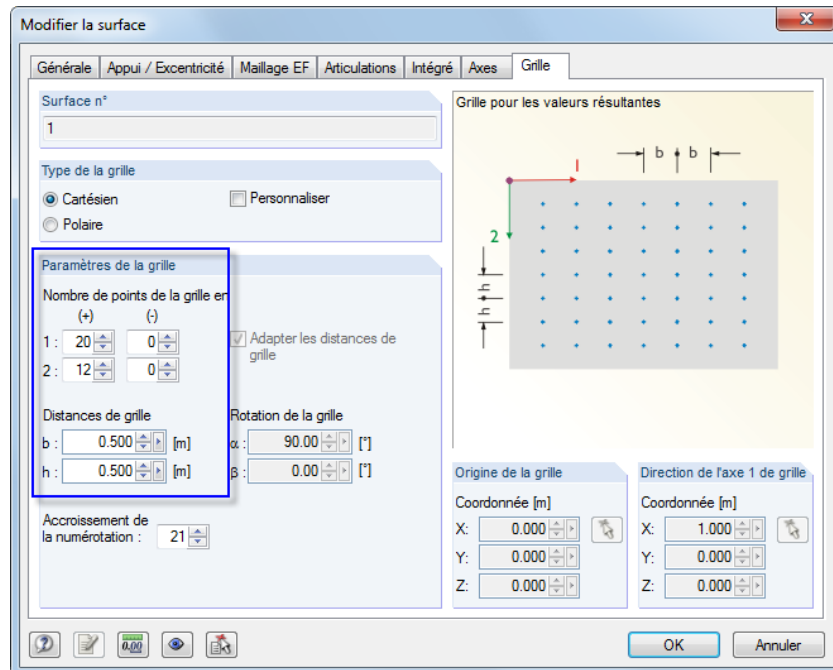
</

Figure 8.33 : Tableau 4.12 *Surfaces - Déformations locales*

Le tableau vous montre les déplacements et les rotations classés par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Ils représentent les caractéristiques d'une surface. Le nombre et l'arrangement des points de grille peuvent être ajustés dans l'onglet *Grille* de la boîte de dialogue *Modifier la surface*.

Figure 8.34 : Boîte de dialogue *Modifier la surface*, onglet *Grille*

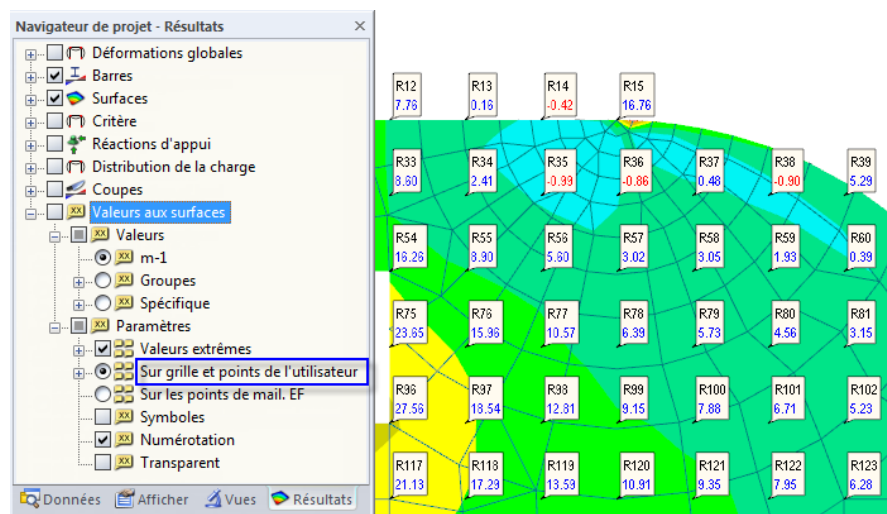
Dans l'onglet de dialogue *Grille*, vous pouvez définir le *Type de la grille*, les *Paramètres de la grille* et, si nécessaire, l'*Origine de la grille* tout comme la *Direction de l'axe 1 de grille*. Les paramètres par défaut représente une grille de surface cartésienne avec des *distances de grille* uniformes de 0.5 cm pour les points de grille dans les deux directions.



La grille vous permet une sortie de résultats dans les points de résultats ajustables de distance équidistante qui ne dépendent pas du maillage EF. Pour de petites surfaces, le maillage standard de la grille de 0.5 m peut faire seulement quelques points de grille (ou même seulement un point de grille de résultats à l'origine de grille). Puis, le *nombre* et la *distances* des points de grille peuvent être ajustés à la taille de surface afin de générer plus de points de grille.

Quand la grille de surface est modifiée, un nouveau calcul des résultats n'est pas nécessaire car les valeurs de grille sont interpolées à partir des résultats des nœuds EF.

La sortie de résultats dans le tableau est basée sur la grille de résultats de surface. Dans la fenêtre graphique, les valeurs des nœuds EF et des points de grille peuvent être affichées. Pour définir l'affichage, utiliser le navigateur *Résultats* :

Figure 8.35 : Navigateur *Résultats* : *Valeurs aux surfaces* → *Paramètres* → *Sur les points de grille* ou de *maillage EF*

RFEM donne les numéros aux points de grille automatiquement. Pour afficher les numéros des points de grille dans le graphique de résultats, cochez la case *Numérotation* dans le navigateur *Résultats* comme affiché dans la figure ci-dessus.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ. Quand vous cliquez dans une ligne du tableau, le point de grille correspondant est indiqué dans la fenêtre graphique par une flèche.

Déplacements / rotations

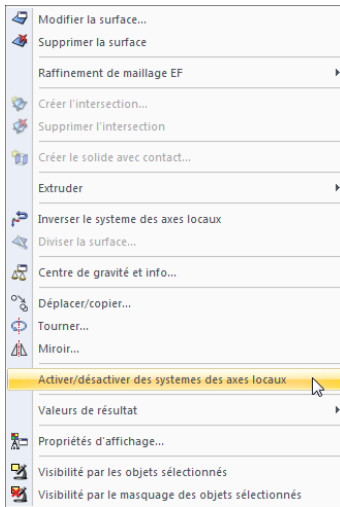
Les déformations ont les significations suivantes :

$ u $	Déplacement total absolu (pas pour les combinaisons de résultats)
u_x	Déplacement de la surface en direction de l'axe local x
u_y	Déplacement de la surface en direction de l'axe local y
u_z	Déplacement de la surface en direction de l'axe local z
φ_x	Rotation de la surface autour de l'axe local x
φ_y	Rotation de la surface autour de l'axe local y
φ_z	Rotation de la surface autour de l'axe local z

Tableau 8.5 : Déformations locales de la surface

Pour afficher les axes de surface locaux, utilisez le menu contextuel ou le navigateur *Afficher* où vous pouvez sélectionner **Modèle** → **Surfaces** → **Système d'axes de surface x,y,z**.

Quand vous analysez les surfaces courbées, les axes de surface sont rapportés aux axes des éléments finis (voir la Figure 8.40, page 326).



Menu contextuel de la surface

8.13 Surfaces - Déformations globales



Pour contrôler l'affichage graphique des déplacements et des rotations de surface rapportés aux axes globaux X, Y et Z, cochez la case *Déformations globales* dans le navigateur *Résultats*. Le tableau 4.13 vous montre les déformations globales des surfaces sous forme numérique.

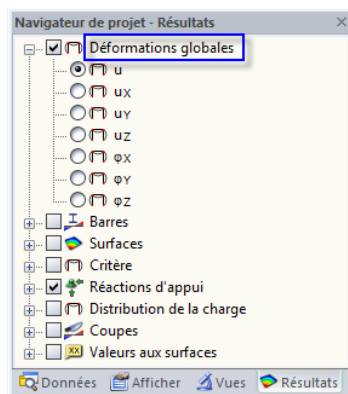


Figure 8.36 : Navigateur *Résultats* : *Déformations globales*

4.13 Surfaces - Déformations globales

CO1 - 1.35°C/C1

Surface n°	Grille Point	Coordonnées du point de grille [m]			Déplacements [mm]			Rotations [mrad]			
		X	Y	Z	u	u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z
1	1	0.000	0.000	0.000	0.2	-0.1	-0.0	0.1	1.1	-0.6	-0.0
	2	0.500	0.000	0.000	0.8	-0.1	-0.0	0.8	1.8	-1.9	-0.0
	3	1.000	0.000	0.000	1.8	-0.1	-0.0	1.8	1.6	-2.0	-0.0
	4	1.500	0.000	0.000	2.8	-0.1	-0.0	2.8	1.3	-1.8	-0.0
	5	2.000	0.000	0.000	3.6	-0.1	-0.0	3.6	1.1	-1.5	-0.0
	6	2.500	0.000	0.000	4.3	-0.1	-0.0	4.3	1.0	-1.0	-0.0
	7	3.000	0.000	0.000	4.6	-0.1	-0.0	4.6	0.9	-0.4	-0.0
	8	3.500	0.000	0.000	4.7	-0.1	-0.0	4.7	0.9	0.2	-0.0
	9	4.000	0.000	0.000	4.5	-0.1	-0.0	4.5	0.9	0.7	-0.0
	10	4.500	0.000	0.000	4.0	-0.1	-0.0	4.0	0.9	1.2	-0.0
	11	5.000	0.000	0.000	3.3	-0.1	-0.0	3.3	0.9	1.6	-0.0
	12	5.500	0.000	0.000	2.4	-0.1	0.0	2.4	0.9	1.7	-0.0
	13	6.000	0.000	0.000	1.5	-0.1	0.0	1.5	0.9	1.7	-0.0
	14	6.500	0.000	0.000	0.7	-0.1	0.0	0.7	0.9	1.4	-0.0
	15	7.000	0.000	0.000	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.8	0.5	0.0
	22	0.000	0.500	0.000	0.8	-0.1	-0.0	0.8	1.8	-1.7	-0.0

Sections - Efforts internes | Surfaces - Déformations locales | Surfaces - Déformations globales | Surfaces - Efforts internes de base

Figure 8.37 : Tableau 4.13 Surfaces - Déformations globales

Les colonnes du tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédent 4.12 *Surfaces - Déformations locales*.

Déplacements / rotations

Les déformations de surface ont les significations suivantes :

u	Déplacement total absolu (pas pour les combinaisons de résultats)
u _x	Déplacement de la surface en direction de l'axe global X
u _y	Déplacement de la surface en direction de l'axe global Y
u _z	Déplacement de la surface en direction de l'axe global Z
φ _x	Rotation de la surface autour de l'axe global X
φ _y	Rotation de la surface autour de l'axe global Y
φ _z	Rotation de la surface autour de l'axe global Z

Tableau 8.6 : Déformations globales de la surface

8.14 Surfaces - Efforts internes de base

Pour contrôler l'affichage graphique des efforts internes de base, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez les *Efforts internes de base*. Le tableau 4.14 vous montre les efforts internes de base des surfaces sous forme numérique.

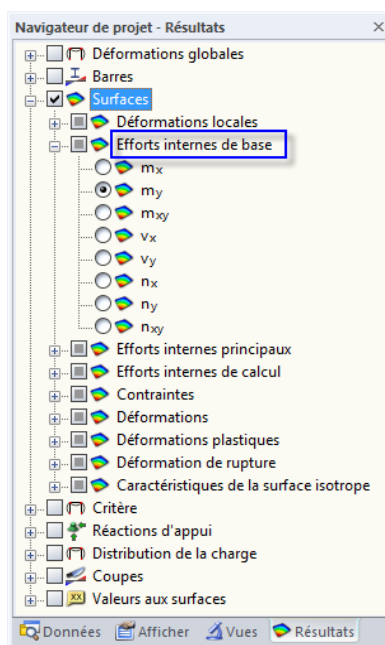
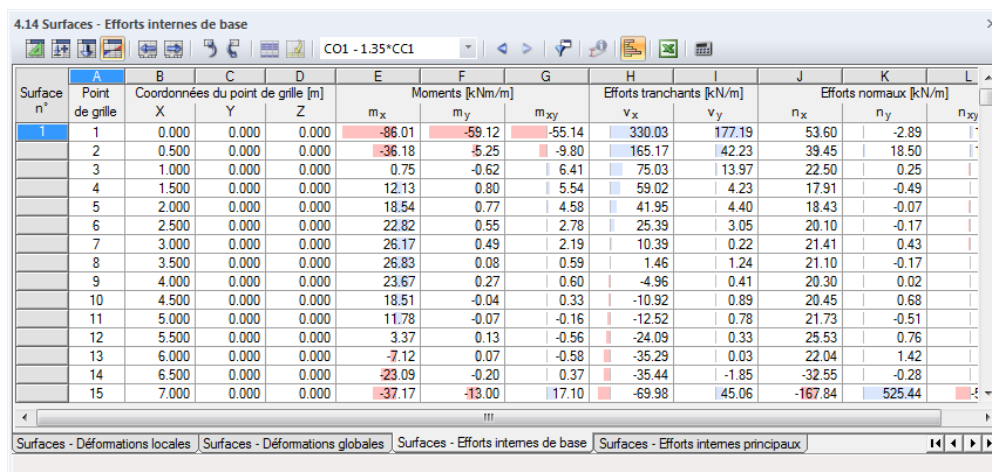


Figure 8.38 : Navigateur *Résultats* : *Surfaces* → *Efforts internes de base*



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Moments [kNm/m]			Efforts tranchants [kN/m]		Efforts normaux [kN/m]		
		X	Y	Z	m _x	m _y	m _{xy}	v _x	v _y	n _x	n _y	n _{xy}
1	1	0.000	0.000	0.000	-86.01	-59.12	-55.14	330.03	177.19	53.60	-2.89	1.1
	2	0.500	0.000	0.000	-36.18	-5.25	-9.80	165.17	42.23	39.45	18.50	1.1
	3	1.000	0.000	0.000	0.75	-0.62	6.41	75.03	13.97	22.50	0.25	1.1
	4	1.500	0.000	0.000	12.13	0.80	5.54	59.02	4.23	17.91	-0.49	1.1
	5	2.000	0.000	0.000	18.54	0.77	4.58	41.95	4.40	18.43	-0.07	1.1
	6	2.500	0.000	0.000	22.82	0.55	2.78	25.39	3.05	20.10	-0.17	1.1
	7	3.000	0.000	0.000	26.17	0.49	2.19	10.39	0.22	21.41	0.43	1.1
	8	3.500	0.000	0.000	26.83	0.08	0.59	1.46	1.24	21.10	-0.17	1.1
	9	4.000	0.000	0.000	23.67	0.27	0.60	-4.96	0.41	20.30	0.02	1.1
	10	4.500	0.000	0.000	18.51	-0.04	0.33	-10.92	0.89	20.45	0.68	1.1
	11	5.000	0.000	0.000	11.78	-0.07	-0.16	-12.52	0.78	21.73	-0.51	1.1
	12	5.500	0.000	0.000	3.37	0.13	-0.56	-24.09	0.33	25.53	0.76	1.1
	13	6.000	0.000	0.000	-7.12	0.07	-0.58	-35.29	0.03	22.04	1.42	1.1
	14	6.500	0.000	0.000	-23.09	-0.20	0.37	-35.44	-1.85	-32.55	-0.28	1.1
	15	7.000	0.000	0.000	-37.17	-13.00	17.10	-69.98	45.06	-167.84	525.44	1.1

Figure 8.39 : Tableau 4.14 *Surfaces - Efforts internes de base*

Le tableau vous montre les efforts internes de base classés par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ. Quand vous cliquez dans une ligne du tableau, le point de grille correspondant est indiqué dans la fenêtre graphique par une flèche.

Moments / efforts internes / efforts normaux

Contrairement aux efforts internes d'une barre, les efforts internes d'une surface sont symbolisés par de petites lettres. De la définition intégrale des moments fléchissant m_x et m_y , il résulte le fait que les moments sont rapportés aux directions des axes de surface où les contraintes normales correspondantes sont créées. Pour afficher les axes de surface, utilisez le menu contextuel de la surface (voir la Figure 4.115, page 124).

Quand vous analysez les surfaces courbées, les efforts internes sont rapportés aux axes locaux des éléments finis individuels. Les axes peuvent être affichés en cochant la case correspondante dans le navigateur *Afficher* :

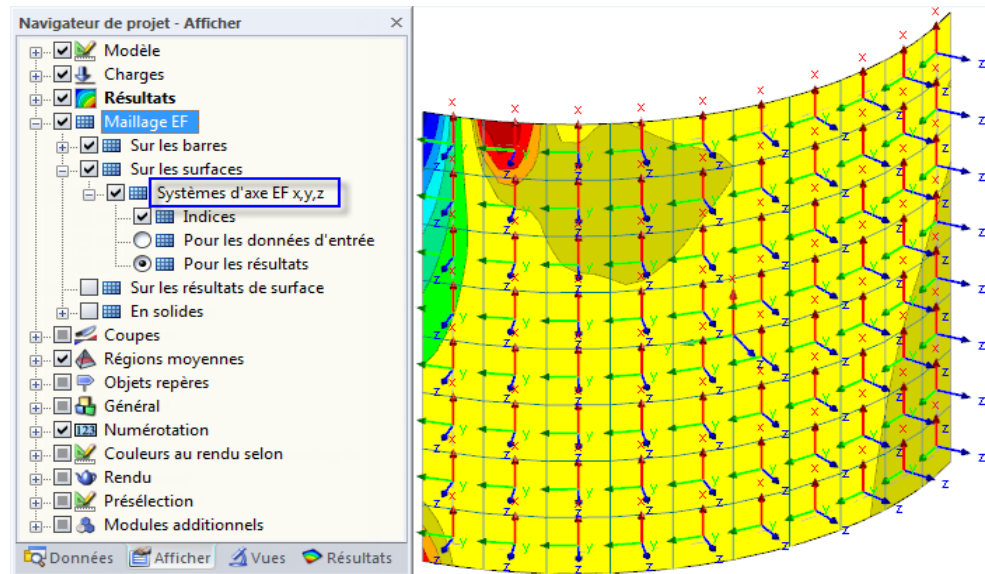


Figure 8.40 : Navigateur Afficher : Systèmes d'axe EF x,y,z



Il y a une différence principale dans la compréhension des efforts internes des surfaces et des barres : Un moment de barre M_y « tourne » autour de l'axe local y de la barre tandis qu'un moment de surface m_y agit en direction de l'axe local de surface y c'est-à-dire autour de l'axe x de la surface.

La figure suivante explique la définition des efforts internes de base des surfaces :

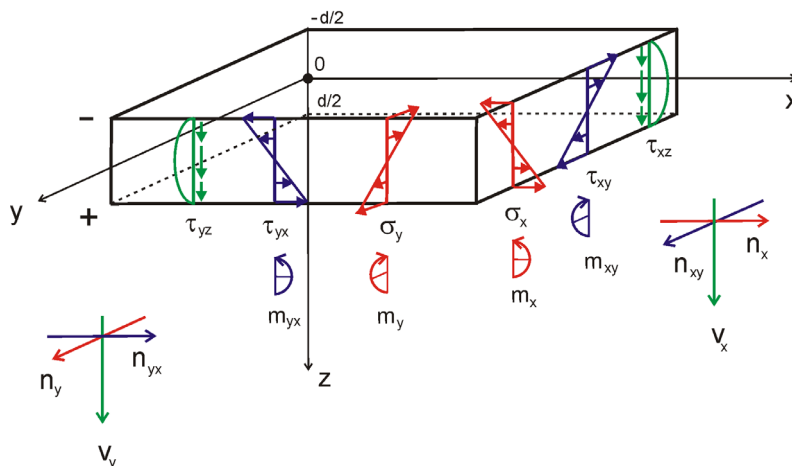


Figure 8.41 : Efforts internes de la surface et contraintes de la surface

Les moments tout comme les contraintes de cisaillement agissant perpendiculairement à la surface suivent un diagramme parabolique à travers l'épaisseur de la surface.



Les signes vous aident à voir sur quel côté de la surface l'effort interne agit. Néanmoins, les signes dépendent aussi de l'orientation de l'axe global Z : Si l'axe global Z est dirigé vers le bas (standard), les efforts internes positifs génèrent les contraintes de traction sur le côté positif de la surface (c'est-à-dire en direction de l'axe positif z de la surface). Elles sont visualisées par la barre bleue dans le tableau. Les efforts internes négatifs résultent en contraintes de compression sur le côté positif de la surface. Elles sont représentées par les barres rouges dans le tableau.

Si l'axe global Z est dirigé vers le haut, les signes des moments fléchissant et des efforts tranchants sont inversés.

Quand l'axe Z est dirigé vers le bas, les efforts internes de base sont déterminés de la façon suivante :

m_x	Moment fléchissant qui crée les contraintes en direction de l'axe local x $m_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x z dz$
m_y	Moment fléchissant qui crée les contraintes en direction de l'axe local y $m_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y z dz$
m_{xy}	Moments de torsion $m_{xy} = m_{yx} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} z dz$
v_x	Effort tranchant v_x $v_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
v_y	Effort tranchant v_y $v_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{yz} dz$
n_x	Effort normal en direction de l'axe local x $n_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x dz$
n_y	Effort normal en direction de l'axe local y $n_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y dz$
n_{xy}	Flux de cisaillement $n_{xy} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} dz$

Tableau 8.7 : Efforts internes de base

8.15 Surfaces - Efforts internes principaux

Pour contrôler l'affichage graphique des efforts internes de base, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Les efforts internes principaux*. Le tableau 4.15 vous montre les efforts internes principaux des surfaces sous forme numérique.

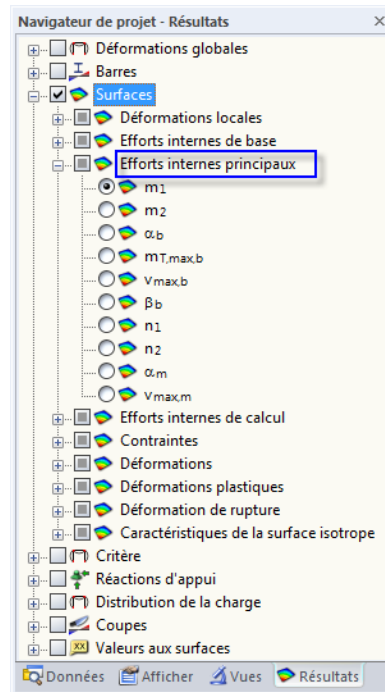


Figure 8.42 : Navigateur Résultats : Surfaces → Efforts internes de base

4.15 Surfaces - Efforts internes principaux

CO1 - 1.35°CCL

Surface n°	A Point de grille	B Coordonnées du point de grille X	C Y	D Z [m]	E				F				G				H				I				J				K				L																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					Moments [kNm/m]		α _b [°]		m _{T,max,b}		V _{max,b}		β _b [°]		n ₁		n ₂																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					m ₁	m ₂	α _b [°]	m _{T,max,b}	V _{max,b}	β _b [°]	n ₁	n ₂																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											</

Figure 8.43 : Tableau 4.15 Surfaces - Efforts internes principaux

Le tableau vous montre les efforts internes principaux classés par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Les colonnes du tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédant 4.14 *Surfaces - Efforts internes de base*.

Moments / efforts internes / efforts normaux

Les *Efforts internes de base* décrits dans le chapitre précédent sont rapportés au système de coordonnées xyz d'une surface défini plus ou moins librement. Par contre, les *Efforts internes principaux* représentent les valeurs extrêmes des efforts internes dans un élément de surface.

Pour atteindre cet objectif, les efforts internes de base sont transformés en directions des deux axes principaux. Les axes principaux 1 (valeur maximale) et 2 (valeur minimale) sont arrangés de façon orthogonale. Les efforts internes principaux sont déterminés à partir des efforts internes de base :

m_1	Moment fléchissant en direction de l'axe principal 1 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y + \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
m_2	Moment fléchissant en direction de l'axe principal 2 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y - \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
α_b	Angle entre l'axe local x (ou y) et l'axe principal 1 (ou 2) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot m_{xy}}{m_x - m_y} \right) \right]$
$m_{T,max,b}$	Moment de torsion maximal $\frac{\sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2}}{2}$
$v_{max,b}$	Effort tranchant résultant maximal des composants de flexion $v_{max,b} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
β_b	Angle entre l'effort tranchant principal $v_{max,b}$ et l'axe local x $\beta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$
n_1	Effort normal en direction de l'axe principal 1 $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y + \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
n_2	Effort normal en direction de l'axe principal 2 $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y - \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
α_m	Angle entre l'axe x et l'axe principal 1 (pour l'effort normal n_1) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) \right]$
$v_{max,m}$	Effort tranchant maximal des composants de membrane $\frac{\sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}}{2}$

Tableau 8.8 : Efforts internes principaux

Les directions des axes principaux α_b (pour les moments fléchissant), β_b (pour les efforts tranchants) et α_m (pour les efforts normaux) peuvent être affichées comme trajectoires dans la fenêtre graphique.

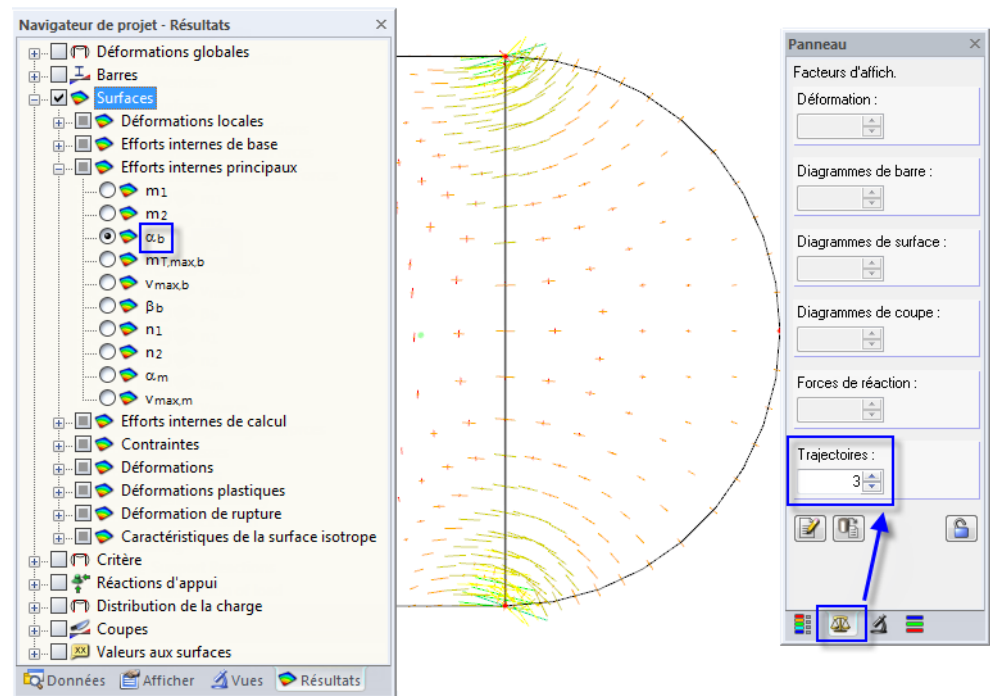


Figure 8.44 : Trajectoires des axes principaux

Dans la figure ci-dessus, l'affichage de l'angle α_b vous montre aussi la taille des moments correspondants principaux car les trajectoires sont échelonnées aux valeurs des moments m_1 et m_2 .

8.16 Surfaces - Efforts internes de calcul

Pour contrôler l'affichage graphique des efforts internes de calcul, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez les *Efforts internes de calcul*. Le tableau 4.16 vous montre les efforts internes de calcul des surfaces sous forme numérique.

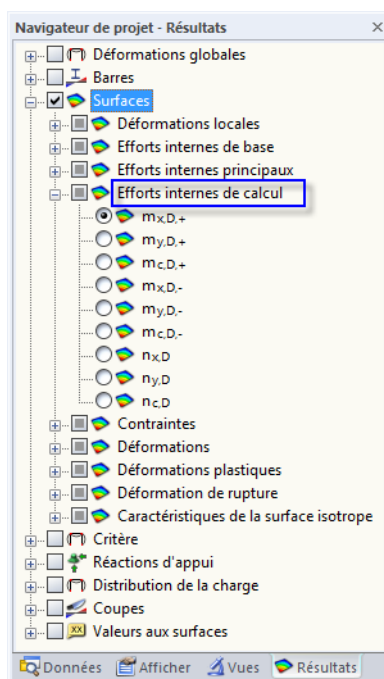


Figure 8.45 : Navigateur Résultats : Surfaces → Efforts internes de base

4.16 Surfaces - Efforts internes de calcul

CO1 - 1.35*CC1

Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Moments [kNm/m]						Efforts normaux [kN/m]	
		X	Y	Z	$m_{x,D+}$	$m_{y,D+}$	$m_{c,D+}$	$m_{x,D-}$	$m_{y,D-}$	$m_{c,D-}$	$n_{x,D}$	$n_{y,D}$
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00	-23.77	-121.36	141.15	114.27	-110.29	70.96	14.47
	2	0.500	0.000	0.000	0.00	-2.59	-38.83	45.98	15.05	-19.61	54.27	33.33
	3	1.000	0.000	0.000	7.16	5.79	-12.81	5.66	7.02	-12.81	23.03	0.78
	4	1.500	0.000	0.000	17.66	6.33	-11.07	0.00	1.73	-14.65	17.92	0.00
	5	2.000	0.000	0.000	23.12	5.35	-9.17	0.00	0.36	-19.67	18.87	0.37
	6	2.500	0.000	0.000	25.60	3.32	-5.55	0.00	-0.21	-23.16	20.68	0.41
	7	3.000	0.000	0.000	28.36	2.68	-4.38	0.00	-0.31	-26.36	21.85	0.87
	8	3.500	0.000	0.000	27.43	0.67	-1.19	0.00	-0.06	-26.84	21.59	0.31
	9	4.000	0.000	0.000	24.27	0.86	-1.20	0.00	-0.25	-23.68	20.39	0.12
	10	4.500	0.000	0.000	18.84	0.29	-0.65	0.00	0.04	-18.52	21.15	1.37
	11	5.000	0.000	0.000	11.94	0.09	-0.33	0.00	0.08	-11.78	21.84	0.10
	12	5.500	0.000	0.000	3.93	0.69	-1.11	0.39	0.15	-4.04	25.80	1.03
	13	6.000	0.000	0.000	0.00	0.12	-7.17	7.70	0.51	-1.16	23.35	2.74
	14	6.500	0.000	0.000	0.00	-0.19	-23.09	23.46	0.57	-0.74	0.00	1.60
	15	7.000	0.000	0.000	1.64	-2.45	-49.36	54.27	30.11	-34.20	100.84	543.68

Surfaces - Efforts internes de base | Surfaces - Efforts internes principaux | Surfaces - Efforts internes de calcul | Surfaces - Contraintes de base

Figure 8.46 : Tableau 4.16 Surfaces - Efforts internes de base

Le tableau vous montre les efforts internes de base classés par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Moments / efforts internes

Les moments de calcul et les efforts normaux affichés dans ce tableau sont basés sur l'analyse décrite dans DIN V ENV 1992-1-1, annexes 2, A 2.8 et A 2.9. De cette façon, RFEM donne une espèce d'outil auxiliaire requis pour le calcul manuel du béton armé aux utilisateurs qui n'ont pas accès au module de calcul RF-CONCRETE Surfaces. Comme le module additionnel utilise la méthode de BAUMANN, les efforts internes de calcul de RFEM ne sont pas appliqués dans le module.



Dans ce contexte, il est important de garder à l'esprit que les moments de calcul et les efforts normaux du tableau 4.16 ne doivent pas être combinés. Comme expliqué dans DIN V ENV 1992-1-1, annexe 2.8, les moments sont rapportés uniquement aux armatures de dalle. Les efforts normaux sont basés sur le calcul des éléments de voile décrits dans l'annexe 2.9.

Les efforts internes de calcul ont les significations suivantes :

$m_{x,D+}$	<p>Moment de calcul en direction de l'axe local x sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $m_x + m_{xy} \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_y \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_x < - m_{xy} $ $m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_y < - m_{xy} $
$m_{y,D+}$	<p>Moment de calcul en direction de l'axe local y sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $m_y + m_{xy} \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_y \geq - m_{xy} $ $m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_x < - m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_x < - m_{xy} $
$m_{c,D+}$	<p>Moment de calcul pour la contrainte de calcul de béton sur le côté positif de la surface</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_y \geq - m_{xy} $ $m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_x < - m_{xy} $ $m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_x < - m_{xy} $

$m_{x,D-}$	<p>Moment de calcul en direction de l'axe x sur le côté négatif de la surface</p> $-m_x + m_{xy} \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_y \leq m_{xy} $ $-m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_y > m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_x > m_{xy} $
$m_{y,D-}$	<p>Moment de calcul en direction de l'axe y sur le côté négatif de la surface</p> $-m_y + m_{xy} \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_y \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_x \leq m_{xy} $ $-m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_x > m_{xy} $
$m_{c,D-}$	<p>Moment de calcul pour la vérification de la contrainte de béton sur le côté négatif de la surface</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_y \leq m_{xy} $ $-m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{pour } m_x \leq m_y \text{ et } m_y > m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{pour } m_x > m_y \text{ et } m_x > m_{xy} $
$n_{x,D}$	<p>Effort de calcul en direction de l'axe local x</p> $n_x + n_{xy} \quad \text{pour } n_x \leq n_y \text{ et } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{pour } n_x > n_y \text{ et } n_y \geq - n_{xy} $ $n_x + \frac{n_{xy}^2}{ n_y } \quad \text{pour } n_x > n_y \text{ et } n_y < - n_{xy} $
$n_{y,D}$	<p>Effort de calcul en direction de l'axe local y</p> $n_y + n_{xy} \quad \text{pour } n_x \leq n_y \text{ et } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{pour } n_x > n_y \text{ et } n_y \geq - n_{xy} $ $n_y + \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{pour } n_x \leq n_y \text{ et } n_x < - n_{xy} $

$n_{c,D}$	Effort de calcul pour la vérification de la contrainte de béton	
	$-2 \cdot n_{xy} $	pour $n_x \leq n_y$ et $n_x \geq - n_{xy} $
		pour $n_x > n_y$ et $n_y \geq - n_{xy} $
	$- n_x - \frac{n_{xy}^2}{ n_x }$	pour $n_x \leq n_y$ et $n_x < - n_{xy} $
	$- n_y - \frac{n_{xy}^2}{ n_y }$	pour $n_x > n_y$ et $n_y < - n_{xy} $

Tableau 8.9 : Efforts internes de calcul

8.17 Surfaces - Contraintes de base

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes de base, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez les *Contraintes*. Le tableau 4.17 vous montre les contraintes de base des surfaces sous forme numérique.



Figure 8.47 : Navigateur Résultats : Surfaces → Contraintes

4.17 Surfaces - Contraintes de base

CO1 - 1.35*CC1

Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes normales [kN/cm²]				Contraintes de cisaillement [kN/cm²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{x,+}$	$\sigma_{y,+}$	$\sigma_{x,-}$	$\sigma_{y,-}$	$\tau_{xy,+}$	$\tau_{xy,-}$	τ_{xz}	τ_{yz}
1	1	0.000	0.000	0.000	-1.26	-0.89	1.32	0.89	-0.82	0.84	0.25	
2	2	0.500	0.000	0.000	-0.52	-0.07	0.56	0.09	-0.14	0.15	0.12	
3	3	1.000	0.000	0.000	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.10	-0.10	0.06	
4	4	1.500	0.000	0.000	0.19	0.01	-0.17	-0.01	0.08	-0.08	0.04	
5	5	2.000	0.000	0.000	0.29	0.01	-0.27	-0.01	0.07	-0.07	0.03	
6	6	2.500	0.000	0.000	0.35	0.01	-0.33	-0.01	0.04	-0.04	0.02	
7	7	3.000	0.000	0.000	0.40	0.01	-0.38	-0.01	0.03	-0.03	0.01	
8	8	3.500	0.000	0.000	0.41	0.00	-0.39	-0.00	0.01	-0.01	0.00	
9	9	4.000	0.000	0.000	0.37	0.00	-0.34	-0.00	0.01	-0.01	-0.00	
10	10	4.500	0.000	0.000	0.29	-0.00	-0.27	0.00	0.01	-0.00	-0.01	
11	11	5.000	0.000	0.000	0.19	-0.00	-0.17	0.00	-0.00	0.00	-0.01	
12	12	5.500	0.000	0.000	0.06	0.00	-0.04	-0.00	-0.01	0.01	-0.02	
13	13	6.000	0.000	0.000	-0.10	0.00	0.12	-0.00	-0.01	0.01	-0.03	
14	14	6.500	0.000	0.000	-0.36	-0.00	0.33	0.00	0.01	-0.00	-0.03	
15	15	7.000	0.000	0.000	-0.64	0.07	0.47	0.46	0.23	-0.28	-0.05	

Surfaces - Efforts internes principaux | Surfaces - Efforts internes de calcul | Surfaces - Contraintes de base | Surfaces - Contraintes principales

Figure 8.48 : Tableau 4.17 Surfaces - Contraintes de base

Le tableau vous montre les efforts internes de base classés par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

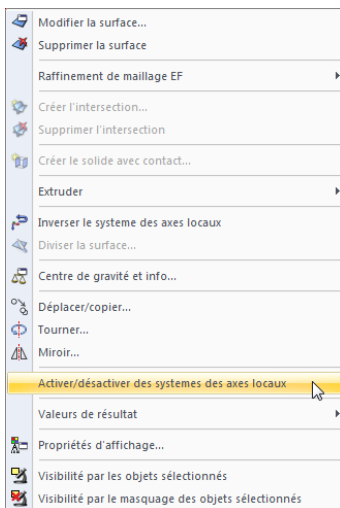
Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Contraintes de base

Les contraintes sont rapportées aux directions des axes locaux de surface. Quand vous analysez les surfaces courbées, elles sont rapportées aux axes locaux des éléments finis individuels (voir la Figure 8.40, page 326).

Les contraintes de base sont affichées dans la Figure 8.41 à la page 326 et ont les significations suivantes :

$\sigma_{x,+}$	<p>Contrainte en direction de l'axe local x sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif de la surface z)</p> $\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{d} + \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ <p>avec d : épaisseur de la surface</p>
$\sigma_{y,+}$	<p>Contrainte en direction de l'axe local y sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{d} + \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\sigma_{x,-}$	<p>Contrainte en direction de l'axe x sur le côté négatif de la surface</p> $\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{d} - \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$
$\sigma_{y,-}$	<p>Contrainte en direction de l'axe y sur le côté négatif de la surface</p> $\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{d} - \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$



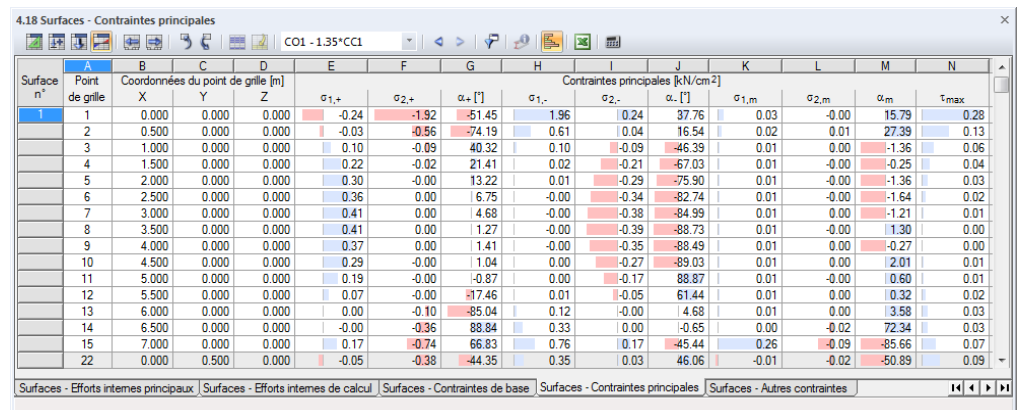
Menu contextuel de la surface

$\tau_{xy,+}$	Contrainte de torsion sur le côté positif de la surface $\tau_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{d} + \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\tau_{xy,-}$	Contrainte de torsion sur le côté négatif de la surface $\tau_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{d} - \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
τ_{xz}	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à la surface en direction de l'axe x $\frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$ avec d : épaisseur de la surface
τ_{yz}	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à la surface en direction de l'axe y $\frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$

Tableau 8.10 : Contraintes de base

8.18 Surfaces - Contraintes principales

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes principales, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez les *Contraintes* (voir la Figure 8.47, page 334). Le tableau 4.18 vous montre les contraintes principales des surfaces sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes principales [kN/cm²]									
		X	Y	Z	$\sigma_{1,+}$	$\sigma_{2,+}$	$\alpha_+ [^\circ]$	$\sigma_{1,-}$	$\sigma_{2,-}$	$\alpha_- [^\circ]$	$\sigma_{1,m}$	$\sigma_{2,m}$	α_m	τ_{max}
1	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.24	-1.92	-51.45	1.96	0.24	37.76	0.03	-0.00	15.79	0.28
2	0.500	0.000	0.000	0.000	-0.03	-0.56	-74.19	0.61	0.04	16.54	0.02	-0.01	27.39	0.13
3	1.000	0.000	0.000	0.000	0.10	-0.09	40.32	0.10	-0.09	-46.39	0.01	0.00	-1.36	0.06
4	1.500	0.000	0.000	0.000	0.22	-0.02	21.41	0.02	-0.21	-47.03	0.01	-0.00	-0.25	0.04
5	2.000	0.000	0.000	0.000	0.30	-0.00	13.22	0.01	-0.29	-75.90	0.01	-0.00	-1.36	0.03
6	2.500	0.000	0.000	0.000	0.36	0.00	6.75	-0.00	-0.34	-82.74	0.01	-0.00	-1.64	0.02
7	3.000	0.000	0.000	0.000	0.41	0.00	4.68	-0.00	-0.38	-84.99	0.01	0.00	-1.21	0.01
8	3.500	0.000	0.000	0.000	0.41	0.00	1.27	-0.00	-0.39	-88.73	0.01	-0.00	1.30	0.00
9	4.000	0.000	0.000	0.000	0.37	0.00	1.41	-0.00	-0.35	-88.49	0.01	0.00	-0.27	0.00
10	4.500	0.000	0.000	0.000	0.29	-0.00	1.04	0.00	-0.27	-89.03	0.01	0.00	2.01	0.01
11	5.000	0.000	0.000	0.000	0.19	-0.00	-0.87	0.00	-0.17	88.87	0.01	-0.00	0.60	0.01
12	5.500	0.000	0.000	0.000	0.07	-0.00	-17.46	0.01	-0.05	61.44	0.01	0.00	0.32	0.02
13	6.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.10	-85.04	0.12	-0.00	4.68	0.01	0.00	3.58	0.03
14	6.500	0.000	0.000	0.000	-0.00	-0.36	88.84	0.33	0.00	-0.65	0.00	-0.02	72.34	0.03
15	7.000	0.000	0.000	0.000	0.17	-0.74	66.83	0.76	0.17	-45.44	0.26	-0.09	-85.66	0.07
22	0.000	0.500	0.000	0.000	-0.05	-0.38	-44.35	0.35	0.03	46.06	-0.01	-0.02	-50.89	0.09

Figure 8.49 : Tableau 4.18 Surfaces - Contraintes principales

Le tableau vous montre les contraintes principales classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Les colonnes *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* du tableau correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédent 4.17 *Surfaces - Contraintes de base*.

Contraintes principales

Les contraintes de base décrites dans le chapitre 8.17 sont rapportées au système de coordonnées xyz de la surface. Néanmoins, les contraintes principales représentent les valeurs extrêmes des contraintes dans un élément de surface. Les axes principaux 1 (valeur maximale) et 2 (valeur minimale) sont arrangés de façon orthogonale.

Il est possible d'afficher les orientations des axes principaux α comme trajectoires dans la fenêtre graphique (voir la Figure 8.44, page 330).

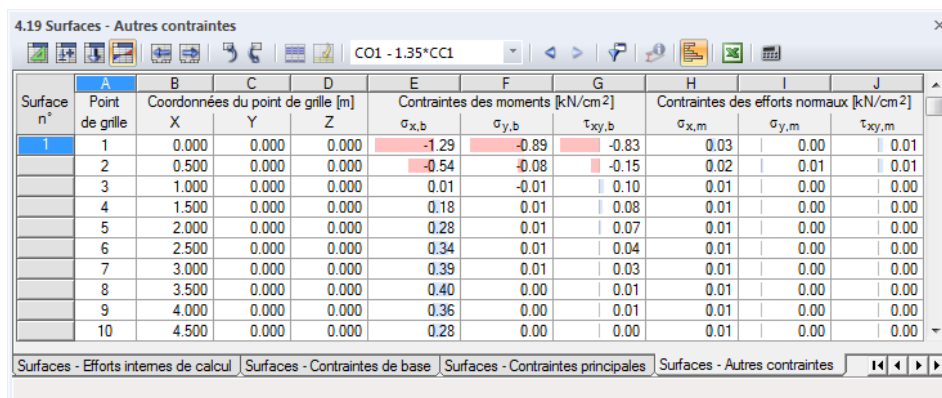
Les contraintes principales sont déterminées à partir des contraintes de base :

$\sigma_{1,+}$	<p>Contrainte en direction de l'axe principal 1 sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\sigma_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
$\sigma_{2,+}$	<p>Contrainte en direction de l'axe principal 2 sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\sigma_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} - \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
α_+	<p>Angle entre l'axe local x (ou y) et l'axe principal 1 (ou 2) pour les contraintes sur le côté positif de la surface</p> $\alpha_+ = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,+}, \sigma_{x,+} - \sigma_{y,+} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
$\sigma_{1,-}$	<p>Contrainte en direction de l'axe principal 1 sur le côté négatif de la surface</p> $\sigma_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
$\sigma_{2,-}$	<p>Contrainte en direction de l'axe principal 2 sur le côté négatif de la surface</p> $\sigma_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} - \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
α_-	<p>Angle entre l'axe local x (ou y) et l'axe principal 1 (ou 2) pour les contraintes sur le côté négatif de la surface</p> $\alpha_- = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,-}, \sigma_{x,-} - \sigma_{y,-} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
$\sigma_{1,m}$	<p>Contrainte de membrane en direction de l'axe principal 1</p> $\sigma_{1,m} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2} \right)$
$\sigma_{2,m}$	<p>Contrainte de membrane en direction de l'axe principal 2</p> $\sigma_{2,m} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} - \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2} \right)$
α_m	<p>Angle entre l'axe local x et l'axe principal 1 pour les contraintes de membrane</p> $\alpha_m = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(2 \cdot \tau_{xy,m}, \sigma_{x,m} - \sigma_{y,m} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
τ_{\max}	<p>Contrainte maximale de cisaillement perpendiculaire à la surface</p> $\tau_{\max} = \sqrt{\tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2}$

Tableau 8.11 : Contraintes principales

8.19 Surfaces - Autres contraintes

Pour contrôler l'affichage graphique des composants de contrainte dus aux moments fléchissant et des efforts de membrane, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes* (voir la Figure 8.47, page 334). Le tableau 4.19 vous montre ces contraintes sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes des moments [kN/cm ²]			Contraintes des efforts normaux [kN/cm ²]		
		X	Y	Z	$\sigma_{x,b}$	$\sigma_{y,b}$	$\tau_{xy,b}$	$\sigma_{x,m}$	$\sigma_{y,m}$	$\tau_{xy,m}$
1	1	0.000	0.000	0.000	-1.29	-0.89	-0.83	0.03	0.00	0.01
	2	0.500	0.000	0.000	-0.54	-0.08	-0.15	0.02	0.01	0.01
	3	1.000	0.000	0.000	0.01	-0.01	0.10	0.01	0.00	0.00
	4	1.500	0.000	0.000	0.18	0.01	0.08	0.01	0.00	0.00
	5	2.000	0.000	0.000	0.28	0.01	0.07	0.01	0.00	0.00
	6	2.500	0.000	0.000	0.34	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00
	7	3.000	0.000	0.000	0.39	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00
	8	3.500	0.000	0.000	0.40	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
	9	4.000	0.000	0.000	0.36	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
	10	4.500	0.000	0.000	0.28	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

Figure 8.50 : Tableau 4.19 Surfaces - Autres contraintes

Le tableau vous montre les autres contraintes classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Contraintes dues aux moments fléchissant / efforts normaux

Les contraintes sont rapportées aux directions des axes locaux de surface. Quand vous analysez les surfaces courbées, elles sont rapportées aux axes des éléments finis (voir la Figure 8.40, page 326).

Les contraintes ont les significations suivantes :

$\sigma_{x,b}$	Contrainte due au moment fléchissant m_x $\sigma_{x,b} = \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ avec d : épaisseur de la surface
$\sigma_{y,b}$	Contrainte due au moment fléchissant m_y $\sigma_{y,b} = \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,b}$	Contrainte due au moment de torsion m_{xy} $\tau_{xy,b} = \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\sigma_{x,m}$	Contrainte de membrane due à l'effort normal n_x $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$

$\sigma_{y,m}$	Contrainte de membrane due à l'effort normal n_y $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d}$ avec d : épaisseur de la surface
$\tau_{xy,m}$	Contrainte de membrane due au flux de cisaillement n_{xy} $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$

Tableau 8.12 : Autres contraintes

8.20 Surfaces - Contraintes de contact

Quand le modèle possède des appuis de surface (voir le chapitre 4.9, page 111), le tableau 4.20 vous montre les contraintes de contact (« pression de contact de sol ») des surfaces sous forme numérique. Pour contrôler l'affichage graphique des résultats, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes de contact*.

Pour les dalles 2D, il n'y a que la colonne σ_z du tableau qui soit affichée.

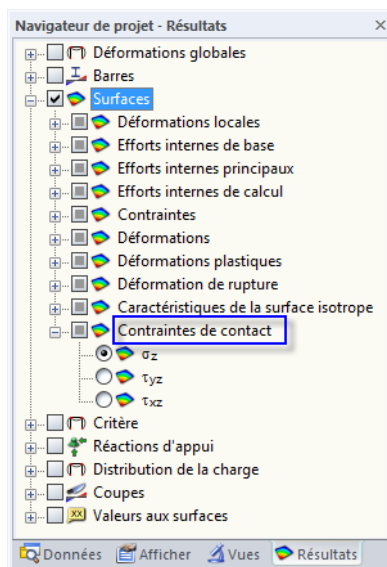


Figure 8.51 : Navigateur Résultats : Surfaces → Contraintes de contact

4.20 Surfaces - Contraintes de contact

Figure 8.52 : Tableau 4.20 Surfaces - Contraintes de contact

Le tableau vous montre les contraintes de contact classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ. Quand vous cliquez dans une rangée du tableau, le point de grille correspondant est indiqué dans la fenêtre graphique par une flèche, à condition que la synchronisation de la sélection soit activée (voir le chapitre 11.5.4, page 513).

Contraintes de contact

Les contraintes sont rapportées aux directions des axes locaux de surface. Quand vous analysez les surfaces courbées, elles sont rapportées aux axes des éléments finis (voir la Figure 8.40, page 326).

Les contraintes de contact ont les significations suivantes :

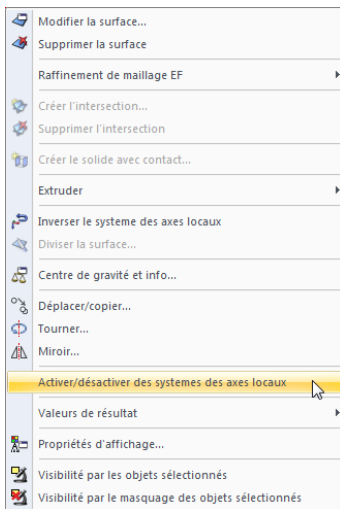
σ_z	<p>Contrainte de contact (« pression de sol ») en direction de l'axe de surface z</p> $\sigma_z = \nu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$ <p>avec σ_x / σ_y: contraintes dans le sol ν: Coefficient de Poisson du sol</p>
τ_{yz}	<p>Contrainte de cisaillement de l'appui de surface</p> $\tau_{yz} = \frac{3 \cdot \nu_y}{2 \cdot d}$ <p>avec d : épaisseur de la surface</p>
τ_{xz}	<p>Contrainte de cisaillement de l'appui de surface</p> $\tau_{xz} = \frac{3 \cdot \nu_x}{2 \cdot d}$

Tableau 8.13 : Contraintes de contact

Les contraintes de contact positives sont visualisées par les barres bleues dans le tableau. Les contraintes négatives sont représentées par les barres rouges.

Le tableau vous montre les contraintes, comme les forces, par surface transférées à l'appui. Ainsi, compte tenu des signes, le tableau ne vous montre pas les réactions sur la partie de l'appui. Si l'axe local de la surface z est orienté vers le bas, une charge agissant par exemple en direction de l'axe z résulte en contrainte positive σ_z . Ainsi, les signes résultent de la direction de l'axe z de la surface (voir la Figure 4.73, page 89).

L'orientation de l'axe local z de la surface peut être commutée rapidement pour les modèles 3D : Cliquez par le bouton droit de la souris sur la surface pour ouvrir le menu contextuel de la surface (voir la figure gauche ci-dessus) et puis, sélectionnez l'option *Renverser le système d'axes locaux*. Néanmoins, veuillez noter qu'une inefficacité définie modifie aussi la direction de l'action.



Menu contextuel de la surface



8.21 Surfaces - Contraintes équivalentes - von Mises

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes équivalentes des surfaces, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes*. Le tableau 4.21 vous montre les contraintes équivalentes déterminées selon VON MISES sous forme numérique.

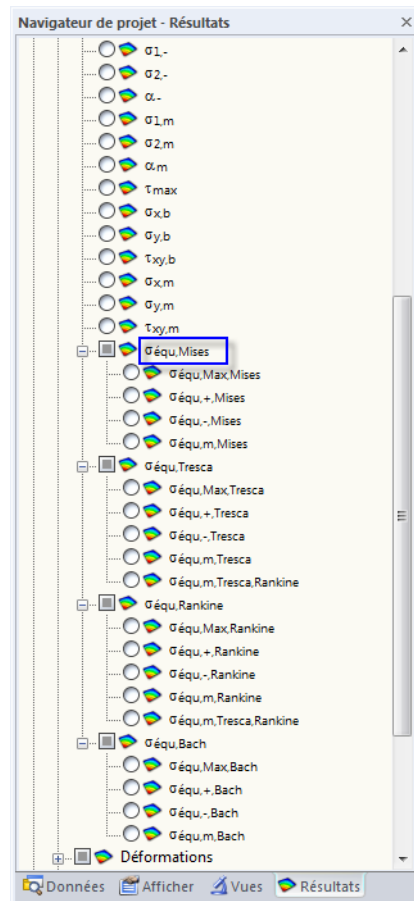


Figure 8.53 : Contraintes équivalentes dans le navigateur *Résultats* : *Surfaces* → *Contraintes* → $\sigma_{\text{équ, Mises}}$

Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes équivalentes von Mises [kN/cm ²]			
		X	Y	Z	$\sigma_{\text{équ, max}}$	$\sigma_{\text{équ, +}}$	$\sigma_{\text{équ, -}}$	$\sigma_{\text{équ, m}}$
1	1	0.000	0.000	0.000	1.85	1.80	1.85	0.03
	2	0.500	0.000	0.000	0.59	0.55	0.59	0.02
	3	1.000	0.000	0.000	0.17	0.17	0.17	0.01
	4	1.500	0.000	0.000	0.24	0.24	0.22	0.01
	5	2.000	0.000	0.000	0.31	0.31	0.29	0.01
	6	2.500	0.000	0.000	0.36	0.36	0.34	0.01
	7	3.000	0.000	0.000	0.40	0.40	0.38	0.01
	8	3.500	0.000	0.000	0.41	0.41	0.39	0.01
	9	4.000	0.000	0.000	0.36	0.36	0.34	0.01
	10	4.500	0.000	0.000	0.29	0.29	0.27	0.01

Figure 8.54 : Tableau 4.21 *Surfaces - Contraintes équivalentes - Von Mises*

Le tableau vous montre les contraintes équivalentes classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Contraintes équivalentes

Dans le navigateur *Résultats*, il y a quatre hypothèses de contrainte équivalente pour la condition de contrainte plane disponibles pour la sélection. L'approche par VON MISES est aussi appelé « hypothèse de modification de forme ». Il est supposé que le matériau est rompu dès que l'énergie modifiant la forme dépasse une certaine limite. Cette énergie est le mode d'énergie qui cause une distorsion ou déformation de l'objet.

L'approche représente l'hypothèse de contrainte la plus connue et le plus fréquemment utilisée. Elle est appropriée pour tous les matériaux qui ne sont pas fragiles. Ainsi, elle est largement utilisée dans les constructions métalliques de bâtiment. Néanmoins, l'hypothèse n'est pas adéquate pour les conditions de contrainte hydrostatique avec les contraintes principales égales dans toutes les directions, comme la contrainte équivalente y est zéro.

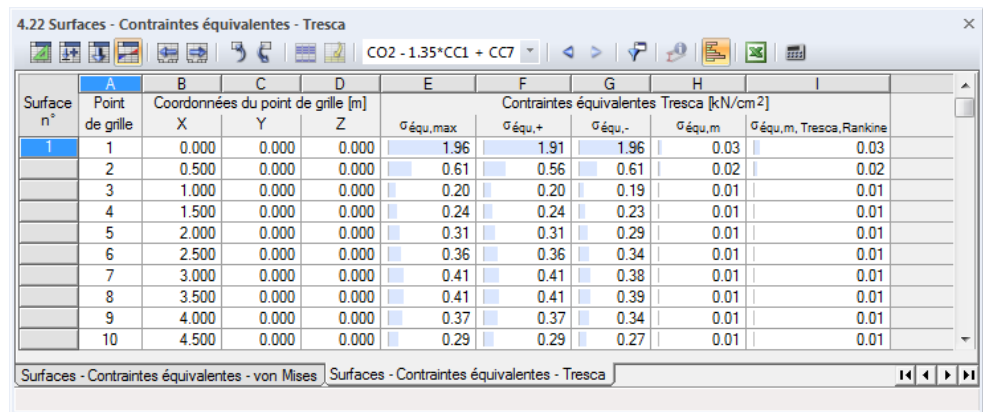
Les contraintes équivalentes selon VON MISES pour les conditions de contrainte plane ont les significations suivantes :

$\sigma_{\text{équ},+}$	Contraintes équivalentes sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface) $\sigma_{\text{équ},+} = \sqrt{\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \cdot \sigma_{y,+} + 3 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{\text{équ},-}$	Contrainte équivalente sur le côté négatif de la surface $\sigma_{\text{équ},-} = \sqrt{\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \cdot \sigma_{y,-} + 3 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{\text{équ},m}$	Contrainte de membrane équivalente $\sigma_{\text{équ},m} = \sqrt{\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \cdot \sigma_{y,m} + 3 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tableau 8.14 : Contrainte équivalente selon VON MISES

8.22 Surfaces - Contraintes équivalentes - Tresca

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes équivalentes des surfaces, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes* (voir la Figure 8.53, page 341). Le tableau 4.22 vous montre les contraintes équivalentes de la surface déterminées selon TRESCA sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes équivalentes Tresca [kN/cm²]				
		X	Y	Z	σ _{équ,max}	σ _{équ,+}	σ _{équ,-}	σ _{équ,m}	σ _{équ,m, Tresca, Rankine}
1	1	0.000	0.000	0.000	1.96	1.91	1.96	0.03	0.03
2	2	0.500	0.000	0.000	0.61	0.56	0.61	0.02	0.02
3	3	1.000	0.000	0.000	0.20	0.20	0.19	0.01	0.01
4	4	1.500	0.000	0.000	0.24	0.24	0.23	0.01	0.01
5	5	2.000	0.000	0.000	0.31	0.31	0.29	0.01	0.01
6	6	2.500	0.000	0.000	0.36	0.36	0.34	0.01	0.01
7	7	3.000	0.000	0.000	0.41	0.41	0.38	0.01	0.01
8	8	3.500	0.000	0.000	0.41	0.41	0.39	0.01	0.01
9	9	4.000	0.000	0.000	0.37	0.37	0.34	0.01	0.01
10	10	4.500	0.000	0.000	0.29	0.29	0.27	0.01	0.01

Figure 8.55 : Tableau 4.22 Surfaces - Contraintes équivalentes - Tresca

Les colonnes *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* du tableau correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédant 4.21 *Surfaces - Contraintes équivalentes - von Mises*.

L'approche par TRESCA est aussi connue comme « théorie de contrainte maximale de cisaillement ». Il est supposé que la rupture est causée par la contrainte maximale de cisaillement. Comme cette hypothèse est applicable surtout pour les matériaux fragiles, elle est fréquemment utilisée dans l'ingénierie mécanique.

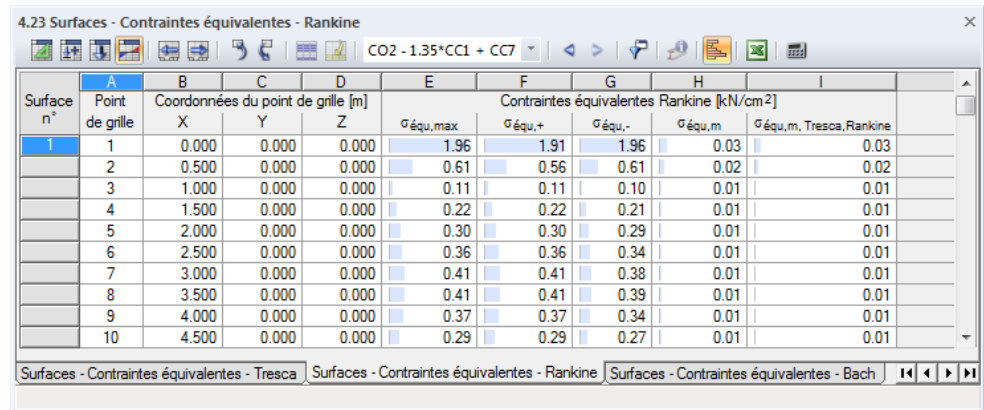
Les contraintes équivalentes selon TRESCA sont déterminées de la façon suivante :

σ _{équ,max}	Maximum de la contrainte équivalente sur le côté positif et négatif de la surface
σ _{équ,+}	Contrainte équivalente sur le côté positif de la surface $\sigma_{\text{équ},+} = \max(\sigma_{1,+} - \sigma_{2,+} ; \sigma_{2,+} ; \sigma_{1,+}) \quad \text{ou}$ $\sigma_{\text{équ},+} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}; \sigma_{2,+} ; \sigma_{1,+} \right)$
σ _{équ,-}	Contrainte équivalente sur le côté négatif de la surface $\sigma_{\text{équ},-} = \max(\sigma_{1,-} - \sigma_{2,-} ; \sigma_{2,-} ; \sigma_{1,-}) \quad \text{ou}$ $\sigma_{\text{équ},-} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}; \sigma_{2,-} ; \sigma_{1,-} \right)$
σ _{équ,m}	Contrainte de membrane équivalente $\sigma_{\text{équ},m} = \max(\sigma_{1,m} - \sigma_{2,m} ; \sigma_{2,m} ; \sigma_{1,m}) \quad \text{ou}$ $\sigma_{\text{équ},m} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}; \sigma_{2,m} ; \sigma_{1,m} \right)$

Tableau 8.15 : Contrainte équivalente selon TRESCA

8.23 Surfaces - Contraintes équivalentes - Rankine

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes équivalentes des surfaces, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes* (voir la Figure 8.53, page 341). Le tableau 4.23 vous montre les contraintes équivalentes de la surface déterminées selon RANKINE sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes équivalentes Rankine [kN/cm²]				
		X	Y	Z	σ _{équ,max}	σ _{équ,+}	σ _{équ,-}	σ _{équ,m}	σ _{équ,m,Tresca,Rankine}
1	1	0.000	0.000	0.000	1.96	1.91	1.96	0.03	0.03
2	2	0.500	0.000	0.000	0.61	0.56	0.61	0.02	0.02
3	3	1.000	0.000	0.000	0.11	0.11	0.10	0.01	0.01
4	4	1.500	0.000	0.000	0.22	0.22	0.21	0.01	0.01
5	5	2.000	0.000	0.000	0.30	0.30	0.29	0.01	0.01
6	6	2.500	0.000	0.000	0.36	0.36	0.34	0.01	0.01
7	7	3.000	0.000	0.000	0.41	0.41	0.38	0.01	0.01
8	8	3.500	0.000	0.000	0.41	0.41	0.39	0.01	0.01
9	9	4.000	0.000	0.000	0.37	0.37	0.34	0.01	0.01
10	10	4.500	0.000	0.000	0.29	0.29	0.27	0.01	0.01

Figure 8.56 : Table 4.23 Surfaces - Contraintes équivalentes - Rankine

Les colonnes *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* du tableau correspondent aux colonnes du tableau de résultats 4.21 *Surfaces - Contraintes équivalentes - von Mises*.

L'hypothèse de contrainte équivalente par RANKINE est aussi connue comme « Critère de contrainte principale maximale ». Il est supposé que la rupture est causée par la contrainte principale maximale.

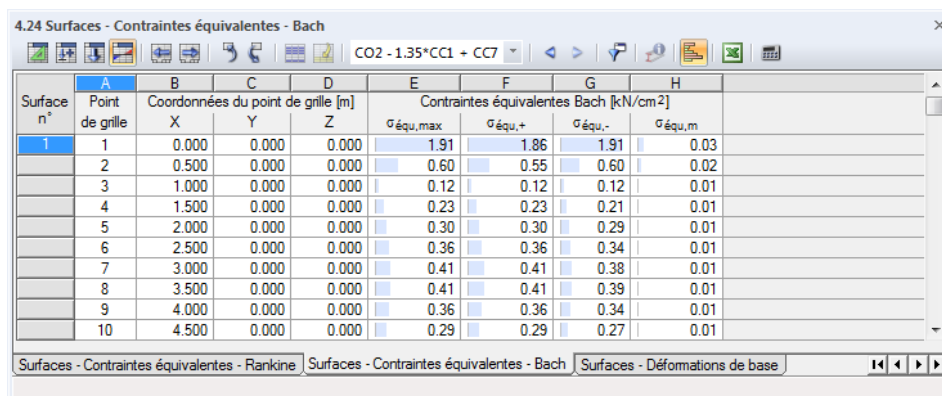
Les contraintes équivalentes selon RANKINE sont déterminées de la façon suivante :

σ _{équ,max}	Maximum de la contrainte équivalente sur le côté positif et négatif de la surface
σ _{équ,+}	Valeur absolue maximale de la contrainte équivalente sur le côté positif de la surface $\sigma_{\text{équ},+} = \frac{1}{2} \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
σ _{équ,-}	Valeur absolue maximale de la contrainte équivalente sur le côté négatif de la surface $\sigma_{\text{équ},-} = \frac{1}{2} \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
σ _{équ,m}	Valeur absolue maximale de la contrainte de membrane équivalente $\sigma_{\text{équ},m} = \frac{1}{2} \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tableau 8.16 : Contraintes équivalentes selon RANKINE

8.24 Surfaces - Contraintes équivalentes - Bach

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes équivalentes des surfaces, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes* (voir la Figure 8.53, page 341). Le tableau 4.24 vous montre les contraintes équivalentes de la surface déterminées selon BACH sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes équivalentes Bach [kN/cm²]			
		X	Y	Z	σ _{équ,max}	σ _{équ,+}	σ _{équ,-}	σ _{équ,m}
1	1	0.000	0.000	0.000	1.91	1.86	1.91	0.03
2	2	0.500	0.000	0.000	0.60	0.55	0.60	0.02
3	3	1.000	0.000	0.000	0.12	0.12	0.12	0.01
4	4	1.500	0.000	0.000	0.23	0.23	0.21	0.01
5	5	2.000	0.000	0.000	0.30	0.30	0.29	0.01
6	6	2.500	0.000	0.000	0.36	0.36	0.34	0.01
7	7	3.000	0.000	0.000	0.41	0.41	0.38	0.01
8	8	3.500	0.000	0.000	0.41	0.41	0.39	0.01
9	9	4.000	0.000	0.000	0.36	0.36	0.34	0.01
10	10	4.500	0.000	0.000	0.29	0.29	0.27	0.01

Figure 8.57 : Tableau 4.24 Surfaces - Contraintes équivalentes - Bach

Les colonnes *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* du tableau correspondent aux colonnes du tableau de résultats 4.21 *Surfaces - Contraintes équivalentes - von Mises*.

L'hypothèse de la contrainte équivalente par BACH est aussi appelée « Critère de la déformation principale ». Elle suppose que la rupture se produit en direction de la déformation maximale. L'approche est similaire à la détermination de contrainte selon RANKINE décrite dans le chapitre 8.23. Ici, la déformation principale est utilisée au lieu de la contrainte principale.

Les contraintes équivalentes selon BACH sont déterminées de la façon suivante :

σ _{équ,max}	Maximum de la contrainte équivalente sur le côté positif et négatif de la surface
σ _{équ,+}	<p>Valeur absolue maximale de la contrainte équivalente sur le côté positif de la surface</p> $\sigma_{\text{équ},+} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}, \nu \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} \right]$ <p>avec ν : Coefficient de Poisson (voir le chapitre 4.3, page 65)</p>
σ _{équ,-}	<p>Valeur absolue maximale de la contrainte équivalente sur le côté négatif de la surface</p> $\sigma_{\text{équ},-} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}, \nu \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} \right]$
σ _{équ,m}	<p>Valeur absolue maximale de la contrainte de membrane équivalente</p> $\sigma_{\text{équ},m} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}, \nu \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} \right]$

Tableau 8.17 : Contrainte équivalente selon BACH

8.25 Surfaces - Déformations de base

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations de surface, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Déformations*. Le tableau 4.25 vous montre les déformations de base des surfaces sous forme numérique.



Figure 8.58 : Navigateur Résultats : Surfaces → Déformations

4.25 Surfaces - Déformations de base

CO2 - 1.35*CC1 + CC7

Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Déformations de base [-]					
		X	Y	Z	$\varepsilon_{x,+}$	$\varepsilon_{y,+}$	$\gamma_{xy,+}$	$\varepsilon_{x,-}$	$\varepsilon_{y,-}$	$\gamma_{xy,-}$
1	1	0.000	0.000	0.000	-0.00033	-0.00019	-0.00059	0.00035	0.00018	0.00061
	2	0.500	0.000	0.000	-0.00015	0.00001	-0.00010	0.00017	-0.00001	0.00011
	3	1.000	0.000	0.000	0.00001	-0.00000	0.00007	-0.00000	0.00000	-0.00007
	4	1.500	0.000	0.000	0.00006	-0.00001	0.00006	-0.00005	0.00001	-0.00006
	5	2.000	0.000	0.000	0.00009	-0.00001	0.00005	-0.00008	0.00001	-0.00005
	6	2.500	0.000	0.000	0.00011	-0.00002	0.00003	-0.00010	0.00002	-0.00003
	7	3.000	0.000	0.000	0.00012	-0.00002	0.00002	-0.00012	0.00002	-0.00002
	8	3.500	0.000	0.000	0.00013	-0.00003	0.00001	-0.00012	0.00002	-0.00001
	9	4.000	0.000	0.000	0.00011	-0.00002	0.00001	-0.00010	0.00002	-0.00001
	10	4.500	0.000	0.000	0.00009	-0.00002	0.00000	-0.00008	0.00002	-0.00000

Surfaces - Contraintes équivalentes - Bach Surfaces - Déformations de base Surfaces - Déformations principales

Figure 8.59 : Tableau 4.25 Surfaces – Déformations de base

Le tableau vous montre les contraintes classées par surfaces. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

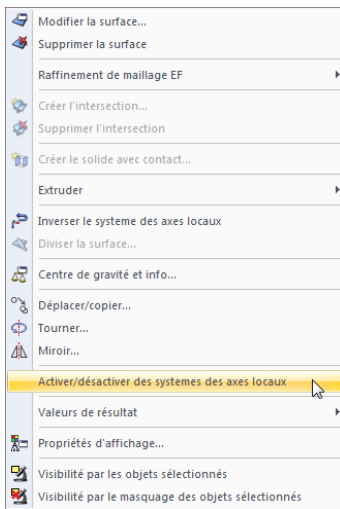
Coordonnées du point de grille

Les colonnes B à D du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Déformations de base

Les déformations sont rapportées aux directions des axes locaux de surface. Quand vous analysez les surfaces courbées, elles sont rapportées aux axes des éléments finis (voir la Figure 8.40, page 326).

Les contraintes de base ont les significations suivantes :



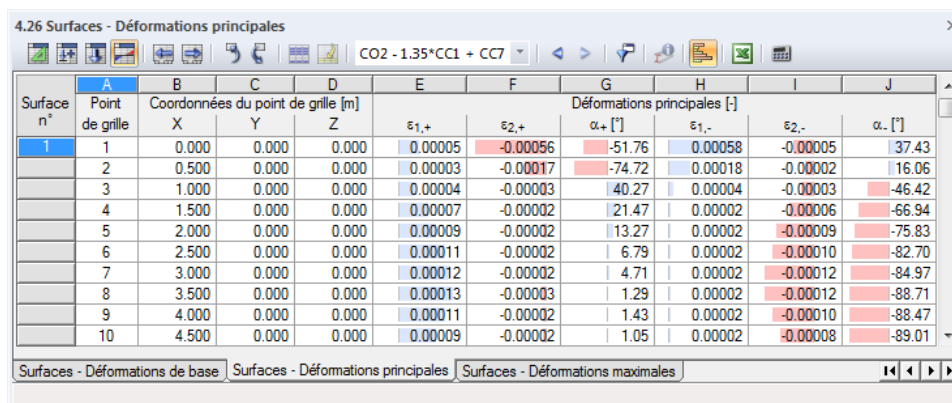
Menu contextuel de la surface

$\epsilon_{x,+}$	Déformation en direction de l'axe local x sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface) $\epsilon_{x,+} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$ avec d : épaisseur de la surface
$\epsilon_{y,+}$	Déformation en direction de l'axe local y sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface) $\epsilon_{y,+} = \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,+}$	Rotation rapportée sur le côté positif de la surface $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$
$\epsilon_{x,-}$	Déformation en direction de l'axe x sur le côté négatif de la surface $\epsilon_{x,-} = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$
$\epsilon_{y,-}$	Déformation en direction de l'axe y sur le côté négatif de la surface $\epsilon_{y,-} = \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,-}$	Rotation rapportée sur le côté négatif de la surface $\gamma_{xy,-} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$

Tableau 8.18 : Déformations de base

8.26 Surfaces - Déformations principales

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Déformations* (voir la Figure 8.58, page 346). Le tableau 4.26 vous montre les déformations principales des surfaces sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Déformations principales [-]					
		X	Y	Z	$\varepsilon_{1,+}$	$\varepsilon_{2,+}$	$\alpha_{+} [^{\circ}]$	$\varepsilon_{1,-}$	$\varepsilon_{2,-}$	$\alpha_{-} [^{\circ}]$
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00005	-0.00056	-51.76	0.00058	-0.00005	37.43
	2	0.500	0.000	0.000	0.00003	-0.00017	-74.72	0.00018	-0.00002	16.06
	3	1.000	0.000	0.000	0.00004	-0.00003	40.27	0.00004	-0.00003	-46.42
	4	1.500	0.000	0.000	0.00007	-0.00002	21.47	0.00002	-0.00006	-66.94
	5	2.000	0.000	0.000	0.00009	-0.00002	13.27	0.00002	-0.00009	-75.83
	6	2.500	0.000	0.000	0.00011	-0.00002	6.79	0.00002	-0.00010	-82.70
	7	3.000	0.000	0.000	0.00012	-0.00002	4.71	0.00002	-0.00012	-84.97
	8	3.500	0.000	0.000	0.00013	-0.00003	1.29	0.00002	-0.00012	-88.71
	9	4.000	0.000	0.000	0.00011	-0.00002	1.43	0.00002	-0.00010	-88.47
	10	4.500	0.000	0.000	0.00009	-0.00002	1.05	0.00002	-0.00008	-89.01

Figure 8.60 : Tableau 4.26 Surfaces - Déformations principales

Le tableau vous montre les déformations principales classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Les colonnes de tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédent 4.25 *Surfaces - Déformations de base*.

Déformations principales

Les déformations de base décrites dans le chapitre 8.25 sont rapportées au système de coordonnées xyz de la surface. Les déformations principales représentent les valeurs extrêmes des déformations dans un élément de surface. Les axes principaux 1 (valeur maximale) et 2 (valeur minimale) sont arrangés d'une façon orthogonale.

Il est possible d'afficher les orientations des axes principaux α comme trajectoires dans la fenêtre graphique (voir la Figure 8.44, page 330 pour les efforts internes principaux).

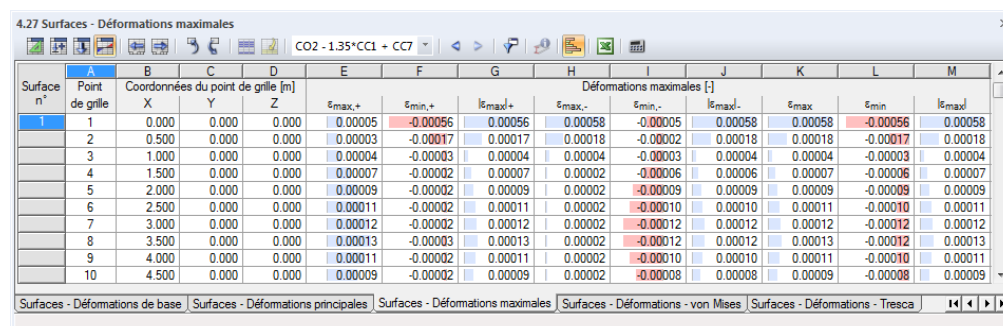
Les déformations principales ont les significations suivantes :

$\epsilon_{1,+}$	<p>Déformation en direction de l'axe principal 1 sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\epsilon_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+} + \sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
$\epsilon_{2,+}$	<p>Déformation en direction de l'axe principal 2 sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\epsilon_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+} - \sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
α_+	<p>Angle entre l'axe local x (ou y) et l'axe principal 1 (ou 2) pour les déformations sur le côté positif de la surface</p> $\alpha_+ = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,+}}{\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+}} \right) \right)$
$\epsilon_{1,-}$	<p>Déformation en direction de l'axe principal 1 sur le côté négatif de la surface</p> $\epsilon_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-} + \sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
$\epsilon_{2,-}$	<p>Déformation en direction de l'axe principal 2 sur le côté négatif de la surface</p> $\epsilon_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-} - \sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
α_-	<p>Angle entre l'axe local x (ou y) et l'axe principal 1 (ou 2) pour les contraintes sur le côté négatif de la surface</p> $\alpha_- = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,-}}{\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-}} \right) \right)$

Tableau 8.19: Déformations principales

8.27 Surfaces - Déformations maximales

Pour contrôler l'affichage graphique des valeurs extrêmes des déformations, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Déformations* (voir la Figure 8.58, page 346). Le tableau 4.27 vous montre ces déformations sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]	$\epsilon_{\max,+}$	$\epsilon_{\min,+}$	$ \epsilon_{\max} _+$	$\epsilon_{\max,-}$	$\epsilon_{\min,-}$	$ \epsilon_{\max} _-$	ϵ_{\max}	ϵ_{\min}	$ \epsilon_{\max} $
1	0.000	0.000	0.0005	-0.00056	0.00056	0.00058	-0.00005	0.00058	0.00058	-0.00056	0.00058
2	0.500	0.000	0.00003	-0.00017	0.00017	0.00018	-0.00002	0.00018	0.00018	-0.00017	0.00018
3	1.000	0.000	0.00004	-0.00003	0.00004	0.00004	-0.00003	0.00004	0.00004	-0.00003	0.00004
4	1.500	0.000	0.00007	-0.00002	0.00007	0.00007	-0.00006	0.00007	0.00007	-0.00006	0.00007
5	2.000	0.000	0.00009	-0.00002	0.00009	0.00002	-0.00009	0.00009	0.00009	-0.00009	0.00009
6	2.500	0.000	0.00011	-0.00002	0.00011	0.00002	-0.00010	0.00010	0.00011	-0.00010	0.00011
7	3.000	0.000	0.00012	-0.00002	0.00012	0.00002	-0.00012	0.00012	0.00012	-0.00012	0.00012
8	3.500	0.000	0.00013	-0.00003	0.00013	0.00002	-0.00012	0.00012	0.00013	-0.00012	0.00013
9	4.000	0.000	0.00011	-0.00002	0.00011	0.00002	-0.00010	0.00010	0.00011	-0.00010	0.00011
10	4.500	0.000	0.00009	-0.00002	0.00009	0.00002	-0.00008	0.00008	0.00009	-0.00008	0.00009

Figure 8.61 : Tableau 4.27 Surfaces - Déformations maximales

Le tableau vous montre les valeurs extrêmes des déformations classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Les colonnes de tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats 4.25 *Surfaces - Déformations de base*.

Déformations maximales

Ces valeurs représentent les valeurs extrêmes des déformations déterminées par les équations affichées dans le Tableau 8.19.

$\epsilon_{\max,+}$	Valeur maximale de la déformation sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)
$\epsilon_{\min,+}$	Valeur minimale de la déformation sur le côté positif de la surface
$ \epsilon_{\max} _+$	Valeur absolue maximale des deux valeurs extrêmes sur le côté positif de la surface
$\epsilon_{\max,-}$	Valeur maximale de la déformation sur le côté négatif de la surface
$\epsilon_{\min,-}$	Valeur minimale de la déformation sur le côté négatif de la surface
$ \epsilon_{\max} _-$	Valeur absolue maximale des deux valeurs extrêmes sur le côté négatif de la surface
ϵ_{\max}	Valeur maximale de la déformation sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes E et H)
ϵ_{\min}	Valeur minimale de la déformation sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes F et I)
$ \epsilon_{\max} $	Valeur absolue maximale de la déformation sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes K et L)

Tableau 8.20 : Déformations maximales

8.28 Surfaces - Déformations - von Mises

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations de la surface disponibles avec l'hypothèse de la contrainte équivalente selon *von Mises*, cocher la *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Déformations*. Le tableau 4.28 vous montre ces déformations sous forme numérique.

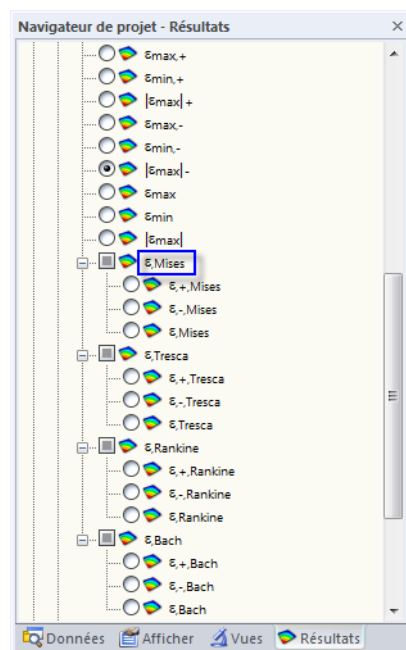
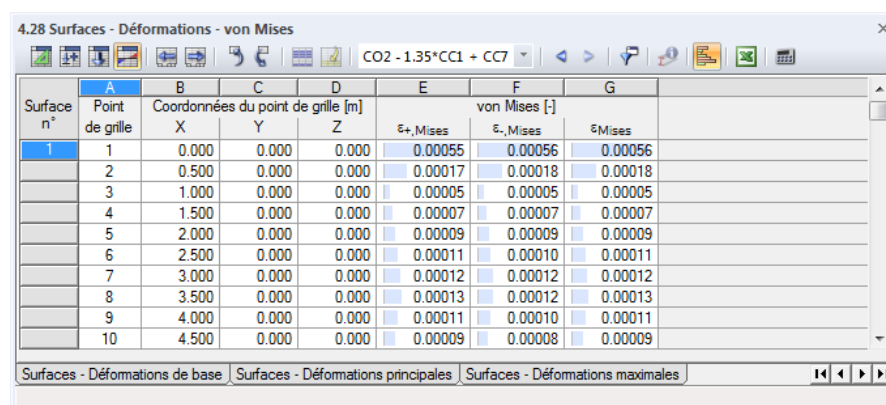


Figure 8.62 : Déformations équivalentes dans le navigateur *Résultats* : *Surfaces* → *Déformations*



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			von Mises [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Mises}$	$\epsilon_{-,Mises}$	ϵ_{Mises}
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00055	0.00056	0.00056
	2	0.500	0.000	0.000	0.00017	0.00018	0.00018
	3	1.000	0.000	0.000	0.00005	0.00005	0.00005
	4	1.500	0.000	0.000	0.00007	0.00007	0.00007
	5	2.000	0.000	0.000	0.00009	0.00009	0.00009
	6	2.500	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
	7	3.000	0.000	0.000	0.00012	0.00012	0.00012
	8	3.500	0.000	0.000	0.00013	0.00012	0.00013
	9	4.000	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
	10	4.500	0.000	0.000	0.00009	0.00008	0.00009

Figure 8.63 : Tableau 4.28 *Surfaces - Déformations - von Mises*

Le tableau vous montre les déformations équivalentes classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes de tableau B à D vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Déformations selon VON MISES

Les approches pour les conditions planes de la déformation décrites dans les chapitres 8.21 à 8.24 sont disponibles pour la sélection dans le navigateur *Résultats*. L'approche par VON MISES est aussi appelée « hypothèse de modification de forme ». Elle suppose que le matériau est rompu dès que l'énergie modifiant la forme dépasse une certaine limite. Cette énergie est le type d'énergie qui cause une distorsion ou déformation de l'objet (voir le chapitre 8.21, page 341).

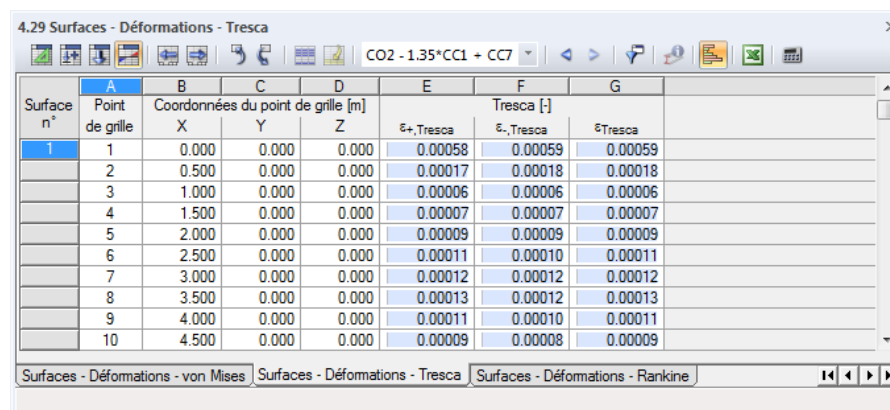
Les déformations selon VON MISES pour la condition plane de déformation ont les significations suivantes :

$\epsilon_{+,Mises}$	<p>Déformation équivalente sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,+} + \nu \cdot \epsilon_{y,+}}{1 - \nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+}}{1 - \nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,+}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1 + \nu)}$
$\epsilon_{-,Mises}$	<p>Déformation équivalente sur le côté négatif de la surface</p> $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,-} + \nu \cdot \epsilon_{y,-}}{1 - \nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-}}{1 - \nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,-}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1 + \nu)}$
ϵ_{Mises}	Déformation équivalente maximale sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes E et F)

Tableau 8.21 : Déformations selon VON MISES

8.29 Surfaces - Déformations - Tresca

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations de la surface disponibles avec l'hypothèse de la contrainte équivalente selon TRESKA, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez les *Déformations* (voir la Figure 8.62, page 351). Le tableau 4.29 vous montre ces déformations sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Tresca [.]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Tresca}$	$\epsilon_{-,Tresca}$	ϵ_{Tresca}
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00058	0.00059	0.00059
2	2	0.500	0.000	0.000	0.00017	0.00018	0.00018
3	3	1.000	0.000	0.000	0.00006	0.00006	0.00006
4	4	1.500	0.000	0.000	0.00007	0.00007	0.00007
5	5	2.000	0.000	0.000	0.00009	0.00009	0.00009
6	6	2.500	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
7	7	3.000	0.000	0.000	0.00012	0.00012	0.00012
8	8	3.500	0.000	0.000	0.00013	0.00012	0.00013
9	9	4.000	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
10	10	4.500	0.000	0.000	0.00009	0.00008	0.00009

Figure 8.64 : Tableau 4.29 Surfaces - Déformations - Tresca

Les colonnes de tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédant 4.28 Surfaces - Déformation - von Mises.

Avec l'approche selon TRESKA, il est supposé que la rupture est causée par la contrainte principale de cisaillement maximale (voir le chapitre 8.22, page 343).

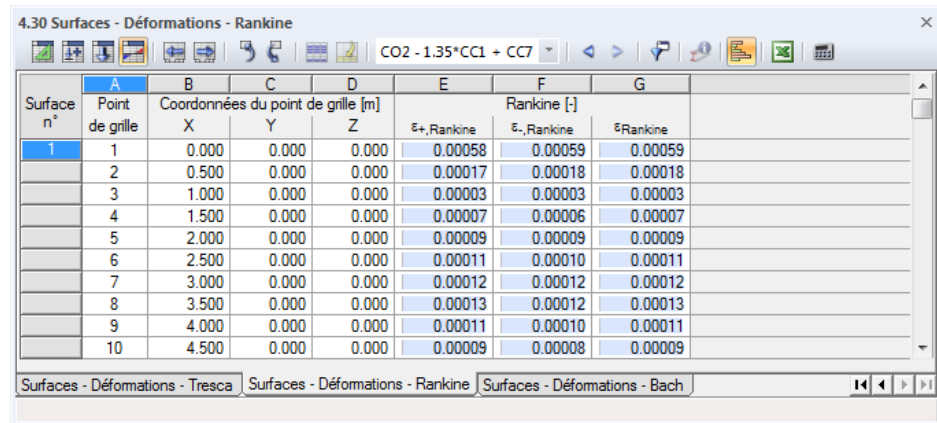
Les déformations selon TRESKA sont déterminées de la façon suivante :

$\epsilon_{+,Tresca}$	<p>Déformation équivalente sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface)</p> $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1 + \nu}$ <p>En même temps, la déformation équivalente selon RANKINE est analysée (voir le chapitre suivant 8.30). Si une déformation plus large est atteinte avec cette hypothèse, cette valeur est affichée dans la colonne E de tableau.</p>
$\epsilon_{-,Tresca}$	<p>Déformation équivalente sur le côté négatif de la surface</p> $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1 + \nu}$ <p>Si l'hypothèse de RANKINE résulte en déformation équivalente plus large, cette valeur est affichée dans la colonne F.</p>
ϵ_{Tresca}	Déformation équivalente maximale sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes E et F)

Tableau 8.22 : Déformations selon TRESKA

8.30 Surfaces - Déformations - Rankine

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations de la surface disponibles avec l'hypothèse de la contrainte équivalente selon RANKINE, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Déformations* (voir Figure 8.62, page 351). Le tableau 4.30 vous montre ces déformations sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Rankine [-]		
		X	Y	Z	ε+,Rankine	ε-,Rankine	εRankine
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00058	0.00059	0.00059
	2	0.500	0.000	0.000	0.00017	0.00018	0.00018
	3	1.000	0.000	0.000	0.00003	0.00003	0.00003
	4	1.500	0.000	0.000	0.00007	0.00006	0.00007
	5	2.000	0.000	0.000	0.00009	0.00009	0.00009
	6	2.500	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
	7	3.000	0.000	0.000	0.00012	0.00012	0.00012
	8	3.500	0.000	0.000	0.00013	0.00012	0.00013
	9	4.000	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
	10	4.500	0.000	0.000	0.00009	0.00008	0.00009

Figure 8.65 : Tableau 4.30 *Surfaces - Déformations - Rankine*

Les colonnes de tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats 4.28 *Surfaces - Déformation - von Mises*.

Avec l'approche selon RANKINE il est supposé que la rupture est causée par la contrainte principale maximale (voir le chapitre 8.23, page 344).

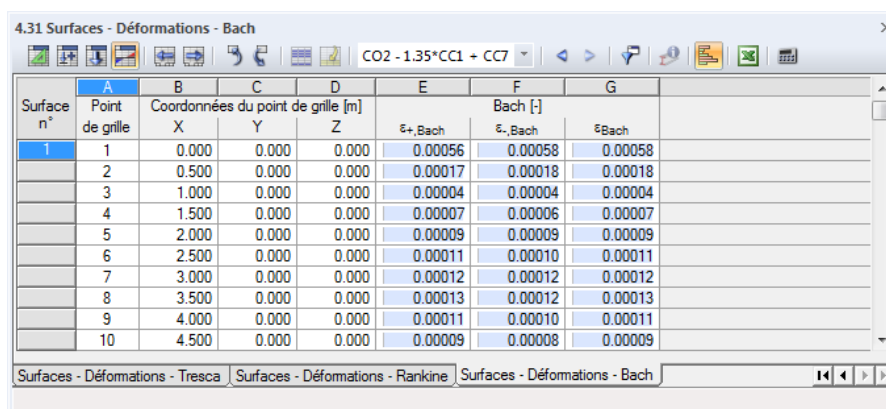
Les déformations selon RANKINE sont déterminées de la façon suivante :

$\epsilon_{+,Rankine}$	Déformation équivalente sur le côté positif de la surface (p.ex. le côté en direction de l'axe positif z de la surface) $\epsilon_{+} = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1+\nu} \right)$
$\epsilon_{-,Rankine}$	Déformation équivalente sur le côté négatif de la surface $\epsilon_{-} = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1+\nu} \right)$
$\epsilon_{Rankine}$	Déformation équivalente maximale sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes E et F)

Tableau 8.23 : Déformations selon RANKINE

8.31 Surfaces - Déformations - Bach

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations de la surface disponibles avec l'hypothèse de la contrainte équivalente selon BACH, cochez la case *Surfaces* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez les *Déformations* (voir la Figure 8.62, page 351). Le tableau 4.31 vous montre ces déformations sous forme numérique.



Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Bach [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Bach}$	$\epsilon_{-,Bach}$	ϵ_{Bach}
1	1	0.000	0.000	0.000	0.00056	0.00058	0.00058
2	2	0.500	0.000	0.000	0.00017	0.00018	0.00018
3	3	1.000	0.000	0.000	0.00004	0.00004	0.00004
4	4	1.500	0.000	0.000	0.00007	0.00006	0.00007
5	5	2.000	0.000	0.000	0.00009	0.00009	0.00009
6	6	2.500	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
7	7	3.000	0.000	0.000	0.00012	0.00012	0.00012
8	8	3.500	0.000	0.000	0.00013	0.00012	0.00013
9	9	4.000	0.000	0.000	0.00011	0.00010	0.00011
10	10	4.500	0.000	0.000	0.00009	0.00008	0.00009

Figure 8.66 : Tableau 4.31 *Surfaces - Déformations - Bach*

Les colonnes de tableau *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* correspondent aux colonnes du tableau de résultats 4.28 *Surfaces - Déformation - von Mises*.

Avec l'approche selon BACH il est supposé que la rupture se produit en direction de la déformation maximale (voir le chapitre 8.24, page 345).

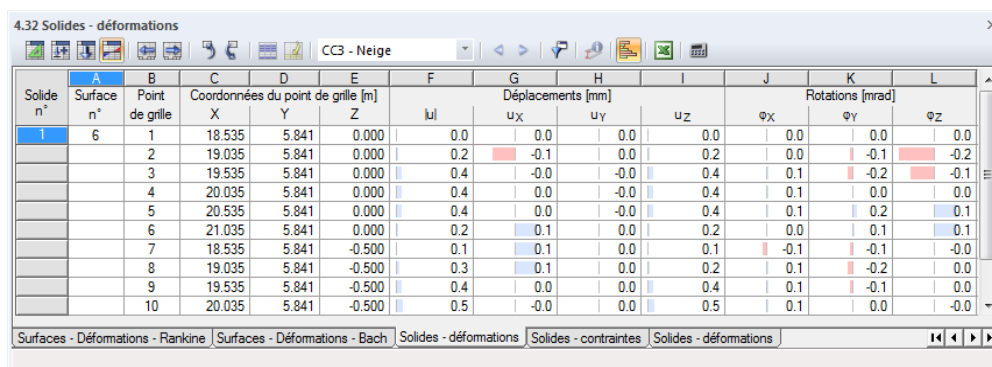
Les déformations selon BACH sont déterminées de la façon suivante :

$\epsilon_{+,Bach}$	Valeur absolue maximale de la contrainte principale ϵ_{1+} ou ϵ_{2+} sur le côté positif de la surface (voir le chapitre 8.26, page 349).
$\epsilon_{-,Bach}$	Valeur absolue maximale de la déformation principale ϵ_{1-} ou ϵ_{2-} sur le côté négatif de la surface (p.ex. le côté en direction opposée à l'axe positif z de la surface)
ϵ_{Bach}	Déformation équivalente maximale sur le côté positif ou négatif de la surface (colonnes E et F)

Tableau 8.24 : Déformations selon BACH

8.32 Solides - Déformations

Pour contrôler l'affichage graphique des déformations des solides, cochez la case *Déformations globales* dans le navigateur *Résultats*, (voir la Figure 8.36, page 324). Le tableau 4.32 vous montre les déformations pour les surfaces de contour des solides sous forme numérique.



Solide n°	Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			u	Déplacements [mm]			Rotations [mrad]		
			X	Y	Z		ux	uy	uz	φx	φy	φz
1	6	1	18.535	5.841	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	19.035	5.841	0.000	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.0	-0.1	-0.2
		3	19.535	5.841	0.000	0.4	-0.0	-0.0	0.4	0.1	-0.2	-0.1
		4	20.035	5.841	0.000	0.4	0.0	-0.0	0.4	0.1	0.0	0.0
		5	20.535	5.841	0.000	0.4	0.0	-0.0	0.4	0.1	0.2	0.1
		6	21.035	5.841	0.000	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1
	7	7	18.535	5.841	-0.500	0.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	-0.1	-0.0
		8	19.035	5.841	-0.500	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	-0.2	0.0
		9	19.535	5.841	-0.500	0.4	0.0	0.0	0.4	0.1	-0.1	0.0
		10	20.035	5.841	-0.500	0.5	-0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	-0.0

Figure 8.67 : Tableau 4.32 Solides - Déformations

Le tableau vous montre les déplacements et rotations pour les points de grille des surfaces de contour individuelles. Les déformations à l'intérieur du solide ne sont pas affichées.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes C à E du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Déplacements / rotations

Les déformations ont les significations suivantes :

u	Déplacement total absolu (pas pour les combinaisons de résultats)
ux	Déplacement du solide en direction de l'axe global X
uy	Déplacement du solide en direction de l'axe global Y
uz	Déplacement du solide en direction de l'axe global Z
φx	Rotation du solide autour de l'axe global X
φy	Rotation du solide autour de l'axe global Y
φz	Rotation du solide autour de l'axe global Z

Tableau 8.25 : Déformations de solide

8.33 Solides - Contraintes

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes de solide, cochez la case *Solides* dans le navigateur *Résultats*. Le tableau 4.33 vous montre les contraintes des solides sous forme numérique.



Les résultats dans le tableau sont rapportés aux points de grille des surfaces de contour. C'est-à-dire que le tableau ne contient pas de contraintes disponibles dans le solide. Néanmoins, les contraintes dans le solide peuvent être représentées graphiquement dans les points intérieurs du maillage EF : Dans le navigateur *Résultats*, cochez la case *Valeurs sur les surfaces* et puis, sélectionnez *Paramètres* et *Dans les points de maillage EF*. Pour afficher les valeurs spécifiquement, utilisez un plan de découpage (voir le chapitre 9.9.2, page 396).

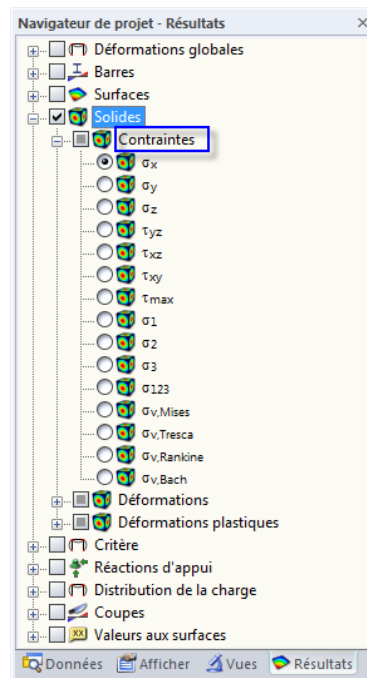


Figure 8.68 : Navigateur *Résultats* : *Solides* → *Contraintes*

4.33 Solides - contraintes															
CC3 - Neige															
Solide n°	Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Contraintes de base [kN/cm²]			Contraintes de cisaillement [kN/cm²]				Contraintes principales		
			X	Y	Z	σ _x	σ _y	σ _z	τ _{yz}	τ _{xz}	τ _{xy}	τ _{max}	σ ₁	σ ₂	σ ₃
1	6	1	18.535	5.841	0.000	-0.97	-0.26	-1.02	-0.10	0.69	0.11	0.73	-0.25	-0.31	-1.7
		2	19.035	5.841	0.000	-0.09	0.06	0.13	0.04	0.07	-0.04	0.14	0.16	0.07	-0.1
		3	19.535	5.841	0.000	0.20	-0.03	-0.03	-0.01	0.03	-0.00	0.12	0.20	-0.03	-0.01
		4	20.035	5.841	0.000	0.28	-0.03	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.16	0.28	-0.01	-0.01
		5	20.535	5.841	0.000	0.18	-0.03	-0.02	-0.00	-0.03	0.00	0.12	0.20	-0.02	-0.01
		6	21.035	5.841	0.000	-0.14	0.04	0.07	0.03	-0.10	0.03	0.18	0.14	0.05	-0.2
		7	18.535	5.841	-0.500	0.06	0.03	-0.23	0.02	0.09	-0.02	0.20	0.12	0.03	-0.2
		8	19.035	5.841	-0.500	-0.16	-0.00	-0.08	-0.00	0.16	0.01	0.18	0.07	-0.03	-0.2
		9	19.535	5.841	-0.500	-0.26	0.01	-0.05	-0.00	0.10	0.00	0.18	0.03	-0.01	-0.3

Figure 8.69 : Tableau 4.33 *Solides - Contraintes*

Le tableau vous montre les contraintes de solide classées par surface. Les résultats sont listés par rapport aux points de grille de chaque surface.

Point de grille

Les numéros des points de grille sont listés par surface. Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Coordonnées du point de grille

Les colonnes C à E du tableau vous montrent les coordonnées des points de grille dans le système de coordonnées globales XYZ.

Contraintes de base / Contraintes de cisaillement / Contraintes principales

Contrairement aux contraintes de surface, les contraintes de solide ne peuvent pas être décrites par des équations simples. Les *Contraintes de base* σ_x , σ_y et σ_z tout comme les *Contraintes de cisaillement* τ_{xy} , τ_{yz} et τ_{xz} sont déterminées directement par le cœur d'analyse.

Si un cube avec les longueurs de bord d_x , d_y et d_z est coupé par un objet 3D avec un chargement multiaxial, les contraintes dans chaque surface cubique peuvent être divisées en contraintes normales et de cisaillement. Si ni l'effort spatial ni les différences de contraintes sur les surfaces parallèles ne sont considérées, la condition de contrainte dans le système de coordonnées de cube locales peut être décrite par neuf composantes de contrainte.

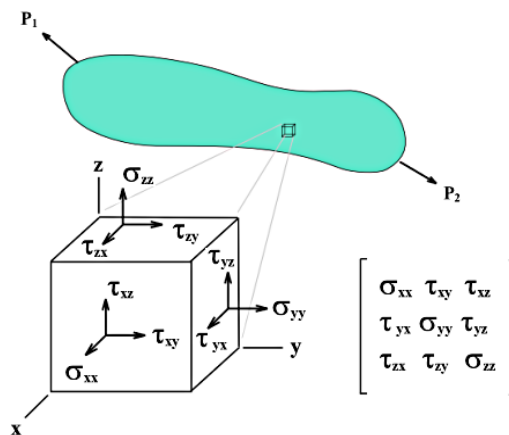


Figure 8.70 : Élément solide avec les composantes de contraintes

La matrice du tenseur de contrainte est la suivante :

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Equation 8.4 : Matrice du tenseur de contrainte

Les *Contraintes principales* σ_1 , σ_2 et σ_3 résultent des valeurs propres du tenseur selon la formule suivante :

$$\det(S - \sigma E) = 0$$

avec E : 3x3 matrice unitaire

Equation 8.5 : Contraintes principales

La *Contrainte de cisaillement maximale* τ_{\max} est déterminée selon le cercle de Mohr :

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

Equation 8.6 : Contrainte de cisaillement maximale

Les trajectoires des contraintes principales peuvent être représentées graphiquement en sélectionnant l'entrée de navigateur σ_{123} .

Contraintes équivalentes

La *Contrainte équivalente* $\sigma_{\text{équ}}$ selon VON MISES peut être exprimée par les équations homologuées suivantes :

$$\sigma_{\text{équ,Mises}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$

Equation 8.7 : Contrainte équivalente des contraintes principales selon VON MISES

$$\sigma_{\text{équ,Mises}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_x \sigma_z - \sigma_y \sigma_z + 3 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

Equation 8.8 : Contrainte équivalente des contraintes de base selon VON MISES

Pour la détermination de la *Contrainte équivalente* $\sigma_{\text{équ}}$ selon TRESCA, RFEM analyse les différences des contraintes principales pour déterminer la valeur maximale hors d'elles.

$$\sigma_{\text{équ,Tresca}} = \max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|)$$

Equation 8.9 : Détermination de la contrainte équivalente selon TRESCA

La *Contrainte équivalente* $\sigma_{\text{équ}}$ selon RANKINE est déterminée à partir des valeurs absolues maximales des contraintes principales.

$$\sigma_{\text{équ,Rankine}} = \max(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|)$$

Equation 8.10 : Détermination de la contrainte équivalente selon RANKINE

Pour la détermination de la *Contrainte équivalente* $\sigma_{\text{équ}}$ selon BACH, RFEM analyse les différences des contraintes principales, prenant en compte le coefficient de Poisson ν pour déterminer la valeur maximale hors d'elles.

$$\sigma_{\text{équ,Bach}} = \max[|\sigma_1 - \nu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)|, |\sigma_2 - \nu \cdot (\sigma_3 + \sigma_1)|, |\sigma_3 - \nu \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)|]$$

Equation 8.11 : Détermination de la contrainte équivalente selon BACH

8.34 Solides - Déformations

Pour contrôler l'affichage graphique des contraintes de solide, cochez la case *Solides* dans le navigateur *Résultats* puis, sélectionnez *Déformations*. Le tableau 4.34 vous montre ces déformations sous forme numérique.

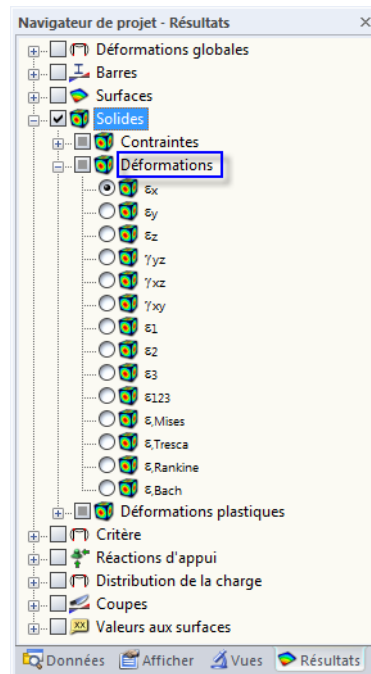


Figure 8.71 : Navigateur Résultats : Solides → Déformations

4.34 Solides - déformations

CC3 - Neige

Solide n°	Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]			Solides - déformations [-]									
			X	Y	Z	ϵ_x	ϵ_y	ϵ_z	γ_{yz}	γ_{xz}	γ_{xy}	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	
1	6	1	18.535	5.841	0.000	-0.00021	0.00004	-0.00002	-0.00007	0.00051	0.00008	0.00005	0.00003	-0.00048	
		2	19.035	5.841	0.000	-0.00004	0.00002	0.00004	0.00003	0.00005	-0.00003	0.00005	0.00002	-0.00005	
		3	19.535	5.841	0.000	0.00006	-0.00002	-0.00000	-0.00000	0.00002	-0.00000	0.00006	-0.00002	-0.00002	
		4	20.035	5.841	0.000	0.00009	-0.00002	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00009	-0.00002	-0.00003	
		5	20.535	5.841	0.000	0.00006	-0.00002	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00006	-0.00002	-0.00002	
		6	21.035	5.841	0.000	-0.00005	0.00002	0.00003	0.00002	-0.00000	0.00003	0.00005	0.00002	-0.00008	
		7	18.535	5.841	-0.500	0.00003	0.00002	-0.00000	0.00001	0.00006	-0.00002	0.00005	0.00002	-0.00010	
		8	19.035	5.841	-0.500	-0.00004	0.00001	-0.00000	-0.00000	0.00011	0.00001	0.00004	0.00000	-0.00009	
		9	19.535	5.841	-0.500	-0.00008	0.00002	0.00000	-0.00000	0.00007	0.00000	0.00003	0.00001	-0.00010	

Surfaces - Déformations - Bach | Solides - déformations | Solides - contraintes | Solides - déformations | Solides - Centre de contraintes

Figure 8.72 : Tableau 4.34 Solides - Déformations

Le tableau vous montre les déformations classées par surfaces. Les résultats sont listés en référence aux points de grille de chaque surface enveloppant le solide.

Les colonnes *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* du tableau correspondent aux colonnes du tableau de résultats précédent 4.33 *Solides - Contraintes*.

Solides - Déformations

Les déformations sont déterminées directement par le cœur d'analyse à la base des valeurs propres de la matrice de déformation. Quand le modèle est analysé selon l'analyse statique linéaire ou l'analyse du second ordre, un calcul linéaire est effectué. Pour un calcul selon l'analyse de grandes déformations, les déformations sont déterminées par l'approche logarithmique.

Les déformations équivalentes sont déterminées selon quatre hypothèses de contrainte de la façon suivante :

ϵ_{Mises}	$\epsilon_{\text{Mises}} = \frac{1}{1+\nu} \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_z^2 - \epsilon_x \epsilon_y - \epsilon_y \epsilon_z - \epsilon_z \epsilon_x + \frac{3}{4}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xz}^2)}$
ϵ_{Tresca}	Valeur maximale des différences des valeurs propres selon la matrice R (voir l'Equation 8.12) $\epsilon_{\text{Tresca}} = \max(R_1 - R_2 , R_2 - R_3 , R_3 - R_1)$
$\epsilon_{\text{Rankine}}$	Valeur maximale des valeurs propres selon la matrice R $\epsilon_{\text{Rankine}} = \max(R_1 , R_2 , R_3)$
ϵ_{Bach}	Valeur maximale des différences des valeurs propres en prenant en compte le coefficient de Poisson ν selon la matrice R $\epsilon_{\text{Bach}} = \max(R_1 - \nu \cdot (R_2 + R_3) , R_2 - \nu \cdot (R_3 + R_1) , R_3 - \nu \cdot (R_1 + R_2))$

Tableau 8.26 : Déformations équivalentes

$$R = \frac{1}{1+\nu} \cdot \begin{bmatrix} \frac{(1-\nu) \cdot \epsilon_x + \nu \cdot (\epsilon_y + \epsilon_z)}{1-2\nu} & \frac{\gamma_{xy}}{2} & \frac{\gamma_{xz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xy}}{2} & \frac{(1-\nu) \cdot \epsilon_y + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_z)}{1-2\nu} & \frac{\gamma_{yz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xz}}{2} & \frac{\gamma_{yz}}{2} & \frac{(1-\nu) \cdot \epsilon_z + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_y)}{1-2\nu} \end{bmatrix}$$

Equation 8.12 : Matrice R

8.35 Solides - Pression du gaz

Pour contrôler l'affichage graphique de la pression du gaz, cochez la case *Solides* dans le navigateur *Résultats* et puis, sélectionnez *Contraintes* et *Pression P*. Le tableau 4.35 vous montre la pression du gaz des solides sous forme numérique.

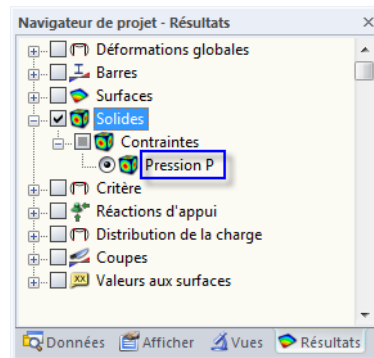
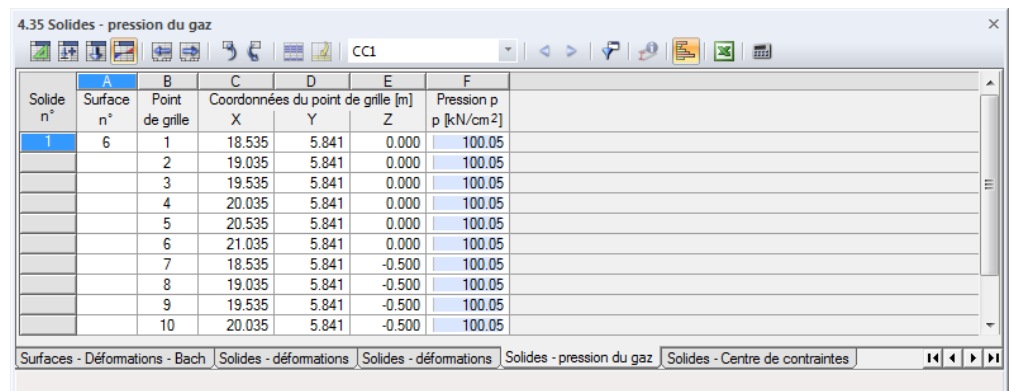


Figure 8.73 : Navigateur Résultats : Solides → Contraintes → Pression P



Solide n°	Surface n°	Point de grille	Coordonnées du point de grille [m]	Pression p [kN/cm²]
			X Y Z	
1	6	1	18.535 5.841 0.000	100.05
		2	19.035 5.841 0.000	100.05
		3	19.535 5.841 0.000	100.05
		4	20.035 5.841 0.000	100.05
		5	20.535 5.841 0.000	100.05
		6	21.035 5.841 0.000	100.05
		7	18.535 5.841 -0.500	100.05
		8	19.035 5.841 -0.500	100.05
		9	19.535 5.841 -0.500	100.05
		10	20.035 5.841 -0.500	100.05

Figure 8.74 : Tableau 4.35 Solides - Pression du gaz

Le tableau vous montre la distribution de la pression classée par surface. Les résultats sont listés en référence aux points de grille de chaque surface enveloppant le solide.

Les colonnes *Point de grille* et *Coordonnées du point de grille* du tableau correspondent aux colonnes du tableau de résultats 4.33 *Solides - Contraintes*.

Pression de gaz p

La pression de gaz est un type spécifique de contrainte pour les solides de type « gaz » (voir le chapitre 4.5, page 93). Il est déterminé avec les fonctions d'état pour le volume V et la température T selon les conditions suivantes :

$$p \cdot \frac{V}{T} = \text{const}$$

où T en [K] est rapporté au point de zéro absolu

Equation 8.13 : Équation d'état pour les gaz

9. Évaluation des résultats

9.1 Résultats disponibles

Pour ouvrir la boîte de dialogue qui vous affiche les résultats disponibles, sélectionnez **Résultats disponibles** dans le menu **Résultats**.

Une boîte de dialogue avec un aperçu de tous les cas de charge et toutes les combinaisons de charge calculés s'affiche.

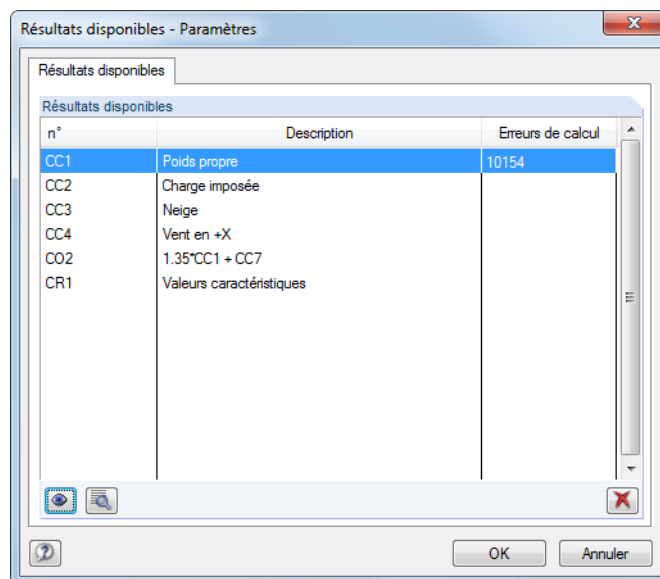


Figure 9.1 : Boîte de dialogue *Résultats disponibles - Paramètres*



Dans la liste, vous pouvez voir quels cas de charge, quelles combinaisons de charge et de résultats ont été calculés. Des raisons pour les problèmes qui pouvaient apparaître pendant le processus de calcul sont indiquées dans la colonne de tableau *Erreurs de calcul*. Pour voir les détails, sélectionnez le cas de charge correspondant et cliquez sur le bouton [Détails] affiché à gauche.



Pour afficher un résultat particulier dans le graphique, sélectionnez-le dans la boîte de dialogue et cliquez sur le bouton [Afficher]. Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur l'entrée. Les résultats qui ne sont pas requis peuvent être supprimés à l'aide du bouton [X].



CC3: Neige

Il est aussi possible de sélectionner les cas de charge, combinaisons de charges ou de résultats dans la liste des cas de charge de la barre d'outils principale ou de la barre d'outils des tableaux de résultats. Les résultats graphiques et l'affichage de tableau sont actualisés automatiquement si la synchronisation de la sélection est activée (voir le chapitre 11.5.4, page 513).

9.2 Sélection des résultats



Utilisez le navigateur *Résultats* pour contrôler l'affichage des déformations, efforts internes, contraintes, déformations et/ou réactions d'appui tout comme les sections et zones de lissage où c'est applicable.

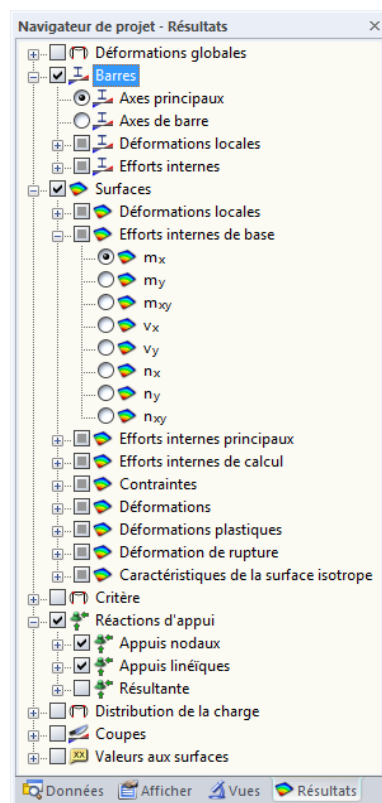


Figure 9.2 : Navigateur *Résultats*

Vous pouvez aussi sélectionner les résultats à l'aide de la barre d'outils *Résultats*.



Figure 9.3 : Boutons dans la barre d'outils *Résultats*



Pour activer et désactiver l'affichage du graphique de résultats, utilisez le bouton de la barre d'outils [Afficher les résultats] figuré à gauche. Pour afficher les valeurs de résultats, utilisez le bouton de la barre d'outils [Afficher les valeurs de résultats] à droite.

Pour les résultats d'une combinaison de résultat (CR) l'entrée supplémentaire *Combinaisons de résultats* est offerte dans le navigateur.

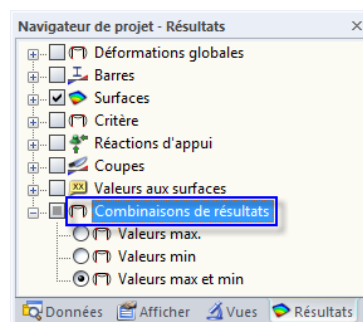


Figure 9.4 : Navigateur *Résultats* pour une combinaison de résultats

Vous pouvez sélectionner parmi trois options qui influencent l'affichage des résultats graphiques des déformations, efforts internes et forces d'appui : Les valeurs *Max.* et *Min.* peuvent être affichées séparément. L'option *Valeurs Max et Min* vous montre les deux enveloppes de toutes les valeurs extrêmes sur le modèle.

9.3 Affichage des résultats

La manière dont les résultats sont représentés est définie dans le navigateur *Afficher*.

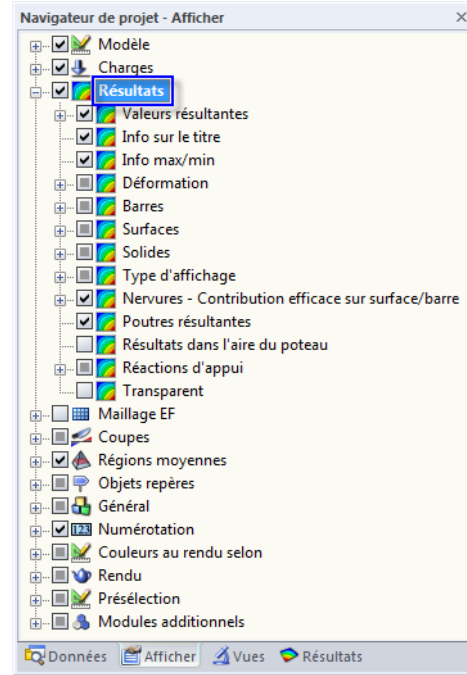


Figure 9.5 : Navigateur *Afficher* : *Résultats*



Dans le navigateur *Résultats*, vous spécifiez quels résultats sont affichés. Le navigateur *Afficher* définit la manière selon laquelle les résultats sont représentés.

9.3.1 Résultats de barre

Les efforts internes des barres sont affichés *En deux couleurs*. Les efforts internes positifs sont représentés par les lignes bleues claires, les efforts internes négatifs par les lignes rouges. Par défaut, les déformations de barre sont affichées comme des *Lignes simples colorées*.



Le diagramme de résultats graphique est géré par le numéro inséré dans le champ d'entrée *Nombre de divisions des barres pour les diagrammes de résultats* dans l'onglet *Paramètres de calcul globaux* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir la Figure 7.22, page 287). S'il est défini une division de 10, RFEM divise la longueur de la barre la plus longue du système par 10. Avec la longueur de division rapportée au système, RFEM détermine pour chaque barre les distributions de résultats graphiques dans les points de division.



Si les efforts internes de barre sont représentés avec les couleurs utilisant soit l'option d'affichage *Avec diagramme* ou *Sans diagramme*, les couleurs pour les résultats graphiques sont attribuées selon le spectre affiché dans le panneau de contrôle. Vous trouverez les notes pour la valeur d'ajustement et le spectre de couleur dans le chapitre 3.4.6 à la page 31.

Les efforts internes peuvent aussi être affichés comme *Sections* : une représentation photoréaliste des barres qui vous montre les diagrammes de couleur des efforts internes sur les barres s'affiche.

D'une façon analogique, vous pouvez afficher la déformation des *Sections* (rendu 3D de la déformation) ou des *Sections colorées* (rendu de la déformation avec nuances de couleurs).

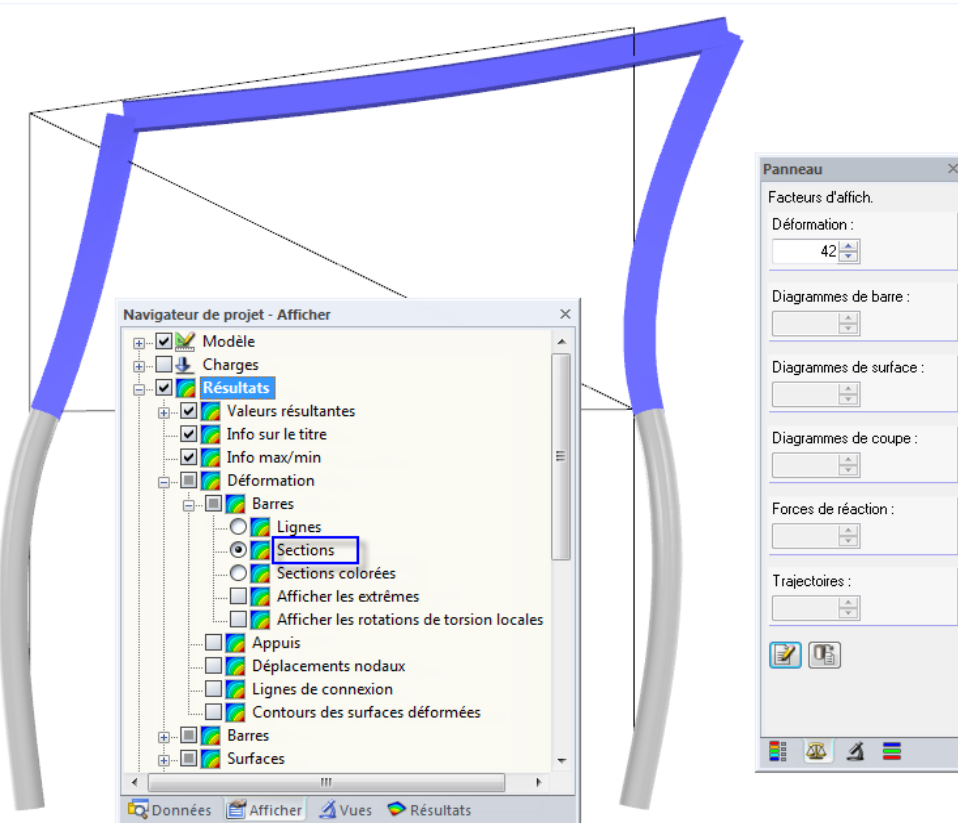


Figure 9.6 : Imagerie échelonnée des déformations de barre dans le rendu 3D

9.3.2 Résultats de surface et de solide

Par défaut, les résultats des surfaces et des solides sont affichés comme *Isobandes*. L'attribution de couleur est gérée dans le panneau de contrôle (voir le chapitre 3.4.6, page 31).

En outre, le navigateur *Afficher* vous offre différentes options d'affichage pour les résultats de surface et de solide en sélectionnant *Résultats* et *Type d'affichage*.

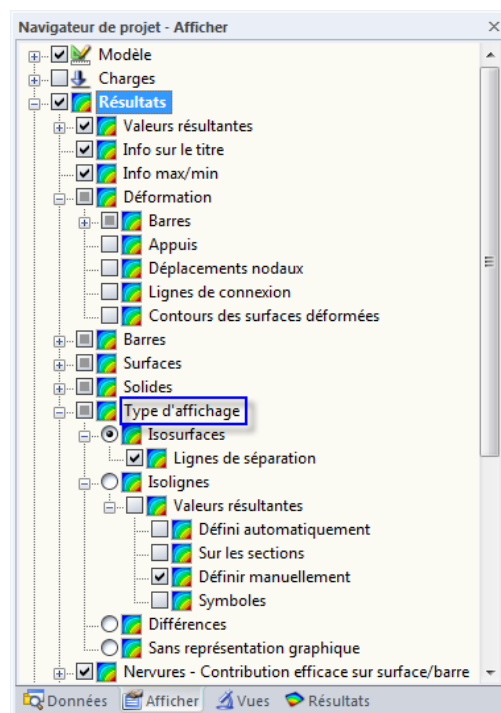


Figure 9.7 : Navigateur *Afficher* : *Résultats* → *Type d'affichage*

Les résultats des surfaces et des solides peuvent être affichés comme *Isobandes* ou *Isolignes*. Souvent, les isolignes peuvent être utiles pour une sortie par une imprimante monochrome.

L'option d'affichage *Sans représentation graphique* permet une sortie des valeurs de résultats pures : Les isobandes ou isolignes sont cachées afin qu'il ne soit affiché que les valeurs de résultats dans les points de grille ou de maillage EF. Les paramètres sont aussi appropriés pour l'impression.

L'option d'affichage *Différences* n'est disponible que pour les contraintes. Avec ces paramètres, vous pouvez voir les modifications de contraintes dans les éléments finis qui rendent possible de dessiner les conclusions concernant la qualité du maillage EF : S'il y a des différences fondamentales dans les éléments EF attenants, vous devriez penser sur un raffinement du maillage EF à ces positions.

Vous pouvez sélectionner l'option *Nœud EF du solide* pour évaluer les contraintes à l'intérieur d'un solide en supposant que le maillage EF soit suffisamment fin. L'attribution de couleur des nœuds EF suit le spectre du panneau de contrôle. Si, en complément, vous activez les *Valeurs* dans les points de maillage EF dans le navigateur *Résultats*, vous pouvez voir directement les contraintes de solide affichées sur le modèle.

Vous pouvez contrôler la mise en échelle des déformations et des efforts internes par les paramètres dans l'onglet du panneau de contrôle *Facteurs* (milieu). L'onglet *Filtre* (droit) est utilisé pour une sélection spécifique des barres, surfaces ou solides dont les résultats vous voulez afficher (voir la Figure 9.51, page 399). Les deux onglets de panneau sont décrits dans le chapitre 3.4.6, page 34.



Contraintes dans les solides



Critère pour les propriétés de matériau non linéaires

Quand un modèle de matériau avec les effets non linéaires a été sélectionné (voir le chapitre 4.3, page 65), vous pouvez vérifier graphiquement quelles aires sont influencées par des rigidités réduites par exemple quand la limite d'élasticité est atteinte. Veuillez noter que vous pouvez utiliser cette option seulement si vous possédez le module additionnel **RF-MAT NL**.

L'option d'affichage de résultats *Is non linéaire* affiche la portion des points de GAUSS qui ont été analysés de façon non linéaire au moins une fois pendant l'analyse. Avec le *Critère de plasticité* vous pouvez par exemple trouver quelles zones de plasticité se produisent sur les appuis de la platine.

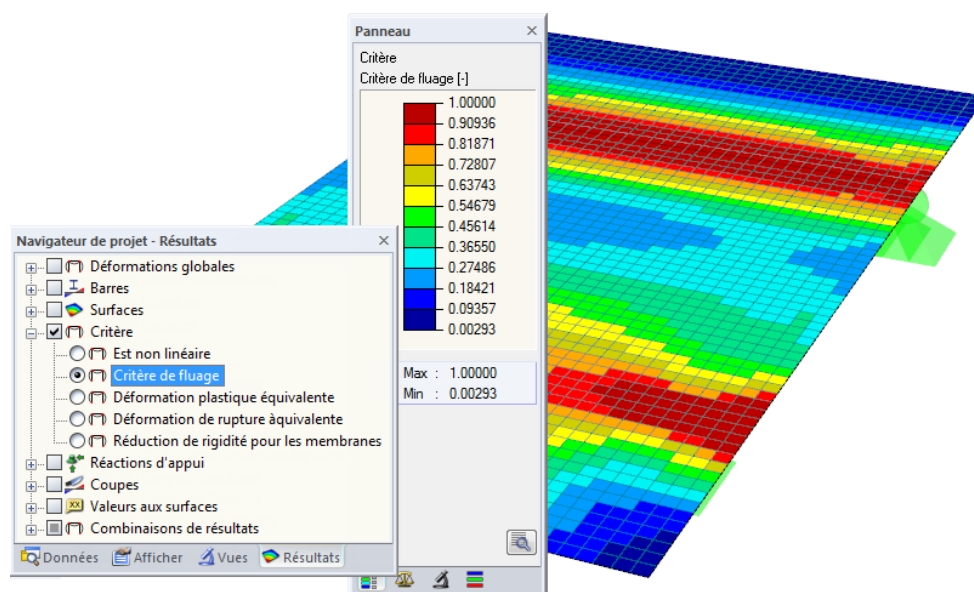


Figure 9.8 : Critère de plasticité d'une platine avec des zones de fluage

Distribution de la charge

En cochant les cases dans l'entrée de navigateur *Distribution de la charge*, vous pouvez afficher les forces et les moments obtenus par *Nœud EF* ou *Éléments EF* des charges insérées. Les efforts des éléments finis peuvent être représentés par rapport au système d'axes globaux XYZ ou d'axes locaux xyz de surface.

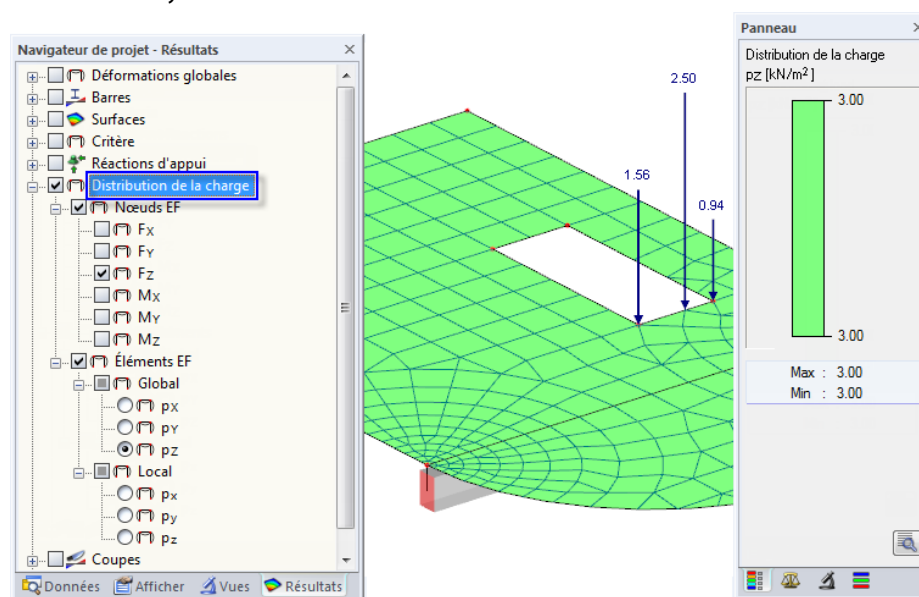


Figure 9.9 : Distribution de la charge avec les charges de maillage pour une charge linéique (F_z) et charge de surface (p_z)

L'utilisation des charges de maillage rend possible la vérification des charges insérées. Par exemple pour les charges concentrées libres, vous pouvez vérifier si la charge agit sur toutes les surfaces spécifiées dans la liste *Sur surfaces* (voir la Figure 6.31, page 246).

9.4 Affichage des valeurs

L'affichage des valeurs est géré dans le navigateur *Résultats* (voir le chapitre 3.4.3, page 27).

9.4.1 Valeurs de résultats

La catégorie de navigateur *Valeurs* contrôle les valeurs de résultats affichées dans la fenêtre graphique.

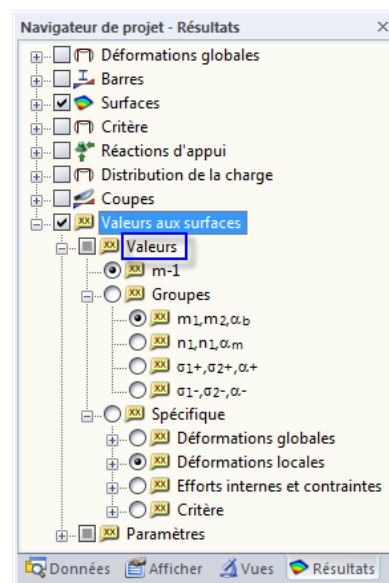


Figure 9.10 : Navigateur *Résultats* : *Valeurs sur surfaces* → *Valeurs*

Valeurs du graphique de résultats

La première option (*m-1* dans la figure ci-dessus) est alignée avec le type de résultats qui est affiché dans la fenêtre graphique. Quand le champ de sélection est activé, RFEM affiche les valeurs de résultats du graphique courant de déformation, du graphique de contrainte ou du graphique des efforts internes.

Groupes des valeurs

Avec l'option *Groupes*, il est possible d'afficher deux valeurs de résultats pour chaque position pour les résultats de surface. Quatre groupes sont prédéfinis. La figure suivante vous montre le premier groupe avec les moments principaux m_1 et m_2 . Les valeurs de grille arrangées sont tournées de l'angle α_b .

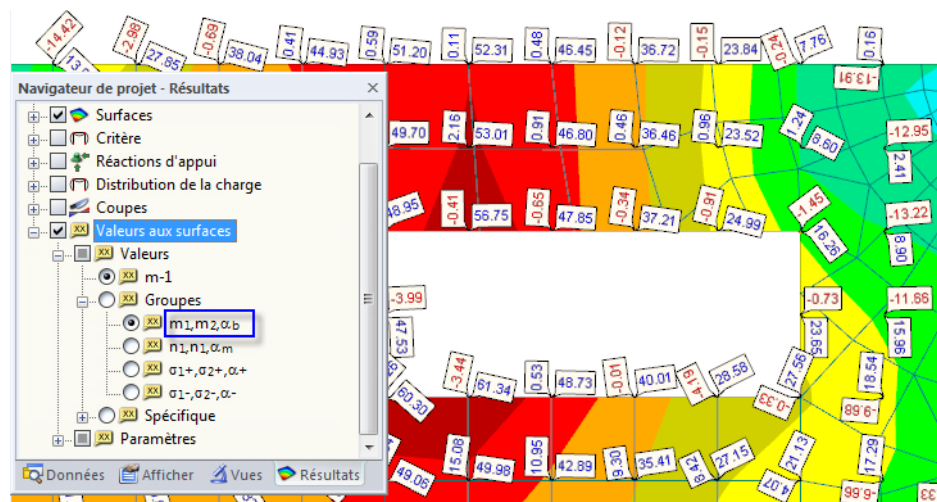
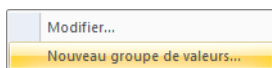


Figure 9.11 : Groupes de valeur des moments principaux dans le graphique



Vous pouvez aussi créer des groupes de valeurs définis par l'utilisateur : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'élément de navigateur *Groupes* pour ouvrir le menu contextuel figuré à gauche. Sélectionnez *Nouveau groupe de valeurs* pour ouvrir la boîte de dialogue suivante.

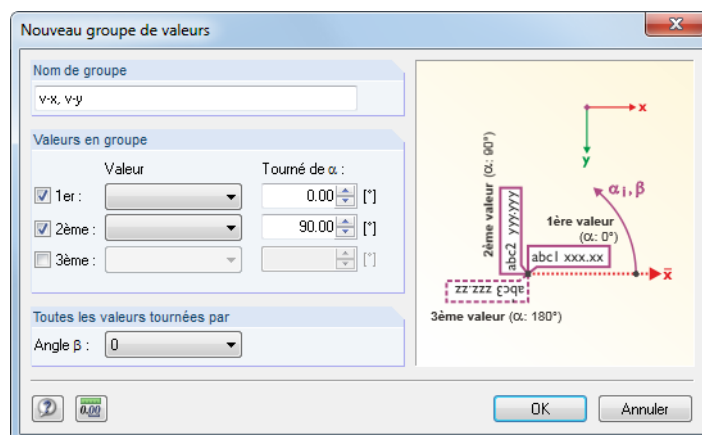
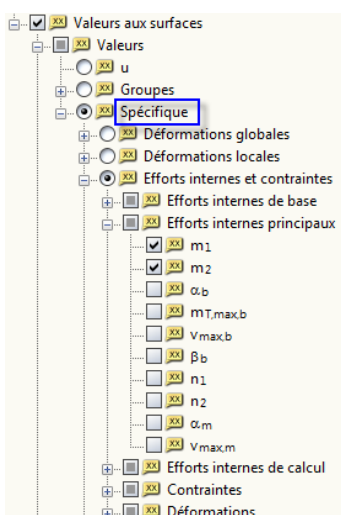


Figure 9.12 : Boîte de dialogue *Nouveau groupe de valeurs*

D'abord, définissez le *Nom de groupe* qui apparaîtra plus tard comme un élément dans le navigateur. Dans la section de dialogue *Valeurs en groupe*, vous pouvez sélectionner les types de résultat des listes *1ère valeur*, *2ème valeur* et *3ème valeur*. La rotation des valeurs est spécifiée dans les champs *Tourné de alpha*.

Valeurs de résultat spécifiques

Vous pouvez utiliser le champ de sélection *Spécifique* pour déterminer les valeurs de résultat (déformations, efforts internes, contraintes, déformations proportionnelles) que vous voulez afficher, indépendamment du type de résultat activé dans la fenêtre graphique. Ainsi, vous pouvez afficher les données simultanément, par exemple fournir les déformations d'une surface graphiquement et afficher les valeurs des efforts internes principaux m_1 et m_2 comme affiché à gauche.



9.4.2 Paramètres

Les options d'affichage disponibles dans l'entrée de navigateur *Paramètres* contrôlent les positions de calcul des valeurs de résultats et de leur représentation.

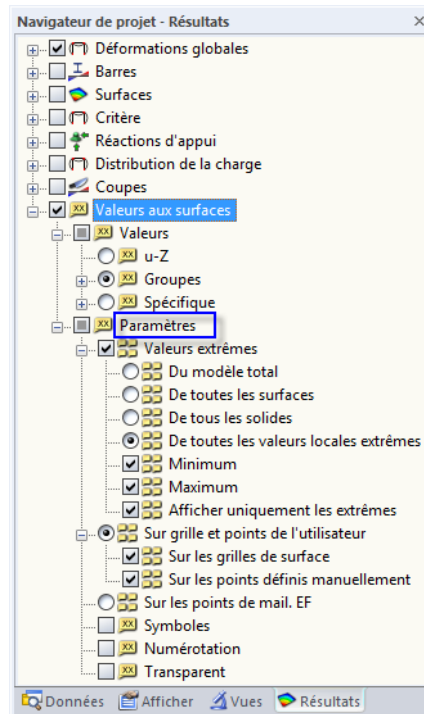


Figure 9.13 : Navigateur Résultats : Valeurs sur surfaces → Paramètres

Valeurs extrêmes

Si l'option *Valeurs extrêmes* est sélectionnée, seulement le minimum ou le maximum correspondant dépendant des paramètres est affiché.

Points de grille / Points de maillage EF

Les valeurs de résultat peuvent être affichées soit *Sur les grilles et sur les points définis par l'utilisateur* ou *Sur les points du maillage EF*. Soyez prudent quand vous utilisez l'option dernièrement mentionnée car l'importation de toutes les valeurs de résultats EF prend du temps pour les modèles vastes.

Symboles / Numérotation / Transparent

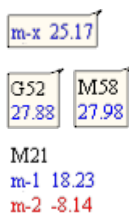
Les trois dernières cases listées sous *Paramètres* contrôlent le type et l'étendu de l'étiquetage.

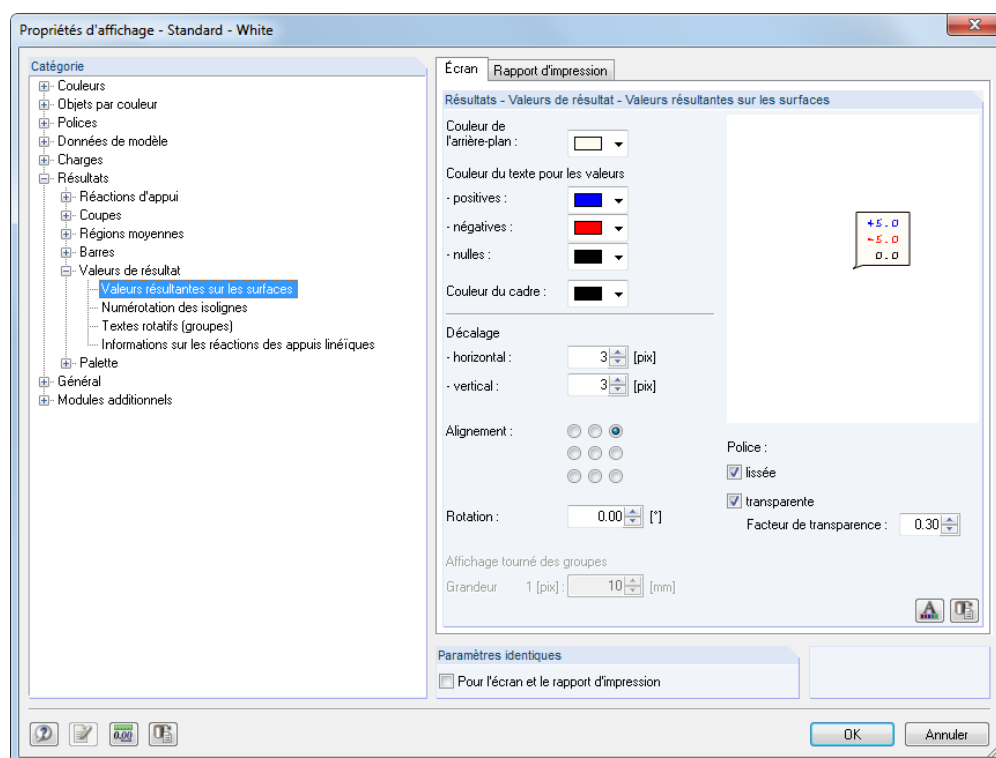
- Les *Symboles* du type de résultat défini (u , m_x , σ_z etc.) sont aussi affichés.
- De plus, la *Numérotation* des points de grille ou des nœuds du maillage EF ($G1$, $M1$ etc.) peut être affichée.
- Les valeurs peuvent être affichées dans le mode *Transparent*, p. ex. sans cadre et sans arrière-plan.

Pour ajuster les couleurs et les polices des valeurs de résultats,

pointez sur **Propriétés d'affichage** dans le menu **Options** et puis, sélectionnez **Modifier**.

Une boîte de dialogue avec les paramètres globaux pour *Propriétés d'affichage* s'ouvre. Sélectionnez *Valeurs de résultat* dans la catégorie *Résultats* et puis, cliquez sur *Valeurs de résultat sur les surfaces* pour spécifier vos paramètres.



Figure 9.14 : Boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* : *Résultats* → *Valeurs de résultat* → *Valeurs de résultat sur les surfaces*

9.4.3 Valeurs de résultats définies par l'utilisateur

Valeurs de grille

Les points de grille représentent un attribut de la surface. Ainsi, le nombre et l'arrangement des points de grille peuvent être ajustés dans l'onglet *Grille* de la boîte de dialogue *Modifier la surface*. Pour les surfaces, la sortie de résultats dans les tableaux est basée sur la grille de résultats. Dans le graphique, les valeurs des nœuds EF tout comme celles des points de grille peuvent être affichées.

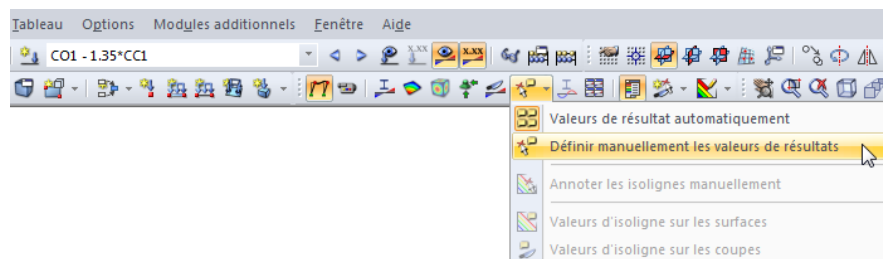
Pour plus d'informations sur les points de grille, voir le chapitre 8.12 à la page 322.

Valeurs graphiques



Dans la fenêtre graphique, vous pouvez définir les valeurs de résultat sur n'importe quelle position du modèle. Si l'affichage des résultats est activé, vous pouvez accéder à la fonction de la façon suivante :

Sélectionnez **Définir manuellement les valeurs de résultats** dans le menu **Résultats** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche (voir la Figure 9.15).

Figure 9.15 : Fonction *Définir manuellement les valeurs de résultat* dans la barre d'outils *Résultats*

Quand vous déplacez la souris à travers la surface, les valeurs de résultats seront affichées pour une position courante du pointeur de la souris. Puis, les valeurs de résultats peuvent être positionnées par un clic de la souris aux positions correspondantes.

Une valeur positionnée manuellement peut être supprimée facilement : Sélectionnez la valeur par un clic de la souris et puis, appuyez sur la touche [Suppr] de votre clavier. Pour une sélection multiple, tenez la touche [Ctrl] appuyée ou bien dessinez une fenêtre à travers les valeurs que vous voulez sélectionner.

Pour accéder au menu contextuel des valeurs de résultat, cliquez sur une des valeurs. Le menu contient les fonctions d'affichage et de filtre spécifiques pour l'évaluation graphique.

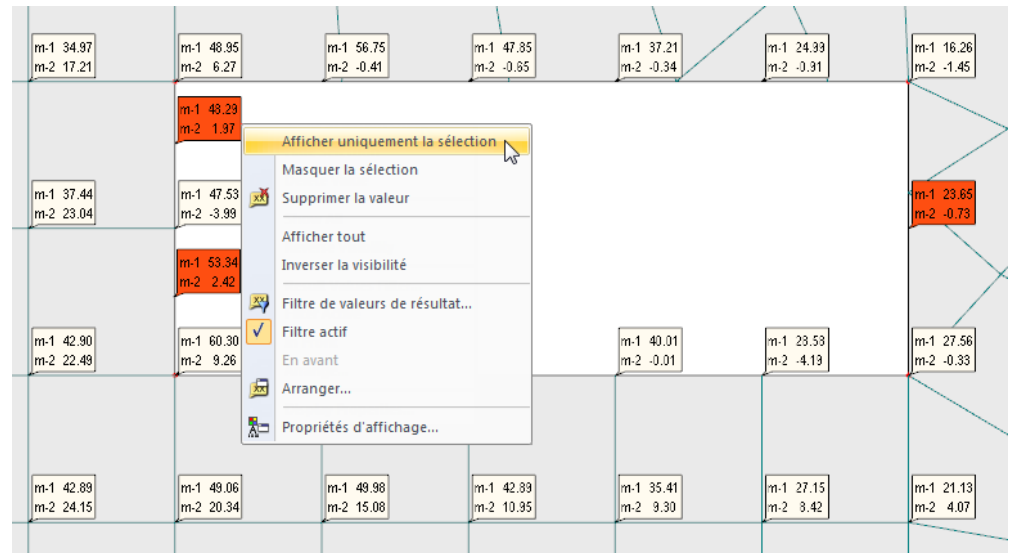


Figure 9.16 : Menu contextuel des valeurs de résultats



Avec la fonction du menu contextuel *Filtre de valeurs de résultats* (voir la figure ci-dessus), vous pouvez définir les spécifications précises pour les valeurs de résultats à afficher. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

pointez sur **Options d'affichage** dans le menu **Résultats**

où vous sélectionnez l'entrée correspondante. La boîte de dialogue suivante pour l'insertion des critères de filtre s'affiche.

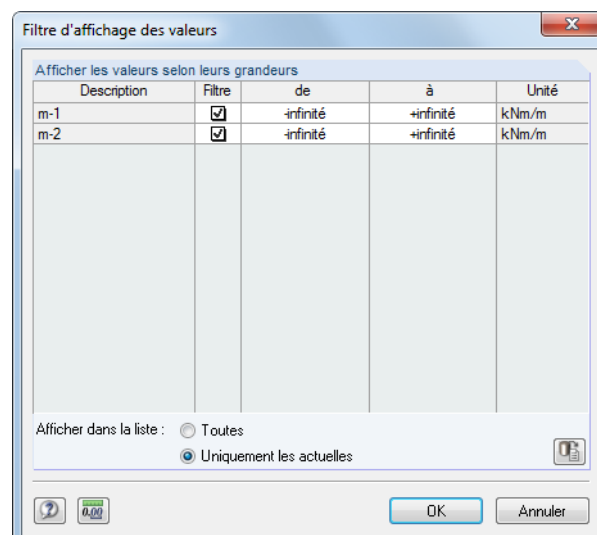


Figure 9.17 : Boîte de dialogue Filtre d'affichage des valeurs

Dans la liste *Afficher les valeurs selon leurs grandeurs*, vous pouvez définir les limites pour les valeurs de résultats dans les colonnes *de* et *à* du tableau. Les valeurs qui dépassent ces limites ne seront pas plus tard affichées dans le graphique.

Chercher le critère pour les valeurs locales extrêmes

Pour contrôler la sortie des valeurs graphiques extrêmes pour les surfaces,

pointez sur **Options d'affichage** dans le menu **Résultats** et puis, sélectionnez **Chercher le critère pour les valeurs locales extrêmes**

ou utilisez le menu contextuel de l'entrée *De toutes les valeurs locales extrêmes* du navigateur *Résultats*.

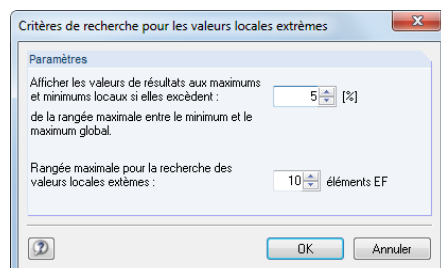


Figure 9.18 : Boîte de dialogue *Chercher le critère pour les valeurs locales extrêmes*

Dans le premier champ d'entrée, vous spécifiez le pourcentage par lequel une valeur de résultat est considérée comme un extrême local. Puis, la différence de maximum global et de minimum global de toutes les surfaces actives est multipliée par la valeur spécifique. Plus bas le seuil minimal est, plus de valeurs extrêmes locales sera affiché.

Dans le deuxième champ d'entrée, vous pouvez définir la quantité d'éléments finis générés autour du point que vous voulez appliquer pour l'analyse des valeurs extrêmes. Plus le nombre est grand, plus de valeurs extrêmes locales sera affichées.

9.4.4 Info sur l'objet



Pour les résultats de barre et de surface, vous pouvez accéder à une fonction de sortie spéciale. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Info sur l'objet** dans le menu **Outils**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

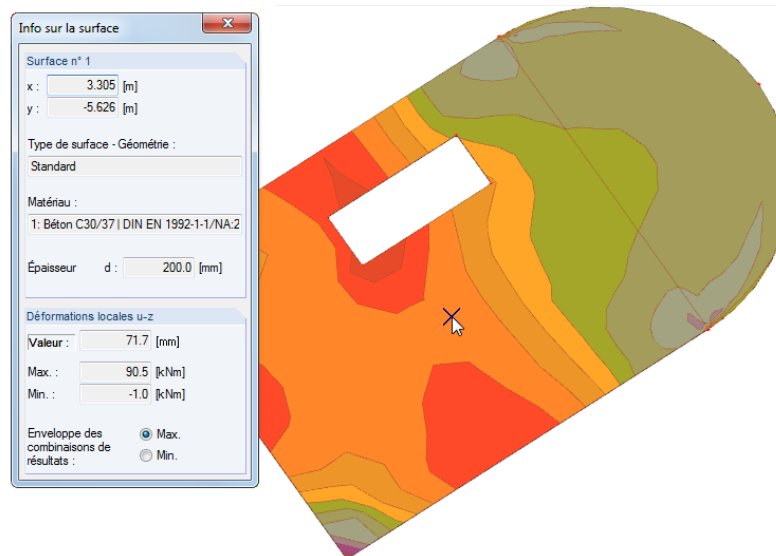
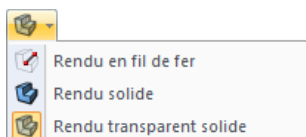


Figure 9.19 : Boîte de dialogue *Info sur la surface*

La fenêtre *Info* s'affiche. Quand vous déplacez le pointeur à travers une surface, une barre ou un solide, la fenêtre vous informe sur les données de l'objet (matériau, épaisseur, section etc.) tout comme sur les valeurs de la déformation ou des efforts internes à la position actuelle du pointeur.

Pour l'évaluation des résultats de surface nous vous recommandons d'activer le type de représentation *Solide transparent*.



9.5 Diagrammes de résultats

Le diagramme de résultats permet de voir la distribution de résultats des objets en détails :

- Section
- Barre
- Ensemble de barres
- Ligne
- Appui linéique

D'abord, sélectionnez les objets dans la fenêtre graphique (sélection multiple en tenant la touche [Ctrl] appuyée). Puis, pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez **Diagrammes de résultats pour les sections/Barres/Ensembles de barres/Lignes/Appuis linéiques sélectionnés** dans le menu **Résultats**



ou utilisez le menu contextuel de l'objet correspondant. Pour les barres et ensembles de barres, le bouton de la barre d'outils figuré à gauche est disponible en complément.

Une nouvelle fenêtre s'ouvre vous montrant les diagrammes de résultat de l'objet sélectionné.

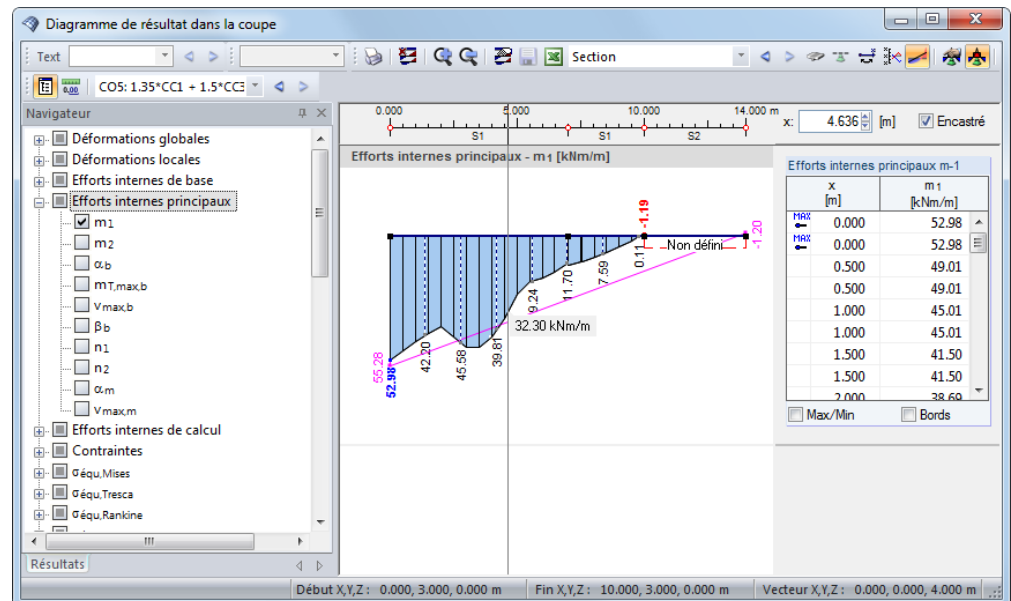


Figure 9.20 : Boîte de dialogue *Diagramme de résultat de la section*



Le navigateur *Résultats* à gauche gère les déformations, efforts internes, contraintes, déformations proportionnelles ou forces d'appui qui apparaissent dans le diagramme de résultat. Utilisez la liste dans la barre d'outils pour choisir un cas de charge, une combinaison de charge ou combinaison de résultats particulier.

Dans les diagrammes de résultats pour les barres, les numéros des barres sélectionnées sont listés dans le coin gauche supérieur de la fenêtre. Il est aussi possible d'insérer les numéros de barre manuellement dans le champ d'entrée *Barres n°*. De cette façon, vous pouvez élargir, réduire ou réorganiser complémentirement la sélection.

Quand vous déplacez la souris le long de la ligne ou de la barre sélectionnée dans le diagramme de résultats, vous pouvez voir les valeurs de résultats « mobiles » pour la position x actuelle. La position x est rapportée au début de la ligne ou de la barre et est indiquée dans le coin droit supérieur de la fenêtre. Il est aussi possible d'insérer une position spécifique x manuellement dans le champ d'entrée. La case *Fixé* met le pointeur à la position indiquée.

Dans la section droite de la fenêtre, les valeurs de résultats sont listées numériquement et représentent les résultats aux nœuds de bord tout comme aux endroits des valeurs extrêmes et aux points de division. Le dernier correspond aux nœuds de maillage EF ou à la division de barre selon les spécifications définies dans l'onglet *Paramètres de calcul globaux* de la boîte de dialogue *Paramètres de calcul* (voir la Figure 7.22, page 287). En cas de lignes séparant deux surfaces, la fenêtre vous montre les résultats de surface des deux côtés.

Les boutons dans la barre d'outils *Opérations de l'utilisateur*, en particulier les options de lissage pour les forces d'appui, lignes ou sections, vous aident à évaluer les résultats pour les buts de génie civil.

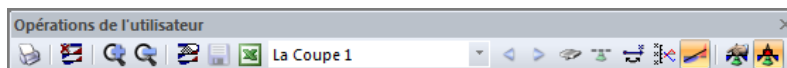


Figure 9.21 : Barre d'outils flottant *Opérations de l'utilisateur*

Les boutons ont les significations suivantes :















Bouton	Fonction
	Imprime les diagrammes de résultats
	Enlève tous les diagrammes de résultats affichés
	Maximise les diagrammes de résultats
	Minimise les diagrammes de résultats
	Accède aux paramètres de contrôle affichés dans la Figure 9.22
	Enregistre les diagrammes de résultats lissés
	Ouvre la boîte de dialogue <i>Tableau d'exportation</i> (voir la Figure 11.126, page 517)
	Affiche les résultats de barre avec ou sans composants de nervure
	Active ou désactive le diagramme de résultats de l'aire du poteau
	Renverse la direction x de la barre
	Active ou désactive les ordonnées avec les valeurs maximales
	Active ou désactive l'affichage des valeurs moyennes
	Ouvre la boîte de dialogue pour définir les zones de lissage (voir la Figure 9.36, page 386)
	Active ou désactive l'affichage des zones de lissage

Tableau 9.1 : Boutons de la barre d'outils *Utiliser les opérations*



Utilisez le bouton [Paramètres des diagrammes de résultat] pour ouvrir une boîte de dialogue qui vous offre plusieurs options pour ajuster la fenêtre de *Diagramme de résultats*.

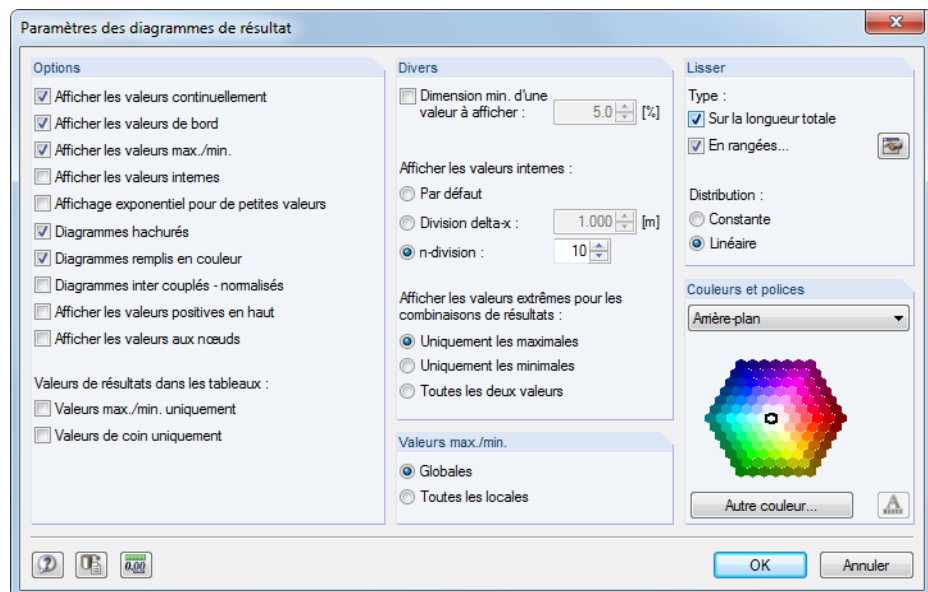


Figure 9.22 : Boîte de dialogue *Paramètres des diagrammes de résultat*

9.6 Coupes

Vous pouvez créer les coupes définies par l'utilisateur dans RFEM en définissant un plan de coupage à travers le modèle. À l'aide des coupes, il est possible d'évaluer en détails les résultats disponibles sur les lignes de plan qui intersectent les surfaces et les solides. Les coupes sont gérées comme des objets indépendants dans les onglets du navigateur de projet.

Pour générer une nouvelle coupe,

sélectionnez **Coupe** dans le menu **Insérer**

ou utilisez le menu contextuel correspondant dans le navigateur *Données*.

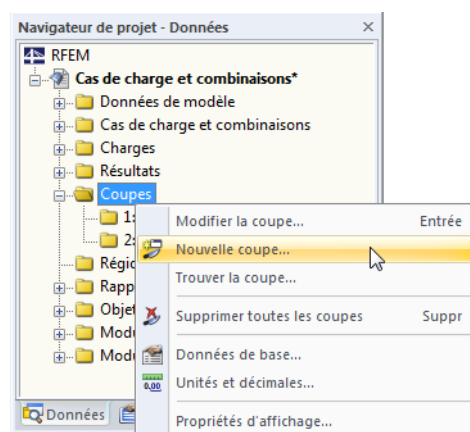


Figure 9.23 : Navigateur *Données* : Menu contextuel des *Coupes*

Une boîte de dialogue où vous pouvez définir les paramètres de coupe s'ouvre.

9.6.1 Coupe à travers la surface

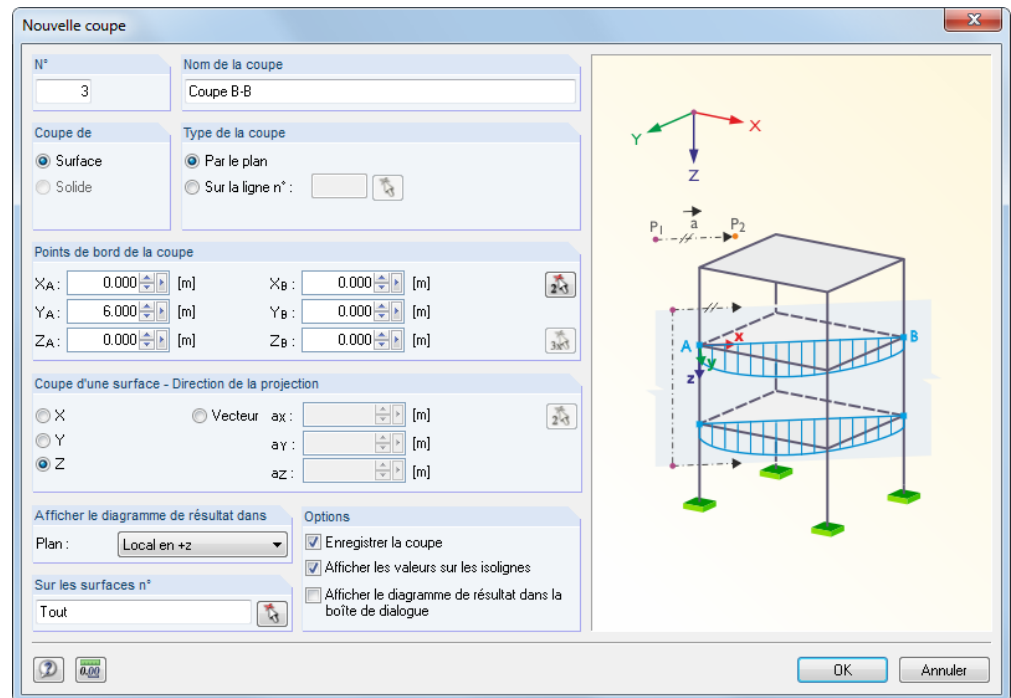


Figure 9.24 : Boîte de dialogue *Nouvelle coupe* pour la surface

En complément au N° de la coupe, vous devez insérer le *Nom de la coupe* qui assure une attribution fiable lors de l'évaluation des résultats. Toutes les coupes sont stockées sous *Coupes* dans le navigateur *Données* où elles peuvent être ajustées ultérieurement. L'insertion d'un numéro et d'un nom n'est pas nécessaire si la case *Enregistrer la coupe* est décochée dans la section de dialogue *Options*.

Quand vous créez une *Coupe à travers la Surface*, vous pouvez voir les paramètres spécifiques de la surface affichés dans les sections de dialogue *Type de la coupe* et *Direction de projection* tout comme dans les graphiques correspondants à droite.

Le *Type de la coupe* peut être créé comme *Plan* tranchant le modèle. Alternativement, à l'aide de la coupe, vous pouvez couper le long de n'importe quelle *ligne* dans le modèle. Le numéro de ligne peut être inséré manuellement ou déterminé avec la fonction [^].

Les *points de bord de la coupe* doivent être spécifiés par les coordonnées globales XYZ des deux points A et B. Vous pouvez aussi les sélectionner graphiquement à l'aide de la fonction [^]. Pour sélectionner les points libres (c'est-à-dire sans nœuds) dans le plan graphique, ajustez le plan de travail courant là où c'est nécessaire.

A partir des points A et B, deux lignes directes sont « dessinées » en direction de la projection. Si les lignes coupent une surface contenue dans la liste *Sur surfaces n°*, le diagramme de résultats sera affiché le long de la ligne de connexion des deux points d'intersection. S'il y a plusieurs surfaces coupées par le plan de projection, les diagrammes de résultat seront affichés pour chacune de ces surfaces.

En complément aux *Directions de projection* globales en X, Y et Z, il est possible de définir un vecteur. Avec la fonction [^], vous pouvez sélectionner deux points dans la fenêtre graphique pour définir le vecteur.

La section de dialogue *Afficher le diagramme de résultats dans le plan* définit le plan de surface dans lequel la section sera représentée. Les paramètres n'influencent que la fenêtre graphique (voir la Figure 9.27, page 380) mais pas la boîte de dialogue *Diagramme de résultats* (Figure 9.25).



La section de dialogue *Sur surfaces n°* liste les numéros des surfaces sur lesquelles les lignes de découpe sont affichées. Cette option est utile si le plan de coupe est commun avec plusieurs surfaces. Vous pouvez aussi sélectionner des surfaces correspondantes graphiquement à l'aide de la fonction [^].

Utiliser les trois cases dans la section de dialogue *Options* pour décider si les diagrammes de résultats sont affichés comme une boîte de dialogue (voir la Figure 9.25) après avoir cliqué sur [OK] et si vous voulez *Enregistrer la coupe*. Quand vous cochez la case *Afficher les valeurs sur les isolignes*, les isolignes seront identifiées automatiquement dans la fenêtre graphique.

Quand l'entrée de dialogue est complétée, cliquez sur [OK]. D'habitude, la boîte de dialogue *Diagramme de résultats* (voir la figure suivante) s'affiche.

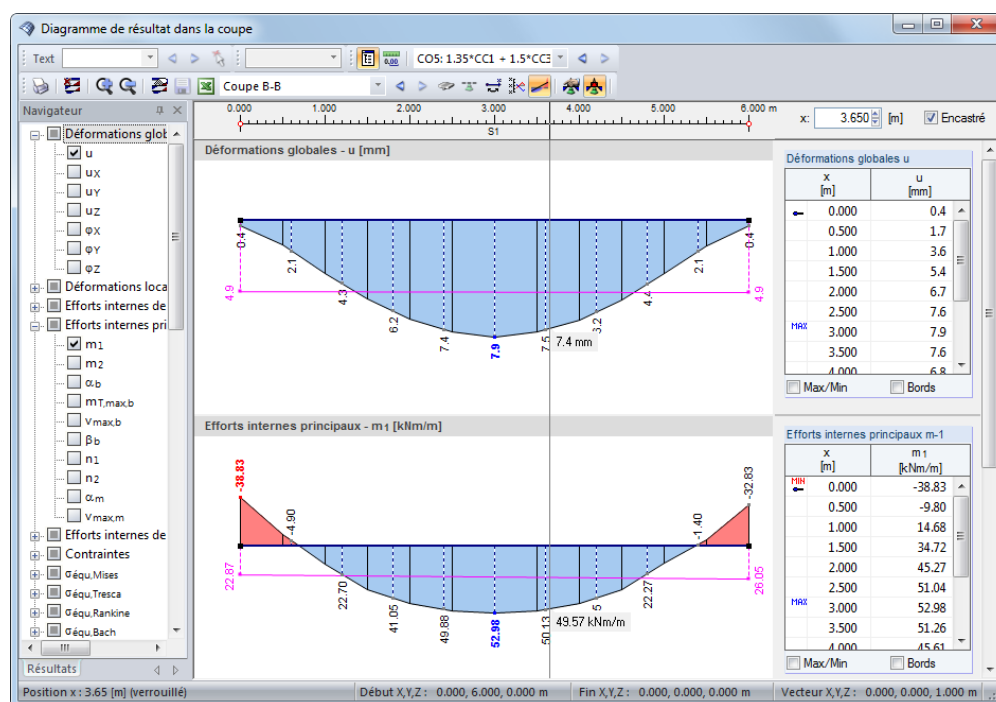


Figure 9.25 : Boîte de dialogue *Diagramme de résultats dans la coupe*

Quand vous déplacez la souris dans le diagramme le long de la coupe, vous pouvez voir les valeurs de résultats « mobiles » pour la position x actuelle. La position x est rapportée au début de la coupe A et indiquée dans le coin droit supérieur de la fenêtre. Il est aussi possible d'insérer une position spécifique x manuellement dans le champ d'entrée. La case *Encastré* met le pointeur à la position indiquée.

Utilisez la liste dans la barre d'outils pour basculer parmi les coupes individuelles.

Les boutons de la boîte de dialogue *Diagramme de résultats* sont décrits dans le chapitre 9.5 à la page 376.



Avec le bouton affiché à gauche, vous pouvez activer et désactiver les sections dans la fenêtre graphique. Vous pouvez aussi utiliser le navigateur *Résultats* qui vous permet de sélectionner ultérieurement des coupes spécifiques parmi les coupes qui ont été enregistrées.

Le navigateur *Afficher* vous offre les options des paramètres globaux pour les coupes représentantes.

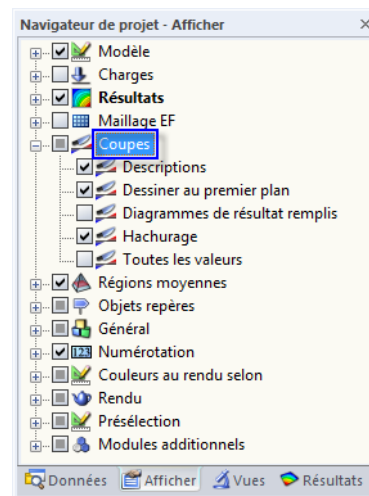


Figure 9.26 : Navigateur *Afficher* pour la représentation des coupes

La figure suivante vous montre une coupe à travers un plan et une surface courbée qui sont coupés les deux par le plan de coupe. Pour l'affichage graphique, l'option des *Coupes Diagramme de résultats remplis* est cochée dans le navigateur *Afficher*.

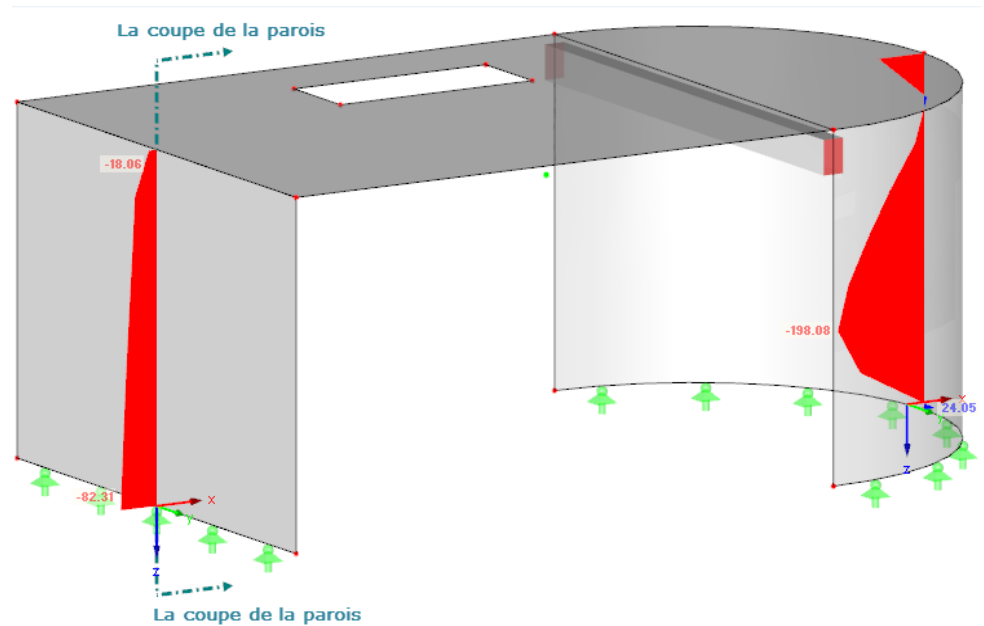


Figure 9.27 : Affichage de coupe des efforts normaux n-2 sur le modèle RFEM

9.6.2 Coupe à travers le solide

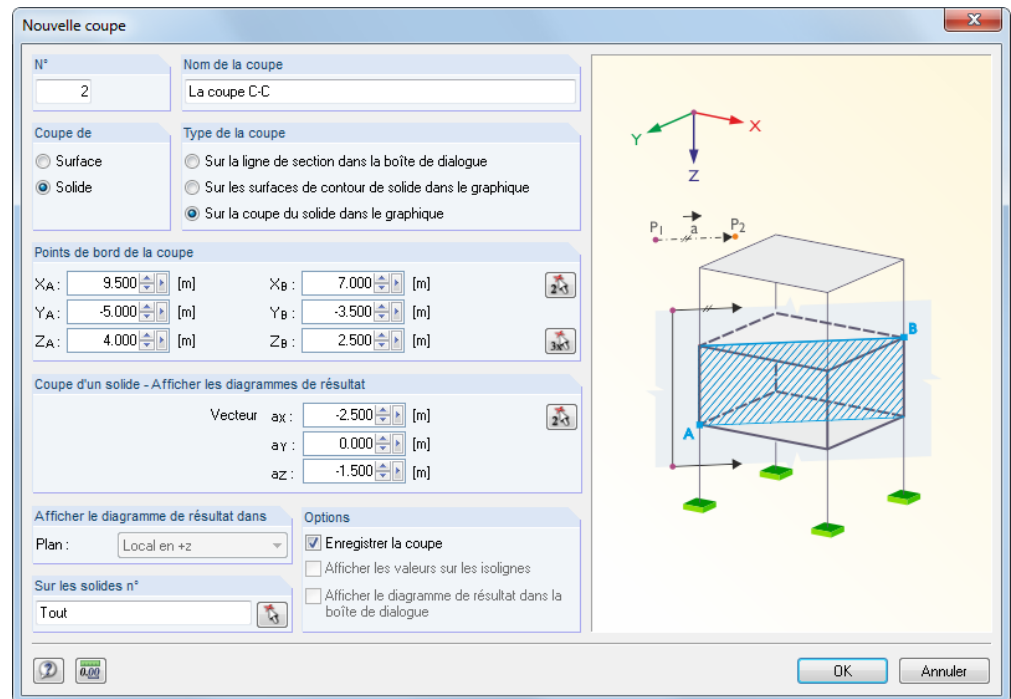


Figure 9.28 : Boîte de dialogue *Nouvelle coupe* pour le solide

Pareillement à la section à travers la surface, insérez un *N°* et un *Nom de la coupe* si vous voulez *Enregistrer la coupe* (voir la section de dialogue *Options*).

Quand vous créez une *Coupe à travers* un *Solide*, vous pouvez voir les paramètres spécifiques du solide affichés dans les sections de dialogue *Type de coupe* et *Affichage des diagrammes de résultats* tout comme les graphiques correspondants à droite.

Quand la coupe découpe un solide, vous pouvez générer une *Ligne de coupe* qui va à travers l'objet. Ensuite, les résultats sont affichés pareillement que pour les surfaces dans la boîte de dialogue *Diagramme de résultats* (voir la Figure 9.25, page 379). Alternativement, les résultats peuvent être représentés dans la fenêtre graphique *Sur les surfaces de contour de solide coupées* par le plan. L'option *Sur la coupe du solide dans le graphique* vous affiche les résultats directement dans le plan de la coupe.



Les *Points de bord de la coupe* doivent être insérés comme décrit pour les surfaces, mais vous pouvez les sélectionner aussi graphiquement.

A partir des points A et B, deux lignes directes sont « dessinées » en direction du *Vecteur*. Si les lignes intersectent un solide contenu dans la liste *Sur les solides n°*, les résultats seront affichés le long de la ligne de connexion des deux points d'intersection ou bien comme un plan de coupe entre les lignes directes. S'il y a plusieurs solides découpés par le plan de projection, les diagrammes de résultats seront affichés pour chacun de ces solides.



Le *Vecteur* définit la direction de projection de la section. Avec la fonction [↖], vous pouvez sélectionner deux points dans la fenêtre graphique pour définir le vecteur.

9.7 Résultats de lissage

L'analyse EF détermine les résultats pour chaque nœud du maillage EF. D'habitude, une distribution continue de l'effort interne ou de la déformation est préférée pour le graphique. Dans ce but, il est nécessaire de lisser les résultats, par exemple par l'interpolation.

Les options de lissage suivantes sont disponibles pour les surfaces et les solides :

- Constante aux éléments
- Discontinue
- Continue dans surfaces/solides
- Continue au total

En complément, il est possible de définir les zones de lissage pour les diagrammes de résultats (voir la Figure 9.36, page 386).

9.7.1 Fenêtre graphique

Le navigateur *Afficher* gère le lissage de résultats qui influence la fenêtre graphique.

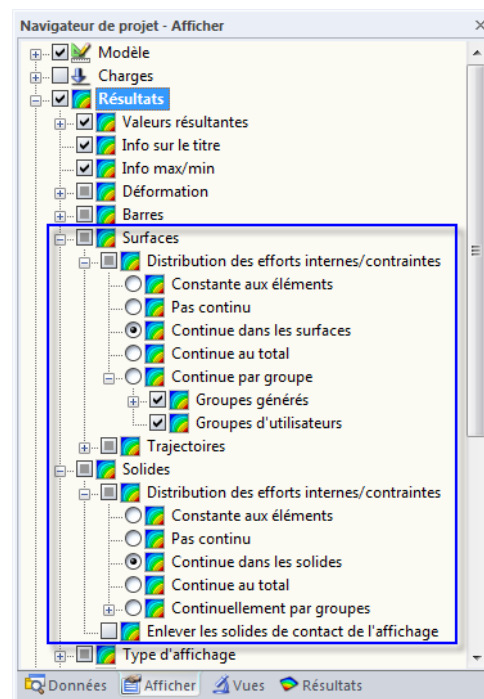


Figure 9.29 : Navigateur *Afficher* : *Résultats* → *Surfaces* ou *Solides* → *Distribution des efforts internes/contraintes*

Exemple

Cet exemple vous affiche les effets des différentes options de lissage.

Une platine d'acier des dimensions 3 m · 3 m et d'épaisseur de 3 cm est supportée par deux lignes sur des appuis articulés mis en face l'un à l'autre. La platine n'est pas modélisée par une surface complète, mais par deux surfaces avec les mêmes propriétés qui se trouvent côte à côte. Les axes locaux z des deux surfaces sont orientés en directions opposées.

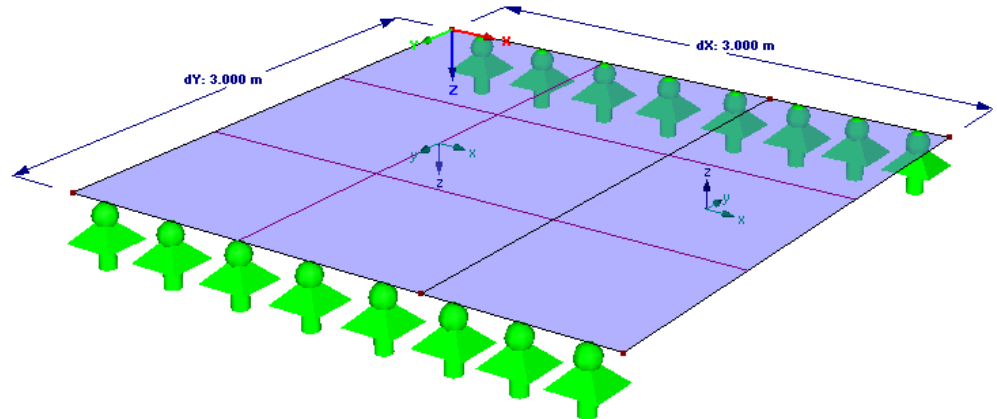


Figure 9.30 : Platine d'acier – Modelée avec deux surfaces

La taille de la longueur EF a été généreusement définie à 1 m. Cette taille de l'élément ne peut pas donner les résultats appropriés. Elle est utilisée seulement pour démontrer les représentations de résultats de différents modes de lissage.

La surface d'acier est sollicitée seulement par le poids propre.

La distribution des efforts internes *Constante aux éléments*

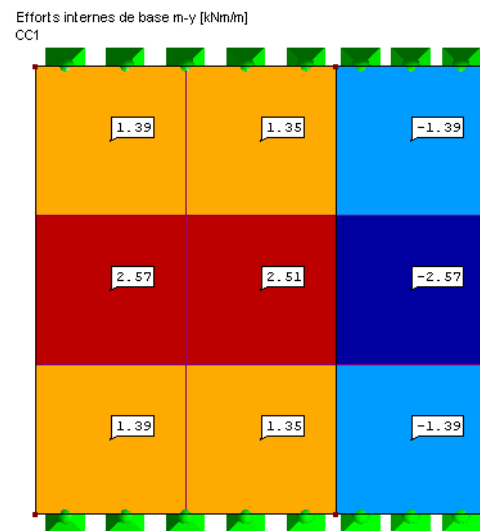


Figure 9.31 : Distribution des efforts internes *Constante aux éléments* (navigateur Afficher), valeurs Sur les points de maillage EF (Résultats Navigateur)

Les valeurs aux nœuds EF sont établies en moyenne et les résultats sont affichés au centre de chaque élément. La distribution dans chaque élément fini est constante. Ce type d'affichage de résultat est recommandé pour des modèles de matériau plastique (voir le chapitre 4.3, page 65).

Distribution des efforts internes *Pas continue*

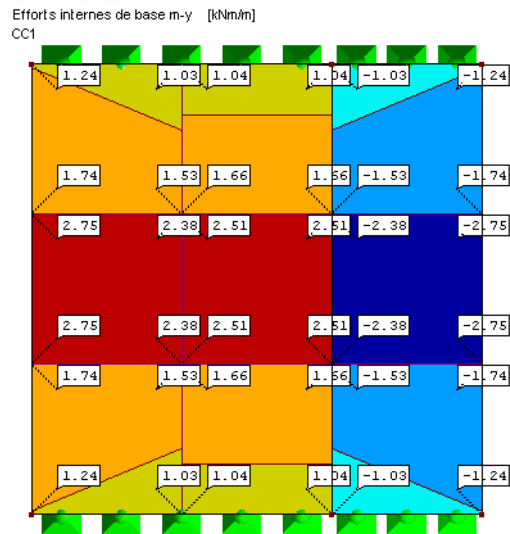


Figure 9.32 : Distribution des efforts internes *Pas continue*, valeurs Sur les points de maillage EF

L'affichage vous montre les valeurs au nœud EF résultant des déplacements et des rotations de chaque élément simple. Ainsi, plusieurs valeurs sont affichées pour chaque nœud EF. Une ligne pointillée sur la valeur nodale indique l'élément auquel la valeur appartient.

Pour l'affichage graphique, un plan est défini par les valeurs de coin de chaque élément. Comme les résultats des éléments attenants ne sont pas pris en compte, vous pouvez voir une distribution discontinue.

Distribution des efforts internes *Continue dans les surfaces/solides*

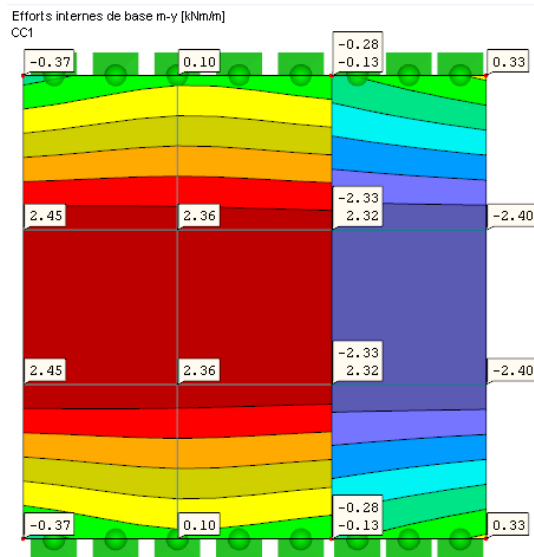


Figure 9.33 : Distribution des efforts internes *Continue dans les surfaces*, valeurs Sur les points de maillage EF

Les valeurs aux nœuds EF sont établies en moyenne. Le processus d'établissement en moyenne s'arrête à la frontière de la surface ce qui peut résulter en discontinuités entre les surfaces attenantes. Néanmoins, dans notre exemple c'est absolument correct. A la ligne de contour, deux valeurs de nœud EF sont affichées.

Cette option de lissage est définie par défaut parce que dans la plupart des cas, elle donne les meilleurs résultats.

Distribution des efforts internes *Continue au total*

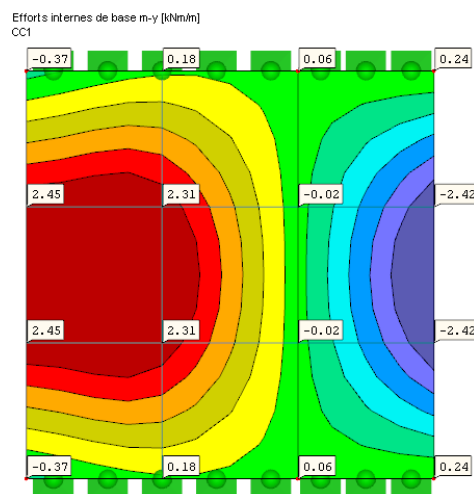


Figure 9.34 : Distribution des efforts internes *Continue au total*, valeurs Sur les points de maillage EF

Les valeurs moyennes sont déterminées en considérant les valeurs EF qui dépassent les frontières de la surface. Ceci mène à la distribution continue entre les surfaces adjacentes, ce qui n'est pas correct pour notre exemple.



Les exigences suivantes doivent être remplies pour appliquer correctement cet affichage de résultats :

- L'orientation des systèmes des axes locaux de la surface est adaptée.
- Seulement deux surfaces concourent.
- Les surfaces se trouvent sur un plan simple.
- Aucune articulation linéique n'a été définie sur la ligne de contour.

Si l'une de ces conditions n'est pas donnée, une distribution de résultats incorrecte est affichée.

Distribution des efforts internes *Continue par groupe*

En plus, il est possible de lisser les résultats par groupe. RFEM vous fournit *Groupes générés* avec les propriétés de matériau similaires.

En outre, il est possible de créer des groupes définis par l'utilisateur des surfaces ou des solides à l'aide du menu contextuel du navigateur (cliquez sur le bouton droit de la souris sur *Groupes d'utilisateur*).

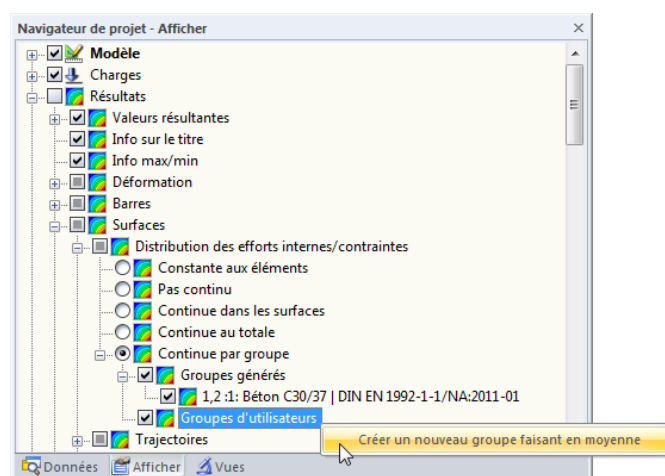


Figure 9.35 : Créer un nouveau groupe faisant en moyenne à l'aide du menu contextuel du navigateur

Puis, une boîte de dialogue s'ouvre où vous pouvez définir les objets que vous voulez examiner comme un groupe.

9.7.2 Diagrammes de résultats



Dans la boîte de dialogue *Diagramme de résultats* (voir le chapitre 9.5, page 375), vous pouvez créer des zones de lissage afin de préparer les résultats pour les buts du génie civil. Pour utiliser cette fonction, cliquez sur le bouton de la barre d'outils de diagramme affiché à gauche. La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

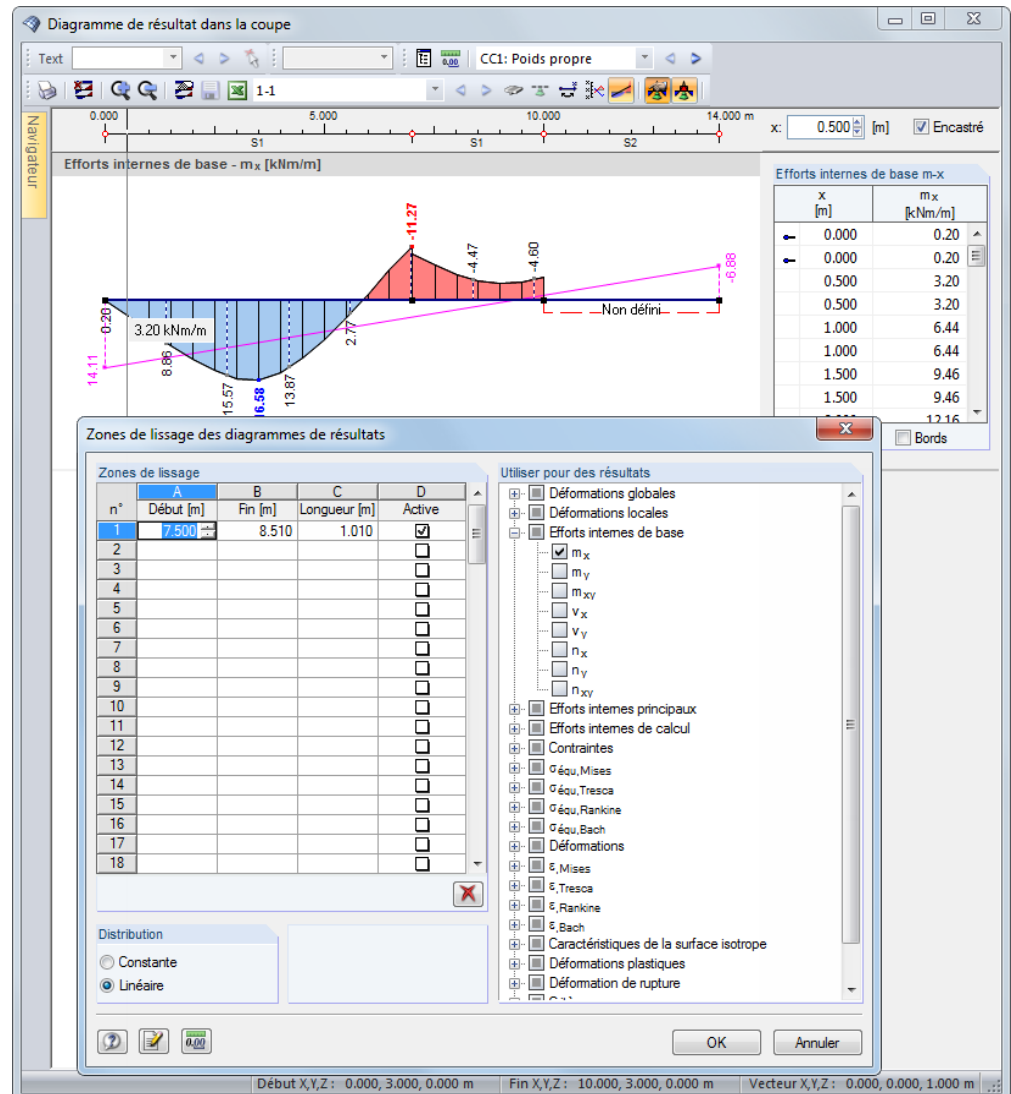
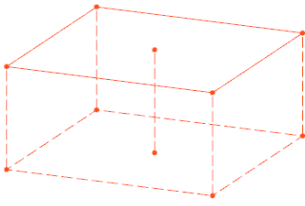


Figure 9.36 : Boîte de dialogue *Zones de lissage des diagrammes de résultat*

Dans les colonnes à gauche du tableau, définissez les *Zones de lissage*. Veuillez noter que les entrées pour le *Début*, la *Fin* et la *Longueur* sont interactives. Chaque zone peut être définie séparément comme *Active*. Dans la section de dialogue *Utiliser pour des résultats* à droite, vous décidez pour quelles déformations et quels efforts internes vous voulez appliquer le lissage.

Le lissage peut être défini comme distribution *constante* (comme affiché dans la figure ci-dessus) ou *Linéaire* pour toutes les zones de lissage.



9.7.3 Région moyenne

Il est possible de définir une région dans le modèle où les résultats graphiques ne seront pas affichés avec les distributions actuelles mais comme des valeurs moyennes. Cette région moyenne vous permet d'évaluer les efforts internes et les contraintes moyens de la surfaces. Les régions sont gérées comme des objets indépendants dans les onglets du navigateur de projet.

Pour créer une région moyenne,

sélectionnez une **Nouvelle région moyenne** dans le menu **Résultats** ou utilisez le menu contextuel correspondant dans le navigateur *Données*.

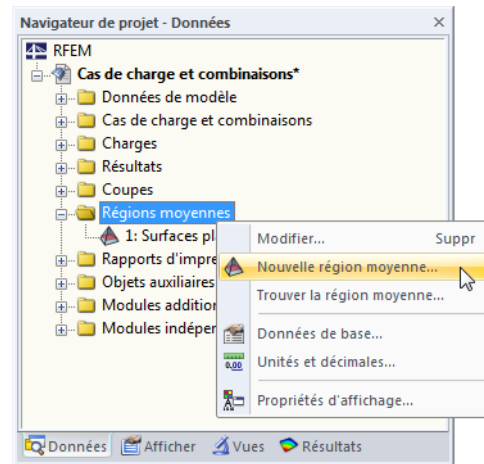


Figure 9.37 : Navigateur *Données* : menu contextuel des *Régions moyennes*

Une boîte de dialogue s'ouvre où vous pouvez spécifier les paramètres de la région.

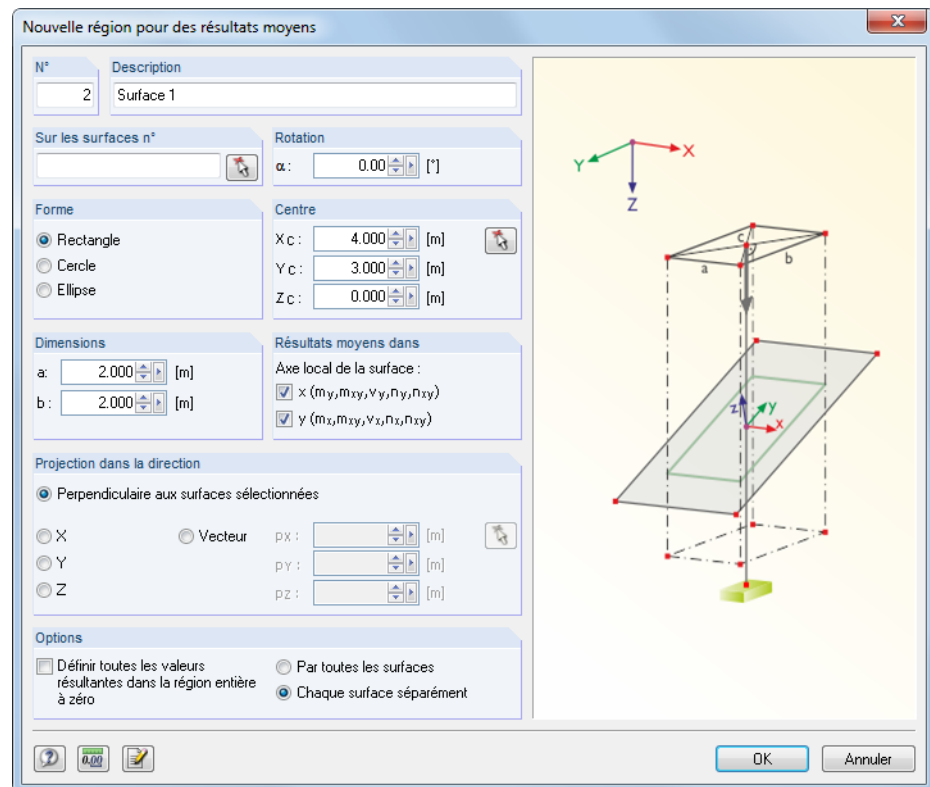


Figure 9.38 : Boîte de dialogue *Nouvelle région pour des résultats moyens*

En complément au N° , vous devez insérer la *Description* de la région, ce qui facilite la sélection quand vous évaluez les résultats. Les régions sont stockées sous *Régions moyennes* dans le navigateur *Données* où elles peuvent être ajustées ultérieurement.



La section de dialogue *Sur les surfaces n°* liste les numéros des surfaces pour lesquelles vous voulez les résultats moyens. Cette option est utile si la projection de la région est commune avec plusieurs surfaces. Vous pouvez aussi sélectionner des surfaces correspondantes graphiquement à l'aide de la fonction [^].



La *Forme* de la région peut être définie comme rectangle, cercle ou ellipse. Les paramètres correspondants sont affichés dans le graphique de dialogue à droite.

Dans la section de dialogue *Centre*, spécifiez le point de centre C de la région. Les coordonnées peuvent être insérées manuellement ou sélectionnées graphiquement dans la fenêtre graphique à l'aide de la fonction [^]. Les *Dimensions* décrivent la forme de la région à l'aide des paramètres correspondant à votre détermination.

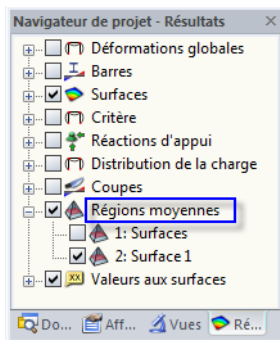


Dans la section de dialogue *Résultats moyens dans*, vous pouvez décider si vous voulez les résultats moyens par rapport aux deux axes de surface ou bien si la moyenne n'est rapportée qu'à un des axes locaux.

La section de dialogue *Projection dans la direction* décrit la référence de la région définie aux surfaces. En général, la projection est définie perpendiculairement aux surfaces sélectionnées, mais les directions globales de la projection en X, Y et Z sont aussi possibles tout comme l'insertion de n'importe quels vecteurs de projection. Avec la fonction [^], vous pouvez sélectionner deux points dans la fenêtre graphique pour définir le vecteur.

Finalement, la boîte de dialogue vous donne une option pour *Définir toutes les valeurs résultantes dans la région entière à zéro*. De cette façon, il est possible de désactiver les valeurs de résultats dans une zone sélectionnée du modèle.

Dans le navigateur *Résultats*, vous pouvez afficher et cacher les régions moyennes individuellement ou globalement.



Contrôle des régions dans
le navigateur *Résultats*

9.8 Vues multiples des fenêtres

Sur l'écran, plusieurs fenêtres montrant différentes déformations ou différents efforts internes peuvent être affichées ensemble. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,



sélectionnez **Organiser la fenêtre de résultats** dans le menu **Résultats**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Une boîte de dialogue avec une arborescence de navigateur s'affiche et vous pouvez y cocher les types de résultats que vous voulez afficher dans les guichets uniques.

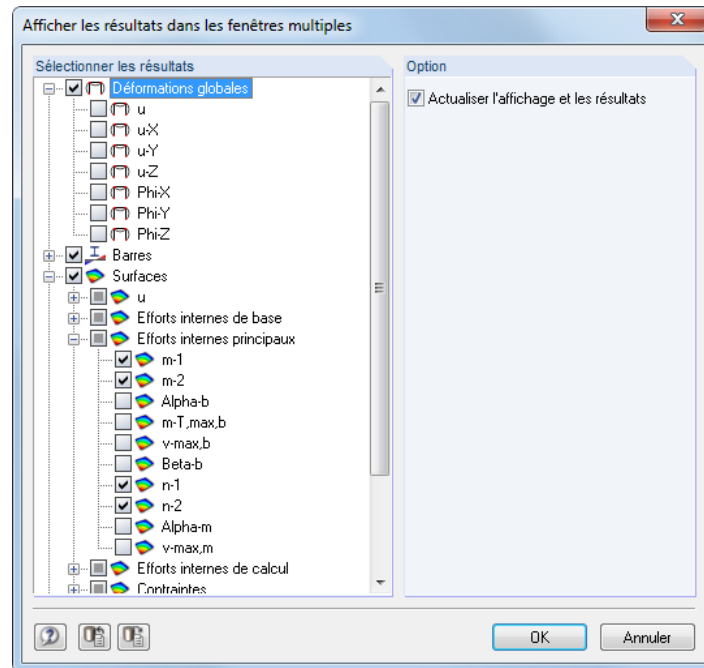


Figure 9.39 : Boîte de dialogue *Afficher les résultats dans les fenêtres multiples*

La vue des fenêtres multiples peut aussi être utilisée pour le rapport d'impression (voir le chapitre 10.2.1, page 428).

9.9 Filtrer les résultats

Il existe différentes fonctions de filtre disponibles utiles dans le cas des modèles complexes pour l'évaluation et la documentation des résultats.

9.9.1 Vues

Les vues définies par l'utilisateur (angles de vues, paramètres de zoom etc.) facilitent l'évaluation des résultats. A l'aide des « visibilité », vous pouvez subdiviser le modèle en vues partielles définies et générées par l'utilisateur qui respectent certains critères. Ainsi, pour l'affichage, il est possible d'activer par exemple seulement les surfaces d'un plan ou des barres avec une section particulière. Vous pouvez utiliser ces possibilités pour l'évaluation des résultats aussi que pour l'entrée du modèle ou des données de charge.

Vous pouvez accéder aux différentes fonctions dans le navigateur indépendant (chapitre 9.9.1.1) et en utilisant les **boutons de liste** ou les **fonctions de menu** (chapitre 9.9.1.2).

9.9.1.1 Navigateur Vues

L'onglet *Vues* du navigateur de projet vous permet de créer les vues définies par l'utilisateur du modèle que vous pouvez utiliser pour l'entrée et l'évaluation. L'onglet gère aussi les visibilité qui peuvent être créées par l'utilisateur ou automatiquement.

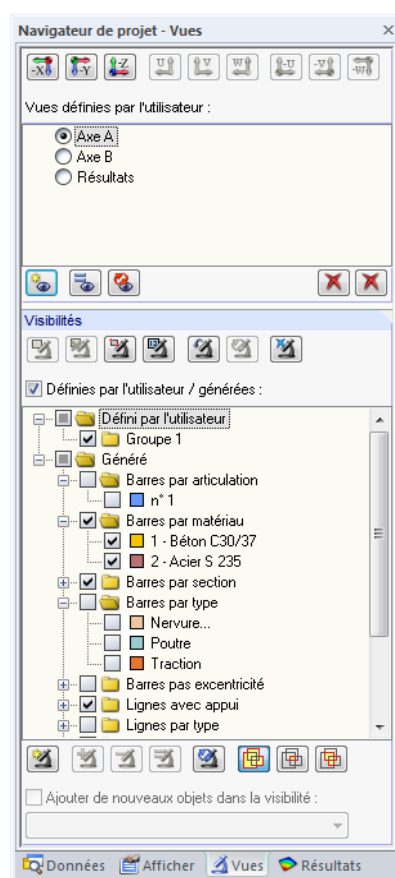


Figure 9.40 : Onglet *Vue* du navigateur

Vues définies par l'utilisateur

Contrairement aux *Visibilités* orientées vers l'objet (voir ci-dessous), les *Vues définies par l'utilisateur* vous permettent d'enregistrer et d'importer les angles de vues particuliers et les vues zoomées tout comme les paramètres dans le navigateur *Afficher*.

La vue définie actuellement sera enregistrée comme un paramètre d'affichage - peu importe quelles spécifications de filtre sont efficaces dans la liste *Visibilités* : RFEM utilise toujours les paramètres courants des visibilitées pour la représentation de l'objet d'une *vue définie par l'utilisateur*. Une vue définie par l'utilisateur gère seulement l'angle de vue, le facteur de zoom et la définition des spécifications dans le navigateur *Afficher*.

Utilisez les boutons [Vue] pour définir rapidement les angles de vue standard suivants :







	Vue contre l'axe X
	Vue contre l'axe Y
	Vue contre l'axe Z
	Vue en direction ou contre l'axe U du plan de travail (voir le chapitre 11.3.1, page 456)
	Vue en direction ou contre l'axe V du plan de travail
	Vue en direction ou contre l'axe W du plan de travail

Tableau 9.2 : Boutons [Vue]

Les boutons au-dessous de la liste *Vues* ont les fonctions suivantes :






	Crée une nouvelle <i>Vue définie par l'utilisateur</i> de la vue courante (voir la Figure 9.41)
	Redéfinit la <i>Vue définie par l'utilisateur</i> par une vue courante
	Restaure la <i>Vue définie par l'utilisateur</i> après les modifications
	Supprime l'entrée sélectionnée dans la liste <i>Vues définies par l'utilisateur</i>
	Supprime toutes les <i>Vues définies par l'utilisateur</i>

Tableau 9.3 : Boutons dans la section de navigateur *Vues définies par l'utilisateur*

Création des vues définies par l'utilisateur

La vue actuellement définie peut être enregistrée en utilisant le bouton [Nouveau] figuré à gauche. Une boîte de dialogue est affichée et vous devez y insérer le *Nom* de nouveaux paramètres d'affichage.

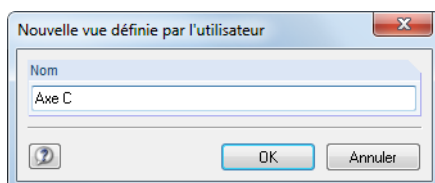


Figure 9.41 : Boîte de dialogue *Nouvelle vue définie par l'utilisateur*

Visibilités

Avec les « visibilités », il est possible d'afficher les vues partielles du modèle ou des groupes des objets tels que les surfaces qui se trouvent dans un plan ou les poteaux d'un étage particulier.

Boutons de visibilité

Les boutons au-dessus de la liste des *Visibilités* (voir la Figure 9.40, page 390) vous permettent de sélectionner les objets pour la représentation par des critères particuliers. Les boutons ont les fonctions suivantes :








	Affiche les objets sélectionnés dans la fenêtre graphique comme vue partielle
	Cache les objets sélectionnés dans la fenêtre graphique
	Crée une visibilité par dessiner une fenêtre (voir la page 394)
	Définit une nouvelle visibilité à l'aide de numéros de l'objet (voir la page 394)
	Restore la visibilité précédente
	Renverse l'affichage actuel (nouvelle visibilité : objets cachés)
	Quitte le mode de visibilité. Tous les objets sont affichés de nouveau.

Tableau 9.4 : Boutons au-dessus de la liste de *Visibilités*

La liste de *Visibilités* contient les visibilités définies par l'utilisateur et générées.

Visibilités définies par l'utilisateur

Avec la sélection graphique ou numérique des objets (voir le chapitre 11.2, page 452), vous pouvez créer une visibilité.

Utilisez le bouton [Créer une nouvelle visibilité définie par l'utilisateur] (au-dessous de la liste de *Visibilités*) pour enregistrer la vue partielle courante. La boîte de dialogue *Nouvelle visibilité définie par l'utilisateur* est ouverte et vous y définissez un nom et le *Groupe* (voir la Figure 9.45, page 395).

Les boutons au-dessous de la liste des *Visibilités* ont les fonctions suivantes :









	La boîte de dialogue <i>Nouvelle visibilité définie par l'utilisateur</i> est affichée (voir la Figure 9.45, page 395).
	Ajoute les objets sélectionnés dans la fenêtre graphique au groupe marqué dans la liste ci-dessus (voir la page 395)
	Enlève les objets sélectionnés dans la fenêtre graphique du groupe marqué dans la liste ci-dessus (voir la page 395)
	Réassigne les objets sélectionnés dans le groupe marqué ci-dessus
	Renverse l'affichage actuel (nouvelle visibilité : objets cachés)
	Affiche tous les objets activés dans la liste des <i>Visibilités</i>
	Affiche seulement les objets disponibles dans chaque entrée active de <i>Visibilités</i>
	Affiche les objets disponibles dans chaque groupe actif

Tableau 9.5 : Boutons au-dessous de la liste des *Visibilités*

Avec la case *Ajouter de nouveaux objets dans les visibilitées*, vous pouvez décider comment vous voulez traiter de nouveaux nœuds, nouvelles lignes, barres etc. quand vous travaillez dans une visibilité définie par l'utilisateur. Si l'option est cochée, vous pouvez définir le groupe correspondant dans la liste ci-dessous.



Un symbole de couleur est attribué automatiquement à chaque visibilité définie par l'utilisateur. Les couleurs peuvent être utilisées tout comme le navigateur *Affichage* pour une représentation graphique des objets (voir le chapitre 11.1.9, page 450). De cette façon, vous pouvez détecter rapidement les visibilitées personnalisées dans le modèle. Pour définir l'affichage pour les groupes, utilisez le navigateur *Vues*.

Visibilitées générées

RFEM génère automatiquement les visibilitées pour les surfaces, lignes, barres etc. selon des critères particuliers.

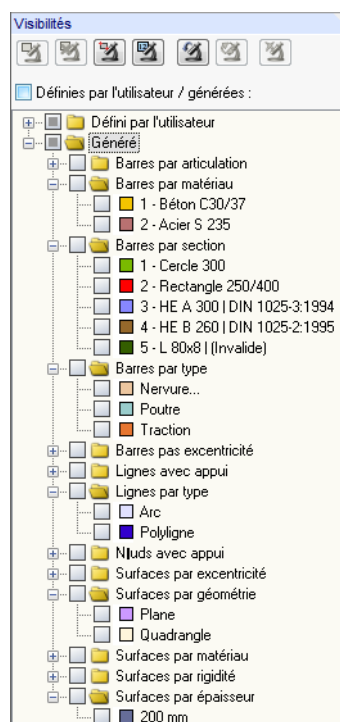


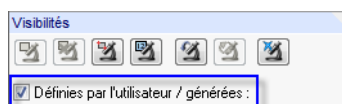
Figure 9.42 : Visibilitées générées dans le navigateur *Vues*

Ces types de visibilitées générées vous aident à obtenir un aperçu rapide du modèle comme vous pouvez prendre la liste pour filtrer les objets spécifiquement. Ainsi, vous pouvez vérifier facilement les entrées et les résultats dans RFEM.



En complément à la sélection multiple des vues générées (par défaut), la liste vous permet une création d'une définition d'intersection. Utilisez les boutons de navigateur affichés à gauche pour définir l'intersection. Vous les trouverez au-dessous de la liste. Les fonctions sont décrites dans le Tableau 9.5 ci-dessus.

Avec la case *Défini par l'utilisateur / généré* en haut de la liste, vous pouvez décider si la fonction de filtre est efficace pour la fenêtre graphique. Tous les objets seront affichés à nouveau après avoir enlevé la coche.



9.9.1.2 Boutons et menu de Visibilité

Pour accéder aux fonctions de visibilité différentes,

pointez sur **Visibilité** dans le menu **Vue**

ou utilisez le bouton de liste correspondant dans le menu déroulant dans la barre d'outils.

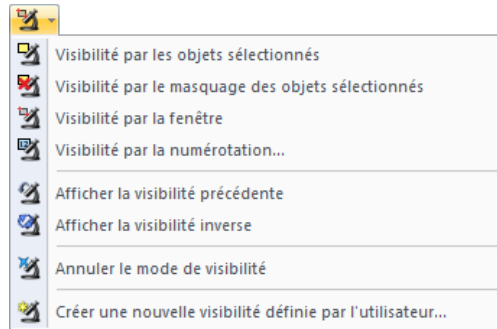


Figure 9.43 : Boutons de liste pour *Visibilité*

Visibilité par la fenêtre



Les vues partielles peuvent être créées graphiquement à l'aide de la souris en dessinant une fenêtre.

Quand vous faites la fenêtre de la gauche vers la droite, la visibilité n'inclut que les objets qui sont contenus entièrement dans la fenêtre. Quand vous dessinez la fenêtre de la droite vers la gauche, la visibilité contient en complément les objets qui sont coupés par la fenêtre.

Visibilité par la numérotation



Insérez les numéros de *Nœud*, de *Lignes*, de *Barres*, de *Surfaces* ou de *Solides* correspondant à la visibilité dans la boîte de dialogue.

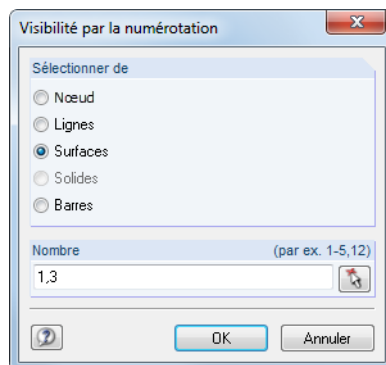


Figure 9.44 : Boîte de dialogue *Visibilité par la numérotation*

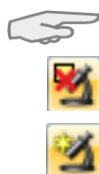
Annuler le mode de visibilité



Utilisez cette fonction pour restaurer la vue de tous les objets.

Créer une nouvelle visibilité définie par l'utilisateur

Avant d'accéder à cette fonction, sélectionnez les objets que vous voulez enregistrer comme *Visibilité* dans la fenêtre de travail (voir le chapitre 11.2.1, page 452 et le chapitre 11.2.2, page 455). La fonction suivante de la sélection est utile : Pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, sélectionnez **Spécial**.



Seulement les objets sélectionnés dans la fenêtre graphique seront intégrés dans une *Visibilité*. Ainsi, quand vous utilisez la fonction [Visibilité en cachant les objets sélectionnés], vous devez sélectionner les objets affichés encore une fois en dessinant une fenêtre à travers eux.

Après avoir cliqué sur le bouton [Nouveau] figuré à gauche, la boîte de dialogue suivante s'affichera.

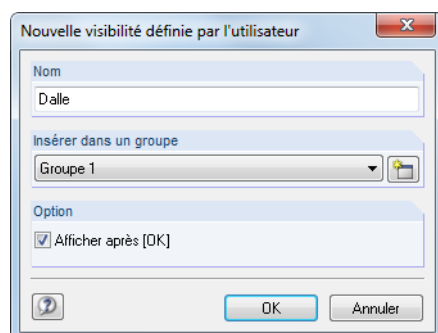


Figure 9.45 : Boîte de dialogue *Nouvelle visibilité définie par l'utilisateur*



Définition du *Nom* et du *Groupe*. Si vous voulez utiliser plus de groupes de visibilité, cliquez sur le bouton [Nouveau] pour créer un autre groupe.

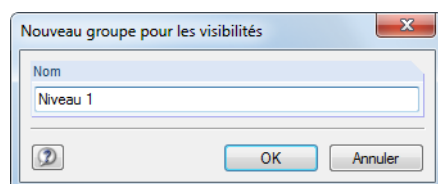


Figure 9.46 : Boîte de dialogue *Nouveau groupe pour les visibilité*

Cliquez sur le bouton [OK] pour enregistrer le groupe d'objets comme une nouvelle visibilité.

Les visibilité définies par l'utilisateur sont gérées dans le navigateur *Vues* où elles peuvent être affichées ou masquées individuellement (voir la Figure 9.40, page 390).

Modifier les objets dans les visibilité



Les objets peuvent être intégrés ultérieurement dans les visibilité existantes : Quittez le mode de visibilité en cliquant sur le bouton figuré à gauche. Vous pouvez aussi pointer sur *Visibilité* dans le menu *Vue* où vous sélectionnez *Annuler le mode de visibilité*. Puis, sélectionnez les objets que vous voulez ajouter.



Dans le navigateur *Vues*, cliquez sur l'entrée correspondante dans la liste *Défini par l'utilisateur*. RFEM désactive le bouton [+] afin que vous puissiez intégrer les objets sélectionnés dans la visibilité définie par l'utilisateur.



De la même façon, vous pouvez utiliser le bouton [-] pour enlever les objets sélectionnés de la visibilité définie par l'utilisateur.



Cliquez sur le bouton [=] pour remplacer les objets disponibles dans la visibilité marquée du navigateur *Vues* avec la sélection dans la fenêtre graphique. Ainsi, les visibilité existantes peuvent être redéfinies, mais le nom est gardé.

Transparence pour les objets cachés

Quand vous utilisez les visibilités, il est possible d'afficher les objets cachés avec une intensité mineure dans l'arrière-plan. Le degré de visibilité est défini individuellement dans l'onglet *Graphique* de la boîte de dialogue *Options du programme* (voir la Figure 9.52, page 400).

Les objets en arrière-plan peuvent être affichés ou cachés dans le navigateur *Affichage*.

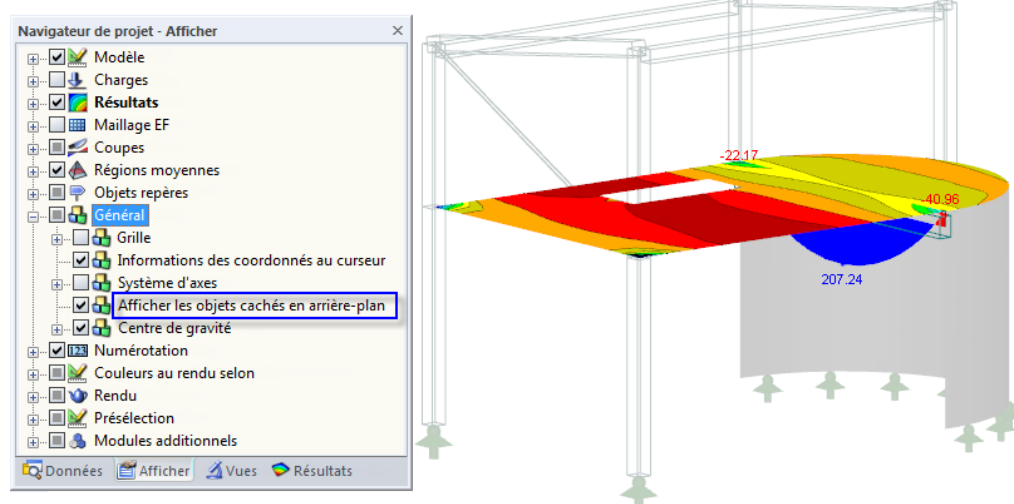


Figure 9.47 : Navigateur Afficher : Option Général → Afficher les objets cachés en arrière-plan

9.9.2 Plan de découpage

Vous pouvez définir un plan de découpage à travers le modèle. La zone en face de (ou derrière) le plan sera cachée dans l'affichage. De cette façon, il est possible par exemple de voir les résultats dans une intersection ou dans un solide.

RFEM met le plan de découpage à travers le centre des dimensions totales géométriques. Ainsi, le plan est rapporté à la géométrie de modèle. Dans la fenêtre graphique, le plan de découpage est entouré par un cadre.

Il n'est pas possible d'enregistrer un plan de découpage.

Pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez le **Plan de découpage** dans le menu **Insérer**.

La boîte de dialogue suivante s'ouvre:

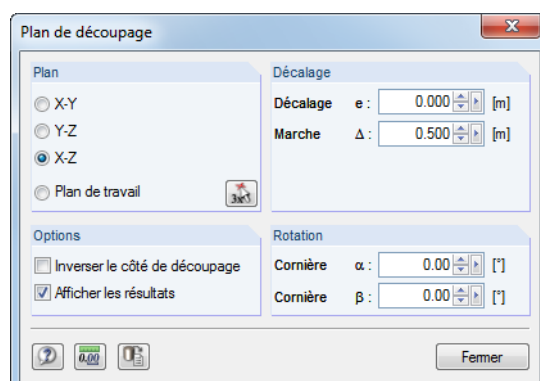


Figure 9.48 : Boîte de dialogue Plan de découpage



Vous pouvez arranger le *Plan* parallèle à l'un des plans formés par les axes du système des coordonnées globales XYZ. En complément, vous pouvez mettre le plan dans le plan de travail actuel. Vous pouvez aussi sélectionner trois points dans la fenêtre graphique en cliquant sur le bouton [\triangle] figuré à gauche.



La valeur insérée dans le champ d'entrée *Décalage* résulte en un déplacement parallèle du plan en direction de l'axe positif ou négatif qui est perpendiculaire au plan. Les deux directions sont indiquées par les flèches grises dans la fenêtre graphique. Le décalage peut être inséré directement ou bien défini avec la zone de sélection numérique. Le champ d'entrée *Marche* contrôle l'intervalle des espacements par lesquels le plan est déplacé chaque fois quand vous cliquez sur un bouton de la zone de sélection numérique.

Dans la section de dialogue *Options*, vous avez la possibilité de changer le côté actif du plan de découpage. En outre, vous pouvez afficher ou masquer les diagrammes de résultats disponibles aux frontières de découpage.

Vous pouvez aussi tourner le plan de découpage par une *Rotation* de l'angle α (autour de l'axe dernièrement nommé du plan) et de l'angle β (autour de l'axe premièrement nommé). Le graphique est interactif avec l'entrée.

Quand la boîte de dialogue *Plan de découpage* est ouverte, vous pouvez utiliser toutes les fonctions de modification et d'affichage dans la fenêtre graphique, mais il n'y a aucune option d'impression. Quittez la fonction à l'aide du bouton [Fermer].

L'exemple suivant vous montre un plan de découpage qui va à travers un nœud d'une connexion de tuyau.

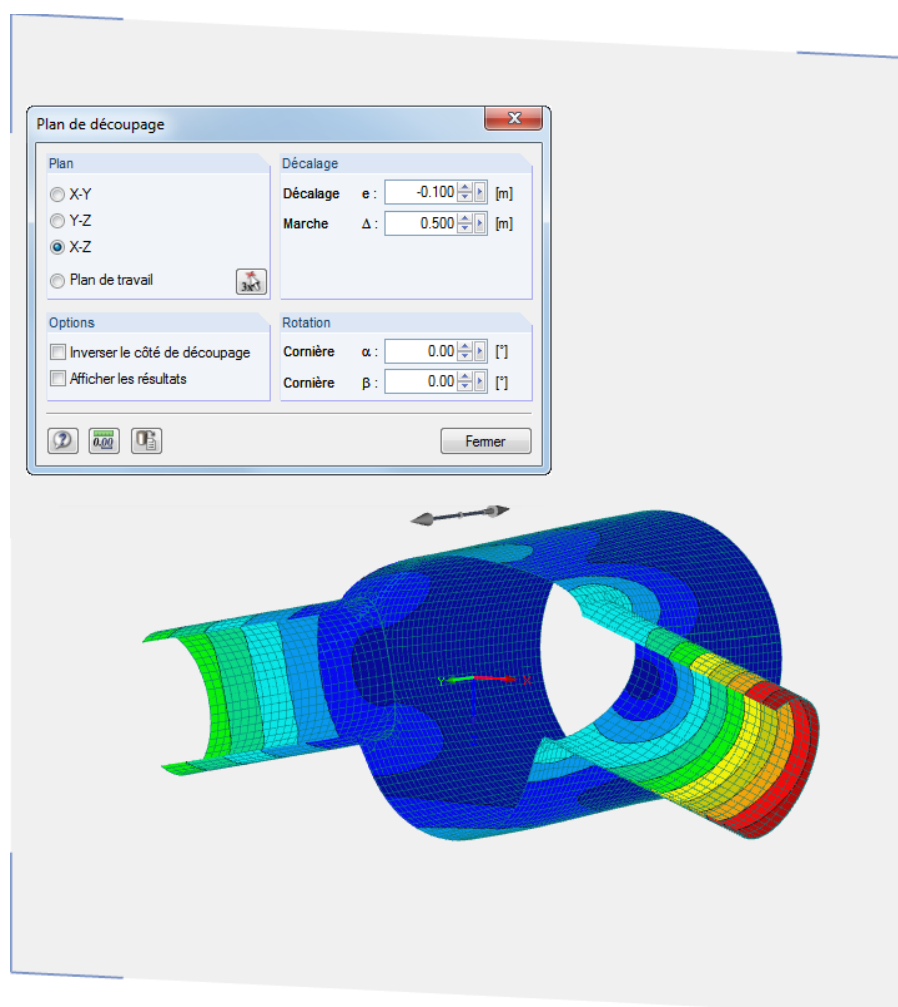


Figure 9.49 : Plan de découpage qui va à travers une connexion de tuyau

9.9.3 Fonctions de filtre

Les options de regroupement décrites dans le chapitre 9.9.1 *Vues* sont rapportées aux objets du modèle. En complément, vous pouvez utiliser les efforts internes, déformations et contraintes comme un critère de filtre.

Filtrage des résultats

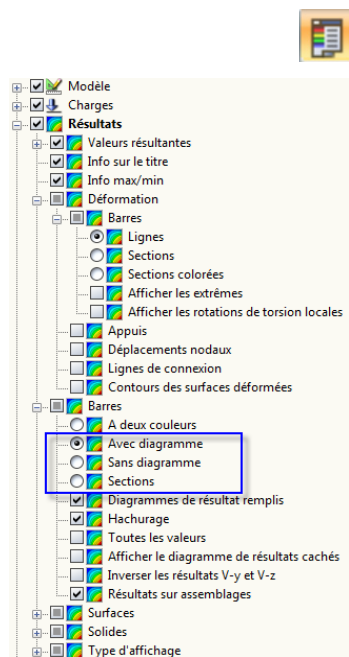
Les résultats sont filtrés à l'aide du panneau de contrôle. Si le panneau n'est pas affiché, sélectionnez le **Panneau de contrôle (Échelle de couleur, Facteurs, Filtre)** dans le menu **Vue** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Le panneau de contrôle est décrit dans le chapitre 3.4.6 à la page 31.

Les paramètres de filtre pour les résultats sont définis dans l'onglet *Spectre de couleur* qui est affiché pour les résultats des isobandes et isolignes des surfaces et des solides (voir la Figure 3.17, page 32). Comme l'onglet n'est pas disponible pour l'affichage en deux couleurs des efforts internes de la barre, vous devez définir les options d'affichage *Avec/Sans diagramme* et *Sections* dans le navigateur *Affichage* (voir la figure à gauche).

Dans le panneau, il est possible de définir les affichages spécifiques, par exemple les moments de barre affichés seulement s'ils dépassent une valeur particulière ou les efforts internes de base des surfaces à l'aide d'une gradation fine affichée dans la gamme de ± 30 kNm (voir la Figure 3.19, page 33).

L'exemple suivant représente une dalle de plancher. RFEM affiche les contraintes de contact seulement entre -120 kN/m² et -260 kN/m² dans ce modèle.



Paramètres dans le navigateur *Affichage* pour les résultats de barre multi-couleurs

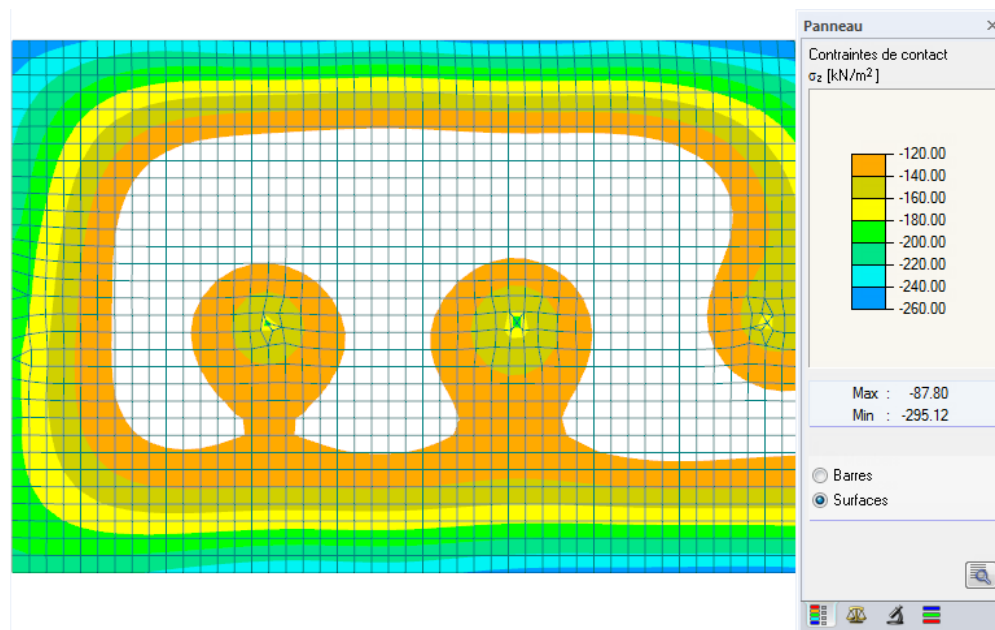


Figure 9.50 : Filtrage des contraintes de contact avec un spectre de couleur ajusté

Comme le modèle donne aussi les résultats de barre multi-couleurs, le champ de sélection *Surfaces* est défini actif dans le panneau de contrôle. En outre, le spectre de couleur est modifié afin que la gamme de couleur couvre exactement -20 kN/m². Aucun résultat pour les éléments de surface avec des fondations élastiques dont les contraintes de contact sont au-delà de la gamme définie des valeurs n'est affiché.

Filtrage des objets



Dans l'onglet *Filtre* du panneau de contrôle, vous pouvez insérer les numéros des barres sélectionnées, des surfaces ou des solides pour afficher leurs diagrammes de résultats dans un affichage filtré. La fonction est décrite dans le chapitre 3.4.6 à la page 34.

Contrairement à la fonction de visibilité, le modèle est affiché complètement dans le graphique.

La figure suivante vous montre les moments fléchissant disponibles dans les surfaces de plancher du bâtiment. Les voiles sont affichés dans le modèle, mais sans efforts internes.

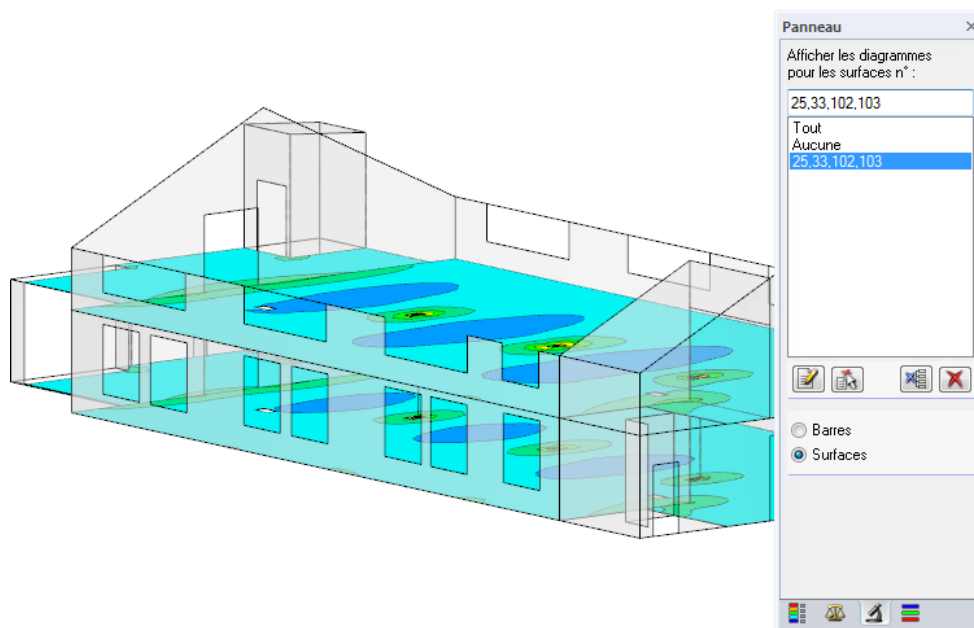


Figure 9.51 : Filtrage des surfaces : moments fléchissant des planchers



Les paramètres de filtre du panneau influencent aussi les objets dans les tableaux de résultats : Quand vous limitez l'affichage des résultats dans le panneau à, par exemple, deux barres, le tableau 4.6 *Barres - Effort internes* ne liste que les résultats de ces deux barres.

9.10 Animation des déformations



Normalement, les déformations des objets sont affichées dans leur état final.



Mais il est aussi possible d'afficher le processus de déformation en mouvement. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

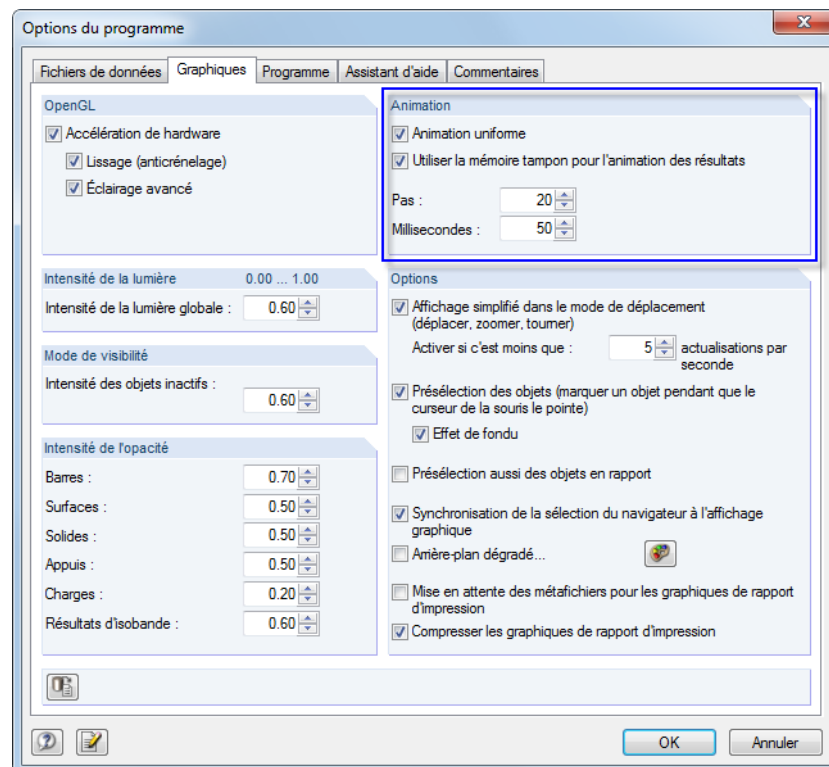
sélectionnez **Animation** dans le menu **Résultats**

ou cliquez sur le bouton correspondant dans la barre d'outils. Pour fermer la vue animée, cliquez sur le bouton encore une fois. Vous pouvez aussi utiliser la touche [Esc].



Pour définir les paramètres détaillés pour le processus d'animation, utilisez la boîte de dialogue *Options de programme*.

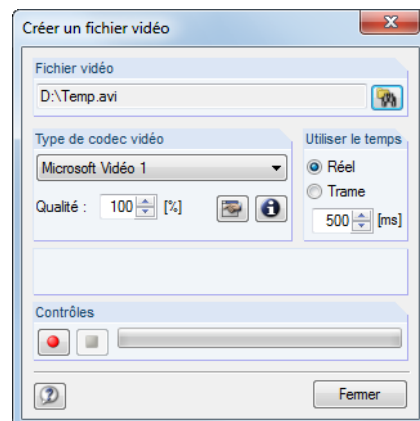
Sélectionnez **Options de programme** dans le menu **Options** et puis, ouvrez l'onglet de dialogue *Graphique*.

Figure 9.52 : Boîte de dialogue *Options du programme*, onglet *Graphiques*

L'animation des déformations peut être enregistrée comme un fichier vidéo. Définissez le graphique animé d'une façon appropriée sur l'écran et puis, sélectionnez

Créer un fichier vidéo dans le menu des **Barres d'outils**.

Vous pouvez voir un message sur les paramètres Open GL avant l'affichage de la boîte de dialogue correspondante où vous pouvez définir différents paramètres pour la création du fichier vidéo.

Figure 9.53 : Boîte de dialogue *Créer un fichier vidéo*

Cliquez sur le bouton [Parcourir] pour définir le nom du fichier vidéo dans une boîte de dialogue séparée.



Le bouton rouge [Enregistrer] démarre l'enregistrement et le bouton bleu [Arrêter] l'arrête.

10. Impression

10.1 Rapport d'impression

Normalement, les données d'entrée et de résultats de RFEM ne sont pas envoyées directement à l'imprimante. Au lieu de cela, un rapport d'impression est d'abord généré. Vous pouvez y ajouter des graphiques, explications, analyses et d'autres éléments. Dans le rapport d'impression, vous définissez les données qui apparaîtront finalement dans votre impression.

Vous pouvez créer plusieurs rapports d'impression pour le modèle. Quand votre structure est très complexe, il est recommandé de diviser les données en plusieurs petits rapports au lieu de créer un seul rapport qui est assez exhaustif. Par exemple, vous pouvez créer un rapport pour les données d'entrée, un autre pour les forces d'appui et encore un autre pour les résultats de surface. Ainsi, vous pouvez réduire le temps d'attente.

Il est aussi possible de créer différents rapports d'impression dans un modèle RFEM. En fonction des données requises, l'ingénieur d'essais et l'ingénieur concepteur peuvent recevoir différents rapports d'impression.

Un rapport d'impression peut être appelé seulement si l'imprimante par défaut a été installée dans Windows. L'aperçu du rapport d'impression utilise le pilote d'imprimante.

10.1.1 Créer ou ouvrir le rapport d'impression

Pour créer un nouveau rapport d'impression,

sélectionnez **Ouvrir le rapport d'impression** dans le menu **Fichier**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel de l'entrée correspondant dans le navigateur *Données*.

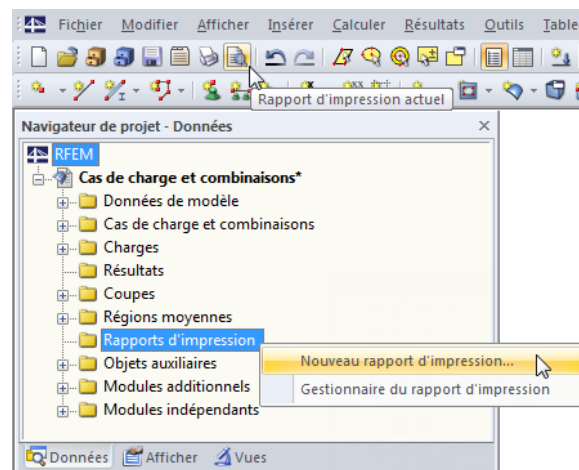


Figure 10.1 : Bouton et menu contextuel du *Rapport d'impression*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre:

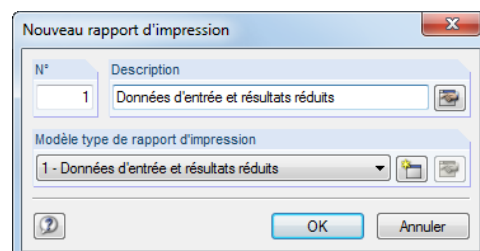


Figure 10.2 : Boîte de dialogue *Nouveau rapport d'impression*

Le N° du rapport est prédéfini, mais peut être modifié. Dans le champ d'entrée *Description*, vous pouvez insérer un nom pour le rapport qui facilitera plus tard la sélection dans les listes. Cette description n'apparaît pas dans l'impression.

En outre, vous pouvez sélectionner un modèle type de rapport particulier de la liste dans la section de dialogue *Modèle type de rapport d'impression* (voir le chapitre 10.1.7, page 418).

Les boutons dans la boîte de dialogue ont les fonctions suivantes :



	Un nouveau modèle de rapport peut être créé.
	La sélection du rapport peut être modifiée (→ chapitre 10.1.3, page 405).

Tableau 10.1 : Boutons dans la boîte de dialogue *Nouveau rapport d'impression*

Quand un rapport d'impression est déjà disponible et vous sélectionnez **Ouvrir le rapport d'impression** dans le menu **Fichier**, le *Gestionnaire des rapports d'impression* s'affiche.

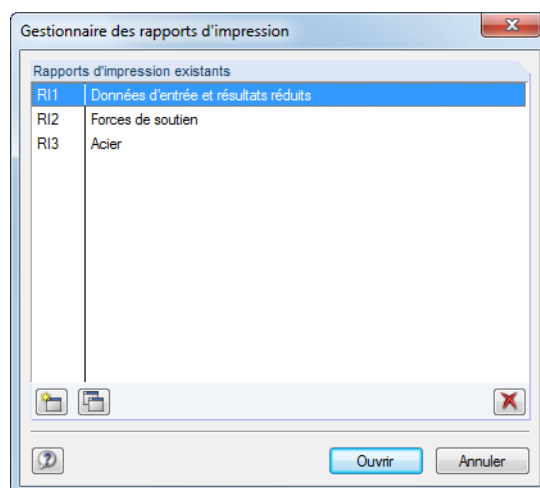


Figure 10.3 : Boîte de dialogue *Gestionnaire des rapports d'impression*

Vous pouvez sélectionner le rapport correspondant de la liste.

Les boutons dans la boîte de dialogue ont les fonctions suivantes :



	Crée un nouveau rapport d'impression
	Supprime les rapports d'impression sélectionnés

Tableau 10.2 : Boutons dans la boîte de dialogue *Gestionnaire des rapports d'impression*

10.1.2 Travail dans le rapport d'impression

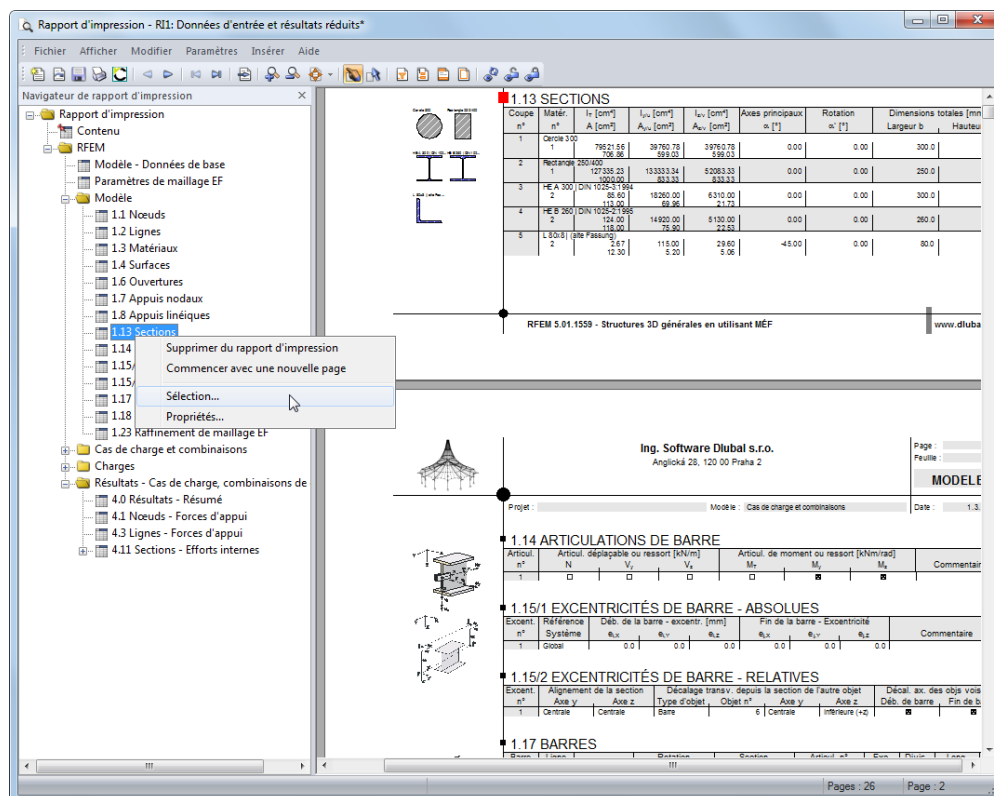


Figure 10.4 : Rapport d'impression avec le menu contextuel

Quand le rapport d'impression est ouvert, vous pouvez voir le navigateur de rapport à gauche. A droite, la vue de page avec l'aperçu de l'impression sont présentés.

Les chapitres individuels du rapport peuvent être déplacés n'importe où dans le navigateur à l'aide de la fonction glisser-déplacer.

Menu contextuel

Le menu contextuel vous offre des options additionnelles pour ajuster le rapport d'impression. Comme commun pour les applications Windows, les sélections multiples sont possibles à l'aide des touches [Ctrl] ou [Maj].

Enlever du rapport d'impression

Le chapitre sélectionné sera supprimé. Si vous voulez l'insérer à nouveau, utilisez la sélection : Cliquez sur la *Sélection* dans le menu *Modifier* pour ouvrir une boîte de dialogue où vous pouvez choisir les données pour l'affichage dans le rapport d'impression.

Commencer avec une nouvelle page

Le chapitre sélectionné commence sur une nouvelle page. Il est marqué par un signe rouge dans le navigateur (comme le chapitre *Résultats - Résumé* affiché dans la figure ci-dessus).

Sélection

Vous avez accès dans la sélection globale qui est décrite sur les pages suivantes. Le chapitre sélectionné est prédéfini.



Propriétés

Des propriétés générales du chapitre sélectionné peuvent être modifiées.

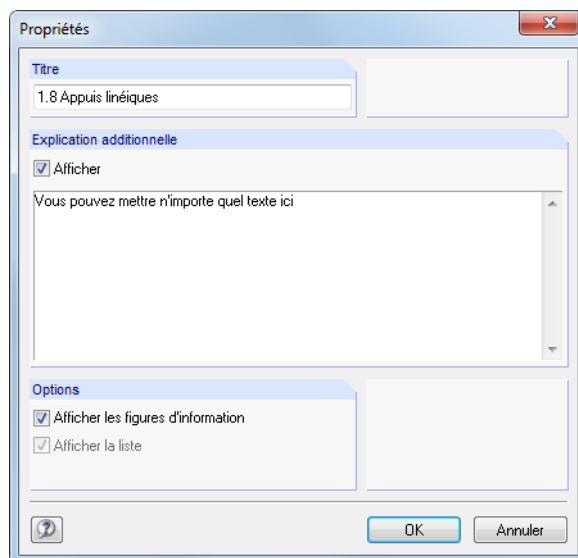


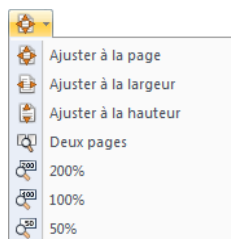
Figure 10.5 : Boîte de dialogue *Propriétés*

Il est possible de modifier le *Titre* du chapitre et d'insérer une *Explication additionnelle* qui sera affichée dans la marge de gauche du rapport. Le texte additionnel peut être activé ou désactivé pour l'affichage comme les *images illustrant* du chapitre (par exemple plans des sections ou du chargement).

Navigation dans le rapport d'impression

Pour voir une section particulière dans le rapport d'impression, cliquez sur l'entrée du chapitre correspondant dans le navigateur.

Le menu **Afficher** vous fournit d'autres fonctions pour la navigation. Pour accéder à la fonction correspondante, vous pouvez utiliser aussi les boutons dans barre d'outils Rapports.













	Atteindre la page précédente dans l'aperçu des pages.
	Atteindre la page suivante
	Atteindre la première page dans l'aperçu des pages.
	Atteindre la dernière page
	Spécifier le numéro d'une page particulière dans la boîte de dialogue.
	Zoom avant
	Zoom arrière
	Bouton de liste pour <i>Zoom</i> afin d'ajuster la taille d'affichage
	Mode de saisie : Utilisez la souris pour la navigation dans le rapport.
	Mode de sélection : Sélectionnez et modifiez les chapitres par un clic de la souris.

Tableau 10.3 : Boutons de navigation dans la barre d'outils du rapport d'impression

10.1.3 Définir le contenu du rapport d'impression

Dans la sélection globale, vous pouvez sélectionner les chapitres que vous voulez afficher dans le rapport d'impression. Pour accéder à la fonction correspondante,



sélectionnez **Sélection** dans le menu **Modifier**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche. Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel de l'élément de navigateur *Rapport d'impression*.

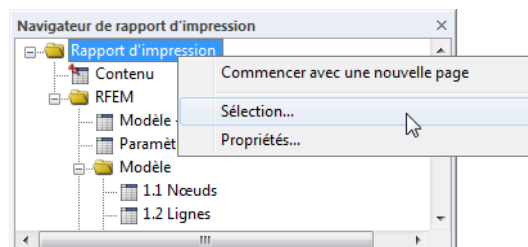


Figure 10.6 : Ouvrir la sélection globale à l'aide du menu contextuel *Rapport d'impression*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre:

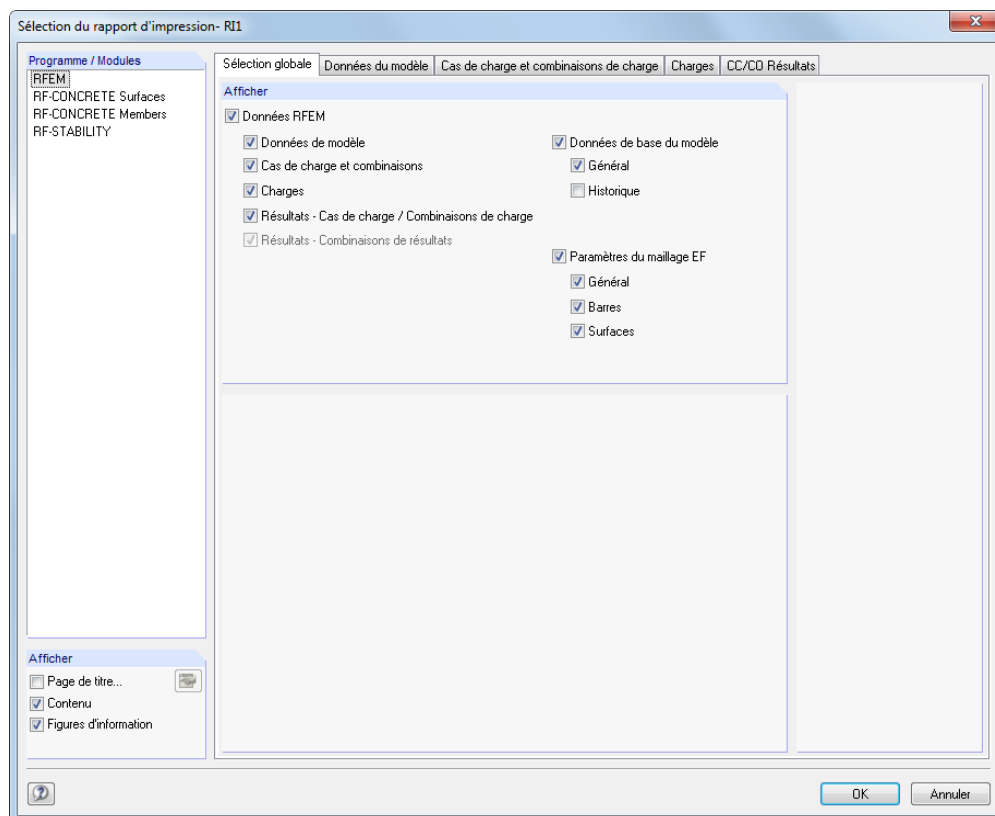


Figure 10.7 : Boîte de dialogue *Sélection du rapport d'impression*, onglet *Sélection globale*

La liste dans la section de dialogue *Programme / Modules* contient tous les modules additionnels où les données d'entrée sont disponibles. Quand un programme est sélectionné dans la liste, vous pouvez choisir les chapitres à imprimer dans les onglets à droite.

L'onglet *Sélection globale* gère les chapitres principaux du rapport. Si vous effacez la sélection d'une boîte de dialogue, l'onglet de détail correspondant sera caché.

Utilisez les trois cases dans la section de dialogue *Afficher* (inférieure gauche) pour décider si la *Page de titre*, le *Contenu* et les petites *Figures d'information* seront affichés dans la marge du rapport.

10.1.3.1 Sélection des données de modèle

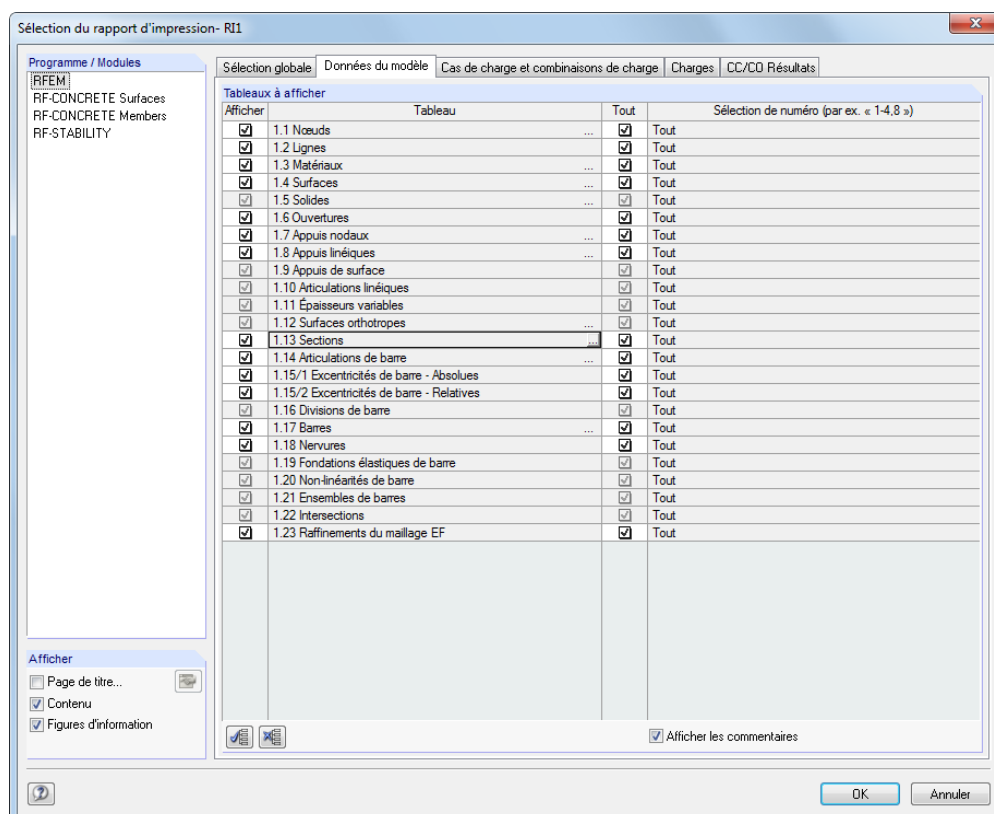


Figure 10.8 : Boîte de dialogue *Sélection du rapport d'impression*, onglet *Données du modèle*

Avec les cases dans la colonne *Afficher*, vous pouvez décider quels chapitres seront affichés dans le rapport d'impression.

Pour quelques tableaux, vous trouverez des sous chapitres. Quand vous cliquez par exemple dans le champ de tableau *1.13 Sections*, le bouton [...] est activé et vous pouvez ouvrir une autre boîte de dialogue où vous pouvez sélectionner les sections pour lesquelles les détails de section seront affichés. Pour définir les types et une quantité de détails, utilisez le bouton [Détails] affiché à gauche.

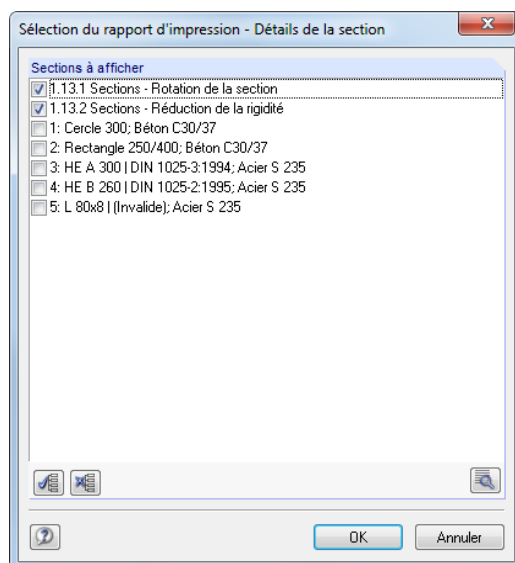


Figure 10.9 : Boîte de dialogue *Sélection du rapport d'impression - Détails de la section*

Le rapport d'impression est basé sur les tableaux d'entrée décrits dans le chapitre 4. Avec les cases dans la troisième colonne *Tout*, vous décidez si toutes les lignes du tableau sélectionné sont incluses dans l'impression. Quand une case est décochée, vous pouvez spécifier les numéros d'objets sélectionnés (lignes de tableau) dans la colonne *Sélection de numéro*.

Même dans cette colonne, il est recommandé d'utiliser le bouton [...] disponible à la fin du champ d'entrée car de cette façon, vous pouvez sélectionner les nœuds, lignes, surfaces, barres, ensembles de barres, ouvertures et solides graphiquement dans la fenêtre graphique. Pour les objets restants, une liste avec des lignes de tableau s'affiche.

10.1.3.2 Sélection des données de charge

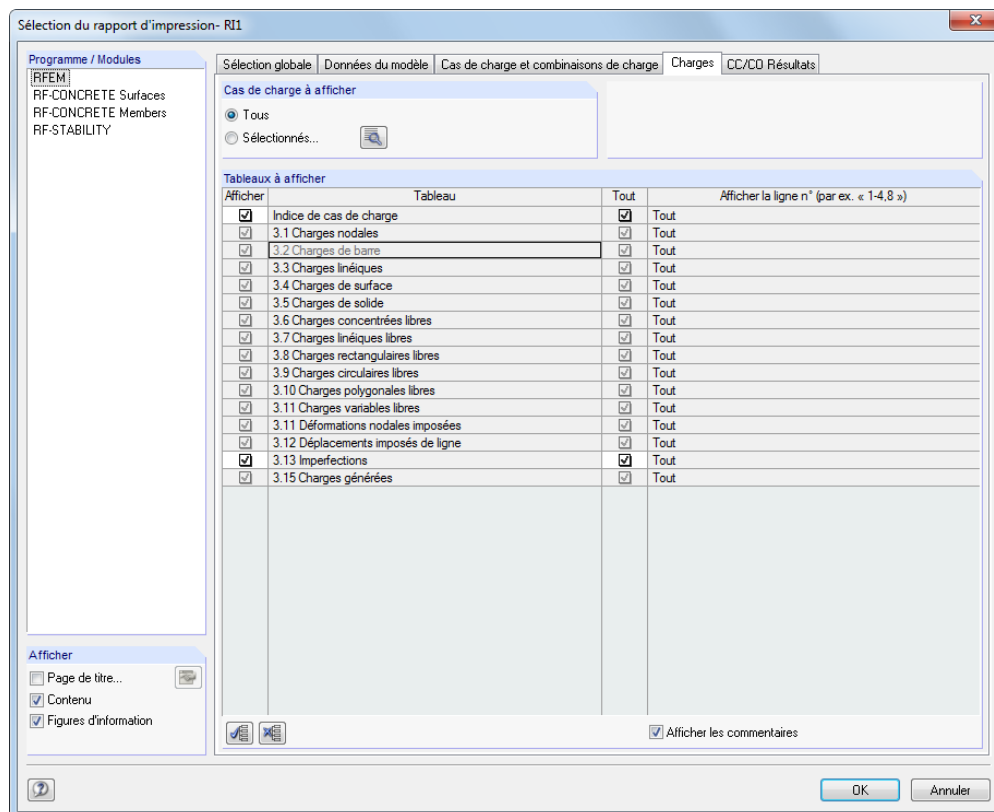


Figure 10.10 : Boîte de dialogue *Sélection du rapport d'impression*, onglet *Charges*

Les tableaux sont sélectionnés comme décrit dans le chapitre précédent 10.1.3.1.

Les options de sélection additionnelles sont disponibles dans cet onglet : Dans cette section de dialogue *Cas de charge à afficher*, vous pouvez décider si les données d'entrée de *Tous* les cas de charge ou seulement des cas de charge particuliers seront affichées dans l'impression. Quand le champ de sélection *Sélectionné* est activé, vous pouvez utiliser le bouton [Détails] pour ouvrir une nouvelle boîte de dialogue où vous pouvez sélectionner les cas de charge.

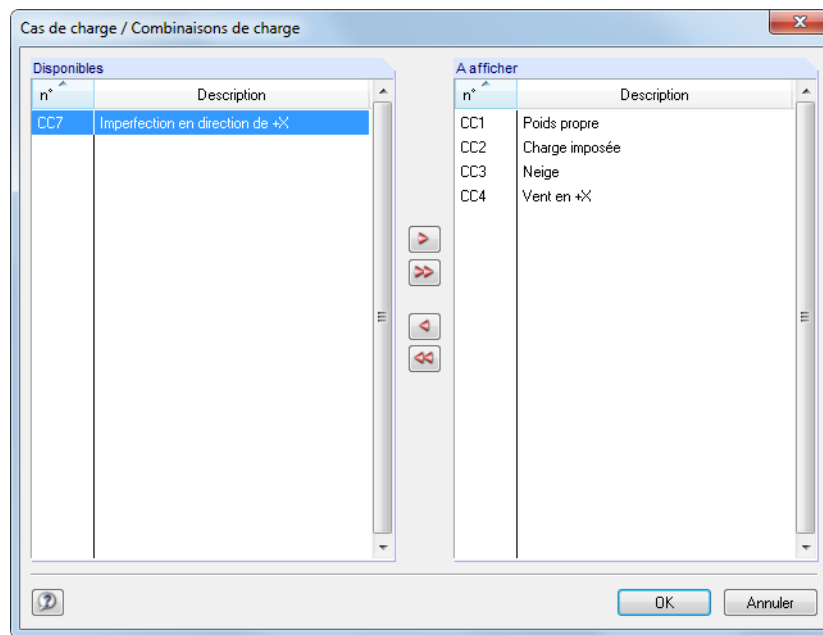


Figure 10.11 : Sélection des cas de charge

10.1.3.3 Sélection des données de résultats

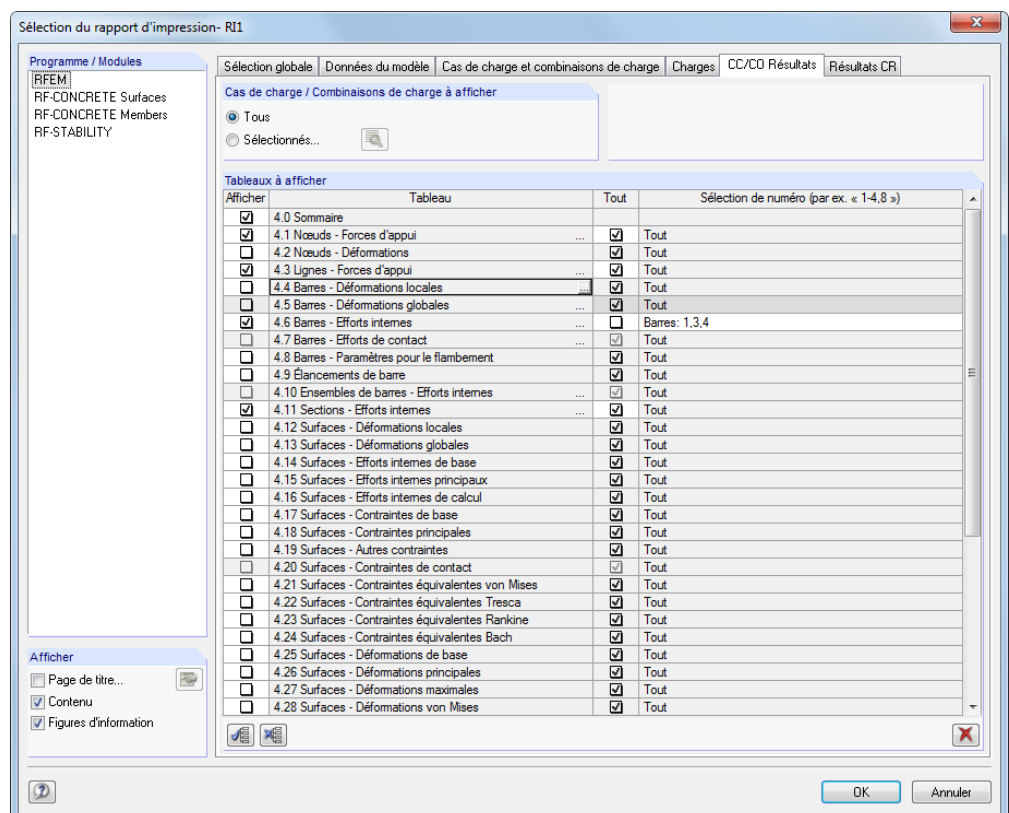


Figure 10.12 : Boîte de dialogue Sélection du rapport d'impression, onglet Résultats CC/CO

La sélection des données de résultats exhaustives dans la plupart de cas est faite dans deux onglets de dialogue : L'onglet *Résultats de CC/CO* gère la sélection pour les cas de charge et les combinaisons de charge, l'onglet *Résultats de CR* gère l'impression pour les résultats des combinaisons de résultats.



Les résultats peuvent être préparés comme données de charge (voir le chapitre précédent 10.1.3.2) : Utilisez le champ de sélection *Sélectionné* pour limiter les données d'impression pour les résultats des cas ou des combinaisons de charge particuliers. Dans la section de dialogue *Tableaux à afficher*, vous pouvez sélectionner les tableaux et la ligne de tableau comme décrit dans le chapitre 10.1.3.1. La colonne *Sélection de numéro* vous permet de spécifier les objets particuliers ou de sélectionner les objets graphiquement à l'aide du bouton [...] que vous trouverez à la fin de la ligne du tableau.



Dans la colonne du *Tableau*, vous pouvez voir des lignes de tableau avec trois points à la fin de la ligne. Les points indiquent le bouton [...] que vous pouvez activer en cliquant dans la ligne. Utilisez ce bouton pour accéder aux plusieurs critères de sélection, par exemple pour les efforts internes de la barre.

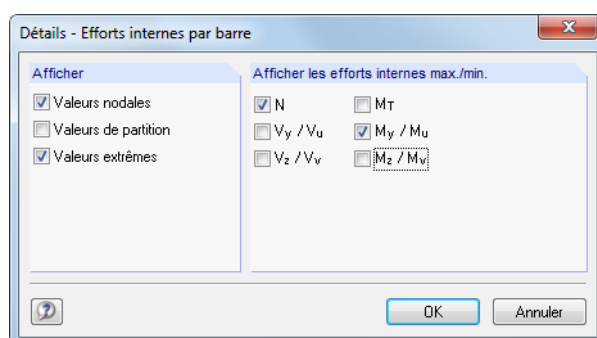


Figure 10.13 : Boîte de dialogue *Détails - Efforts internes par barre*

Le rapport d'impression liste les résultats de chaque barre aux endroits suivants :

- Nœud de début et de fin
- Points de partition selon la division de barre définie (voir le chapitre 4.16, page 146)
- Valeurs extrêmes (*Max/Min*) des résultats (voir le chapitre 8.6, page 314)

La sélection est liée avec les paramètres *Filtre de tableau* (voir la Figure 11.122, page 515).



Vous pouvez réduire considérablement l'étendu de l'impression par la restriction des données de sortie aux résultats qui sont indispensables pour votre documentation.

10.1.3.4 Sélection des données des modules additionnels

Toutes les données de module pour l'impression sont aussi gérées dans le rapport d'impression de RFEM. Vous pouvez les résumer ensemble avec les données de RFEM dans un seul rapport ou bien les organiser dans des rapports d'impression séparés. Pour des systèmes structuraux complexes avec un grand nombre de cas de calcul, il est recommandé de diviser les données dans plusieurs rapports d'impression qui arrangent les données plus clairement.

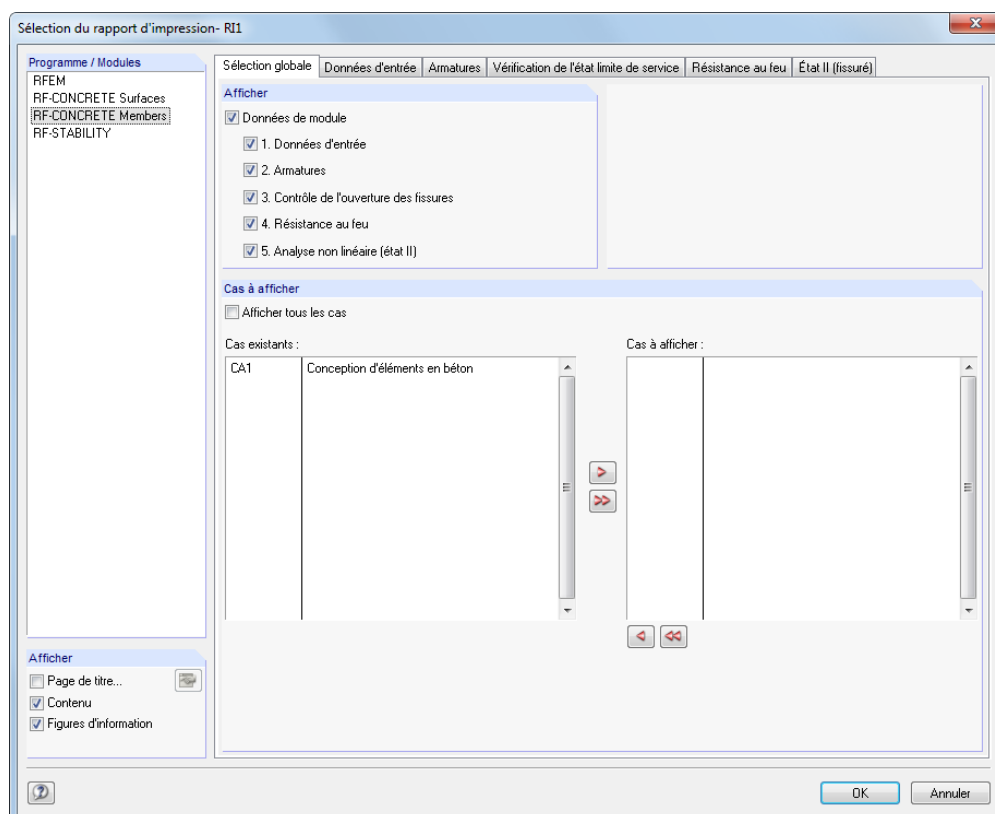


Figure 10.14 : Boîte de dialogue *Sélection du rapport d'impression*, onglet *Sélection globale* du module additionnel **RF-CONCRETE Members**

En complément de RFEM, la liste dans la section de dialogue *Programme / Modules* contient tous les modules additionnels où les entrées ont été faites. Quand vous sélectionnez un module dans la liste, vous pouvez choisir les chapitres pour l'impression dans les onglets à droite.

L'onglet de dialogue *Sélection globale* gère les chapitres principaux des données du module additionnel. Quand vous décochez une case, l'onglet de détail correspondant disparaît.

Dans la section de dialogue *Cas à afficher*, l'option *Afficher tous les cas* est cochée par défaut. Si vous voulez inclure seulement des cas de calcul particuliers dans le rapport d'impression, décochez la case. Puis, vous pouvez déplacer les cas dont vous n'avez pas besoin de la liste *Cas à afficher* à la liste *Cas existants*.

La sélection dans les onglets de détail des données d'entrée et des résultats est similaire à la sélection décrite dans les chapitres 10.1.3.1 *Sélection des données de modèle* et 10.1.3.3 *Sélection des données de résultats*.



10.1.4 Ajuster l'en-tête du rapport d'impression



Pendant l'installation du programme, un en-tête de rapport d'impression est créé à partir des données de client.

Pour modifier les spécifications,

sélectionnez **En-tête** dans le menu **Paramètres** du rapport d'impression ou utilisez le bouton de la barre d'outils dans le rapport d'impression figuré à gauche.

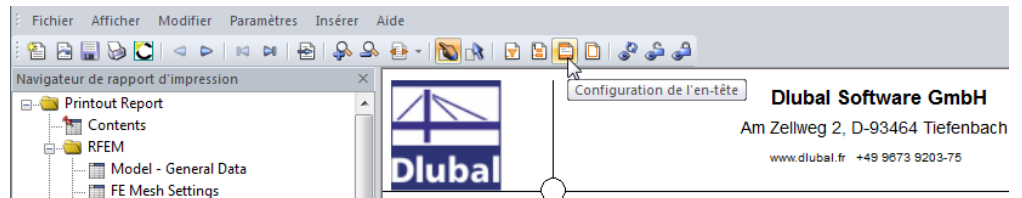


Figure 10.15 : Bouton définition de l'en-tête

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

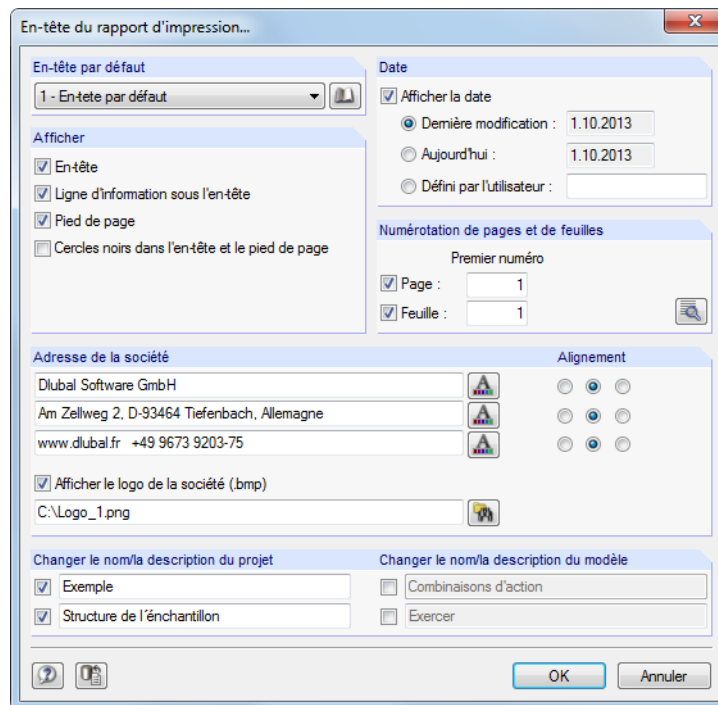


Figure 10.16 : Boîte de dialogue *En-tête du rapport d'impression*

Paramètres par défaut de l'en-tête

S'il y a plusieurs en-têtes disponibles, vous pouvez sélectionner l'en-tête approprié dans la liste.



En outre, vous pouvez utiliser le bouton [Bibliothèque d'en-têtes] pour accéder aux différents en-têtes de rapport. En complément, vous pouvez créer, modifier ou supprimer les en-têtes dans la bibliothèque.

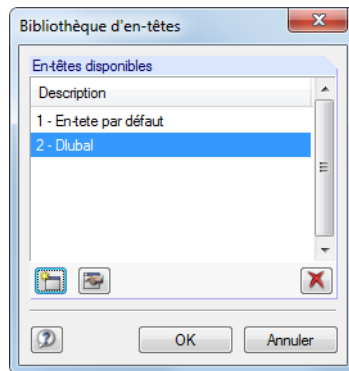


Figure 10.17 : Boîte de dialogue *Bibliothèque d'en-têtes*

Les boutons dans la *Bibliothèque d'en-têtes* ont les significations suivantes :




	Un nouvel en-tête est créé. Insérez les spécifications dans une autre boîte de dialogue dont la structure est similaire à celle de la boîte de dialogue <i>En-tête</i> (voir la Figure 10.16).
	Il est possible de modifier les propriétés de l'en-tête sélectionné du rapport d'impression.
	L'en-tête qui est sélectionné dans la liste sera supprimé.

Tableau 10.4 : Boutons de la boîte de dialogue *Bibliothèque d'en-têtes*



Les en-têtes du rapport d'impression sont enregistrés dans le fichier **DlubalProtocolConfigNew.cfg** que vous trouvez par défaut dans le dossier de données de base générales *C:\ProgramData\Dlubal\Global\General Data*. Le fichier ne sera pas remplacé pendant la mise à jour. Néanmoins, il peut être utile d'enregistrer un fichier de sauvegarde.

Afficher

Les paramètres dans cette section de dialogue déterminent les éléments d'en-tête ou la mise en page qui sera affichée.

L'option *Ligne d'information sous l'en-tête* active et désactive l'affichage des données de projet et de modèle avec ou sans date (voir ci-dessous). La description de projet est importée des données générales du projet remplies dans le gestionnaire de projet (voir le chapitre 12.1.1, page 576). La description du modèle est importée des données de base du modèle (voir le chapitre 12.2, page 584). Il est possible d'ajuster les spécifications par défaut pour l'impression dans les sections de dialogue *Modifier le nom/description du projet* et *Modifier le nom/description du modèle* (voir ci-dessous).

Le *Pied de page* peut être activé ou désactivé tout comme des *Cercles noirs* dans les points d'intersection de la ligne de contour avec la ligne d'en-tête et de pied de page.

Date

RFEM vous fournit les paramètres automatiques par défaut et une option de spécification *Défini par l'utilisateur* pour l'affichage de la date dans l'en-tête du rapport d'impression.

Numérotation de pages et de feuilles

Si la *page* et la *feuille* ont les mêmes numéros initiaux et si les cases *Afficher* sont cochées, il n'y a pas de différence dans la numérotation. Mais si vous voulez attribuer plusieurs pages dans une feuille, il est possible d'insérer les spécifications détaillées pour la numérotation à l'aide du bouton [Paramètres] affiché à gauche.

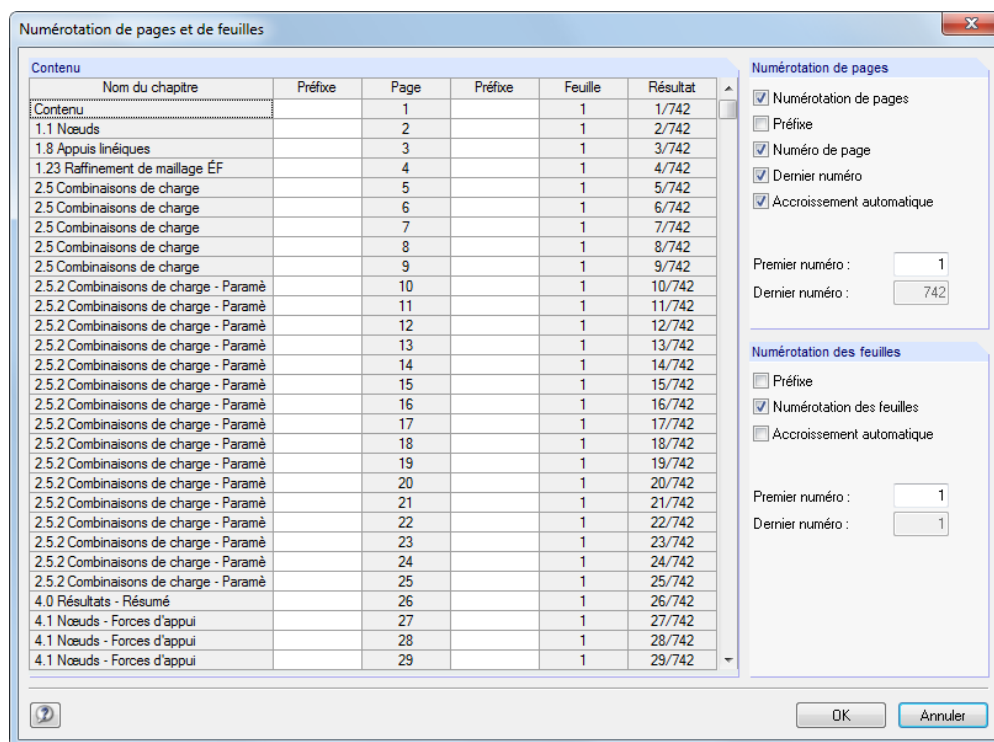


Figure 10.18 : Boîte de dialogue Numérotation de page et de feuille

Utilisez cette boîte de dialogue pour décider si un *Préfixe* est appliqué devant la *Numérotation de page*. Le préfixe peut être un raccourci qui est défini par le chapitre et indique par exemple toutes les données de modèles dans la numérotation par le préfixe « MO ». En complément, vous pouvez décider si le *Numéro final* est inclus, par exemple « Page : MO3/25 ».

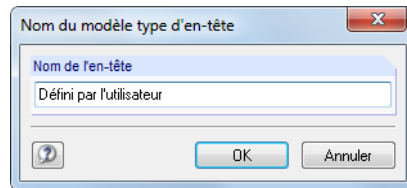
Utilisez les deux cases *Accroissement automatique* dans les sections de dialogue à droite pour définir une numérotation continue. En outre, vous pouvez spécifier le *Premier numéro* pour la numérotation de page et de feuille. La colonne de tableau *Résultats* vous montre les résultats de toutes les spécifications dynamiquement.

Adresse de la société

Cette section de dialogue de la boîte de dialogue *En-tête du rapport d'impression* contient les informations sur les données de client qui peuvent être ajustées. Un champ d'entrée séparé est disponible pour chaque des trois lignes de l'en-tête du rapport. Utilisez le bouton [A] figuré à gauche pour modifier la police et la taille de police. L'*Alignement* des lignes peut être défini aussi séparément.

La zone gauche dans l'en-tête est réservée pour le logo de la société. La figure doit être disponible sous format de fichier bitmap (par exemple MS Paint enregistre les graphiques comme *.bmp).

Pour enregistrer les paramètres modifiés, cliquez sur le bouton [Définir l'en-tête par défaut] dans la partie basse de la boîte de dialogue. La boîte de dialogue *Nom du modèle d'en-tête* s'ouvre et vous devez y insérer une description. Puis, le nouvel en-tête du rapport s'affiche comme *En-tête par défaut* en haut du rapport d'impression (voir la figure ci-dessous).

Figure 10.19 : Boîte de dialogue *Nom du modèle type d'en-tête*

Modifier le nom/la description du projet/modèle

Dans les deux sections de dialogue, il est prédéfini le nom de projet et le nom du modèle y compris les descriptions définies par l'utilisateur. Pour modifier les préreglages, cochez les cases devant le nom correspondant. De cette façon, les champs d'entrée deviennent disponibles pour une nouvelle entrée qui apparaîtra plus tard dans l'impression.

10.1.5 Insertion du graphique RFEM

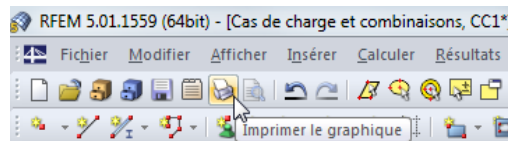
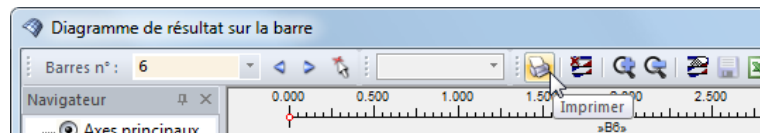


Chaque figure affichée dans la fenêtre graphique peut être intégrée dans le rapport d'impression. En outre, il est possible d'inclure les diagrammes de résultats des sections, des barres et des appuis linéiques tout comme les détails de section dans le rapport à l'aide du bouton [Imprimer] dans les boîtes de dialogue correspondantes.

Pour imprimer le graphique couramment affiché,

sélectionnez **Imprimer le graphique** dans le menu **Fichier**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Figure 10.20 : Bouton *Imprimer le graphique* dans la barre d'outils de la fenêtre graphiqueFigure 10.21 : Bouton *Imprimer* dans la barre d'outils de la fenêtre *Diagramme de résultat*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre.

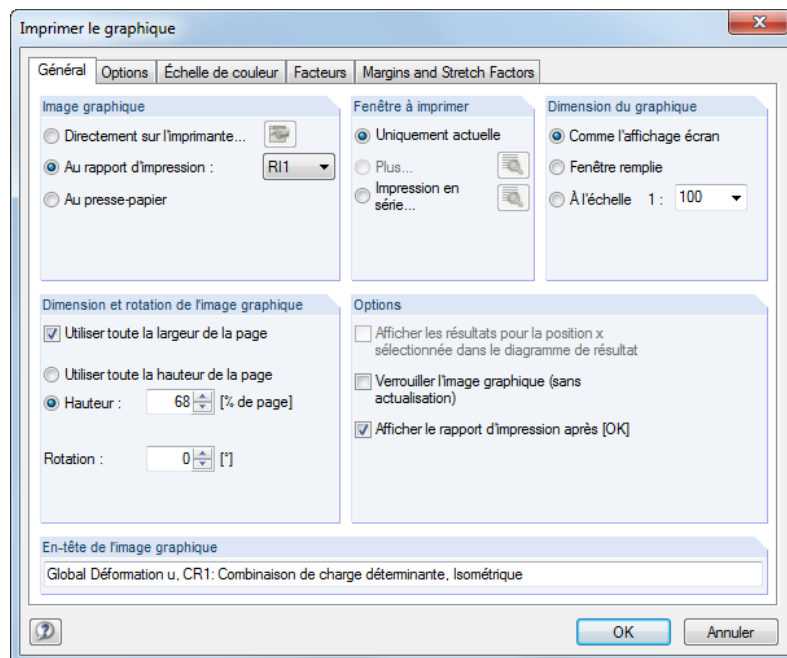
Figure 10.22 : Boîte de dialogue *Imprimer le graphique*, onglet *Général*

Image graphique

Dans la section de dialogue *Image graphique*, sélectionnez l'option *Au rapport d'impression*. S'il y a plusieurs rapports disponibles, vous pouvez sélectionner le nombre de rapports visé dans la liste à droite.

Options

Verrouiller l'image graphique

Le standard de RFEM est la génération du graphique dynamique : Quand un modèle ou des résultats sont modifiés, le graphique dans le rapport d'impression sera mis à jour automatiquement. S'il y a des problèmes de performance dans le rapport à cause du graphique, vous pouvez interrompre l'ajustement dynamique en cochant la case *Verrouiller l'image graphique (sans mise à jour)* dans la section de dialogue *Options*.

Dans le rapport d'impression, il est bien sûr possible de déverrouiller un graphique : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'élément de graphique dans le navigateur de rapport pour ouvrir son menu contextuel (voir la Figure 10.4, page 403). Sélectionnez *Propriétés* pour accéder dans la boîte de dialogue *Impression du graphique* pour l'image. Vous pouvez aussi marquer le graphique dans le navigateur de rapport et sélectionner les *Propriétés du chapitre* dans le menu *Modifier*.

Les boutons de verrouillage dans la barre d'outils du rapport d'impression vous donnent plus de fonctions pour classer le graphique comme statique ou dynamique (voir la Figure 10.4, page 403). Les boutons ont les fonctions suivantes :




	Actualise tous les graphiques
	Déverrouille tous les graphiques qui peuvent être ensuite mis à jour dynamiquement
	Verrouille tous les graphiques qui sont ensuite fixés dans le rapport d'impression

Tableau 10.5 : Boutons de graphique dans le rapport d'impression

Afficher le rapport l'impression par [OK]

Normalement, quand vous fermez la boîte de dialogue par [OK], le rapport d'impression est ouvert afin que vous puissiez vérifier les résultats d'impression. Cela peut être ennuyant par exemple quand vous voulez mettre plusieurs graphiques l'un après l'autre dans le rapport d'impression. Après avoir décoché la case, il est possible d'imprimer les images sans attendre la création du rapport d'impression.



Les fonctions et les onglets restants de la boîte de dialogue *Impression de graphique* sont expliquées dans le chapitre 10.2 à la page 426.

10.1.6 Insérer le graphique et les textes

Les graphiques et les textes externes peuvent être aussi intégrés dans le rapport d'impression de RFEM.

Graphiques

Pour insérer une image qui n'est pas un graphique RFEM, vous devez d'abord ouvrir le fichier graphique dans un éditeur d'image (par exemple MS Paint). Puis, vous pouvez le copier dans le presse-papiers à l'aide des touches de clavier [Ctrl]+[C].

Pour insérer le graphique du presse-papiers dans le rapport d'impression, sélectionnez **Image du presse-papiers** dans le menu **Insérer**.

Vous devez insérer un nom du chapitre pour un nouveau graphique avant son insertion.

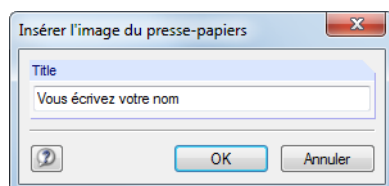


Figure 10.23 : Boîte de dialogue *Insertion de l'image du presse-papiers*

Le graphique sera affiché comme un simple chapitre dans le rapport d'impression.

Textes

Les notes courtes définies par l'utilisateur peuvent aussi être ajoutées dans le rapport d'impression. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez le **Bloc de texte** dans le menu **Insérer**.

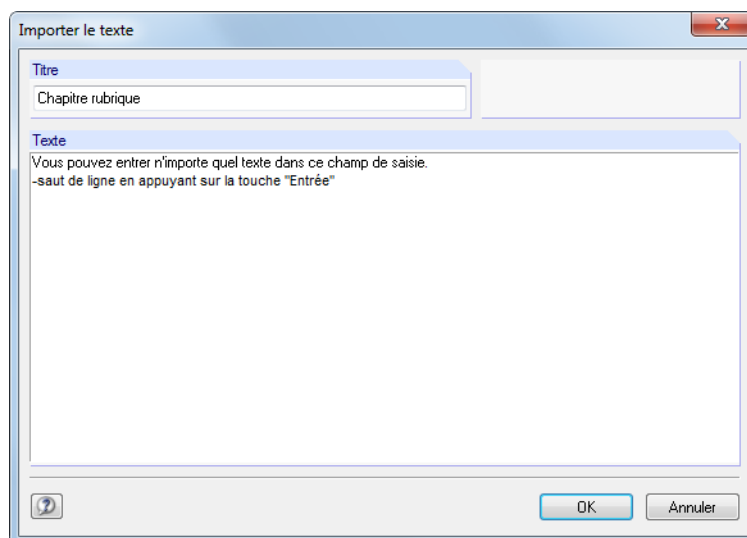


Figure 10.24 : Boîte de dialogue *Importer le texte*

Insérez le *Titre* et le *Texte* dans la boîte de dialogue. Quand vous cliquez sur [OK], le chapitre s'insère à la fin du rapport d'impression. Ensuite, vous pouvez utiliser la fonction glisser-déplacer pour déplacer le chapitre à l'endroit approprié dans le rapport d'impression.



Dans le mode de sélection (voir le Tableau 10.3, page 404) vous pouvez modifier le texte ultérieurement par un double clic. Alternativement, cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'entête dans le navigateur du rapport et puis, sélectionnez *Propriétés* dans le menu contextuel.

Fichiers texte et RTF

Il est possible d'intégrer les fichiers texte disponibles sous format ASCII tout comme les fichiers RTF y compris les graphiques incorporés dans le rapport d'impression. Ainsi, vous pouvez enregistrer les textes réduisant dans les fichiers pour les utiliser dans le rapport.

En outre, cette fonction vous permet d'intégrer les données d'analyse des autres programmes de vérification dans le rapport d'impression, à supposer que les résultats sont disponibles sous formats ASCII ou RTF.

Pour insérer les fichiers texte et RTF,
sélectionnez **Fichier texte** dans le menu **Insérer**.

D'abord, la boîte de dialogue de Windows *Ouvrir* où vous pouvez sélectionner le fichier s'ouvre. Quand vous cliquez sur le bouton [Ouvrir], le chapitre s'ajoute à la fin du rapport d'impression. Ensuite, vous pouvez utiliser la fonction glisser-déplacer pour déplacer le chapitre à l'endroit approprié dans le rapport d'impression.



Dans le mode de sélection (voir le Tableau 10.3, page 404) vous pouvez modifier le texte ultérieurement par un clic droit de la souris. La boîte de dialogue *Importer le texte* pour les ajustements définis par l'utilisateur s'affiche.

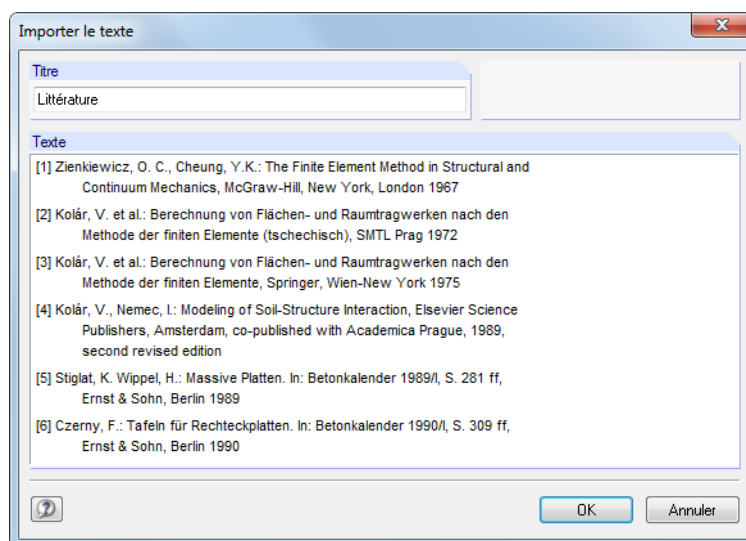


Figure 10.25 : Boîte de dialogue *Importer le texte*

10.1.7 Modèle de rapport d'impression

La sélection décrite dans le chapitre 10.1.3 prend rarement du temps. Il est possible d'enregistrer une telle sélection y compris les graphiques comme un modèle type que vous pouvez utiliser aussi pour les autres modèles. La création des rapports d'impression est plus efficace à la base des modèles types.

Un rapport d'impression existant peut être aussi enregistré comme un modèle type.

Créer un nouveau modèle type

Pour définir un nouveau modèle type,

pointez sur **Modèle type du rapport d'impression** dans le menu **Paramètres** du rapport d'impression et puis, sélectionnez **Nouveau**

ou pointez sur **Modèle type du rapport d'impression** dans le menu **Paramètres** du rapport d'impression, et puis, sélectionnez **Nouveau du rapport d'impression actuel**.

Nouveau

D'abord, la boîte de dialogue de sélection décrite dans le chapitre 10.1.3 à la page 405 s'ouvre.

Utiliser les onglets pour sélectionner les chapitres que vous voulez imprimer. Quand la sélection est complétée, cliquez sur [OK] et insérez une *Description* pour le nouveau modèle type de rapport.

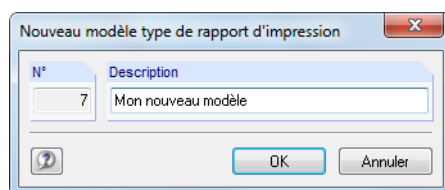


Figure 10.26 : Boîte de dialogue *Nouveau modèle type de rapport d'impression*

Nouveau du rapport d'impression actuel...

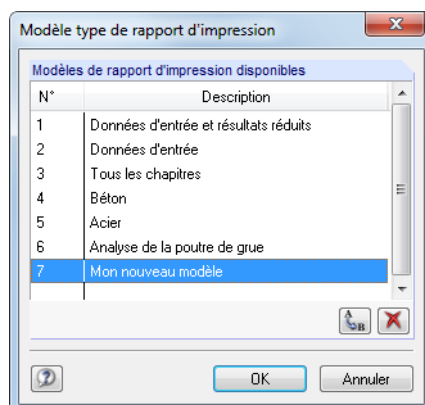
La sélection du rapport d'impression actuellement affiché est utilisée pour le nouveau modèle type. Insérez la *Description* du nouveau modèle type de rapport dans la boîte de dialogue (voir la Figure 10.26).

Appliquer un modèle type

Quand un rapport d'impression est déjà ouvert, vous pouvez appliquer le contenu sélectionné d'un modèle type pour le rapport actuel. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Modèle type du rapport d'impression** dans le menu **Paramètres** et puis, cliquez sur **Sélectionner**.

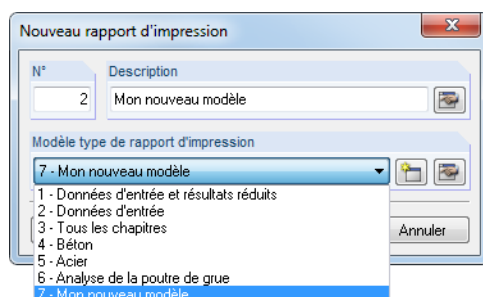
Une boîte de dialogue où vous pouvez sélectionner le modèle type de la liste *Modèles de rapport d'impression disponibles* s'ouvre.

Figure 10.27 : Boîte de dialogue *Modèle type de rapport d'impression*

Les détails des boutons dans cette boîte de dialogue peuvent être trouvés dans le Tableau 10.6.

Après avoir confirmé la boîte de dialogue et la requête de sécurité ultérieure, la sélection courante sera remplacée par le modèle type.

Ensuite, quand vous créez un nouveau rapport d'impression, vous pouvez sélectionner un modèle type de la liste *Modèle type de rapport d'impression* pour appliquer des paramètres spécifiques dans le nouveau rapport.

Figure 10.28 : Boîte de dialogue *Nouveau rapport d'impression* avec la liste des modèles types

Modèles types de gestion

Tous les modèles types sont gérés dans la boîte de dialogue *Modèles types de rapport d'impression*. Pour ouvrir la boîte de dialogue,

sélectionnez **Modèle type du rapport d'impression** dans le menu **Paramètres** et puis, cliquez sur **Sélectionner**.

La boîte de dialogue de la Figure 10.27 s'affiche. Les fonctions des boutons ne sont activées que pour les modèles types définis par l'utilisateur.



	Le nom du modèle type sélectionné peut être modifié.
	Le modèle type sélectionné sera supprimé.

Tableau 10.6 : Boutons dans la boîte de dialogue *Modèle type de rapport d'impression*

Les modèles types du rapport d'impression sont stockés dans le fichier **RfemProtocolConfig.cfg** qui peut être trouvé dans le dossier de données principales pour RFEM 5 C:\ProgramData\Dluba\RFEM 5.xx\General Data. Le fichier ne sera pas remplacé pendant la mise à jour. Néanmoins, il vaut mieux enregistrer un fichier de sauvegarde.

10.1.8 Ajustement de la disposition

La disposition d'un rapport d'impression peut être ajustée en ce qui concerne les polices et couleurs de police, les paramètres de marge et aperçu du tableau.



Pour ouvrir la boîte de dialogue où vous pouvez modifier la disposition de la page, sélectionnez **Page** dans le menu **Paramètres** du rapport d'impression ou utilisez le bouton de la barre d'outils dans le rapport d'impression figuré à gauche.

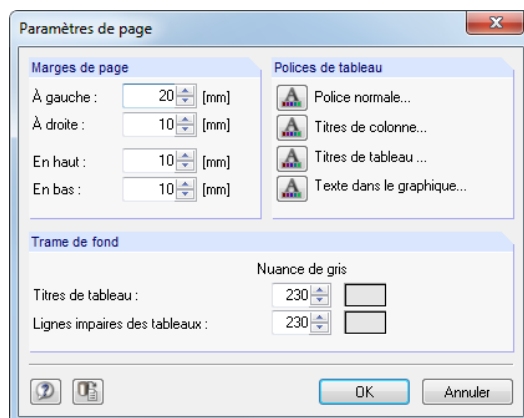


Figure 10.29 : Boîte de dialogue *Mise en page*



Les polices par défaut pour le contenu de tableau et les en-têtes de tableau sont relativement petits. Néanmoins, soyez prudents lors de changement des paramètres par défaut **Arial** : Les polices plus larges ne collent toujours pas aux colonnes.



Les paramètres de disposition sont aussi appliqués aux rapports d'impression des modules additionnels RFEM.

10.1.9 Créer la page de titre



Le rapport d'impression peut être prévu avec une page de couverture. Pour ouvrir la boîte de dialogue où vous pouvez insérer les données de la page de titre,

sélectionnez **Page de titre** dans le menu **Paramètres** dans le rapport d'impression ou utilisez le bouton de la barre d'outils dans le rapport d'impression figuré à gauche.

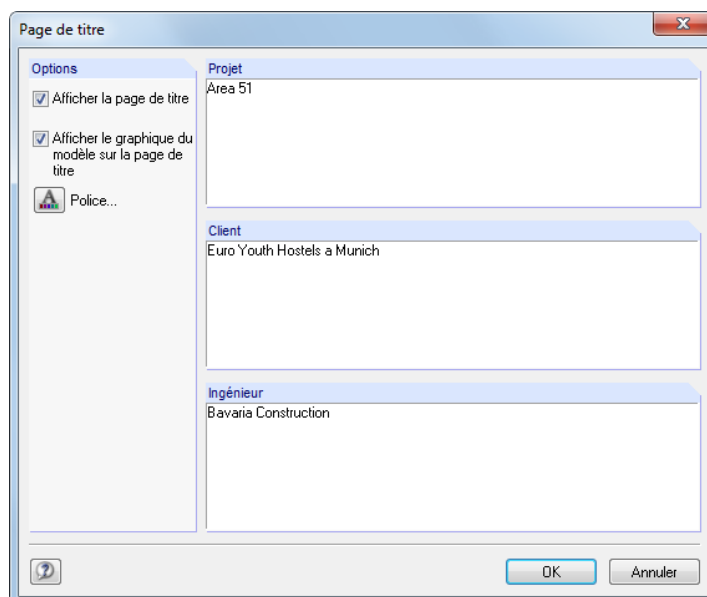
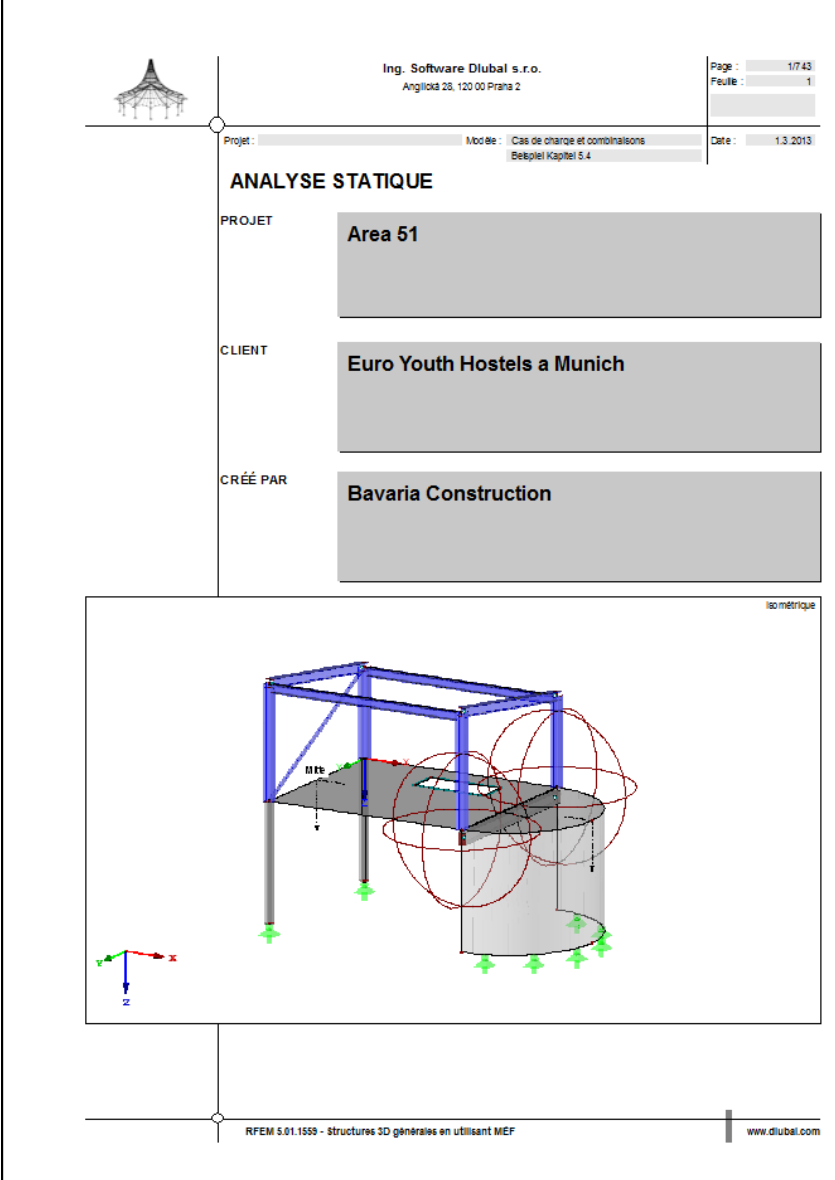


Figure 10.30 : Boîte de dialogue *Page de titre*

Quand l'entrée est complétée, cliquez sur [OK] pour créer la page de titre dans le rapport.



Ing. Software Dlubal s.r.o.
Anglika 28, 120 00 Praha 2

Page : 1/743
Feuille : 1

Projet : Modèle : Cas de charge et combinaisons
Beispiel Kapitel 5.4

Date : 1.3.2013

ANALYSE STATIQUE

PROJET **Area 51**

CLIENT **Euro Youth Hostels a Munich**

CRÉÉ PAR **Bavaria Construction**

isométrique

RFEM 5.01.1559 - Structures 3D générales en utilisant MEF

www.dlubal.com

Figure 10.31 : Page de titre dans le rapport d'impression



Le contenu de la page de titre peut être modifié encore une fois par un double clic dans le mode de sélection (voir le Tableau 10.3, page 404). Alternativement, cliquez sur le bouton droit de la souris sur la page de titre dans le navigateur du rapport et sélectionnez *Propriétés* dans le menu contextuel.

10.1.10 Imprimer le rapport d'impression



Pour démarrer le processus d'impression,

sélectionnez **Imprimer** dans le menu **Fichier** du rapport d'impression ou utilisez le bouton dans la barre d'outils du rapport d'impression figuré à gauche.

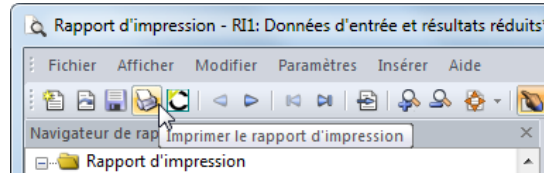


Figure 10.32 : Bouton *Imprimer le rapport d'impression*

La boîte de dialogue pour la configuration d'imprimante par défaut dans Windows s'ouvre. Sélectionnez l'imprimante et déterminez les pages que vous voulez imprimer.

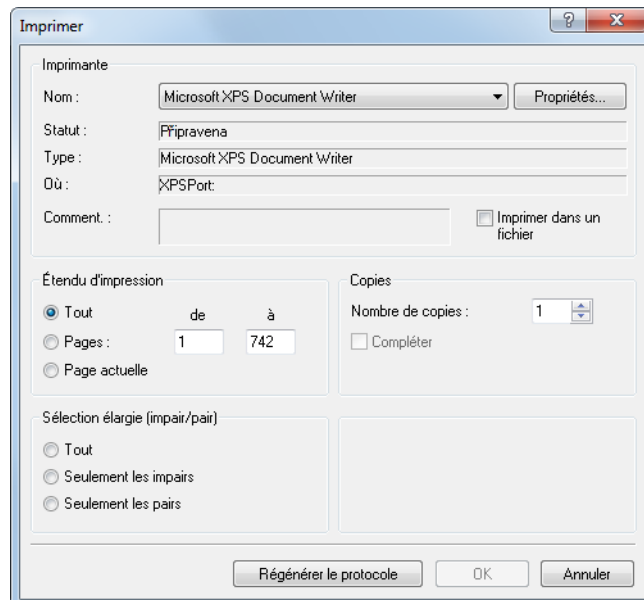


Figure 10.33 : Boîte de dialogue *Imprimer*

Si vous choisissez une autre imprimante que celle par défaut, le saut de page et ensuite les numéros de page imprimés sur le papier peuvent être différents de l'aperçu avant impression dans RFEM.

Quand vous sélectionnez l'option *Imprimer dans un fichier*, vous pouvez créer un fichier d'impression sous format PRN qui peut être envoyé à l'imprimante à l'aide de la commande **copier**.

10.1.11 Exporter le rapport d'impression

Le rapport d'impression peut être exporté sous formats différents de fichier. Il est aussi possible de l'exporter directement à *VCmaster*.

Exportation RTF

Tous les logiciels de traitement de texte communs supportent le format de fichier RTF. Pour exporter le rapport d'impression y compris les graphiques comme un document RTF,

sélectionnez **Exporter à RTF** dans le menu **Fichier**.

La boîte de dialogue Windows *Enregistrer sous* s'ouvre :

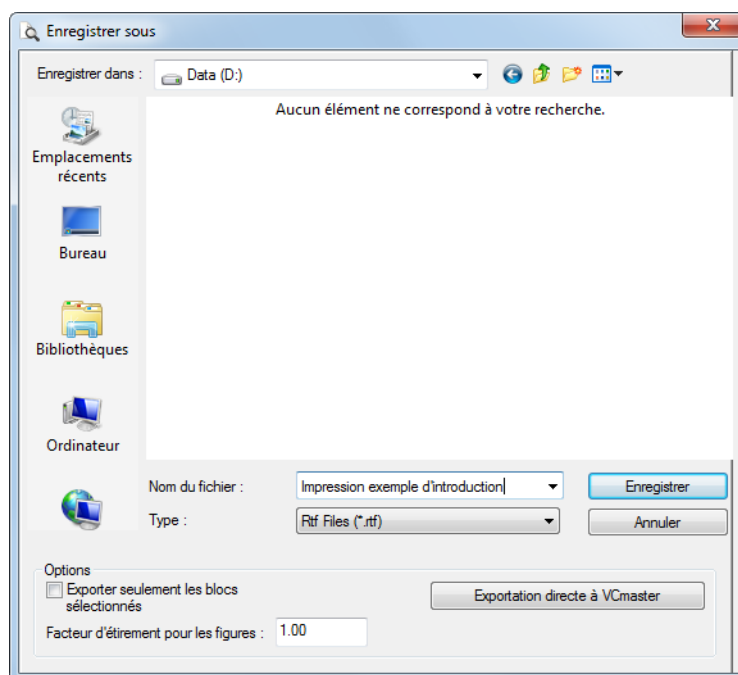


Figure 10.34 : Boîte de dialogue *Enregistrer sous*

Insérez l'endroit de stockage et le nom de fichier. Si vous cochez la case *Exporter seulement les blocs sélectionnés*, seulement les chapitres précédemment sélectionnés dans le navigateur seront exportés au lieu du rapport entier.

Exportation PDF

Le périphérique d'impression de PDF intégré dans RFEM rend possible l'exportation des données du rapport en fichier PDF. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Exporter à PDF** dans le menu **Fichier**.

La boîte de dialogue de Windows *Enregistrer sous* (voir la Figure 10.34) s'ouvre où vous insérez l'endroit de stockage et le nom du fichier. Dans la section de dialogue *Description* ci-dessous, vous pouvez insérer les notes pour le fichier PDF.



En outre, le fichier PDF est créé avec des signets qui facilitent la navigation dans le document numérique.

Exportation VCMaster

VCMaster de la société VEIT CHRISTOPH est un programme de traitement de texte avec les équipements spécifiques pour les calculs structuraux.

Pour démarrer l'exportation directe à *VCMaster*,

sélectionnez **Exporter à RTF** dans le menu **Fichier**

ou utilisez le bouton [Exportation à VCMaster] dans la barre d'outils du rapport d'impression figuré à gauche.

la boîte de dialogue de la Figure 10.34 s'affiche où vous devez cocher la case *Exportation directe au programme VCMaster*.

Il n'est pas nécessaire d'insérer un nom de fichier, mais *VCMaster* devrait être démarré en arrière-plan. Pour démarrer le module d'importation de *VCMaster*, cliquez sur [OK].



10.1.12 Paramètres de langue

La langue dans le rapport d'impression peut être définie indépendamment de la langue utilisée dans l'interface utilisateur graphique de RFEM. Ainsi, vous pouvez créer par exemple un rapport d'impression allemand ou italien même si vous travaillez avec la version française du programme.

Changement de la langue pour l'impression

Pour changer la langue utilisée dans le rapport d'impression,

sélectionnez **Langue** dans le menu **Paramètres** du rapport d'impression.

La boîte de dialogue s'ouvre et vous pouvez y sélectionner la langue du rapport dans la liste.

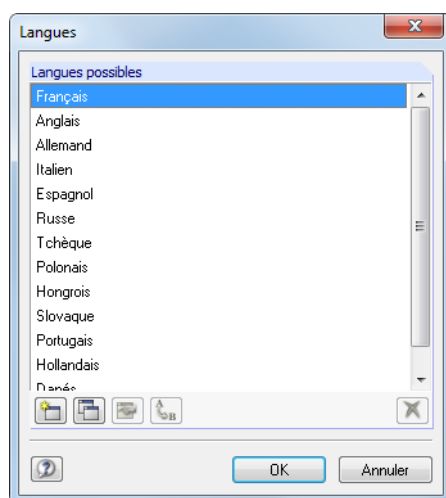


Figure 10.35 : Boîte de dialogue *Langues*

Ajout d'une langue dans la liste

Les expressions utilisées dans le rapport d'impression sont stockées dans les chaînes. Ainsi, l'ajout de nouvelles langues est assez facile.

D'abord, ouvrez une nouvelle boîte de dialogue *Langues* en

sélectionnant **Langue** dans le menu **Paramètres** du rapport d'impression.

Dans la partie inférieure de la boîte de dialogue (Figure 10.35), il y a des boutons utilisés pour la gestion des langues.



Créer une nouvelle langue

Cliquez sur le bouton figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue ci-dessous. Spécifiez le *Nom* de la nouvelle langue et sélectionnez le *Groupe de langues* de la liste afin que le jeu de caractère soit interprété correctement.

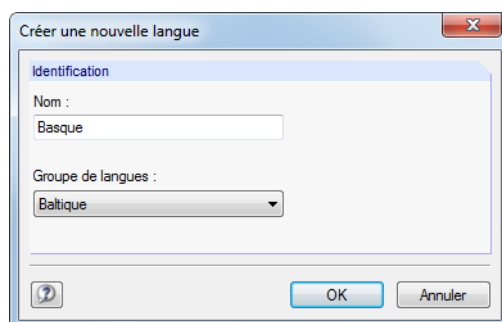


Figure 10.36 : Boîte de dialogue *Créer une nouvelle langue*

Cliquez sur [OK] pour confirmer la boîte de dialogue. Puis, la nouvelle langue est disponible dans la liste *Langues existantes*.

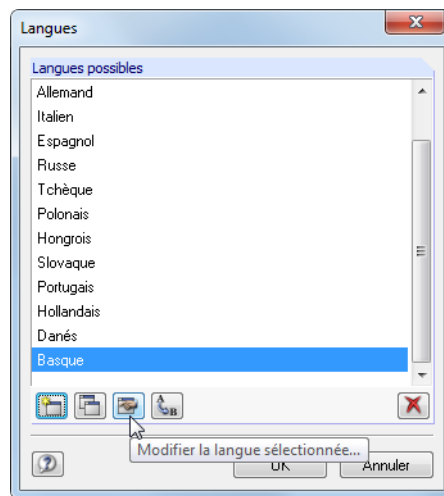


Figure 10.37 : Boîte de dialogue *Langues*, bouton *Modifier la langue sélectionnée*



Utilisez le bouton [Modifier] pour insérer les chaînes de la nouvelle langue.

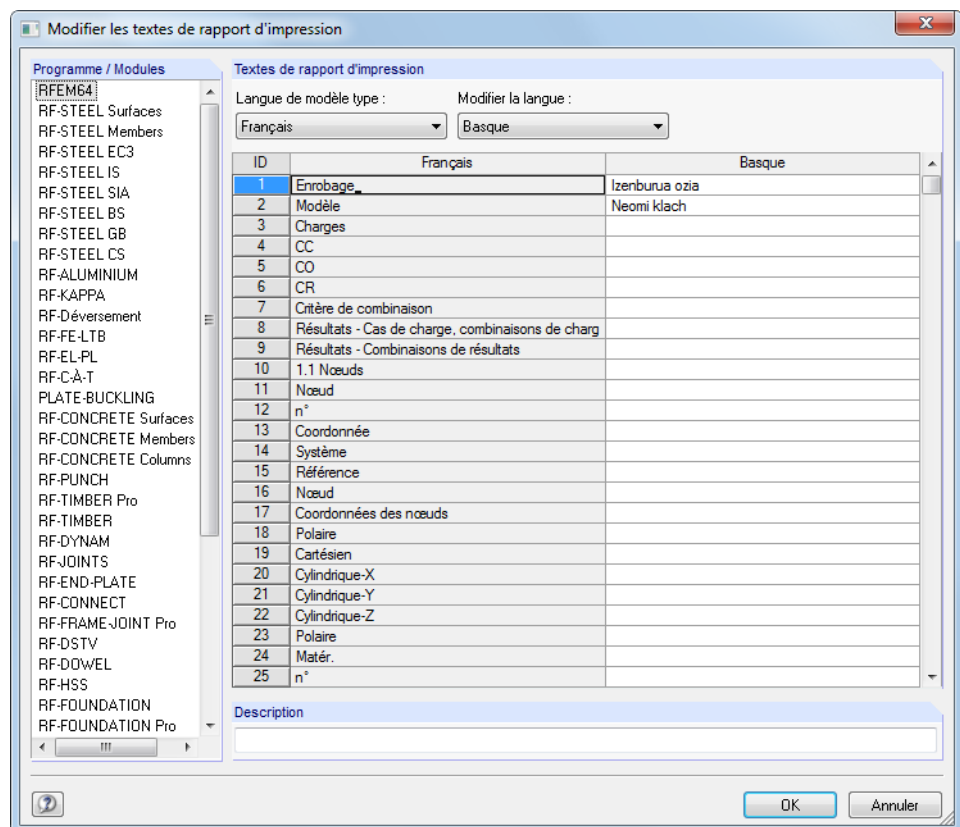


Figure 10.38 : Boîte de dialogue *Modifier les textes de rapport d'impression*

Vous ne pouvez modifier que les langues définies par l'utilisateur.



Copier une langue

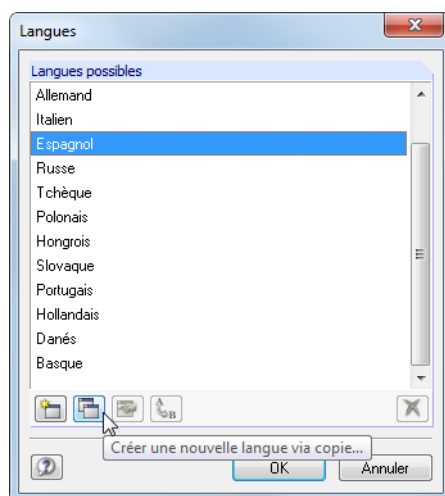


Figure 10.39 : Boîte de dialogue *Langues*, bouton *Créer une nouvelle langue via copie*

Cette fonction est similaire à la création d'une nouvelle langue. La différence est que vous ne créez pas une colonne « vide » de langue (voir la Figure 10.38, colonne *Basque*) car les termes de la langue sélectionnée sont déjà prédéfinis.

Renommer ou supprimer une langue



Utilisez les boutons restants de la boîte de dialogue *Langues* pour renommer ou supprimer une langue. Les deux fonctions ne sont pas disponibles pour les langues prédéfinies par défaut mais seulement pour les langues définies par utilisateur.

10.2 Impression directe du graphique

Chaque graphique de la fenêtre graphique peut être imprimé immédiatement sans être inclus dans le rapport d'impression (voir le chapitre 10.1.5, page 414). Les diagrammes de résultats des sections, barres, ensembles de barres, lignes et appuis linéiques tout comme les détails de section peuvent être aussi envoyés directement à l'imprimante à l'aide du bouton [Imprimer] disponible dans la fenêtre correspondante.



Pour imprimer directement le graphique couramment affiché,
sélectionnez **Imprimer le graphique** dans le menu **Fichier**
ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

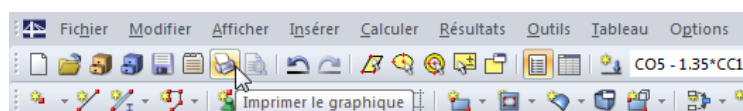


Figure 10.40 : Bouton *Imprimer le graphique* dans la barre d'outils de la fenêtre principale

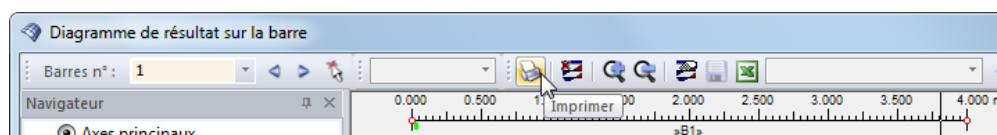


Figure 10.41 : Bouton *Imprimer* dans la barre d'outils de la fenêtre *Diagramme de résultat*

Une boîte de dialogue s'affiche avec plusieurs onglets décrits dans les chapitres suivants.

10.2.1 Général

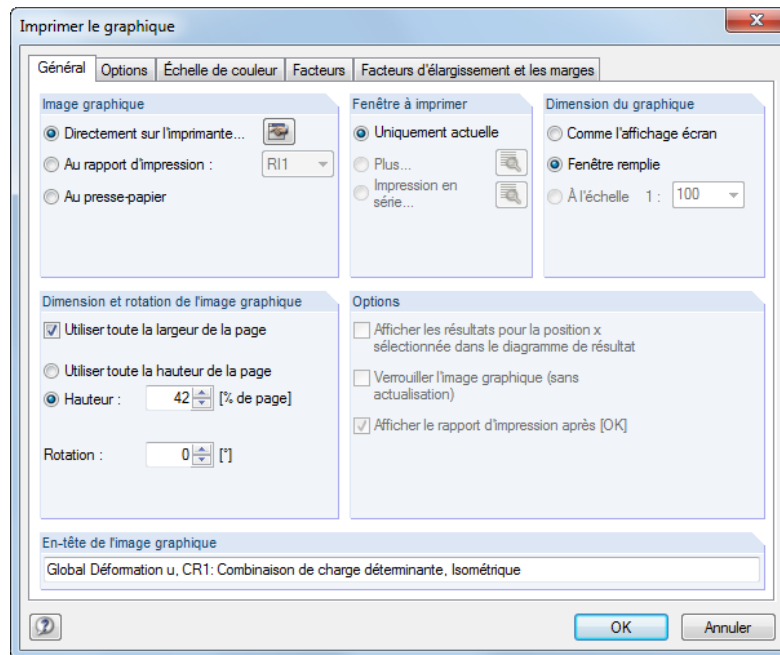


Figure 10.42 : Boîte de dialogue *Imprimer le graphique*, onglet *Général*

Image graphique

Il existe trois options pour la sortie graphique : Vous pouvez envoyer la figure

- directement sur l'imprimante
- au rapport d'impression (voir le chapitre 10.1.5, page 414)
- au presse-papiers.

Le *Presse-papiers* fait le graphique disponible pour les autres programmes où il peut être d'habitude importé en sélectionnant **Insérer** dans le menu **Modifier**.



L'option *Directement sur l'imprimante* résulte en impression directe. Il est possible d'ajuster l'en-tête du rapport d'impression directement à l'aide du bouton [Modifier l'en-tête de l'impression] qui sera ouvert dans la boîte de dialogue *En-tête du rapport d'impression* (voir le chapitre 10.1.4, page 411).

Fenêtre à imprimer

La section de dialogue *Fenêtre à imprimer* est utilisée pour la définition des paramètres de l'impression des vues multiples des fenêtres. Sélectionnez *Uniquement actuelle* pour imprimer le graphique de la fenêtre qui est actuellement active (par exemple la fenêtre à droite dans la Figure 10.43).

Si vous imprimez plusieurs fenêtres graphiques, (voir le chapitre 9.8, page 389) veuillez noter que vous pouvez imprimer seulement les graphiques d'un seul modèle. Une impression croisée du modèle n'est pas possible.

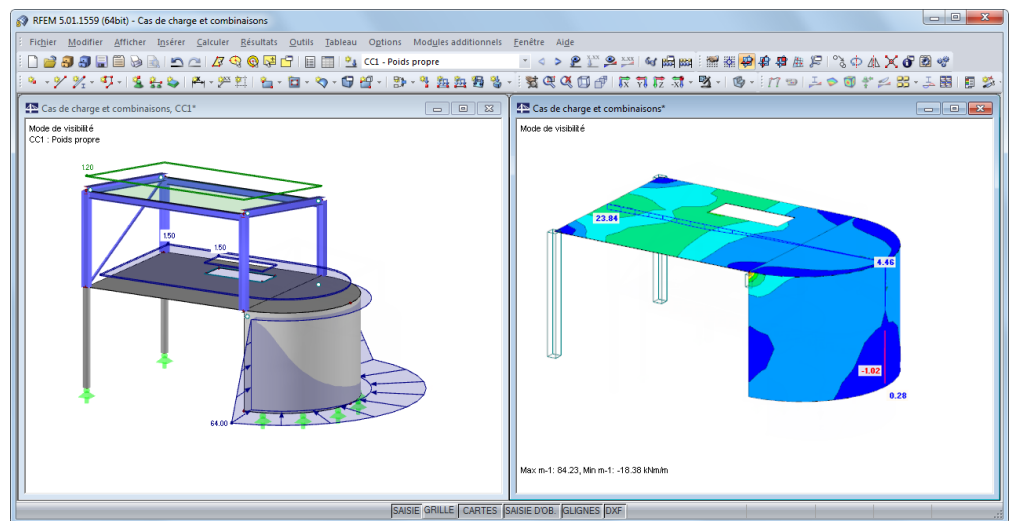


Figure 10.43 : Affichage avec deux fenêtres du même modèle



Sélectionnez *Plus* pour activer le bouton [Modifier l'arrangement de la fenêtre] qui ouvre une boîte de dialogue avec les options de contrôle pour l'arrangement d'impression des graphiques.

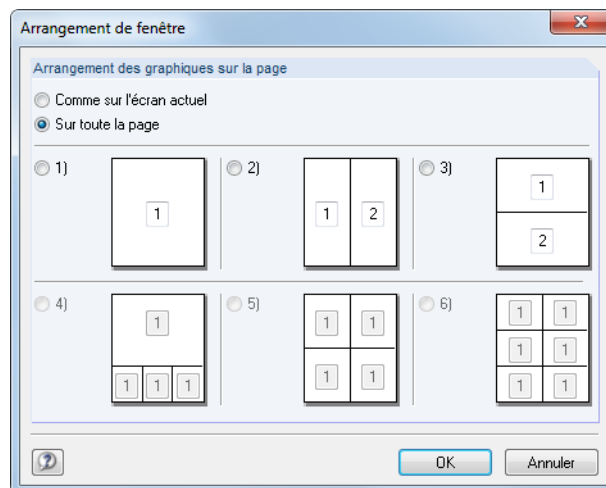


Figure 10.44 : Boîte de dialogue Arrangement de fenêtre

Sélectionnez *Comme sur l'écran actuel* pour arranger les fenêtres sur la feuille d'impression selon les proportions affichées sur l'écran. Puis, la largeur de la figure totale sur la page sera d'habitude supérieure à la hauteur – comme présenté sur l'écran. Sélectionnez *Sur toute la page* pour utiliser la taille entière de la feuille pour l'affichage des fenêtres.



Avec l'option *Impression en série*, vous pouvez transférer les graphiques par défaut simultanément dans le rapport d'impression. Après la sélection de cette option, une nouvelle boîte de dialogue s'affiche où vous pouvez définir les paramètres (voir le chapitre 10.2.4, page 433).

Dimension de graphique

La section de dialogue dans le coin droit supérieur de la boîte de dialogue *Impression graphique* (Figure 10.42) gère l'échelle de l'image du graphique dans la feuille.

Si vous voulez utiliser la même taille de l'image comme affichée sur l'écran, sélectionnez *Comme sur l'écran actuel*. Profitez de cette option et imprimez les zones zoomées des affichages spéciaux.

L'option *Remplissage de la fenêtre* imprime le graphique total sur la feuille. L'angle de vue actuellement défini est utilisé pour représenter le modèle total dans la taille spécifiée (voir la section de dialogue suivante).

Avec l'option *A échelle*, le graphique sera imprimé avec l'échelle qui est sélectionnée dans la liste ou inséré manuellement dans le champ d'entrée. A nouveau, l'angle de vue actuellement défini est utilisé. Une vue perspective n'est pas appropriée pour l'impression à échelle.

Taille de l'image graphique et rotation

Les paramètres dans la section de dialogue définissent la taille du graphique de la feuille.

Si la case *Utiliser la largeur totale de la page* est cochée, la marge gauche au-delà de la ligne de séparation verticale est utilisée pour le graphique comme affiché dans la figure ci-dessous.

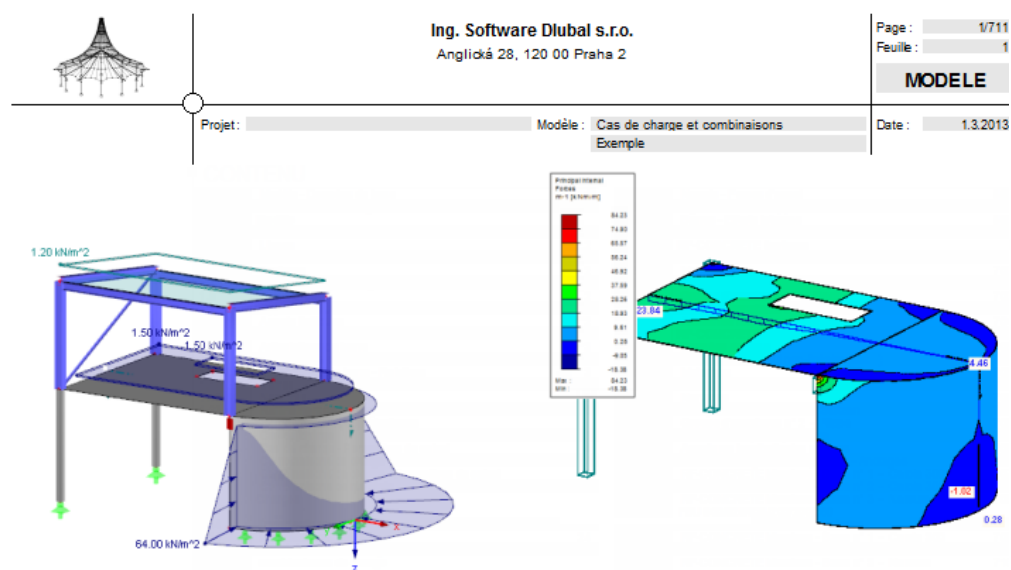


Figure 10.45 : Impression graphique au format paysage : résultat des options *Toutes les fenêtres* et *Utiliser la largeur totale de la page*

Si vous ne voulez pas utiliser la taille complète de la page pour le graphique, vous pouvez définir la *Hauteur* de la zone de graphique en pourcentage.

L'angle de rotation dans le champ d'entrée *Rotation* tourne le graphique pour l'impression.

Options

La section de dialogue ne correspond pas à l'impression directe du graphique de la fenêtre graphique.

Quand vous imprimez les diagrammes de résultats, vous pouvez utiliser la case *Affichage des résultats pour l'endroit x sélectionné dans le diagramme de résultats* pour décider si les valeurs affichées à la position de la ligne verticale sont à imprimer (voir la Figure 9.20, page 375).

En-tête de l'image graphique

Quand vous ouvrez la boîte de dialogue *Impression graphique*, un titre est prédéfini pour le graphique. Il peut être modifié dans le champ d'entrée.

10.2.2 Options

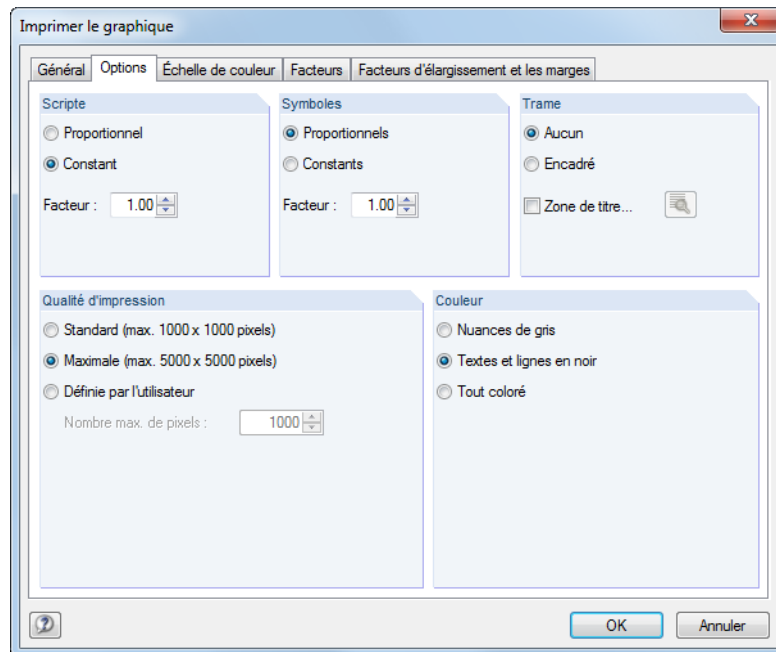


Figure 10.46 : Boîte de dialogue *Imprimer le graphique*, onglet *Options*

Script / Symboles

Dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire de changer les paramètres par défaut dans les deux sections de dialogue. Néanmoins, pour l'impression avec traceurs utilisant de grands formats, vous devez ajuster les facteurs (voir le chapitre 10.2.5, page 435).

La taille de la police et des symboles graphiques (nœuds, appuis, lignes etc.) dépend du pilote d'imprimante. Si vous n'êtes pas contents des résultats imprimés, les facteurs d'échelle peuvent être définis séparément pour *Script* et *Symboles*.

Cadre

Le graphique peut être imprimé avec ou sans cadre autour du graphique.



En outre, vous avez la possibilité d'ajouter une boîte de titre dans l'impression. Cliquez sur le bouton [Modifier les paramètres de la boîte de titre] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue suivante où vous pouvez définir la disposition et le contenu de la boîte de titre. La partie inférieure de la boîte de dialogue vous affiche un aperçu.

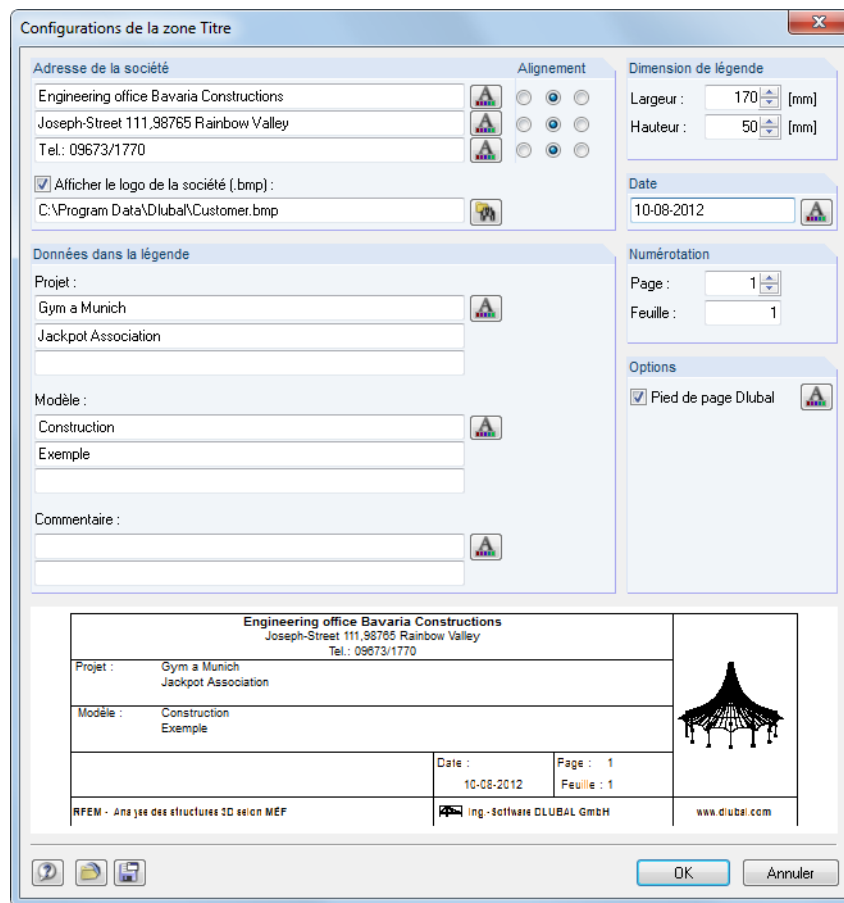


Figure 10.47 : Boîte de dialogue Configuration de la zone de titre

Qualité d'impression

Dans la plupart de cas, il n'est pas nécessaire de changer les paramètres par défaut dans la section de dialogue *Qualité d'impression* (voir la Figure 10.46). Sélectionnez *Standard* pour imprimer le graphique comme un fichier bitmap d'une taille maximale de 1000 x 1000 pixels. La taille *Maximale* va jusqu'à 5000 x 5000 pixels avec les résultats de profondeur de couleur de 32 bits dans la quantité de données de 100 Mo environ. Comme ceci peut causer des problèmes pour certains pilotes d'imprimantes, soyez prudents avec la sélection d'une haute résolution.

Couleur

Quand vous dirigez l'impression à une imprimante d'impression monochrome, vous pouvez imprimer les *Textes et lignes en noir* au lieu des nuances de gris afin d'améliorer la lecture. Veuillez noter qu'il y a des éléments comme isobandes et symboles d'appui qui ne sont pas influencés par les paramètres et ainsi, ils apparaissent colorés dans l'impression.

La conversion des diagrammes de résultats colorés aux nuances de gris est toujours gérée par le pilote d'impression. Les options des paramètres correspondants n'existent pas dans RFEM.



10.2.3 Echelle de couleur

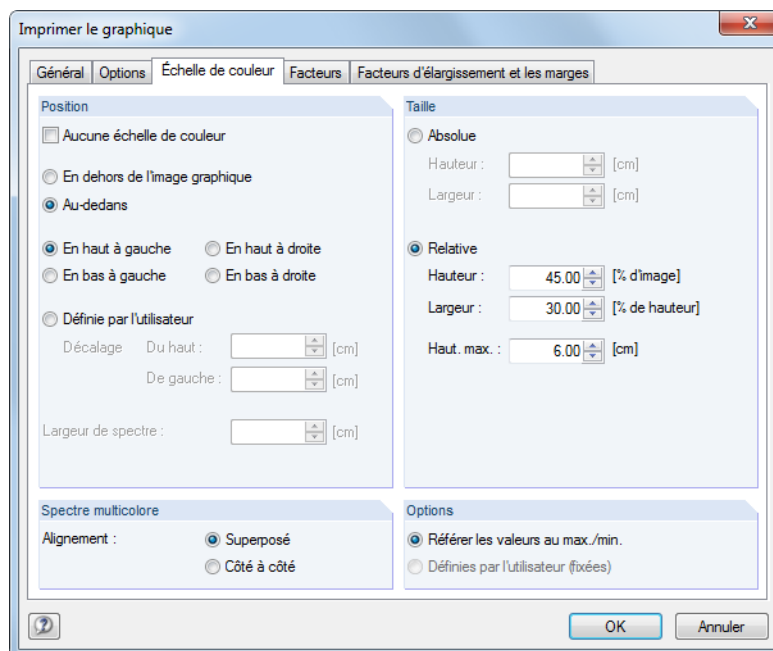


Figure 10.48 : Boîte de dialogue *Imprimer le graphique*, onglet *Échelle de couleur*

L'onglet n'est accessible que si les résultats sont affichés dans l'affichage multicolore (voir le chapitre 9.3, page 365).

Position

L'échelle de couleur du panneau de contrôle est d'habitude imprimée dans la sortie imprimée. Si vous ne voulez pas l'imprimer, cochez la case *Aucune échelle de couleur*.

Quand le panneau se trouve *Au-dedans* de la figure graphique, l'échelle de couleur dépasse une partie de la figure. Vous pouvez spécifier la position du panneau : Vous pouvez la définir soit pour l'un des quatre coins soit comme un arrangement *Définie par l'utilisateur*.

L'option *En dehors de l'image graphique* coupe une bande de la fenêtre graphique et l'utilise seulement pour l'échelle de couleurs. Vous pouvez définir la *Largeur de spectre* dans la partie inférieure de la boîte de dialogue.

Taille

La taille du spectre de couleur peut être définie soit dans les dimensions absolues soit relativement par rapport à la taille de la figure.

Spectre multicolore

Si les résultats de barre et de surface sont affichés ensemble dans la fenêtre graphique, vous pouvez définir le spectre de couleur qui correspond à l'écran dans le panneau de contrôle (voir la Figure 9.50, page 398). Néanmoins, dans la feuille, deux spectres de couleurs sont affichés dans ce cas. Leur disposition peut être spécifiée dans cette section de dialogue.

Options

L'attribution des valeurs de couleur dans la fenêtre graphique peut être définie par l'utilisateur (voir le chapitre 3.4.6, page 32).

Vous pouvez déterminer si l'échelle de couleur par défaut rapportée aux valeurs extrêmes (*max/min*) ou bien l'échelle de couleur définie par l'utilisateur est utilisée pour la sortie d'impression.

10.2.4 Impression en série



La boîte de dialogue *Impression en série* sera affichée si vous cliquez sur le bouton [Paramètres] à droite de l'option **Impression en série** dans l'onglet de dialogue *Général* (voir la Figure 10.42, page 427). Il y a trois onglets disponibles dans lesquels vous pouvez décider quels graphiques par défaut du modèle, des charges et des résultats sont intégrés automatiquement dans le rapport d'impression.

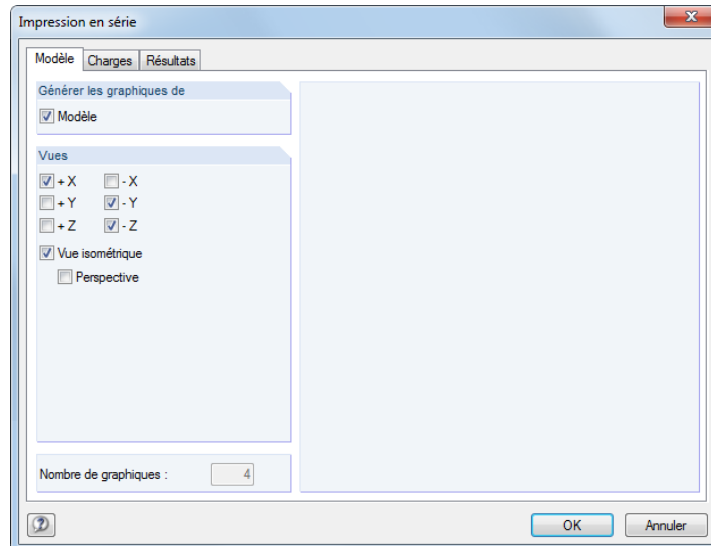


Figure 10.49 : Boîte de dialogue *Impression en série*, onglet *Modèle*

Il y a sept vues standard disponibles pour la sélection. En complément, vous pouvez activer la *Perspective 3D* pour l'affichage de modèle.

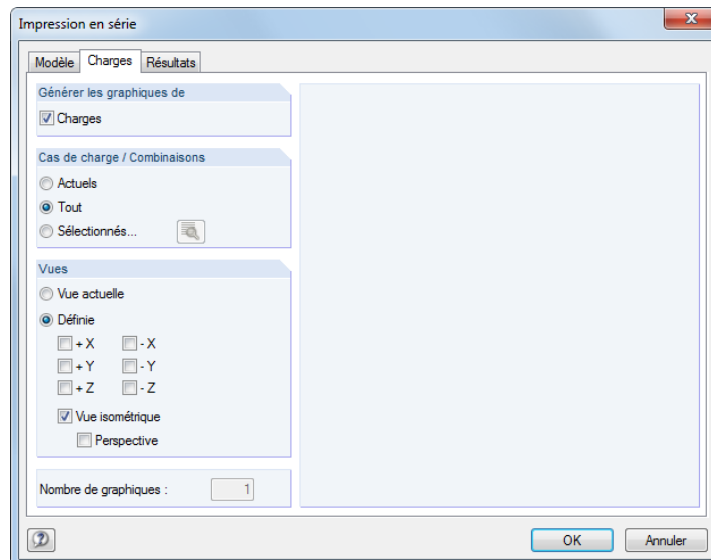


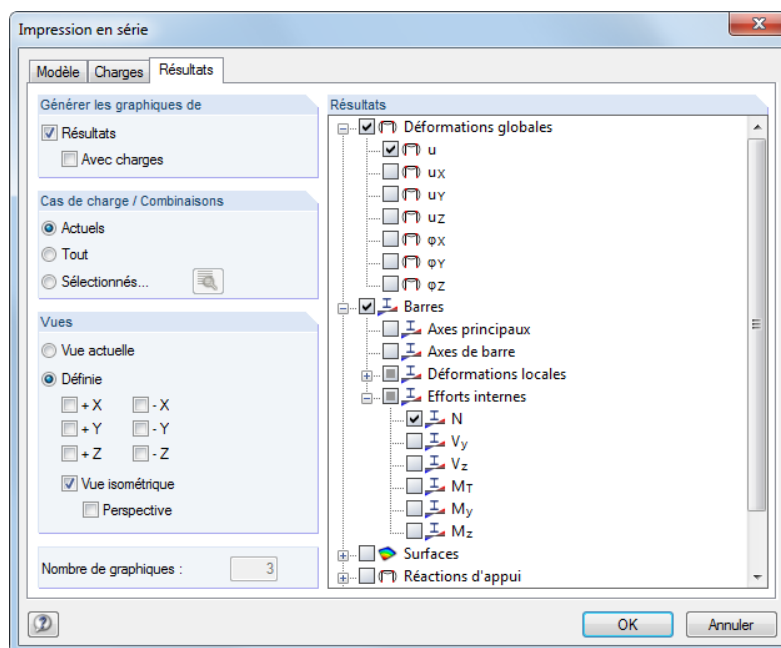
Figure 10.50 : Boîte de dialogue *Impression en série*, onglet *Charges*

Dans la section de dialogue *Générer les graphiques de*, en cochant ou non la case *Charges*, vous décidez si les graphiques de charge automatiques sont créés. Puis, dans la section de dialogue *Cas de charge / Combinaisons*, spécifiez les cas de charge correspondants.



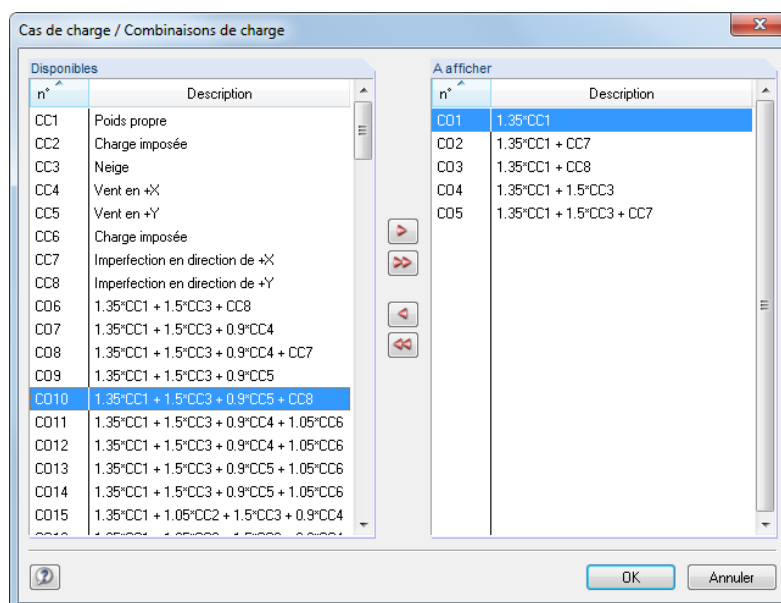
Utilisez le bouton [Sélectionner] figuré à gauche pour définir les cas de charge *Sélectionnés* dans la boîte de dialogue *Cas des charge / Combinaisons de charge* (voir la Figure 10.52).

Finalement, dans la section de dialogue *Vues*, vous décidez quels angles de vue sont utilisés pour le graphique par défaut.

Figure 10.51 : Boîte de dialogue *Impression en série*, onglet *Résultats*

Dans la section de dialogue *Résultats*, vous pouvez sélectionner les déformations correspondantes et les efforts internes dans la structure arborescente en cochant les cases.

Avec les paramètres dans les sections de dialogue *Générer les graphiques de* et *Cas de charge / Combinaisons*, vous décidez si les graphiques sont créés avec ou sans représentations de charge et quels cas de charge sont appropriés pour l'impression. Cliquez sur le bouton [Sélectionner] figuré à gauche pour définir les cas de charge *Sélectionnés* dans une boîte de dialogue séparée.

Figure 10.52 : Boîte de dialogue *Cas de charge / Combinaisons de charge*

L'angle de vue du graphique est défini dans la section de dialogue *Vues*.

Il est recommandé de vérifier le *Nombre de graphiques* spécifié, en particulier pour les résultats: Une petite erreur pendant la sélection peut mener à une multitude de graphiques automatiques qui ralentit la création du rapport.

10.2.5 Notes pour impression par traceur

Pour obtenir les meilleurs résultats sur le traceur, veuillez considérer ce qui suit.

Paramètres dans le système d'exploitation

Essentiellement, RFEM utilise le système d'impression de Windows. Contrairement à certains programmes de CAO, RFEM n'utilise pas de pilotes spéciaux pour contrôler le traceur. Ainsi, le traceur doit être installé comme une imprimante normale sous Windows.

Des contrôles internes ont montré que les pilotes livrés avec Windows sont instables et défectueux. Ainsi, nous vous recommandons d'utiliser les pilotes originaux ou les pilotes courants disponibles sur le site Internet du fabricant du traceur.

Quand vous imprimez de grandes quantités de données, il est nécessaire de s'assurer qu'il y a un espace disponible suffisant dans la partition de système de votre ordinateur.



Ne définissez pas le traceur comme une imprimante par défaut dans le système. Il est recommandé de sélectionner le traceur seulement lorsque l'impression est directement en cours. Arrière-plan : Le rapport d'impression utilise le pilote d'imprimante standard pour l'aperçu avant impression. Les ruptures apparaissent dans le rapport d'impression avec les pilotes de traceur testés.

Il y a beaucoup de pilotes de traceur qui offrent l'option pour préparer le graphique soit dans le traceur soit dans l'ordinateur. En général, la préparation du graphique dans le traceur est plus rapide car il a un processeur spécialisé. Votre travail sur l'ordinateur ne sera pas influencé. Néanmoins, le problème est que le traceur offre souvent seulement une petite mémoire vive (RAM). Si la mémoire n'est pas suffisante pour enregistrer la figure, des parties seront perdues. Quand vous imprimez le graphique de RFEM, vous pouvez voir la perte sous forme de descriptions ou remplissages manquants, lignes manquantes etc. Dans ce cas, le traceur vous affiche un message correspondant.

En cas de doutes, préparez les données sur votre ordinateur. Veuillez noter que les paramètres par défaut sont définis pour la préparation dans le traceur. Dans ce cas, ajustez les propriétés d'imprimante de façon correspondante.

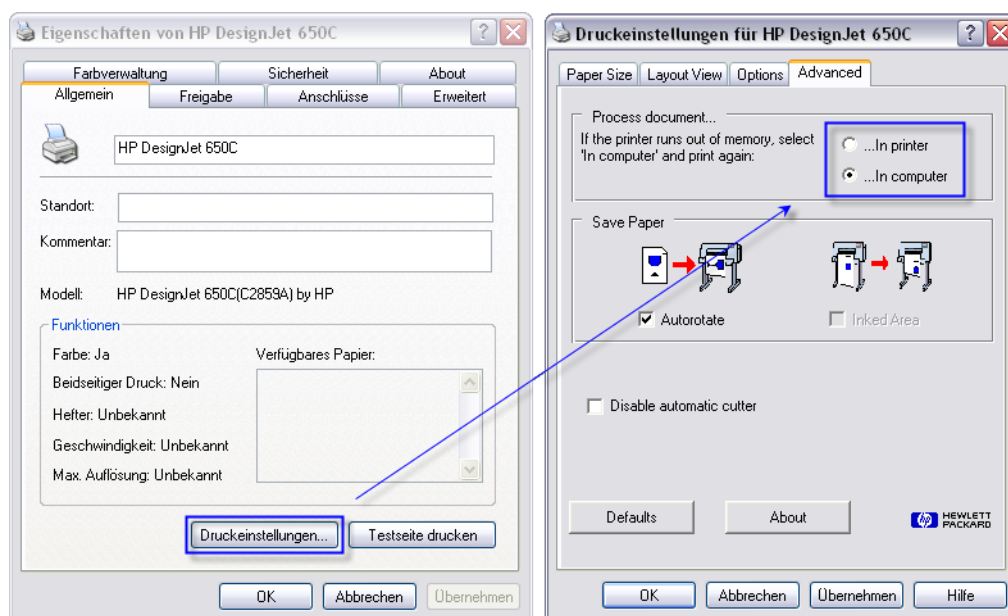
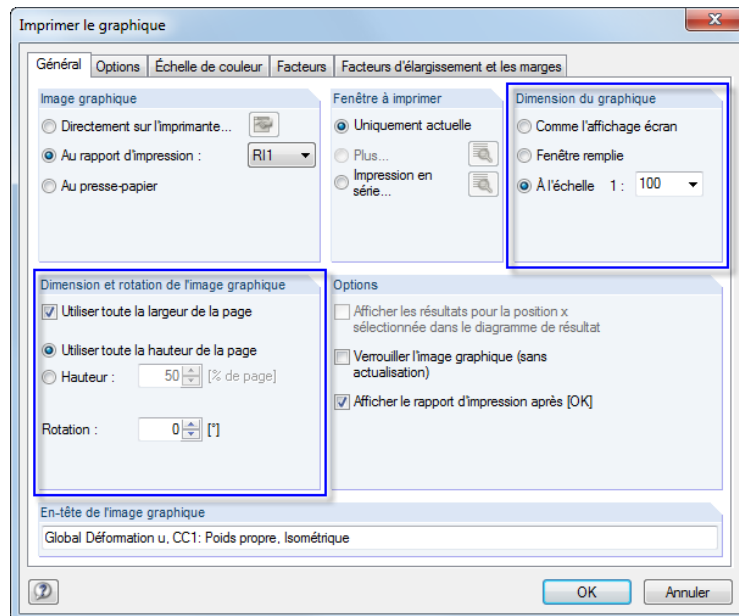


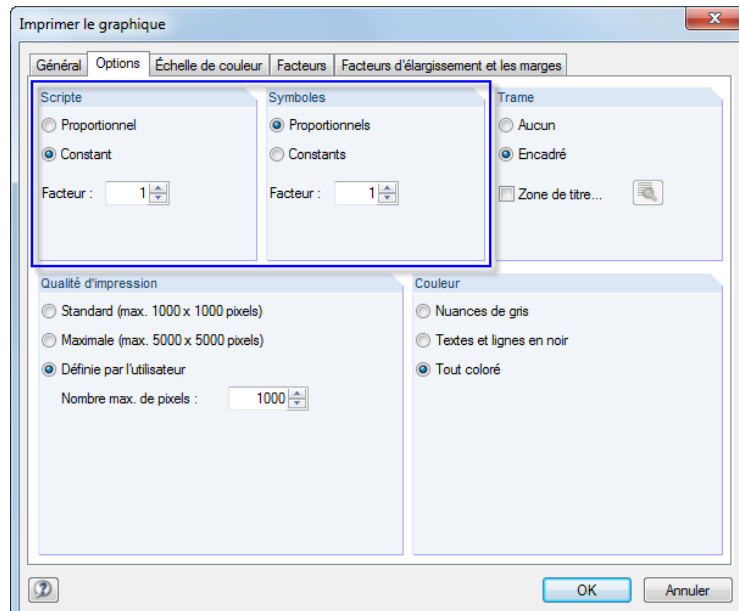
Figure 10.53 : Boîte de dialogue Paramètres d'impression pour HP DesignJet sous Windows XP allemand

Paramètres dans RFEM

Figure 10.54 : Boîte de dialogue *Imprimer le graphique*, onglet *Général*

Comme la sortie sur un plan A0 est presque toujours mise à l'échelle, il est recommandé de sélectionner la taille de graphique **A l'échelle** dans l'onglet *Général* de la boîte de dialogue *Imprimer le graphique*. Puis, sélectionnez l'échelle de la liste ou insérez la directement dans le champ d'entrée.

Il est recommandé d'utiliser l'aire de la feuille complète pour la sortie de traceur : Cochez la case **Utiliser toute la largeur de la page** dans la section de dialogue *Dimension et rotation de l'image graphique*.

Figure 10.55 : Boîte de dialogue *Imprimer le graphique*, onglet *Options*

Dans l'onglet *Options*, vous pouvez définir les paramètres qui influencent la qualité de sortie. Vous aurez certainement besoin de quelques essais d'impression pour trouver les paramètres optimaux. Malheureusement, il n'est pas possible de vous donner des recommandations globales car l'effet des paramètres dépend du pilote d'impression. Les valeurs guides affichées

dans la figure ci-dessus correspondent au traceur HP DesignJet 650C avec la version de pilote 4.62 fonctionnant sous Windows XP.

S'il y a des ruptures pendant le processus d'impression, nous vous recommandons d'installer le pilote d'impression actuel comme décrit ci-dessus et de sélectionner pour la préparation du graphique *Sur l'ordinateur* (voir la boîte de dialogue pour les paramètres d'impression). S'il y a toujours des ruptures pendant l'impression, réduisez la résolution graduellement dans la section de dialogue *Qualité d'impression* dans l'onglet *Options* de la boîte de dialogue *Imprimer le graphique*.

La section de dialogue *Scripte* dans l'onglet *Options* de la boîte de dialogue *Imprimer le graphique* contrôle la mise à l'échelle de la taille de police pour la numérotation, les dimensions et les valeurs de résultats. De bons résultats ont été atteints pour le facteur 2 et les paramètres *Constant* pour l'impression d'A0 sur le HP DesignJet 650C.

La section de dialogue *Symboles* n'influence pas seulement la taille des symboles d'appui, des nœuds ou des autres éléments mais aussi les largeurs de ligne. Si les lignes sont trop grandes, vous devez réduire le facteur. De bons résultats ont été atteints pour l'impression de A0 sur HP DesignJet 650C avec l'utilisation d'un facteur 0.2 et les paramètres *Proportionnels*.

Les facteurs définis pour les symboles et le scripte influencent globalement toutes les polices et tous les symboles. Pour influencer l'apparence des objets particuliers spécifiquement, utilisez les paramètres dans la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* (voir la Figure 11.3, page 439). Il est recommandé d'enregistrer les ajustements pour le traceur comme une nouvelle configuration d'affichage utilisée pour le rapport d'impression. Pour plus d'informations, voir le chapitre 11.1.2 à la page 439.

Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez voir la boîte de dialogue *Imprimer* du système d'exploitation. Sélectionnez le traceur dans la liste des imprimantes. Cliquez sur [Propriétés d'imprimante] pour ouvrir une autre boîte de dialogue où vous pouvez définir la taille et l'alignement de la page.

Propriétés

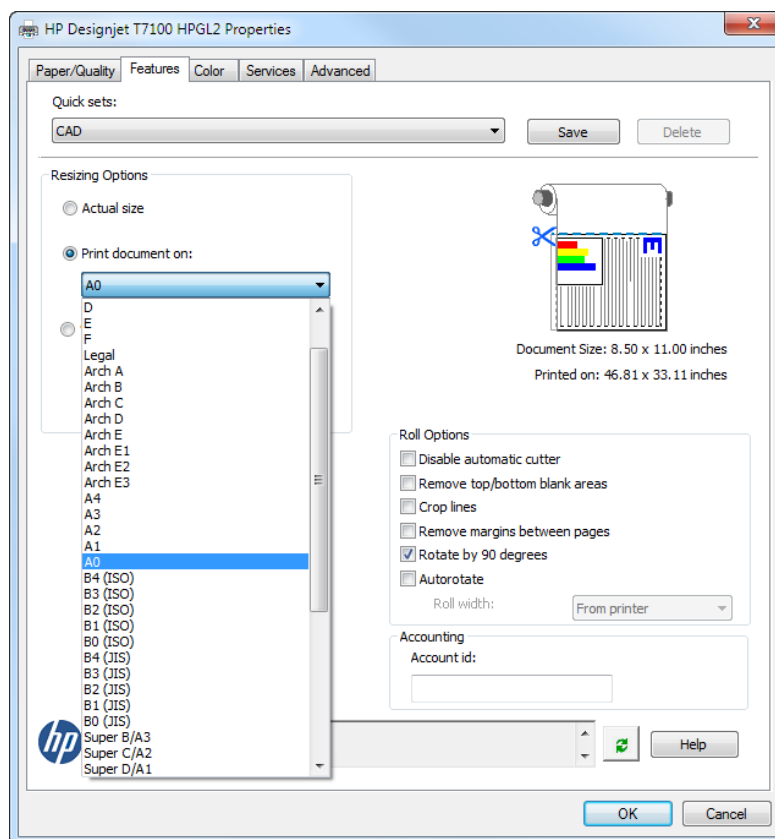


Figure 10.56 : Boîte de dialogue du traceur *Propriétés* pour la configuration du format de page

11. Outils

Ci-dessous, vous trouverez les descriptions des fonctions pour l'entrée graphique et tabulaire comme des outils CAO pour la vérification ou génération des objets de modèle et de charge, options de modification, opérations dans les feuilles de calcul ou l'entrée paramétrique.

11.1 Fonctions générales

Ce chapitre décrit les fonctions de programme qui sont en général utiles ou prévues dans plusieurs boîtes de dialogue de RFEM.

11.1.1 Paramètres de langue

La langue qui a déjà été sélectionnée pour l'installation est prédéfinie. Les tableaux de matériaux et de sections dans les bibliothèques ont été aussi définis par des arrangements spécifiques du pays.

Pour changer l'interface utilisateur graphique de RFEM,

sélectionnez **Options de programme** dans le menu **Options**

ou utilisez le bouton correspondant dans la barre d'outils.

Dans l'onglet de dialogue *Programme*, vous pouvez sélectionner une autre *Langue de programme* dans la liste.

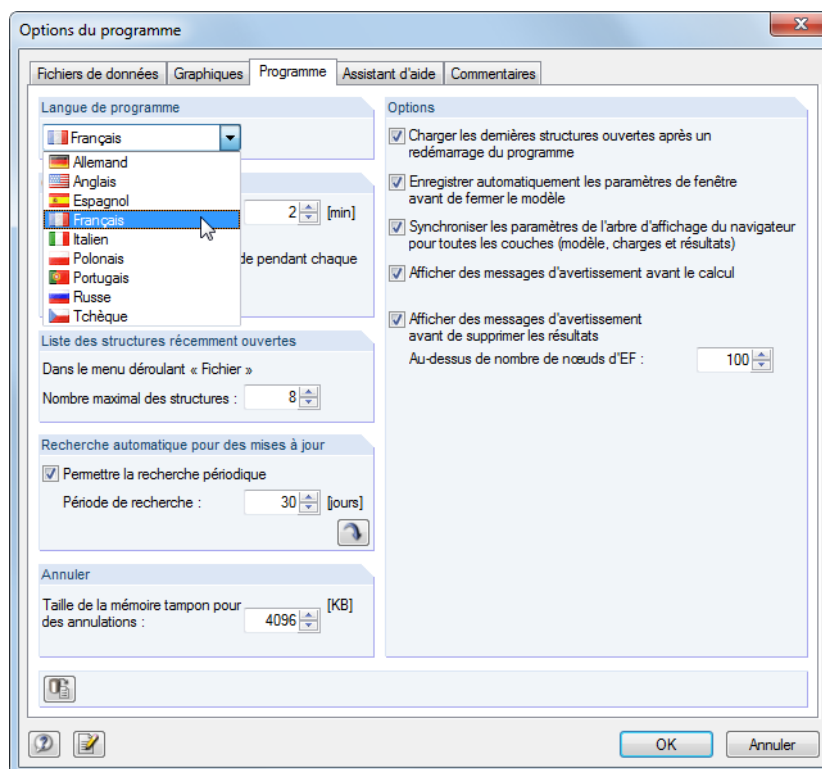


Figure 11.1 : Changement de la *Langue de programme* dans la boîte de dialogue *Options du programme*

Les paramètres modifiés de la langue seront efficaces après le redémarrage du programme.

Quand vous modifiez la langue, veuillez noter:

- Il y a seulement quelques caractères qui sont affichés correctement, si les polices correspondantes sont disponibles dans le système d'exploitation.
- La nouvelle langue influence l'arrangement des tableaux de section dans les bibliothèques.



11.1.2 Propriétés d'affichage

Les propriétés d'affichage déterminent la façon par laquelle un objet graphique est représenté sur l'écran et dans l'impression. Dans le navigateur *Afficher*, vous pouvez décider si un objet est représenté ou pas (voir le chapitre 3.4.3, page 26).

Ajuster l'affichage



Pour ouvrir la boîte de dialogue pour l'ajustement de l'affichage graphique, pointez sur **Propriétés d'affichage** dans le menu **Options** et puis, sélectionnez **Modifier** ou utilisez le gestionnaire de configuration (voir le chapitre 3.4.10, page 39).

Il est aussi possible d'accéder directement aux propriétés d'affichage de chaque objet graphique (modèle, symbole de charge ou de résultat) : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'objet pour ouvrir son menu contextuel et sélectionnez l'élément de menu *Propriétés d'affichage*. Ensuite, vous pouvez ajuster immédiatement les propriétés d'affichage des objets dans la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* (Figure 11.3).

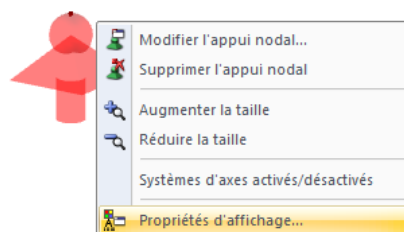


Figure 11.2 : Menu contextuel d'un appui nodal

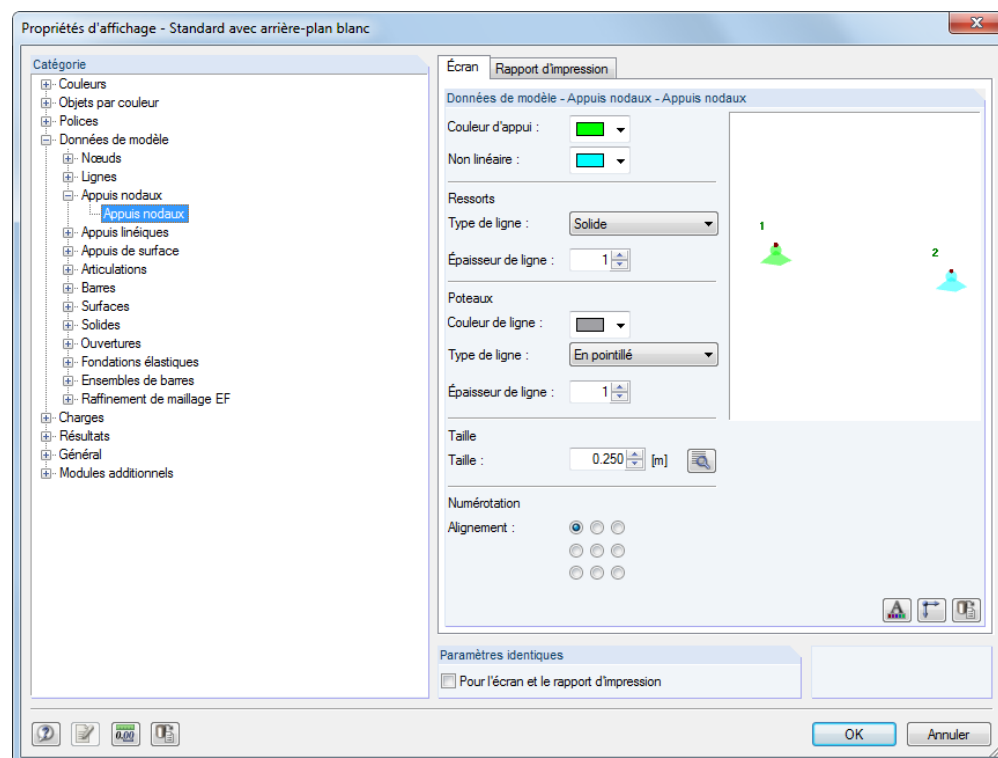


Figure 11.3 : Boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* (pour la catégorie *Appuis nodaux*)



Les paramètres pour l'affichage sur l'*Écran* et dans le *Rapport d'impression* sont gérés dans deux onglets de dialogue. Ainsi, il est possible de définir les ajustements séparément pour le graphique de l'écran (par exemple la taille des symboles d'appui avec un arrière-plan noir) et pour l'impression.

Si vous voulez définir les *Paramètres identiques pour l'écran et pour le rapport d'impression*, utilisez la case au-dessous des onglets pour synchroniser les propriétés d'affichage pour l'écran et le rapport d'impression. Si elle est cochée, les paramètres qui sont définis ultérieurement sont aussi permis dans l'autre onglet de dialogue (*Écran* ou *Rapport d'impression*) de la catégorie courante. Les paramètres qui ont déjà été définis ne peuvent pas être transférés ultérieurement avec cette fonction.

Le navigateur *Catégorie* vous montre les objets graphiques listés dans l'arborescence de répertoire. Pour modifier les propriétés d'affichage d'un objet, sélectionnez l'entrée correspondante. Puis, ajustez les paramètres d'affichage spécifiques de l'objet dans la section de dialogue à droite : couleur, affichage de ligne, taille dans la fenêtre graphique, type et arrangement de numérotation, police, taille du vecteur de charge etc.

RFEM offre les boutons additionnels [Détails] pour quelques paramètres.

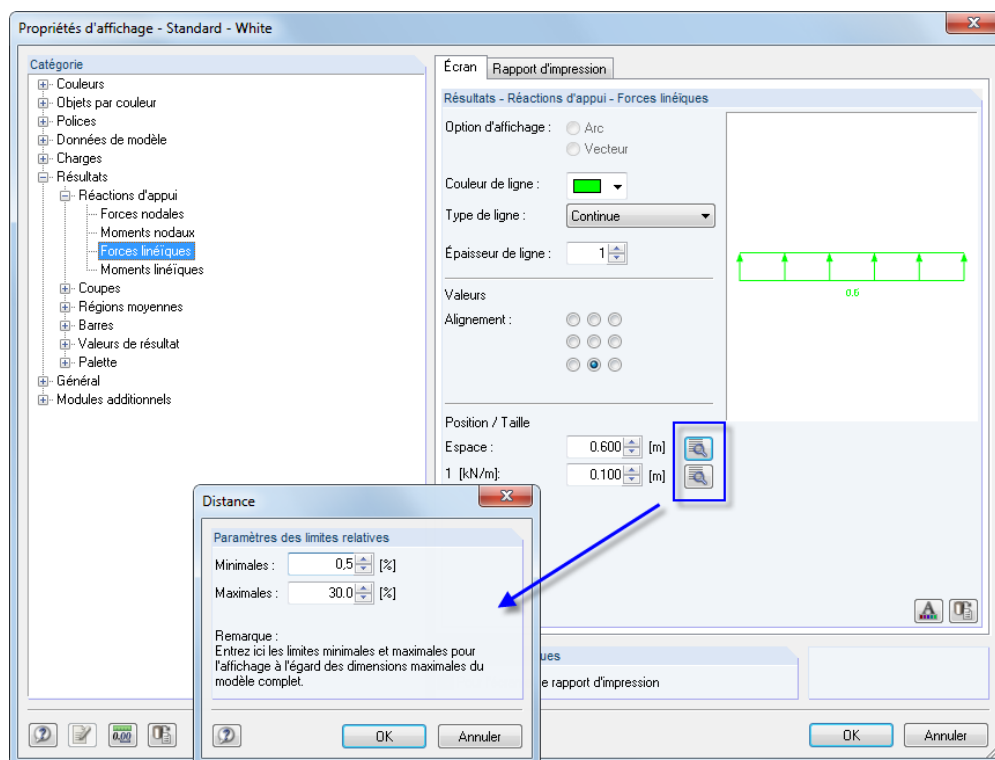


Figure 11.4 : Boîte de dialogue *Taille* pour les *Forces linéiques*

Les boutons sont utilisés pour ouvrir de nouvelles boîtes de dialogue où vous pouvez mettre à l'échelle par exemple la distance ou la taille de l'objet aux dimensions de la structure totale.

Les boutons au-dessous des paramètres ont les fonctions suivantes :






	Ouvre la boîte de dialogue <i>Police</i> pour la modification de type, de taille et de couleur de la police
	Atteint les paramètres d'affichage des axes de l'objet actuel
	Retourne aux données de base de l'objet
	Ouvre la boîte de dialogue <i>Positions relatives</i> (Figure 11.5) pour les descriptions d'arrangement
	Restaure les paramètres par défaut

Tableau 11.1 : Boutons dans la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage*



Pour les objets correspondant aux lignes et aux barres, il est possible d'arranger la description ou le symbole par les paramètres définis par l'utilisateur. Une boîte de dialogue s'ouvre où vous pouvez définir la position de l'information à l'aide d'une distance relative par rapport au début de la ligne ou de la barre.

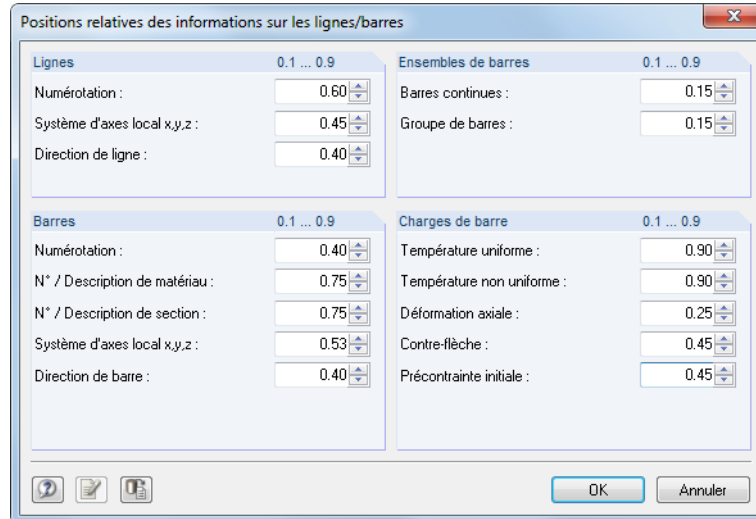


Figure 11.5 : Boîte de dialogue *Positions relatives des informations sur les lignes/barres*

Enregistrer les paramètres d'affichage

La boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* vous permet d'ajuster les paramètres d'affichage pour les exigences données. Ainsi, il est possible par exemple de créer différents paramètres pour l'écran avec un arrière-plan coloré et pour le traceur avec des paramètres spécifiques.

Néanmoins, les modifications ne peuvent pas être enregistrées dans la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage*. Le *Gestionnaire de configuration* décrit dans le chapitre 3.4.10 à la page 39 est responsable de la gestion des configurations d'affichage.

Ainsi, procédez de la façon suivante quand vous voulez créer un nouveau profilé d'affichage basé sur vos modifications :

- Confirmez les modifications dans la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* avec [OK].
- Ouvrez le *Gestionnaire de configuration* (voir le chapitre 3.4.10, page 39).
- Créez une [Nouvelle] configuration.
- Insérez une description dans la boîte de dialogue *Nouvelle configuration* et puis, confirmez avec [OK].



11.1.3 Unités et décimales

Les unités et décimales pour RFEM et tous les modules additionnels sont gérées dans une seule boîte de dialogue. Les paramètres peuvent être modifiés comme requis pour la modélisation ou l'évaluation. Toutes les valeurs numériques seront converties ou ajustées.

Changement des unités et décimales



Beaucoup de boîtes de dialogue vous offrent le bouton affiché à gauche que vous pouvez utiliser pour accéder à la boîte de dialogue pour modifier les unités et décimales (voir la Figure 11.4 pour la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage*).

Pour ouvrir la boîte de dialogue *Unités et décimales*, vous pouvez aussi sélectionner **Unités et décimales** dans le menu **Modifier**.

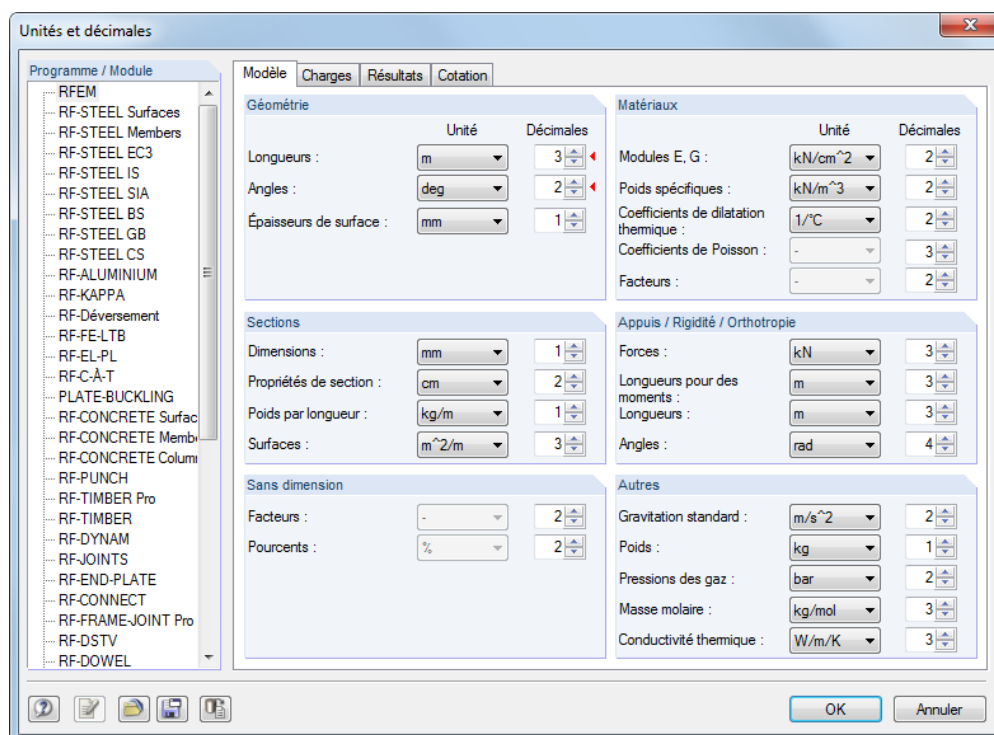


Figure 11.6 : Boîte de dialogue *Unités et décimales*

D'abord, sélectionnez le module dans la section de dialogue *Programme / Module* pour lequel vous voulez ajuster les unités et décimales. En fonction de la sélection, le côté droit de la boîte de dialogue est modifié.

Il y a quatre onglets de dialogue proposés pour RFEM afin que vous puissiez spécifier les paramètres séparément pour les données de *Modèle*, de *Charges* et de *Résultats* tout comme pour la *Cotation*. Pour quelques modules additionnels, la partie droite de la boîte de dialogue est aussi divisée en plusieurs onglets. Les unités et décimales sont résumées dans les groupes.

Quand la boîte de dialogue a été ouverte à partir d'une autre boîte de dialogue (par exemple la boîte *Nouvelle barre*), les unités et décimales correspondantes sont marquées avec un triangle rouge à droite comme affiché dans la figure ci-dessus.

Enregistrer et importer les unités comme un profilé utilisateur

Les paramètres définis dans la boîte de dialogue *Unités et décimales* peuvent être enregistrés et utilisés dans d'autres modèles. Ainsi, vous pouvez créer des profils d'unité spécifiques par exemple pour les modèles d'acier et de béton armé.



Le bouton affiché à gauche ouvre une boîte de dialogue où vous pouvez spécifier le *Nom* des nouvelles unités du profilé d'utilisateur.

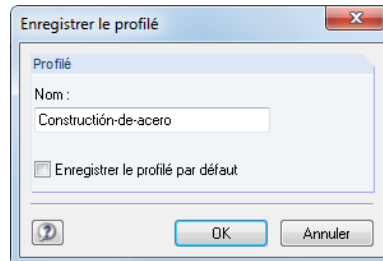


Figure 11.7 : Boîte de dialogue *Enregistrer le profilé*

Pour utiliser ce profilé comme paramètres par défaut pour de nouveaux modèles, cochez la case *Enregistrer le profilé par défaut*.



Un profilé d'utilisateur peut être importé avec le bouton affiché à gauche. Une boîte de dialogue où plusieurs profils sont disponibles pour la sélection s'affiche. Des profils d'unité métrique et impériale (anglo-américain) sont prédéfinis comme paramètres par défaut.

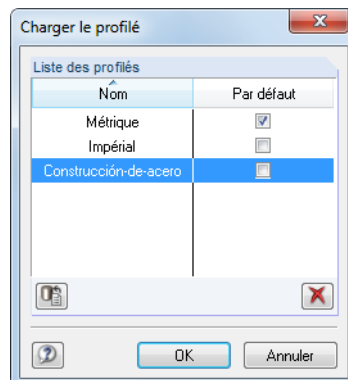


Figure 11.8 : Boîte de dialogue *Charger le profilé*

11.1.4 Commentaires

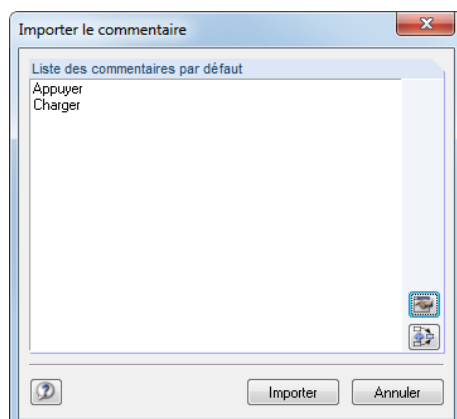
Ce chapitre décrit les champs de commentaires disponibles dans les boîtes de dialogue et les tableaux (voir par exemple la Figure 4.12, page 46). Les commentaires que vous pouvez insérer graphiquement sont décrits dans le chapitre 11.3.6 à la page 471.

Utilisation des commentaires



Vous pouvez insérer un type de texte dans les champs de commentaire. Avec le bouton [Importer le commentaire] figuré à gauche, vous pouvez profiter des modules de texte prédéfinis qui sont stockés par la gestion du modèle.

Une boîte de dialogue qui vous montre une liste des modules de texte stockés s'affiche (voir la Figure 11.9).

Figure 11.9 : Boîte de dialogue *Importer le commentaire*

Im porter



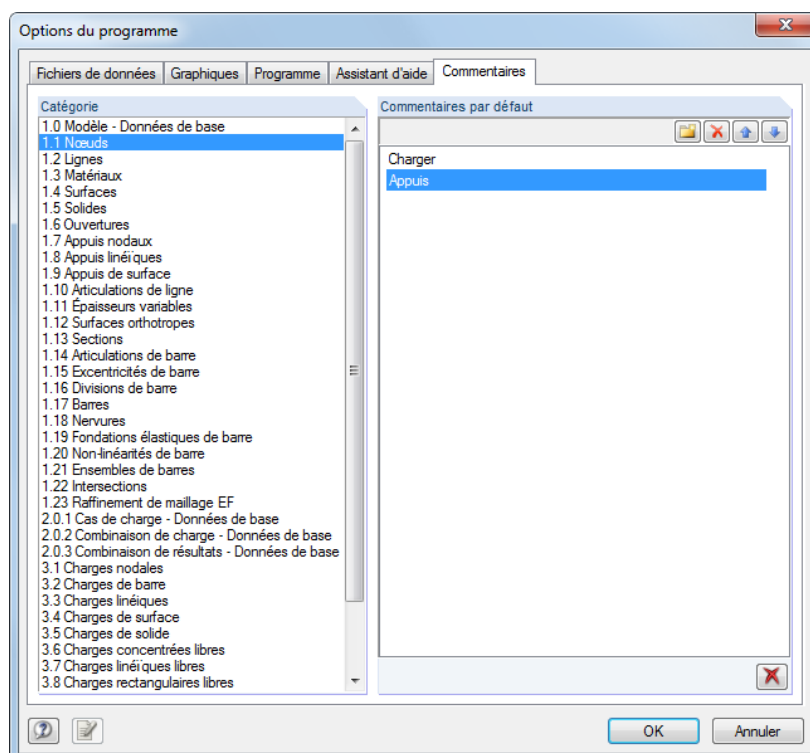
La *Liste des commentaires par défaut* contient tous les commentaires qui sont appropriés pour la catégorie. Cliquez sur le bouton [Importer] pour insérer le commentaire sélectionné dans le champ de commentaire de la boîte de dialogue. Si le champ de commentaire contient déjà un texte, il sera remplacé. Puis, vous pouvez continuer et modifier le commentaire dans le champ de commentaire.

Utilisez le bouton figuré à gauche pour ajouter le commentaire sélectionné dans un texte de champ de commentaire qui est déjà disponible.

Création et gestion des commentaires

Dans la boîte de dialogue *Importer le commentaire* (Figure 11.9), vous pouvez créer de nouveaux modules de texte à l'aide du bouton affiché à gauche. Alternativement, vous pouvez utiliser l'onglet *Commentaires* dans la boîte de dialogue *Options de programme* où tous les commentaires sont gérés. Pour ouvrir la boîte de dialogue,

sélectionnez **Options de programme** dans le menu **Options** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Figure 11.10 : Boîte de dialogue *Options de programme*, onglet *Commentaires*

Dans la section gauche de dialogue *Catégorie*, vous déterminez le groupe (qui signifie un tableau d'entrée ou une boîte de dialogue d'entrée) auquel vous voulez attribuer le texte de commentaire.

La section droite de dialogue *Commentaires pour par défaut* vous offre quatre boutons qui ont les fonctions suivantes :





Bouton	Description
	Crée un nouveau commentaire dans la <i>Catégorie</i> marquée. Insérer le texte dans la liste.
	Supprime le commentaire qui est sélectionné dans la liste.
	Déplace le commentaire sélectionné en haut.
	Déplace le commentaire sélectionné en bas.

Tableau 11.2 : Les boutons dans la boîte de dialogue *Options de programme*, onglet *Commentaires*



Quand la sélection spéciale est utilisée (voir le chapitre 11.2.2, page 455), vous pouvez filtrer les données par les commentaires définis par l'utilisateur.

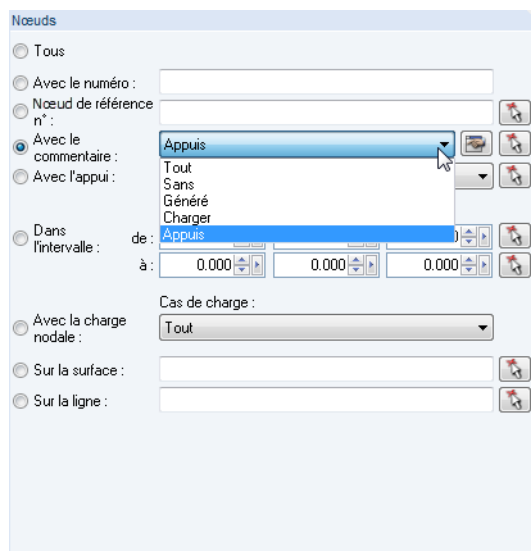


Figure 11.11 : Boîte de dialogue *Sélection spéciale* (section de dialogue) pour les *nœuds* filtrés par *commentaire*

11.1.5 Fonctions de mesure

Pour vérifier l'entrée insérée, les distances et les angles peuvent être mesurés. Pour accéder à la fonction correspondante,

pointez sur **Mesure** dans le menu **Outils**.

Les fonctions de mesure suivantes sont disponibles pour la sélection :

- Distance entre 2 nœuds
- Angle entre 3 nœuds
- Angle entre 2 barres
- Angle entre 2 surfaces
- Angle entre la barre et la surface
- Angle entre 2 lignes
- Angle entre la barre et la ligne
- Angle entre la ligne et la surface

Cliquez sur les objets pour les mesurer l'un après l'autre dans la fenêtre graphique. Puis, les *Distances* et les *Déformations* des nœuds sont affichées dans une boîte de dialogue.

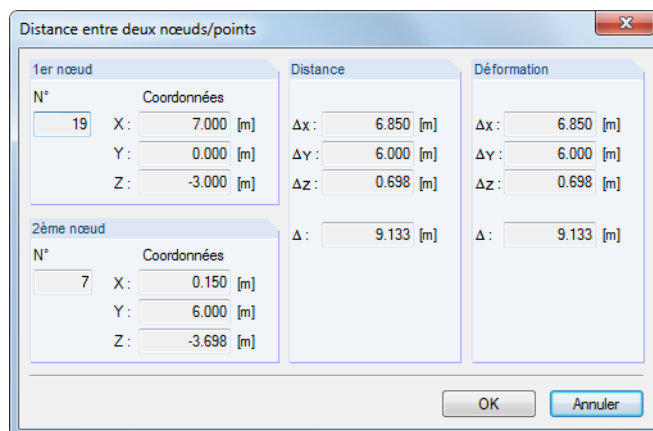


Figure 11.12 : Boîte de dialogue *Distance entre deux Nœuds/Points*

11.1.6 Fonctions de recherche

Sélection avec le tableau

Pour trouver un objet dans le graphique, vous pouvez utiliser les tableaux : Cliquez dans une rangée du tableau et vous voyez l'objet correspondant souligné avec des couleurs dans la fenêtre graphique. Profitez de cette fonction pour les modèles plus petits pour détecter les objets vite et facilement dans le graphique.



La sélection graphique avec le tableau travaille seulement si la synchronisation de la sélection est active (voir le chapitre 11.5.4, page 514).

Recherche par le numéro de l'objet

Dans RFEM, vous pouvez rechercher les objets spécifiquement ce qui est recommandé surtout pour des modèles larges et complexes. Pour accéder à la fonction de recherche,

sélectionnez **Trouver à l'aide de numéro** dans le menu **Modifier**.

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

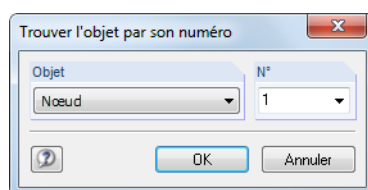
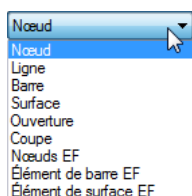


Figure 11.13 : Boîte de dialogue *Trouver l'objet avec le numéro*

Dans la section de dialogue *Objet*, utilisez la liste pour définir la catégorie d'objet pour la recherche : nœud, ligne, surface, solide, barre ou l'élément fini. Puis, insérez le *n°* de l'objet directement dans le champ d'entrée à droite ou bien utilisez la liste pour sélectionner un numéro.

Cliquez sur [OK] pour confirmer la boîte de dialogue. Puis, vous pouvez voir une grande flèche indiquant l'objet dans la fenêtre graphique. La flèche sera toujours affichée quand vous ajustez l'aire autour de l'objet d'une façon appropriée par zoomer ou tourner le modèle. La flèche disparaîtra quand vous cliquez dans l'espace de travail.



11.1.7 Point de vue et angle de vue



RFEM vous offre les vues standard [en X/Y/Z] et [en X/Y/Z renversé] tout comme la [Vue isométrique] qui peuvent être sélectionnées à l'aide des boutons affichés à gauche. Pour les systèmes de coordonnées définis par l'utilisateur et les angles de vue, il y a plus de boutons disponibles dans le bouton de liste de la barre d'outils dans le navigateur *Vues* (voir le chapitre 9.9.1.1, page 391).

Si ces vues y compris l'option de rotation (utilisez le bouton [Déplacer] de la barre d'outils et tenez la touche [Ctrl] appuyé) ne résultent pas en vue d'affichage que vous voulez définir, vous pouvez utiliser les options étendues de la boîte de dialogue *Modifier le point de vue*.

Pour ouvrir la boîte de dialogue,
sélectionnez **Point de vue** dans le menu **Vue**.

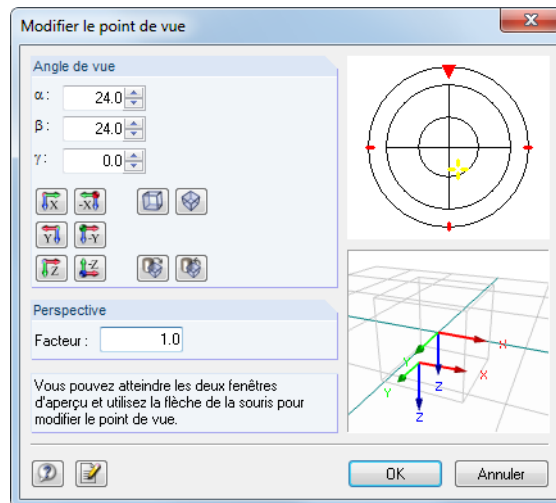


Figure 11.14 : Boîte de dialogue *Modifier le point de vue*

Cliquez dans la fenêtre de visualisation à droite et déplacez la souris pour définir le point de vue et l'angle de vue. En complément, vous pouvez ajuster le facteur pour la *Perspective*.

11.1.8 Détermination du centre de gravité

Le centre de gravité du modèle entier est affiché automatiquement quand le maillage EF a été généré avec succès et l'option correspondante dans le navigateur *Afficher* sous l'élément de navigation *Général* est cochée. La couleur et la taille peuvent être ajustées dans la boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* : Cliquez sur *Couleurs* → *Autres* → *Centre de gravité* (voir le chapitre 11.1.2, page 439).

En outre, il est possible de déterminer le centre de gravité des objets particuliers : Sélectionnez les barres, surfaces et solides correspondants par exemple par la sélection multiple ou par l'ouverture de la fenêtre de sélection (voir le chapitre 11.2, page 452). Activez le menu contextuel affiché à gauche en cliquant sur le bouton droit de la souris sur l'un des objets. Puis, cliquez sur l'élément du menu *Centre de gravité et info* pour ouvrir une boîte de dialogue avec les informations sur les objets sélectionnés.

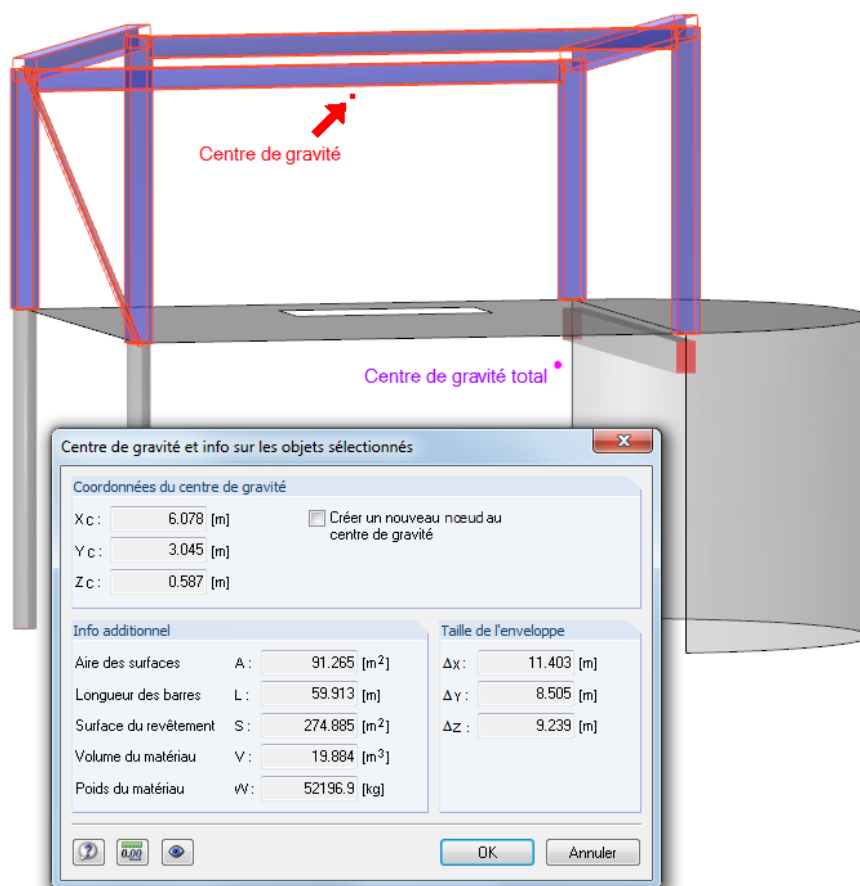
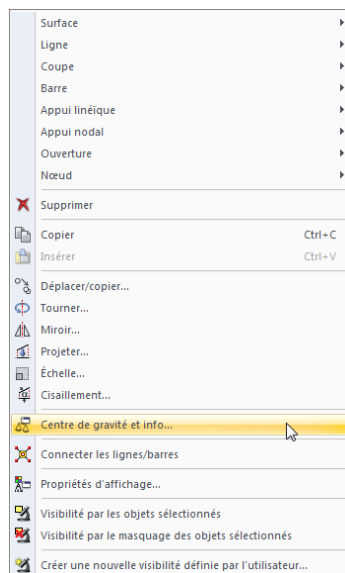
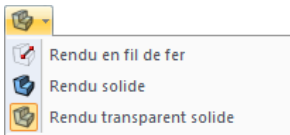


Figure 11.15 : Boîte de dialogue *Centre de gravité et info sur les objets sélectionnés*

La boîte de dialogue vous montre les *Coordonnées du centre de gravité* par rapport à l'origine du système d'axes globaux XYZ. Dans la fenêtre graphique, le centre de gravité est indiqué par une grande flèche. Optionnellement, vous pouvez *Créer un nouveau nœud au centre de gravité*.

En complément à la *Taille d'enveloppe* globale des objets sélectionnés, les *Info additionnelles* suivantes sont affichées :

- Aire des surfaces
- Longueur des barres
- Surface du revêtement
- Volume du matériau
- Poids du matériau



11.1.9 Rendu

La représentation du modèle dans la fenêtre graphique peut être définie par la gestion définie par l'utilisateur. Utilisez le bouton de liste dans la barre d'outils figuré à gauche pour basculer rapidement parmi les types d'affichage *Rendu en fil de fer*, *Solide* et *Affichage du modèle solide transparent*.

Les paramètres détaillés pour les objets individuels peuvent être spécifiés dans le navigateur *Affichage* sous l'élément de navigateur **Rendu**.

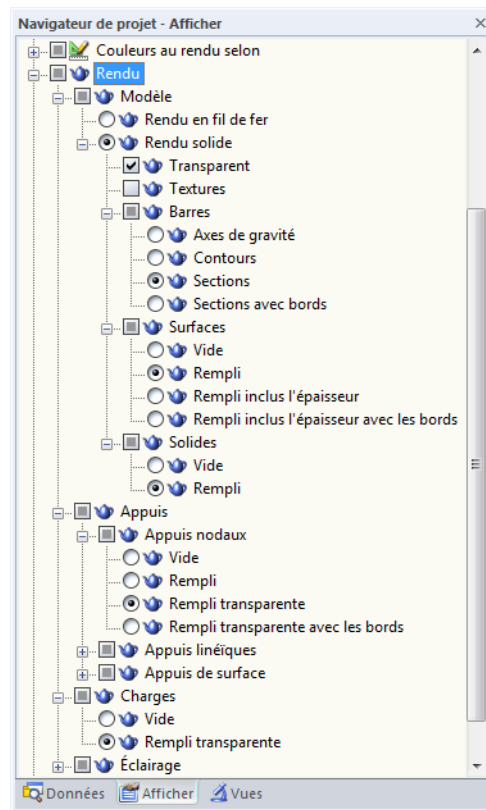


Figure 11.16 : Navigateur *Afficher* avec les options pour le *Rendu* des objets de modèle et de charge

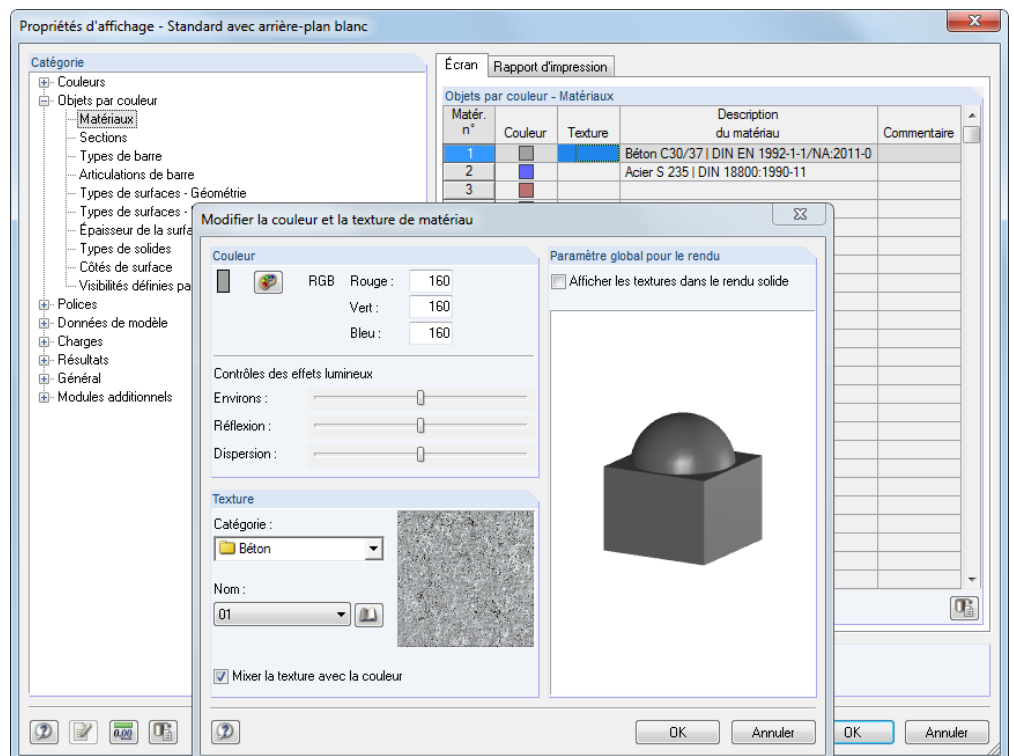
La représentation du *Rendu solide* peut être ajustée individuellement pour les barres, surfaces et solides. Les options de contrôle similaires sont disponibles pour l'affichage des appuis et des charges.

Textures

Quand les *Textures* sont activées, RFEM affiche les textures de surface dans le modèle rendu. Pour accéder aux paramètres détaillés pour les textures,

pointez sur **Propriétés d'affichage** dans le menu **Options** et sélectionnez **Modifier**.

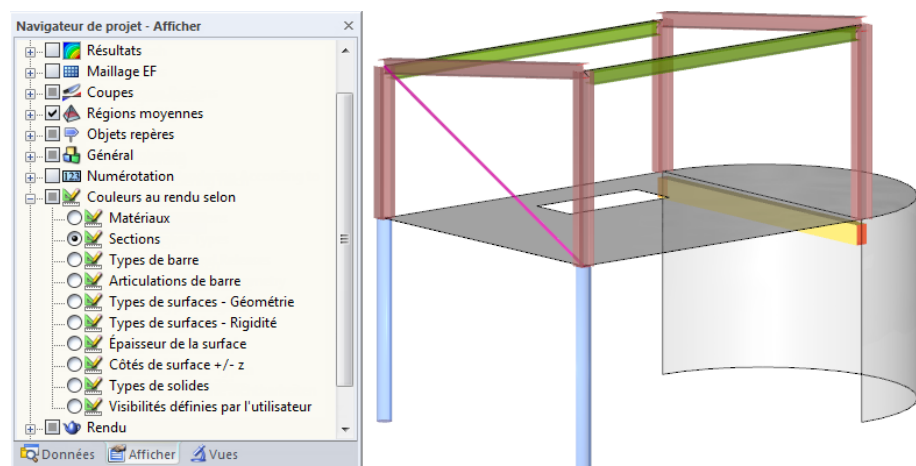
La boîte de dialogue *Propriétés d'affichage* où vous pouvez sélectionner *Matériaux* dans la catégorie *Objets par couleur*. Puis, vous voyez les matériaux listés avec les couleurs et les textures assignées à droite. Cliquez deux fois dans un champ de la ligne de tableau pour ouvrir la boîte de dialogue *Modifier la couleur et la texture de matériau*.

Figure 11.17 : Boîte de dialogue *Modifier la couleur et la texture de matériau*

Utilisez la boîte de dialogue pour ajuster la *Couleur* et la *Texture* du matériau sélectionné. RFEM vous offre une palette de couleurs et une bibliothèque complète des textures (voir les boutons de dialogue).

Gestion des couleurs

L'élément du navigateur **Afficher Couleur au rendu selon** contient plusieurs champs de sélection. Un champ activé gère l'attribution des couleurs aux objets dans le rendu. Par défaut, RFEM utilise les couleurs de matériau définies pour des matériaux de construction individuels (voir le chapitre 4.3, page 64). Avec les options restantes, il est possible de vérifier graphiquement aussi les sections et les types de barres, de surfaces, de solide etc. à l'aide des couleurs attribuées.

Figure 11.18 : Option *Couleurs au rendu selon les sections* pour vérifier les types de section

L'option *Côtés de surface +/- z* est utilisée pour vérifier la position des côtés de surface qui est importante pour définir les fondations avec rupture ou pour la disposition d'armatures. Le côté supérieur d'une surface est affiché en rouge, le côté inférieur est représenté par la couleur bleue (standard).

11.1.10 Éclairage

La clarté et les effets de lumière du modèle rendu peuvent être ajustés individuellement. Pour gérer l'éclairage dans le navigateur *Afficher*,

sélectionnez **Éclairage** dans le **Rendu**.

Il y a six sources de lumière différentes disponibles pour la sélection : Les éclairages 1 à 4 illuminent le modèle sur les côtés, les éclairages 5 et 6 en bas et en haut. Chaque *Eclairage* peut être allumée ou éteinte individuellement.

Cochez la case *Afficher des positions de l'éclairage* pour afficher les sources de lumière dans la fenêtre graphique. Les lumières activées sont représentées en or, les lumières inactivées sont affichées en gris.

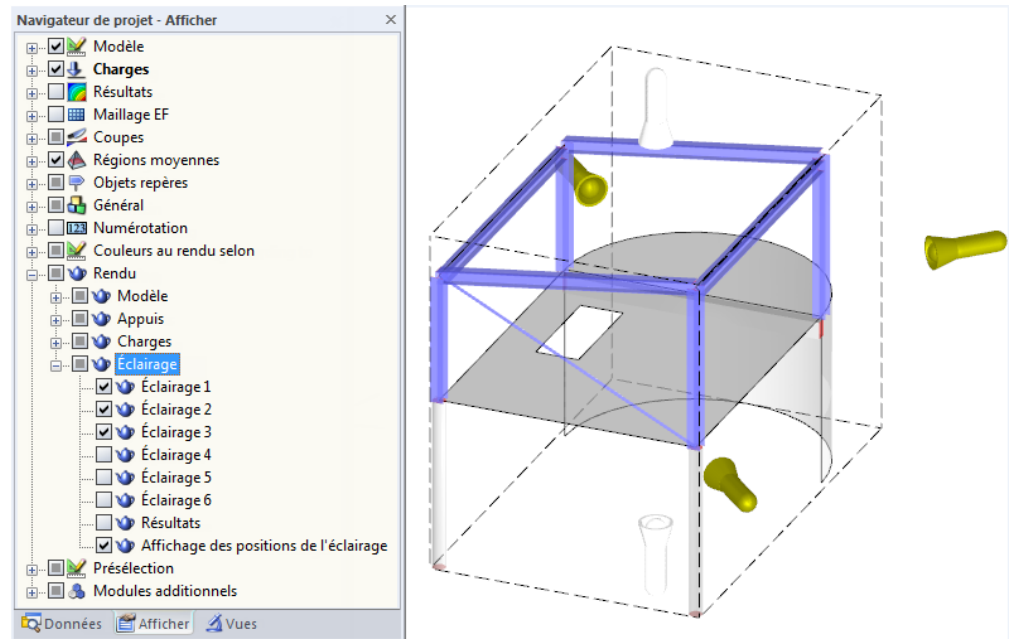


Figure 11.19 : Affichage des positions d'éclairage à l'aide du navigateur *Afficher*

Vous pouvez aussi appliquer les effets de lumière pour les *Résultats*. La case est désactivée par défaut car l'illumination a souvent un effet défavorable sur la visibilité de surface et sur les résultats de solides.

11.2 Sélection

Avec les fonctions de sélection, vous pouvez définir les objets pour une modification ultérieure. Les objets sont représentés par nœuds, lignes, surfaces, solides, barres, appuis, raffinement de maillage EF etc. Mais vous pouvez aussi sélectionner les charges et les objets de guide (lignes de cote, commentaires) graphiquement.



Pour sélectionner (ou trouver) un objet dans la fenêtre graphique, vous pouvez utiliser aussi les tableaux : Cliquez dans une rangée de tableau et vous voyez l'objet correspondant souligné avec les couleurs dans le graphique. Néanmoins, ce type de sélection travaille seulement si la synchronisation de la sélection est définie active (voir le chapitre 11.5.4, page 514).

L'utilisation du navigateur *Données* est une autre option pour sélectionner les objets : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur l'entrée du navigateur correspondante et puis, sélectionnez l'élément de menu *Sélectionner* dans le menu contextuel.

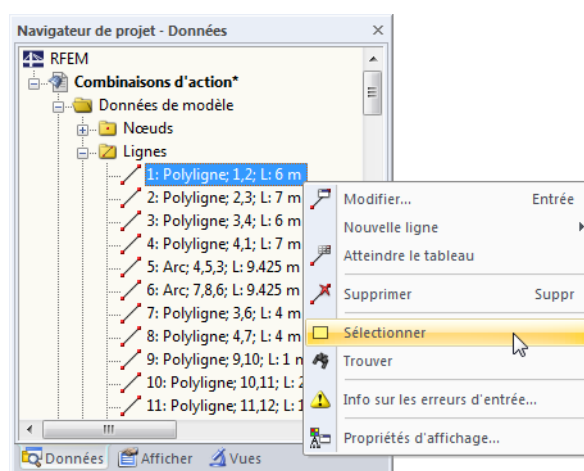


Figure 11.20 : Menu contextuel dans le navigateur *Données*

11.2.1 Sélection graphique des objets

Sélection avec la souris

Chaque objet peut être sélectionné dans la fenêtre graphique par un simple clic de la souris. Une fois sélectionné, il est souligné dans le graphique par une autre couleur. Souvent, seulement l'objet dernièrement cliqué reste sélectionné et il est prévu que les paramètres par défaut *Nouvelle sélection* ne sont pas changés.

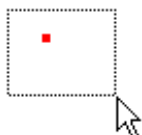


Si vous voulez sélectionner plus qu'un seul objet en cliquant, en complément, tenez la touche [Ctrl] appuyée. Une autre manière est de basculer aux paramètres *Ajouter à la sélection* à l'aide du bouton de la barre d'outils figuré à gauche. Vous pouvez aussi pointer sur *Sélectionner* dans le menu *Modifier* où les objets peuvent être cliqués séparément pour être sélectionnés l'un après l'autre.

La **présélection** vous permet de localiser les objets correspondants avant de cliquer. Si les objets sélectionnés sont difficiles pour des systèmes structuraux complexes, vous pouvez exclure les objets de modèle non requis de la présélection graphique dans la catégorie de navigateur d'*Affichage Présélection*.

Sélection par la fenêtre

Utilisez la sélection par la fenêtre pour marquer beaucoup d'objets en une seule étape : Tenez le bouton gauche de la souris appuyé et dessinez une fenêtre à travers les objets correspondants. Si vous ouvrez la fenêtre de la gauche vers la droite, vous sélectionnez tous les objets qui sont complètement inclus dans la fenêtre. Si vous ouvrez la fenêtre de la droite vers la gauche, vous sélectionnez aussi les objets qui sont seulement coupés par la fenêtre.





Les lignes ou les nœuds qui se trouvent dans une surface peuvent être sélectionnés sans déplacer involontairement la surface : Tenez la touche [Alt] appuyée quand vous ouvrez la fenêtre à travers les objets à l'intérieur de la surface.

Sélection par le losange



Dans la vue isométrique, il est parfois difficile de sélectionner un objet avec une fenêtre rectangulaire. Il est donc recommandé d'utiliser la fonction *Sélection par un losange*.

Pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur **Losange** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

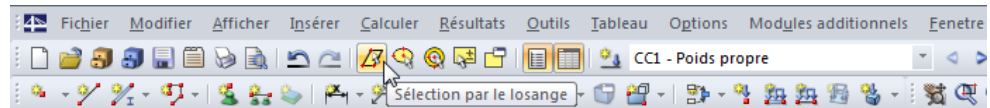


Figure 11.21 : Bouton *Sélection par le losange*

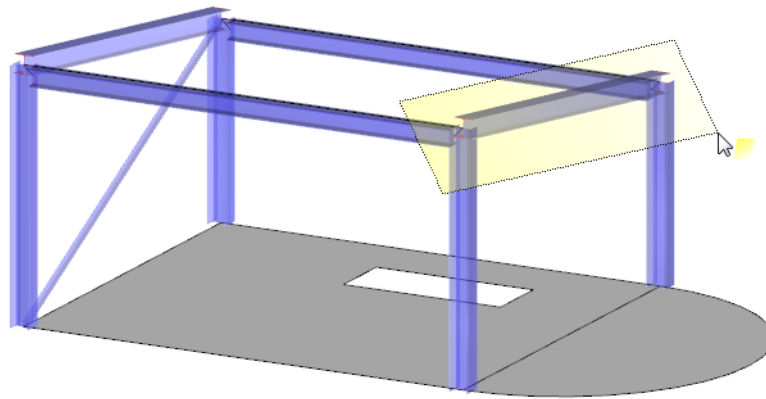


Figure 11.22 : Sélection par le losange

Sélection avec un anneau elliptique/circulaire



Les possibilités pour la sélection des objets par une ellipse ou un anneau qui peuvent être utilisées par exemple pour des surfaces circulaires représentent des alternatives à la sélection par un losange. Pour accéder aux fonctions correspondantes,

pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, sélectionnez **Anneau elliptique** ou **Anneau circulaire**

ou utilisez les boutons de la barre d'outils correspondants.

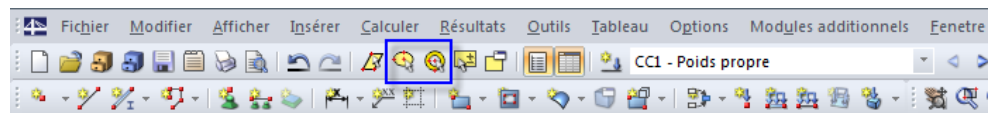


Figure 11.23 : Boutons *Sélection par un anneau elliptique* ou par un anneau circulaire

La zone de sélection elliptique ou annulaire peut être définie par un clic de la souris définissant le point de centre et les deux rayons.



Sélection avec une ligne de coupe

Vous pouvez sélectionner des objets à l'aide d'une ligne qui va partout à travers le modèle. Pour accéder à la fonction,

pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur **Ligne de coupe**.

La ligne de coupe peut être définie dans la fenêtre graphique comme une ligne simple ou un polygone. Cliquez sur les points correspondants les uns après les autres par un clic de la souris pour définir la ligne. Les points sont indépendants du plan de travail : La sélection inclut tous les objets qui sont coupés par une ligne d'intersection affichée dans la vue actuelle.

Après avoir défini le point d'extrémité de la ligne de coupe, cliquez sur lui encore une fois (alternative : cliquez deux fois sur le point final). Assurez-vous que vous avez placé ce point dans l'aire vide de la fenêtre graphique.

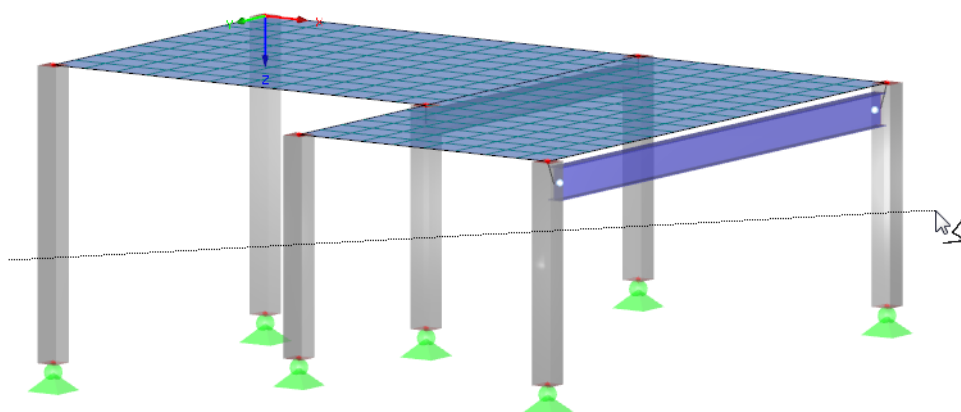


Figure 11.24 : Sélection de tous les poteaux avec une ligne de coupe



Sélectionner dans le plan

Les objets qui se trouvent dans un plan (par exemple des surfaces de toiture) peuvent être facilement sélectionnés par la fonction de sélection *Dans le plan*. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur **Dans le plan**.

Une boîte de dialogue avec les paramètres détaillés pour la sélection des objets et du plan s'affiche.

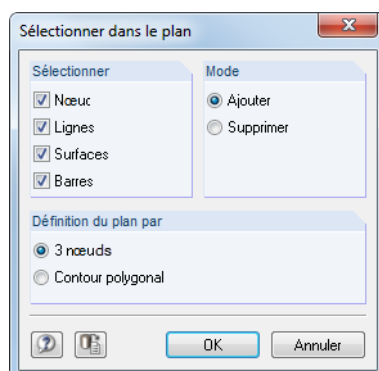


Figure 11.25 : Boîte de dialogue *Sélectionner dans le plan*

Après avoir cliqué sur le bouton [OK], vous pouvez définir le plan de sélection graphiquement : Cliquez sur 3 *Nœuds* ou dessinez une chaîne *Polygonale* librement ou bien à l'aide des nœuds dans le plan de travail.

Sélection des trois nœuds



Pour sélectionner les nœuds qui ne sont pas utilisés pour la définition des lignes ou des surfaces, pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur **Nœuds libres**.

Le chemin le plus simple pour supprimer les nœuds libres sélectionnés est d'utiliser la touche [Suppr].

Sélectionner des objets correspondants



Quand vous sélectionnez par exemple une surface en cliquant, les nœuds et les lignes appartenant à la surface ne sont pas inclus dans la sélection. Pour sélectionner aussi les composants des objets,

pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur **Objets reliés**.

Utilisez cette fonction par exemple pour intégrer rapidement les appuis des barres ou des surfaces dans la sélection et pour les enregistrer comme des objets reliés dans une visibilité définie par l'utilisateur (voir le chapitre 9.9.1.2, page 395).

11.2.2 Sélection des objets par des critères

La fonction vous permet de sélectionner les objets par des critères particuliers. En outre, des objets spécifiques peuvent être ajoutés ou enlevés d'une sélection actuelle.



Pour ouvrir la boîte de dialogue utilisée pour la sélection spéciale,

pointez sur **Sélectionner** dans le menu **Modifier** et puis, cliquez sur **Spécial**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

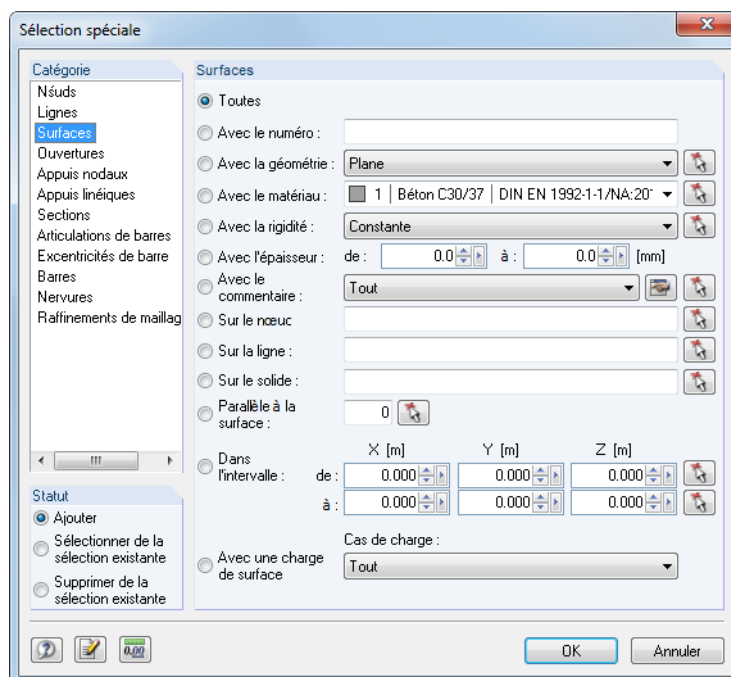


Figure 11.26 : Boîte de dialogue *Sélection spéciale*

La section de dialogue *Catégorie* à gauche liste des objets définis dans le modèle. Les paramètres dans la partie droite de la boîte de dialogue dépendent de l'objet sélectionné. Déterminez un critère de sélection et spécifiez les paramètres détaillés si nécessaire.

Exemple



Avec les paramètres affichés dans la Figure 11.26, toutes les surfaces qui sont modélisées *Parallèle à la surface 1* (dalle de plancher) sont sélectionnées. Vous pouvez utiliser aussi le bouton [↖] pour définir la surface graphiquement.

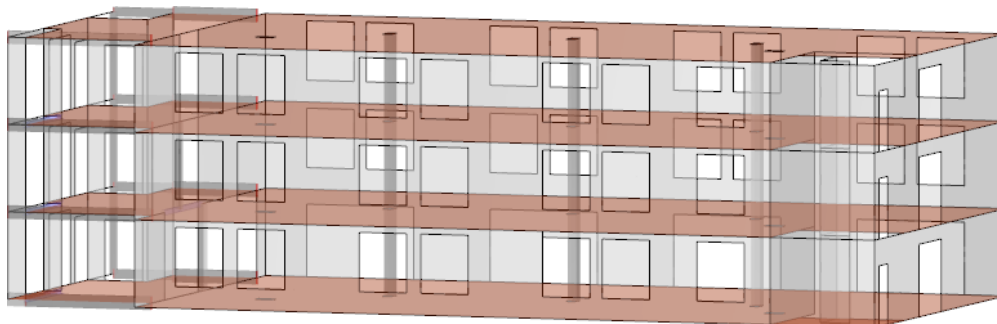


Figure 11.27 : Sélection des surfaces parallèles

11.3 Fenêtre graphique

Les fonctions spéciales CAO comme des plans de travail, options d'alignement, lignes directives et systèmes de coordonnées définis par l'utilisateur vous aident à modéliser des objets dans la fenêtre graphique.

11.3.1 Plans de travail

Même si le modèle est défini dans l'espace, seulement deux dimensions peuvent être affichées sur l'écran. Ainsi, la définition graphique des objets est un problème car il doit être organisé dans quel plan les objets sont créés quand vous cliquez dans la fenêtre graphique. Le plan de travail détermine quelle coordonnée est toujours « fixée ».

Les axes des coordonnées du plan de travail actuellement défini sont représentés par deux lignes vertes orthogonales. Le point d'intersection des lignes est appelé « origine du plan de travail ».

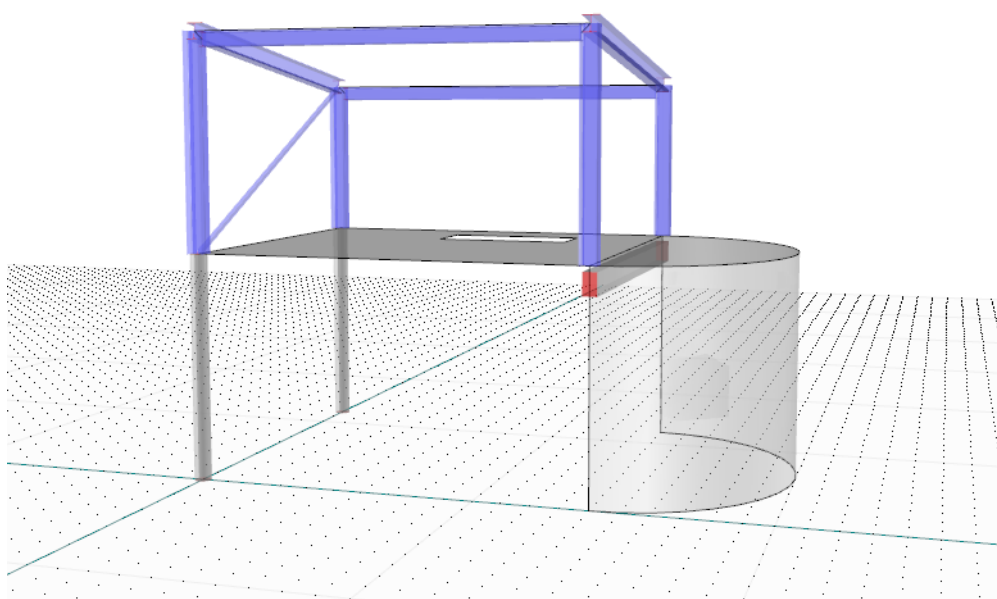


Figure 11.28 : Plan de travail représenté dans le graphique

D'habitude, un plan de travail va parallèlement à l'un des plans globaux XY, YZ ou XZ qui sont déterminés par deux axes du système des coordonnées globales. Mais il est aussi possible de spécifier un plan de travail directement comme un plan avec une inclinaison ou de le définir à l'aide d'un axe de ligne, de barre et de surface.

Pour ouvrir une boîte de dialogue *Plan de travail et Grille/saisie* avec les paramètres du plan de travail,

sélectionnez **Plan de travail, Grille/Saisie, Saisie des objets, Lignes directives** dans le menu **Outils**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

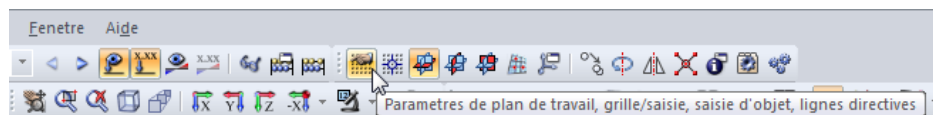


Figure 11.29 : Bouton *Paramètres de plan de travail*

La boîte de dialogue de la Figure 11.34 à la page 460 s'affiche.

Parallèle au plan global XY / YZ / XZ

Le plan de travail peut être aligné parallèlement avec l'un des plans globaux suivants.

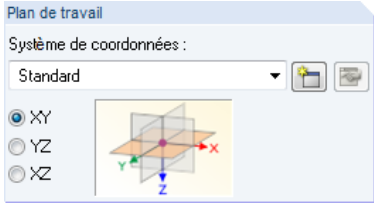

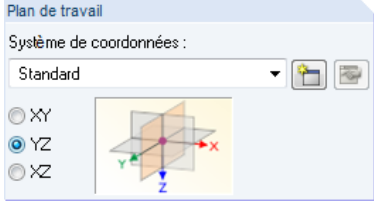
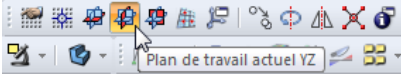
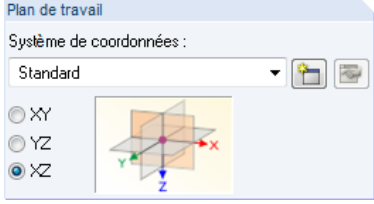

Plan	Sélection dans la boîte de dialogue <i>Plan de travail</i>	Sélection dans la barre d'outils
XY		
YZ		
XZ		

Tableau 11.3 : Sélection du plan de travail

Pour trouver plus d'options pour la définition des plans de travail,

pointez sur **Sélectionner le plan de travail** dans le menu **Outils**

ou utilisez les boutons de la barre d'outils correspondants.

Plan de 3 points

Dans la fenêtre graphique, vous pouvez sélectionner trois points définissant un nouveau plan de travail avec le système d'axes *UVW*. Les points ne doivent pas être définis sur une ligne directe.



	Définir l'origine
	Plan XY
	Plan YZ
	Plan XZ
	Plan de 3 points
	Avec la ligne en X
	Avec la ligne en Y
	Avec la ligne en Z
	Axes de barre xy
	Axes de barre xz
	Axes de surface xy
	Décalage...

Plan avec ligne en X / Y / Z

Le plan de travail est défini par l'un des axes globaux et par une ligne que vous déterminez graphiquement dans la fenêtre graphique. Le point zéro du nouveau plan de travail est placé au nœud de début de la ligne. L'axe U est aligné parallèlement à l'axe global sélectionné. De cette manière, vous pouvez déplacer rapidement le plan de travail par exemple dans l'aire de toiture.

Plan avec l'axe de barre xy / xz

Les plans des axes de barre xy (« axe faible ») ou xz (« axe fort ») sont utilisés pour la définition du plan de travail (voir le chapitre 4.17, page 156). La barre correspondante doit être définie graphiquement dans la fenêtre graphique. Le point zéro du nouveau plan de travail est placé au nœud de début de la barre.

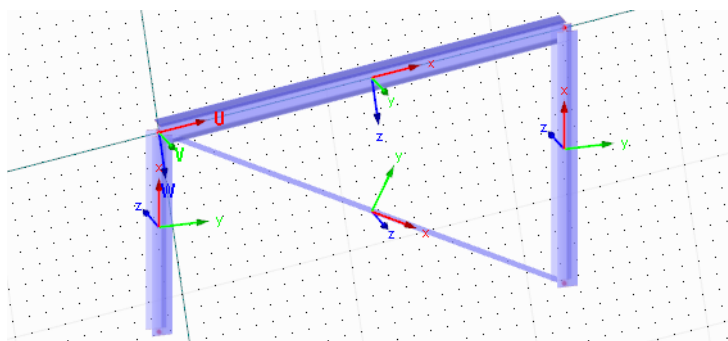


Figure 11.30 : Plan de travail dans l'inclinaison de toiture de l'axe de barre xz

Plan avec l'axe de surface xy

Le plan de travail est défini par les axes xy d'une surface que vous déterminez graphiquement dans la fenêtre graphique (voir le chapitre 4.4, page 89). Les axes du nouveau plan de travail sont appelés UVW (voir la Figure 11.30).

Décaler le plan de travail

Utilisez cette fonction pour déplacer le plan de travail perpendiculaire au plan actuel. Spécifiez la distance dans la boîte de dialogue *Décaler le plan de travail*.

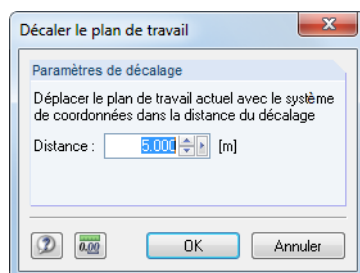


Figure 11.31 : Boîte de dialogue *Décaler le plan de travail*



Le décalage reste actif jusqu'à ce que la fonction ne soit supprimée dans le menu.

Point zéro dans le plan de travail

La boîte de dialogue *Plan de travail* (Figure 11.34) gère les paramètres du point zéro (origine) du plan de travail. Utilisez la fonction [↵] pour sélectionner un nœud dans la fenêtre graphique. Cliquez sur le bouton [Nouveau] pour définir un nouveau nœud. Vous pouvez aussi insérer les coordonnées d'un point directement.

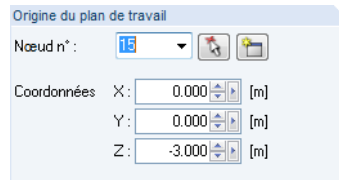


Figure 11.32 : Boîte de dialogue *Plan de travail*, section de dialogue *Origine du plan de travail*

Le point zéro du plan de travail peut être défini aussi graphiquement.

Pointez sur **Sélectionner le plan de travail** dans le menu **Outils** et puis, sélectionnez **Définir l'origine**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

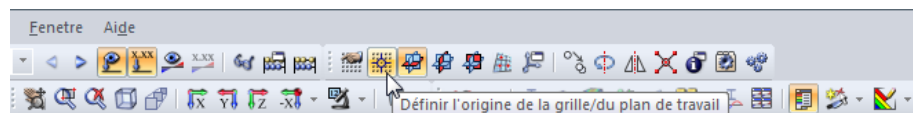


Figure 11.33 : Bouton *Définir l'origine de la grille / du plan de travail*

11.3.2 Grille

Les points de grille sont utilisés pour vous aider avec l'entrée graphique dans le plan de travail. Quand les nœuds sont définis graphiquement, le pointeur s'aligne sur les points de grille.

Les propriétés des points de grille sont gérées dans la boîte de dialogue *Plan de travail et grille/saisie*. Pour ouvrir la boîte de dialogue,

sélectionnez **Plan de travail, Grille/Saisie, Saisie des objets, Lignes directives** dans le menu **Outils**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche (voir la Figure 11.29, page 457).

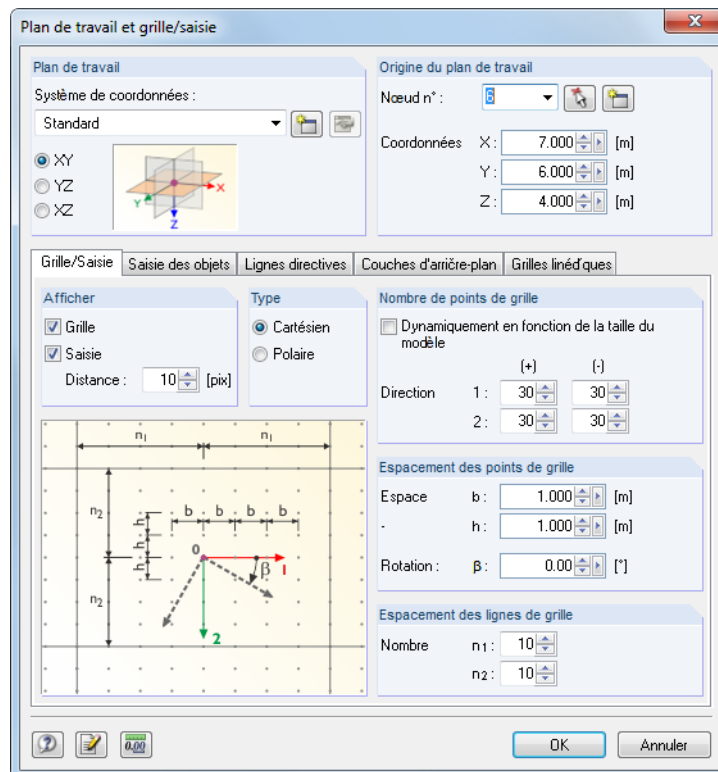
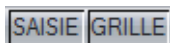


Figure 11.34 : Boîte de dialogue *Plan de travail et grille/saisie*

Les options de paramètres appropriées pour la grille sont disponibles dans l'onglet de dialogue *Grille/Saisie*.

Afficher

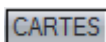
Pour afficher la grille dans la fenêtre graphique, cochez la case *Grille*. La fonction d'alignement peut être activée ou désactivée indépendamment de la grille à l'aide de la case *Saisie*. La fonction de saisie aux points de grille peut donc être efficace quand la grille est invisible.



Pour basculer rapidement les deux fonctions activé et désactivé, utilisez les boutons [SAISIE] et [GRILLE] dans la barre d'état.

Type

Les points de grille peuvent être arrangés dans le système de coordonnées cartésiennes ou polaires. En fonction de la sélection, le contenu des sections de dialogue affichées est modifié.



Alternativement, vous pouvez sélectionner le système de coordonnées à l'aide des boutons [CARTES], [POLAIRE] ou [ORTHO] dans la barre d'état.

Nombre de points de grille

Quand la grille cartésienne est définie, vous pouvez définir le nombre de points de grille pour les deux directions d'axe séparément.

Quand la grille polaire est définie, vous devez spécifier le nombre de cercles de grille concentriques.

Quand l'option *Dynamiquement en fonction de la taille du modèle* est cochée, la grille sera ajustée automatiquement aux dimensions du modèle. Un nombre suffisant de points de grille sera donc toujours disponible autour du modèle. Néanmoins, les points de grille requis seront recalculés après chaque entrée ce qui peut ralentir la vitesse pour la création du graphique quand vous travaillez sur des modèles complexes.

Espacement des points de grille

Quand vous utilisez la grille cartésienne, vous pouvez définir l'espacement des points de grille séparément pour les directions 1 et 2.

Pour la grille polaire, vous devez spécifier l'espacement radial R pour des cercles de grille. L'angle α gère l'espacement des points de grille sur les cercles.

Optionnellement, les grilles cartésiennes et polaires peuvent être tournées de l'angle de rotation β .

Si nécessaire, le nombre de pixels qui gère la *Distance d'alignement* peut être ajusté.

11.3.3 Saisie des objets

La saisie des objets facilite le modelage CAO quand vous définissez des lignes. En complément aux nœuds, plusieurs points de saisie peuvent être activés le long de la ligne.

Les paramètres pour la saisie des objets sont aussi définis dans la boîte de dialogue *Plan de travail*. Pour ouvrir la boîte de dialogue, sélectionnez

Plan de travail, Grille/Saisie, Saisie des objets, Lignes directives dans le menu **Outils** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche (voir la Figure 11.29, page 457).

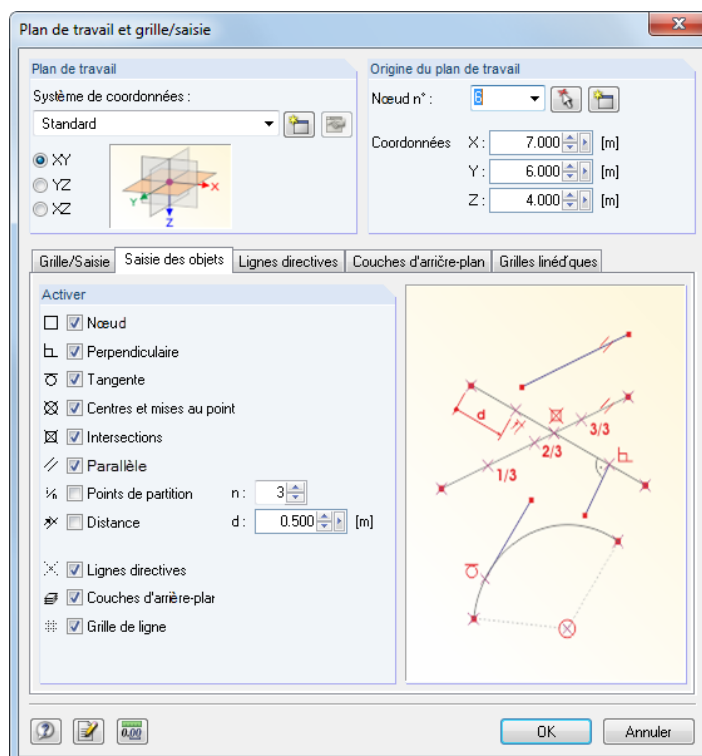


Figure 11.35 : Boîte de dialogue *Plan de travail et Grille/saisie*

SAISIE D'OB.

L'onglet de dialogue *Saisie des objets* gère différentes fonctions de la saisie.

Pour rendre les fonctions de la saisie des objets efficace, assurez-vous que le bouton [SAISIE D'OB.] est activé dans la barre d'état.

Nœuds

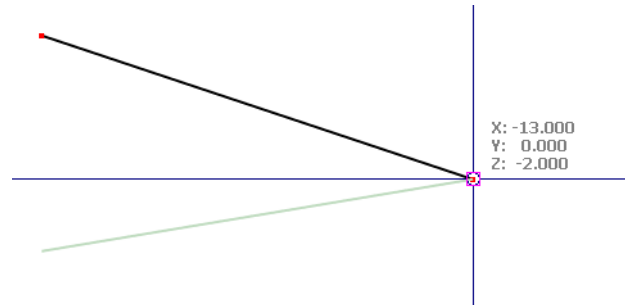


Figure 11.36 : Saisie des nœuds



Quand vous définissez une nouvelle ligne, des nœuds existants sont capturés. Les points de saisie sont symbolisés par des carrés.

Perpendiculaire

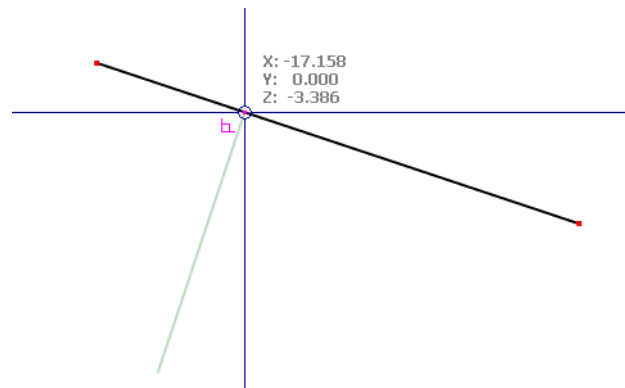


Figure 11.37 : Connexion perpendiculaire d'une ligne



Quand vous dessinez une ligne, le pointeur est saisi quand vous le déplacez près du point perpendiculaire. Le point de saisie est symbolisé par un symbole perpendiculaire.

Tangente

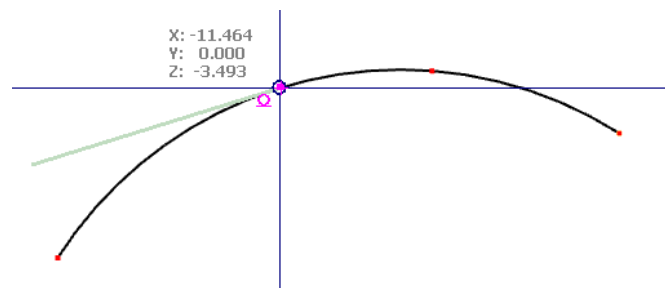


Figure 11.38 : Connexion d'une tangente à un arc



Une tangente est créée sur un arc circulaire. Quand vous dessinez une ligne, le pointeur est saisi quand vous le déplacez près du point de la tangente. Le point de saisie est symbolisé par un symbole de tangente.

Centres

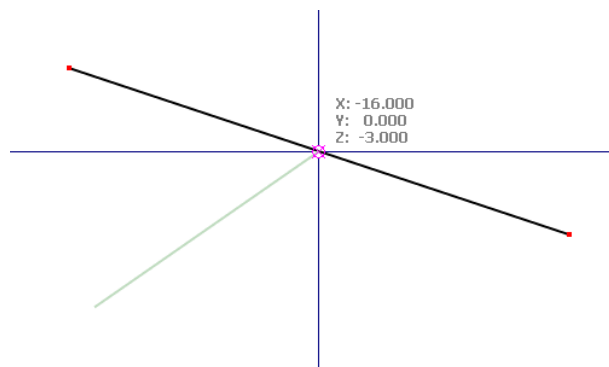


Figure 11.39 : Connexion d'une ligne au centre



Quand vous déplacez le pointeur près du centre (au milieu) d'une ligne, il sera saisi. Le symbole de centre sur le point de saisie s'affiche.

Intersections

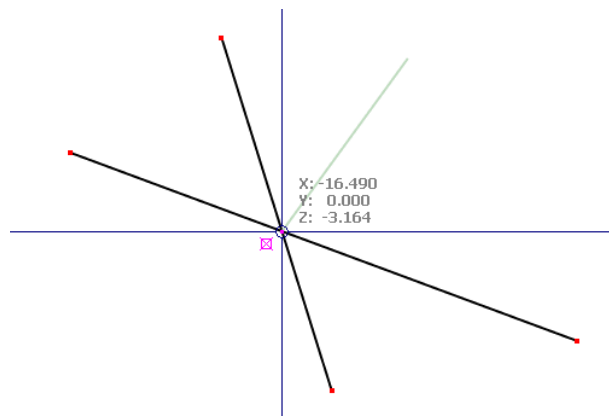


Figure 11.40 : Saisie des lignes au point d'intersection



Le pointeur saisit le point d'intersection des deux lignes se croisant qui n'ont pas de nœud commun. Le point de saisie est symbolisé par un symbole d'intersection figuré à gauche.

Parallèle

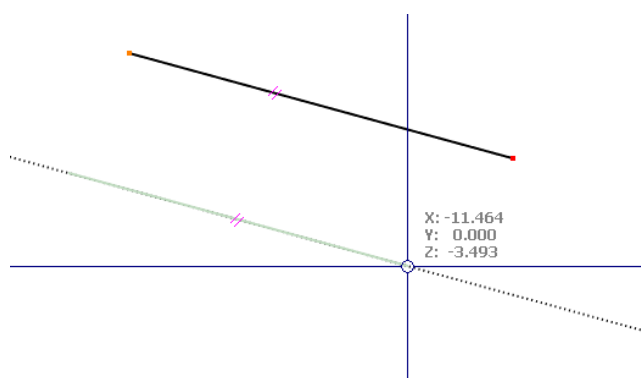


Figure 11.41 : Saisie d'une ligne parallèle



Utilisez cette fonction pour définir des lignes parallèles : Définissez le nœud de début de la nouvelle ligne et puis, déplacez le pointeur sur la ligne du modèle. Ensuite, si vous déplacez le pointeur près du nœud final possible de la nouvelle ligne qui va parallèlement au modèle, sur les deux lignes, le symbole parallèle figuré à gauche s'affiche.

Points de partition

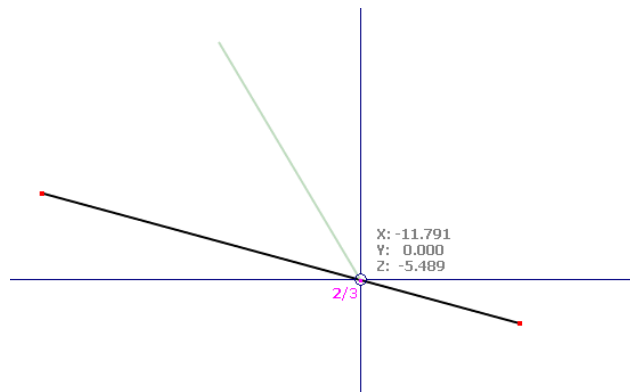


Figure 11.42 : Saisie d'une ligne au point de partition (exemple : 2/3-point)



Dans l'onglet de dialogue *Saisie des objets* de la boîte de dialogue *Plan de travail*, vous pouvez insérer un nombre de n divisions de ligne. Quand vous déplacez le pointeur le long d'une ligne, il sera saisi sur des points de partition. La partition est affichée comme une fraction sur le pointeur.

Distance

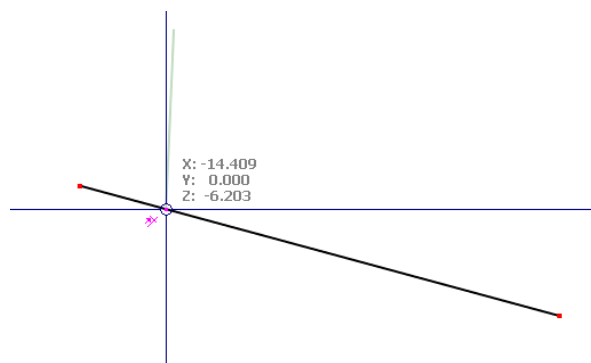


Figure 11.43 : Connexion d'une ligne à une distance définie



Dans la boîte de dialogue *Saisie des objets* de la boîte de dialogue *Plan de travail*, vous pouvez insérer une distance d pour diviser une ligne. Quand vous déplacez le pointeur à travers d'une ligne, il sera saisi à la distance définie à partir du début et de fin de la ligne. Le symbole de distance sur le pointeur ci-contre s'affiche.

Lignes directives

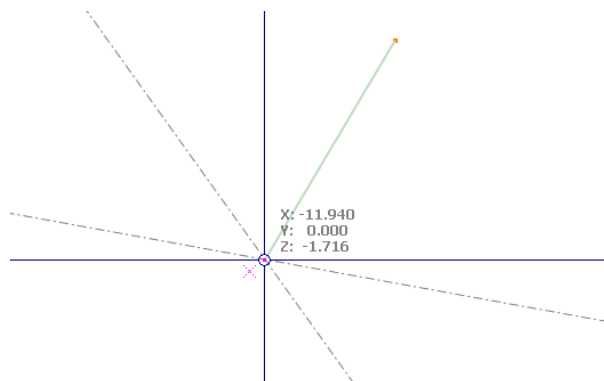


Figure 11.44 : Lignes directives de la saisie au point d'intersection



Quand vous déplacez le pointeur près du point d'intersection des deux lignes directives (voir le chapitre 11.3.7, page 473), il sera saisi. Le symbole d'intersection au point de saisie ci-contre s'affiche.

Couches d'arrière-plan

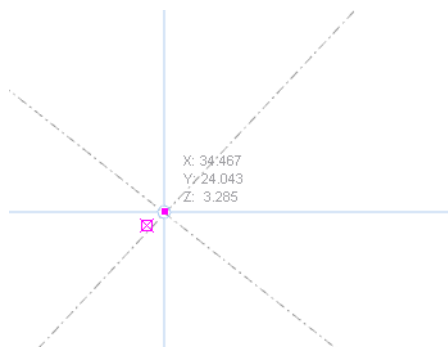


Figure 11.45 : Couches d'arrière-plan de saisie au point d'intersection



Utilisez cette fonction pour définir les nœuds aux points d'intersection des couches d'arrière-plan (voir le chapitre 11.3.7, page 473). Le symbole d'intersection au point de saisie ci-contre s'affiche.

Grille de ligne

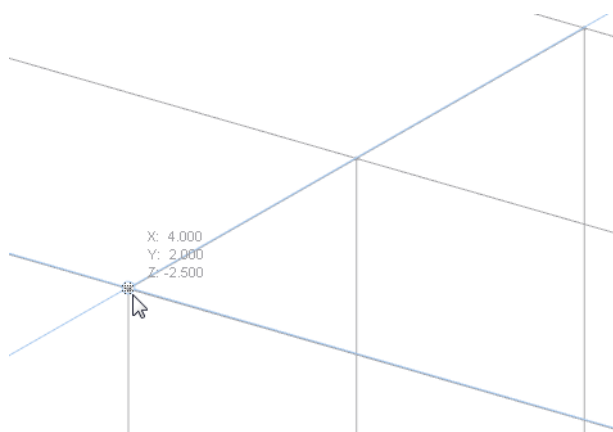


Figure 11.46 : Points de saisie de la grille de ligne

Utilisez cette fonction pour placer les objets aux points d'intersection d'une grille de ligne (voir le chapitre 11.3.8, page 477).

11.3.4 Systèmes de coordonnées

Les systèmes de coordonnées définis par l'utilisateur facilitent l'entrée des parties inclinées du modèle. Ils n'ont rien à voir avec les systèmes d'axes des lignes, des surfaces ou des barres. Alternativement, vous pouvez définir les plans de travail graphiquement à l'aide des points ou des axes des lignes, des barres et des surfaces (voir le chapitre 11.3.1, page 458).



Pour ouvrir la boîte de dialogue *Système de coordonnées*, sélectionnez **Système de coordonnées** dans le menu **Outils** ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.



Figure 11.47 : Bouton *Système de coordonnées*



Vous pouvez aussi utiliser la boîte de dialogue *Plan de travail et Grille/saisie* (voir la Figure 3.15, page 30) où vous trouverez le bouton [Nouveau] pour la création d'un système de coordonnées défini par l'utilisateur.

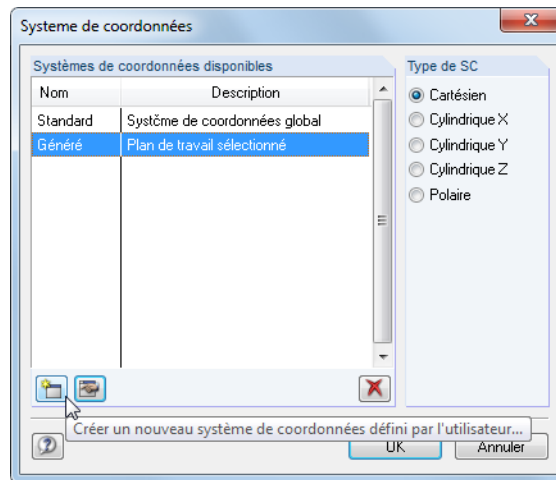


Figure 11.48 : Boîte de dialogue *Système de coordonnées*

Le système de coordonnées *Standard* est rapporté aux axes globaux X,Y,Z et l'origine est pré-définie.

Définir un nouveau système de coordonnées



Cliquez sur le bouton [Nouveau] affiché dans la Figure 11.48 pour ouvrir la boîte de dialogue suivante. Vous trouverez le même bouton dans la boîte de dialogue *Plan de travail et grille/saisie* (voir la Figure 3.15, page 30).

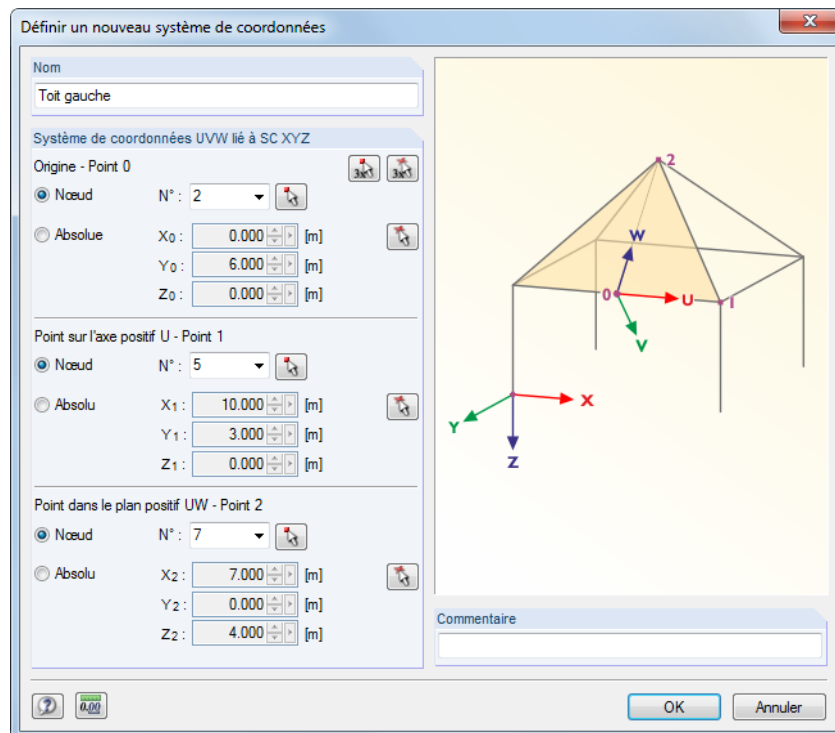


Figure 11.49 : Boîte de dialogue *Définir un nouveau système de coordonnées*

Insérez un *Nom* pour le nouveau système de coordonnées. Puis, définissez le système d'axes à l'aide des trois paramètres dans la section de dialogue *Système de coordonnées UVW lié à SC XYZ* :

- Origine (point zéro d'un nouveau système de coordonnées)
- Point sur l'axe positif U (premier axe)
- Point dans le plan positif UW (rotation du plan autour de l'axe U)



Spécifiez les trois points par l'insertion directe ou par sélection graphique. Les points ne doivent pas être définis sur une ligne directe.

Vous pouvez utiliser les boutons figurés à gauche pour sélectionner les trois points les uns après les autres dans la fenêtre graphique (veuillez observer la séquence lors de la définition des points 0 à 2). A l'aide du bouton gauche de la souris, vous pouvez sélectionner seulement les *Nœuds*, avec le bouton droit, vous pouvez sélectionner n'importe quel *Point*. La différence est importante surtout quand un nœud qui représente un point de définition du système de coordonnées est modifié. Puis, le système de coordonnées sera ajusté automatiquement. Dans le cas de n'importe quel point, le système de coordonnées est fixé.

Si le plan de travail défini par l'utilisateur est défini à l'aide des trois points (voir le chapitre 11.3.1, page 457), RFEM crée automatiquement un nouveau système de coordonnées avec le nom *Généré*.

Modifier ou supprimer un système de coordonnées

Vous pouvez modifier ou supprimer seulement des systèmes de coordonnées définis par l'utilisateur. Utilisez les deux boutons suivants disponibles dans la boîte de dialogue *Système de coordonnées*.



	Modifie le système de coordonnées sélectionné
	Supprime le système de coordonnées sélectionné

Tableau 11.4 : Boutons dans la boîte de dialogue *Système de coordonnées*

Exemple

Dans le joint de portique, il y a un nouveau système de coordonnées défini pour la diagonale qui se trouve dans le plan de la toiture. L'*Origine* est définie au nœud de coin **6**. Le nœud final **4** de la barre de diagonale est sélectionné comme un *point sur l'axe positif U*. Le nœud de base **5** du poteau est sélectionné comme un *point dans le plan positif UW*.

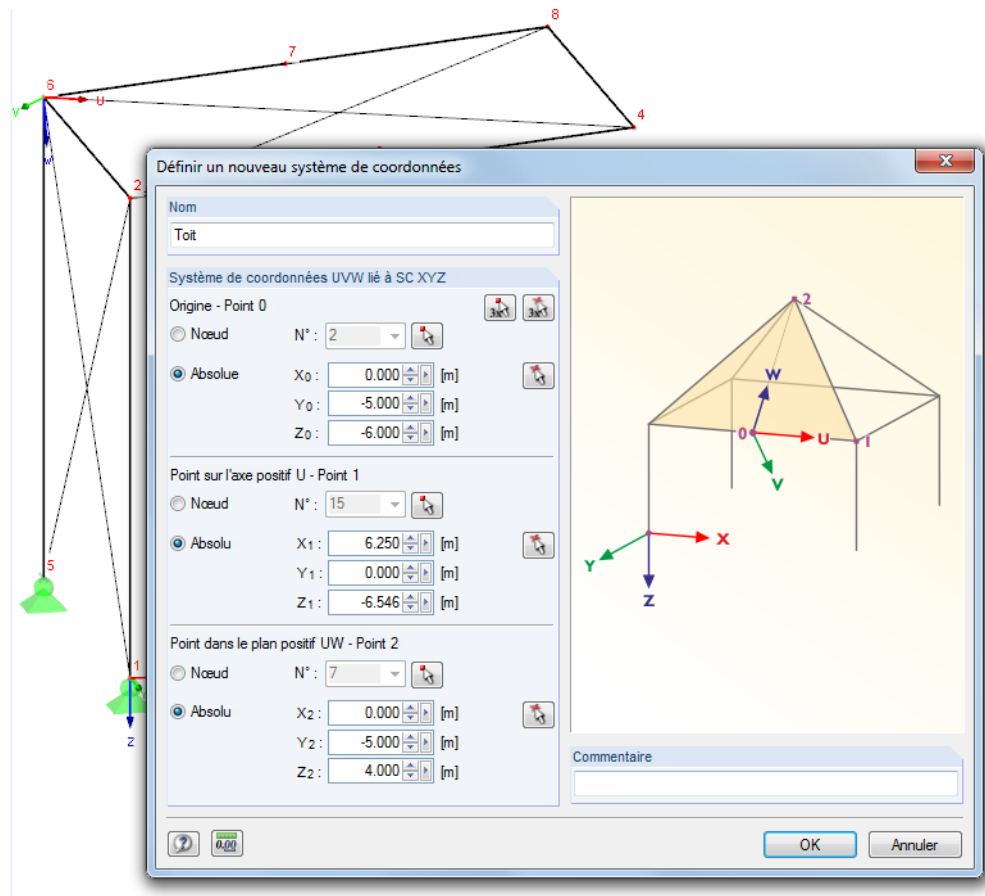


Figure 11.50 : Le système de coordonnées défini par l'utilisateur **UVW** dans le joint de portique

Ainsi, la grille est rapportée aux plans de travail UV, VW et UW où vous pouvez définir de nouveaux objets (voir le chapitre 11.3.1, page 456).

11.3.5 Cotes

Vous pouvez ajouter les lignes de cotes définies par l'utilisateur au modèle.

Pour appliquer les fonctions de dimensionnement,

pointez sur **Cotes** dans le menu **Insérer**

ou utilisez les boutons de la barre d'outils correspondants.

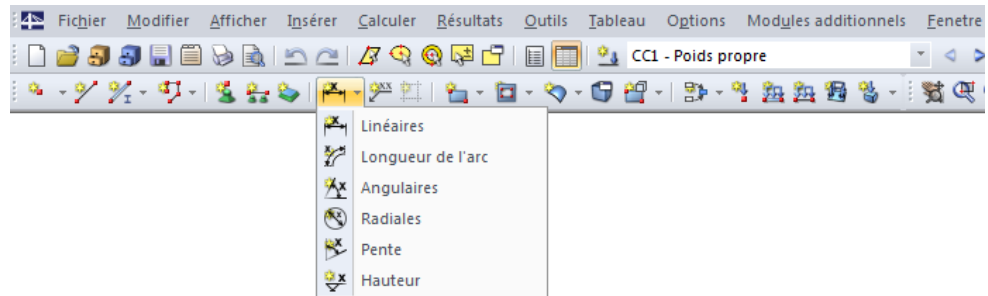


Figure 11.51 : Boutons *Nouvelles cotes*

Les options de cotes suivantes peuvent être sélectionnées :

Cote	Objets dimensionnés
Linéaires	Longueur entre deux ou plusieurs nœuds
Longueur de l'arc	Longueur entre les nœuds de l'arc
Angulaires	Angle entre trois nœuds ou deux lignes
Radiales	Diamètre ou rayon du cercle et de l'arc
Pente	Angle d'inclinaison entre une ligne et un plan
Hauteur	Niveau haut d'un nœud

Tableau 11.5 : Fonctions de dimensionnement

La boîte de dialogue *Nouvelle cote* s'ouvre. L'aspect visuel de la boîte de dialogue dépend de votre sélection.

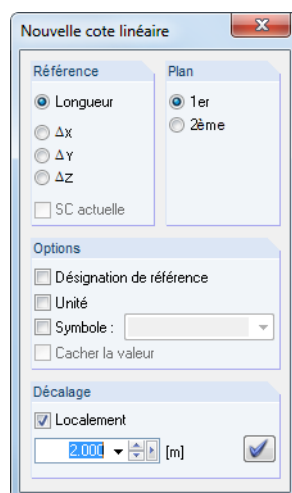


Figure 11.52 : Boîte de dialogue *Nouvelle cote linéaire*

Utilisez le pointeur affiché avec un symbole de sélection et cliquez sur les objets qui représentent les points de référence de la cotation les uns après les autres. Dans la section de dialogue *Référence*, vous pouvez sélectionner la longueur réelle ou la projection dans l'une des directions d'axes globaux.

Dans la section de dialogue à droite, vous déterminez le *Plan* où la ligne de cote est appliquée. Les paramètres sont rapportés aux axes du système de coordonnées globaux XYZ ou aux axes de ligne. Si vous changez le plan et déplacez le pointeur dans le graphique, vous pouvez voir l'effet des deux champs de sélection.

Utilisez les quatre cases dans la section de dialogue *Options* pour définir les informations qui apparaissent sur les valeurs. Quand vous sélectionnez *Symbole*, vous pouvez insérer un symbole de cote. Vous pouvez aussi sélectionner les charges dans la liste. Cochez *Cacher la valeur* pour désactiver la valeur mesurée afin que seulement les symboles apparaissent.



Le *Décalage* détermine la distance des lignes de cote à partir du premier nœud sélectionné. La distance peut être définie aussi graphiquement à l'aide du pointeur de la souris. Pour définir finalement la ligne de cote, cliquez dans la fenêtre graphique ou bien utilisez le bouton [Définir la cote] figuré à gauche.



Pour définir une chaîne de cote avec un décalage égal, cliquez sur les nœuds individuels l'un après l'autre et puis, spécifiez le décalage.

Pour définir l'affichage des lignes de cote, utilisez le navigateur *Afficher* ou le menu contextuel général (cliquez par le bouton droit de la souris dans l'aire sans objet de la fenêtre graphique).

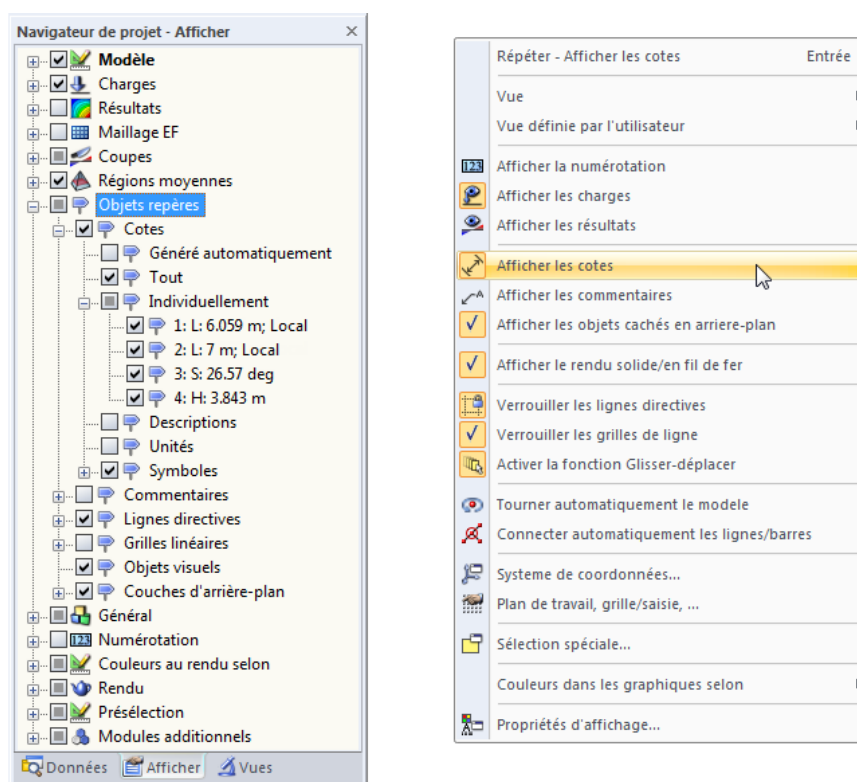


Figure 11.53 : Navigateur *Afficher* (*Objets repères* → *Cotes*) et menu contextuel général



Quand la géométrie de modèle est modifiée, les cotes seront ajustées automatiquement.

Pour ouvrir la boîte de dialogue *Modifier les cotes*, cliquez deux fois sur les cotes correspondantes. De cette manière, vous pouvez ajuster ultérieurement le décalage. Néanmoins, si vous voulez rapporter la ligne de cote aux autres nœuds ou lignes, supprimez d'abord la cote. Puis, vous pouvez la redéfinir.

11.3.6 Commentaires

Il y a deux types de commentaires :

- Commentaires dans les boîtes de dialogue et les tableaux (voir le chapitre 11.1.4, page 443)
- Commentaires dans la fenêtre graphique

Ce chapitre décrit la manière par laquelle les commentaires sont définis graphiquement.

Vous pouvez ajouter les commentaires rapportés aux nœuds et aux centres de lignes et de barres. Ils peuvent aussi être placés partout dans le plan de travail actuel ou dans un plan global.

Pour ouvrir la boîte de dialogue de l'application des commentaires,

sélectionnez **Commentaires** dans le menu **Insérer**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

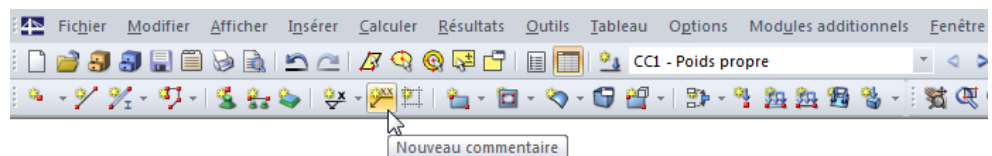


Figure 11.54 : Bouton *Nouveau commentaire*

La boîte de dialogue *Nouveau commentaire* s'ouvre.

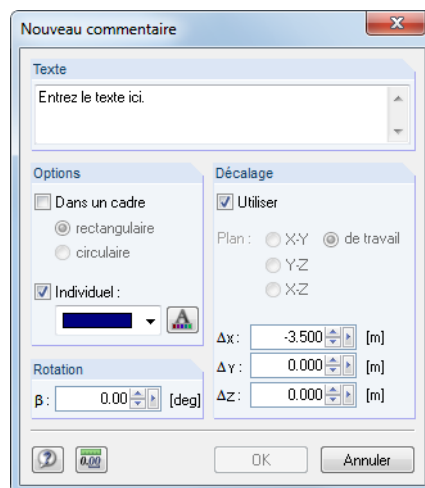


Figure 11.55 : Boîte de dialogue *Nouveau commentaire*



Insérez le texte du commentaire dans la section de dialogue *Texte*. L'apparence du commentaire concernant les couleurs et [Polices] peut être ajustée dans la section de dialogue *Options*. Le commentaire peut être *Encadré* par un rectangle ou un cercle.

La *Rotation* du commentaire vous permet de définir l'arrangement du texte de commentaire.

Si la case dans la section de dialogue *Décalage* est cochée, le commentaire sera arrangé à une distance spécifiée de l'objet. Vous pouvez aussi définir la distance graphiquement: D'abord, après l'insertion du texte de commentaire, cliquez sur l'objet. Puis, utilisez le pointeur pour localiser la position appropriée où vous insérez le texte de commentaire par un autre clic de la souris. RFEM affiche le plan de travail actuel afin que vous puissiez placer le commentaire correctement. Si nécessaire, vous pouvez modifier le plan de travail avant de placer le commentaire.

Pour définir l'affichage des commentaires, utilisez le navigateur *Afficher* ou le menu contextuel général (cliquez sur le bouton droit de la souris dans l'aire sans objet de la fenêtre graphique, voir la figure ci-dessous).

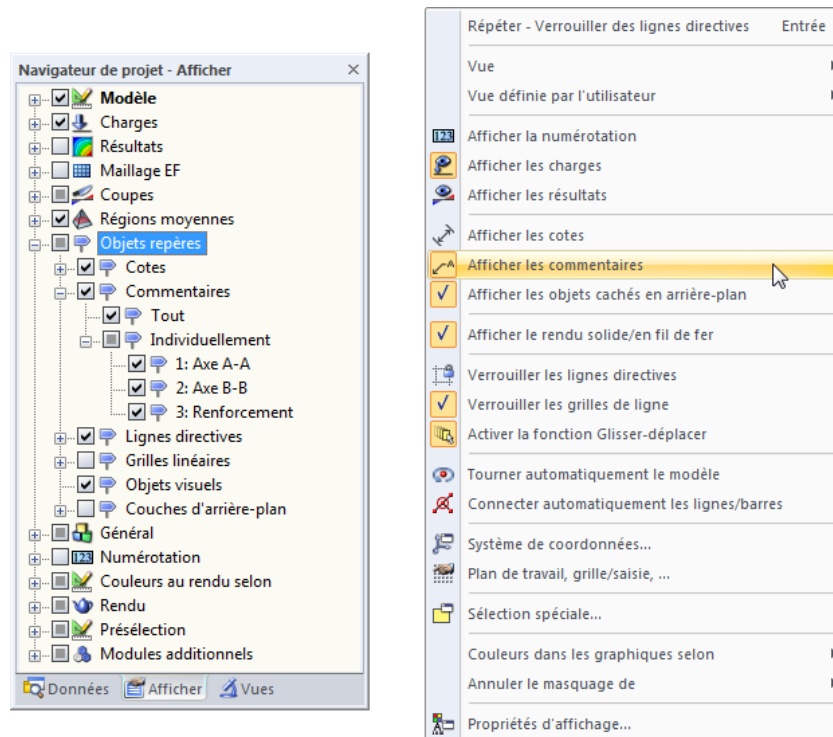


Figure 11.56 : Navigateur *Afficher* (*Objets repères* → *Commentaires*) et menu contextuel général



Quand la géométrie de modèle est modifiée, les commentaires seront ajustés automatiquement.



Les textes de commentaires y compris le décalage peuvent être modifiés ultérieurement : Cliquez deux fois sur le commentaire dans la fenêtre graphique dans le navigateur *Données*.

Vous pouvez déplacer les commentaires à l'aide de la fonction glisser-déplacer (pour copier : tenez la touche [Ctrl] appuyée). Veuillez noter le suivant : Quand vous « saisissez » la flèche du commentaire graphique dans son en-tête, vous déplacez le commentaire entier. Quand vous la « saisissez » dans le texte, la pointe de flèche continue à pointer l'objet afin que la position du texte de commentaire puisse être ajustée dans le plan de travail.

11.3.7 Lignes directives

Les lignes directives représentent une grille des axes et des lignes au-dessous de l'espace de travail graphique. Les points d'intersection des lignes directives sont aussi les points de saisie pour l'entrée graphique, il est prévu que la fonction de saisie pour les intersections des *Lignes directives* est activée dans la saisie des objets (voir le chapitre 11.3.3, page 464).

Il n'est pas nécessaire que les lignes directives soient parallèles aux axes du système de coordonnées globaux XYZ. Les angles peuvent être spécifiés librement. Vous pouvez définir soit un arrangement polaire soit des lignes directives. L'espacement entre les lignes directives peut aussi être choisi.

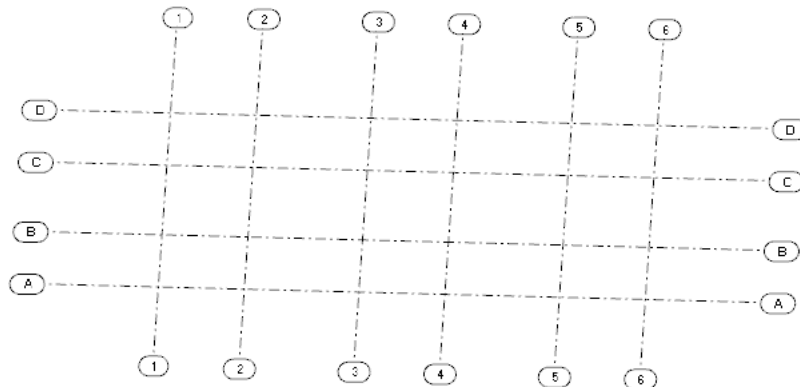


Figure 11-57 : Grille de lignes directives

Créer des lignes directives

Entrée du dialogue

Pour ouvrir la boîte de dialogue pour la création d'une nouvelle ligne directive,

pointez sur **Lignes directives** dans le menu **Insérer** et puis, sélectionnez la **Boîte de dialogue** ou utilisez le menu contextuel dans le navigateur *Données*.

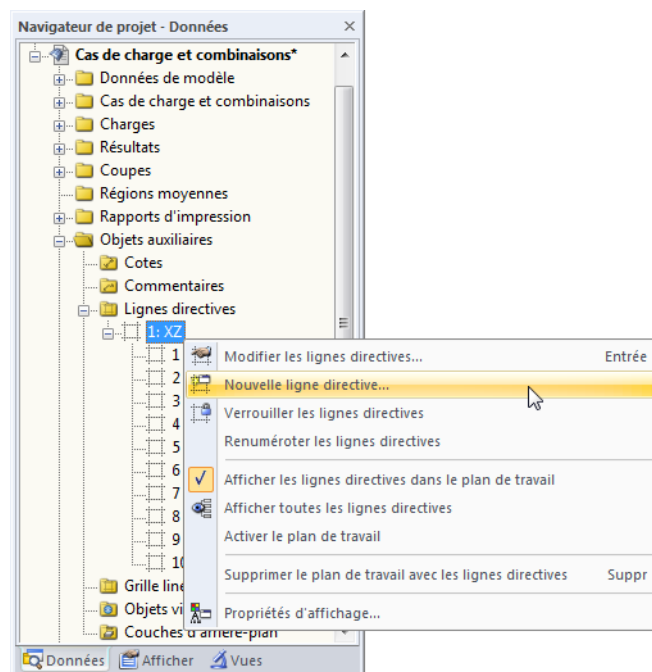


Figure 11.58 : Menu contextuel des *Lignes directives* dans le navigateur *Données*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

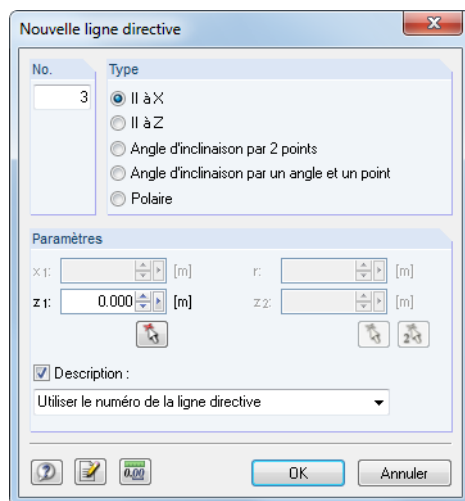


Figure 11.59 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne directive*

Le N° de ligne directive est attribué par le programme, mais peut être ajusté si nécessaire.

Avec les options dans la section de dialogue *Type*, vous décidez comment les lignes directives seront créées :

Type	Explication
Il à X / Y / Z (parallèle à l'axe global X, Y ou Z)	La ligne directive est créée parallèle à l'un des axes globaux. Spécifiez les distances x_1 / y_1 / z_1 des axes correspondants globaux dans la section de dialogue <i>Paramètres</i> .
Angle d'inclinaison par 2 points	Dans la section de dialogue <i>Paramètres</i> , insérez les coordonnées des deux points dans le plan de travail actuel pour définir la ligne directive.
Angle d'inclinaison par un angle et un point	Les coordonnées d'un point et l'angle de rotation doivent être spécifiés dans la section de dialogue <i>Paramètres</i> . La ligne directive sera créée dans le plan de travail actuel.
Polaire	Dans la section de dialogue <i>Paramètres</i> , le point de centre et le rayon pour la ligne directive circulaire doivent être spécifiés.

Tableau 11.6 : Types de lignes directives



Insérez les paramètres individuels dans les champs d'entrée ou déterminez-les graphiquement dans la fenêtre graphique à l'aide de la fonction [F].

Quand la case *Description* est cochée, vous pouvez insérer une description pour la ligne directive dans le champ d'entrée. Vous pouvez sélectionner aussi une description de la liste.

Entrée graphique

Pour définir une ligne directive graphiquement,

- pointez sur **Lignes directives** dans le menu **insérer** et puis, sélectionnez **Graphiquement**,
- utilisez le bouton [Nouvelle ligne directive graphiquement] figuré à gauche, ou
- saisissez un axe du plan de travail et déplacez-le en direction parallèle (possible seulement si les lignes directives ne sont pas verrouillées, voir la figure ci-dessous).



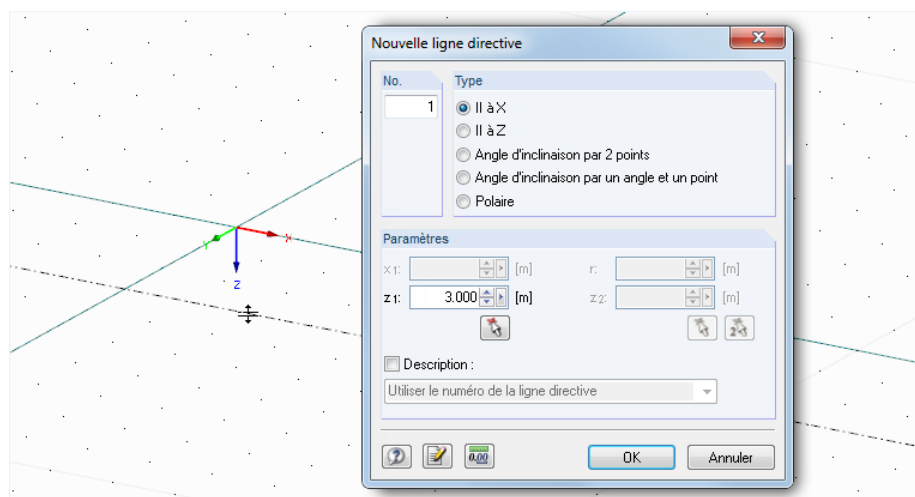


Figure 11.60 : Création d'une ligne directrice graphiquement

La boîte de dialogue *Nouvelle ligne directrice* est décrite ci-dessus.

Modifier et supprimer les lignes directives

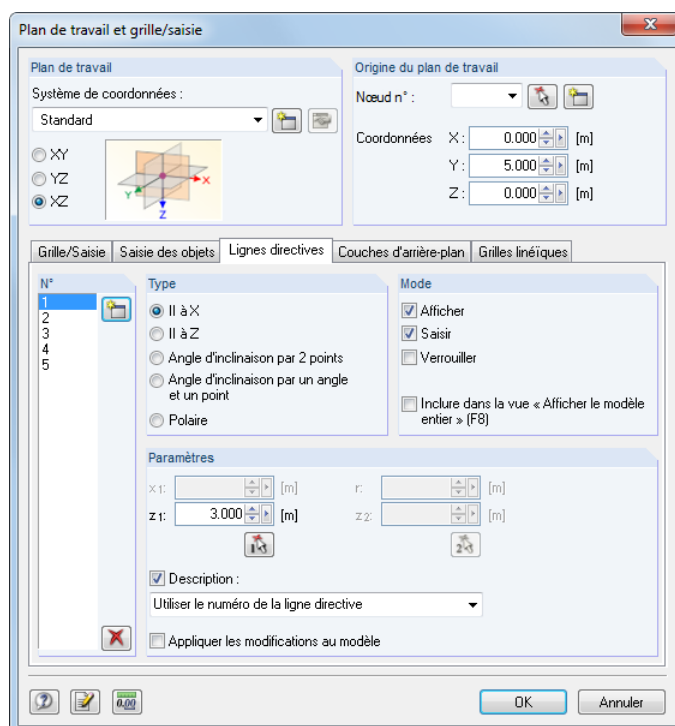
Pour ouvrir la boîte de dialogue de modification des lignes directives, cliquez deux fois sur une ligne directrice dans le graphique ou bien sur son entrée dans le navigateur *Données*.

Si une ligne directrice ne peut pas être sélectionnée dans le graphique, elle est verrouillée (voir ci-dessous). Les lignes directives peuvent être déverrouillées rapidement de la manière suivante: Cliquez par le bouton droit de la souris dans l'espace vide de la fenêtre graphique et désactivez l'option *Verrouiller les lignes directives* dans le menu contextuel.

Une autre possibilité de modifier les lignes directives est de sélectionner l'option *Plan de travail, grille/saisie, saisie des objets, lignes directives* dans le menu *Outils* ou bien d'utiliser le bouton de la barre d'outils figuré à gauche. Une boîte de dialogue où vous pouvez utiliser l'onglet *Lignes directives* s'ouvre, pas seulement pour activer la saisie, mais aussi pour modifier, supprimer ou cacher et afficher les lignes directives tout comme pour créer de nouvelles lignes directives.



Verrouiller les lignes directives

Figure 11.61 : Boîte de dialogue *Plan de travail et grille/Saisie*, onglet *Lignes directives*

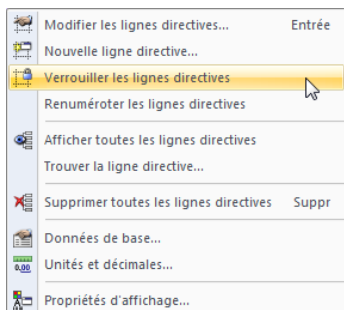
Les lignes directives peuvent être supprimées dans la fenêtre graphique et dans le navigateur *Données* : Cliquez sur le bouton droit de la souris sur la ligne directive et puis, sélectionnez *Supprimer* ou *Supprimer la ligne directive* dans le menu contextuel.

Verrouiller les lignes directives

Quand les lignes directives sont verrouillées, elles ne peuvent pas être sélectionnées, modifiées, déplacées ou supprimées. De cette façon, elles n'influencent pas l'entrée graphique des objets. Néanmoins, la fonction de saisie aux points d'intersection reste activée.

Pour verrouiller ou déverrouiller toutes les lignes directives,

- cliquez sur le bouton droit de la souris sur une ligne directive et sélectionnez *Verrouiller les lignes directives* dans le menu contextuel,
- pointez sur **Lignes directives** dans le menu **Modifier** et puis, sélectionnez **Verrouillez** ou
- cliquez par le bouton droit sur *Lignes directives* dans le navigateur *Données* et sélectionnez *Verrouiller les lignes directives* dans le menu contextuel.



Menu contextuel des lignes directives

Copier et déplacer les lignes directives

Les lignes directives sont les objets graphiques normaux pour lesquels vous pouvez utiliser toutes les fonctions communes de modification.

Pour déplacer ou copier une ligne directive, sélectionnez d'abord la ligne directive. Puis, vous pouvez appliquer la fonction décrite dans le chapitre 11.4.1 à la page 484.

Afficher les lignes directives

Le navigateur *Afficher* contrôle la représentation graphique des lignes directives en détail (voir la figure suivante).

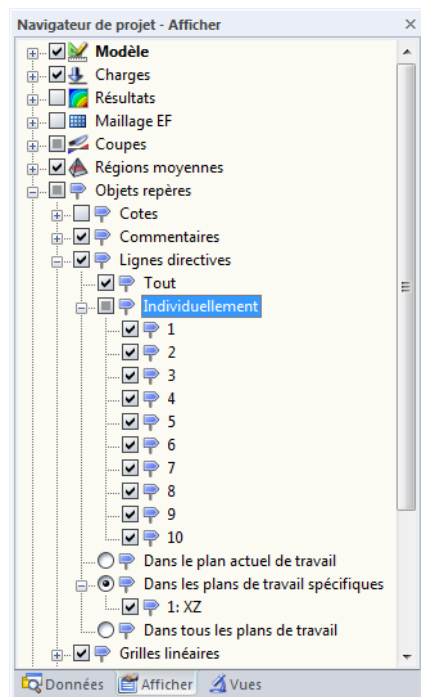


Figure 11.62 : Les paramètres de la ligne directive dans le navigateur *Afficher*

11.3.8 Grille de ligne

Les grilles de ligne définies par l'utilisateur vous aident à modéliser les structures constituées de surfaces, de grilles de poutre ou de grilles. Les points d'intersection de la grille représentent les points de définition pour les surfaces, lignes et barres.

Vous pouvez utiliser plusieurs grilles de ligne dans un modèle.

Créer des grilles de ligne

Pour ouvrir la boîte de dialogue afin de créer une nouvelle grille de ligne, sélectionnez **Grille de ligne** dans le menu **Insérer** ou utilisez le menu contextuel dans le navigateur *Données*.

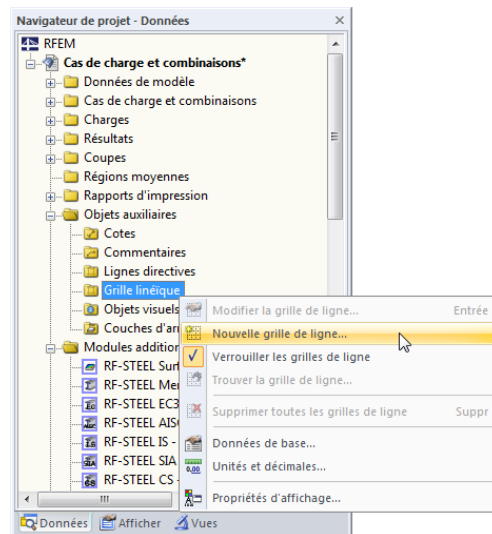


Figure 11.63 : Menu contextuel de la *Grille de ligne* dans le navigateur *Données*

La boîte de dialogue *Grille de ligne* s'ouvre où vous pouvez définir une nouvelle grille.

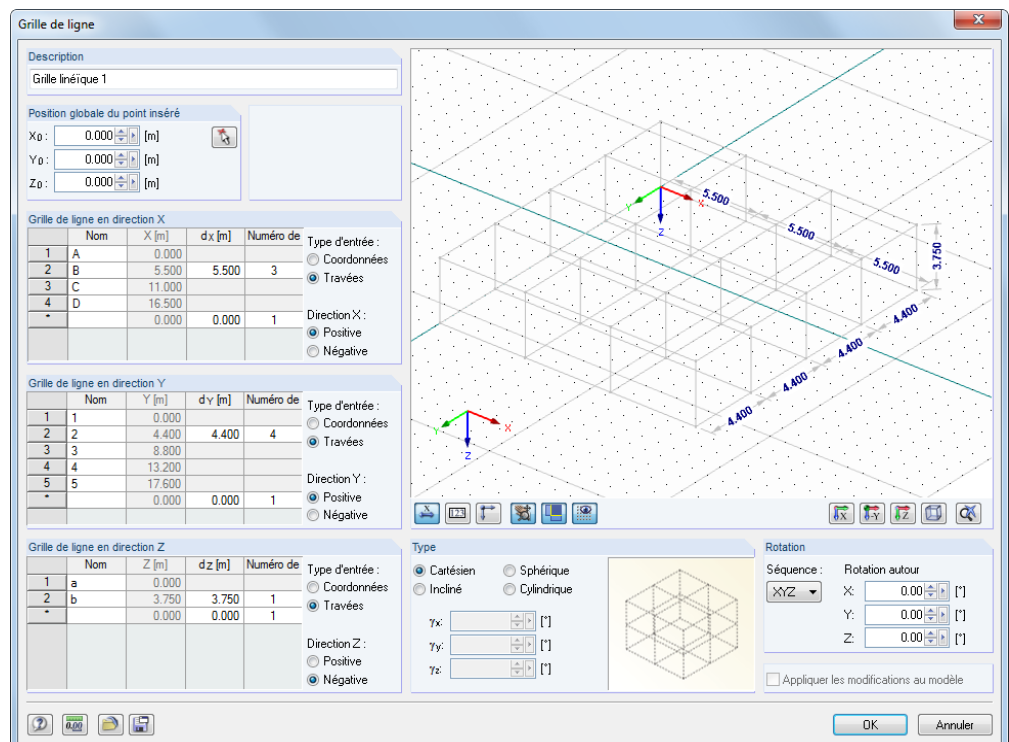


Figure 11.64 : Boîte de dialogue *Grille de ligne*



La *Position globale du point inséré* définit l'origine de la grille de ligne. Les coordonnées peuvent être insérées ou sélectionnées dans la fenêtre graphique à l'aide de la fonction [↵].

La section de dialogue *Type* au-dessous du graphique de dialogue vous offre les options suivantes pour définir le système de grille avant l'insertion des données ultérieures :

- Cartésien
- Sphérique
- Incliné (grille qui peut être tournée pour chaque axe d'un angle de rotation γ)
- Cylindrique

Le petit graphique à droite est interactif avec la spécification de type.

Dans la section de dialogue *Grille de ligne en direction X/Y/Z*, insérez les distances d et le *Nombre de travées* pour chaque direction. Le *Nom* est prédéfini mais peut être ajusté. Vous pouvez aussi insérer les *Coordonnées* des distances ou les ajuster ultérieurement.

Les options *Positif* et *Négatif* déterminent dans quelle direction de l'axe global la grille de ligne sera créée.

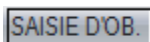
Avec la section de dialogue *Rotation* dans le coin droit inférieur, vous pouvez tourner la grille de ligne autour d'un axe : D'abord, sélectionnez la *Séquence* qui détermine l'ordre des axes de grille locaux X', Y' et Z'. Puis, insérez l'angle de rotation autour des axes globaux X, Y et Z dans les champs d'entrée pour *Tourné autour*. Vous pouvez aussi utiliser les boutons de champ [►] pour définir la rotation d'appui graphiquement.



Une grande partie de la boîte de dialogue est couverte par une fenêtre graphique où l'entrée est tout de suite représentée graphiquement. Les boutons au-dessous de la fenêtre sont déjà bien connus de RFEM. Ils contrôlent l'affichage pour les cotes, la numérotation, les axes et la vue. Vous pouvez utiliser aussi les options de contrôle de la souris pour le grand graphique de dialogue (voir le chapitre 3.4.9, page 38).



Chaque grille de ligne peut être enregistrée comme un modèle type et utilisée plus tard. Les deux boutons figurés à gauche sont utilisés pour [Enregistrer] et [Charger] les données de grille.



Après avoir fermé la boîte de dialogue, vous pouvez définir les objets sur les nœuds de grille. Assurez-vous que la saisie des objets est activée (voir le chapitre 11.3.3, page 461).

11.3.9 Objets visuels

Les objets visuels sont les objets 3D utilisés par exemple pour les programmes de conception architecturaux pour représenter les aspects visuels les plus proches à la réalité (par exemple des gens, voitures, arbres, textures etc.). Vous pouvez aussi intégrer les objets 3D dans le modèle de RFEM pour démontrer les proportions du modèle.

Objet visuel de charge

Pour ouvrir la boîte de dialogue afin d'importer un objet visuel,

sélectionnez **Objet visuel** dans le menu **Insérer**

ou utilisez le menu contextuel dans le navigateur *Données*.

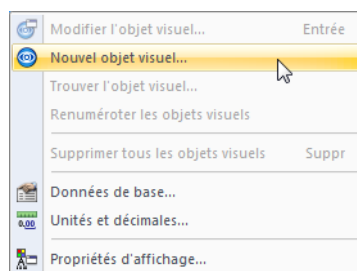


Figure 11.65 : Menu contextuel dans le navigateur *Données*, *Objets repères* → *Objets visuels*

La boîte de dialogue *Nouvel objet visuel* où vous devez spécifier la *Description* et le *Nom du fichier* s'ouvre.

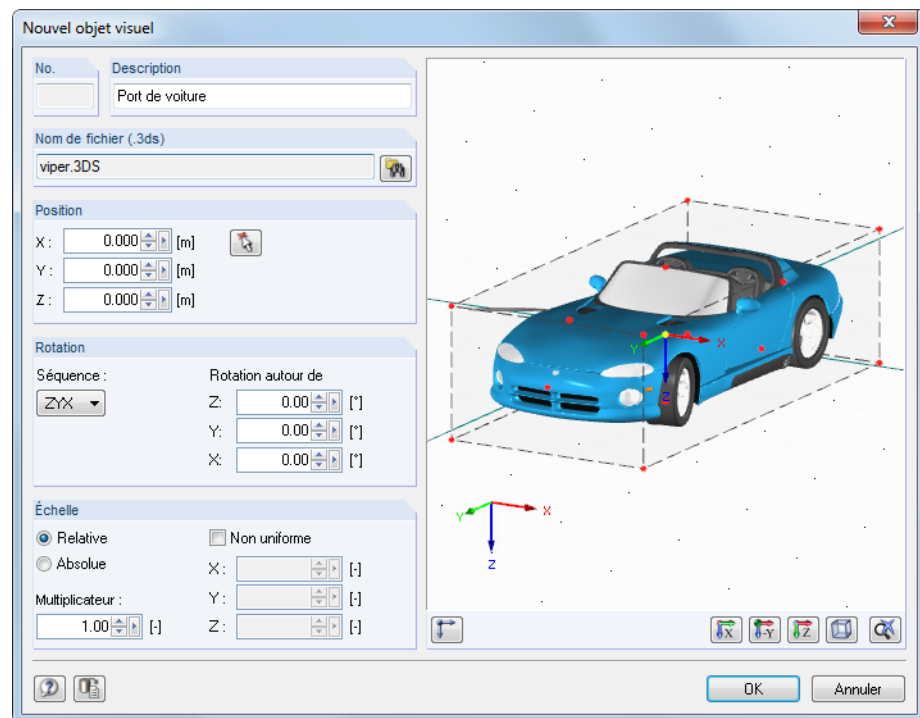


Figure 11.66 : Boîte de dialogue *Nouvel objet visuel*



L'objet visuel doit être disponible sous format *.3ds*. Utilisez le bouton [Parcourir] pour sélectionner le fichier dans la boîte de dialogue *Windows Ouvrir*.



Définissez la *Position* de l'objet dans le modèle par l'insertion des coordonnées. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [^] pour la définir graphiquement dans la fenêtre graphique. Le point de référence des objets 3D est indiqué par la couleur de sélection dans le graphique à droite.

En complément, il est possible de définir une *Rotation* de l'objet ou d'*Echelonner* l'objet.

Cliquer sur [OK] pour insérer l'objet dans le modèle.

La boîte de dialogue d'édition d'un objet visuel peut être accédée par un double clic sur l'objet dans le graphique ou dans le navigateur *Données*.

11.3.10 Couches d'arrière-plan

Le fichier DXF peut être importé comme une couche d'arrière-plan et utilisé pour l'entrée graphique des objets. Contrairement à l'importation DXF (voir le chapitre 12.5.2, page 600) où le modèle complet est chargé par la conversion dans les nœuds et les lignes, les couches d'arrière-plan représentent une espèce de feuilles transparentes pour une modélisation spécifique.

Vous pouvez utiliser plusieurs couches d'arrière-plan dans un modèle.

Créer une couche d'arrière-plan



Pour ouvrir la boîte de dialogue pour créer une nouvelle couche d'arrière-plan, sélectionnez **Couche d'arrière-plan** dans le menu **Insérer** ou utilisez le menu contextuel dans le navigateur *Données*.

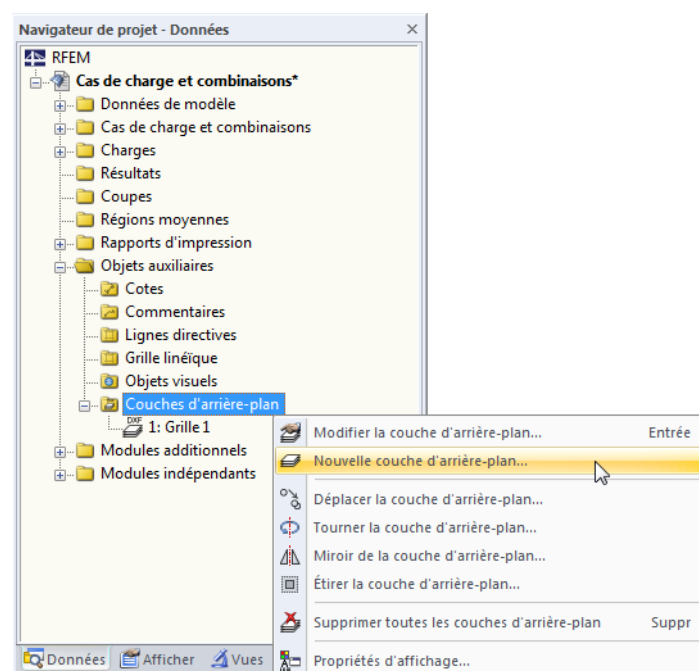


Figure 11.67 : Menu contextuel des Couches d'arrière-plan dans le navigateur *Données*

La boîte de dialogue de Windows *Ouvrir* s'ouvre. Insérer le nom du répertoire et du fichier DXF.



Figure 11.68 : Boîte de dialogue *Ouvrir*



Cliquez sur le bouton [Ouvrir] pour accéder dans la boîte de dialogue *Couche d'arrière-plan*.

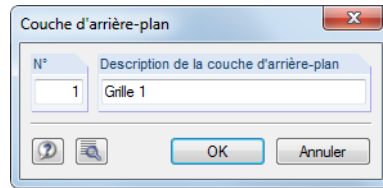


Figure 11.69 : Boîte de dialogue *Couche d'arrière-plan*

Le n° de la couche est attribué par le programme. Dans la section de dialogue *Description de la couche d'arrière-plan*, vous pouvez insérer un nom qui facilite l'attribution plus tard.



Utilisez le bouton [Modifier] figuré à gauche pour accéder aux plus de paramètres d'importation DXF. Vous trouverez les détails de la boîte de dialogue dans la Figure 12.49 à la page 600.

Si vous cliquez sur [OK], RFEM importe la couche qui est affichée en gris dans l'arrière-plan de la fenêtre graphique. Dans le rendu en fil de fer, vous pouvez définir des nœuds, lignes et barres.

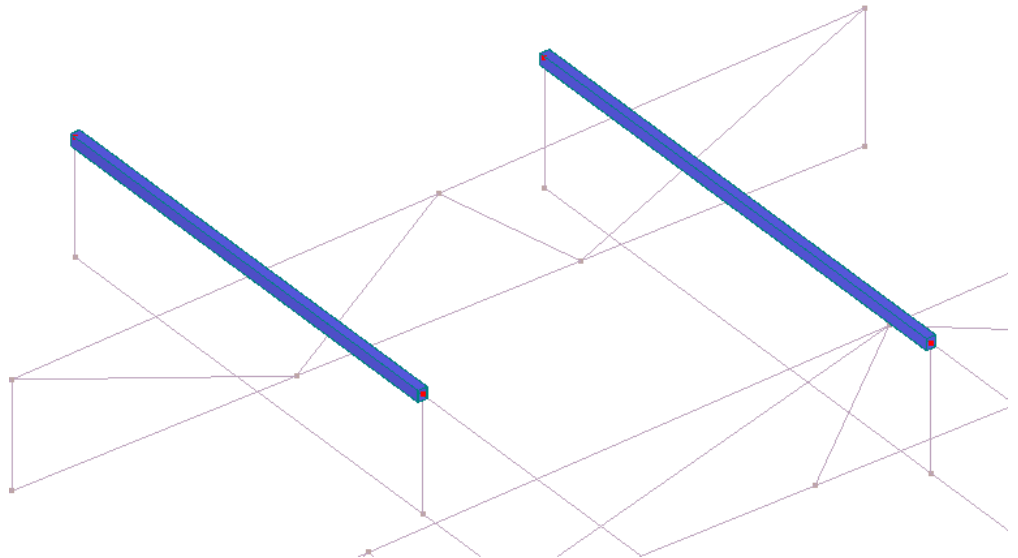


Figure 11.70 : Définition des barres par une couche d'arrière-plan



Assurez-vous que la saisie de l'objet pour les couches d'arrière-plan est activée afin que vous puissiez arranger les objets dans les points disponibles dans la couche. Pour activer la saisie de l'objet pour les points DXF, utilisez le bouton [DXF] dans la barre d'état. Alternativement, sélectionnez *Plan de travail*, *Grille/saisie*, *Saisie des objets*, *Lignes directives* dans le menu *Outils* ou bien utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

La boîte de dialogue *Plan de travail et grille/saisie* s'affiche. Dans l'onglet de dialogue *Couches d'arrière-plan*, vous ne pouvez pas seulement activer la saisie, mais aussi la modifier, supprimer ou cacher et afficher les couches et aussi créer de nouvelles couches (voir la Figure 11.71).

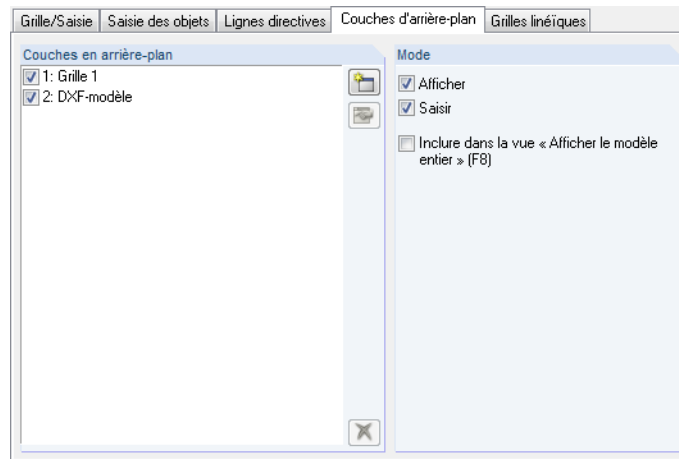


Figure 11.71 : Boîte de dialogue *Plan de travail* et *Grille/Saisie*, onglet *Couches d'arrière-plan* (section de dialogue)

Modifier, supprimer ou copier la couche d'arrière-plan

Pour ouvrir et modifier la boîte de dialogue, cliquez deux fois sur la couche d'arrière-plan ou sur l'entrée correspondante dans le navigateur *Données* (voir la Figure 11.67, page 480). Vous pouvez aussi utiliser l'onglet de dialogue *Couches d'arrière-plan* disponible dans la boîte de dialogue pour les paramètres de plan de travail (voir la Figure 11.71) : Après avoir sélectionné la couche dans la liste, vous pouvez la [Modifier].

Vous pouvez supprimer une couche d'arrière-plan aussi à l'aide du navigateur *Données*.

Pour déplacer, copier ou pivoter une couche d'arrière plan, sélectionnez d'abord la couche. Puis, vous pouvez appliquer la fonction décrite dans le chapitre 11.4.1 à la page 484.

Afficher les couches d'arrière-plan

Le navigateur *Afficher* gère la représentation des couches d'arrière-plan en détail.

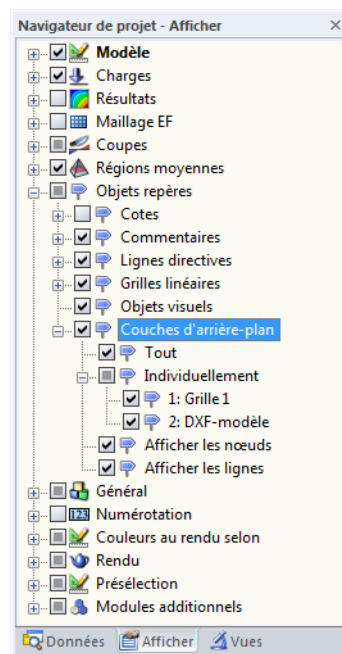


Figure 11.72 : Paramètres de la couche d'arrière-plan dans le navigateur *Afficher*

11.3.11 Facteurs de marges et d'étirement



Dans la plupart de cas, il n'est pas requis de modifier l'arrangement complet de l'écran ou d'échelonner le modèle dans la fenêtre graphique. Mais si vous devez ajuster les paramètres d'affichage globaux,

sélectionnez **Afficher les marges et les facteurs d'étirement** dans le menu **Options** pour ouvrir une boîte de dialogue qui gère les paramètres par défaut.



Boutons de l'élément de menu
Sélectionner la vue

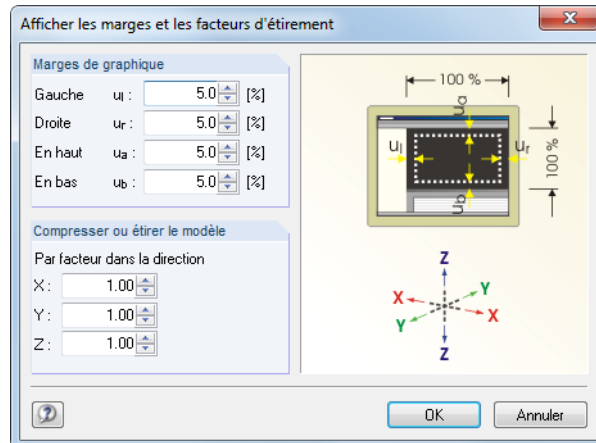


Figure 11.73 : Boîte de dialogue *Afficher les marges et les facteurs d'étirement*

Les paramètres dans la section de dialogue *Marges de graphique* déterminent les distances minimales qui sont prises pour la représentation du modèle sur les quatre côtés des marges de la fenêtre graphique. Les valeurs sont définies en pourcentage et rapportées à la hauteur ou la largeur totale de la fenêtre graphique. Elles ont l'influence quand vous utilisez les boutons de l'élément de menu *Sélectionner la vue* dans le menu *Vue* (voir la figure à gauche) ou la fonction *Afficher le modèle entier* [F8] pour la représentation graphique du remplissage de la fenêtre.

Pour afficher le modèle dans la vue déformée, vous pouvez définir les facteurs inégaux à 1 pour les directions globales dans la section de dialogue *Compresser ou étirer le modèle*. Néanmoins, la personnalisation des paramètres dans cette section de dialogue peut être requise seulement dans des cas exceptionnels. Ils influencent seulement l'affichage du modèle, mais pas la géométrie actuelle. Pour échelonner le modèle, utilisez la fonction *Échelle* disponible dans le menu *Modifier* (voir le chapitre 11.4.5, page 491).

11.4 Fonctions de modification

Utilisez les fonctions de modification graphique pour modifier les objets précédemment sélectionnés dans le graphique. Les objets sélectionnés peuvent être

- déplacés
- copiés
- tournés
- miroités
- projetés
- échelonnés
- allongés
- partagés.

Pour les fonctions CAO décrites dans le chapitre 11.3, aucune sélection n'est nécessaire. Les fonctions décrites sur les pages suivantes vous aideront à modéliser de nouveaux objets.

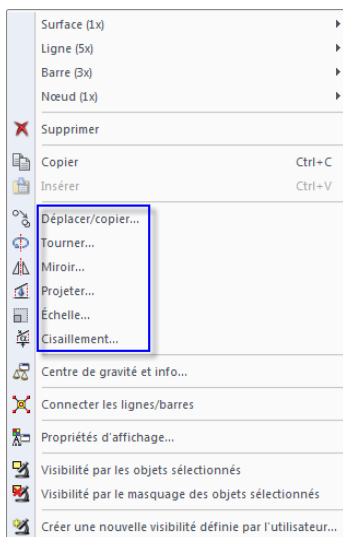
Ce chapitre décrit aussi comment diviser les lignes, placer les commentaires ou modifier les numérotations.

11.4.1 Déplacer et Copier

Pour déplacer ou copier les objets sélectionnés,

sélectionnez **Déplacer/Copier** dans le menu **Modifier**

ou utilisez le menu contextuel de l'objet correspondant. Vous pouvez utiliser aussi le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.



Menu contextuel des objets sélectionnés



Figure 11.74 : Bouton *Déplacer et/ou copier*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

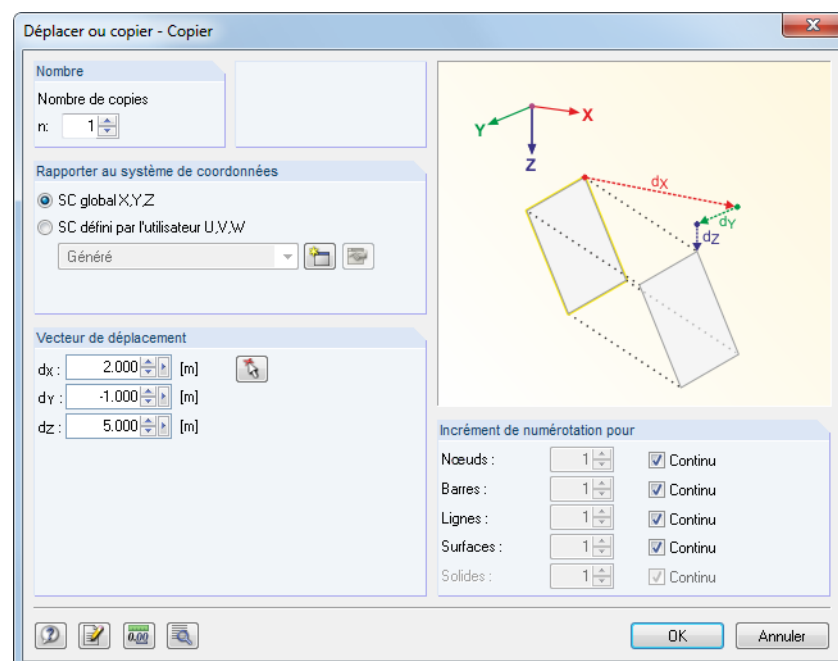


Figure 11.75 : Boîte de dialogue *Déplacer ou copier - Copier*

Quand le *Nombre* de copies est défini à **0**, les objets sélectionnés sont déplacés. Sinon, le nombre inséré de copies est généré.



Avec les options dans la section de dialogue *Rapporter au système de coordonnées*, vous décidez si les objets sont déplacés ou copiés dans le système de coordonnées globales XYZ ou dans le système de coordonnées UVW défini par l'utilisateur (voir 11.3.4, page 465). Le système de coordonnées défini par l'utilisateur peut être sélectionné dans la liste ou créé avec le bouton [Nouveau].



Le *Vecteur de déplacement* est spécifié par les distances d_x , d_y et d_z ou d_u , d_v et d_w pour un système de coordonnées défini par l'utilisateur. Le vecteur peut être déterminé aussi dans la fenêtre graphique à l'aide de la fonction [$\vec{}$] ou en cliquant sur deux points de grille ou nœuds.



Si vous créez des copies, vous pouvez influencer la numérotation de nouveaux nœuds, nouvelles barres, lignes, surfaces et de nouveaux solides dans la section de dialogue *incrément de numérotation pour*.

Cliquez sur le bouton [Modifier] figuré à gauche pour ouvrir une autre boîte de dialogue qui vous offre des options utiles pour le copiage. La même boîte de dialogue est utilisée aussi pour d'autres fonctions comme miroitage, rotation etc.

Paramètres détaillés

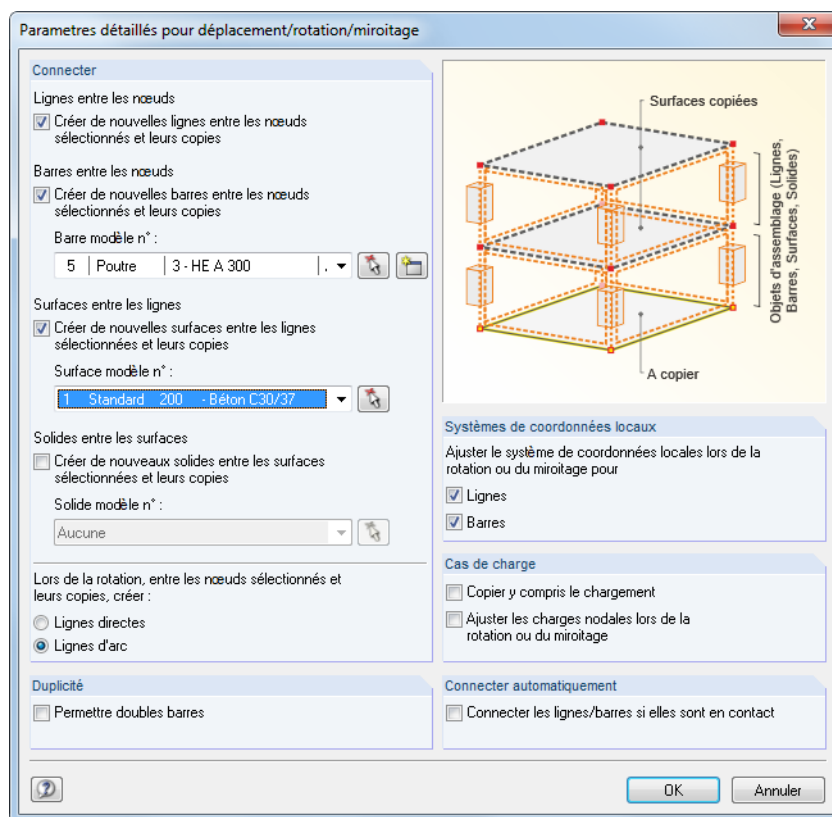


Figure 11.76 : Boîte de dialogue *Paramètres détaillés pour le déplacement/rotation/miroitage*

Connecter

Vous pouvez créer de nouvelles *Lignes* et *Barres* entre les nœuds sélectionnés et leurs copies. En outre, il est possible de générer les *Surfaces* et les *Solides* entre les lignes ou les surfaces sélectionnées et leurs copies.

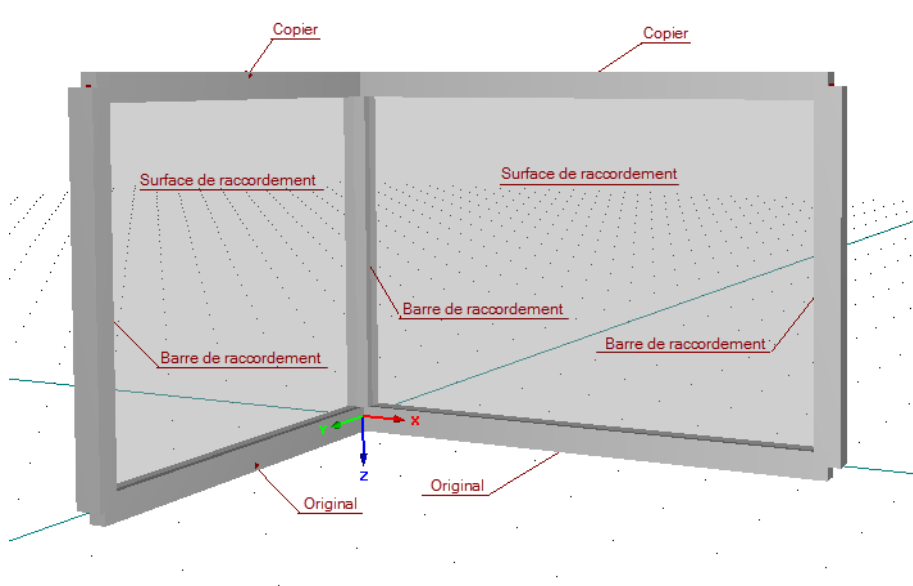


Figure 11.77 : Copiage à l'aide des barres et surfaces de raccordement



Quand une *Barre type*, *Surface type* ou *Solide type* est sélectionné dans la liste ou dans le graphique à l'aide de la fonction [^], ses propriétés sont utilisées pour les objets de connexion.

Duplicité

Des double barres peuvent être créés en les copiant. Utilisez la case pour décider si les barres dépassant sont permises ou fusionnées afin de devenir une seule barre.

Systèmes de coordonnées locales

Vous pouvez ajuster les systèmes de coordonnées locales de ligne ou de barre à la nouvelle position lors de la rotation ou le miroitage.



Souvent, l'ajustement automatique des axes locaux devient important lors du miroitage des objets. Comme l'axe y d'une barre verticale est orienté parallèlement à l'axe global Y (voir le chapitre 4.17, page 156)

En outre, la fonction ajuste les connexions excentriques qui sont définies en direction des axes globaux X, Y et Z.

Cas de charge

Si la case *Copier y compris le chargement* est cochée, les charges agissantes sur les objets sélectionnés seront transférées sur les copies. Veuillez noter que les charges de tous les cas de charge seront copiées, pas seulement les charges du cas de charge actuellement sélectionné.

Les charges nodales ne peuvent être définies qu'en direction des axes globaux X,Y,Z. Si vous voulez influencer la direction des charges nodales lors de copiage des surfaces ou des barres, utilisez la case *Ajuster les charges nodales lors de la rotation ou du miroitage*. Quand elle est cochée, RFEM convertit les charges comme des charges concentrées locales à la nouvelle position (voir la figure ci-dessous). Dans ce cas, avant de tourner ou de miroiter, assurez-vous que les barres sont sélectionnées ensemble avec les charges nodales. Si la case est décochée, la direction globale de la charge sera tenue.

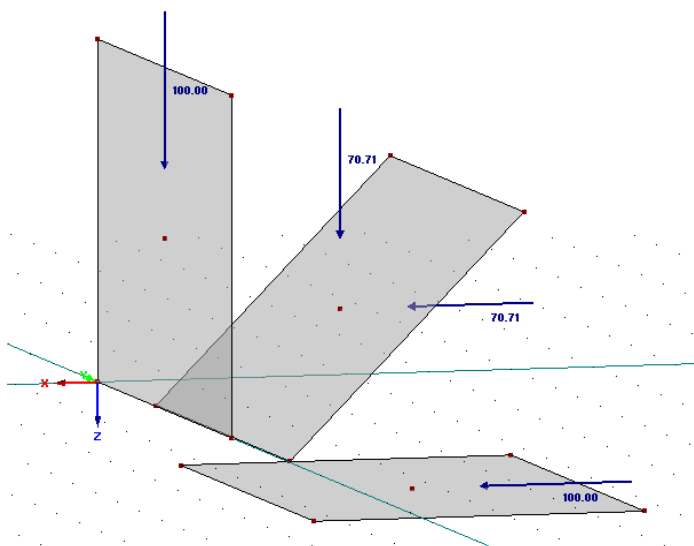


Figure 11.78 : Charges nodales ajustées lors de la rotation deux fois de 45°

Connecter automatiquement

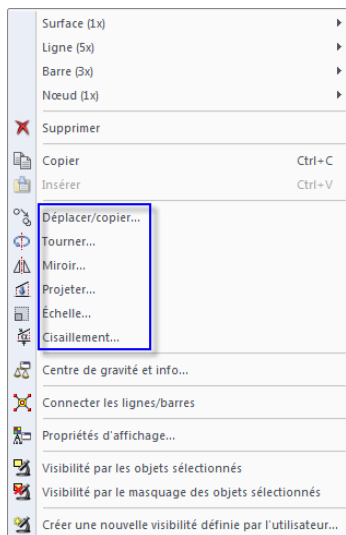
Utilisez la case pour décider si les copies des lignes et des barres seront connectées automatiquement aux lignes et aux barres déjà existantes. Quand la case est cochée, un nœud est créé au point d'intersection.

11.4.2 Faire tourner

Pour tourner les objets sélectionnés autour d'un axe particulier,

sélectionnez **Tourner** dans le menu **Modifier**,

utilisez le menu contextuel de l'objet correspondant ou le bouton figuré à gauche.



Menu contextuel des objets sélectionnés



Figure 11.79 : Bouton Tourner

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

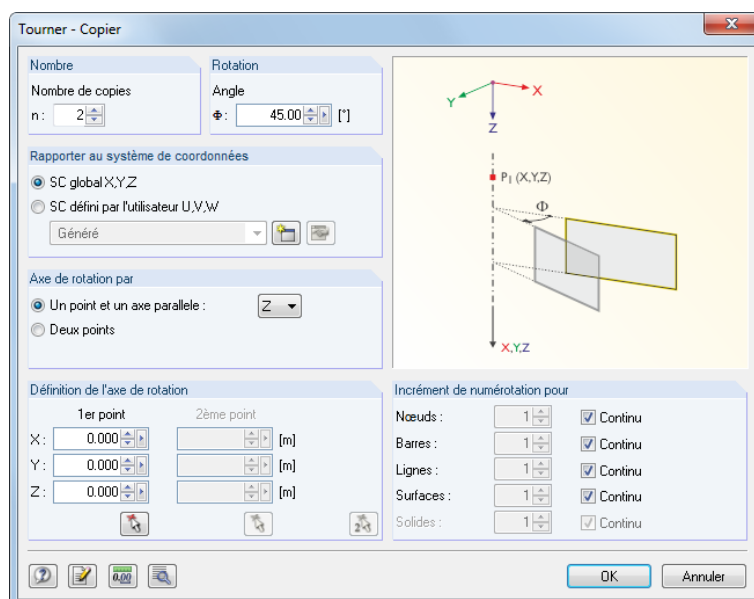


Figure 11.80 : Boîte de dialogue Tourner - Copier

Quand vous définissez le *Nombre de copies* à **0**, les objets sélectionnés sont tournés. Sinon, le nombre inséré de copies est généré.

Insérez l'angle de rotation dans la section de dialogue *Rotation*. L'angle est rapporté à un système de coordonnées qui est orienté dans le sens des aiguilles d'une montre.

L'*Axe de rotation* peut être défini de deux manières :

- L'axe de rotation va parallèlement à un axe du système d'axe global XYZ. Dans ce cas, activez la première option et sélectionnez l'axe correspondant de la liste à droite. Puis, dans la section de dialogue *Définition de l'axe de rotation*, spécifiez un point qui est intersecté par l'axe de rotation.
- L'axe de rotation se trouve n'importe où dans le plan de travail. Dans ce cas, activez la deuxième option. Puis, dans la section de dialogue *Définition de l'axe de rotation*, spécifiez deux points définissant l'axe de rotation.

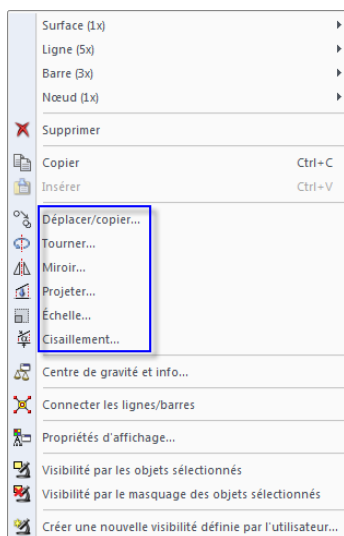
Si vous créez les copies, vous pouvez influencer la numérotation de nouveaux objets dans la section de dialogue *Incrément de numérotation pour*.

Utilisez le bouton [Modifier] figuré à gauche pour ouvrir une autre boîte de dialogue avec les options utiles qui sont décrites dans le chapitre 11.4.1 à la page 485. Avec les entrées dans la boîte de dialogue pour les paramètres détaillés, vous pouvez déterminer si les lignes de connexion créées lors du copiage sont générées comme des lignes directes ou comme des arcs.

11.4.3 Miroir

Pour miroiter les objets sélectionnés dans un plan,
sélectionnez **Miroiter** dans le menu **Modifier**

ou utilisez le menu contextuel de l'objet correspondant. Vous pouvez utiliser aussi le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.



Menu contextuel des
objets sélectionnés



Figure 11.81 : Bouton *Miroir*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

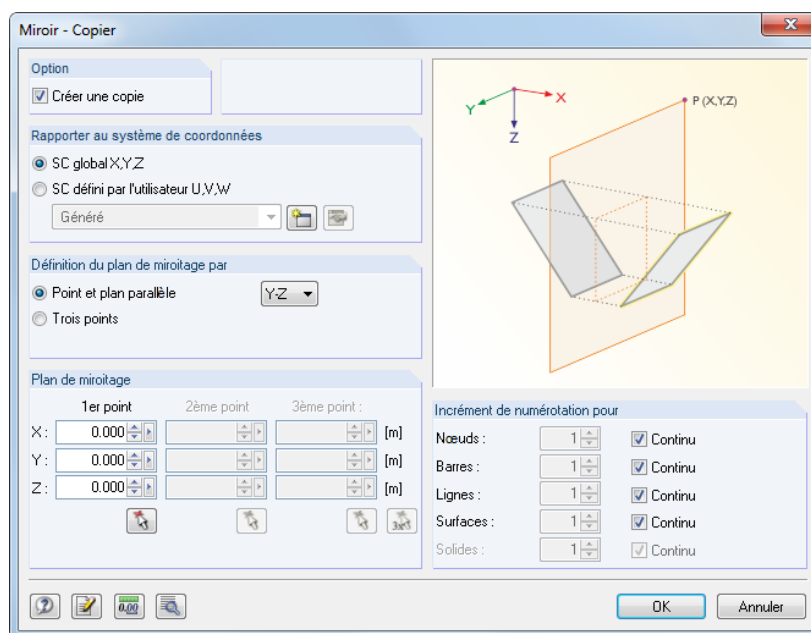


Figure 11.82 : Boîte de dialogue *Miroiter - Copier*

Pour maintenir l'objet d'origine, cochez la case *Créer une copie*.

Le *Plan de miroitage* peut aussi être défini de deux manières :

- Le plan de miroitage va parallèlement à un plan qui est formé par les axes du système d'axes globaux XYZ. Dans ce cas, activez la première option et sélectionnez le plan correspondant de la liste à droite. Puis, dans la section de dialogue *Plan de miroitage*, insérez un point qui se trouve dans le plan défini ci-dessus.
- Le plan de miroitage se trouve n'importe où dans le plan de travail. Dans ce cas, activez la deuxième option. Puis, dans la section de dialogue *Plan de miroitage*, insérez trois points qui définissent le plan.

Si vous créez une copie, vous pouvez influencer la numérotation de nouveaux objets dans la section de dialogue *Incrément de numérotation pour*.

Utilisez le bouton [Modifier] figuré à gauche pour ouvrir une autre boîte de dialogue avec les options utiles qui sont décrites dans le chapitre 11.4.1 à la page 485.

11.4.4 Projection

Utilisez cette fonction pour projeter les objets sélectionnés dans un plan. Ainsi, vous pouvez ajuster par exemple l'angle d'inclinaison des poutres horizontales ou des chevrons.

Exemple

Une barre est projetée en direction de l'axe X dans le plan YZ.

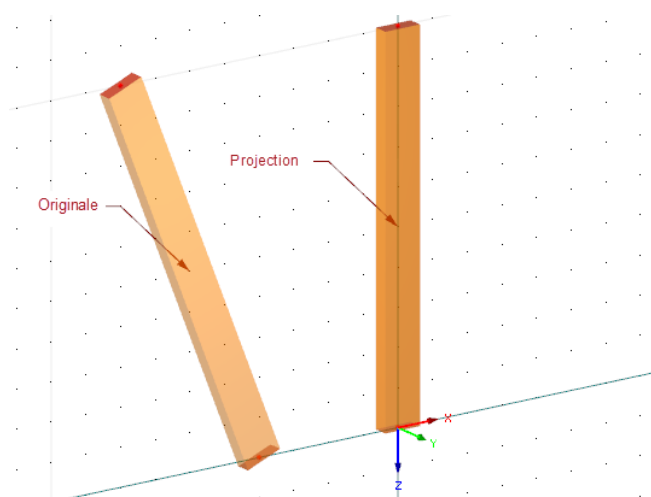
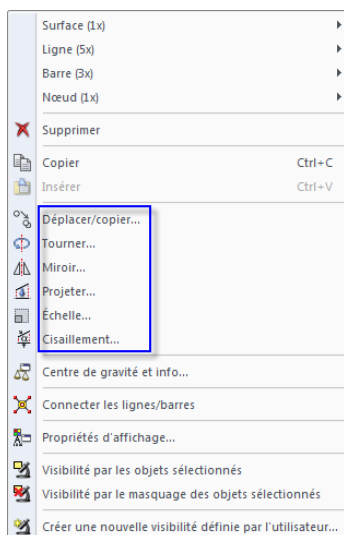


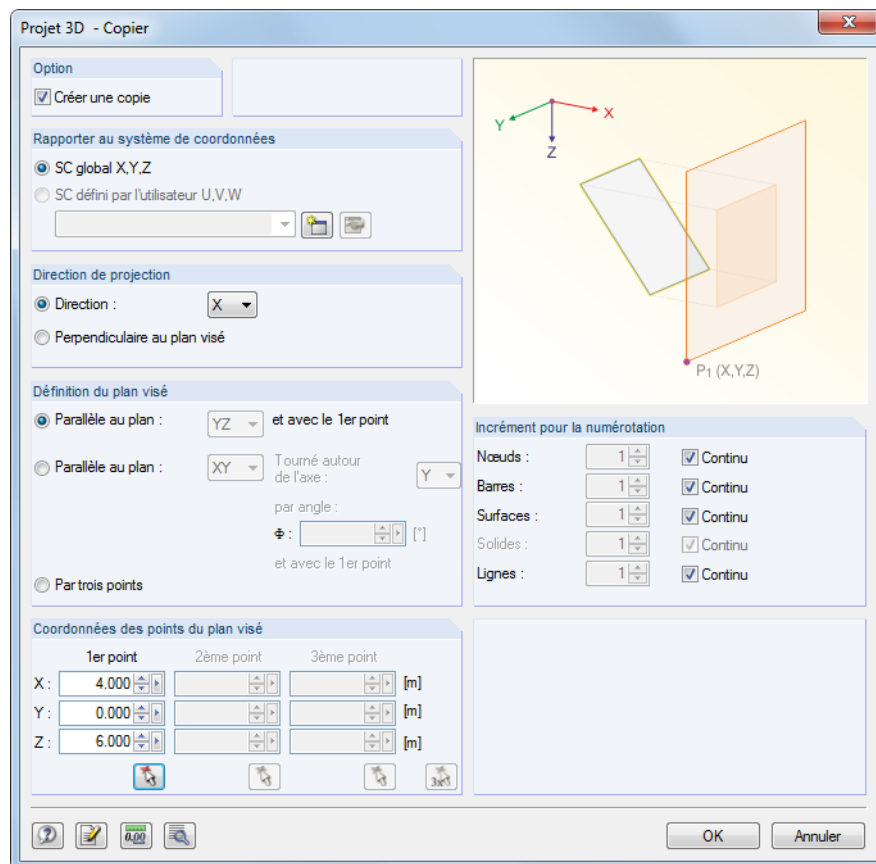
Figure 11.83 : Barre d'origine et copie projetée dans le plan YZ

Pour ouvrir la boîte de dialogue pour insérer les paramètres de projection, sélectionnez **Projet** dans le menu **Modifier** ou utilisez le menu contextuel des objets sélectionnés.



Menu contextuel des objets sélectionnés



Figure 11.84 : Boîte de dialogue *Projet 3D - Copie*

Pour maintenir l'objet d'origine, cochez la case *Créer une copie*.

Dans la section de dialogue *Direction de projection*, vous pouvez décider si les objets sont projetés en direction d'un axe global (X, Y ou Z) ou perpendiculairement à un plan visé.

Le *Plan visé* peut être défini de trois manières :

- Le plan visé va parallèlement à un plan qui est formé par les axes du système d'axes globaux X,Y,Z. Dans ce cas, activez la première option et sélectionnez le plan correspondant de la liste à droite. Puis, dans la section de dialogue *Coordonnées des points du plan visé*, insérez un point qui se trouve dans le plan défini ci-dessus.
- Le plan visé va parallèlement à un plan qui est formé par les axes du système d'axes globaux XYZ, mais est additionnellement tourné autour d'un des axes. Dans ce cas, activez la deuxième option. Dans la liste à droite, sélectionnez le plan correspondant et spécifiez l'axe et l'angle de rotation. Puis, dans la section de dialogue *Coordonnées des points du plan visé*, insérez un point qui se trouve dans le plan défini ci-dessus.
- Le plan visé se trouve n'importe où dans le plan de travail. Dans ce cas, activez la troisième option. Puis, dans la section de dialogue *Coordonnées des points du plan visé*, définissez le plan à l'aide des trois points.

Si vous créez une copie, vous pouvez influencer la numérotation de nouveaux objets dans la section de dialogue *Incrément pour la numérotation*.

Utilisez le bouton [Modifier] figuré à gauche pour ouvrir une autre boîte de dialogue avec les options utiles qui sont décrites dans le chapitre 11.4.1 à la page 485.

11.4.5 Echelle

Utilisez cette fonction pour échelonner les objets sélectionnés par rapport à un point.

Exemple

Une surface quadrangulaire est mise à l'échelle à partir de l'origine dans toutes les directions par le facteur 2.

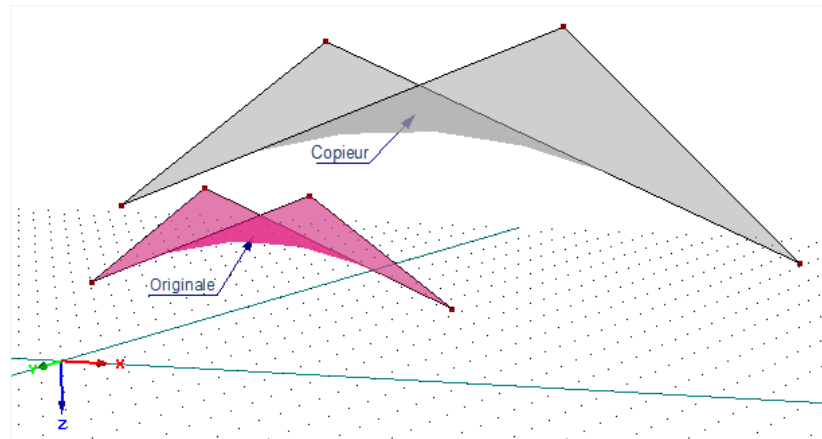


Figure 11.85 : Surface d'origine et copie mise à l'échelle



Pour ouvrir la boîte de dialogue afin d'insérer les paramètres de mise à l'échelle, sélectionnez **Échelle** dans le menu **Modifier**

ou utilisez le menu contextuel des objets sélectionnés (voir la figure dans la marge à gauche de la Figure 11.83).

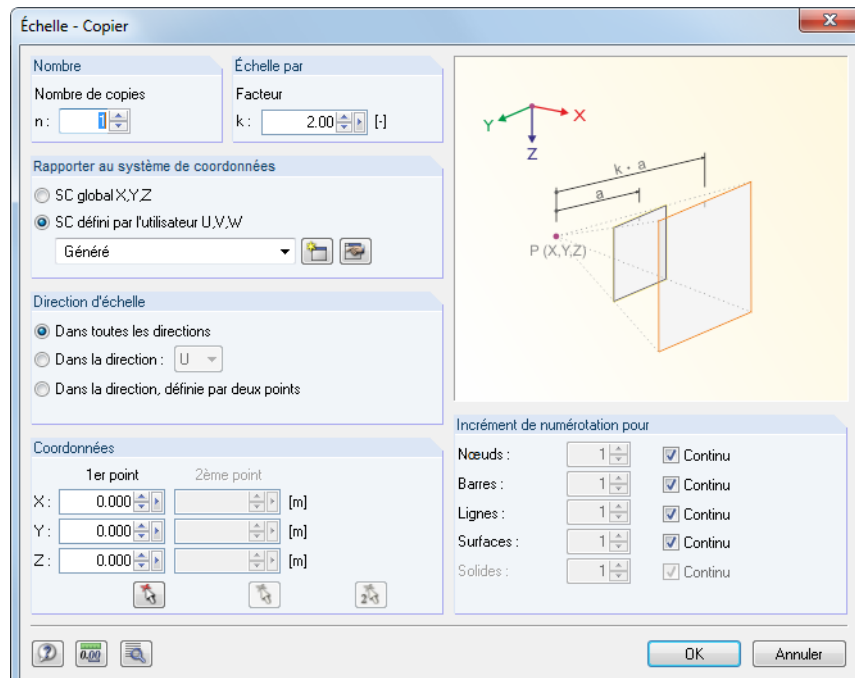


Figure 11.86 : Boîte de dialogue *Échelle - Copier*

Quand le *Nombre* de copies est défini à **0**, les objets sélectionnés sont mis à l'échelle. Sinon, le nombre inséré de copies est généré.

La section de dialogue *Echelle par* gère le facteur de mise à l'échelle *k* (voir le graphique dans la boîte de dialogue).

Il y a trois possibilités disponibles pour la sélection afin de définir la *Direction d'échelle* :



Dans toutes les directions en X,Y,Z	<u>Toutes les</u> coordonnées de l'objet (X, Y et Z) seront mises à l'échelle par rapport au point d'origine défini dans la section de dialogue <i>Coordonnées</i> .
Dans la direction : X / Y / Z	Vous définissez l'un des axes globaux. Seulement les coordonnées de l'objet de l'axe global <u>sélectionné</u> seront mises à l'échelle par rapport au point d'origine défini dans la section de dialogue <i>Coordonnées</i> .
Dans la direction, définie par deux points	Dans la section de dialogue <i>Coordonnées</i> , spécifiez un vecteur par insérer deux points. Les objets seront mis à l'échelle en direction du vecteur.



Tableau 11.7 : Section de dialogue *Direction d'échelle*

Si vous créez une copie, vous pouvez influencer la numérotation de nouveaux objets dans la section de dialogue *Incrément de numérotation pour*.

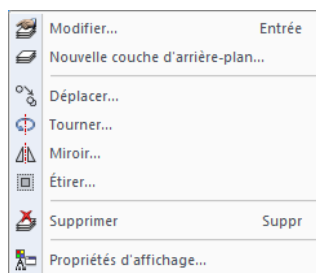


Utilisez le bouton [Modifier] figuré à gauche pour ouvrir une autre boîte de dialogue avec les options utiles qui sont décrites dans le chapitre 11.4.1 à la page 485.

Vous pouvez aussi échelonner les couches d'arrière-plan. Pour accéder à la fonction correspondante,

pointez sur **Couches d'arrière-plan** dans le menu **Modifier** et puis, sélectionnez **Étirer** ou utilisez le menu contextuel des couches d'arrière-plan dans le navigateur *Données*.

Dans la boîte de dialogue *Sélectionner la couche d'arrière-plan*, spécifiez d'abord la couche correspondante. Puis, vous pouvez définir le facteur d'étirement dans la boîte de dialogue *Étirer la couche d'arrière-plan*.



Menu contextuel des couches d'arrière-plan

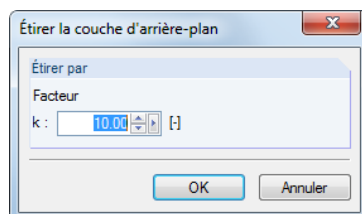


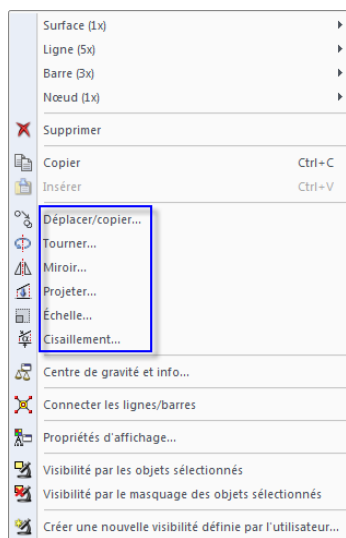
Figure 11.87 : Boîte de dialogue *Étirer la couche d'arrière plan*

11.4.6 Décalage

La fonction tourne les objets autour d'un axe et ajuste seulement les coordonnées d'une seule direction. Vous pouvez utiliser la fonction de décalage par exemple pour déplacer les barres horizontales dans le plan d'inclinaison d'une toiture. Les longueurs de barre seront ajustées, les composantes horizontales des coordonnées restent inchangées.

Avant d'utiliser cette fonction, sélectionnez les ensemble de barres avec les nœuds qui leur appartiennent.

Pour ouvrir la boîte de dialogue afin d'insérer les paramètres de décalage, sélectionnez **Décalage** dans le menu **Modifier** ou utilisez le menu contextuel des objets sélectionnés.



Menu contextuel des objets sélectionnés

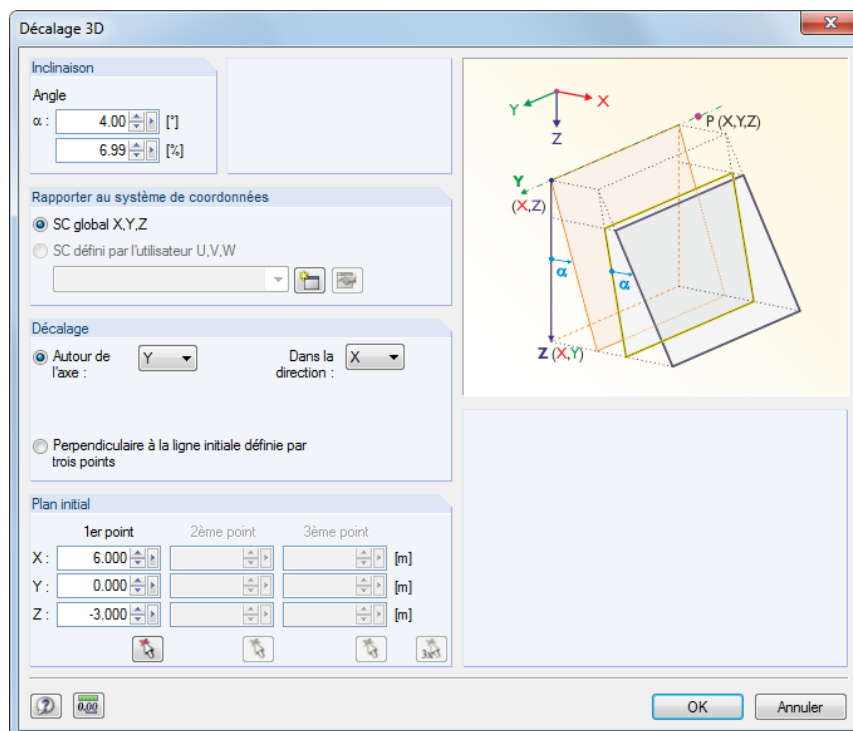


Figure 11.88 : Boîte de dialogue *Décalage 3D*

Dans la section de dialogue *Inclinaison*, insérez l'angle de rotation en [°] ou [%].

Les paramètres pour le *Décalage* peuvent être définis de deux manières :

- L'axe de rotation va parallèlement à un plan qui est formé par les axes du système d'axes globaux XYZ. Dans ce cas, activez l'option *Autour de l'axe* et sélectionnez l'axe de rotation correspondant de la liste à droite. Puis, dans la liste *Dans la direction*, sélectionnez l'axe global qui correspond à l'ajustement des coordonnées du nœud. Finalement, dans la section de dialogue *Plan initial*, insérez le point de rotation.
- L'axe de rotation se trouve n'importe où dans le plan de travail. Dans ce cas, activez la deuxième option. Puis, dans la section de dialogue *Plan initial*, définissez les deux points de l'axe de rotation et un autre point pour déterminer le plan. Vous pouvez sélectionner les points aussi graphiquement à l'aide des boutons [↵].



11.4.7 Diviser les lignes et les barres

Les lignes et les barres peuvent être divisées rapidement : Cliquez sur l'objet par le bouton droit et sélectionnez *Diviser la ligne* ou *Diviser la barre* dans le menu contextuel.

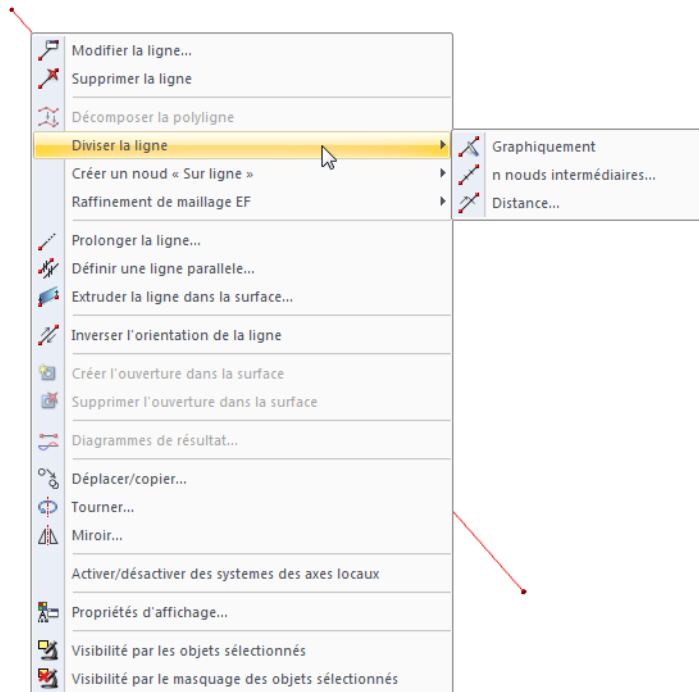


Figure 11.89 : Menu contextuel *Diviser la ligne*

L'élément de menu vous offre trois options de division.

Graphiquement

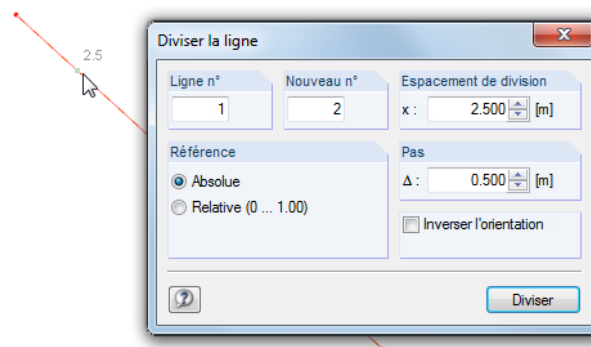


Figure 11.90 : Boîte de dialogue *Diviser la ligne*

La boîte de dialogue *Diviser la ligne* s'affiche. Quand vous déplacer le pointeur le long de la ligne, il sera saisi aux distances spécifiées dans la section de dialogue *Pas*. Cliquez pour définir le point de division. La *Référence* des espacements de division peut être définie en distances absolues ou relativement à la longueur totale.

Vous pouvez aussi insérer l'*Espacement de division* directement. Avant d'insérer l'espacement, spécifiez la ligne que vous voulez diviser et le numéro de la nouvelle ligne dans les champs d'entrée *Ligne n°* et *Nouveau n°*. Si vous voulez rapporter l'espacement de division à la fin de la ligne, vous pouvez changer l'orientation de ligne avec la case *Inverser l'orientation*.

n nœuds intermédiaires

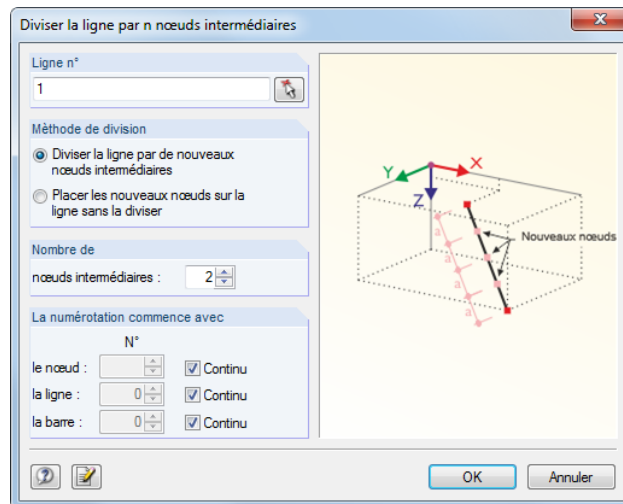


Figure 11.91 : Boîte de dialogue *Diviser la ligne par n nœuds intermédiaires*

Utilisez cette fonction pour diviser la ligne de façon équidistante en plusieurs parties de ligne. Dans la section de dialogue *Nombre de*, vous pouvez définir le nombre de *nœuds intermédiaires* pour la division de la barre.

Décidez si vous voulez diviser la ligne en lignes « réelles » par *de nouveaux nœuds intermédiaires* ou bien maintenir la ligne pendant que RFEM crée les *nœuds sur la ligne* avec des espacements équidistants. D'habitude, la division réelle est préférée. Néanmoins, si vous voulez modifier le cours de la ligne B-Spline lors de la division de la ligne, le meilleur choix est la deuxième option.

Dans la section de dialogue *La numérotation commence avec*, vous pouvez influencer la numérotation des nouveaux nœuds, des nouvelles lignes et barres.

Distance

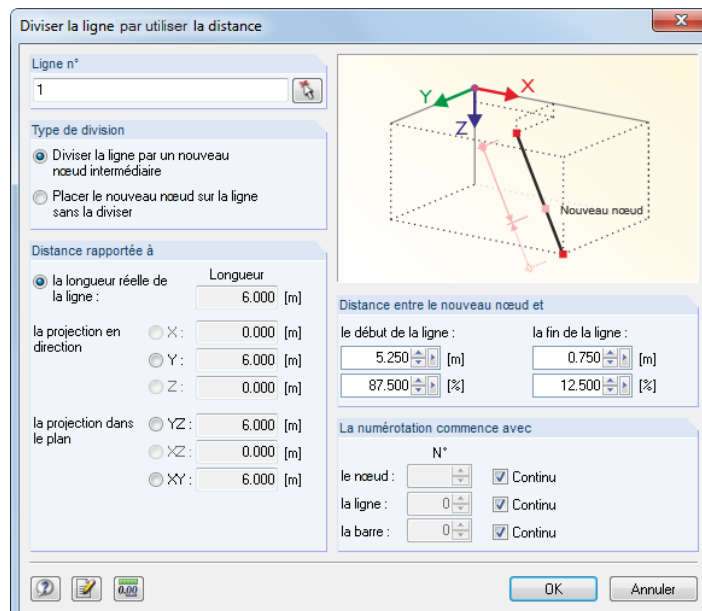


Figure 11.92 : Boîte de dialogue *Diviser la ligne par utiliser la distance*

Utiliser cette fonction pour générer un nœud de division à un endroit particulier de la ligne.

La ligne est soit divisée en lignes « réelles » par un *nouveau nœud intermédiaire* ou bien maintenue pendant que RFEM crée un *nouveau nœud sur la ligne*.

Les paramètres dans la section de dialogue *Distance rapportée* gèrent la référence de la distance de division. La distance peut être rapportée à la longueur de ligne réelle (cas normal) ou à la projection.

La *Distance entre le nouveau nœud* et le nœud de début ou de fin de la ligne est à spécifier comme une valeur absolue ou relativement à la longueur totale. Les quatre champs d'entrée sont interactifs.



Pour l'insertion de la distance, il est important de connaître l'orientation de la ligne ou de la barre. Les orientations et les systèmes d'axe des lignes et des barres peuvent être activés et désactivés dans le menu contextuel ou dans le navigateur *Afficher* (voir la Figure 4.26, page 53 et la Figure 4.158, page 155).

La section de dialogue *Numérotation démarre avec* gère la numérotation de nouveaux objets.

11.4.8 Lignes et barres de connexion

Utilisez cette fonction pour connecter les lignes et les barres qui s'intersectent l'une l'autre mais n'ont pas de nœud commun.

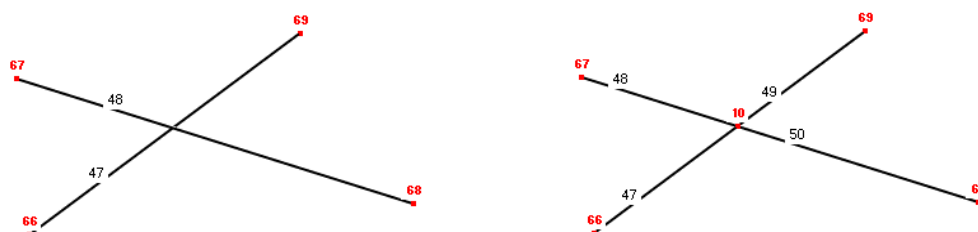


Figure 11.93 : Original à gauche (intersection, lignes non connectées) et résultat à droite (lignes connectées)



Pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez **Connecter lignes/barres** dans le menu **Outils**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.



Figure 11.94 : Bouton Connecter les lignes ou les barres

Atteignez la fenêtre graphique et dessinez une fenêtre à travers la zone où vous voulez connecter les lignes ou les barres. Il n'est pas nécessaire d'inclure les objets complètement.

De plus, la fonction peut être utilisée pour déterminer le point d'intersection d'une ligne perçant une surface.

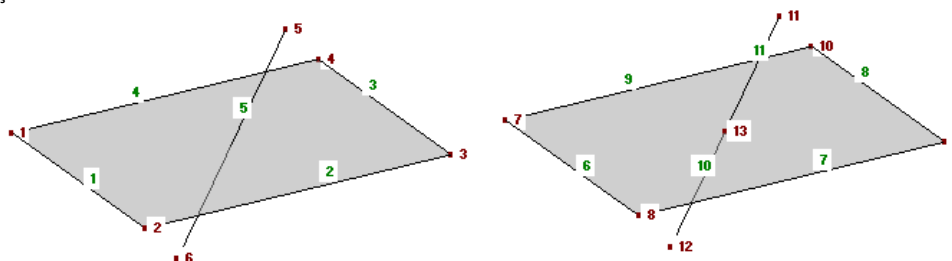


Figure 11.95 : Création d'un point d'intersection entre la ligne et la surface : original (à gauche) et résultat (à droite)

La fonction Connexion automatique est prédéfinie pour déterminer de nouvelles lignes ou barres graphiquement, comme affiché dans la figure ci-dessous. Mais les nœuds de connexion ne seront créés que quand les lignes/barres sont connectées aux autres lignes/barres c'est-à-dire quand elles finissent sur l'objet correspondant. Ainsi, quand vous définissez les diagonales se croisant, aucun nœud d'intersection ne sera généré.



Dans la boîte de dialogue *Nouvelle ligne* ou *Nouvelle barre*, vous pouvez utiliser le bouton [Détails] pour déterminer si les lignes ou les barres sont connectées automatiquement quand elles sont générées.

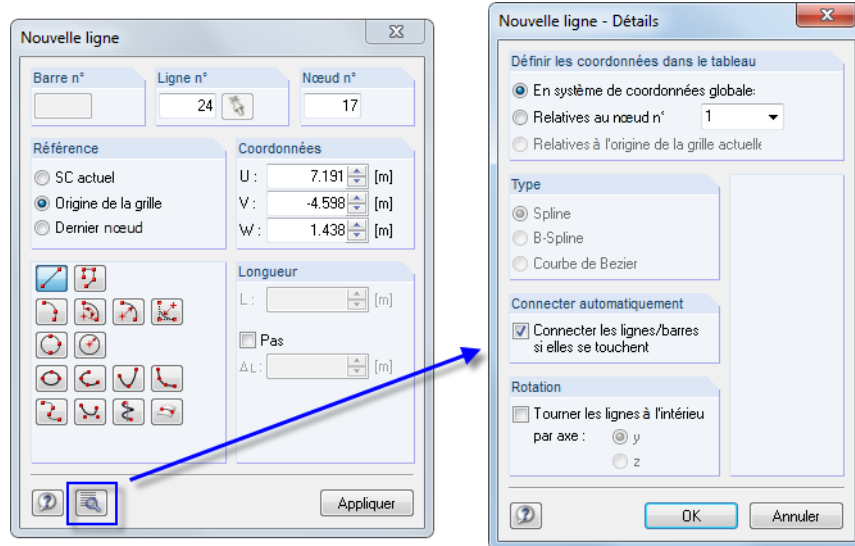


Figure 11.96 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne - Détails*

11.4.9 Fusionner les lignes et les barres

Les lignes ou les barres qui sont connectées les unes aux autres peuvent être unifiées afin de former une seule ligne ou barre. Cette fonction n'est disponible que dans le menu contextuel des nœuds de division. Cliquez sur le bouton droit de la souris sur le nœud de division pour ouvrir son menu contextuel.

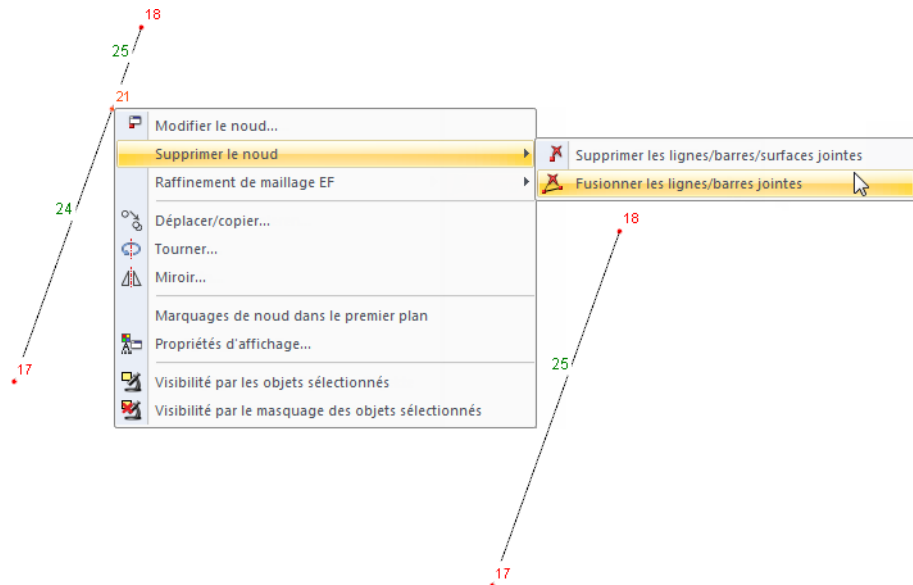
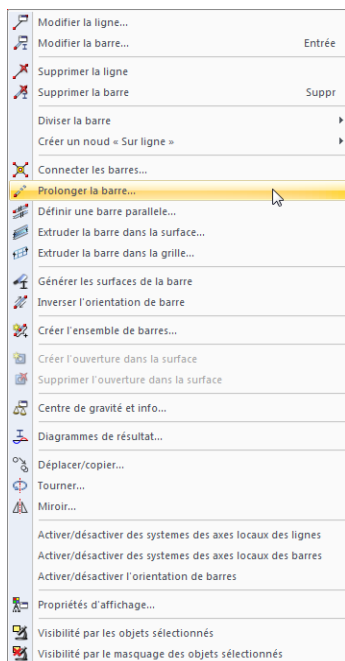


Figure 11.97 : Menu contextuel *Supprimer le nœud* → *Fusionner les lignes/barres jointes* et le résultat (à droite)

Le menu contextuel vous offre de nombreuses options pour la fonction *Supprimer le nœud* tandis que la touche [Suppr] supprime simplement le nœud sélectionné et en conséquence, les lignes, barres et surfaces connectés. Mais ces options spéciales sont prévues seulement pour les nœuds dans lesquels exactement deux lignes ou deux barres sont connectées.

Si les lignes ou les barres ne se trouvent pas sur une ligne directe, RFEM crée une nouvelle ligne ou barre entre les nœuds de bord lors de la fusion.



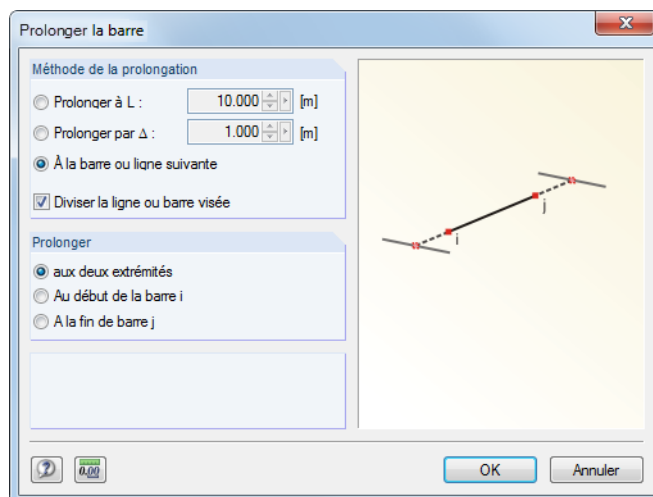
Menu contextuel de la barre

11.4.10 Prolonger les lignes et les barres

Utilisez cette fonction pour ajuster la longueur d'une ligne ou d'une barre ou bien pour prolonger la ligne jusqu'à ce qu'elle atteigne une autre ligne.

Pour accéder à la fonction prolonger, utilisez le menu contextuel de ligne (voir la Figure 11.89, page 494) ou le menu contextuel de la barre figuré à gauche.

La boîte de dialogue *Prolonger la ligne* ou *Prolonger la barre* s'ouvre.

Figure 11.98 : Boîte de dialogue *Prolonger la barre*

La section de dialogue *Méthode de prolongation* vous offre trois options :

- *Prolonger à L* modifie la longueur totale de la ligne ou de la barre à une longueur que vous spécifiez dans le champ d'entrée.
- *Prolonger par Δ* étend un côté de la barre ou les deux côtés de la barre d'une valeur spécifiée ou raccourcit les côtés si la valeur dans le champ d'entrée est négative.
- Sélectionnez *A la barre ou ligne suivante* pour prolonger l'objet à la ligne la plus proche qui intersecte la ligne directe étendue de la ligne ou de la barre. Quand la case *Diviser la barre ou la ligne visée* est cochée, les objets seront connectés automatiquement.

Spécifiez la direction de l'extension dans la section de dialogue suivante : L'option *Aux deux extrémités* résulte en une extension aux deux extrémités de la barre. Avec ces paramètres, vous pouvez soit rapporter la longueur totale L au centre de la ligne ou de la barre soit prolonger la ligne sur les deux côtés par une valeur Δ ou jusqu'à ce que les deux lignes suivantes ne soient attendues. Alternativement, utilisez les options *Au début de la barre i* ou *A la fin de la barre j* pour ajuster la longueur de la ligne ou de la barre seulement d'un côté.

L'affichage des orientations de la ligne ou de la barre peut être défini dans le navigateur *Afficher* (voir la Figure 4.26 à la page 53).

11.4.11 Joindre les barres

Contrairement aux barres de connexion (voir le chapitre 11.4.8, page 496), la fonction ne nécessite pas un point d'intersection commun. Ainsi, les barres libres disponibles à une certaine distance d'une barre peuvent être connectées aux nœuds de cette barre. Néanmoins, si vous voulez connecter la barre par extension de la barre, utilisez la fonction *Prolonger la barre* (voir le chapitre 11.4.10).



Pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez **Connecter les barres** dans le menu **Outils**.

La boîte de dialogue suivante s'ouvre.

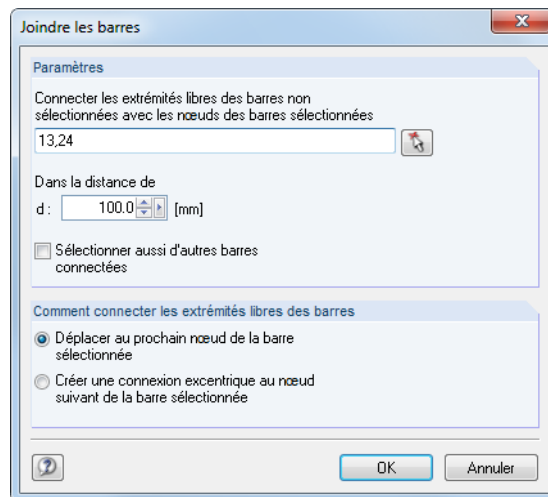


Figure 11.99 : Boîte de dialogue *Joindre les barres*



Dans la section de dialogue *Paramètres*, insérez le numéro de la barre aux nœuds de laquelle vous voulez connecter les barres libres. Vous pouvez aussi sélectionner la barre graphiquement à l'aide de la fonction [↖]. Le champ d'entrée suivant spécifie la *distance* qui représente la circonférence dans laquelle RFEM recherche les extrémités de barre libres. Si la case *Sélectionner aussi d'autres barres connectées* est cochée, RFEM inclut aussi les barres qui sont connectées avec une barre déjà sélectionnée dans la liste de barre du champ d'entrée précédent.

Dans la section de dialogue *Comment connecter les extrémités libres des barres*, vous décidez comment RFEM connecte les extrémités libres des barres aux barres sélectionnées : Vous pouvez soit les déplacer aux nœuds des barres sélectionnées soit les connecter par des connexions excentriques.

11.4.12 Insérer un nœud

Utilisez cette fonction pour créer un nouveau nœud entre n'importe quels deux nœuds. De cette façon, il n'est pas nécessaire de définir une ligne et de la diviser par un nœud intermédiaire (voir le chapitre 11.4.7, page 494).

Pour accéder à la fonction correspondante,

pointez sur **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, sélectionnez **Nœuds** et cliquez sur **Nœud entre deux points**

ou utilisez le bouton de liste [Nouveau nœud] dans la barre d'outils.

Sélectionnez deux points (nœuds, points de grille, n'importe quels points) l'un après l'autre dans la fenêtre graphique. Puis, la boîte de dialogue suivante s'affiche :

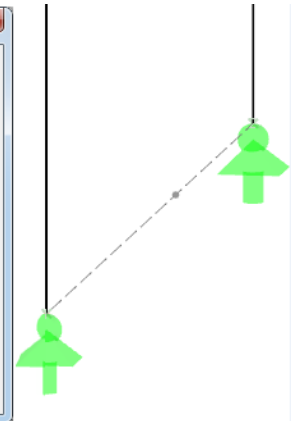
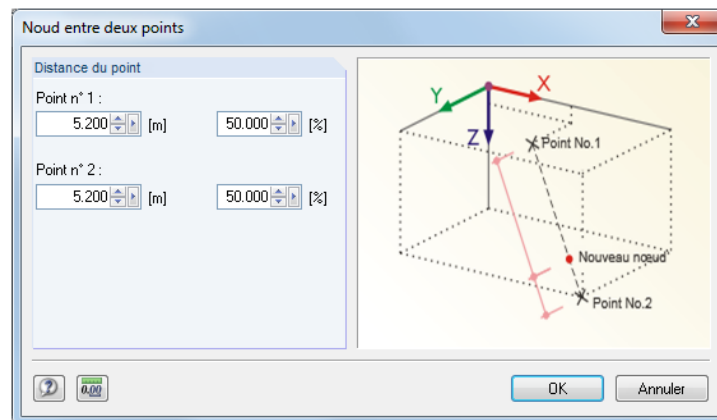
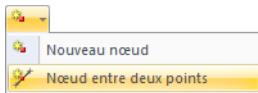


Figure 11.100 : Boîte de dialogue *Nœud entre deux points*

La *Distance du point* peut être définie dans les valeurs absolues ou relatives. La fenêtre graphique vous montre immédiatement les modifications. Pour créer le nouveau nœud, cliquez sur [OK].

11.4.13 Insérer une barre

Sur une barre existante, il est possible de définir une section qui a différentes propriétés de section. La barre d'origine sera divisée par deux nœuds intermédiaires.

Pour accéder à la fonction correspondante,

pointez sur **Données de modèle** dans le menu **Insérer** et puis, sélectionnez **Barres** et **Graphiquement** et cliquez sur **Barre insérée**.

Après avoir sélectionné la barre correspondante dans la fenêtre graphique, la boîte de dialogue suivante s'affiche :

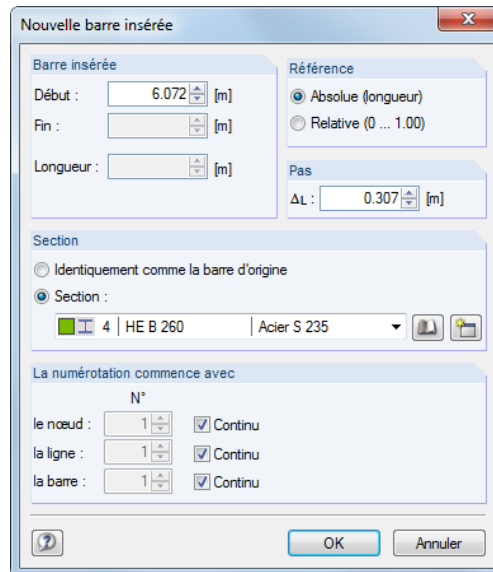


Figure 11.101 : Boîte de dialogue *Nouvelle barre insérée*

Définissez les deux points de division par un clic de la souris dans la fenêtre graphique. Une croix à la position du pointeur indique le point de division actuel de la barre. Les distances affichées lors de déplacement du pointeur le long de la barre sont gérées par le champ d'entrée *Pas*.

Les positions x des nœuds de début et de fin sont affichées dans les champs d'entrée de la section de dialogue *Barre insérée* où elles peuvent être modifiées, si nécessaire. La *Longueur* de la barre intermédiaire est affichée sur la ligne suivante.

Avec les options dans la section de dialogue *Référence* vous décidez si les espacements de division sont rapportés aux longueurs absolues ou aux distances relatives à partir du début de la barre.

La *Section* peut être acceptée ou assignée comme une nouvelle section sélectionnée de la liste des sections déjà définies. Avec les boutons figurés à gauche, vous pouvez créer une [Nouvelle] section ou bien sélectionner une section de la [Bibliothèque].

La section de dialogue *Numérotation démarre avec* gère la numérotation de nouveaux objets.

11.4.14 Attribution graphique des propriétés de la barre

Utilisez cette fonction pour transférer les critères de définition des barres pour la section, articulation et excentricité graphiquement aux barres déjà générées.



Pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez les **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, pointez sur **Barres** et sélectionnez **Assigner les propriétés de barre aux barres graphiquement** ou bien

ouvrez le menu **Modifier**, pointez sur les **Données de modèle** et **Barres** et puis, sélectionnez **Assigner les propriétés de barre aux barres graphiquement**.

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

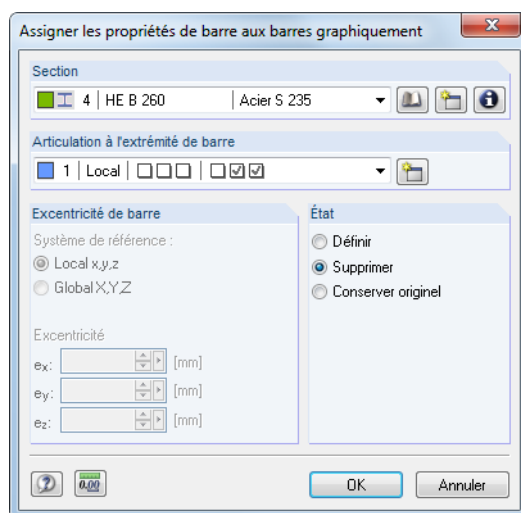


Figure 11.102 : Boîte de dialogue *Assigner les propriétés de barres aux barres graphiquement*



Sélectionnez la *Section* de la liste ou bien utilisez les boutons figurés à gauche pour sélectionner la section de la [bibliothèque] ou pour créer une [Nouvelle] section. Si nécessaire, vous pouvez définir l'*Articulation à l'extrémité de barre* avec une liste, mais il est aussi possible de créer un [Nouveau] type d'articulation (voir le chapitre 4.14, page 137).

Vous pouvez rapporter l'*Excentricité de barre* au système d'axes locaux de la barre xyz ou au système d'axes globaux XYZ. Si nécessaire, définissez l'excentricité dans les champs d'entrée correspondants (voir le chapitre 4.15, page 144).

Avec les options dans la section de dialogue *État*, vous décidez si une excentricité d'une barre est enlevée (*Supprimer*) ou attribuée comme une nouvelle (*Définir*). Choisissez *Conserver original* pour changer seulement la section et l'articulation de la barre mais pas l'excentricité existante.

Après avoir cliqué sur [OK], vous pouvez voir que les barres sont divisées graphiquement aux points de division en tiers (voir la Figure 4.135, page 138). Ensuite, vous pouvez cliquer sur les côtés de barre auxquels vous voulez appliquer les propriétés sélectionnées (par exemple une articulation). Pour attribuer l'articulation ou l'excentricité aux deux extrémités de barre, cliquez sur le centre de la barre.

11.4.15 Coins arrondis



Les coins et les bords dans le modèle peuvent résulter en effets de singularité. Pour ouvrir la boîte de dialogue afin de modéliser les coins proches de la réalité à l'aide du rayon de l'arrondi, sélectionnez **Créer un coin arrondi ou chanfreiné** dans le menu **Outils**.

Il n'est pas nécessaire de sélectionner les deux lignes auparavant. La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

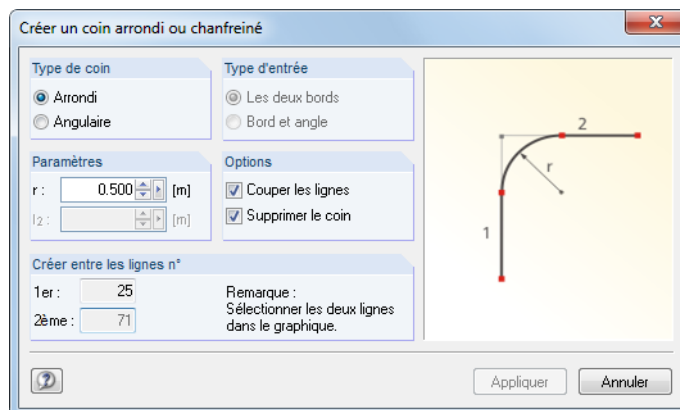


Figure 11.103: Boîte de dialogue *Créer un coin arrondi ou chanfreiné*

Dans la section de dialogue *Type de coin*, vous décidez si la zone de coin sera *Arrondie* ou *Angulaire*. Suite à la sélection, vous devez insérer le rayon de coin r ou une réduction par les longueurs l_1 et l_2 dans la section de dialogue *Paramètres*.

Puis, sélectionnez les deux lignes par un clic de la souris dans la fenêtre graphique sans fermer la boîte de dialogue. Les numéros de lignes seront affichés dans la section de dialogue *Créer entre les lignes n°*.

Quand la case *Couper les lignes* est cochée, RFEM supprime les extensions des lignes d'origine dépassant dans la zone de coin après la création de l'arc ou de la nouvelle ligne. L'option *Supprimer le coin* enlève aussi le nœud dans le coin.

11.4.16 Diviser la surface



Les surfaces peuvent être divisées en composants de surface si l'une des conditions suivantes est remplie :

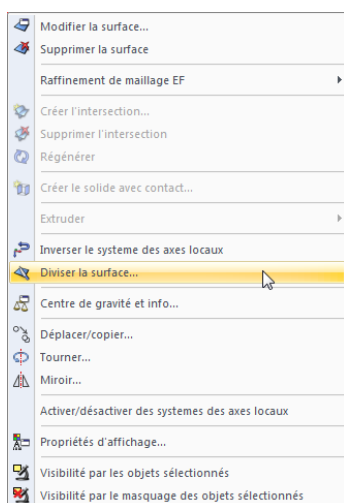
- La surface est définie par quatre lignes et a un coin non rentrant. Les lignes ne sont pas des lignes d'intersection, des courbes de trajectoire ou des objets similaires.
- La surface est une surface tournée d'angle de rotation $\alpha < 360^\circ$.

Pour diviser une surface, cliquez sur elle avec le bouton droit et sélectionnez *Diviser la surface* dans le menu contextuel.

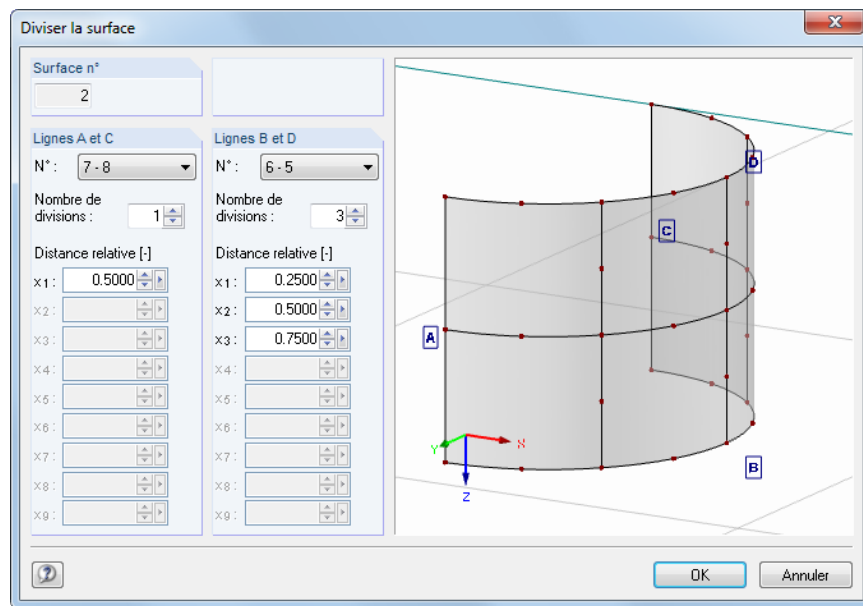
Un aperçu dans la boîte de dialogue *Diviser la surface* (voir la Figure 11.104) s'affiche, proposant une division qui illustre les paramètres prédéfinis. La définition des paramètres et le graphique de dialogue sont interactifs : Quand vous changez le *Nombre de divisions* pour les paires de ligne de contour A + C et B + D, le graphique vous montre immédiatement les nouvelles sous-surfaces.

Il est possible de définir une *Distance relative* pour chaque ligne de division. Vous pouvez aussi définir des schémas de division irréguliers.

Dans la fenêtre graphique, vous pouvez utiliser les fonctions communes de la souris comme zoom ou rotation pour changer la vue (voir le chapitre 3.4.9, page 38).



Menu contextuel de la surface

Figure 11.104 : Boîte de dialogue *Diviser la surface*

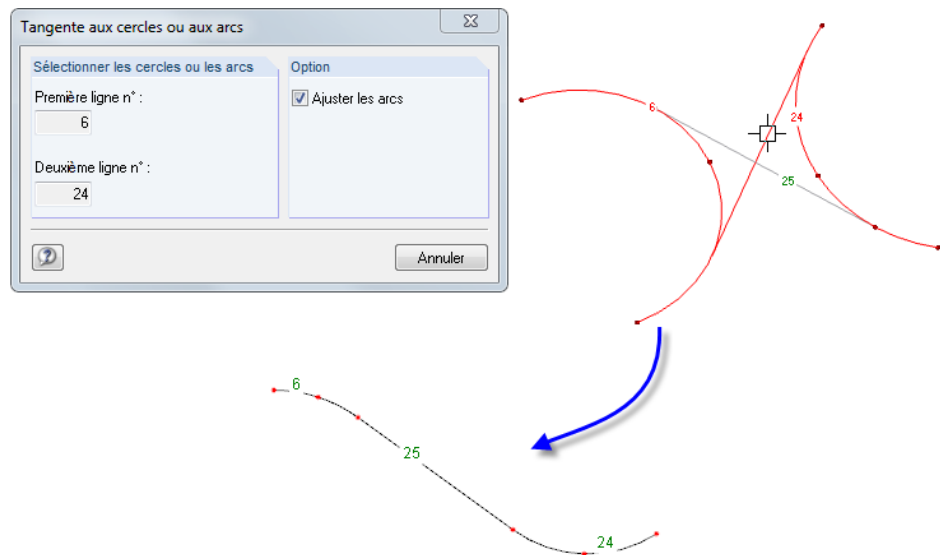
11.4.17 Appliquer la tangente aux cercles



Vous pouvez créer facilement une tangente à un arc ou à un cercle à l'aide de la saisie de l'objet (voir le chapitre 11.3.3, page 462). Une autre fonction spéciale vous permet de trouver des tangentes même pour deux cercles ou arcs circulaires. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Tangente aux cercles ou aux arcs** dans le menu **Outils**.

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

Figure 11.105 : Boîte de dialogue *Tangente aux cercles ou aux arcs* (ci-dessus) avec résultats (ci-dessous)

D'abord, cliquez sur les deux cercles ou lignes d'arc l'un après l'autre dans la fenêtre graphique. RFEM dessine les tangentes possibles comme des lignes grises. Ensuite, cliquez sur la ligne correspondante. RFEM divise la ligne circulaire ou l'arc par des nœuds et crée la tangente comme une nouvelle ligne.

En cochant la case *Ajuster les arcs*, vous pouvez enlever les sections dépassantes de ligne résultant de la division (voir la figure ci-dessus).

11.4.18 Changer la numérotation

Une numérotation régulière structurée peut être utile pour la modélisation tout comme pour les évaluations. Néanmoins, l'entrée graphique et les modifications ultérieures peuvent réorganiser la numérotation.

Il y a trois options pour ajuster l'ordre de la numérotation ultérieurement. Pour accéder aux fonctions correspondantes,

sélectionnez **Renumérotez** dans le menu **Outils**.

Les charges ne sont pas un problème quand vous modifiez la numérotation parce que le chargement attribué sera transférée automatiquement aux nouveaux numéros des objets.

Séparément

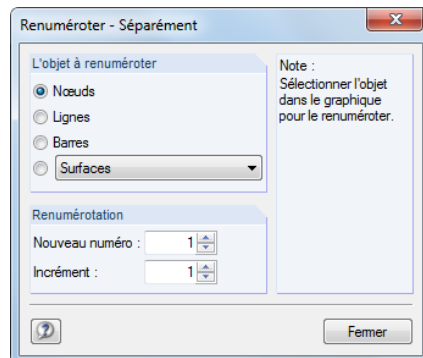


Figure 11.106 : Boîte de dialogue *Renommer - Séparément*

Dans la section de dialogue *Objet à renuméroter*, vous décidez si les nœuds, lignes, barres ou autres objets sélectionnés de la liste seront renumérotés. Spécifiez le numéro de début de la nouvelle numérotation tout comme l'incrément dans la section de dialogue *Renumerotation*.

Après avoir fermé la boîte de dialogue avec le bouton [Fermer], vous pouvez sélectionner les objets correspondants les uns après les autres dans la fenêtre graphique. Veuillez noter que RFEM peut attribuer seulement les barres libres qui ne sont pas encore attribuées.

Automatiquement

D'abord, sélectionnez les nœuds, lignes et barres (voir le chapitre 11.2.1, page 452) dont la numérotation doit être ajustée. Ensuite, ouvrez la boîte de dialogue suivante.

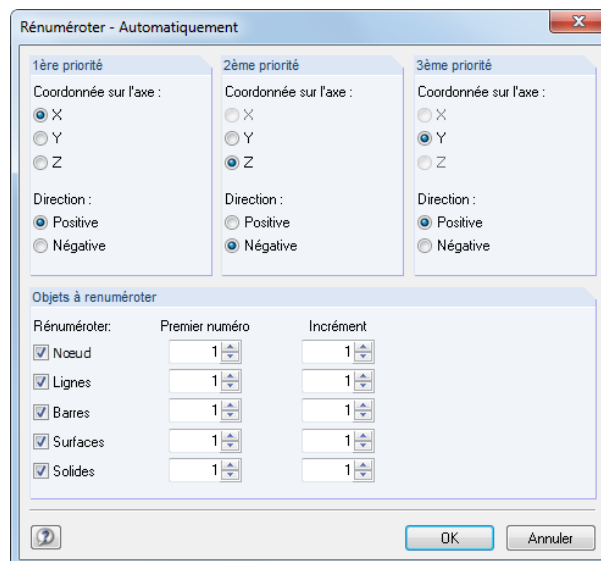


Figure 11.107 : Boîte de dialogue *Renommer - Automatiquement* pour les nœuds, lignes et barres

Fermer

Spécifiez la *Priorité* des directions globales X, Y et Z pour une nouvelle numérotation. En outre, vous devez décider si la numérotation ascendante sera appliquée en *Direction* de l'axe correspondant positif ou négatif.

Dans l'exemple ci-dessus, les nœuds (tout comme les lignes et les barres) avec les coordonnées X les plus basses reçoivent en premiers un nouveau numéro. Les nœuds sont traités en direction positive de l'axe X. Si deux nœuds ont une coordonnée X identique, la deuxième priorité décide quel nœud reçoit le numéro plus bas : Ce sera le nœud avec la coordonnée Z plus basse. La troisième priorité sera décisive si les coordonnées Y sont aussi identiques.

Dans la section de dialogue *Objets à renuméroter*, vous décidez quels nœuds, lignes et barres seront renumérotés et quelles barres de début et quels incréments seront utilisés pour la renumérotation. Les barres déjà attribuées ne doivent pas être assignées à nouveau. Néanmoins, RFEM permet d'utiliser les numéros qui ont été attribués avant le changement des numéros, mais ont devenus vacant pendant la renumérotation.

Déplacer

D'abord, sélectionnez les objets dont la numérotation doit être ajustée. Ensuite, ouvrez la boîte de dialogue suivante en pointant sur *Renumeroter* dans le menu *Outils*.

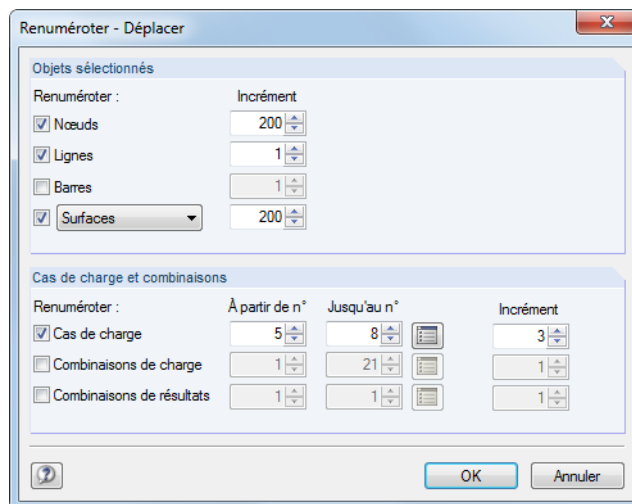
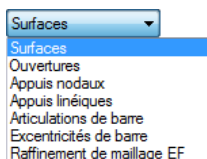


Figure 11.108 : Boîte de dialogue *Renumeroter - Déplacer*



Dans la section de dialogue *Objets sélectionnés*, définissez les objets que vous voulez renuméroter : A part les nœuds, lignes et les barres, vous pouvez sélectionner d'autres objets du modèle dans une liste (voir la figure à gauche). Dans la colonne *Incrément* à droite, vous pouvez spécifier une valeur par laquelle les numéros des objets sélectionnés seront mis à niveau. Utilisez les incréments négatifs pour dégrader la numérotation. Assurez-vous qu'aucun numéro n'est inférieur à 1.

Dans la section de dialogue *Cas de charge et combinaisons*, vous pouvez ajuster la numérotation des cas de charge, des combinaisons de charge et de résultats. Spécifiez leurs numéros sous forme d'une liste insérée dans les colonnes *A partir de n°* de et *Jusqu'à n°*. La colonne *Incrément* à droite gère la valeur par laquelle les numéros des objets de charge sont mis à niveau.

Après avoir cliqué sur [OK], les numéros seront décalés. Veuillez noter que seulement les numéros pas encore attribués peuvent être assignés aux objets de modèle et de charge.

11.5 Fonctions de tableau

11.5.1 Fonctions de modification

Les fonctions de modification sont les outils qui facilitent l'entrée des données dans les tableaux (voir le chapitre 3.4.4, page 28). Contrairement aux fonctions de sélection décrites dans le chapitre suivant 11.5.2, il n'est pas nécessaire de sélectionner préalablement les cellules. Les fonctions de modification n'influencent que les cellules dans lesquelles le pointeur est placé.



Pour afficher ou masquer les tableaux,

sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau**

ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

Accès aux fonctions de modification

Pour activer les fonctions de modification pour le tableau, mettez le pointeur dans une cellule de tableau. Pour accéder aux fonctions de modification,

pointez sur **Modifier** dans le menu de **Tableau**.



Il y a différentes fonctions de modification disponibles dans la barre d'outils du tableau.

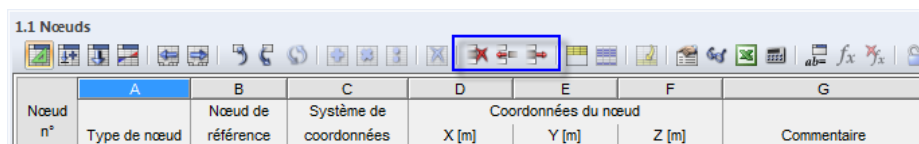


Figure 11.109 : Boutons pour différentes fonctions de modification dans la barre d'outils de tableau

Alternativement, utilisez le menu contextuel dans le tableau pour accéder aux fonctions.

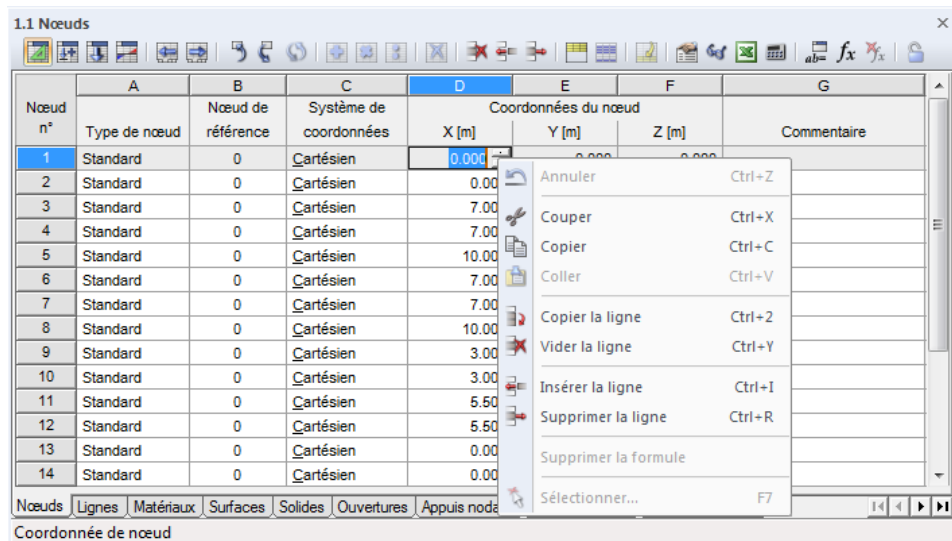


Figure 11.110 : Fonctions de modification dans le menu contextuel de tableau

Fonctions et commandes





Fonction	Effet
Couper [Ctrl+X]	Supprime le contenu de la cellule et l'enregistre dans le presse-papiers
Copier [Ctrl+C]	Copie le contenu de la cellule dans le presse-papiers
Coller [Ctrl+V]	Insère le contenu du presse-papiers dans la cellule Si le contenu du presse-papiers est plus grand que la cellule, les cellules des colonnes et des lignes subséquentes de tableau seront remplacées. Mais d'abord, un avertissement sera affiché.
Copier la ligne [Ctrl+2]	Remplace la ligne subséquente par le contenu de la ligne courante
Ligne vide [Ctrl+Y] 	Supprime le contenu de la ligne sans supprimer la ligne même
Insérer la ligne [Ctrl+I] 	Insère une nouvelle ligne vide. Les lignes subséquentes seront déplacées en bas.
Supprimer la ligne [Ctrl+R] 	Supprime la ligne courante. Les lignes subséquentes seront déplacées en haut.
Rechercher [Ctrl+F]	Recherche un numéro ou une chaîne dans le tableau
Remplacer [Ctrl+H]	Recherche un numéro ou une chaîne dans le tableau et le remplace par une autre entrée
Vider le tableau	Supprime complètement le contenu du tableau actuel sans avertissement
Vider tous les tableaux	Supprime le contenu de tous les tableaux
Sélectionner [F7]	Ouvre une liste pour la sélection dans la cellule
Mettre à jour le graphique 	Transfère les modifications insérées dans le tableau vers le graphique
Modifier dans la boîte de dialogue	Ouvre une boîte de dialogue où les données de la ligne actuelle peuvent être insérées

Table 11.8 : Fonctions de modification

11.5.2 Fonctions de sélection

Les fonctions de sélection sont des outils qui facilitent l'entrée des données dans les tableaux. Contrairement aux fonctions de modification décrites dans le chapitre 11.5.1, vous devez d'abord marquer plusieurs cellules connectées comme une *Sélection*.

Système de coordonnées	Coordonnées du nœud		
	X [m]	Y [m]	Z [m]
Cartésien	0.000	6.000	0.000
Cartésien	7.000	6.000	0.000
Cartésien	7.000	0.000	0.000
Cartésien	10.000	3.000	0.000
Cartésien	7.000	6.000	4.000
Cartésien	7.000	0.000	4.000
Cartésien	10.000	3.000	4.000

Figure 11.111 : Sélection

Il n'est pas important si les cellules sont vides ou remplies par le contenu. Une fonction de sélection modifie le contenu des cellules sélectionnées complètement.

Accès aux fonctions de sélection

D'abord, marquez une sélection comme un bloc de cellules attenantes dans le tableau : Déplacez la souris à travers plusieurs cellules et tenez le bouton gauche de la souris appuyé en même temps. Un clic dans l'en-tête de tableau (A, B, C ...) sélectionne la colonne entière du tableau. Pour sélectionner la ligne entière du tableau, cliquez sur le numéro de la ligne à gauche.

Pour accéder aux fonctions de sélection,

sélectionnez **Sélection** dans le menu **Tableau**.

Il y a quelques fonctions de sélection disponibles dans la barre d'outils du tableau.

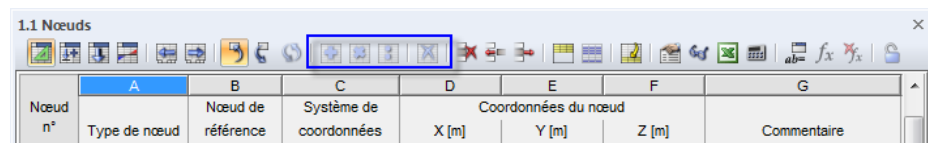


Figure 11.112 : Boutons pour les fonctions de sélection dans la barre d'outils de tableau

Vous pouvez accéder aux fonctions aussi à l'aide du menu contextuel dans le tableau.

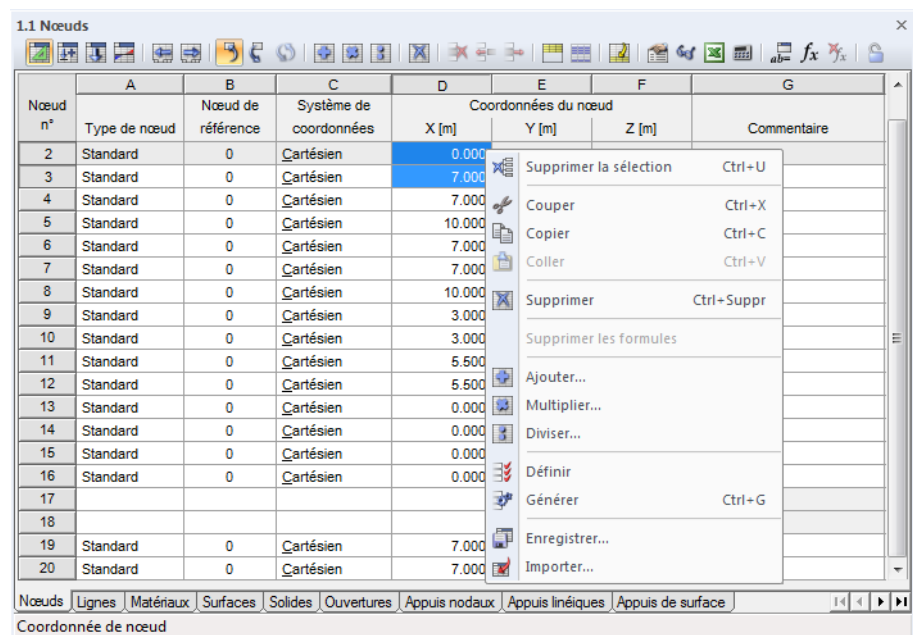


Figure 11.113 : Fonctions de sélection dans le menu contextuel de tableau

Fonctions et commandes





Fonction	Effet
Désélectionner [Ctrl+D]	Annule la sélection de ligne et de colonne
Couper [Ctrl+X]	Supprime le contenu des cellules sélectionnées et l'enregistre dans le presse-papiers
Copier [Ctrl+C]	Copie le contenu de la sélection dans le presse-papiers
Coller [Ctrl+V]	Insère le contenu du presse papier dans le tableau La commande est disponible seulement si le presse-papiers contient les données correspondantes (par exemple d'Excel).
Supprimer [Ctrl+Suppr] 	Supprime tout le contenu des cellules sélectionnées
Ajouter 	Ajoute la valeur aux ou soustrait la valeur des cellules avec les valeurs numériques
Multiplier 	Multiplie les cellules avec les valeurs numériques par un facteur
Diviser 	Divise les cellules avec des valeurs numériques par un diviseur
Définir	Attribue la valeur de la cellule principale sélectionnée à toutes les cellules de la sélection entière.
Générer [Ctrl+G]	Utilisé pour les cellules avec les valeurs numériques pour générer les entrées entre la première et la dernière cellule sélectionnée par l'interpolation des deux valeurs de référence (voir l'exemple ci-dessous)
Enregistrer	Enregistre la sélection comme un fichier
Importer	Importe la sélection enregistrée comme un fichier

Table 11.9 : Fonctions de sélection

Exemple : Génération des valeurs de cellule

Utilisez cette fonction pour remplir rapidement les cellules vides. Les valeurs intermédiaires sont déterminées par une interpolation linéaire entre la valeur de début de la cellule supérieure (dans l'exemple 7.000) et la valeur de fin de la cellule inférieure (dans l'exemple 30.000).

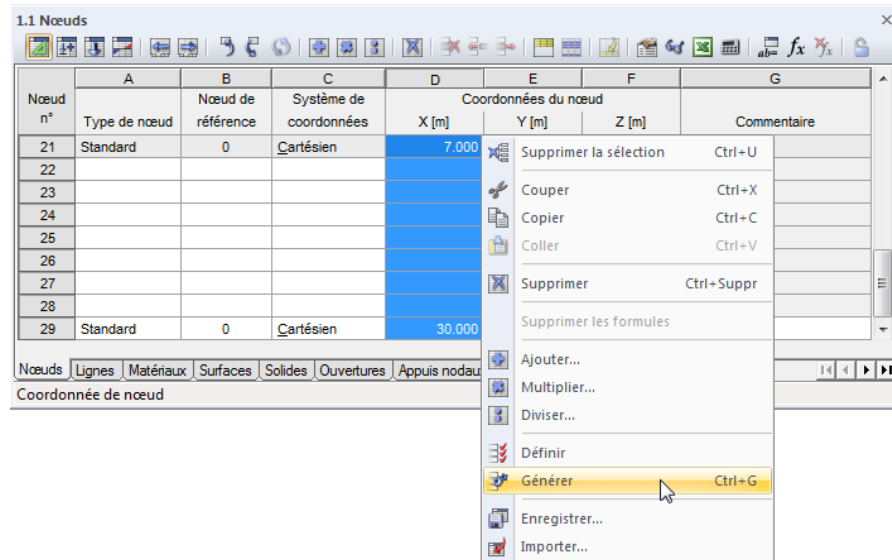
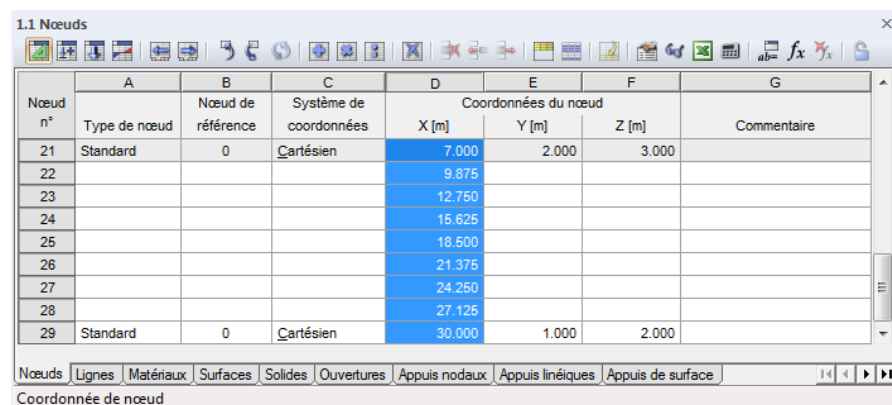


Figure 11.114 : Menu contextuel de la sélection

Quand vous appliquez l'option *Générer*, les cellules intermédiaires sont remplies avec les valeurs interpolées.



Nœud n°	A	B	C	Coordonnées du nœud			G
				D	E	F	
	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	X [m]	Y [m]	Z [m]	Commentaire
21	Standard	0	Cartésien	7.000			
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29	Standard	0	Cartésien	30.000	1.000	2.000	

Figure 11.115 : Résultat

11.5.3 Fonctions de vue

L'affichage du tableau peut être ajusté par différentes fonctions de vue qui améliorent l'aperçu des données dans le tableau.

Accès aux fonctions de vue

Pour accéder aux fonctions de vue,

sélectionnez **Vue** dans le menu **Tableau** ou

sélectionnez **Optimiser les données de charge** dans le menu du **Tableau**.



Il existe des fonctions de vue qui peuvent être accédées dans la barre d'outils du tableau.

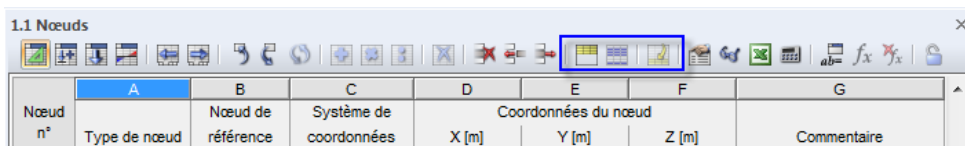


Figure 11.116 : Boutons pour les fonctions de vue dans la barre d'outils du tableau

Fonctions



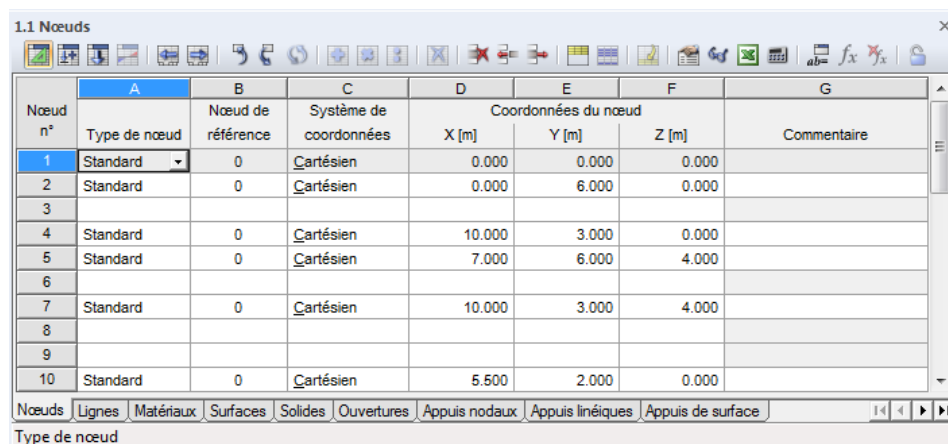
Fonction	Effet
 Seulement lignes remplies	Cache toutes les lignes vides de tableau
 Seulement les lignes marquées	Affiche seulement les lignes sélectionnées
 Seulement les objets sélectionnés	Affiche seulement les objets sélectionnés dans le graphique
 Sélection des objets correspondants	En complément aux charges, les objets types associés (nœuds, surfaces, barres etc.) sont sélectionnés dans le graphique. Disponible seulement dans les tableaux de charge 3.
 Comprimer les données	Résume les objets avec les mêmes charges dans une seule ligne de tableau dans les tableaux de charge
 Décompresser les données	Liste les charges pour chaque objet individuellement
 Filtre de résultats	La sortie du tableau peut être limitée aux types de résultats particuliers (voir le chapitre 11.5.5, page 515).
 Info sur la section	Affiche les valeurs caractéristiques de la section courante
 Diagrammes de résultats	Affiche les résultats de la barre sélectionnée graphiquement dans la nouvelle fenêtre (voir le chapitre 9.5, page 375)
 Échelles de couleur	Allume ou éteint l'affichage des barres rouges et bleues dans le tableau.
Barre de titre	Allume ou éteint la barre de titre
Barre d'outils	Allume ou éteint la barre d'outils
Barre de colonne	Allume ou éteint les en-têtes de colonnes (A, B, C, ...)
Barre d'état	Allume ou éteint la barre d'état du tableau
Souligner la ligne de tableau	La ligne de tableau où le pointeur est placé est soulignée avec les couleurs ou ne sera pas marquée.

Tableau 11.10 : Fonctions de vue

Exemple : uniquement les lignes remplies

Un tableau contient des lignes vides qui dérangent l'aperçu clair du tableau.

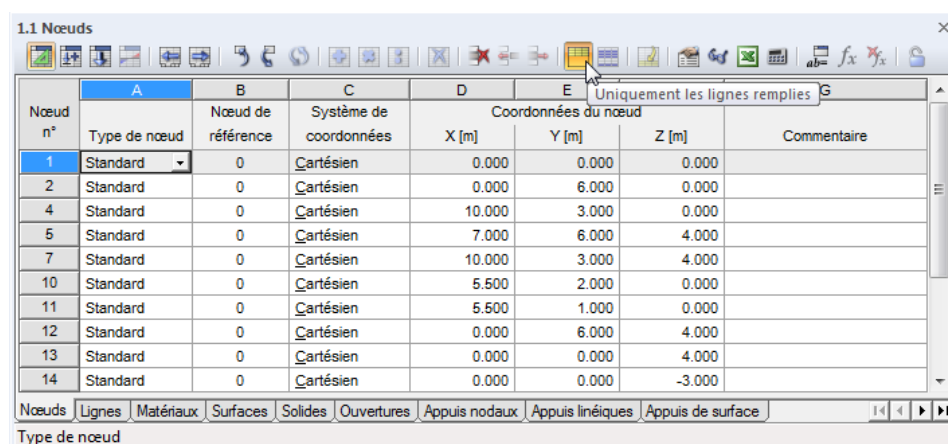


Nœud n°	A	B	C	D			E	F	G
	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	X [m]	Y [m]	Z [m]	Commentaire		
1	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	0.000			
2	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	0.000			
3									
4	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	0.000			
5	Standard	0	Cartésien	7.000	6.000	4.000			
6									
7	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	4.000			
8									
9									
10	Standard	0	Cartésien	5.500	2.000	0.000			

Figure 11.117 : Tableau avec des lignes vides



Utilisez le bouton *Uniquement les lignes remplies* dans la barre d'outils de tableau pour cacher toutes les lignes vides de tableau.



Nœud n°	A	B	C	D			E	F	G
	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	X [m]	Y [m]	Z [m]	Commentaire		
1	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	0.000			
2	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	0.000			
4	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	0.000			
5	Standard	0	Cartésien	7.000	6.000	4.000			
7	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	4.000			
10	Standard	0	Cartésien	5.500	2.000	0.000			
11	Standard	0	Cartésien	5.500	1.000	0.000			
12	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	4.000			
13	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	4.000			
14	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	-3.000			

Figure 11.118 : Tableau sans lignes vides

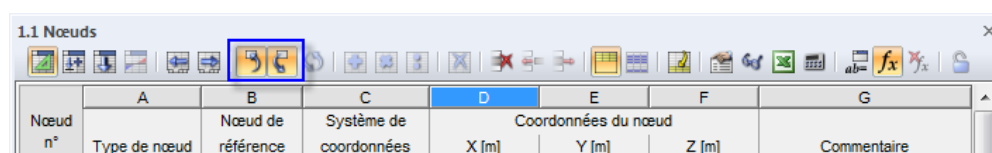
11.5.4 Paramètres de tableau

Les paramètres de police et de couleur utilisés dans les tableaux peuvent être ajustés individuellement. En outre, il est possible de synchroniser la sélection dans le graphique avec celle dans le tableau.

Accéder aux paramètres de tableau

Pour sélectionner des paramètres de tableau particuliers, sélectionnez **Paramètres** dans le menu **Tableau**.

Pour activer et désactiver la synchronisation de la sélection, vous pouvez utiliser aussi les boutons de la barre d'outils du tableau.



Nœud n°	A	B	C	D			E	F	G
	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	X [m]	Y [m]	Z [m]	Commentaire		
1	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	0.000			
2	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	0.000			
4	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	0.000			
5	Standard	0	Cartésien	7.000	6.000	4.000			
7	Standard	0	Cartésien	10.000	3.000	4.000			
10	Standard	0	Cartésien	5.500	2.000	0.000			
11	Standard	0	Cartésien	5.500	1.000	0.000			
12	Standard	0	Cartésien	0.000	6.000	4.000			
13	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	4.000			
14	Standard	0	Cartésien	0.000	0.000	-3.000			

Figure 11.119 : Boutons Synchronisation de la sélection

Fonctions



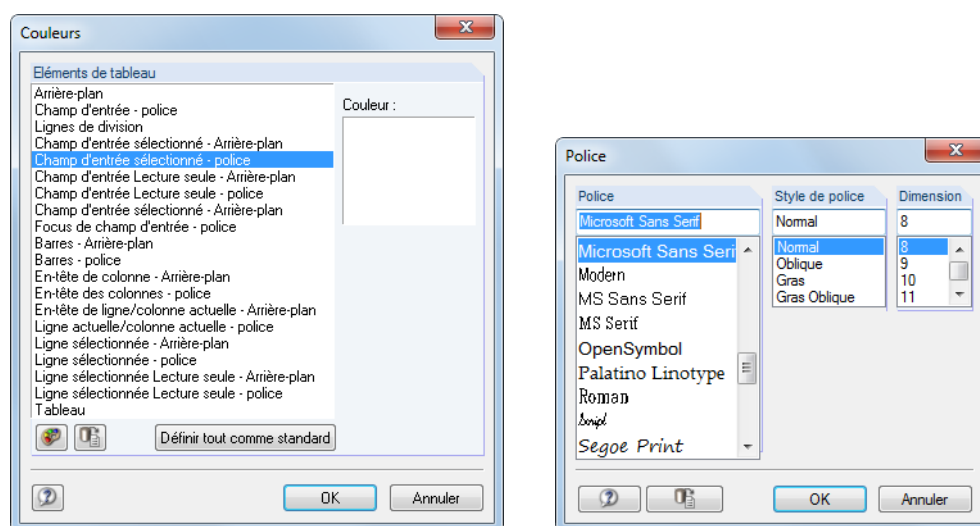
Fonction	Effet
Couleurs	Ouvre la boîte de dialogue <i>Couleurs</i> (Figure 11.120). Les couleurs des objets de tableau individuels peuvent être ajustés séparément.
Police	Ouvre la boîte de dialogue <i>Police</i> (Figure 11.120). La police, le style et la taille de police peuvent être modifiés globalement pour tous les objets de tableau.
Sélectionnez l'objet actuel dans le graphique 	La fonction est définie active par défaut : L'objet de la ligne de tableau où le pointeur est placé est sélectionné aussi dans la fenêtre graphique.
Afficher l'objet sélectionné dans les tableaux 	La fonction est définie active par défaut : Les objets sélectionnés dans la fenêtre graphique sont soulignés avec les couleurs aussi dans le tableau.

Tableau 11.11 : Paramètres de tableau

Figure 11.120 : Boîtes de dialogue *Couleurs* et *Police*

11.5.5 Fonctions de filtre

Différentes fonctions de filtre vous permettent d'évaluer spécifiquement les efforts internes et les efforts de contact tout comme les déformations dans les tableaux de résultats de la barre. En complément, les options de filtre sont disponibles pour les forces d'appuis nodaux et linéiques des combinaisons de résultats (voir le chapitre 8.1, page 303 et le chapitre 8.3, page 308).

Accès aux fonctions de filtre

Pour accéder aux fonctions de filtre,

sélectionnez **Afficher** dans le menu **Tableau** et cliquez sur **Filtre de résultats**

ou utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau figuré à gauche.

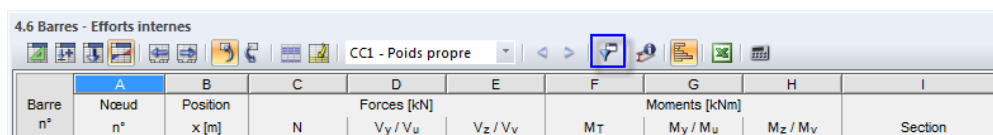


Figure 11.121 : Bouton *Filtre de résultats*

La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

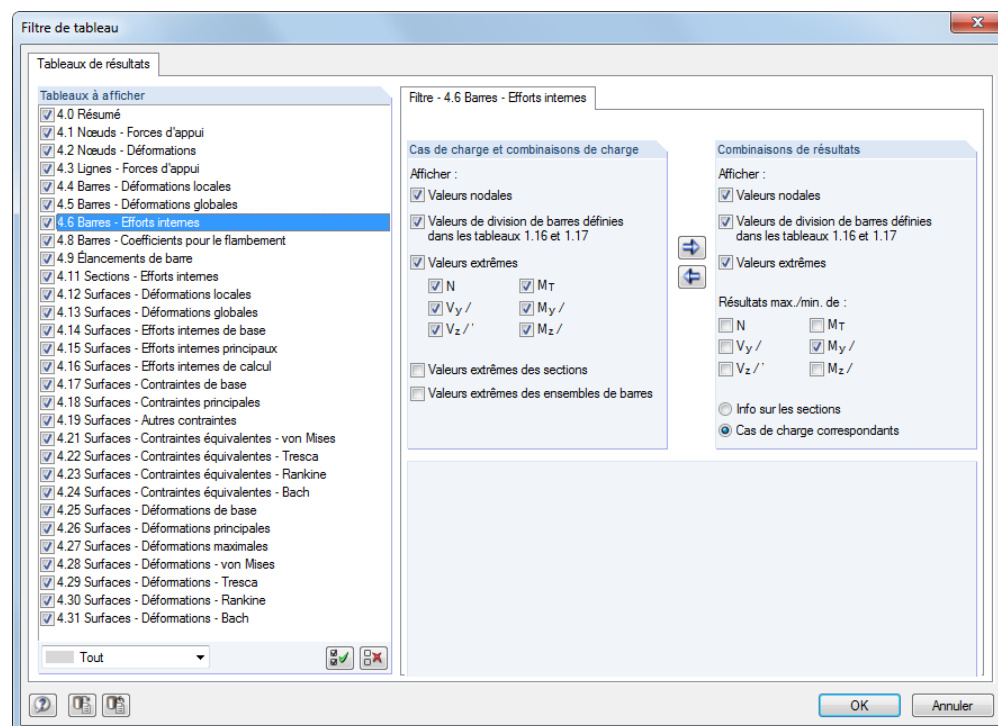


Figure 11.122 : Boîte de dialogue *Filtre de tableau*

Sélectionnez le tableau de résultats correspondant dans la section de dialogue *Tableaux à afficher*. Puis, utilisez l'onglet de dialogue à droite pour déterminer quelles valeurs seront affichées numériquement.

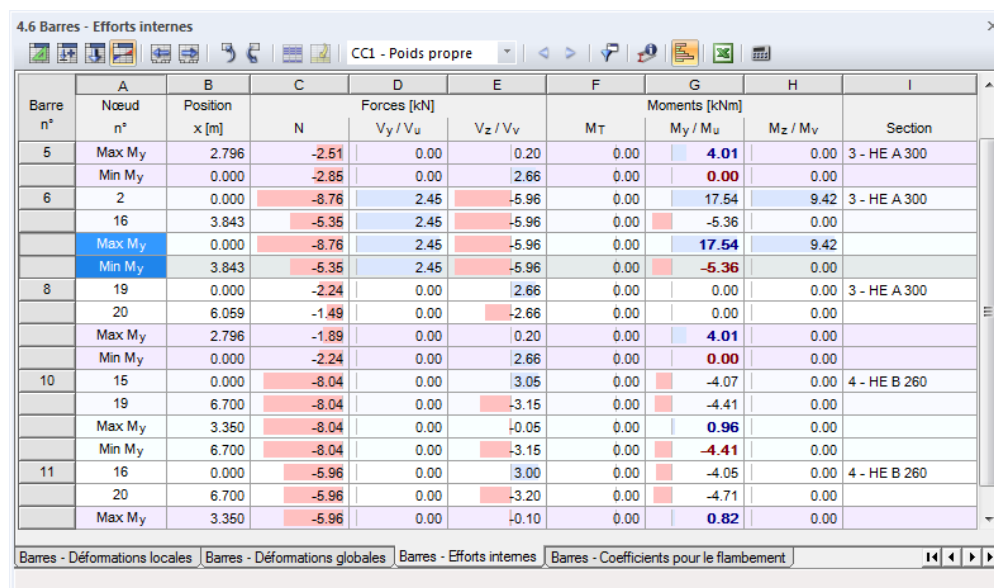
Quand le tableau pour les efforts internes des barres est défini, vous pouvez déterminer pour les *Cas de charge et combinaisons de charge* et les *Combinaisons de résultats* séparément si les *Valeurs nodales* (début de barre et fin de barre), *Valeurs de division de barre* (points intermédiaires de la division définie par l'utilisateur, voir le chapitre 4.16) et *Valeurs extrêmes* des barres sont affichées dans le tableau. Vous devez cocher au moins une des six cases pour les efforts internes. Les efforts internes sélectionnés sont affichés aux positions des valeurs de résultats qui sont activées par une coche ci-dessus.

Deux valeurs de résultats seront affichées sur chaque position pour les combinaisons de résultats – les efforts minimaux et maximaux avec les efforts internes correspondants.

Utilisez les boutons figurés à gauche pour transférer le critère de filtre d'une section de dialogue à l'autre.

Exemple

Une division de barre avec deux points intermédiaires a été définie pour la barre 11 de longueur de 6.70 m. La configuration de filtre pour les combinaisons de résultats affichée dans la Figure 11.122 résulte au tableau de résultats suivant 4.6 Barres - Efforts internes.



Barre n°	A Nœud n°	B Position x [m]	Forces [kN]			F M _T	Moments [kNm]		I Section
			C N	D V _y / V _u	E V _z / V _v		G M _y / M _u	H M _z / M _v	
5	Max M _y	2.796	-2.51	0.00	0.20	0.00	4.01	0.00	3 - HE A 300
	Min M _y	0.000	-2.85	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
6	2	0.000	-8.76	2.45	-5.96	0.00	17.54	9.42	3 - HE A 300
	16	3.843	-5.35	2.45	-5.96	0.00	-5.36	0.00	
	Max M _y	0.000	-8.76	2.45	-5.96	0.00	17.54	9.42	
	Min M _y	3.843	-5.35	2.45	-5.96	0.00	-5.36	0.00	
8	19	0.000	-2.24	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	3 - HE A 300
	20	6.059	-1.49	0.00	-2.66	0.00	0.00	0.00	
	Max M _y	2.796	-1.89	0.00	0.20	0.00	4.01	0.00	
	Min M _y	0.000	-2.24	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	
10	15	0.000	-8.04	0.00	3.05	0.00	-4.07	0.00	4 - HE B 260
	19	6.700	-8.04	0.00	-3.15	0.00	-4.41	0.00	
	Max M _y	3.350	-8.04	0.00	-0.05	0.00	0.96	0.00	
	Min M _y	6.700	-8.04	0.00	-3.15	0.00	-4.41	0.00	
11	16	0.000	-5.96	0.00	3.00	0.00	-4.05	0.00	4 - HE B 260
	20	6.700	-5.96	0.00	-3.20	0.00	-4.71	0.00	
	Max M _y	3.350	-5.96	0.00	-0.10	0.00	0.82	0.00	

Figure 11.123 : Résultats filtrés par valeurs nodales, points de division et valeurs extrêmes M_y

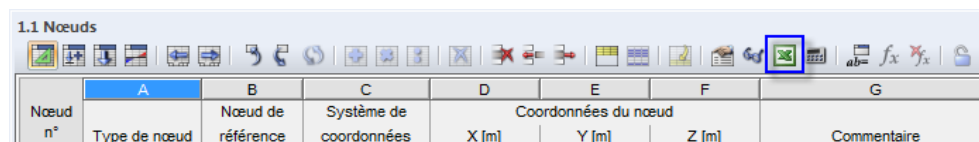
La colonne H du tableau vous montre les moments fléchissant maximaux et minimaux **M_y** aux nœuds et aux points de divisions tout comme les positions des valeurs extrêmes absolues indiquées en gras. Ces dernières apparaissent avec une première lettre en majuscule comme M_y Max et M_y Min à la fin de la liste (voir les cellules marquées dans la figure ci-dessus). Les valeurs dans les colonnes restantes représentent les efforts internes correspondants des valeurs maximales et minimales appropriées.

11.5.6 Importation et exportation des tableaux

Un tableau de MS Excel ou Open Office.org Calc peut être importé directement dans le tableau d'entrée actuel de RFEM. Les programmes visés doivent être ouverts. Vous pouvez aussi exporter le tableau courant de RFEM entier ou partiel dans Excel ou Open Office.org Calc.

Accès à la fonction d'importation et d'exportation

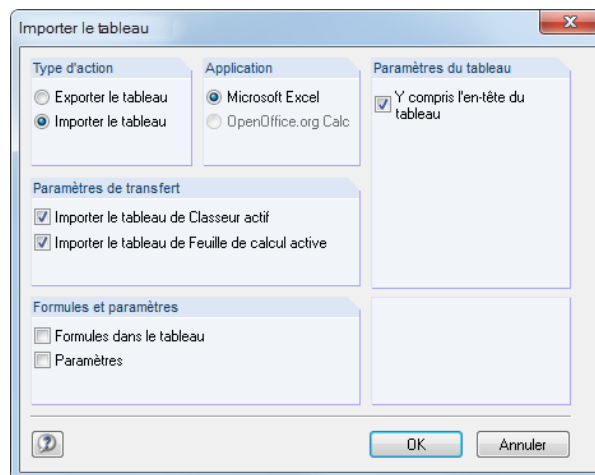
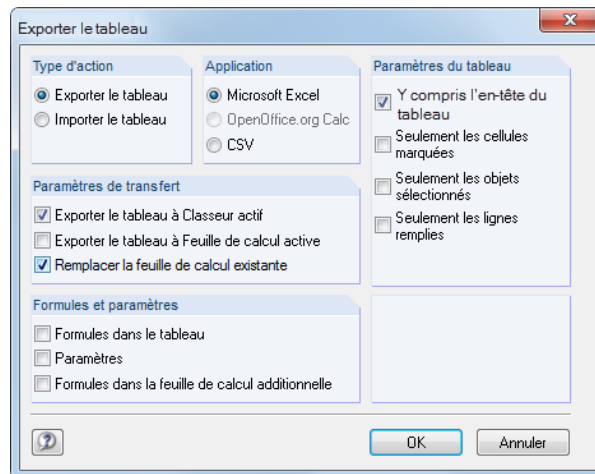
Pour appliquer la fonction d'importation ou d'exportation, cliquez sur le bouton [Exporter/Importer le tableau] dans la barre d'outils du tableau.

Nœud n°	A	B	C	D			E	F	G
	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	Coordonnées du nœud					
				X [m]	Y [m]	Z [m]			Commentaire

Figure 11.124 : Bouton Exporter/Importer le tableau dans la barre d'outils

Utilisez ce bouton pour ouvrir la boîte de dialogue *Exporter le tableau* et *Importer le tableau*.

Figure 11.125 : Boîte de dialogue *Importer le tableau*Figure 11.126 : Boîte de dialogue *Exporter le tableau*

Importer le tableau

Le classeur de MS Excel ou OpenOffice doit être ouvert avant le démarrage de l'importation. S'il existe des en-têtes dans les feuilles de calcul, cochez la case *Y compris l'en-tête du tableau*. Puis, les en-têtes seront ignorés pendant l'importation. Seulement les listes seront importées dans les tableaux RFEM.

Dans la section de dialogue *Application*, vous pouvez sélectionner entre le tableur de Microsoft Excel et celui de OpenOffice.org Calc.

La section de dialogue *Paramètres de transfert* spécifie si le classeur actif ou seulement la feuille de calcul active sera importé. Quand vous importez un classeur complet, l'ordre et la structure des feuilles de calcul doivent être complètement consistants avec les tableaux RFEM.

Dans la section de dialogue *Formules et Paramètres*, vous pouvez décider si les formules stockées dans Excel ou OpenOffice sont importées et ceci également quand vous échangez les données.

Cliquez sur [OK] pour démarrer l'importation.



Si vous voulez importer seulement des parties particulières de la feuille de calcul, il est recommandé d'utiliser la fonction de copiage : Sélectionnez l'aire correspondante dans le tableau Excel et copiez-la dans le presse-papiers à l'aide de [Ctrl]+[C]. Puis, mettez le pointeur dans la cellule correspondante du tableau RFEM et insérez le contenu du presse-papiers avec [Ctrl]+[V].

Exporter le tableau

Pour exporter les tableaux RFEM, il n'est pas nécessaire que MS Excel ou Open Office.org Calc soient démarrés dans l'arrière-plan.

Dans la section de dialogue *Application*, vous pouvez sélectionner entre les tableurs Microsoft Excel et OpenOffice.org Calc. En complément, il est possible de créer un fichier dans le tableur général CSV (voir le chapitre 4.13, page 135).

Dans la section de dialogue *Paramètres du tableau*, spécifiez si les en-têtes sont aussi exportés. Quand la case *Y compris l'en-tête du tableau* est cochée, le résultat dans Excel est affiché de la façon suivante :

A1 Nœud							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Nœud				Coordonnées du nœud		
2	n°	Type de nœud	Nœud de référence	Système de coordonnées	X [m]	Y [m]	Z [m]
3	1	Standard	0	Cartésien	0,000	0,000	0,000
4	2	Standard	0	Cartésien	0,000	6,000	0,000
5	3	Standard	0	Cartésien	7,000	6,000	0,000
6	4	Standard	0	Cartésien	7,000	0,000	0,000
7	5	Standard	0	Cartésien	10,000	3,000	0,000
8	6	Standard	0	Cartésien	7,000	6,000	4,000
9	7	Standard	0	Cartésien	7,000	0,000	4,000
10	8	Standard	0	Cartésien	10,000	3,000	4,000
11	9	Standard	0	Cartésien	3,000	1,000	0,000
12	10	Standard	0	Cartésien	3,000	2,000	0,000
13	11	Standard	0	Cartésien	5,500	2,000	0,000
14	12	Standard	0	Cartésien	5,500	1,000	0,000
15	13	Standard	0	Cartésien	0,000	6,000	4,000
16	14	Standard	0	Cartésien	0,000	0,000	4,000
17	15	Standard	0	Cartésien	0,000	0,000	-3,000
18	16	Standard	0	Cartésien	0,000	6,000	-3,843

Figure 11.127 : Tableau Excel avec les en-têtes exportés

Quand vous décochez la case, il n'y a que le contenu du tableau qui est transféré à Excel.

Avec l'option *Seulement les cellules marquées*, vous pouvez exporter le contenu sélectionné du tableau (voir le chapitre 11.5.2, page 509).

Utilisez la case *Seulement les objets sélectionnés* afin d'exporter les données ou les résultats des numéros de lignes sélectionnés. La sélection est plus facile à faire par la synchronisation de la sélection entre le graphique et le tableau (voir le chapitre 11.5.4, page 513).

L'option *Seulement les lignes remplies* gère la manière par laquelle les lignes vides sont traitées pour l'exportation.

Dans la section de dialogue *Paramètres de transfert*, vous pouvez définir les tableaux visés où les données seront insérées. Quand la première case est décochée, RFEM crée un nouveau classeur. Avec l'option *Exporter le tableau à feuille de calcul active*, il est possible d'utiliser la feuille de calcul actuelle du tableur. Si la case *Remplacer la feuille de calcul existante* est cochée, RFEM cherche dans le classeur un tableau avec le même nom que dans RFEM et le remplace ensuite.

A l'aide des cases dans la section de dialogue *Formules et Paramètres*, vous pouvez décider si et comment les formules enregistrées dans RFEM seront exportées.

Pour démarrer l'exportation du tableau actuel RFEM, cliquez sur [OK].



Pour transférer plusieurs tableaux tous en même temps à Excel ou à OpenOffice.org Calc, il est recommandé de sélectionner **Exportation** dans le menu de **Fichier** (voir le chapitre 12.5.2, page 598). Puis, vous pouvez sélectionner les tableaux correspondants dans la boîte de dialogue.

11.6 Entrée paramétrée

11.6.1 Concept

L'entrée paramétrée pour les données de modèle et de charge fait utiliser les variables (par exemple longueur, largeur, charge de circulation etc.) qui sont appelées « paramètres » et stockées dans une **Liste de paramètres**.

Les paramètres peuvent être utilisés dans les formules pour déterminer une valeur numérique. Les formules sont modifiées dans l'**Editeur de formule**. Si un paramètre est modifié dans la liste de paramètres, les résultats de toutes les formules utilisant ce paramètre seront ajustés.

L'entrée paramétrée est utile pour les projets où l'on peut s'attendre à beaucoup de modifications. Les formules stockées peuvent être facilement suivies et font les modèles complexes plus claires. L'entrée avec le contrôle des paramètres est assez appréciée aussi quand vous modifiez des modèles répétitifs dont les calculs sont similaires : Simplement ouvrez un fichier type et ajustez les paramètres.

11.6.2 Liste de paramètres

La liste de paramètres gère tous les paramètres requis pour la modélisation.

Accès à la liste de paramètres

Pour accéder à la liste de paramètres, cliquez sur le bouton [Modifier les paramètres] :

- dans la barre d'outils d'un tableau d'entrée

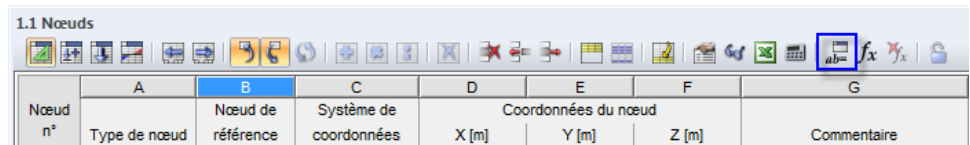


Figure 11.128 : Bouton *Modifier les paramètres* dans la barre d'outils de tableau

- dans l'éditeur de formule.

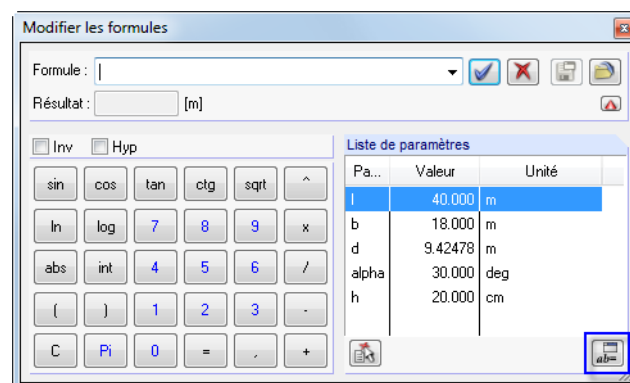


Figure 11.129 : Bouton *Modifier les formules* dans l'éditeur de formule

Description

La boîte de dialogue *Modifier les paramètres* s'affiche.

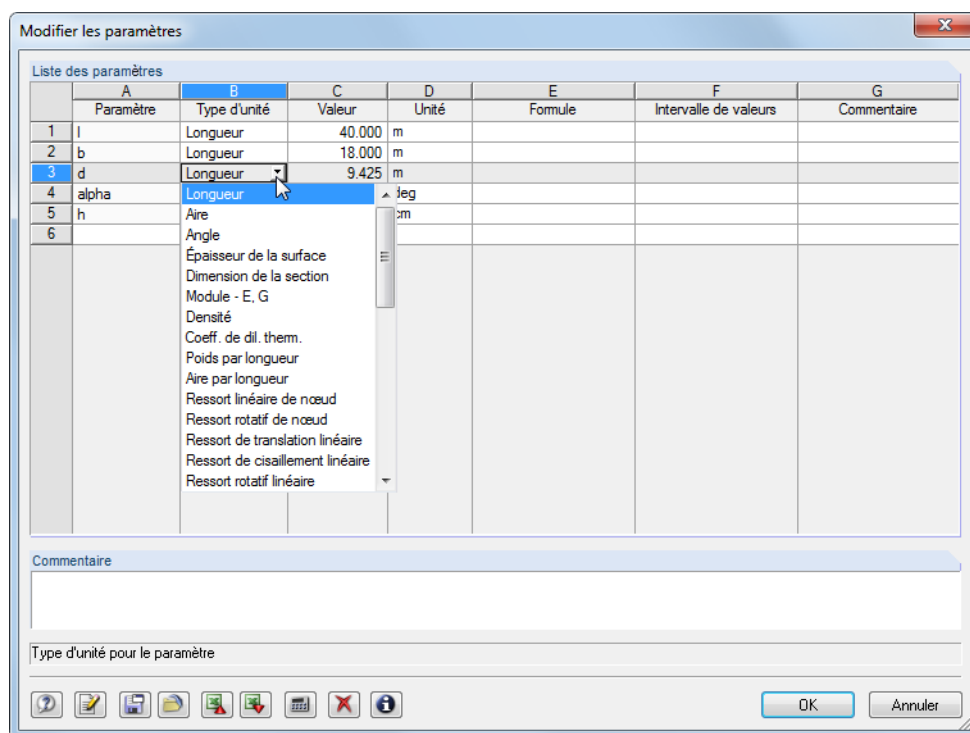


Figure 11.130 : Boîte de dialogue *Modifier les paramètres*

Chaque ligne du tableau gère un *Paramètre*. Dans la colonne **A**, insérez un nom qui consiste en des signes ASCII. Le nom ne doit pas contenir d'espace. La description est utilisée pour faire référence aux paramètres dans les formules. Chaque nom de paramètre ne peut être attribué qu'une seule fois.

Dans la colonne de tableau **B**, définissez le *Type d'unité* pour déterminer si le paramètre représente une longueur, charge, densité etc. Les types d'unité sont prédéfinis. Pour accéder à la liste de sélection disponible dans la colonne, utilisez le bouton contextuel [▼] ou la touche du clavier [F7].

Dans la colonne **C**, définissez la *Valeur* numérique du paramètre.

Spécifiez l'*Unité* dans la colonne **D** du tableau. Pour accéder à la liste de sélection des unités disponible dans la colonne, utilisez le bouton contextuel [▼] ou la touche du clavier [F7].

Dans la colonne **E**, vous pouvez insérer une *Formule* pour déterminer la valeur du paramètre pour la colonne C du tableau. En complément aux opérations mathématiques communes, il y a les déclarations **if** et les fonctions **max/min** disponibles. Avec la référence **\$**, vous pouvez faire référence à un tableau particulier (par exemple **\$1.1(A1)** utilise la valeur de cellule A1 du tableau 1.1).

Exemples

if(A<B;10;B)

Si le paramètre A est inférieur au paramètre B, alors la valeur 10 est appliquée. Sinon, le paramètre B est utilisé.

max(A;B)

La valeur plus grande des paramètres A et B sera appliquée.

min(max(A;B);C)

La valeur plus grande des paramètres A et B est déterminée qui sera ensuite comparée avec la valeur du paramètres C. La valeur plus petite sera finalement appliquée.



Utilisez le bouton [...] dans la colonne E du tableau pour accéder à la *Liste d'opérateurs et de fonctions*.

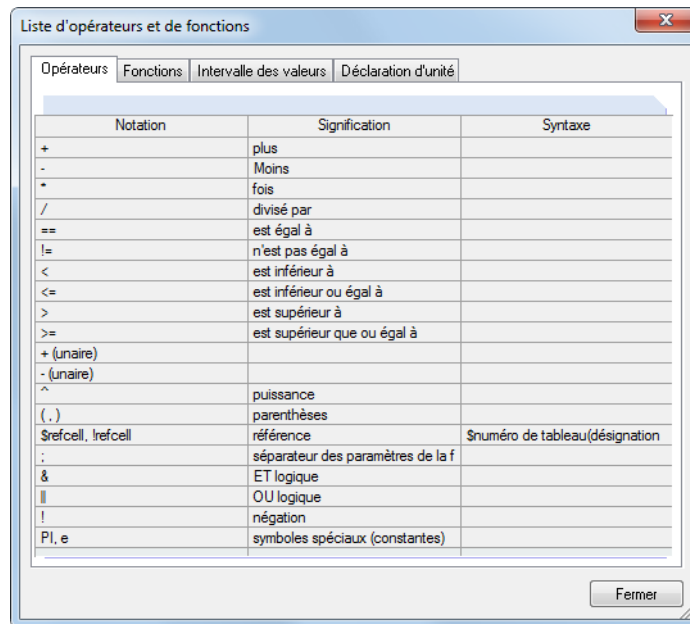


Figure 11.131 : Boîte de dialogue *Liste d'opérateurs et de fonctions*

Dans la colonne **F** du tableau, vous pouvez définir une *Intervalle de valeurs* pour contrôler les valeurs de la colonne C.

La colonne **G** est réservée pour l'insertion d'un *Commentaire*.

Fonctions d'entrée

Les paramètres peuvent être insérés cellule par cellule.

Il existe plusieurs outils pour l'entrée efficace disponibles dans le menu contextuel que vous ouvrez à l'aide d'un clic droit de la souris. Les fonctions de modification (vider la ligne ou insérer une ligne, remplacer etc.) sont décrites dans le chapitre 11.5.1 à la page 507).

Quand il y a plusieurs cellules marquées comme une sélection, le menu contextuel suivant s'affiche.

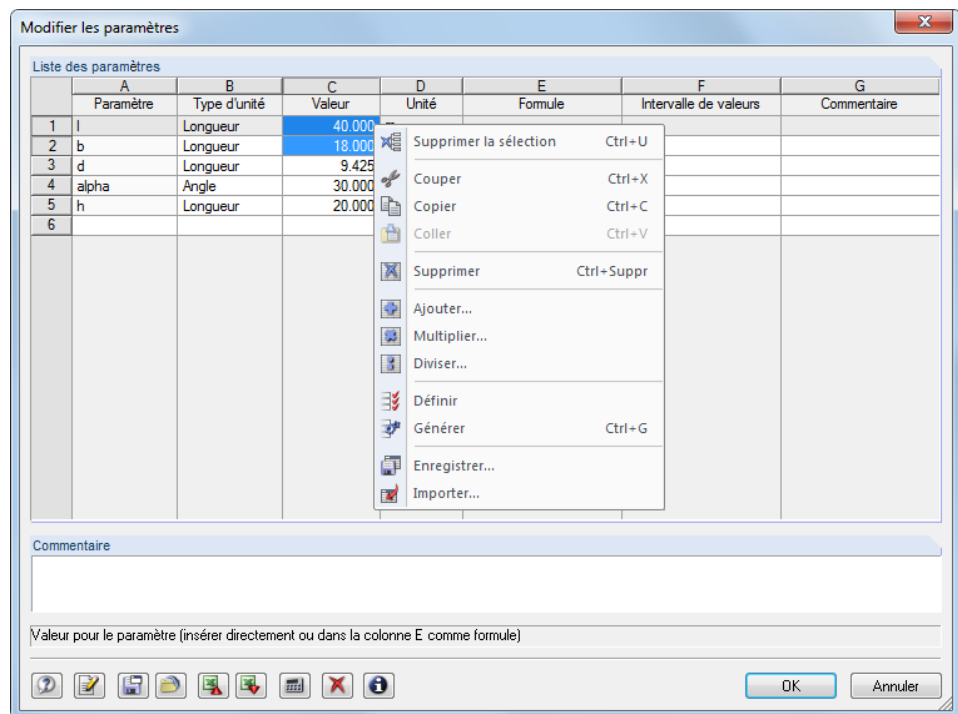


Figure 11.132 : Menu contextuel d'une sélection dans la liste des paramètres

Vous trouverez une description des fonctions de menu dans les chapitres 11.5.1 et 11.5.2, page 507.

Boutons

En complément des boutons par défaut, les fonctions suivantes sont disponibles dans la liste des paramètres.








Bouton	Description
	Enregistre la liste des paramètres dans un fichier.
	Charge une liste des paramètres enregistrée
	Exportation de la liste des paramètres vers MS Excel
	Importe les données du tableau Excel ouvert
	Ouvre la calculatrice et importe ses résultats
	Supprime tout le contenu de la Liste des paramètres.
	Affiche les détails de la section utilisée dans le modèle

Tableau 11.12 : Boîte de dialogue *Modifier les paramètres* : Boutons

11.6.3 Éditeur de formule

L'éditeur de formule gère les équations de l'entrée paramétrée.

Accès à l'éditeur de formule

Pour ouvrir l'éditeur de formule,

- utilisez le bouton dans la barre d'outils de tableau affiché à gauche

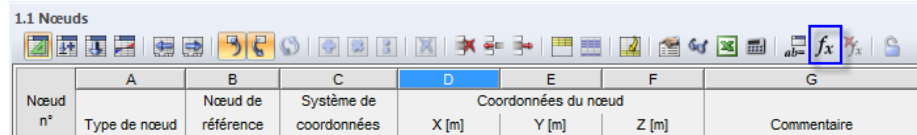


Figure 11.133 : Bouton *Modifier la formule* dans la barre d'outils de tableau

- cliquez au coin jaune ou rouge de la cellule de tableau (un coin rouge indique une erreur dans la formule) ou

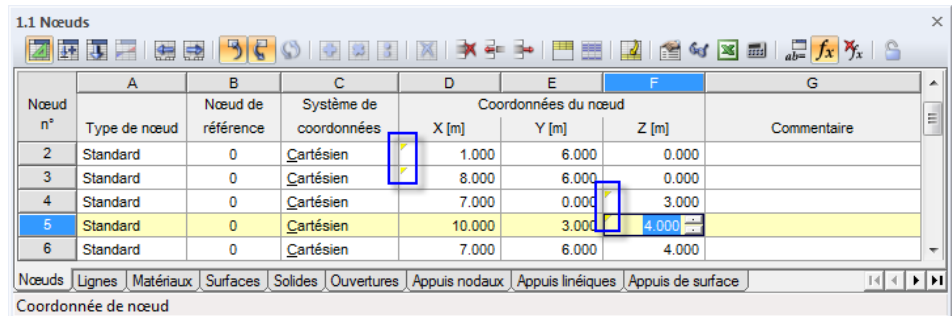


Figure 11.134 : Coins de cellule marqués dans le tableau 1.1 *Nœuds*

- utilisez les boutons de fonction près des champs d'entrée dans les boîtes de dialogue (voir la Figure 11.139).

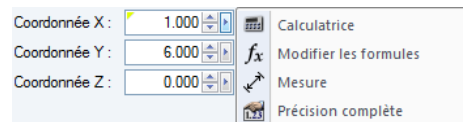


Figure 11.135 : Boutons de fonction avec le menu contextuel dans la boîte de dialogue *Modifier le nœud*

Il est aussi possible d'importer les formules enregistrées dans Excel et d'exporter les formules de RFEM vers Excel. Pour plus d'informations sur l'échange de données avec Excel, voir le chapitre 12.5.2 à la page 598.

Description

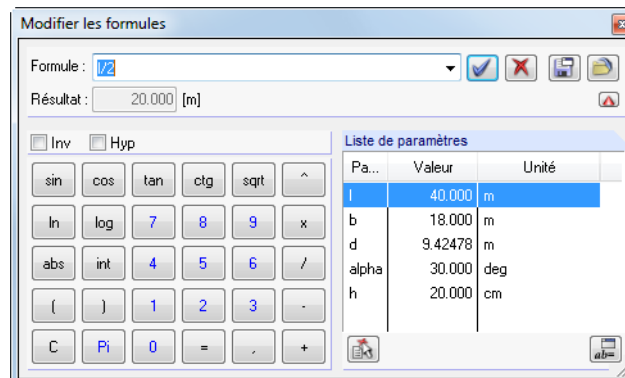


Figure 11.136 : Boîte de dialogue *Modifier les formules*

Dans le champ d'entrée *Formule*, des formules peuvent être insérées manuellement. Quand vous utilisez la calculatrice, ses résultats sont transférés automatiquement.

La formule peut consister en valeurs numériques constantes, des paramètres ou des fonctions. Le résultat de l'équation est affiché dans le champ ci-dessous. Utilisez le bouton [▼] à la fin de la ligne de *Formule* pour sélectionner une entrée de la liste des formules déjà insérées.

Cliquez sur le bouton [✓] pour appliquer la formule à la cellule du tableau ou au champ d'entrée de la boîte de dialogue. Supprimez la ligne de formule à l'aide du bouton [×]. En cas de fausses entrées, les formules sont affichées en rouge dans le *champ d'entrée* de formule.

Le contenu des autres cellules peut être utilisé dans les formules à l'aide des références.

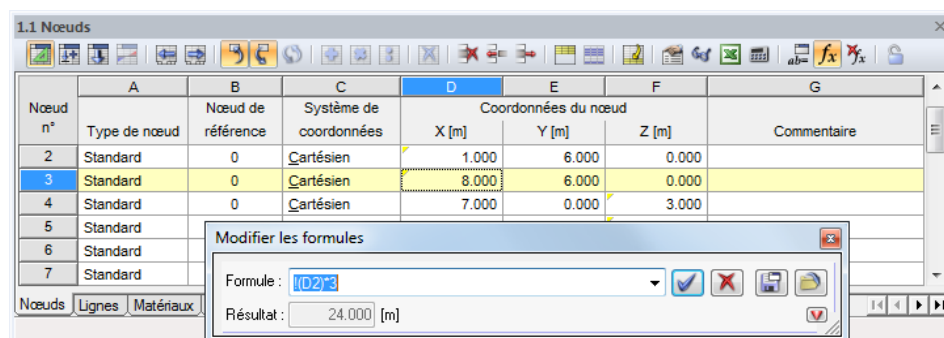


Figure 11.137 : Éditeur de la formule avec une référence

Une référence est introduite par un point d'exclamation (!). La cellule de référence est définie entre parenthèses.

Comme affiché dans la figure ci-dessus, le contenu de la cellule **D3** est trois fois la valeur de la cellule **D2**.

A l'aide d'un trait d'égalité préfixé, vous pouvez aussi insérer une formule directement dans les cellules de tableau (par exemple $=2.5 \cdot P$). Si les valeurs sont utilisées (par exemple $=22.1 + A \cdot H$), elles sont intégrées en unités SI avec [m] ou [N] dans la formule.

Les fonctions suivantes sont disponibles dans la calculatrice de l'Éditeur de formule :

Fonction	Description
<input type="button" value="sin"/>	Sinus
<input type="button" value="cos"/>	Cosinus
<input type="button" value="tan"/>	Tangente
<input type="button" value="ctg"/>	Cotangente
<input type="button" value="sqrt"/>	Racine carrée
<input type="button" value="^"/>	Puissance
<input type="button" value="ln"/>	Logarithme naturel
<input type="button" value="log"/>	Logarithme en base 10
<input type="button" value="abs"/>	Valeur absolue
<input type="button" value="int"/>	Chiffre entier, par exemple $\text{int}(5.638) = 5$
<input type="button" value="C"/>	Vider la ligne de formule
<input type="button" value="Inv"/>	Inverser, par exemple $\text{inv sqrt}(5)$ signifie 5^2
<input type="button" value="Hyp"/>	Fonction hyperbolique

Tableau 11.13 : Fonctions de calculatrice



La section de dialogue *Liste de paramètres* dans l'éditeur de formule liste tous les paramètres avec les valeurs actuelles. Pour transférer un paramètre particulier dans la ligne de *Formule*, cliquez deux fois sur l'entrée ou bien sélectionnez l'entrée et utilisez le bouton [Appliquer le paramètre sélectionné] figuré à gauche.



Cliquez sur le bouton [Modifier les paramètres] (voir le chapitre 11.6.2, page 519) pour ouvrir la liste de paramètre où vous pouvez modifier ou compléter les paramètres.

Boutons

Les boutons disponibles dans l'éditeur de formule ont les fonctions suivantes :






Bouton	Description
	Applique la formule à la cellule de tableau ou au champ d'entrée
	Supprime les entrées de la formule
	Enregistre le contenu de l'éditeur de la formule comme un fichier
	Charge un fichier enregistré
	Affiche ou masque la calculatrice et la liste de paramètres

Tableau 11.14 : Boîte de dialogue *Modifier les formules* : Boutons

11.6.4 Formules dans les tableaux et les boîtes de dialogue

Les équations stockées dans l'éditeur de formule peuvent être utilisées dans les deux cellules des tableaux et les champs d'entrée des boîtes de dialogue. Comme les tableaux et les boîtes de dialogue sont interactifs, vous pouvez accéder aux formules dans les deux modèles d'entrée.

Formules dans les tableaux



Quand les cellules sont marquées par un signe jaune ou rouge (triangle) dans le coin gauche supérieur, une formule a été associée (voir la Figure 11.134, page 523). Cliquez sur le signe pour ouvrir l'éditeur de formule



Pour associer une cellule « normale » avec une formule, placez le pointeur dans la cellule et ouvrez l'éditeur de formule en utilisant le bouton figuré à gauche.

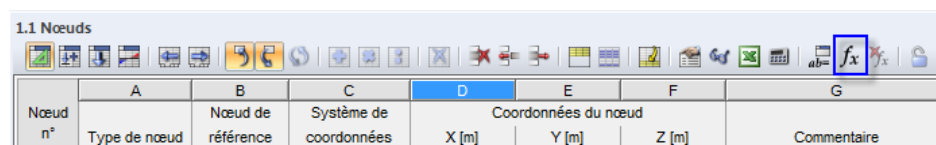


Figure 11.138 : Bouton *Modifier la formule* dans la barre d'outils de tableau



Un signe rouge signifie qu'il y a une erreur dans la définition de la formule. Ce signe correspond à la ligne de formule rouge dans l'éditeur de formule. Il est recommandé de corriger la formule.

Formules dans les boîtes de dialogue

L'entrée paramétrée a été premièrement développée pour l'application dans les tableaux. Néanmoins, vous pouvez utiliser aussi les formules dans les boîtes de dialogue.



Un bouton de fonction à droite des champs d'entrée dans les boîtes de dialogue indique qu'ils peuvent être associés avec les formules.

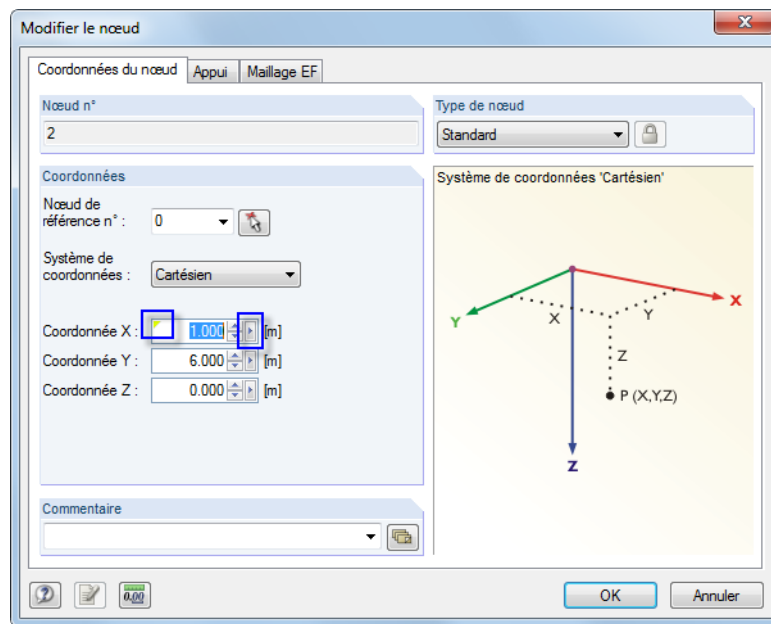


Figure 11.139 : Boîte de dialogue avec la formule associée et le bouton de fonction

Quand le champ d'entrée est déjà associé à une formule, il est marqué comme une cellule par un signe jaune (ou par un signe rouge en cas d'entrée incorrecte).



Cliquez sur le bouton de fonction pour ouvrir le menu contextuel affiché dans la Figure 11.135 à la page 523 où vous pouvez accéder à l'éditeur de formule.

11.7 Générateurs du modèle

Une variété d'outils vous aide à créer des modèles ou des parties de systèmes structuraux. En complément aux fonctions de copiage et d'extrusion, RFEM vous fournit des boîtes de dialogue spéciales pour la génération des modèles de barre et de surface.

11.7.1 Copies et extrusions

11.7.1.1 Décalage parallèle des lignes et des barres

Il est facile de copier les lignes ou les barres sélectionnées graphiquement : Déplacez les objets à l'endroit désiré dans l'espace de travail en tenant la touche [Ctrl] appuyée. La fonction respecte les standards généraux des applications Windows.

Si vous voulez créer des lignes ou barres parallèles, vous pouvez insérer des paramètres spécifiques dans une boîte de dialogue. Pour accéder à la fonction correspondante,

sélectionnez **Définir une ligne parallèle** dans le menu **Outils** ou bien

sélectionnez **Définir une barre parallèle** dans le menu **Outils**

ou utilisez le menu contextuel de la ligne ou de la barre (voir la Figure 11.149, page 534).

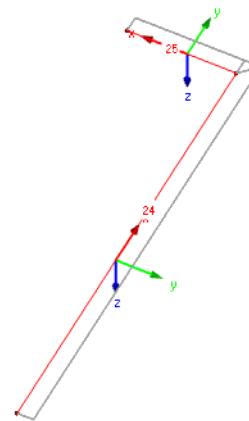
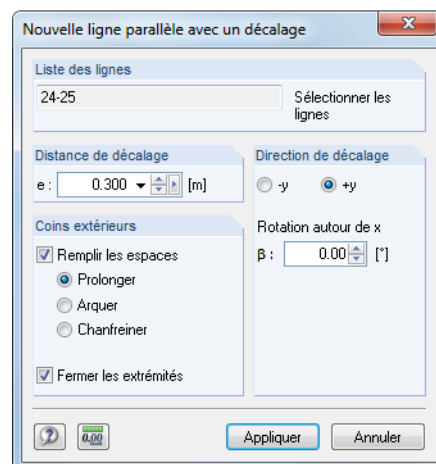
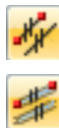


Figure 11.140 : Boîte de dialogue *Nouvelle ligne parallèle avec un décalage*

La ligne sélectionnée est affichée dans la *Liste des lignes*. Si nécessaire, vous pouvez ajouter plus de lignes en les cliquant dans la fenêtre graphique. Veuillez noter que toutes les lignes de la liste doivent être dans un plan.

Dans la section de dialogue *Distance de décalage*, vous spécifiez la distance entre la copie et l'original.

Quand plusieurs lignes sont copiées par un décalage parallèle, vous avez plusieurs possibilités disponibles dans la section de dialogue *Coins extérieurs* pour ajuster les lignes ou les barres copiées. La figure ci-dessus vous montre les lignes copiées (sans axes) allongées jusqu'au point d'intersection commun. En outre, les deux extrémités sont connectées avec les lignes d'origine si la case *Fermer les extrémités* est cochée.

Les paramètres dans la section de dialogue *Direction de décalage* définissent la direction où les lignes seront copiées. Les directions *+y* et *-y* sont affichées directement dans la fenêtre graphique. Elles sont utilisées surtout pour cette boîte de dialogue et ne dépendent pas du plan de travail actuellement défini. Ainsi, elles ne reflètent pas nécessairement les axes de ligne. Le champ d'entrée *Rotation autour de x* vous permet de copier les objets hors du plan.

11.7.1.2 Extruder les lignes et les barres

Par extrusion des lignes et des barres, vous pouvez rapidement créer des surfaces et des grilles. Mais si vous voulez générer une grille irrégulière à l'aide des spécifications étendues, il est recommandé d'utiliser la boîte de dialogue *Générer une grille* (voir le chapitre 11.7.2, page 538).

Pour accéder aux fonctions d'extrusion,

sélectionnez **Extruder** dans le menu **Outils**.

Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel de la ligne ou de la barre correspondante.

Extruder la barre/ligne dans la surface



Menu Outils → Extruder

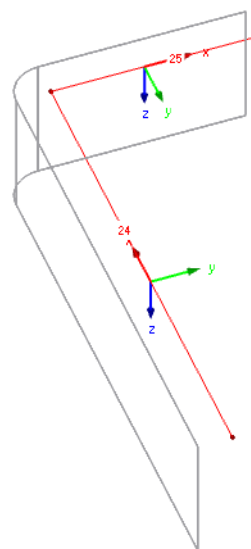
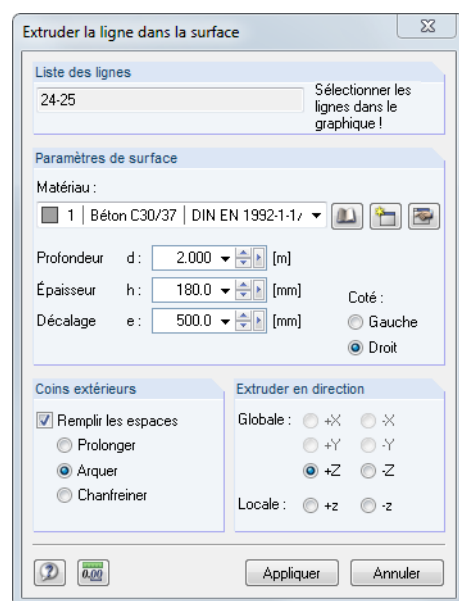


Figure 11.141 : Boîte de dialogue *Extruder la ligne dans la surface*

La ligne sélectionnée est affichée dans la *Liste des lignes*. Si nécessaire, vous pouvez ajouter plus de lignes en les cliquant dans la fenêtre graphique. Veuillez noter que toutes les lignes de la liste doivent être dans un plan.

Puis, insérez le matériau, hauteur et épaisseur de la nouvelle surface comme *Paramètres de surface*. S'il est défini un *Décalage*, la surface sera créée à une distance latérale rapportée à la direction de l'extrusion. Dans ce cas, spécifiez le *Côté*. Les paramètres modifiés sont affichés immédiatement dans la fenêtre graphique.

Quand il y a plusieurs lignes qui sont extrudées, vous avez différentes possibilités disponibles dans la section de dialogue *Coins extérieurs* pour ajuster les lignes copiées. La figure ci-dessus vous montre les lignes (sans axes) extrudées avec un décalage et connectées à un arc.

Dans la section de dialogue *Extruder en direction*, définissez la direction globale ou locale de l'extrusion.

Extruder la barre dans la grille

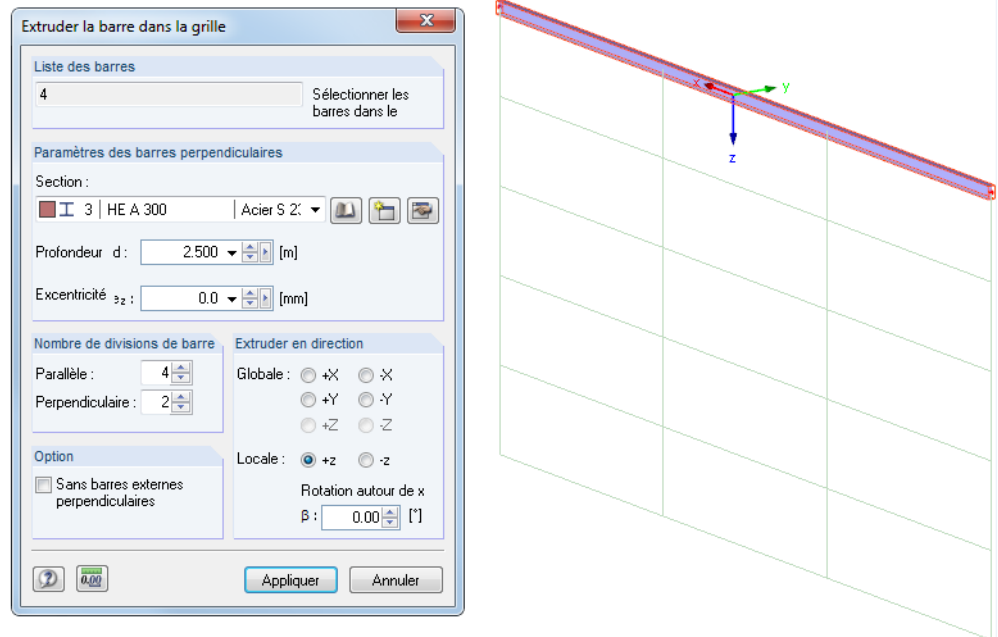


Figure 11.142 : Boîte de dialogue *Extruder la barre dans la grille*

La barre sélectionnée est affichée dans la *Liste des barres*. Si nécessaire, vous pouvez ajouter plus de barres en les cliquant dans la fenêtre graphique. Toutes les barres de la liste doivent être dans un plan.

Dans la section de dialogue *Paramètres des barres perpendiculaires*, insérez la section des barres verticales et la profondeur comme une valeur pour la hauteur totale de la grille. Optionnellement, spécifiez une excentricité afin de connecter les barres par une connexion excentrique (voir le chapitre 4.15, page 144).

Les paramètres dans la section de dialogue *Nombre de division de barre* gèrent la division en grille uniforme consistant en barres parallèles et perpendiculaires. En outre, vous avez l'*Option* pour le faire *Sans barres externes perpendiculaires*.

Dans la section de dialogue *Extruder en direction*, définissez la direction globale ou locale où les barres de grille seront créées. Le champ d'entrée *Rotation autour de x* vous permet de copier les objets hors du plan.

11.7.1.3 Extruder les surfaces

A l'aide de l'extrusion des surfaces planes, vous pouvez rapidement créer les objets géométriques spatiaux.

Pour accéder aux fonctions correspondantes, sélectionnez **Extruder** dans le menu **Outils**.

Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel de la surface correspondante.



Menu Outils → Extruder

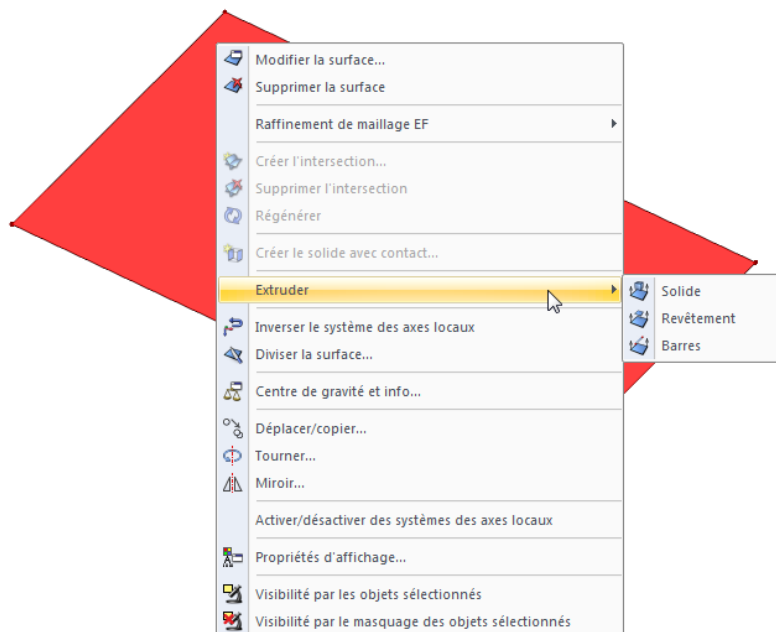


Figure 11.143 : Menu contextuel de la surface

Pour créer les objets extrudés en déplaçant la surface parallèle dans l'espace de travail, sélectionnez l'une des trois options suivantes dans le menu contextuel.

- **Solide** : Un solide 3D se crée (voir le chapitre 4.5, page 90).
- **Revêtement** : Seulement les surfaces entourant l'objet spatial sont générées.
- **Barres** : Les barres sont créées sur la ligne de connexion entre les nœuds et leurs copies. Optionnellement, la surface de base est aussi copiée.

En fonction de votre choix, une nouvelle boîte de dialogue s'affiche où vous devez définir les paramètres correspondants. La *Profondeur d* peut être insérée directement ou déterminée graphiquement avec la souris.

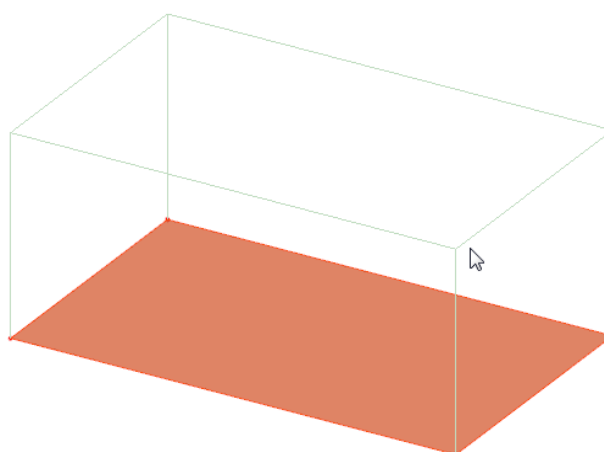
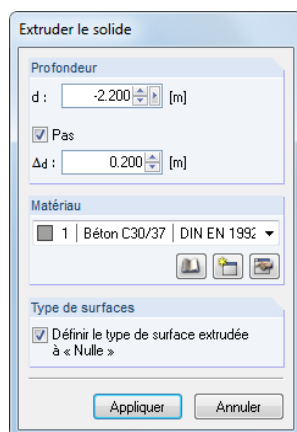


Figure 11.144 : Boîte de dialogue Extruder le solide

11.7.1.4 Générer les solides

Le chapitre précédent décrit comment les surfaces existantes peuvent être utilisées pour créer les solides ou les revêtements. Mais si vous voulez générer un complètement nouveau solide, RFEM vous offre les fonctions spéciales pour créer les objets 3D : D'abord, créez les surfaces (rectangle avec les arrondis, demi-cercle etc.). Dans le deuxième pas, extrudez les surfaces par rapport à un point ou un plan.

Extruder la surface par rapport au plan parallèle

Pour accéder à la fonction correspondante,

pointez sur **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, sélectionnez **Solides** et **Graphiquement** et puis, cliquez sur **Extruder à section variable**

ou utilisez le bouton de liste correspondant de la barre de menu.

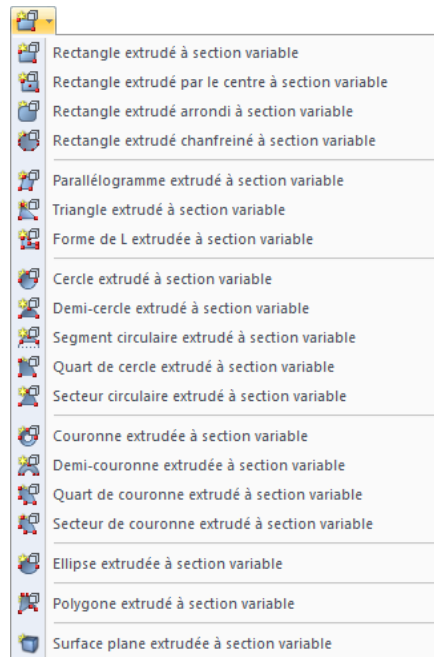


Figure 11.145 : Bouton de liste *Extruder la surface*

Le menu contient un grand nombre de formes de surface planes qui peuvent être définies graphiquement et ensuite extrudées parallèlement au plan de la surface.

Le principe de fonctionnement est similaire à l'entrée graphique des surfaces (voir le chapitre 4.4, page 81) : D'abord, définissez le matériau et l'épaisseur dans la boîte de dialogue. Puis, vous pouvez créer les surfaces dans la fenêtre graphique en cliquant sur les points de définition.

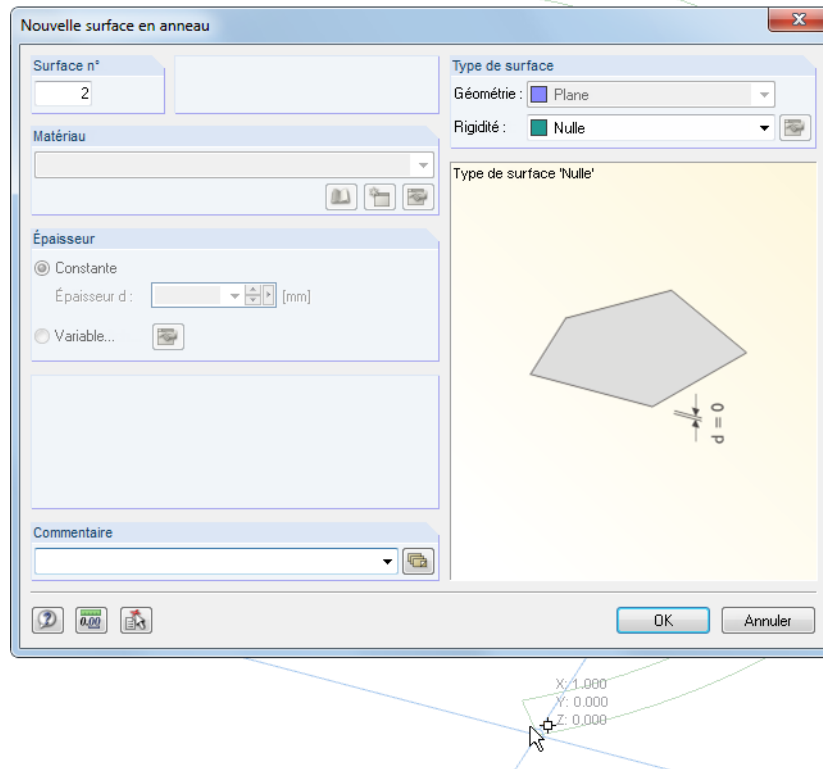


Figure 11.146 : Boîte de dialogue *Nouvelle surface en anneau* pour la définition graphique de la surface

Quand l'aire de base est définie, définissez les paramètres pour la création du solide dans la boîte de dialogue *Extruder*.

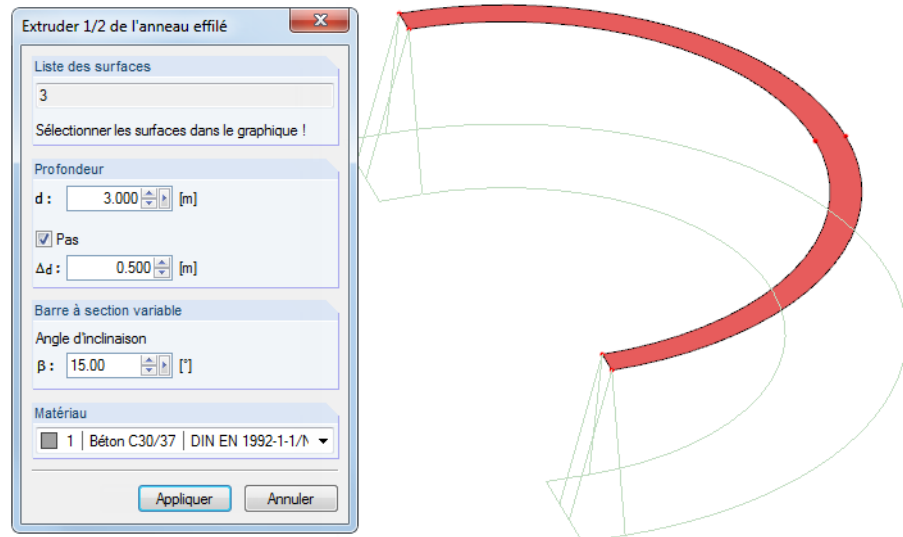


Figure 11.147 : Boîte de dialogue *Extruder 1/2 de l'anneau effilé* avec les surfaces latérales inclinées

La *Profondeur d* peut être insérée directement dans la boîte de dialogue ou déterminée graphiquement avec la souris. La direction de projection est toujours à l'angle droit par rapport au plan de l'aire de base.

Quand vous insérez une valeur dans la section de dialogue *Section variable*, il est possible de créer un revêtement parallèle ou l'aire de base avec des côtés inclinés. L'angle β décrit l'inclinaison de la direction de projection.

En outre, le *Matériau* du nouveau solide doit être spécifié.

Extruder la surface par rapport au point

Pour accéder à la fonction correspondante,

pointez sur **Données de modèle** dans le menu **Insérer**, sélectionnez **Solides** et **Graphiquement** et puis, cliquez sur **Extruder au point**.

Le menu contient un grand nombre de formes de surface planes qui peuvent être définies graphiquement et ensuite extrudées par rapport à un point.

Le principe de fonctionnement est similaire à l'extrusion de l'objet par rapport au plan parallèle (voir ci-dessus) : D'abord, définissez l'aire de base graphiquement. Puis, vous pouvez insérer le point de projection de l'extrusion dans la boîte de dialogue *Extruder*. Vous pouvez aussi le définir graphiquement.

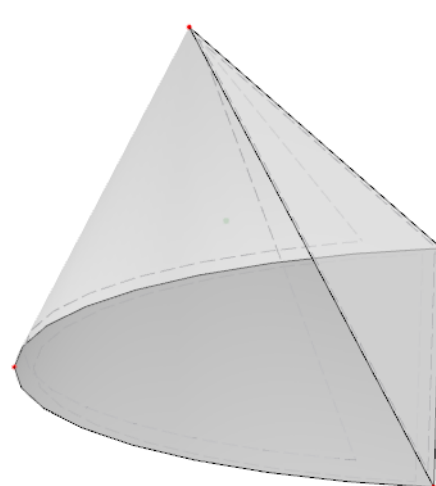
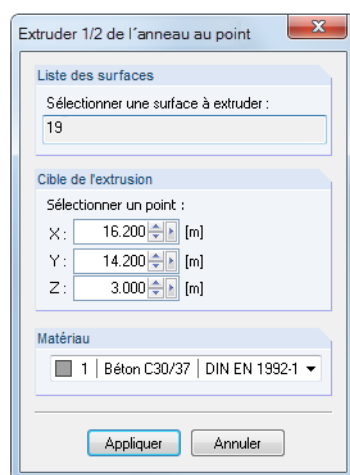
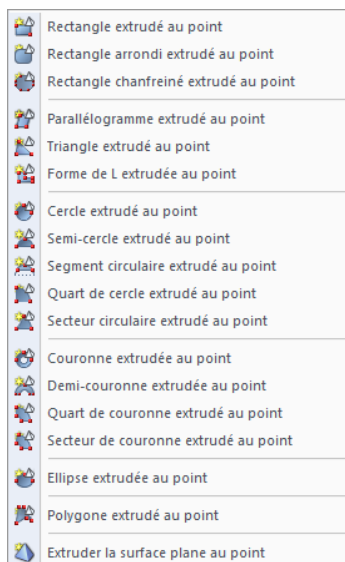


Figure 11.148 : Boîte de dialogue *Extruder 1/2 de l'anneau au point* avec résultat

11.7.1.5 Diviser la barre en surfaces

Parfois, il est nécessaire d'analyser des zones particulières du modèle plus en détail (par exemple l'évaluation des appuis ou des joints de portique comme un modèle de surface). Il serait possible, mais prendrait beaucoup de temps, d'insérer une section en utilisant les éléments de surface manuellement. La fonction *Générer les surfaces de la barre* vous aide à représenter un élément de barre 1D à l'aide des éléments de surface 2D.

La fonction est disponible seulement si le type de modèle est défini comme 3D (voir la Figure 12.23, page 584).

Pour diviser une barre précédemment sélectionnée,

pointez sur **Générer les surfaces de la barre** dans le menu **Outils** et puis, sélectionnez **Générer**.

Cette fonction est aussi disponible dans le menu contextuel de la barre. Cliquez sur le bouton droit de la souris sur la barre pour ouvrir son menu contextuel (voir la figure ci-dessous).



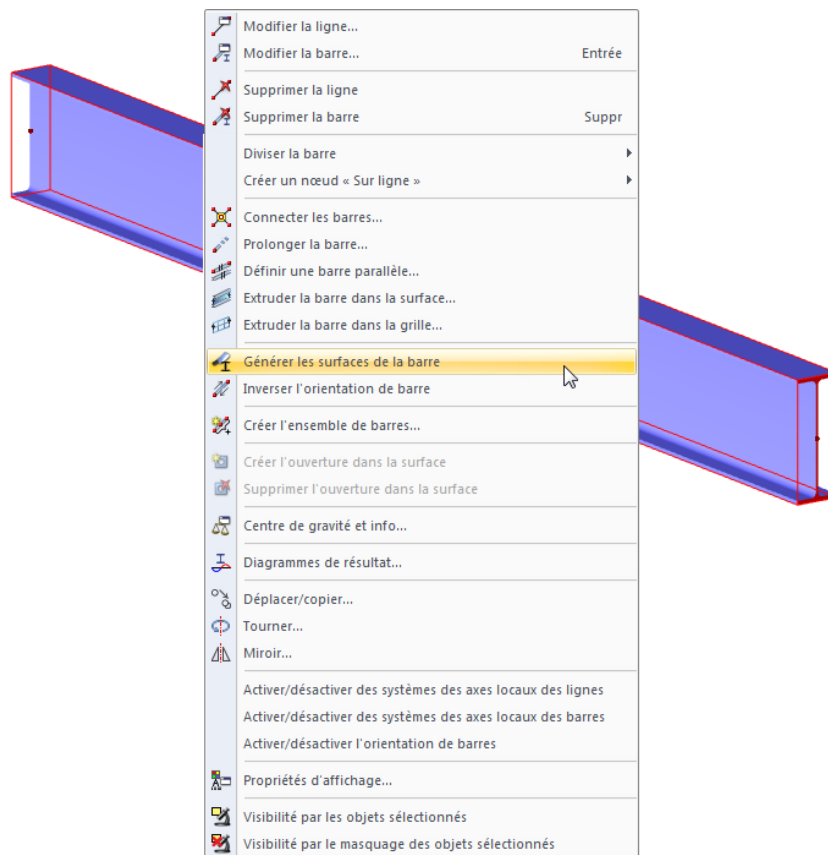
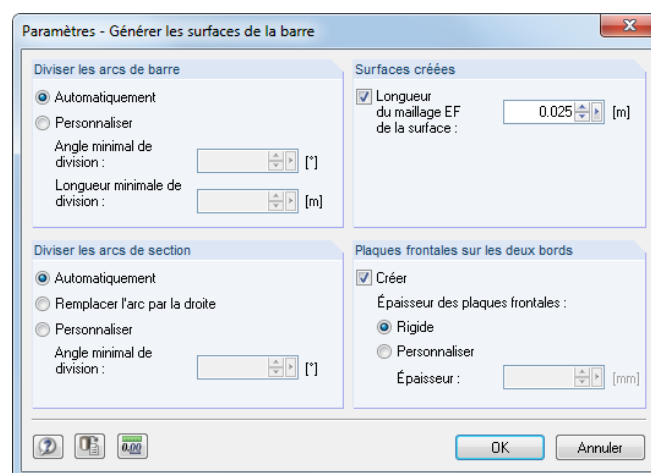


Figure 11.149 : Menu contextuel de la barre

Les informations sur la barre ne seront pas perdues : En complément aux surfaces, une barre nulle sera créée à l'axe de gravité. La barre nulle contient toutes les données de barre mais ne sera pas considérée dans le calcul.

Pour accéder à plus d'options pour la fonction *Générer les surfaces de la barre*, pointez sur **Générer les surfaces de la barre** dans le menu **Outils** et puis, sélectionnez **Paramètres**.

Figure 11.150 : Boîte de dialogue *Paramètres - Générer les surfaces de la barre*

Utilisez la section de dialogue *Diviser les arcs de barre* pour gérer combien de fois une barre qui se trouve sur une ligne courbée doit être divisée. Si une chaîne polygonale très rude est créée avec les paramètres par défaut *Automatiquement*, vous pouvez personnaliser la division et réduire l'*Angle de division* ou la *Longueur de division*.

Les paramètres dans la section de dialogue *Diviser les arcs de section* influencent la division des surfaces courbées, par exemple les barres de la section de type « Tuyau ». De nouveau, la division peut être raffinée par l'*Angle de division* défini par l'utilisateur.

Dans la section de dialogue *Surfaces créées*, vous pouvez définir un raffinement de maillage EF pour les surfaces générées (voir le chapitre 4.23, page 176).

Au cours de la conversion, les *Platines d'about* peuvent être créées additionnellement aux extrémités de la barre. Les caractéristiques des surfaces générées peuvent être ajustées ultérieurement en modifiant les surfaces (voir le chapitre 4.12, page 120).

11.7.2 Générateurs du modèle

Pour accéder aux boîtes de dialogue pour la création des objets de modèle, sélectionnez **Générer le modèle - Barres** dans le menu **Outils** ou sélectionnez **Générer le modèle - Surfaces** dans le menu **Outils**.

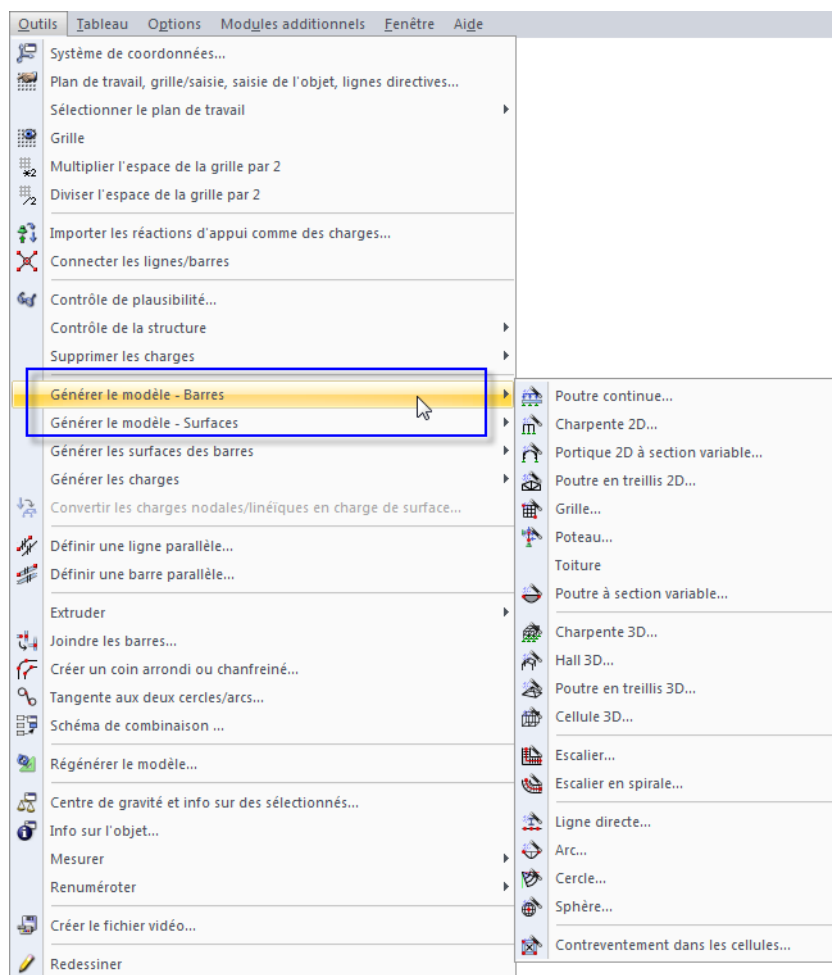


Figure 11.151 : Menu *Outils* → *Générer le modèle - Barres* ou *Surfaces*

Les générateurs simples sont présentés ci-dessous. Néanmoins, vous ne trouverez pas de description détaillée des boîtes de dialogue parce que les graphiques de dialogue illustrent les paramètres de façon adéquate.



Chaque entrée de dialogue peut être enregistrée comme un modèle type et utilisée plus tard. Les deux boutons figurés à gauche sont utilisés pour enregistrer et charger les données de générateur.

11.7.2.1 Barres

Poutre continue

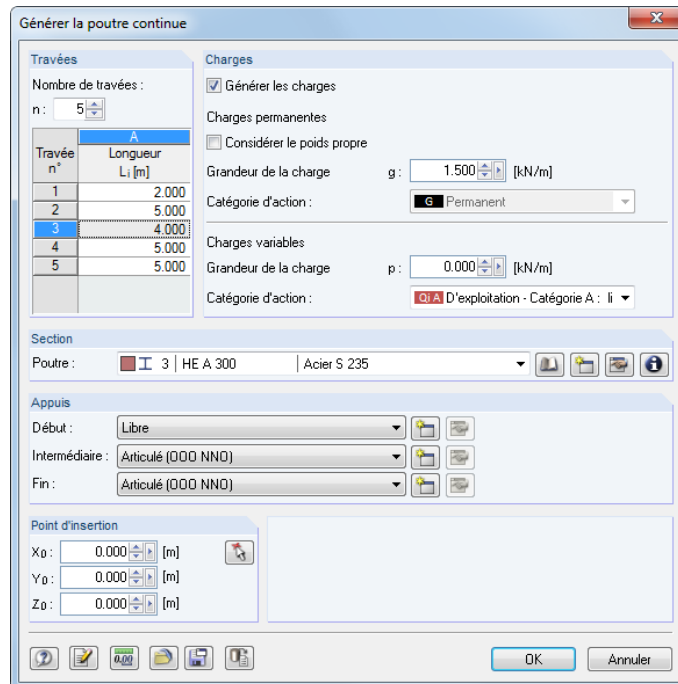


Figure 11.152 : Boîte de dialogue *Générer la poutre continue*

RFEM crée une poutre continue avec une section uniforme, appuis et travées irrégulières. Optionnellement, les cas de charge et les combinaisons de résultats sont aussi créés.

Charpente 2D

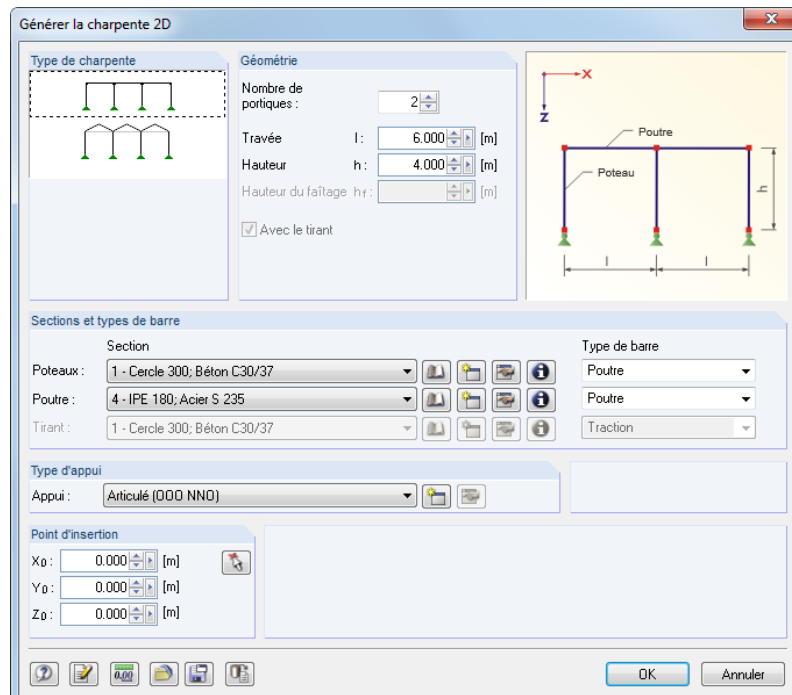


Figure 11.153 : Boîte de dialogue *Générer la charpente 2D*

Avant d'insérer les données géométriques et les propriétés de section, sélectionnez le *Type de charpente*. Les poteaux de la charpente plane ont les conditions d'appui égales.

Portique 2D à section variable

Générer le portique 2D à section variable

Géométrie

Largeur du bord extérieur b_{OE} : 9.290 [m] ☒ Avec la décroissance
 Largeur de l'axe b : 9.000 [m] v_{IE} : 1.055 [m]
 v : 1.200 [m]
 v/b : 13.33 [%]
 Hauteur du bord supérieur h_{TE} : 6.288 [m] ☒ Avec la console de voie de grue
 Hauteur de l'axe h : 6.000 [m] k_1 : 0.500 [m]
 k_2 : 4.500 [m]
 Inclinaison de la toiture α : 5.00 [°]
 8.75 [%]
 Espacement de champs e : 6.000 [m] ☒ Avec les excentricités

Sections

Poteaux: 3 - HE A 300 | DIN 1025-3:1994; Acier S 2
 Poutres: 4 - IPE 180; Acier S 235
 Décroissance (poteau): 1 - IS 600/220/12/19/0; Acier S 235
 Décroissance (poutre): 1 - IS 600/220/12/19/0; Acier S 235
 Corbeau de voie de grue: 3 - HE A 300 | DIN 1025-3:1994; Acier S 2

Charges

☒ Générer les charges Position de portique: ☒ Champ interne ☐ Champ d'extrémité

☒ Charges permanentes
 Poids de la toiture g_D : 0.750 [kN/m²]
 Poids du voile g_W : 0.300 [kN/m²]
 Catégorie d'action: G Permanent

☒ Charge de neige...
 Catégorie d'action: Qs Neige ($H \leq 1000$ m d'alti)

☒ Charges de vent...
 Catégorie d'action: Qw Vent

Point d'insertion

X_0 : 0.000 [m]
 Y_0 : 0.000 [m]
 Z_0 : 0.000 [m]

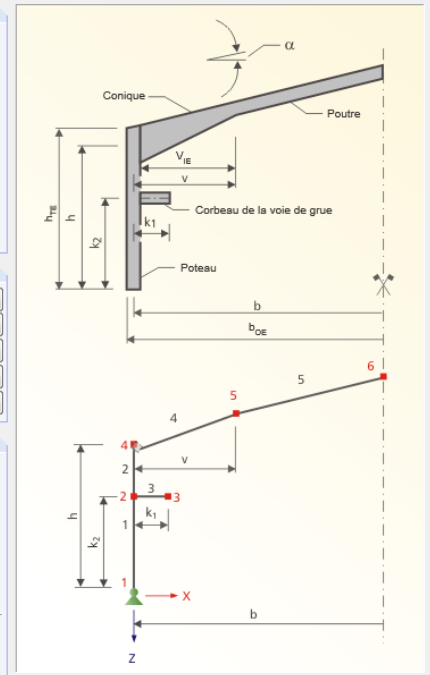


Figure 11.154 : Boîte de dialogue Générer le portique 2D à section variable



Le portique plan doit être défini par sa *Géométrie* et ses *Sections*. Vous pouvez créer les barres à sections variables, corbeaux de la voie de grue et les connexions excentriques. Les *charges* peuvent être générées ultérieurement. Les boutons [Paramètres] vous offrent l'accès aux paramètres de générateur. La *Position de portique* est importante pour la détermination de la charge.

Paramètres - Charges de vent

Pression dynamique

Selon la norme: EN 1991-1-4 Hauteur de la structure h : 6.394 [m]
 Annexe nationale: NF
 Zone de vent: 1
 Catégorie de terrain: Catégorie IIIa

Vitesse de référence du vent $v_{b,0}$: 22.00 [m/s]

Distance des coins de la toiture

Distance
 e_1 : 5.000 [m]
 e_2 : 5.000 [m]

Nombre de travées
 n_1 : 0.8
 n_2 : 0.8

Largeur de travée e : 6.000 [m]

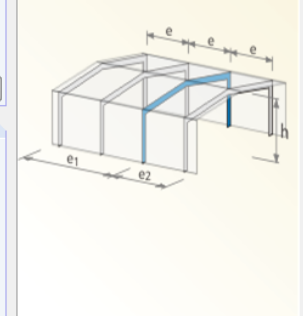
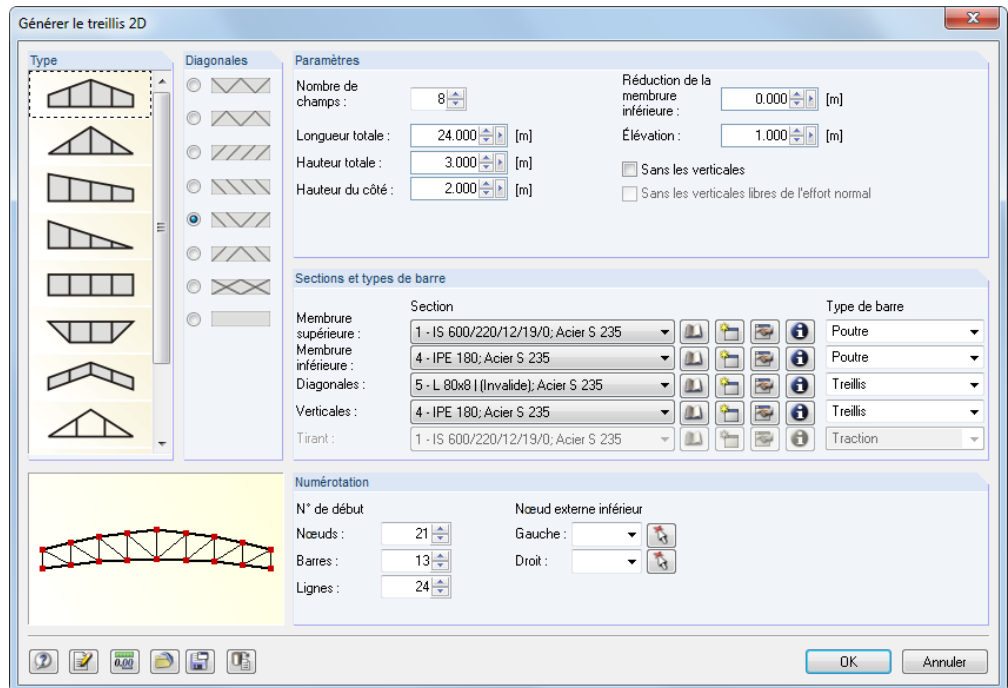


Figure 11.155 : Boîte de dialogue Paramètres - Charges de vent

Treillis 2D



Générer le treillis 2D

Type

Diagonales

Paramètres

Nombre de champs : 8

Longueur totale : 24.000 [m]

Hauteur totale : 3.000 [m]

Hauteur du côté : 2.000 [m]

Réduction de la membrure inférieure : 0.000 [m]

Élévation : 1.000 [m]

☐ Sans les verticales

☐ Sans les verticales libres de l'effort normal

Sections et types de barre

Section

Membrure supérieure : 1 - IS 600/220/12/13/0; Acier S 235

Membrure inférieure : 4 - IPE 180; Acier S 235

Diagonales : 5 - L 80x8 (l'Invalide); Acier S 235

Verticales : 4 - IPE 180; Acier S 235

Tirant : 1 - IS 600/220/12/13/0; Acier S 235

Type de barre

Poutre

Poutre

Treillis

Treillis

Traction

Numérotation

N° de début

Nœuds : 21

Barres : 13

Lignes : 24

Nœud externe inférieur

Gauche : ☐

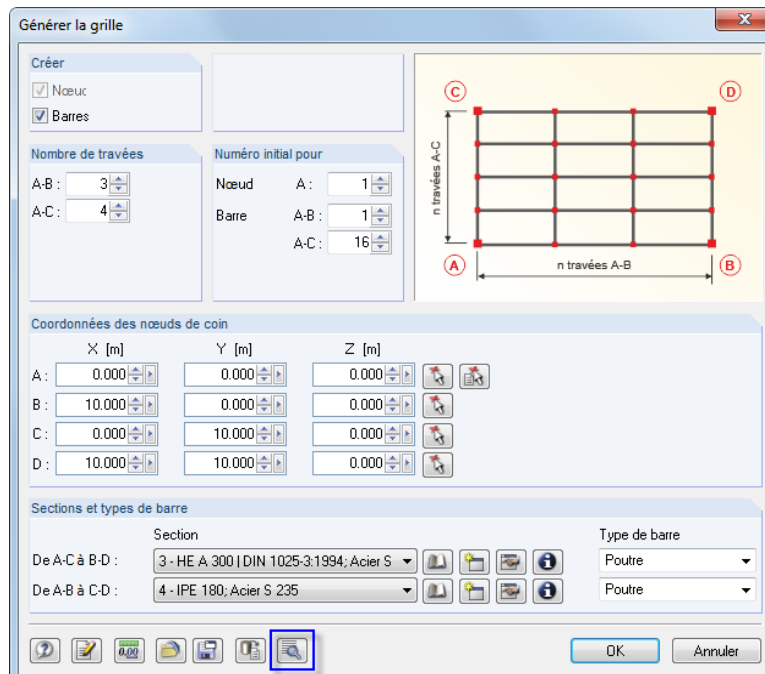
Droit : ☐

OK Annuler

Figure 11.156 : Boîte de dialogue Générer le treillis 2D

D'abord, définissez le *Type* de treillis et la disposition des *Diagonales*. Puis, vous pouvez définir les *Paramètres*, *Sections* et *types de barre*.

Grille



Générer la grille

Créer

☒ Nœud

☒ Barres

Nombre de travées

A-B : 3

A-C : 4

Numéro initial pour

Nœud A : 1

Barre A-B : 1

A-C : 16

Coordonnées des nœuds de coin

	X [m]	Y [m]	Z [m]
A :	0.000	0.000	0.000
B :	10.000	0.000	0.000
C :	0.000	10.000	0.000
D :	10.000	10.000	0.000

Sections et types de barre

Section

De A-C à B-D : 3 - HE A 300 I DIN 1025-3:1994; Acier S

De A-B à C-D : 4 - IPE 180; Acier S 235

Type de barre

Poutre

Poutre

OK Annuler

Figure 11.157 : Boîte de dialogue Générer la grille

Utilisez ce générateur pour créer les modèles qui ont une grille uniforme. Il n'est pas nécessaire qu'ils soient conçus avec les angles droits comme affiché dans le graphique de dialogue ci-dessus. Un type de modèle quadrangulaire spatial avec quatre points de coin est possible.

Pour générer une « vraie » grille de poutre, il est recommandé de définir le *Type du modèle* comme **2D - en XY** dans la boîte de dialogue *Données de base* du modèle (voir le chapitre 12.2, page 584).



Pour générer des grilles irrégulières, utilisez le bouton [Modifier les paramètres avancés] figuré à gauche.

Poteau

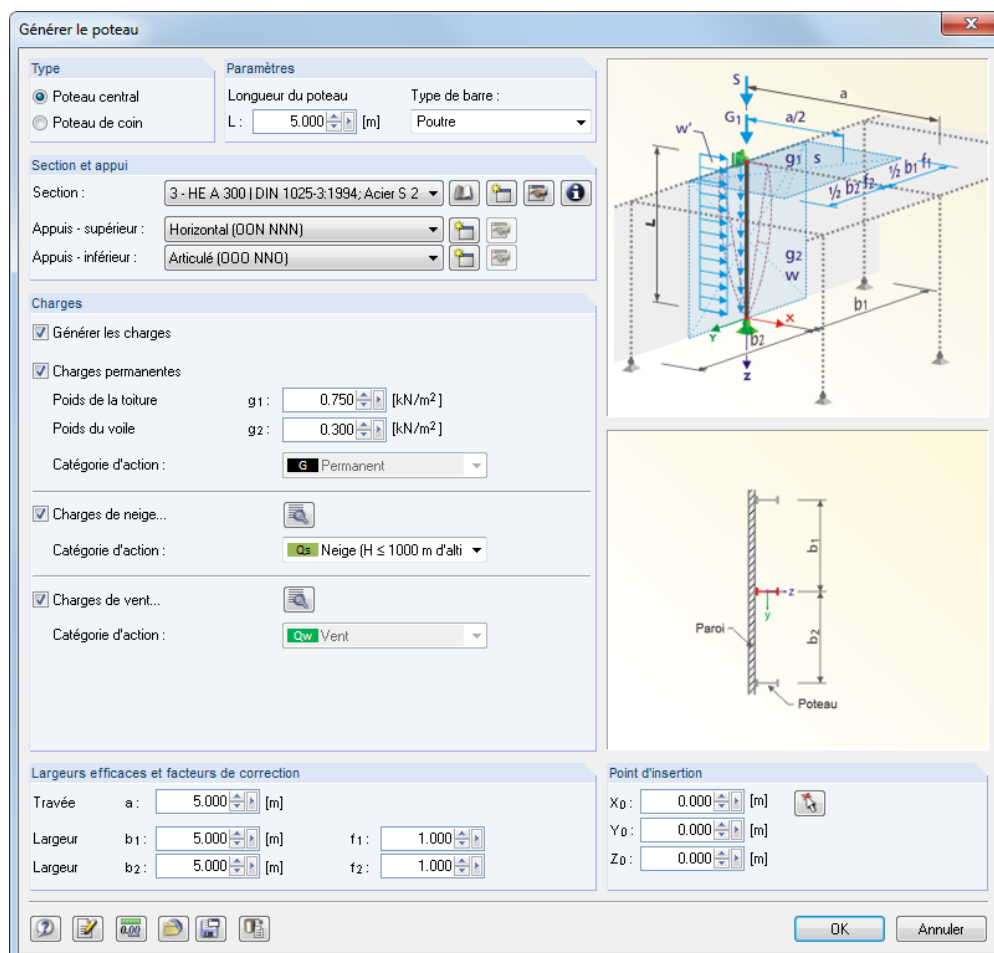


Figure 11.158 : Boîte de dialogue *Générer le poteau*

Dans la section de dialogue *Type*, vous décidez si un poteau de centre ou de coin est généré. Si vous voulez générer les *Charges*, vous devez spécifier leurs *Largeurs efficaces et facteurs de correction*. Pour générer un poteau de pignon, la **Travée a** est requise pour le domaine d'influence en direction longitudinale du hall. Les facteurs f_1 et f_2 sont utilisés pour mettre à l'échelle les longueurs géométriques b_1 et b_2 du modèle statique ou bien pour remplir des réquisitions spéciales de la norme (par exemple les facteurs d'incrément de charge pour les calculs individuels).

Générateurs de toiture



L'élément de menu *Toiture* vous fournit trois générateurs de toiture que vous pouvez sélectionner pour générer les systèmes de toiture plans y compris les charges. Les boutons [Paramètres] disponibles dans les boîtes de dialogue de toiture vous aident à déterminer les charges de vent et de neige (voir la Figure 11.155, page 537).

Toiture → Toiture à entrain retroussé

Générer la toiture à entrain retroussé

Géométrie

Travée l : 10.000 [m] ☒ Charpente stable à entrain retroussé

Hauteur totale h : 3.500 [m]

Pente de la toiture α : 34.99 [°]

Hauteur de l'entrain retroussé h_u : 2.000 [m]

Hauteur du faîtage h_o : 1.500 [m]

Longueur de l'entrain l_k : 4.286 [m]

Distance de l'entrain retroussé l_1 : 2.857 [m]

Espacement de chevrons e : 1.000 [m]

Sections

Chevrons: 4 - IPE 180; Acier S 235

Entrain retroussé: 4 - IPE 180; Acier S 235

Charges

☒ Générer les charges

☒ Charges permanentes

Poids de la toiture g_D : 0.750 [kN/m²]

Charge collatérale g_U : 0.300 [kN/m²]

Catégorie d'action: G Permanent

☒ Charges de neige...

Catégorie d'action: Qs Neige (H ≤ 1000 m d'alti)

☒ Charges de vent...

Hauteur des gouttières au-dessus du sol h_o : 5.700 [m]

Catégorie d'action: Qw Vent

Point d'insertion

X0: 0.000 [m]

Y0: 0.000 [m]

Z0: 0.000 [m]

OK Annuler

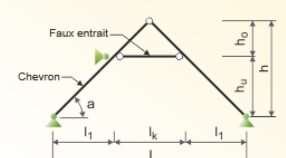
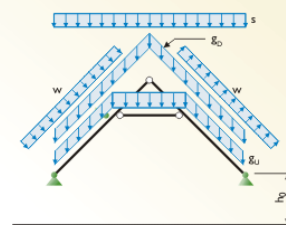



Figure 11.159 : Boîte de dialogue Générer la toiture à entrain retroussé

Toiture → Toiture en chevrons

Générer la toiture à chevrons

Géométrie

Travée l : 10.000 [m]

Hauteur h : 3.500 [m]

Pente de la toiture α : 34.99 [°]

Espacement de chevrons e : 4.000 [m]

Section

Chevrons: 1 - IS 600/220/12/19/0; Acier S 235

Charges

☒ Générer les charges

☒ Charges permanentes

Poids de la toiture g_D : 1.300 [kN/m²]

Catégorie d'action: G Permanent

☒ Charge de neige...

Catégorie d'action: Qs Neige (H ≤ 1000 m d'alti)

☒ Charges de vent...

Hauteur des gouttières au-dessus du sol h_o : 5.700 [m]

Catégorie d'action: Qw Vent

Point d'insertion

X0: 0.000 [m]

Y0: 0.000 [m]

Z0: 0.000 [m]

OK Annuler

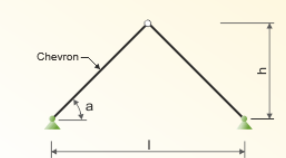
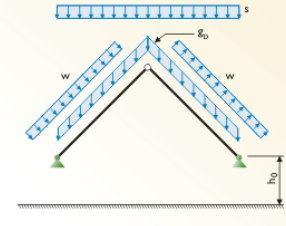



Figure 11.160 : Boîte de dialogue Générer la toiture en chevrons

Toiture → Toiture de pannes

Générer la toiture de panne

Géométrie

Distance l_1 : 2.000 [m]
 Distance l_2 : 2.000 [m]
 Largeur totale l : 4.000 [m]
 Hauteur h_1 : 2.000 [m]
 Hauteur h_2 : 2.000 [m]
 Hauteur totale h : 4.000 [m]
 Pente de la toiture α : 45.00 [°]
 Espacement de chevrons e : 4.000 [m]

Section

Chevrons: 1 - IS 600/220/12/19/0; Acier S 235

Charges

☒ Générer les charges

☒ Charges permanentes

Poids de la toiture g_D : 1.200 [kN/m²]
 Catégorie d'action: 6 Permanent

☒ Charge de neige...

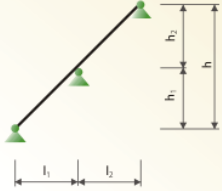
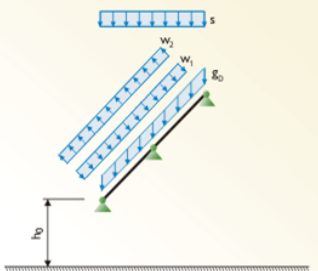
Catégorie d'action: 0s Neige (H ≤ 1000 m d'alti)

☒ Charges de vent...

Hauteur des gouttières au-dessus du sol h_D : 5.700 [m]
 Catégorie d'action: 0w Vent

Point d'insertion

X₀: 0.000 [m]
 Y₀: 0.000 [m]
 Z₀: 0.000 [m]



Figure 11.161 : Boîte de dialogue *Générer la toiture de pannes*

Poutre à section variable

Générer la poutre à section variable

Section

Type de section: Rectangle

Section: 2 - Rectangle 250/400; Béton C30/37

Hauteur de la section sur la

- poutre de début h : 400.0 [mm]
 - poutre intermédiaire h_m/h : 150.00 [%]
 h_m : 600.0 [mm]

Nœuds externes

Nœud de début: 1
 Nœud final: 2

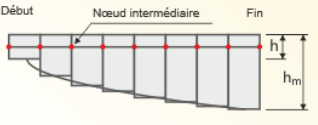
Division et numérotation de poutre

Nombre de nœuds internes: 5
 Première section générée n°: 6

Paramètres

Structure:
☒ Demie
☐ Pleine

Interpolation:
☒ Parabolique
☐ Linéaire


Figure 11.162 : Boîte de dialogue *Générer la poutre à section variable*

Pour la génération des poutres à section variable utilisées d'habitude dans la construction en bois, les types de section rectangulaires et ITS (poutres en I symétrique) peuvent être sélectionnés dans la liste de *Type de section*.

Charpente 3D

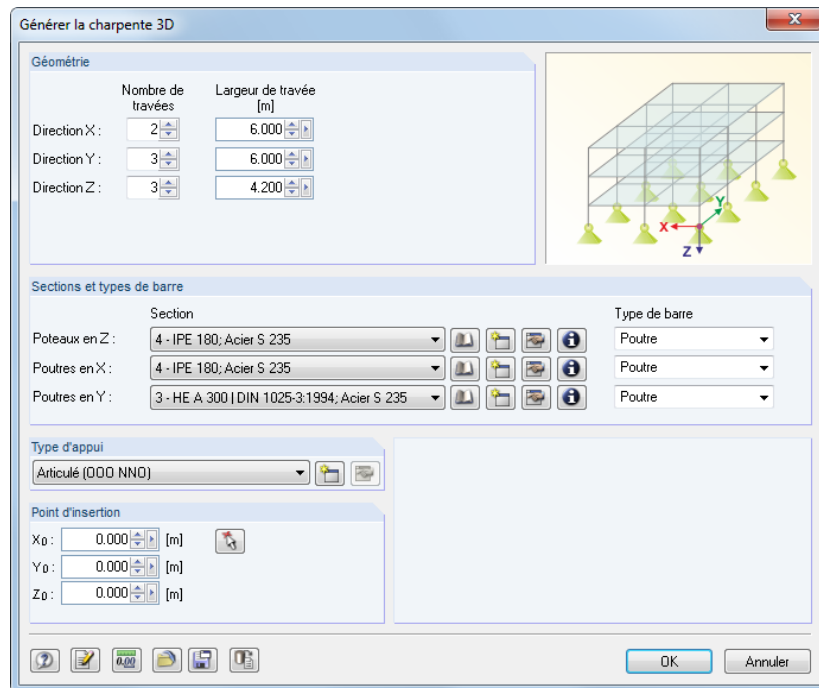


Figure 11.163 : Boîte de dialogue *Générer la charpente 3D*

Utilisez ce générateur pour créer des modèles de portique réguliers. Les poteaux du portique ont des conditions d'appui égales.

Hall 3D

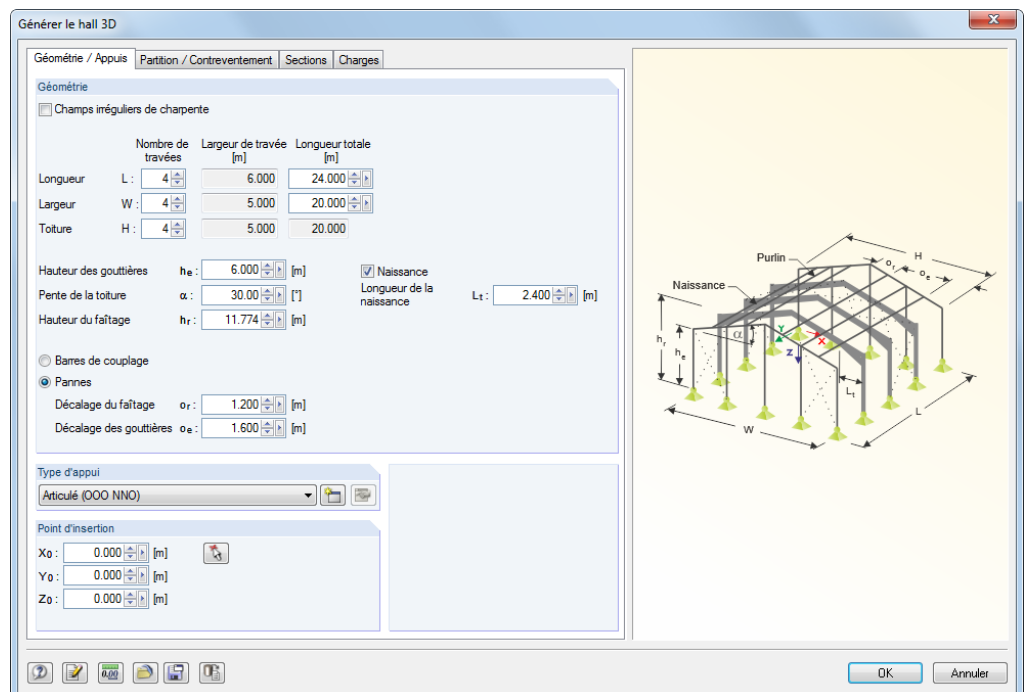


Figure 11.164 : Boîte de dialogue *Générer le hall 3D*

Ce générateur complexe crée un hall complet y compris les charges. Quatre onglets de dialogue sont disponible : *Géométrie / Appuis* gère la géométrie du système, *Partition / Contreventement* gère les espacements de grille irréguliers et la disposition des contreventements. Dans les deux onglets restants, les *Sections* et les *Charges* sont définies.

Treillis 3D

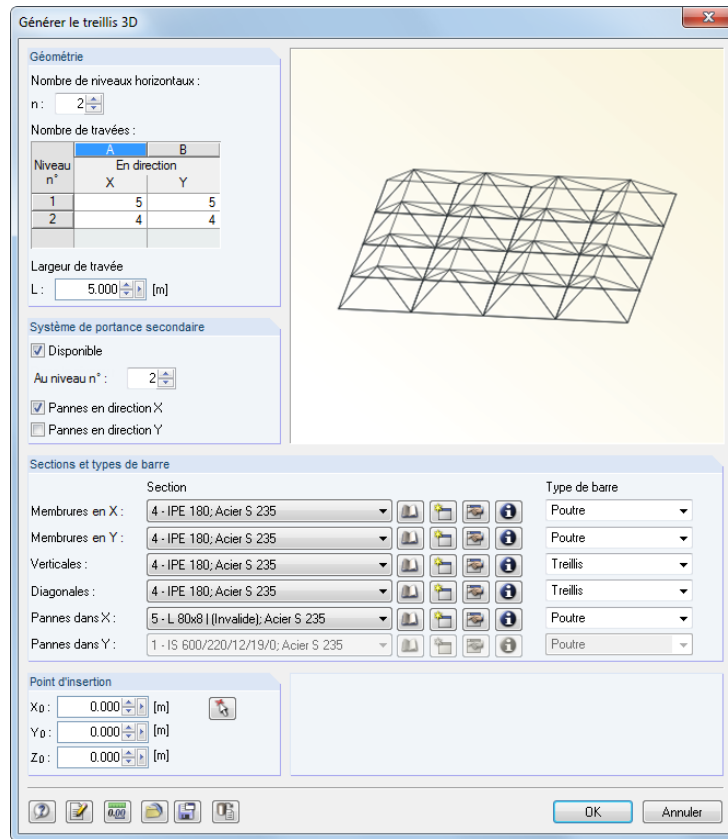


Figure 11.165 : Boîte de dialogue *Générer le treillis 3D*

Utilisez ce générateur pour créer une structure porteuse spatiale selon le système *Bernauer* (www.raumtragwerke.de).

Cellule 3D

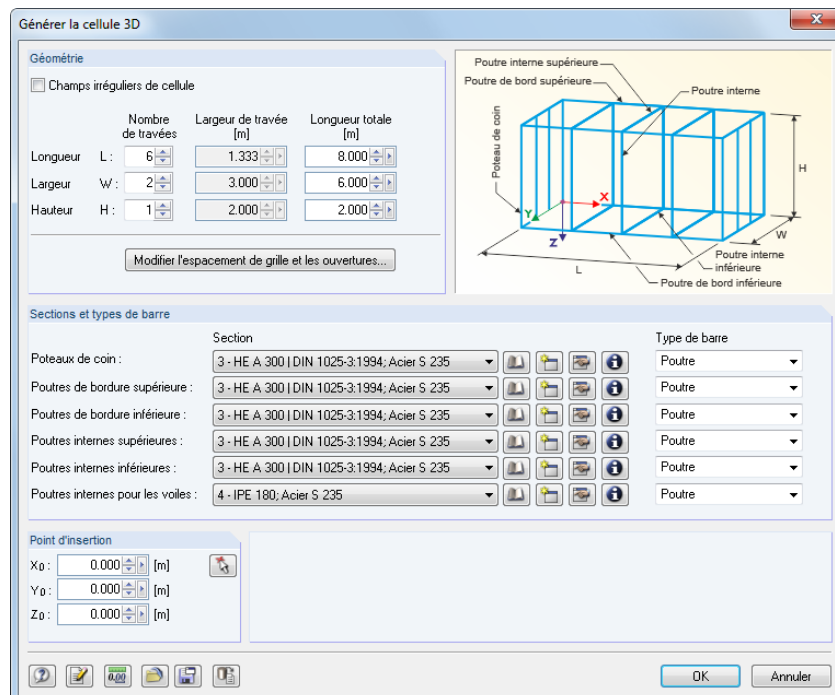


Figure 11.166 : Boîte de dialogue *Générer la cellule 3D*

Modifier l'espacement de grille et les ouvertures...

Le générateur crée une cellule spatiale avec plusieurs champs. Utilisez le bouton [Modifier l'espacement de grille et les ouvertures] pour ouvrir une autre boîte de dialogue où vous pouvez définir les ouvertures tout comme la disposition de grille pour l'espacement de champ irrégulier.

Escalier

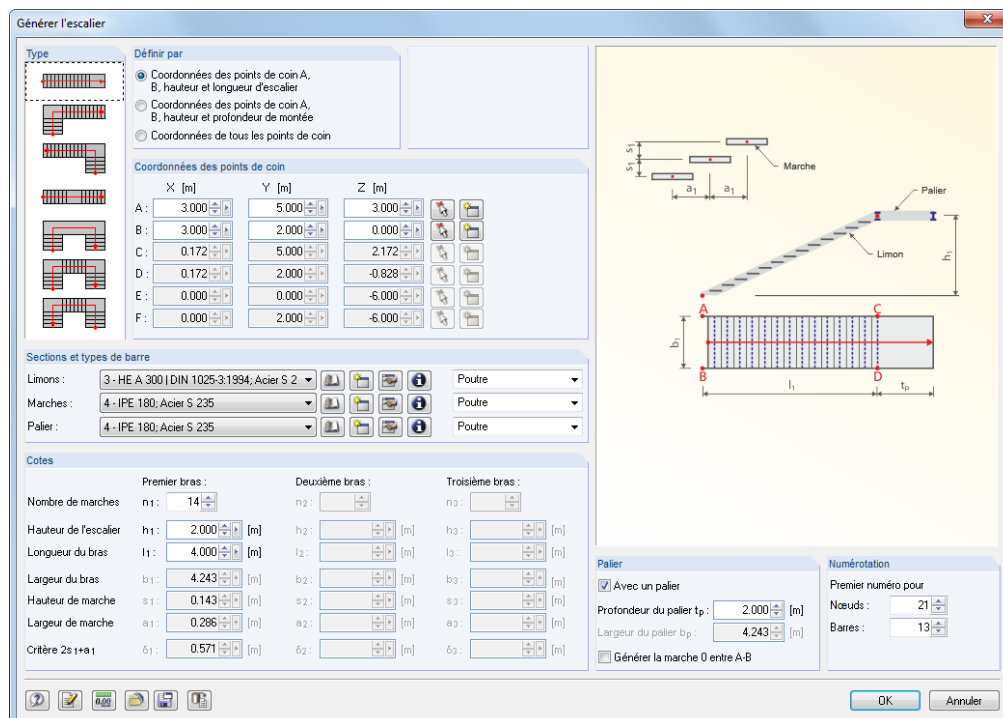


Figure 11.167 : Boîte de dialogue *Générer l'escalier*

Dans la liste, sélectionnez le *Type* qui influence les paramètres restants.

Escalier en spirale

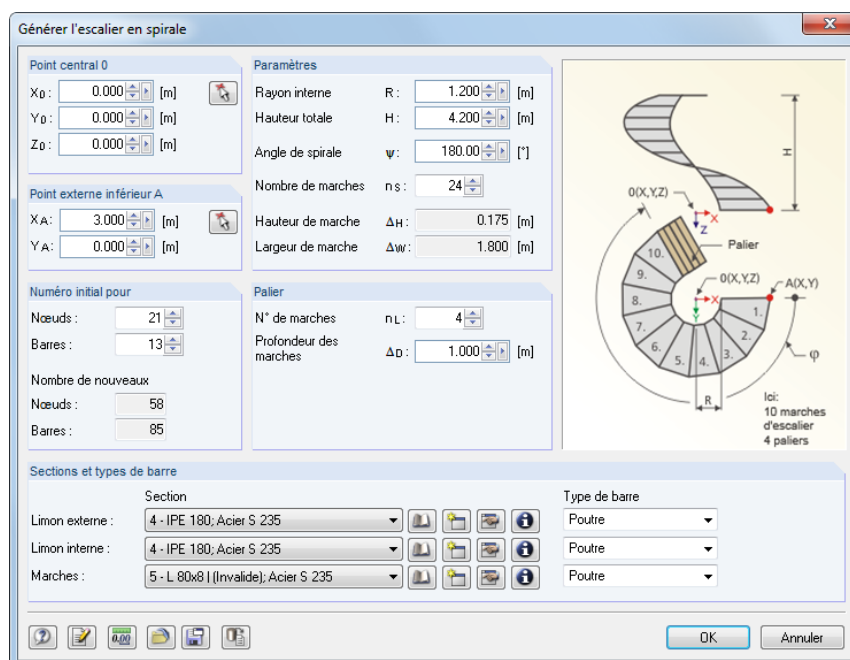


Figure 11.168 : Boîte de dialogue *Générer l'escalier en spirale*

Ligne droite

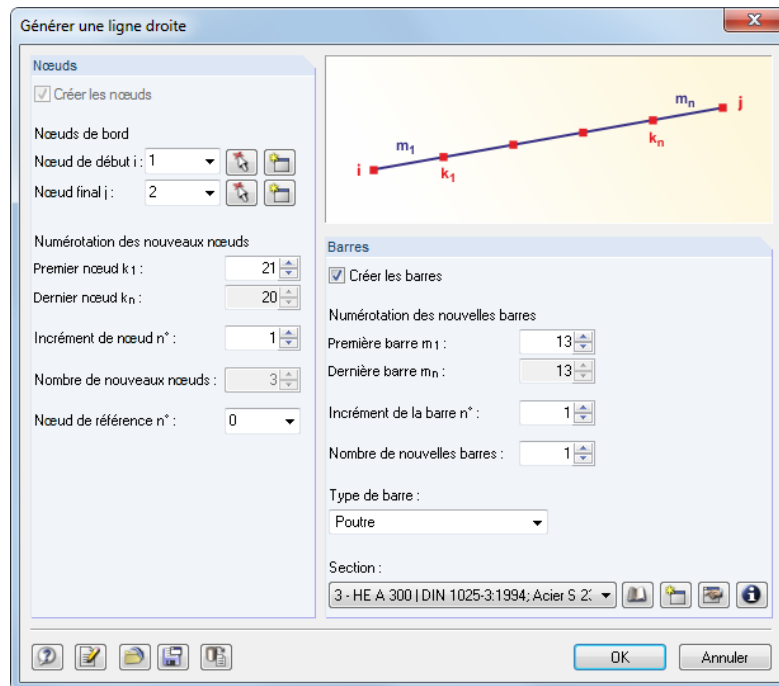


Figure 11.169 : Boîte de dialogue *Générer une ligne droite*

Cette fonction vous permet de générer des lignes droites basées sur de nouveaux nœuds ou des nœuds déjà existants.

Vous pouvez aussi créer seulement les nœuds placés sur les lignes droites imaginaires.

Arc

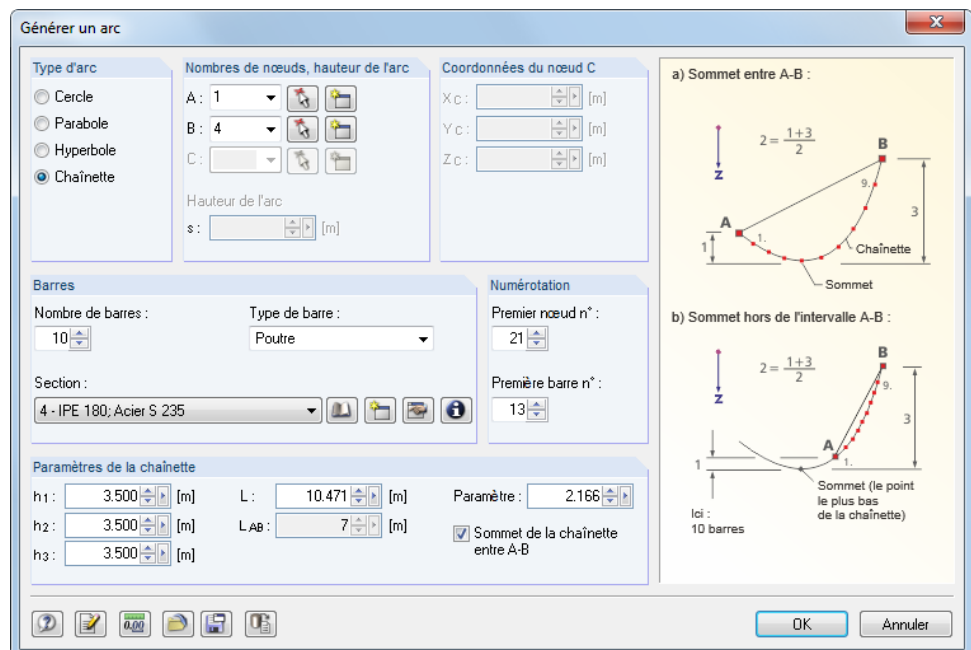


Figure 11.170 : Boîte de dialogue *Générer un arc*

D'abord, définissez le *Type d'arc* : cercle, parabole, hyperbole ou chaînette. Les points *A* et *B* représentent les deux nœuds de bord de l'arc, pointez sur *C* qui détermine sa disposition. La *Hauteur de l'arc* définit le fléchissement. La longueur de la chaînette est définie par le paramètre *L*.

Les hauteurs h_1 , h_2 et h_3 sont des valeurs interactives. Le *Paramètre* décrit la constante a dans l'équation suivante de la courbe de caténaire :

$$y(x) = a \cdot \cosh\left(\frac{x - v_x}{a}\right) + v_y \quad \text{où } v_x \text{ ou } v_y : \text{déplacements en } x \text{ ou en } y$$

Equation 11.1

Plus le *Nombre de barres* est grand, plus précis sera le modèle de l'arc comme ligne polygonale.

Cercle

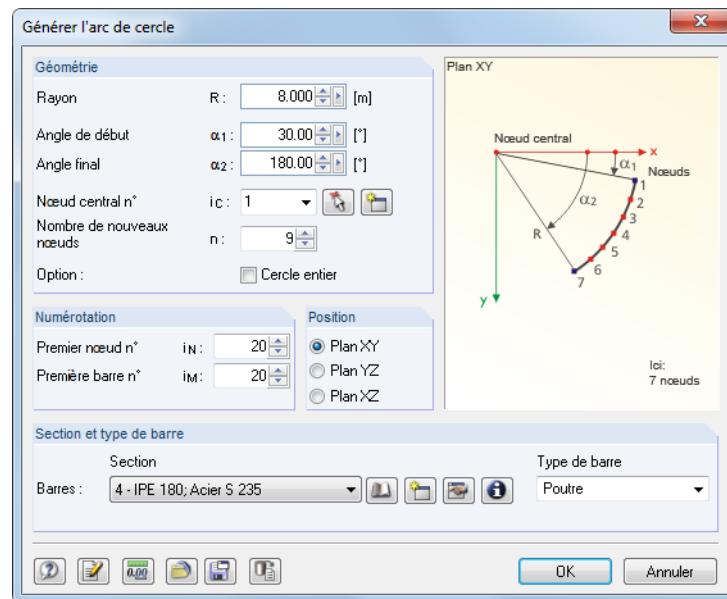


Figure 11.171 : Boîte de dialogue *Générer l'arc de cercle*

Le cercle ou l'arc circulaire est défini par un *Rayon* et des angles. L'objet est créé autour d'un centre qui peut être sélectionné partout dans l'un des plans globaux.

Sphère

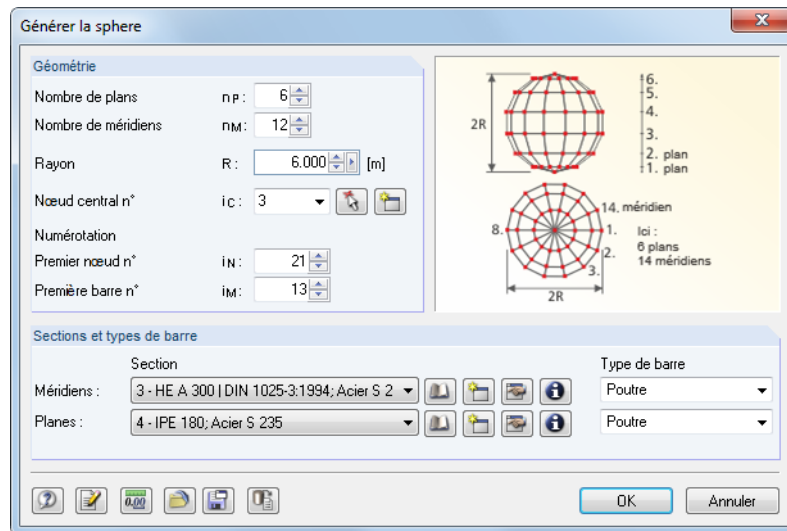


Figure 11.172 : Boîte de dialogue *Générer la sphère*

Plus le *Nombre de plans* et de *méridiens* est grand, plus la forme de la sphère sera ronde. Les lignes polygonales approximent la forme sphérique où chaque barre représente un segment.

Contreventement dans les cellules

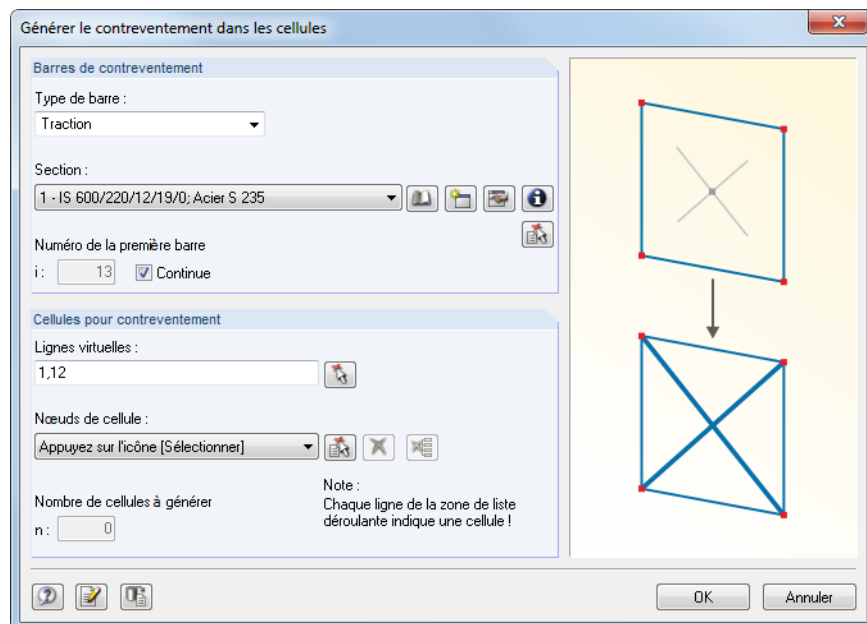


Figure 11.173 : Boîte de dialogue *Générer le contreventement dans les cellules*



Les cellules sont définies par quatre nœuds de coin entourés par les barres sur tous les côtés et placés dans un plan. Dans la boîte de dialogue de générateur, spécifiez les *Barres de contreventement* et les *Cellules pour contreventement*. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [↵] pour les sélectionner dans la fenêtre graphique en cliquant sur les croix de cellule.



En outre, les *Lignes virtuelles* permettent de fermer les cellules afin que les contreventements puissent être créés aussi par exemple entre les appuis de voile.

11.7.2.2 Surfaces

Fond voûté selon DIN 28 011 ou DIN 28 013

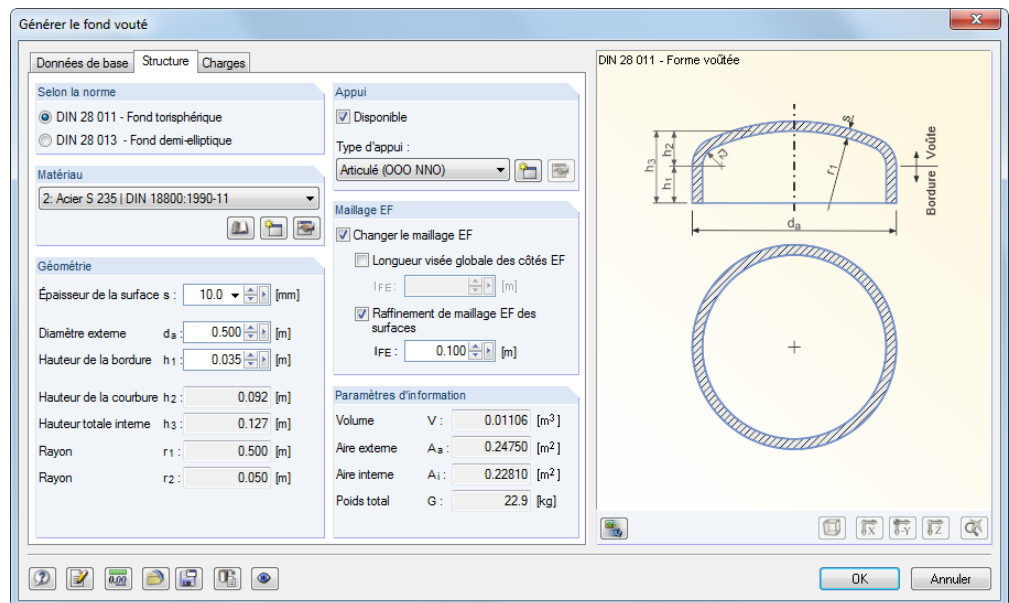


Figure 11.174 : Boîte de dialogue Générer le fond voûté, onglet Structure

Pour créer un fond voûté, RFEM vous offre les variantes standard *Tête torisphérique* et *Tête demi-elliptique*. Dès que le point de référence pour le placement du fond est défini dans l'onglet *Données de base*, vous pouvez définir le matériau et les paramètres de générateur pour l'épaisseur de la surface, le diamètre externe et la hauteur de bord dans l'onglet de dialogue *Structure*. En outre, vous pouvez spécifier la suppression comme une charge de surface pour la génération dans l'onglet de dialogue *Charges*.

Toiture en berceau

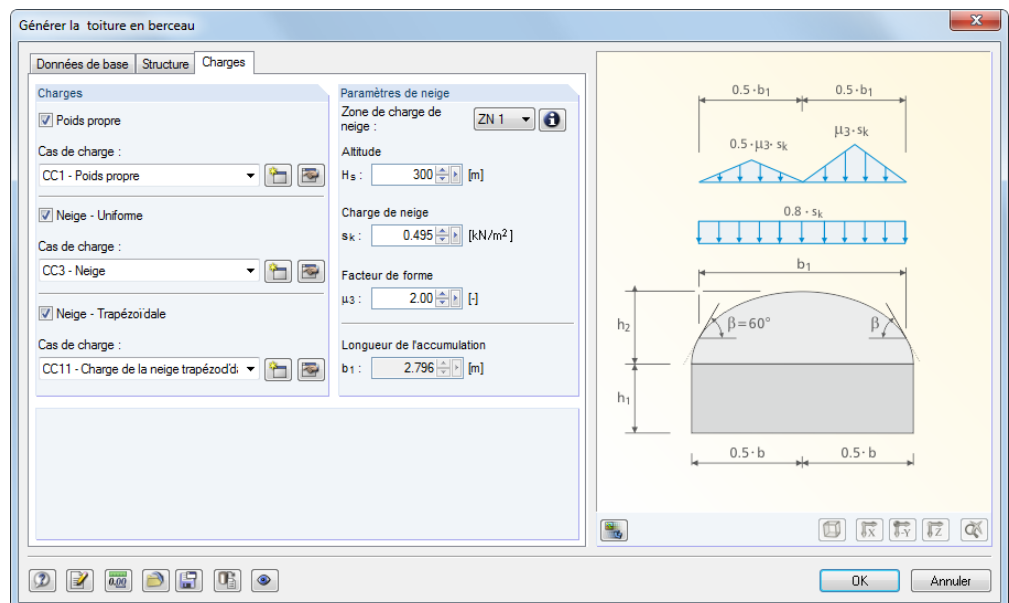


Figure 11.175 : Boîte de dialogue Générer la toiture en berceau, onglet Charges

Définissez les paramètres de la toiture en berceau dans les onglets de dialogue *Données de bases* et *Structure*. Dans l'onglet *Charges*, insérez les données requises pour la création des cas de charge de neige.

Toiture en coupole

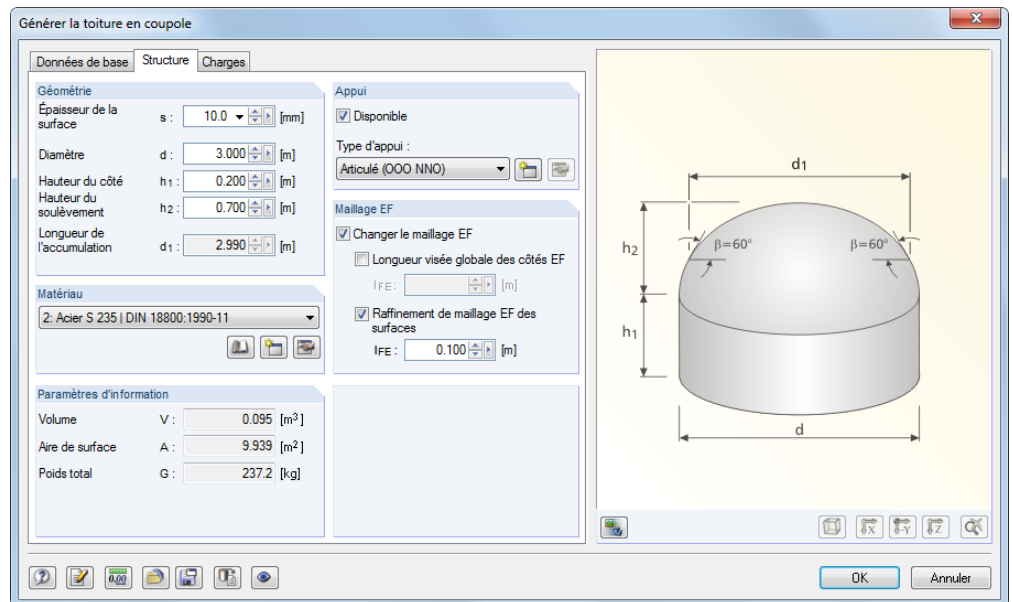


Figure 11.176 : Boîte de dialogue *Générer la toiture en coupole*, onglet *Structure*

Définissez les paramètres de la toiture en coupole dans les onglets de dialogue *Données de bases* et *Structure*. Dans l'onglet *Charges*, insérez les données requises pour la création des cas de charge de neige.

Surfaces à partir des cellules

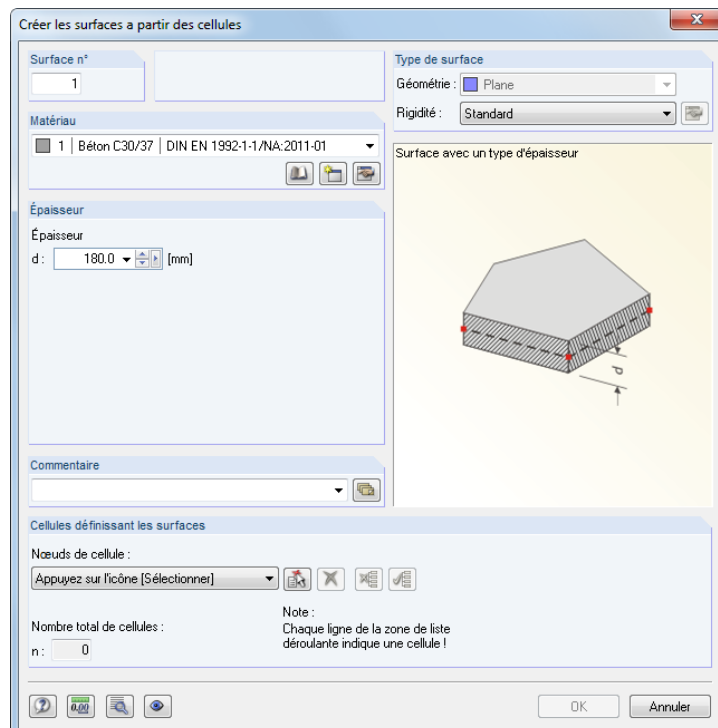


Figure 11.177 : Boîte de dialogue *Créer les surfaces à partir des cellules*



Les cellules consistent en au moins trois nœuds de coin. Elles sont enfermées par des lignes ou barres sur tous les côtés et placées dans un plan. Pour remplir les cellules avec des surfaces, définissez d'abord le *Matériau* et l'*Épaisseur* de la liste de surfaces. Puis, sélectionnez les cellules graphiquement à l'aide du bouton [↖] en cliquant sur les croix de cellule dans la fenêtre graphique.

11.8 Générateurs de charge

Le deuxième groupe de générateurs vous aide à appliquer les charges de barre et de surface : D'un côté, vous pouvez convertir les charges sur l'aire (par exemple neige, vent) agissant sur le système structural en charges de barre et de surface. De l'autre côté, vous pouvez convertir les charges libres linéiques et les charges de revêtement dues au givre en charges de barre.

Pour ouvrir les boîtes de dialogue pour la génération des charges de barre et de surface, sélectionnez **Générer les charges** dans le menu **Outils**.

11.8.1 Fonctionnalités générales

Paramètres pour la génération de charge



Beaucoup de boîtes de dialogue de générateur vous offre le bouton [Paramètres] (voir la Figure 11.184, page 553) qui ouvre la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* utilisée pour gérer la tolérance pour l'intégration des nœuds dans le plan de charge et pour corriger les charges générées.

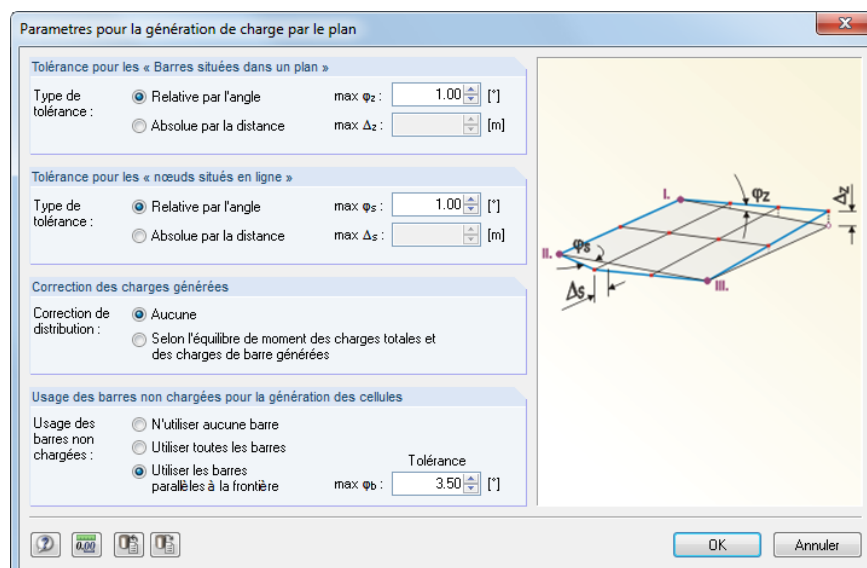


Figure 11.178 : Boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge par le plan*

Les spécifications dans la boîte de dialogue paramètres sont valides pour tous les générateurs de charge des barres. La *Tolérance* détermine les conditions sous lesquelles les barres ou les nœuds sont considérés comme appartenant à un plan ou une ligne. La définition est possible par l'insertion d'un angle ou d'une distance. Si les nœuds se trouvent entre les seuils définis, RFEM va reconnaître les cellules et générer les charges.

La section de dialogue *Correction des charges générées* permet une comparaison des charges de surface disponibles avec les charges de barre déterminées. Les sommes de contrôle sont affichées dans les boîtes de dialogue qui apparaissent après la génération de charge et avant que la conversion finale en charges de barre soit effectuée (voir la Figure 11.188, page 556). En cas de petites différences, vous devriez faire une correction de la distribution en conformité avec l'*Equilibre de moment*. Le suivant est appliqué :

$$\int_{L_{\text{cell}}} (q_{\text{barre}} + q_{\text{correct}}) dL = \int_{S_{\text{cellule}}} q dC \quad \text{Equilibre des forces}$$

$$\int_{L_{\text{cell}}} (q_{\text{barre}} + q_{\text{correct}}) r dL = \int_{S_{\text{cellule}}} q r dC \quad \text{Equilibre de moment}$$

où $r = (x, y)$ Distance au centre de cellule



Quand vous corrigez les charges générées par l'*Equilibre de moment*, le moment est formé à partir des charges de surface au centre de gravité et puis comparé avec le moment des charges de barre par rapport au centre de gravité. Comme simplification, vous pouvez imaginer la correction de moment comme un nouveau calcul des forces d'appui. Cette force d'appui sera ensuite appliquée comme une charge linéique à la barre. Profitez de cette option de correction pour créer par exemple les charges de barres trapézoïdales à partir des charges de surface variables.

Les paramètres dans la section de dialogue *Usage des barres non chargées pour la génération des cellules* concernent principalement les barres qui se trouvent dans une position inclinée dans le modèle. Au cours de la génération de charge, d'abord, l'aire totale à charger sera déterminée. Puis, RFEM examine les barres qui entourent les cellules. Ensuite, les cellules sont soustraites de l'aire totale. Quand vous excluez une barre du chargement (option *Enlever l'influence des barres*, voir ci-dessous), RFEM va déplacer sa charge aux barres restantes du plan ou de la cellule.

Ensuite, les trois options sont expliquées par un exemple d'une structure de plate-forme. Nous voulons appliquer seulement les charges de circulation aux barres qui vont en direction de l'axe X. Comme les barres parallèles à Y, la barre inclinée est exclue de l'application de charge, mais en fonction des paramètres, elle influence la création des charges de barre.

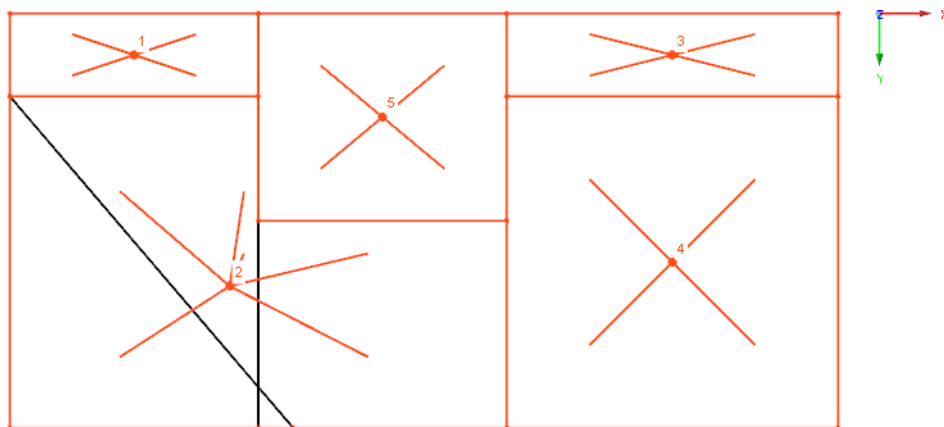


Figure 11.179 : Structure de plate-forme avec les cellules pour la génération de charge

- *N'utiliser aucune barre* : La charge est appliquée uniformément aux barres de bord et aux barres intermédiaires. Avec ces paramètres, toutes les barres exclues sont ignorées, c'est-à-dire appliquées en interne pour la distribution de charge. Après le calcul de l'aire de cellule, la charge est distribuée aux barres permises de la cellule.

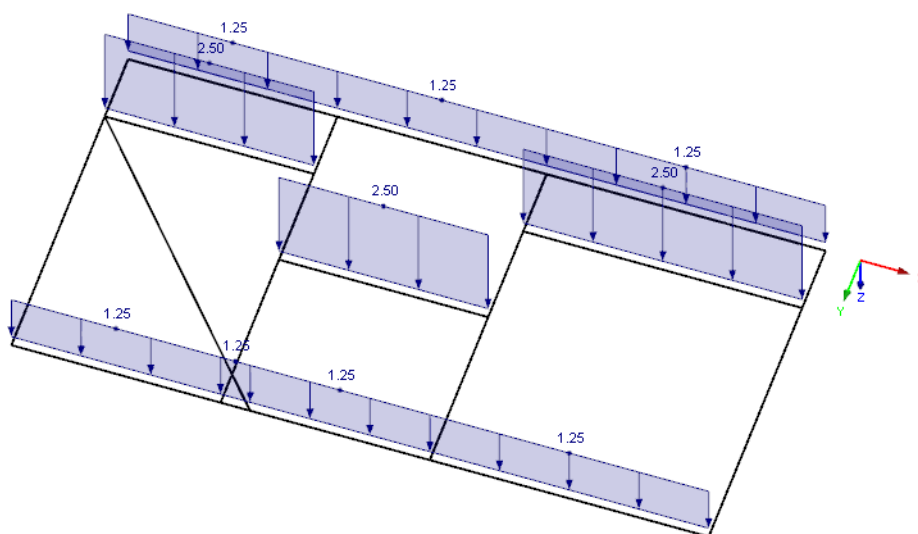
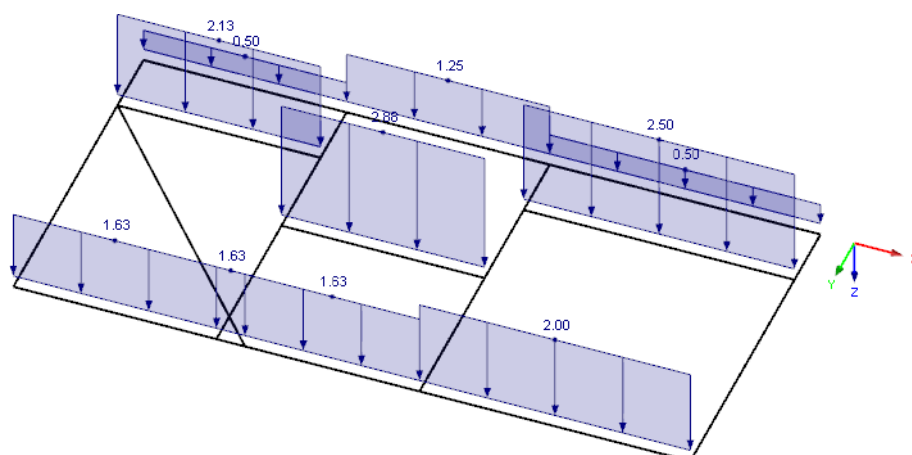
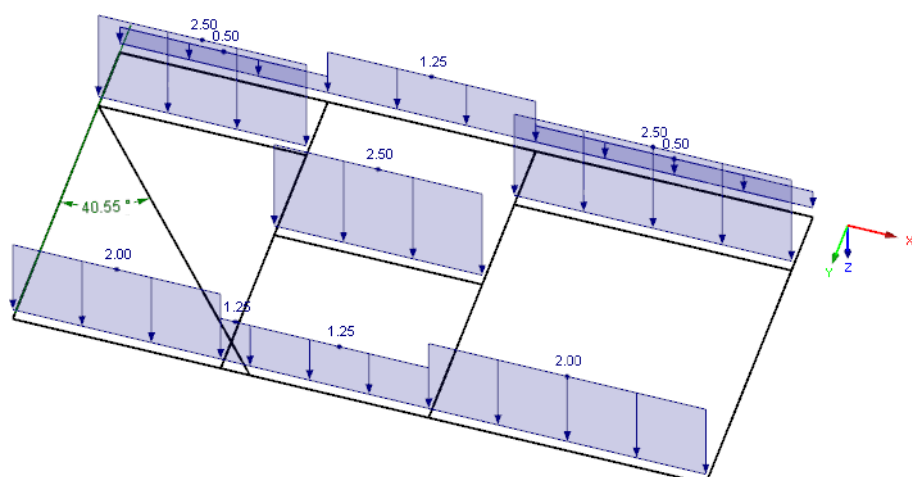


Figure 11.180 : Résultats pour *N'utiliser aucune barre*

- *Utiliser toutes les barres* : Toutes les barres non chargées sont exclues pour la génération de charge. Il y a toujours un petit problème dans la distribution de charge à cause de la cellule 2 générée.

Figure 11.181 : Résultat pour *Utiliser toutes les barres*

- *Utiliser les barres parallèles à la frontière* : de cette façon, il est possible d'exclure les barres qui se trouvent dans une position inclinée. Si l'angle limite entre les barres φ_b est limité à 40.55° dans la boîte de dialogue *Paramètres* (voir la Figure 11.178, page 550), la charge sera générée comme prévu.

Figure 11.182 : Résultat pour *Utiliser les barres parallèle à la frontière*

Modifier les charges générées ultérieurement

Après avoir confirmé une boîte de dialogue de générateur, vous trouvez les charges générées transférées dans le tableau de charge 3.14. L'entrée additionnelle *Charges générées* est affichée dans le navigateur *Données* (voir la Figure 6.52, page 264). Les paramètres de générateur ne seront pas perdus parce que les boîtes de dialogue d'origine restent accessibles comme les objets d'entrée pour les charges. Pour ouvrir à nouveau la boîte de dialogue initiale, cliquez deux fois sur l'une des entrées dans le navigateur. Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur une charge générée dans la fenêtre graphique. La boîte de dialogue originale est affichée et vous pouvez y ajuster les paramètres.

Mais si vous voulez traiter les charges générées comme les objets de charge isolés, vous devez libérer les charges du concept total et les diviser dans leurs composants. L'accès à cette fonction est disponible dans le menu contextuel de charge que vous ouvrez en cliquant sur le bouton droit de la souris sur une charge générée. Sélectionnez *Déconnecter la charge générée* dans le menu contextuel pour créer les charges individuelles (voir la figure ci-dessous).

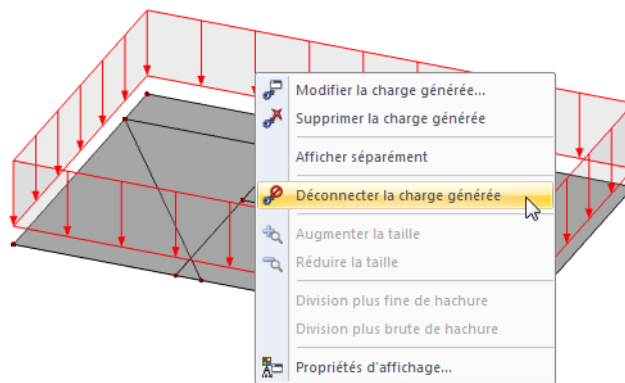


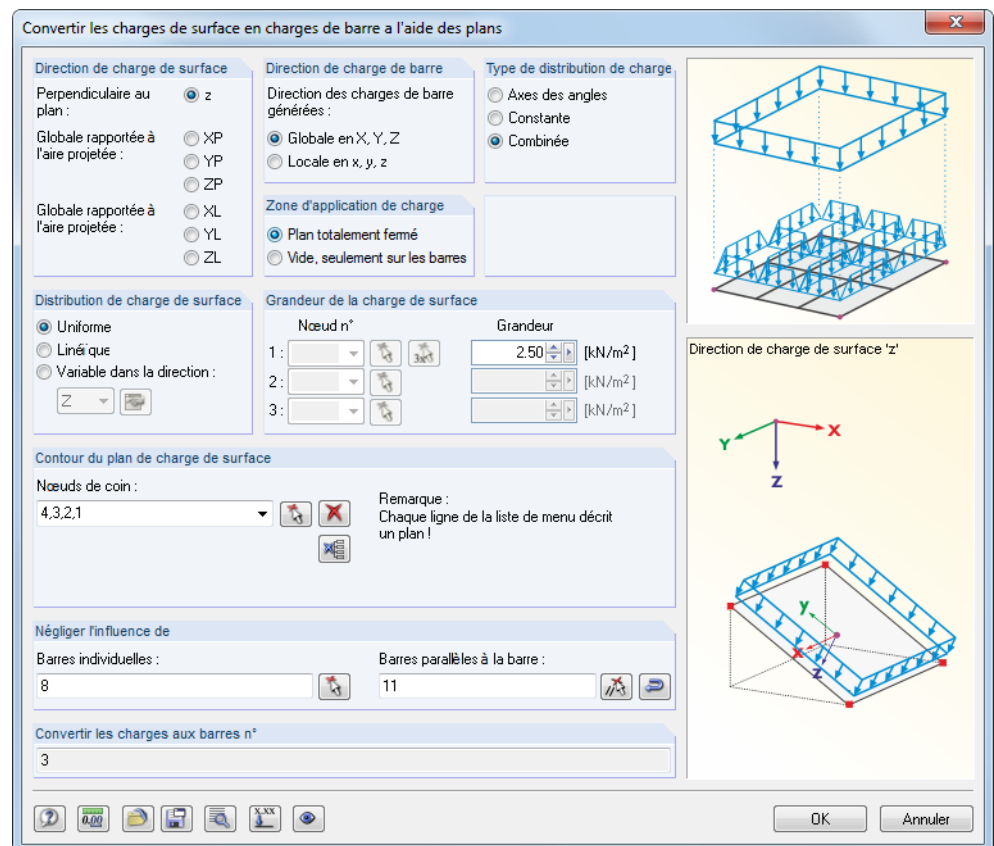
Figure 11.183 : Menu contextuel de la charge générée

Vous pouvez aussi utiliser le menu contextuel de la charge générée dans le navigateur *Données*.

11.8.2 Charges de barre/linéique des charges de surface



11.8.2.1 Charges de barre de la charge de surface via le plan

Figure 11.184 : Boîte de dialogue *Convertir les charges de surface en charges de barre à l'aide des plans*

Direction de charge de surface

Décidez si la charge agit perpendiculairement au plan ou globalement par rapport à l'aire réelle ou projetée. Le graphique de dialogue dans le coin droit illustre la direction de charge sélectionnée.

Direction de charge de barre

Les charges de barre générées peuvent être définies comme des charges globales ou locales (voir le chapitre 6.2, page 232). La différence est importante surtout pour les calculs non linéaires.

Zone d'application de charge

Vous avez deux options de sélection. Sélectionnez *Plan totalement fermé* quand une surface se trouve dans le plan de charge entre les barres (par exemple voile ou surface de toiture) qui n'est pas représenté dans le modèle RFEM. Dans ce cas, RFEM convertit la charge de surface qui agit sur le plan entier en barres. Mais si la structure consiste seulement en des barres (par exemple les pylônes en treillis), sélectionnez l'option *Vide, seulement sur les barres*. Puis, RFEM charge seulement l'aire efficace ou projetée qui est prévue pour les sections de barre comme « surface d'application de charge ». La charge est appliquée avec considération de l'orientation de barre.

Type de distribution de charge

Vous décidez comment les composants de charge de surface seront attribués aux barres. Sélectionnez *Axes des angles* pour les polygones qui n'ont pas d'angle de reflex. Les points d'intersection des lignes bissectrices seront connectés de façon à ce que les aires d'application soient créés comme affiché dans la figure à gauche. Ainsi, vous pouvez distribuer la charge de surface clairement aux barres sans ambiguïté.

La méthode des axes des angles n'est pas applicable pour les plans avec les angles de reflex ou pour les polygones. Dans ces cas, définissez le type de distribution de charge à *Constante*. En complément aux bissectrices d'angle, RFEM va aussi déterminer le centre de gravité du plan. Si les points d'intersection des lignes bissectrices se trouvent devant le centre de gravité, les aires d'application triangulaires seront générées. S'ils se trouvent derrière le centre de gravité, une ligne parallèle à la barre sera dessinée à travers le centre de gravité, formant l'aire d'application avec les deux angles de bissectrice.

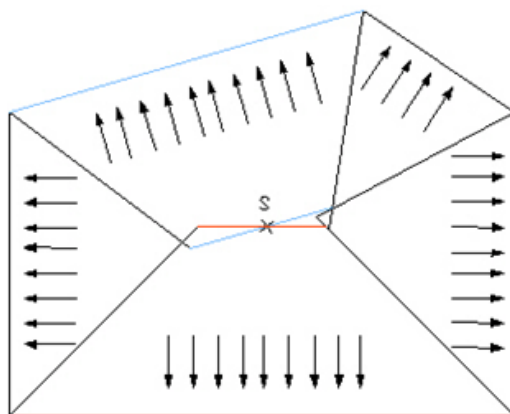
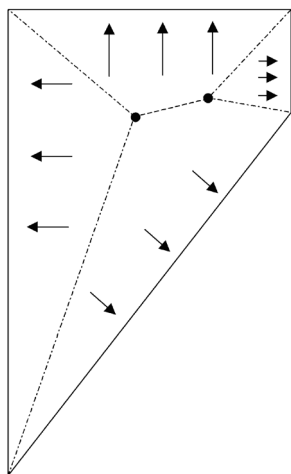


Figure 11.185 : Type de distribution de charge *Constante*

L'utilisation de cette méthode résulte sur le fait que les aires ne sont pas prises en compte ou bien sont appliquées deux fois. La quantité manquante ou restante est multipliée par une constante afin que la somme des charges de surface et de barre soit égale.

L'option *Combinée* détermine les aires d'application des triangles, quadrangles et polygones selon la méthode des axes des angles où c'est possible. Si la méthode ne peut pas être utilisée, RFEM bascule automatiquement dans la distribution de charge constante. Ainsi, la méthode combinée est définie par défaut ; RFEM va sélectionner la méthode appropriée automatiquement.

Distribution de charge de surface

La charge peut agir sur la surface comme une charge *Uniforme* ou *Linéique* variable. Vous pouvez définir la charge de surface agissant librement *Variable dans la direction* d'un axe global (par exemple la charge de vent dépendant de la hauteur). Utilisez le bouton [Modifier] pour ouvrir une boîte de dialogue où vous pouvez définir les paramètres de charge comme une fonction des niveaux de hauteur.

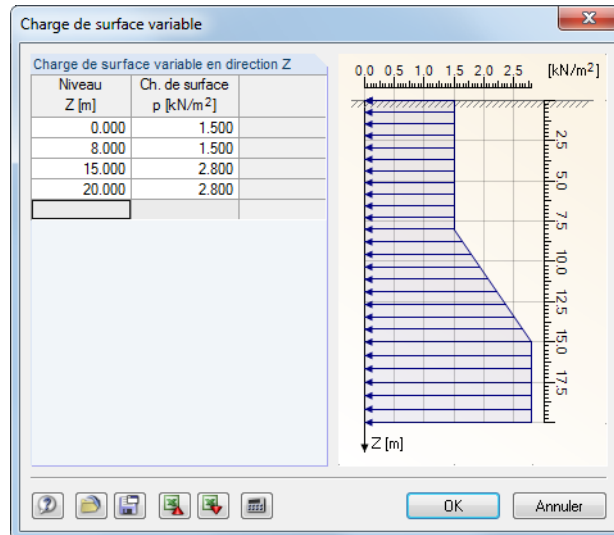


Figure 11.186 : Boîte de dialogue *Charge de surface variable*

Dans la colonne gauche du tableau, insérez les ordonnées globales du *Niveau*. Attribuez les valeurs correspondantes de la *Charge de surface* à droite. Le graphique illustre l'état actuel de l'entrée.

Quand les charges librement variables sont définies, vous devez sélectionner la correction de la distribution selon l'équilibre de moment dans la boîte de dialogue *Paramètres* (voir la Figure 11.178, page 550). Sinon, les charges de barre constantes seront générées.

Grandeur de la charge de surface

Quand la charge agit uniformément sur l'aire, insérez la valeur de charge dans le champ d'entrée activé. Pour les charges linéairement variables spécifiez trois numéros de nœud avec les charges correspondantes. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [↖] pour sélectionner les nœuds graphiquement dans la fenêtre graphique.

Contour du plan de charge de surface

Le contour est défini par les nœuds de coin du plan. Utilisez la fonction [↖] et cliquez sur les nœuds correspondants les uns après les autres dans la fenêtre graphique. Le plan sera marqué en couleur de sélection. Le plan complètement inséré sera affiché en couleur azurée. Pour définir un plan, au moins trois nœuds sont requis. Il n'est pas nécessaire que l'aire soit enfermée par les lignes ou les barres de tous les côtés.

Vous pouvez définir différents plans qui seront ensuite affichés dans la liste *Nœuds de coin*.

Si la boîte de dialogue est ouverte à plusieurs reprises, les plans dernièrement insérés peuvent être prédéfinis dans la liste *Nœuds de coin*. Pour éviter l'attribution non volontaire de double charges à ces plans, il est recommandé de vider la liste dans ce cas avec le bouton [Supprimer tous les plans de charge de surface].

Négliger l'influence de

Dans la section de dialogue *Négliger l'influence de*, vous pouvez exclure les barres de l'application de charge (par exemple les pannes ou les contreventements). La sélection est effectuée barre par barre ou bien par l'insertion d'une barre type qui est parallèle aux barres non chargées. Il est recommandé d'utiliser la fonction [^] pour la sélection graphique.

Cliquez sur le bouton [Paramètres] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* (voir la Figure 11.178, page 550). Puis, vous pouvez ajuster la tolérance pour l'intégration des nœuds dans le plan de charge ou corriger les charges générées.

Utilisez le bouton [Attribuer les facteurs de correction de charge] pour mettre à l'échelle les charges des barres particulières. Ainsi, vous pouvez considérer par exemple les effets de continuité d'un revêtement de toit sur les chevrons de bord afin d'y générer les charges de barre réduites. La boîte de dialogue suivante s'ouvre.

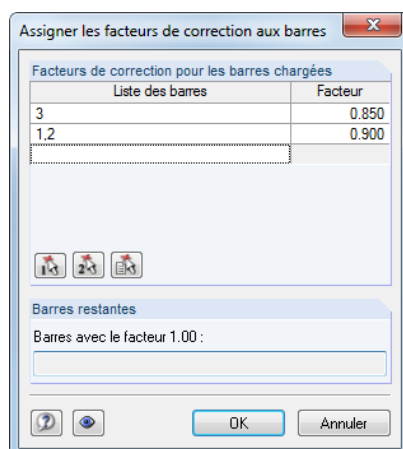


Figure 11.187 : Boîte de dialogue *Assigner les facteurs de correction aux barres*

Utilisez les boutons [^] pour sélectionner les barres dans la fenêtre graphique. Puis, vous pouvez les mettre à l'échelle avec un *Facteur*.

Cliquez sur [OK] pour démarrer la génération des charges de barre. Un aperçu avec les informations sur les cellules et sur les charges s'affiche.

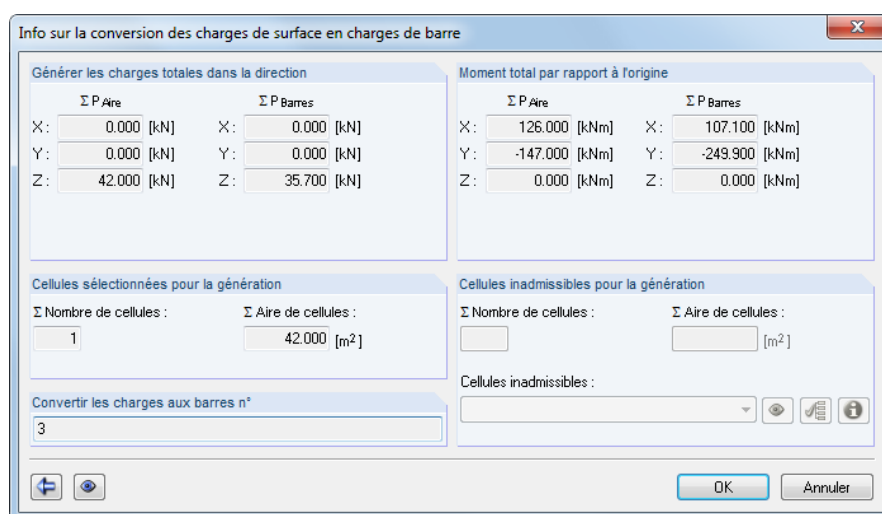


Figure 11.188 : Boîte de dialogue *Info sur la conversion de la charge de surface en charges de barre*

S'il y a des cellules inadmissibles listées, RFEM n'a pas été en mesure d'attribuer les charges sans ambiguïté. Utilisez le bouton [👁] pour souligner la cellule dans le graphique. Pour afficher une liste de raisons pour lesquelles les cellules sont invalides, cliquez sur le bouton [Info].

Souvent, ce sont les contours enlevés de la cellule (c'est-à-dire les barres d'extrémité exclues de l'application) ou les barres se croisant qui ne sont pas connectées qui sont responsables des problèmes qui apparaissent pendant la conversion des charges.

Dans la section de dialogue *Moment total par rapport à l'origine*, les charges de barre déterminées sont comparées avec les charges de surface appliquées. En cas de différences, vous pouvez utiliser le bouton [Précédent] pour accéder à la boîte de dialogue initiale où vous pouvez modifier les paramètres. Les spécifications sont à ajuster dans la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* (voir la Figure 11.178, page 550) où vous pouvez accéder à l'aide du bouton [Paramètres].

Les boutons en bas à gauche dans la fenêtre d'information ont les fonctions suivantes :



Bouton	Description
	La boîte de dialogue <i>Convertir les charges de surface en charges de barre</i> est ouverte à nouveau où vous pouvez ajuster les paramètres de génération.
	RFEM vous affiche la fenêtre graphique où vous pouvez modifier la vue (mode de vue). Pour rentrer dans la fenêtre <i>d'informations</i> , cliquez sur le bouton droit de la souris dans la fenêtre graphique ou bien utilisez la touche [Échap].

Table 11.15 : Les boutons dans la fenêtre d'information pour les charges de barre converties

11.8.2.2 Charges de barre de la charge de surface à l'aide des cellules

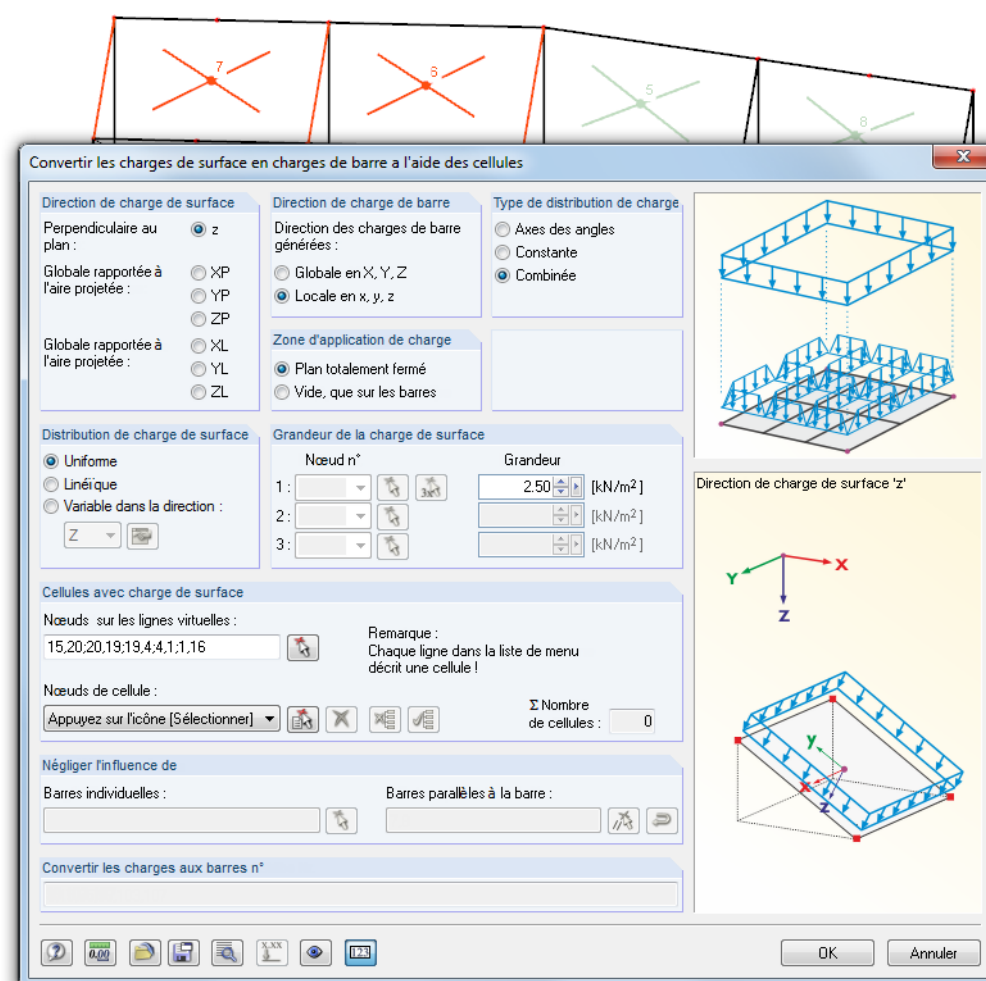


Figure 11.189 : Boîte de dialogue *Convertir les charges de surface en charges de barre à l'aide des cellules*

Cette boîte de dialogue est similaire à la boîte de dialogue *Convertir les charges de surface en charges de barre à l'aide du plan* décrite à la page 553. RFEM vérifie l'existence des cellules dans le modèle quand vous ouvrez la boîte de dialogue. Les cellules disponibles sont représentées par les croix de cellule. Les cellules sont les zones définies par trois ou plus de nœuds de coin entourés par les barres sur tous les côtés et placés dans un plan.

Le générateur de charge à l'aide des cellules ne peut pas être utilisé pour les charges de vent, par exemple sur une voile de hall avec poteaux : RFEM ne reconnaît pas de cellules parce qu'il n'y a pas de barres entre les pieds de poteaux. Dans ce cas, vous pouvez créer des *Lignes virtuelles* en cliquant sur le nœud de début et de fin à l'aide de la fonction [^]. Ainsi, les cellules sont fermées artificiellement et peuvent être reconnues par le générateur.

Les *Nœuds de cellule* peuvent être sélectionnés avec [^] les un après les autres dans le graphique. Après la génération, un aperçu avec les informations sur les cellules et sur les charges s'affiche.

Cliquez sur le bouton [Paramètres] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* (voir la Figure 11.178, page 550). Puis, vous pouvez ajuster la tolérance pour l'intégration des nœuds dans le plan de charge ou corriger les charges générées.

11.8.2.3 Charges linéiques des charges de surface sur les ouvertures

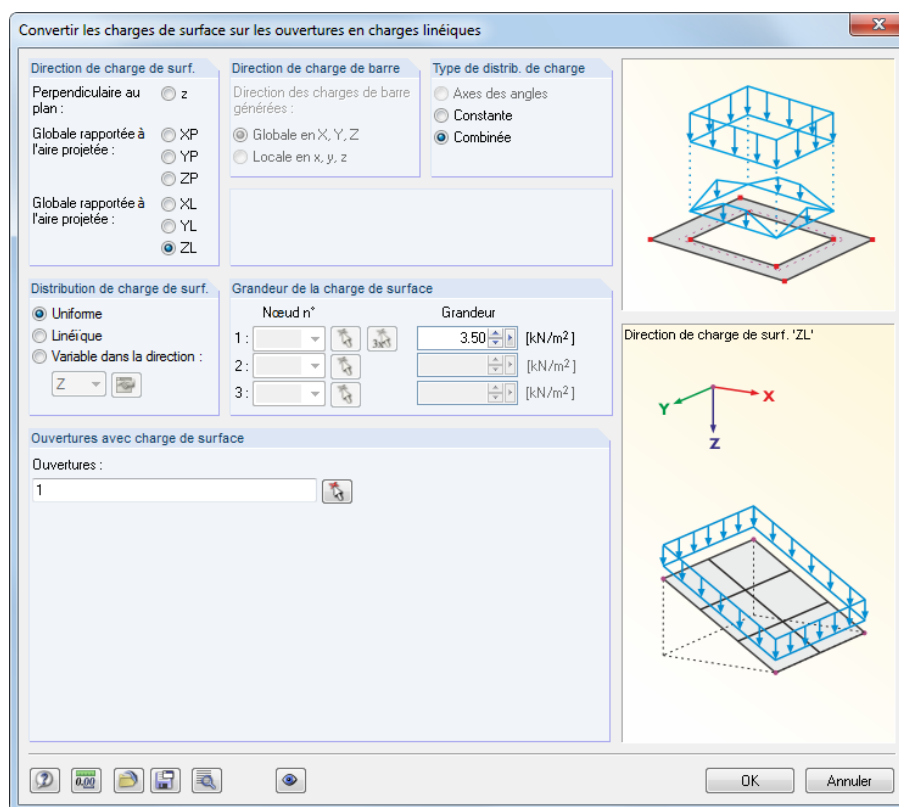


Figure 11.190 : Boîte de dialogue *Convertir les charges de surface sur les ouvertures en charges linéiques*

Cette boîte de dialogue ressemble à la boîte de dialogue *Convertir les charges de surface en charges de barre à l'aide du plan* décrite à la page 553. Dans les sections de dialogue supérieures, vous pouvez définir différents paramètres de charge.

Dans le champ d'entrée de la section de dialogue *Ouvertures avec charge de surface*, insérez le nombre d'ouverture. Vous pouvez aussi les sélectionner avec la fonction [^] dans la fenêtre graphique.

Cliquez sur [OK]. Un aperçu avec les informations sur les charges générées s'affiche. Puis, cliquez sur [OK] pour créer les charges linéiques sur les bords des ouvertures.

11.8.3 Autres charges

11.8.3.1 Charges de barre de la charge linéique libre

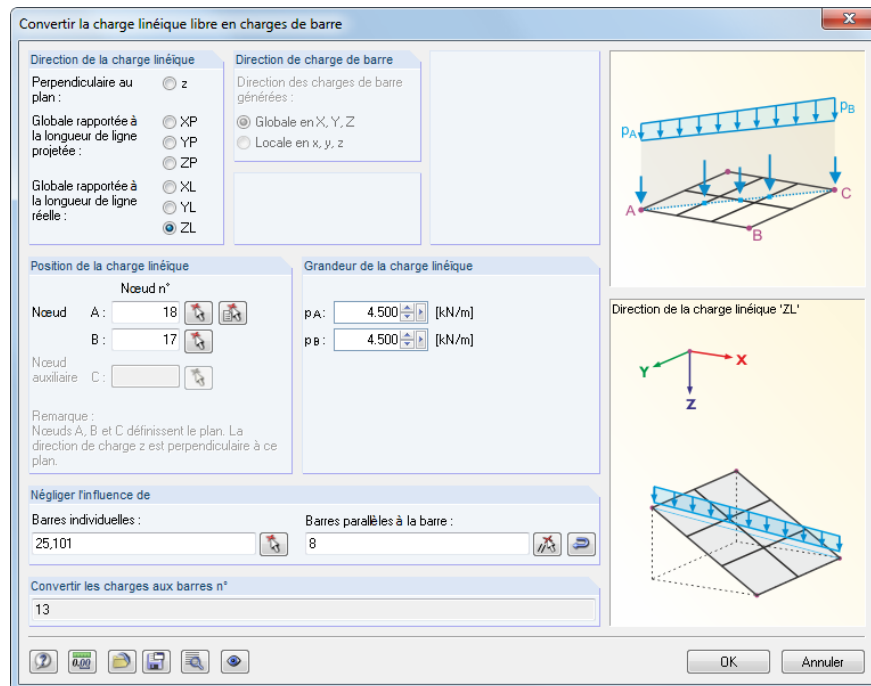


Figure 11.191 : Boîte de dialogue *Convertir la charge linéique libre en charges de barre*

Utilisez le générateur pour définir les charges linéiques libres pour les modèles composés uniquement des barres comme les grilles de poutre pour calculer les charges aux barres.

L'attribution de charge correcte requiert les spécifications pour la *Direction de la charge linéique* et pour la *Direction de charge de barre* où c'est applicable. Ces sections de dialogue tout comme l'option pour *Négliger l'influence de* sont décrites pour la fonction « Charges de barre de la charge de surface via le plan » à la page 553.



Les *Grandeurs de la charge linéique* peuvent être définies d'une façon constante ou linéique. La *Position de la charge linéique* peut être définie graphiquement avec la fonction [↖] en cliquant sur le nœud de début et de fin. Si la charge linéique est dirigée perpendiculairement au plan, insérez le nœud auxiliaire C ultérieurement.



Cliquez sur le bouton [Paramètres] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* (voir la Figure 11.178, page 550).



11.8.3.2 Charges de barre de revêtement

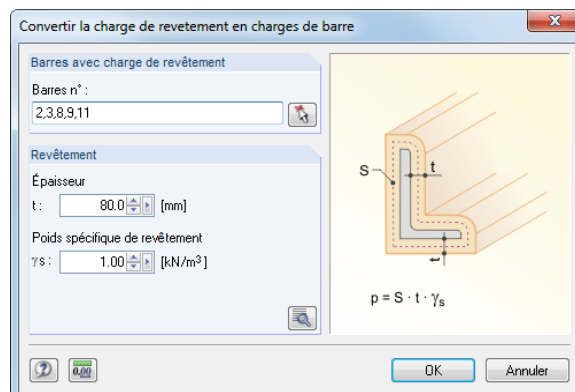


Figure 11.192 : Boîte de dialogue *Convertir la charge de revêtement en charges de barre*



Les barres avec la charge de revêtement peuvent être insérées directement ou déterminées graphiquement avec [F]. Le Revêtement doit être défini par l'épaisseur et le poids spécifique.

Utilisez le bouton [Info] figuré à gauche pour vérifier les aires de revêtement A_s des sections de barre sélectionnées pour l'application de la charge de glace. Les aires sont rapportées aux lignes centrales de la charge de glace comme affiché dans le graphique de dialogue (Figure 11.192). Ainsi, les charges seront déterminées correctement même pour les petites sections avec beaucoup de bords.

11.8.3.3 Les charges des mouvements accélérés

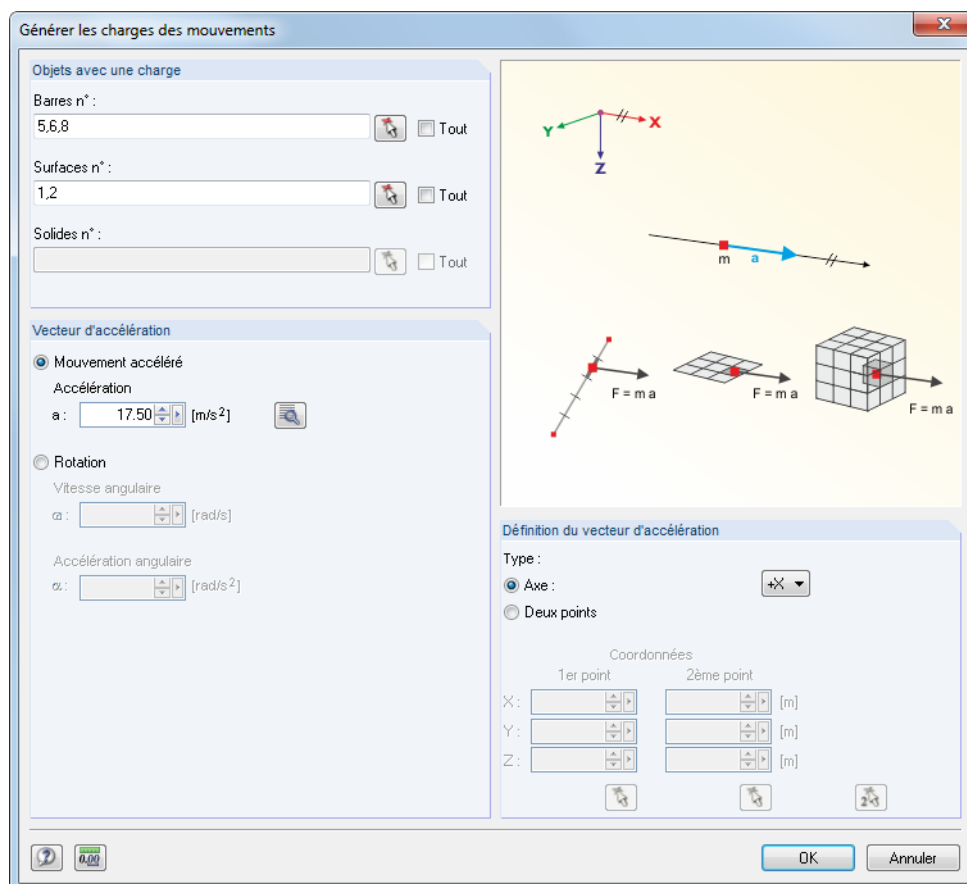


Figure 11.193 : Boîte de dialogue Générer les charges des mouvements

Le générateur crée les charges comme un résultat d'une accélération de rotation agissant sur les objets particuliers du modèle. La masse est déterminée du poids propre.



Dans la section de dialogue *Objets avec une charge*, insérez les numéros de barres, de surfaces ou de solides correspondants. Vous pouvez aussi les sélectionner graphiquement à l'aide de la fonction [F].



Définissez le *Vecteur d'accélération* comme accélération ou rotation (vitesse angulaire ω , accélération angulaire α). Utilisez le bouton [Ouvrir] figuré à gauche pour déterminer l'accélération des vitesses qui sont disponibles sur les deux points.



Dans la section de dialogue *Définition du vecteur d'accélération*, vous décidez si le vecteur est rapporté à l'axe global ou défini par deux points. Le vecteur peut être défini graphiquement à l'aide des boutons [F].

Cliquez sur [OK] afin de créer les charges pour le cas de charge actuellement défini.

11.8.4 Charges de neige

11.8.4.1 Toiture terrasse/à un seul versant

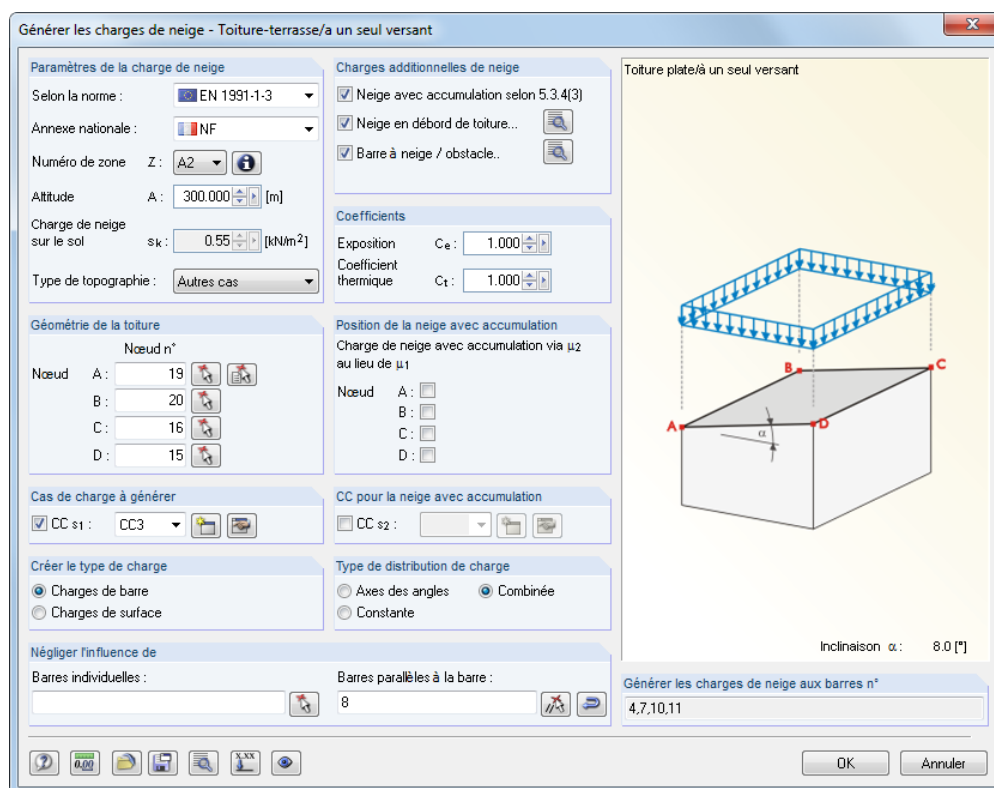


Figure 11.194 : Boîte de dialogue *Générer les charges de neige - Toiture terrasse/à un seul versant*

Les toitures terrasses et les toitures à un seul versant sont gérées ensemble dans une boîte de dialogue. Les coefficients de forme pour les toitures terrasses ou toitures à un seul versant sont pris en compte selon EN 1991-1-3 (Eurocode 1) et DIN 1055-5.

D'abord, définissez la norme et, si nécessaire, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Paramètres de charge de neige*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

Utilisez le bouton [Info] pour ouvrir une carte où la zone de la charge de neige Z peut être sélectionnée graphiquement. D'après vos spécifications, RFEM détermine la valeur caractéristique de la charge de neige s_k en prenant en compte l'altitude A (par rapport au niveau de la mer).

Utilisez les trois cases dans la section de dialogue *Charges additionnelles de neige* pour décider si les autres charges de neige sont considérées :

- Neige avec accumulation
- Neige en débord de toiture sur les gouttières
- Barre à neige / obstacle

Utilisez les boutons [Modifier] pour définir les paramètres pour la neige en débord de toiture et pour la barre à neige.

Si requis, vous pouvez ajuster le coefficient d'*Exposition* C_e (EN 1991-1-3, tableau 5.1) tout comme le *Coefficient thermique* C_t (EN 1991-1-3, clause 5.2 (8)) dans la section de dialogue *Coefficients*.

Définissez la *Géométrie de la toiture* à l'aide des nœuds de coin de toiture A à D en conformité avec le graphique de dialogue. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [↗] pour les déterminer graphiquement dans la fenêtre graphique. Le plan sera marqué en couleur de sélection. Pour

définir un plan, au moins trois nœuds sont requis. Il n'est pas nécessaire que l'aire soit enfermée par les lignes ou les barres de tous les côtés.

La *Position de la neige avec accumulation* peut être définie par les nœuds de bord de l'aire de la toiture.



Dans les sections de dialogue *Cas de charge à générer* et *CC pour la neige avec accumulation*, vous spécifiez les numéros de cas de charge pour la génération de charge. Les cas de charge de neige peuvent être créés à l'aide de bouton [Nouveau]. Si les surfaces sont disponibles dans le modèle, vous pouvez utiliser les options dans la section de dialogue *Créer le type de charge* pour décider si les charges de barre ou de surface seront générées.

Les sections de dialogue *Type de distribution de charge* et *Négliger l'influence de* sont décrites pour la fonction de génération « Charges de barre de la charge de surface à l'aide du plan » à la page 554.



Cliquez sur le bouton [Paramètres] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* (voir la Figure 11.178, page 550).



Utilisez le bouton [Attribuer les facteurs de correction de charge] pour mettre à l'échelle les charges des barres particulières. Les spécifications peuvent être insérées dans une boîte de dialogue séparée (voir la Figure 11.187, page 556).



Après avoir confirmé la boîte de dialogue de générateur avec [OK], RFEM vous montre les résultats de la génération de charge pour tous les cas de charge dans un aperçu. Ainsi, les charges de surface agissant peuvent être comparées avec les charges converties. Avant que les charges soient transférées à RFEM, vous pouvez cliquer sur le bouton [Précédent] pour accéder dans la boîte de dialogue initiale où vous pouvez modifier les paramètres de charges.

11.8.4.2 Toiture à deux versants

Générer les charges de neige - Toiture à deux versants

Paramètres de la charge de neige

Selon la norme :

Annexe nationale :

Numéro de zone : Z :

Altitude : A : [m]

Charge de neige sur le sol : s_k : [kN/m²]

Type de topographie :

Charges additionnelles de neige

☒ Neige avec accumulation selon 5.3.4(3)

☒ Neige en débord de toiture...

☒ Barre à neige / obstacle...

Coefficients

Exposition : C_e :

Coefficient thermique : C_t :

Géométrie de la toiture

Nœud n°	Nœud n°
A : <input type="text" value="19"/>	D : <input type="text" value="16"/>
B : <input type="text" value="22"/>	E : <input type="text" value="17"/>
C : <input type="text" value="20"/>	F : <input type="text" value="15"/>

Position de la neige avec accumulation

Charge de neige avec accumulation via μ_2

Nœud A : <input type="checkbox"/>	D : <input checked="" type="checkbox"/>
B : <input checked="" type="checkbox"/>	E : <input type="checkbox"/>
C : <input checked="" type="checkbox"/>	F : <input type="checkbox"/>

Cas de charge à générer

☒ CC s1,a :

☒ CC s1,b :

☒ CC s1,c :

CC pour la neige avec accumulation

☒ CC s2,a :

☒ CC s2,b :

☒ CC s2,c :

Créer le type de charge

☒ Charges de barre

☐ Charges de surface

Type de distribution de charge

☐ Axes des angles

☒ Combinée

☐ Constante

Négliger l'influence de

Barres individuelles :

Barres parallèles à la barre :

Toiture à deux versants

(i) $\mu_1(\alpha_1) \cdot s_k$ $\mu_1(\alpha_2) \cdot s_k$

(ii) $0.5 \mu_1(\alpha_1) \cdot s_k$ $\mu_1(\alpha_2) \cdot s_k$

(iii) $\mu_1(\alpha_1) \cdot s_k$ $0.5 \mu_1(\alpha_2) \cdot s_k$

Inclinaison : α_1 : 56.3 [°] α_2 : 28.3 [°]

Générer les charges de neige aux barres n° :

OK Annuler

Figure 11.195 : Boîte de dialogue Générer les charges de neige - Toiture à deux versants

D'abord, définissez la norme et, si nécessaire, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Paramètres de la charge de neige*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

Spécifiez les paramètres comme décrit dans le chapitre précédent. La *Géométrie de la toiture* à deux versants est définie par les nœuds de coin de la toiture A à F en conformité avec le graphique de dialogue. Vous pouvez aussi utiliser la fonction [N] pour déterminer les nœuds graphiquement dans la fenêtre graphique.

Dans les sections de dialogue *Cas de charge à générer* et *CC pour la neige avec accumulation*, vous spécifiez les numéros de cas de charge pour la génération de charge. Les cas de charge alternatifs seront créés quand les charges de neige additionnelles (par exemple DIN 1055-5, figure 4) ou coefficients de forme (par exemple EN 1991-1-3, figure 5.3) sont pris en compte. Les cas de charge de neige correspondants peuvent être créés à l'aide de bouton [Nouveau].

11.8.5 Charges de vent

11.8.5.1 Voiles verticaux

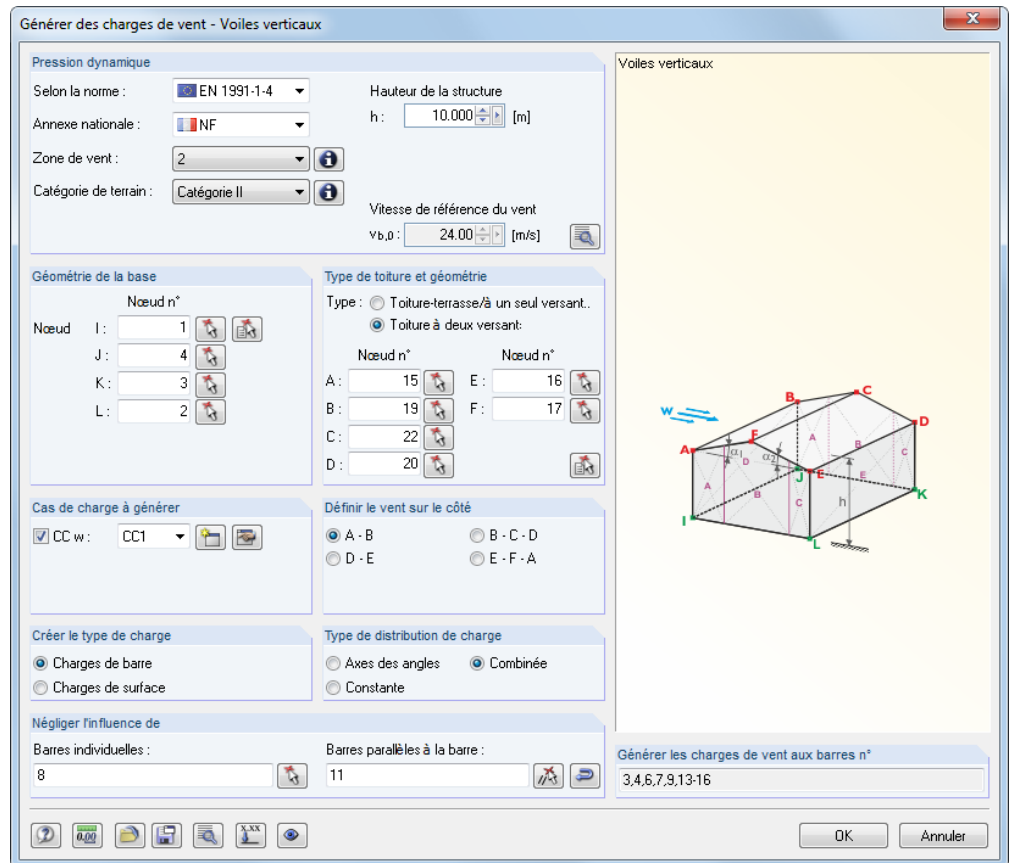


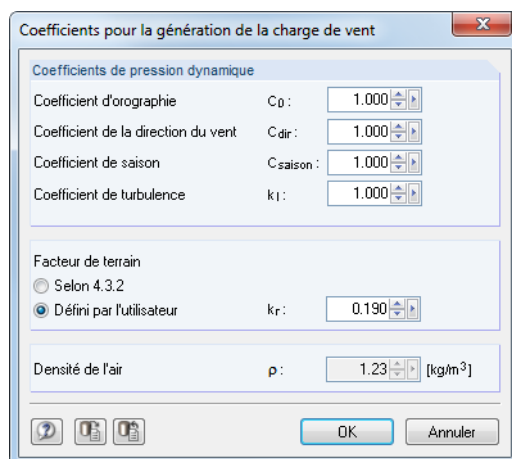
Figure 11.196 : Boîte de dialogue Générer les charges de vent - Voiles verticaux (type Toiture à deux versants)

D'abord, définissez la norme et, si applicable, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Pression dynamique*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

La zone de vent et la catégorie de terrain peuvent être sélectionnées graphiquement dans une carte que vous ouvrez avec le bouton [Info]. La hauteur de la structure h n'est pas reprise automatiquement du modèle, mais elle doit être spécifiée. Selon vos spécifications, RFEM détermine la valeur de base de la vitesse de référence de vent $v_{b,0}$.

Cliquez sur le bouton [Modifier] figuré à gauche pour accéder aux coefficients utilisés pour déterminer les charges de vent.



Figure 11.197 : Boîte de dialogue *Coefficients pour la génération de la charge de vent*

Les voiles sont déterminés par la *Géométrie de la base* (nœuds inférieurs *I* à *L* pour l'aire de base) et par le *Type de toiture et géométrie* (nœud *A* à *D* ou *F* supérieurs pour les plans de toiture). En cas des débords de toiture, spécifiez les nœuds de voile supérieurs, pas les nœuds de la toiture. Comme affiché dans le graphique de dialogue, les charges de vent peuvent être générées pour les objets de bâtiment enfermés de tous les côtés avec les aires de base quadrilatères. Lors de l'entrée de la géométrie, veuillez noter que les nœuds de début *I* et *A* doivent se trouver l'un sur l'autre. En outre, la direction des nœuds pour cliquer doit être consistante quand vous déterminer les aires de base et de toiture. Vous pouvez aussi utiliser les boutons [↶] pour définir la géométrie de base et de toiture graphiquement.

Dans la section de dialogue *Cas de charge à générer*, insérez le numéro de cas de charge pour la génération de charge. Un cas de charge de vent peut être créé à l'aide de bouton [Nouveau].

La direction de vent est définie dans la section de dialogue *Définir le vent sur le côté*. Le vent agit perpendiculairement à la ligne spécifiée.

Si les surfaces sont disponibles dans le modèle, vous pouvez utiliser les options dans la section de dialogue *Créer le type de charge* pour décider si les charges de barre ou de surface sont générées.

Les sections de dialogue *Type de distribution de charge* et *Négliger l'influence de* sont décrites pour la fonction de génération « Charges de barre de la charge de surface à l'aide du plan » à la page 554.

Cliquez sur le bouton [Paramètres] figuré à gauche pour ouvrir la boîte de dialogue *Paramètres pour la génération de charge* (voir la Figure 11.178, page 550).

Après avoir confirmé la boîte de dialogue de générateur avec [OK], RFEM vous montre les résultats de la génération de charge dans un aperçu. Ainsi, les charges de surface agissant peuvent être comparées avec les charges converties. Avant que les charges soient transférées à RFEM, vous pouvez cliquer sur le bouton [Précédent] pour accéder dans la boîte de dialogue initiale où vous pouvez modifier les paramètres des charges.

11.8.5.2 Toiture-terrasse

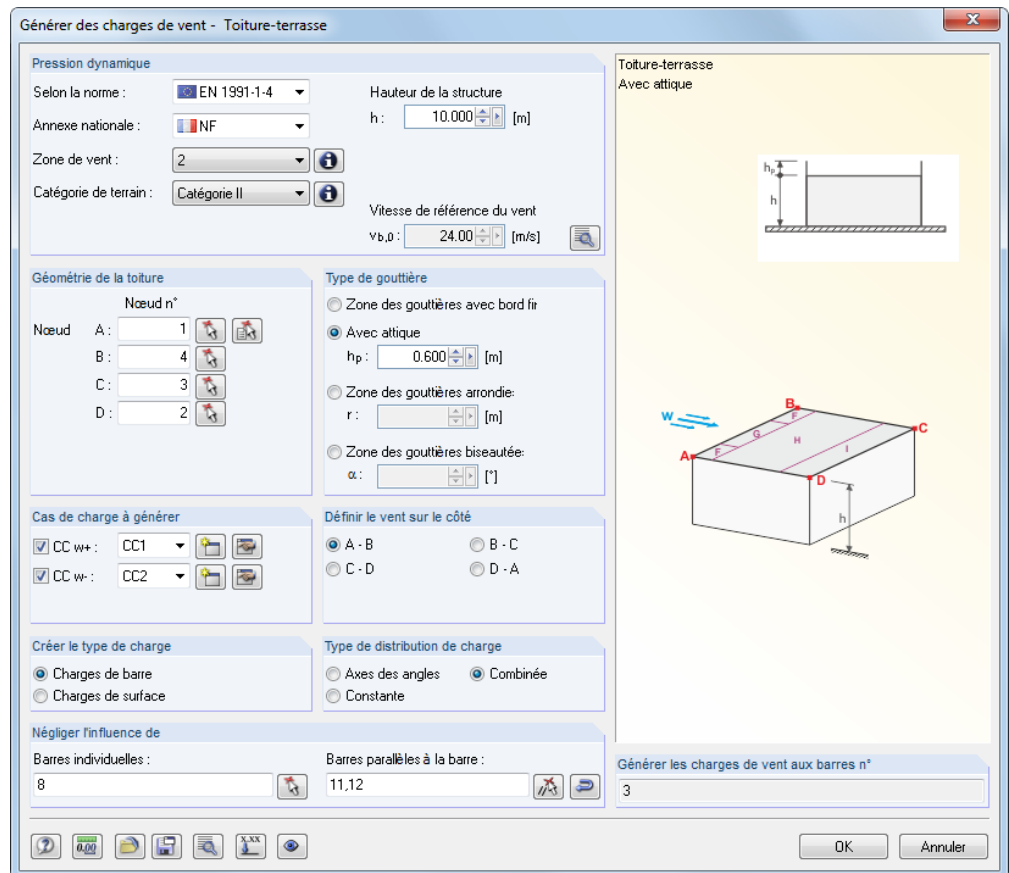


Figure 11.198 : Boîte de dialogue Générer les charges de vent - Toiture terrasse

RFEM considère une toiture comme une toiture terrasse si l'inclinaison de toiture est $\alpha < 5^\circ$.

D'abord, définissez la norme et, si applicable, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Pression dynamique*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

Spécifiez les paramètres comme décrit dans le chapitre précédent. La section de dialogue *Type de gouttière* est liée au graphique de dialogue interactif à droite qui illustre les paramètres individuels.



Comme décrit par exemple dans EN 1991-1-4, tableau 7.2, plusieurs cas de charge doivent être pris en compte pour une toiture terrasse. Dans la section de dialogue *Cas de charge à générer*, spécifiez les numéros de cas de charge pour la génération de charge. Les charges de compression sont créées dans le cas de charge CC w+. Les charges de succion sont générées dans CC w-. Les cas de charge de neige correspondants peuvent être créés à l'aide de bouton [Nouveau].

Après avoir confirmé la boîte de dialogue du générateur avec [OK], RFEM vous montre les résultats de la génération de charge pour tous les cas de charge dans un aperçu (voir la Figure 11.201, page 569). Les onglets de dialogue représentent une option de vérification importante car pour chaque cas de charge, vous pouvez voir le coefficient de pression externe $c_{pe,10}$ et la pression externe w_e affichée par zones.

11.8.5.3 Toiture à un seul versant

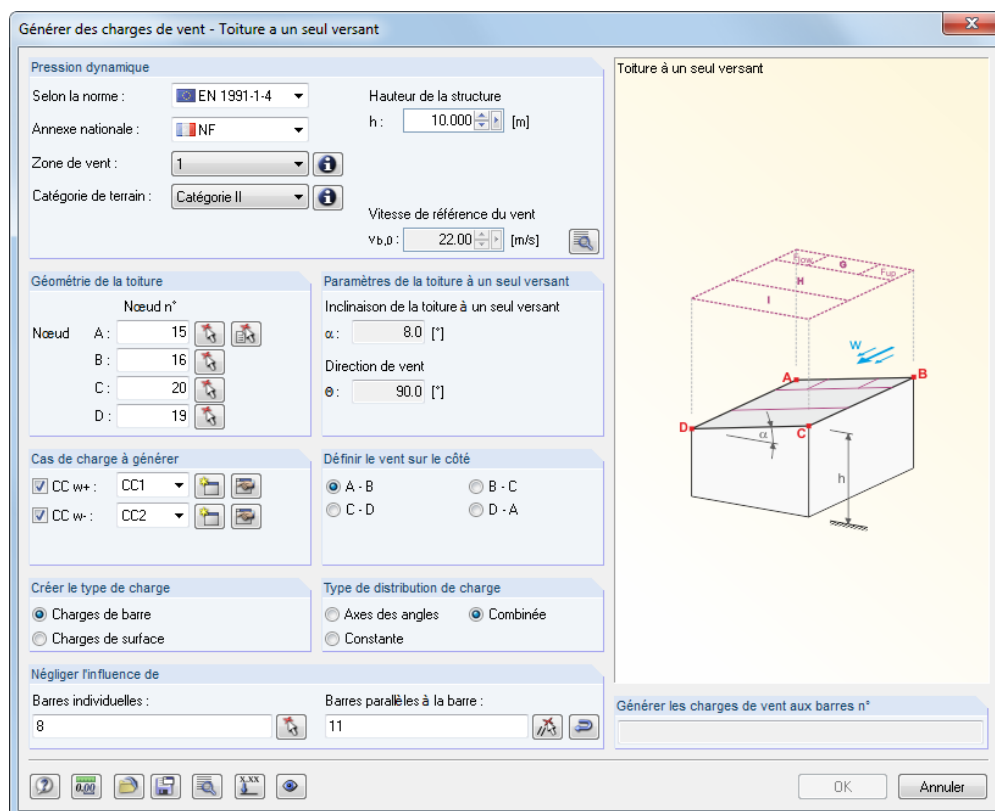


Figure 11.199 : Boîte de dialogue Générer les charges de vent - Toiture à un seul versant

D'abord, définissez la norme et, si applicable, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Pression dynamique*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

Spécifiez les paramètres comme décrit dans le chapitre 11.8.5.1. Les *Paramètres de la toiture à un seul versant* sont déterminés automatiquement de la géométrie de la toiture et du côté où le vent souffle.



Comme décrit par exemple dans EN 1991-1-4, tableau 7.3a, plusieurs cas de charge doivent être pris en compte pour une toiture à un seul versant. Dans la section de dialogue *Cas de charge à générer*, spécifiez les numéros de cas de charge pour la génération de charge. Les charges de compression sont créées dans le cas de charge CC w+. Les charges de succion sont générées dans CC w-. Les cas de charge correspondants peuvent être créés à l'aide de bouton [Nouveau].



Utilisez le bouton [Attribuer les facteurs de correction de charge] pour mettre à l'échelle les charges des barres particulières. Ainsi, vous pouvez considérer par exemple les effets de continuité d'un revêtement de toit sur les chevrons de bord afin d'y générer les charges de barre réduites. Les spécifications peuvent être insérées dans une boîte de dialogue séparée (voir la Figure 11.187, page 556).

11.8.5.4 Toiture à deux versants/à noue

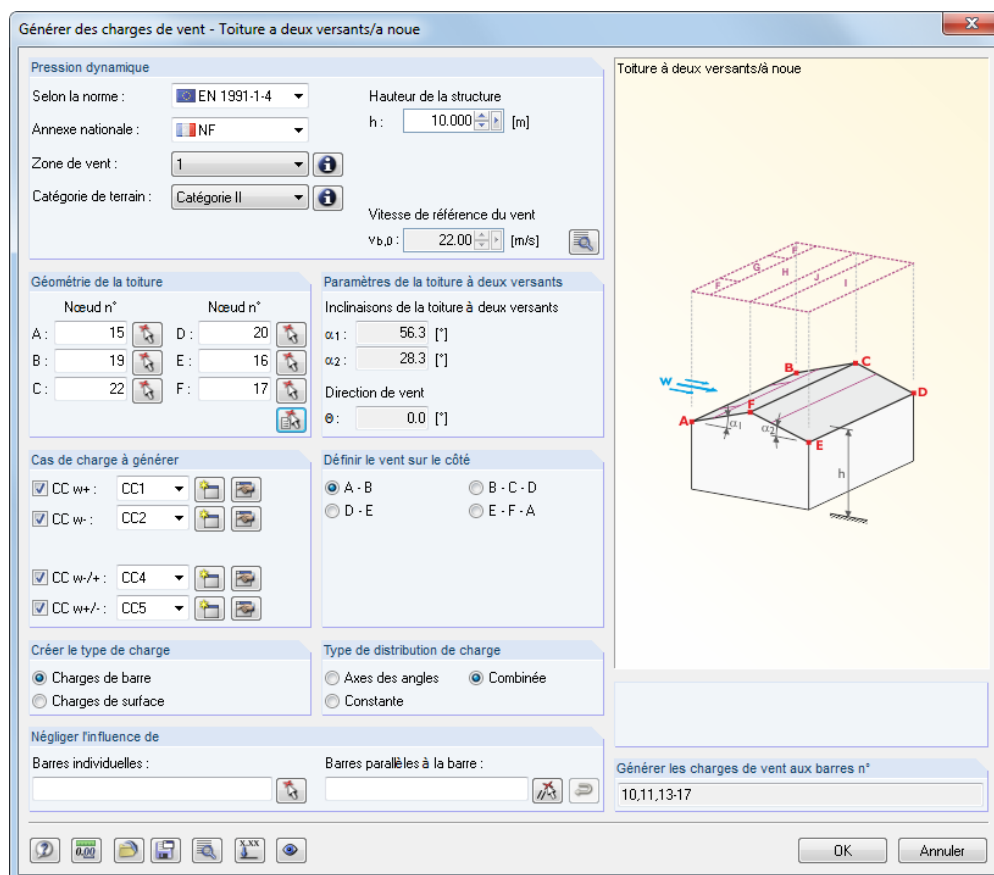


Figure 11.200 : Boîte de dialogue Générer les charges de vent - Toiture à deux versants/à noue

D'abord, définissez la norme et, si applicable, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Pression dynamique*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

Spécifiez les paramètres comme décrit dans le chapitre 11.8.5.1 à la page 564. Les *Paramètres de la toiture à deux versants* sont déterminés automatiquement de la géométrie de la toiture et du côté où le vent souffle.



Comme décrit par exemple dans EN 1991-1-4, tableau 7.4a, plusieurs cas de charge doivent être pris en compte pour une toiture à deux versants. Dans la section de dialogue *Cas de charge à générer*, spécifiez les numéros de cas de charge pour la génération de charge. Les charges de compression sont créées dans le cas de charge CC w+. Les charges de succion sont générées dans CC w-. Les combinaisons (compression sur un côté de la toiture et succion sur l'autre côté) sont définies comme CC w-/+ et CC w+/- . Les cas de charge correspondants peuvent être créés à l'aide de bouton [Nouveau].

Après avoir confirmé la boîte de dialogue du générateur avec [OK], RFEM vous montre les résultats de la génération de charge pour tous les cas de charge dans un aperçu. Les onglets de dialogue représentent une option de vérification importante car pour chaque cas de charge, vous pouvez voir le coefficient de pression externe $c_{pe,10}$ et la pression externe w_e affichée par zones.

Info sur la génération des charges de vent - Toiture à deux versants/à noue

Dimensions de toiture à deux versants

h : 10.000 [m] b_F : 1.750 [m]
 b : 7.000 [m] d_F : 0.700 [m]
 d : 6.000 [m] d_H : 1.300 [m]
 e : 7.000 [m] d_I : 0.700 [m]
 A : 57.050 [m²] d_J : 3.300 [m]
 α₁ : 56.3 [°] | α₁ | ≥ 5 ° θ : 0.0 [°]
 α₂ : 28.3 [°] | α₂ | ≥ 5 °

CC1 CC2 CC4 CC5

Zone	F	G	H	I	J
Coefficient de pression externe C _{pe,10}	0.700	0.700	0.675	0.000	0.000
Pression externe w _e [kN/m ²]	0.488	0.488	0.471	0.000	0.000

Charges totales de vent générées Moments totaux par rapport à l'origine

Σ P_{Aire} : 12.039 [kN] 66.599 [kNm]
 Σ P : 12.039 [kN] 66.120 [kNm]

Cellules sélectionnées pour la génération

Σ Nombre de cellules : 8 Σ Aire de cellules : 88.486 [m²]

Cellules inadmissibles pour la génération

Σ Nombre de cellules : Σ Aire de cellules : [m²]

Cellules inadmissibles :

Générer les charges de vent aux barres n°
 10,11,13-17

OK Annuler

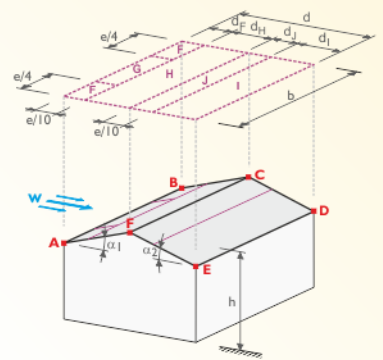


Figure 11.201 : Boîte de dialogue Info sur la génération des charges de vent - Toiture à deux versants/à noue



Avant que les charges soient transférées à RFEM, vous pouvez cliquer sur le bouton [Précédent] pour accéder dans la boîte de dialogue initiale où vous pouvez modifier les paramètres des charges.

11.8.5.5 Voiles verticaux avec toiture

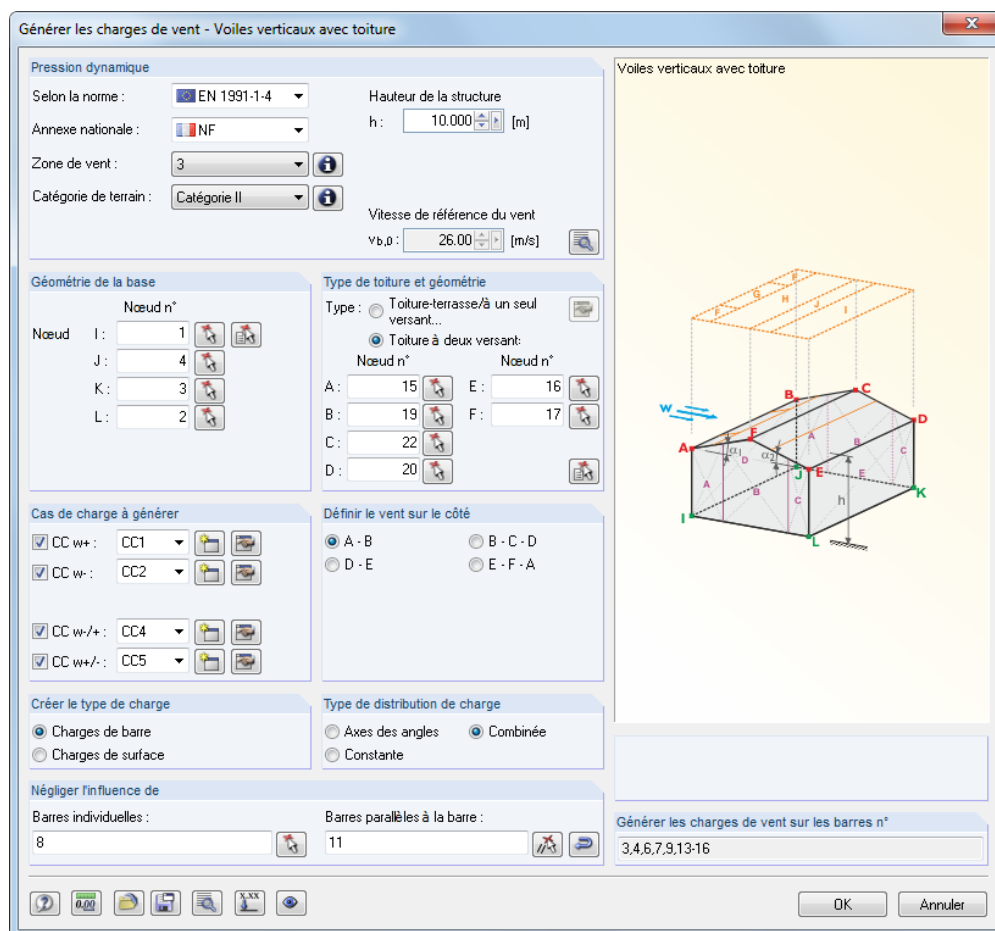


Figure 11.202 : Boîte de dialogue Générer les charges de vent - Voiles verticaux avec toiture (type Toiture à deux versants)

D'abord, définissez la norme et, si applicable, l'annexe nationale dans la section de dialogue *Pression dynamique*. Les paramètres gèrent les champs d'entrée activés pour l'accès.

Spécifiez les paramètres comme décrit dans le chapitre 11.8.5.1 à la page 564.



Comme décrit par exemple dans EN 1991-1-4, tableau 7.4a, plusieurs cas de charge doivent être pris en compte pour une toiture à deux versants. Dans la section de dialogue *Cas de charge à générer*, spécifiez les numéros de cas de charge pour la génération de charge. Les charges de compression sont créées dans le cas de charge CC w+. Les charges de succion sont générées dans CC w-. Les combinaisons (compression sur un côté de la toiture et succion sur l'autre côté) sont définies comme CC w+/- et CC w+/-/. Les cas de charge correspondants peuvent être créés à l'aide du bouton [Nouveau].



Utilisez le bouton [Attribuer les facteurs de correction de charge] pour mettre à l'échelle les charges des barres particulières. Les spécifications peuvent être insérées dans une boîte de dialogue séparée (voir la Figure 11.187, page 556).

Après avoir confirmé la boîte de dialogue du générateur avec [OK], RFEM vous montre les résultats de la génération de charge pour tous les cas de charge dans un aperçu (voir la Figure 11.201, page 569). Les onglets de dialogue représentent une option de vérification importante car pour chaque cas de charge, vous pouvez voir le coefficient de pression externe $c_{pe,10}$ et la pression externe w_e affichés par zones.

12. Gestion de fichiers

Ce chapitre explique comment les données sont organisées dans le gestionnaire de projet et comment les composants répétitifs du modèle sont gérés dans les blocs. En complément, le chapitre décrit l'importation et l'exportation des données avec les interfaces intégrées pour l'échange des données avec les autres programmes.

12.1 Gestionnaire de projet

Dans l'analyse structurelle, un projet est souvent sous divisé en plusieurs modèles. Le *Gestionnaire de projet* vous aide à organiser les données de vos applications Dlubal. Vous pouvez aussi l'utiliser pour la gestion des modèles RFEM dans le réseau (voir le chapitre 12.3, page 590).

Le gestionnaire de projet peut être ouvert comme une application indépendante pendant le travail dans RFEM.



Pour ouvrir le gestionnaire de projet, sélectionnez le **Gestionnaire de projet** dans le menu **Fichier** ou bien utilisez la barre d'outils figurée à gauche.

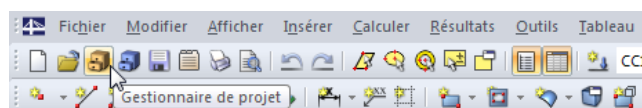


Figure 12.1 : Bouton *Gestionnaire de projet* dans la barre d'outils



Il est aussi possible d'accéder dans le gestionnaire de projet dans la boîte de dialogue du modèle *Données de base*.

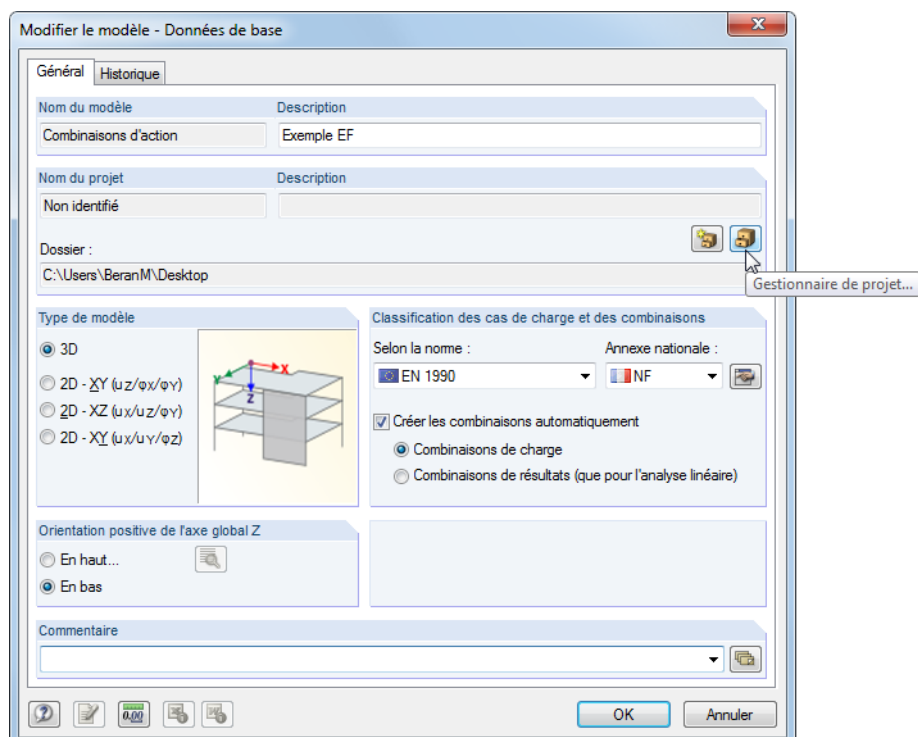


Figure 12.2 : Bouton *Gestionnaire de projet* dans la boîte de dialogue *Données de base*

Quand vous ouvrez le gestionnaire de projet, la fenêtre suivante s'affiche. Elle a son propre menu et sa barre d'outils.

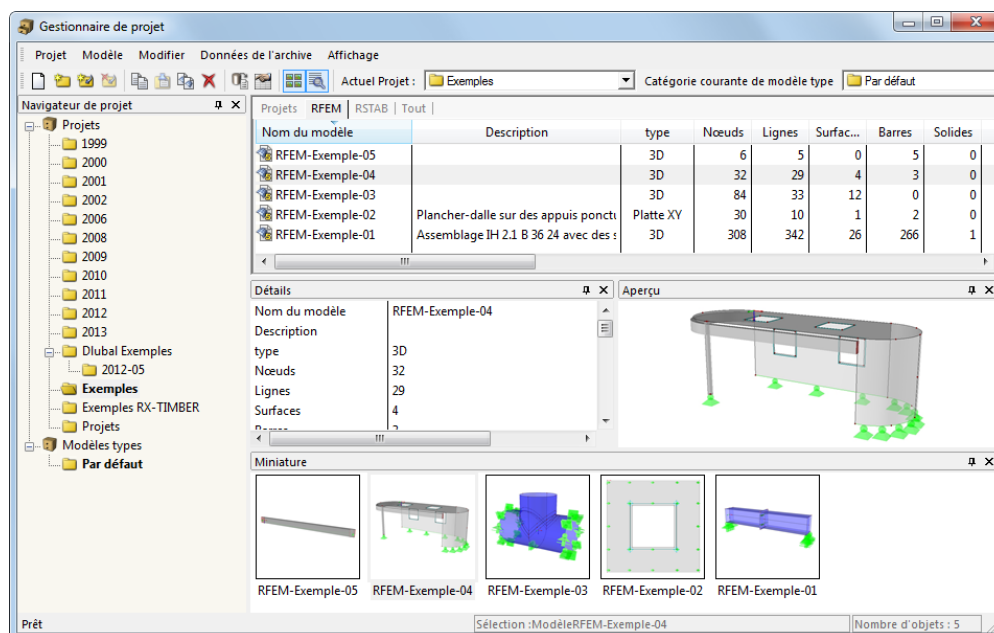


Figure 12.3 : Gestionnaire de projet

Navigateur de projet

A gauche, un navigateur qui liste tous les projets dans la structure arborescente s'affiche. Le projet actuel est défini en gras. Pour sélectionner un autre projet, cliquez deux fois sur l'entrée correspondante ou bien utilisez la liste *Projet actuel* dans la barre d'outils. Le tableau à droite dans le navigateur liste les modèles contenus dans le projet sélectionné.

Tableau des modèles

Les modèles sont arrangés dans plusieurs onglets classés par les applications DLUBAL. L'onglet *RFEM* liste tous les modèles RFEM contenus dans le projet sélectionné. Le *Nom du modèle* et la *Description* tout comme les informations de modèle et de fichier correspondantes y compris le nom de l'utilisateur qui a créé et modifié le modèle sont affichés.



Pour ajuster l'affichage des colonnes, sélectionnez **Gérer les colonnes de registre** dans le menu **Afficher** du Gestionnaire de projet ou bien utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche (voir la page 581).

Détails

Cette partie de la fenêtre vous montre toutes les informations disponibles pour le modèle qui est sélectionné dans la section de la fenêtre ci-dessus.

Aperçu

Le modèle sélectionné est affiché dans un aperçu. La taille de la fenêtre de l'aperçu peut être ajustée en déplaçant le bord supérieur de la fenêtre.

Miniatures

L'aire inférieure du gestionnaire de projet vous offre un aperçu graphique des modèles contenus dans le projet sélectionné. Les images miniatures sont interactives avec le tableau ci-dessus.



Utilisez les épingles pour minimiser les parties particulières de la fenêtre. Elles seront ancrées comme des onglets dans le pied de page.

12.1.1 Gestion de projets

Créer un nouveau projet

Pour créer un nouveau projet,

- sélectionnez **Nouveau** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet ou
- cliquez sur le bouton [Nouveau projet] dans la barre d'outils à gauche.

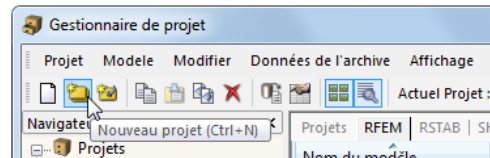


Figure 12.4 : Bouton *Nouveau projet*

La boîte de dialogue *Créer un nouveau projet* s'ouvre, où vous pouvez insérer le *Nom* du nouveau projet. Puis, sélectionnez le *Dossier* dans lequel vous voulez enregistrer les modèles. Utilisez le bouton [Parcourir] figuré à gauche pour définir le répertoire. Vous pouvez aussi ajouter une courte *Description* du projet. Elle sera affichée dans l'en-tête du rapport d'impression et n'a pas d'autre importance.

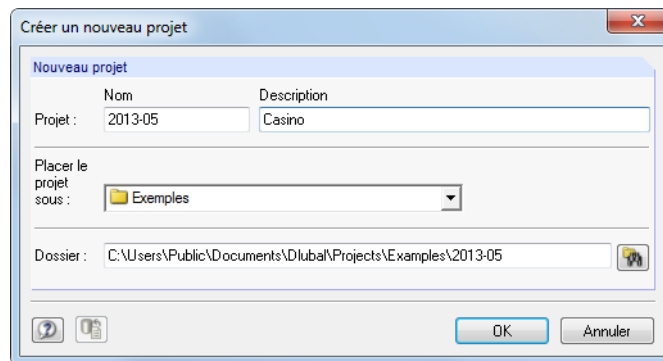


Figure 12.5 : Boîte de dialogue *Créer un nouveau projet*

Vous pouvez aussi créer des sous-projets dans le gestionnaire de projet par sélectionner un projet dans la liste *Placer le projet sous*. Le nouveau projet sera affiché comme un sous-projet dans le navigateur. Si vous ne voulez pas utiliser cette configuration, sélectionnez l'entrée de la liste *Projets* en haut de la liste. Puis, le projet sera affiché comme une entrée principale dans le navigateur.

Après avoir cliqué sur [OK], un nouveau dossier avec le nom de projet se crée sur le lecteur local ou lecteur réseau.

Connecter le dossier existant

Pour intégrer un dossier contenant déjà plusieurs modèles RFEM comme un projet,

- sélectionnez **Connecter** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet ou
- utilisez le bouton [Connecter le dossier] dans la barre d'outils figurée à gauche.

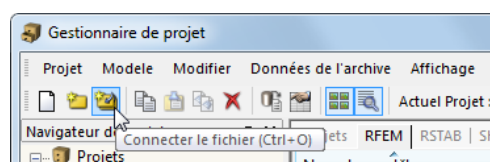
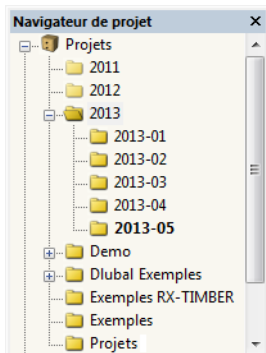


Figure 12.6 : Bouton *Connecter le dossier*

Il n'est pas important si le dossier que vous voulez connecter est placé sur le lecteur local ou le lecteur réseau. Il est inclut dans le gestionnaire de fichier et laissé à sa position – similaire à la



création d'un raccourci sur le bureau. L'information est enregistrée dans le fichier ASCII **PRO.DLP** dans le dossier **Project Manager** (voir le chapitre 12.1.4.3, page 583).



Une boîte de dialogue similaire à la boîte de dialogue affichée dans la Figure 12.5 s'ouvre. Insérez le *Nom* et la *Description* du projet et utilisez le bouton [Parcourir] afin de définir le répertoire pour le *Dossier* correspondant. Si un projet est spécifié dans la liste *Placer le projet sous*, le dossier de connexion doit être contenu dans le répertoire de ce projet. Ainsi, le dossier sera géré comme un sous-projet. Mais si vous voulez que le dossier apparaisse comme un projet indépendant dans le gestionnaire de projet, sélectionnez *Projets* en haut de la liste.

Cochez l'option *Connecter le dossier y compris tous les sous-dossiers* pour connecter tous les dossiers contenus dans le dossier sélectionné à la fois avec la gestion du gestionnaire de projet.

Déconnecter un dossier

Pour déconnecter un dossier intégré dans la gestion de projets,



- sélectionnez **Déconnecter** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet (le projet doit être sélectionné auparavant),
- cliquez sur le bouton [Déconnecter] dans la barre d'outils du gestionnaire figurée à gauche
- utilisez le menu contextuel du projet dans le navigateur.

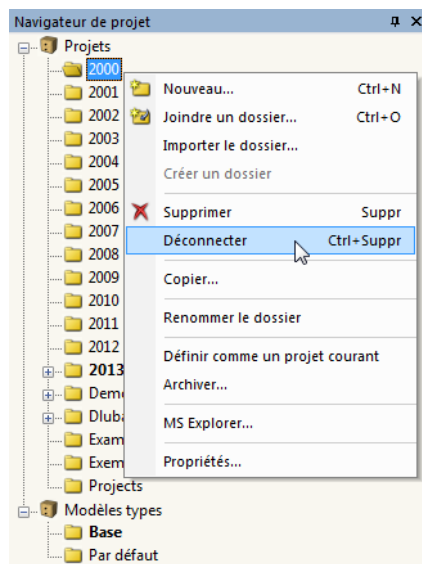


Figure 12.7 : Menu contextuel d'un projet



Le projet est enlevé seulement de la gestion interne. Le dossier et son contenu sont conservés sur le disque dur.

Supprimer un projet

Pour supprimer un projet,



- sélectionnez **Supprimer** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet (le projet doit être sélectionné auparavant),
- cliquez sur le bouton [Supprimer] dans la barre d'outils du gestionnaire figurée à gauche ou
- utilisez l'entrée **Supprimer** dans le menu contextuel du projet dans le navigateur.

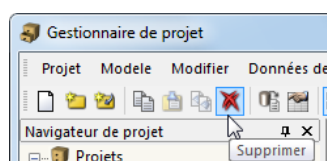


Figure 12.8 : Bouton Supprimer



Le dossier y compris son contenu est complètement supprimé du disque dur.

Si le dossier contient aussi les fichiers des autres programmes, seulement les fichiers des applications Dlubal sont sélectionnés. Le fichier lui-même est conservé.

Pour annuler la suppression des projets,

sélectionnez **Rétablir de la corbeille Dlubal** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

La corbeille Dlubal est décrite dans le chapitre 12.1.4.2 à la page 582.

Si les fichiers stockés sur le lecteur réseau sont supprimés, ils sont copiés via réseau dans la corbeille Dlubal sur le disque dur ce qui est différent du standard Windows où les données sont irrécouvrables. Ainsi, vous pouvez rétablir les fichiers supprimés sur les lecteurs réseaux de l'ordinateur correspondant. Si vous ne voulez pas copier les fichiers dans la corbeille, nous vous recommandons de déconnecter le projet (voir ci-dessus). Puis, vous pouvez supprimer les données du lecteur réseau manuellement.

Copier un projet

Pour copier un projet,

- sélectionnez **Copier** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet (le projet doit être sélectionné auparavant) ou
- utilisez l'entrée **Copier** dans le menu contextuel du projet dans le navigateur (voir la Figure 12.7).

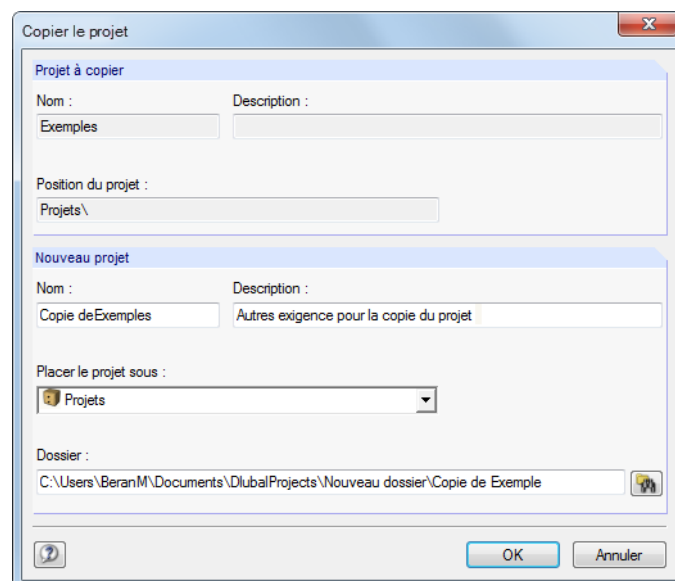


Figure 12.9 : Boîte de dialogue *Copier le projet*

Insérez le *Nom*, la *Description* et la position du nouveau projet dans le gestionnaire de projet et définissez le *Dossier* qui sera créé par la fonction de copiage.

Vous pouvez aussi copier le projet avec le Windows-Explorer. Puis, vous pouvez intégrer le nouveau dossier comme un dossier connecté dans la gestion du gestionnaire de projet (voir la Figure 12.6, page 573).

Renommer un projet / modifier la description

Pour modifier ultérieurement la description d'un projet,

- sélectionnez **Propriétés** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet (le projet doit être sélectionné précédemment) ou
- utilisez l'entrée **Propriétés** dans le menu contextuel du projet dans le navigateur (voir la Figure 12.7).

La boîte de dialogue *Propriétés de projet* où vous pouvez modifier le *Nom* et la *Description* du projet s'ouvre. Le *Dossier* du projet est aussi affiché.

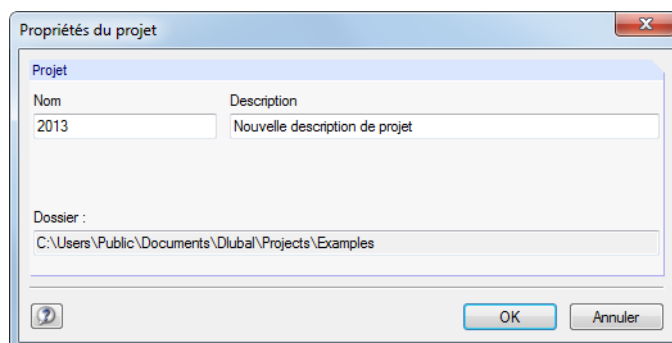


Figure 12.10 : Boîte de dialogue *Propriétés du projet*

Importer un dossier de projet

Après avoir changé l'ordinateur, vous pouvez rétablir l'arborescence complète de répertoire du gestionnaire de projet sans copier le fichier PRO.DLP (voir le chapitre 12.3, page 590). Tous les projets compris dans un dossier seront insérés dans la gestion de projet (qui signifie que ce dossier doit contenir des projets, pas de modèles). Ainsi, il n'est pas nécessaire que les projets soient connectés individuellement.

Pour ouvrir la boîte de dialogue afin d'importer un dossier de projet,

sélectionnez **Importer le dossier** dans le menu **Projet** du gestionnaire de projet.

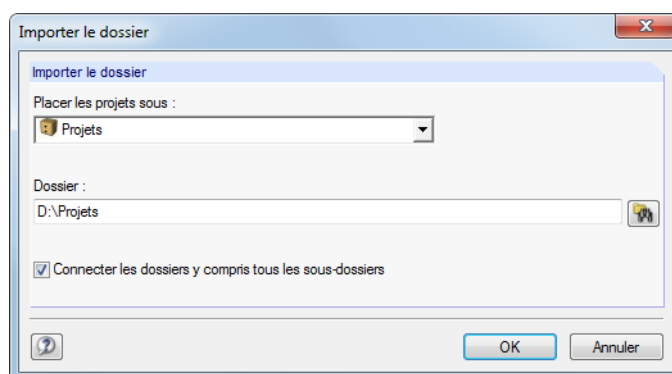


Figure 12.11 : Boîte de dialogue *Importer le dossier*



Dans la liste *Placer les projets sous*, définissez la manière par laquelle vous voulez intégrer le dossier de projet dans la gestion. Si vous voulez que les dossiers apparaissent comme des projets indépendants dans le gestionnaire de projet, sélectionnez l'entrée de liste *Projets* en haut de la liste. Utilisez le bouton [Parcourir] figuré à gauche pour définir le répertoire pour le *Dossier* à lier.

Cochez l'option *Connecter les dossiers y compris tous les sous-dossiers* pour intégrer tous les sous-dossiers des dossiers dans la gestion du gestionnaire de projet.

12.1.2 Gestion de modèle

Ouvrir un modèle

Pour ouvrir un modèle hors du gestionnaire de projet,

- cliquez deux fois sur le nom du modèle ou sur son image miniature,
- sélectionnez **Ouvrir** dans le menu **Modèle** du gestionnaire de projet (le modèle doit être sélectionné auparavant) ou
- utilisez le menu contextuel du modèle.

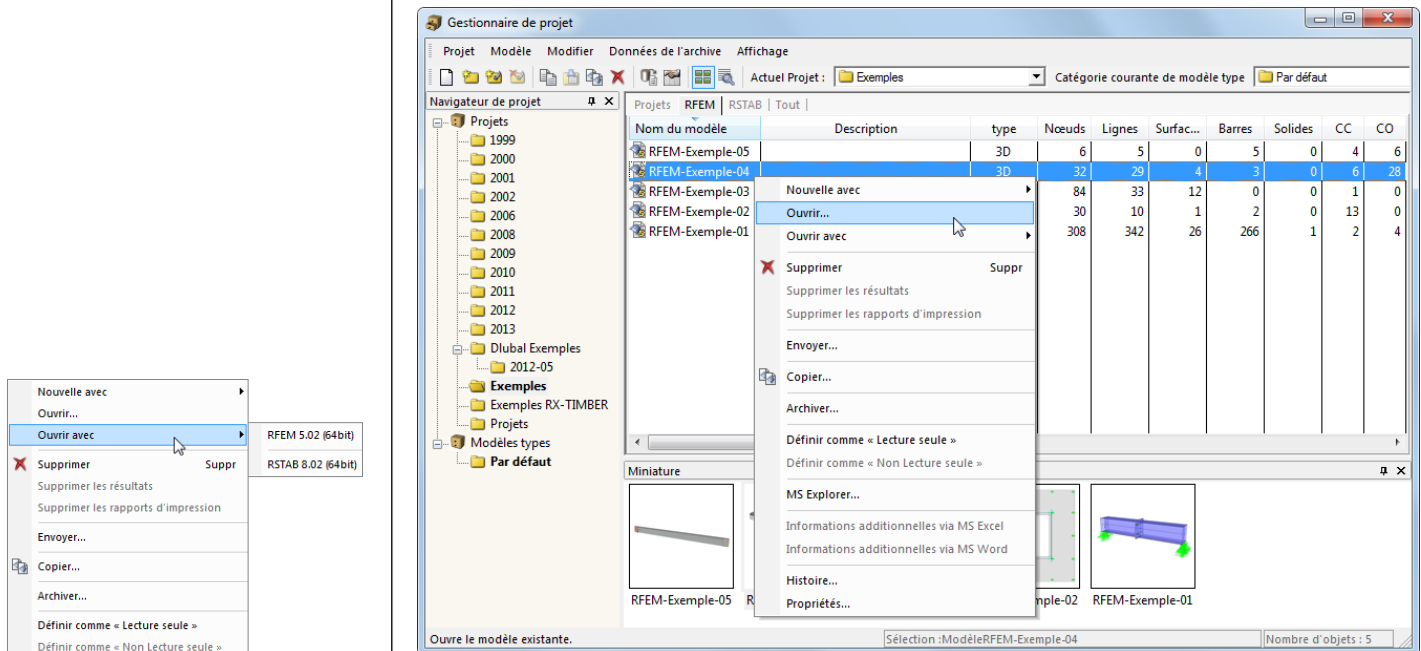


Figure 12.12 : Menu contextuel *Modèle*

Utilisez l'option du menu contextuel *Ouvrir avec* figuré à gauche pour sélectionner une application Dlubal particulière avec laquelle vous voulez ouvrir le modèle.

Vous pouvez ouvrir les fichiers RSTAB directement dans RFEM.

Déplacer / copier un modèle

Pour copier un modèle dans un autre projet,

- sélectionnez **Copier** dans le menu **Modèle** (le modèle doit être sélectionné précédemment),
- utilisez l'entrée **Copier** dans le menu contextuel du modèle (voir la figure ci-dessus) ou
- utilisez la fonction glisser-déplacer en tenant la touche [Ctrl] appuyée.

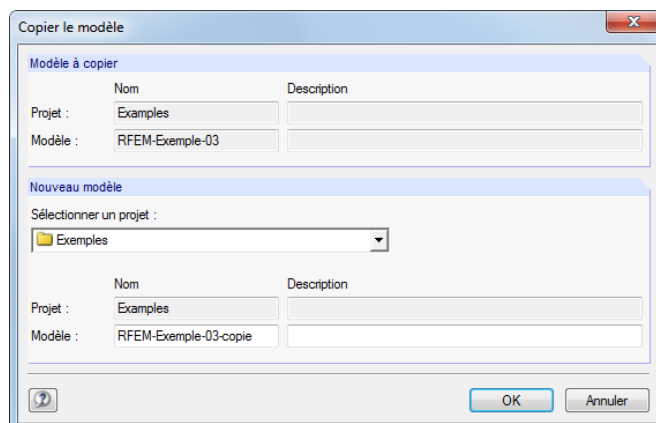


Figure 12.13 : Boîte de dialogue *Copier le modèle*

Dans la boîte de dialogue *Copier le modèle*, spécifiez le projet visé et insérez le *Nom* et la *Description* pour la copie du modèle.

Pour déplacer un modèle, tenez le bouton gauche de la souris appuyé quand vous le déplacez dans un autre dossier.

Renommer un modèle

Pour renommer un modèle,

- sélectionnez **Propriétés** dans le menu **Modèle** du gestionnaire de projet (le modèle doit être sélectionné auparavant) ou
- utilisez l'entrée **Propriétés** dans le menu contextuel du projet dans le navigateur (voir la Figure 12.12).

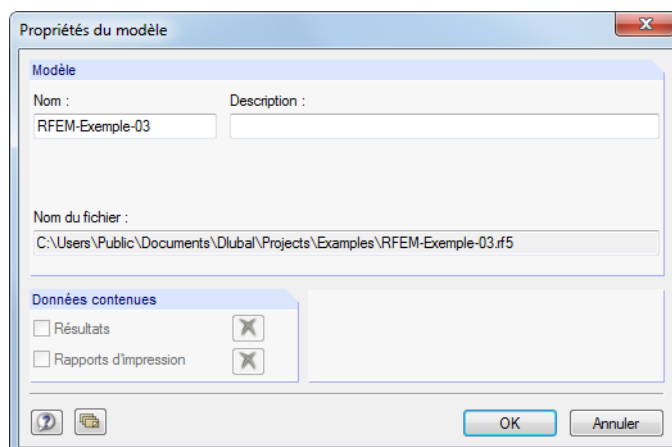


Figure 12.14 : Boîte de dialogue *Propriétés du modèle*

Dans la boîte de dialogue *Propriétés*, vous pouvez modifier le *Nom* et la *Description* du modèle. Le *Nom du fichier* et le répertoire du modèle sont aussi affichés.

Si le modèle contient aussi les résultats et les rapports d'impression, vous pouvez enlever de telles *Données* additionnelles des données enregistrées à l'aide du bouton [Supprimer].

Supprimer un modèle

Pour supprimer un modèle,

- sélectionnez **Supprimer** dans le menu **Modèle** du gestionnaire de projet (le modèle doit être sélectionné auparavant),
- cliquez sur le bouton [Supprimer] dans la barre d'outils figurée à gauche ou
- utilisez l'entrée **Supprimer** dans le menu contextuel du modèle (voir la Figure 12.12).

Dans le menu contextuel, vous pouvez aussi *Supprimer les résultats* et/ou *Supprimer spécifiquement les rapports d'impression* du modèle. Dans les deux cas, les données d'entrée restent disponibles.

Pour annuler la suppression des modèles,

sélectionnez **Rétablir de la corbeille Dlubal** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

La corbeille Dlubal est décrite dans le chapitre 12.1.4.2 à la page 582.



Afficher l'historique

Pour vérifier l'historique d'un modèle,

- sélectionnez **Historique** dans le menu **Modèle** du gestionnaire de projet (le modèle doit être sélectionné auparavant) ou
- utilisez l'entrée **Historique** dans le menu contextuel du modèle (voir la Figure 12.12).

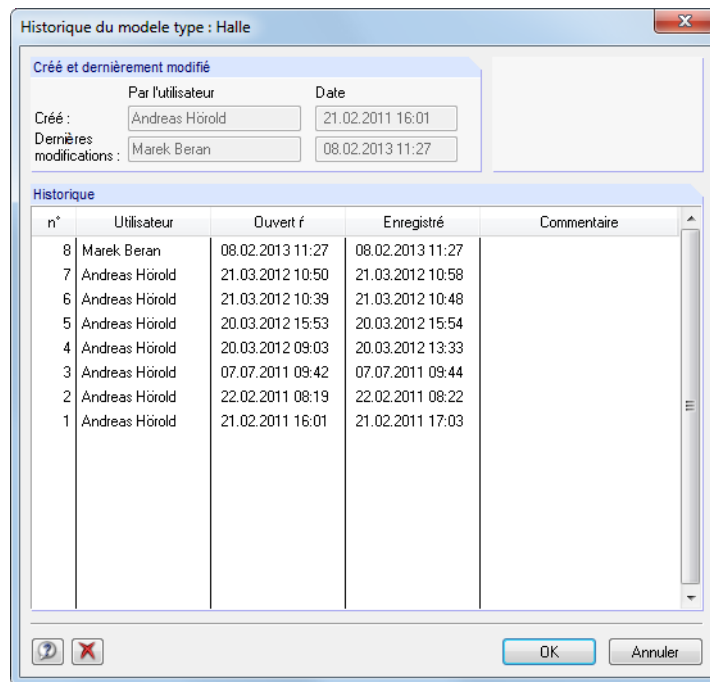


Figure 12.15 : Fenêtre d'information *Historique du modèle type*

Une boîte de dialogue s'affiche, elle vous montre les informations sur les utilisateurs qui ont créé, ouvert ou modifié le modèle. L'aperçu inclut aussi le temps où les actions individuelles ont été effectuées.

Les remarques listées dans la colonne *Commentaire* sont basées sur les données de base du modèle. Les entrées correspondantes dans la boîte de dialogue *Données de base* sont gérées dans l'onglet de dialogue *Historique*. Profitez des commentaires pour décrire le traitement de structure correspondant (voir le chapitre 12.2.2, page 589).

12.1.3 Sauvegarde de données

Données de l'archive

Vous pouvez sauvegarder les modèles sélectionnés ou bien même un dossier complet de projet dans un fichier de sauvegarde comprimé. Les modèles originaux restent disponibles.

Pour démarrer l'archivage,

- sélectionnez **Archiver** dans le menu **Données d'archive** du gestionnaire de projet (le modèle ou le projet doit être sélectionné auparavant) ou
- utilisez le menu contextuel du projet (voir la Figure 12.7) ou du modèle (voir la Figure 12.12).

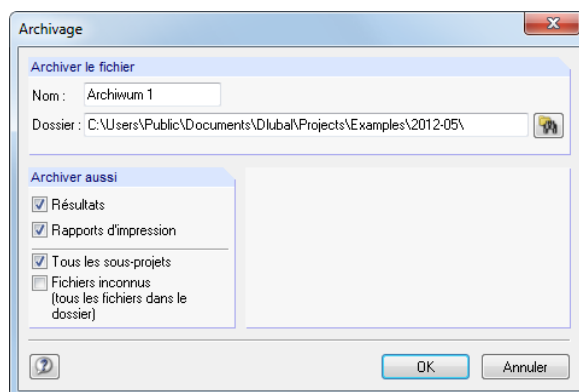


Figure 12.16 : Boîte de dialogue Archivage

Le fichier de sauvegarde peut être généré avec ou sans résultats et rapports d'impression. Les options ultérieures permettent l'intégration des sous-projets et des fichiers qui ne font pas partie d'aucune application Dlubal.

Quand vous avez défini le *Nom* et le *Dossier* du fichier d'archive, créez le fichier ZIP en cliquant sur [OK].

Extraire de l'archive

Pour extraire les données de l'archive,

sélectionnez **Extraire le projet/les modèles de l'archive** dans le menu **Données de l'archive** du gestionnaire de projet.

La boîte de dialogue de Windows *Ouvrir* s'affiche où vous pouvez sélectionner le fichier ZIP de sauvegarde. Après avoir cliqué sur [OK], son contenu est affiché (voir la Figure 12.19).

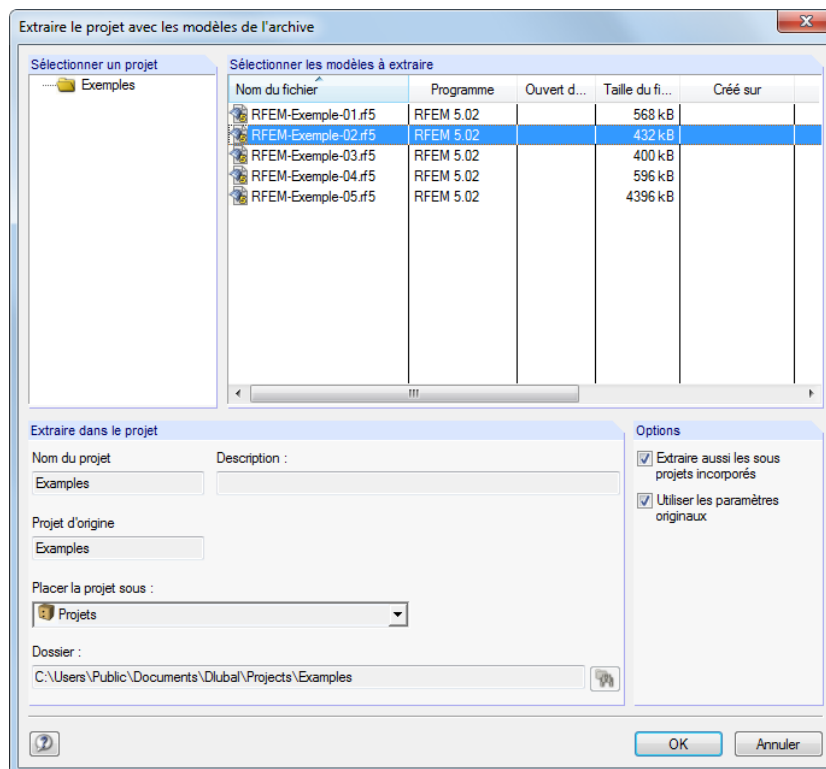


Figure 12.17 : Boîte de Dialogue Extraire le projet avec les modèles de l'archive



Dans la section de dialogue *Sélectionner les modèles à extraire*, sélectionner les modèles que vous voulez restaurer. Ils peuvent être déballés soit avec leurs paramètres de projet d'origine

soit comme un nouveau projet. Dans la liste *Placer le projet sous*, vous pouvez définir le classement dans la structure de gestion du gestionnaire de projet. Alternativement, vous pouvez créer un nouveau répertoire à l'aide du bouton [Parcourir].

12.1.4 Paramètres

12.1.4.1 Vue

Afficher les miniatures et les détails

L'aire de la fenêtre au-dessous du tableau de modèle peut être ajustée selon vos préférences. Vous pouvez choisir deux options pour des fenêtres additionnelles qui peuvent être activées indépendamment l'une de l'autre.

Pour définir les options d'affichage,

sélectionnez **Aperçu des figures de tous les modèles** dans le menu **Vue** et

sélectionnez **Détails des modèles actuels** dans le menu **Vue** du gestionnaire de projet,

ou utilisez les boutons de la barre d'outils correspondants.



Bouton	Fonction
	Affiche les images miniatures de tous les modèles dans le projet
	Affiche les détails de modèle et l'aperçu du modèle

Tableau 12.1 : Boutons pour les paramètres de la vue

Classement des modèles

L'arrangement des modèles dans le tableau peut être ajusté : Comme habituel dans les applications Windows, vous pouvez classer la liste dans l'ordre ascendant ou descendant en cliquant dans les titres de colonne. Alternativement, vous pouvez

sélectionner **Classer les modèles** dans le menu **Vue**.

Ajustement des colonnes

Pour organiser les colonnes selon vos besoins,

- sélectionnez **Gérer les colonnes de registre** dans le menu **Vue** du gestionnaire de projet
- ou utilisez le bouton [Gérer les colonnes de registre] dans la barre d'outils de gestionnaire figurée à gauche.

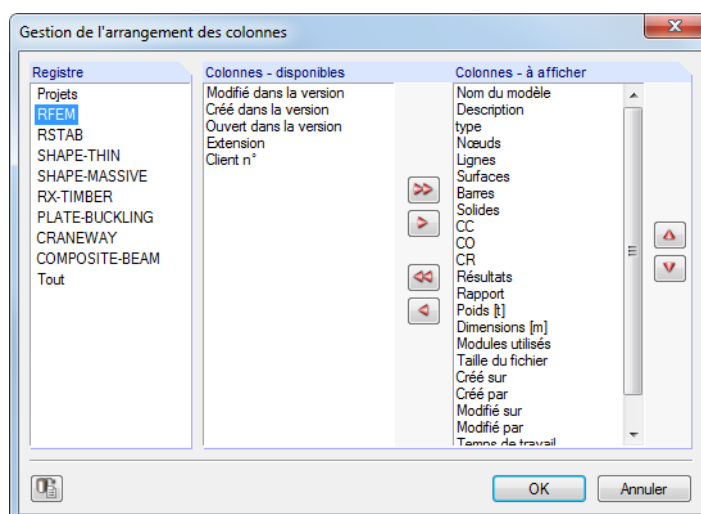


Figure 12.18 : Boîte de dialogue *Gestion de l'arrangement des colonnes*



D'abord, définissez le *Registre* où il y a des colonnes que vous voulez ajuster (par exemple RFEM). Ensuite, vous pouvez sélectionner les entrées correspondantes dans la liste *Colonnes - Disponibles* pour les transférer dans la liste *Colonnes - à afficher*. Utilisez les boutons flèches ► pour le transfert. Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur les éléments. Les colonnes que vous ne voulez pas afficher peuvent être cachées avec les boutons ◀.

L'ordre des colonnes dans la liste de modèles peut être modifié à l'aide des boutons ▲ et ▼ dans la liste *Colonnes - à afficher*. Cliquez-les pour déplacer une entrée sélectionnée en haut et en bas.

Pour optimiser les largeurs de colonnes dans la liste de modèles, sélectionnez **Arranger automatiquement** dans le menu **Vue** du gestionnaire de projet. Vous pouvez utiliser aussi le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

12.1.4.2 Corbeille

Pour rétablir les projets et les modèles sélectionnés,

sélectionnez **Restaurer de la corbeille Dlubal** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

Une boîte de dialogue où existe tous les modèles supprimés listés par projet s'affiche.

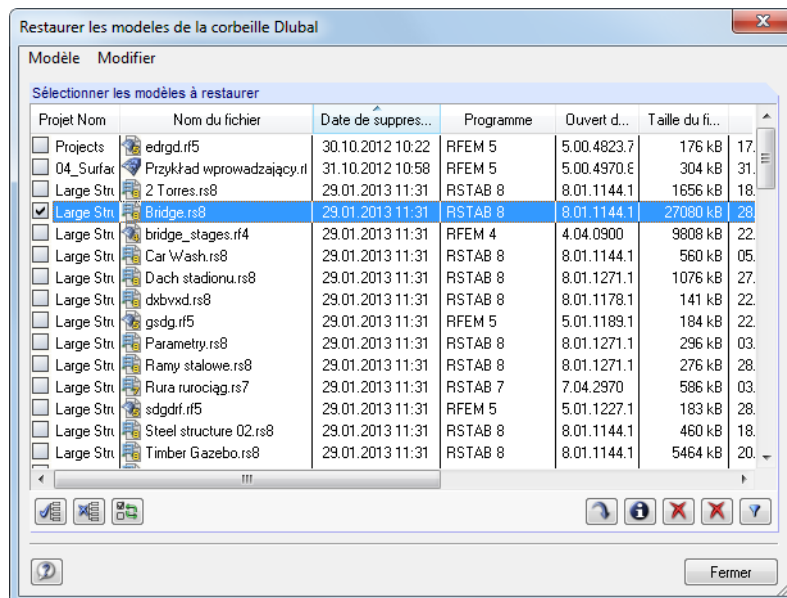


Figure 12.19 : Boîte de dialogue *Restaurer les modèles de la corbeille Dlubal*



Les modèles à rétablir peuvent être sélectionnés par un clic de la souris. Avec le bouton [Sélectionner tout], vous pouvez cocher toutes les entrées en même temps. Cliquez sur le bouton [Rétablir les modèles sélectionnés] pour insérer les modèles supprimés dans les dossiers de projet d'origine.

Pour supprimer les objets stockés dans la corbeille Dlubal,

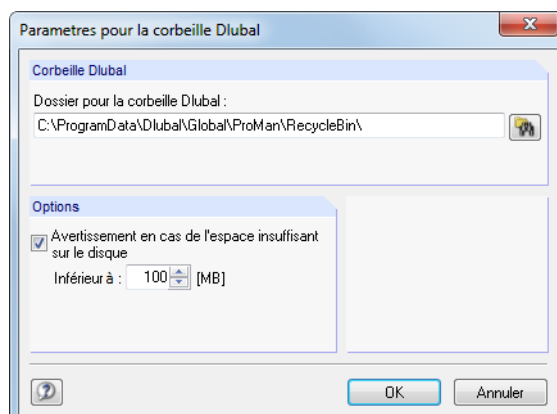
sélectionnez **Vider la corbeille Dlubal** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

Avant que la suppression définitive soit effectuée, un message de sécurité s'affiche.

Pour ajuster les paramètres de la corbeille Dlubal,

sélectionnez **Paramètres pour la corbeille Dlubal** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

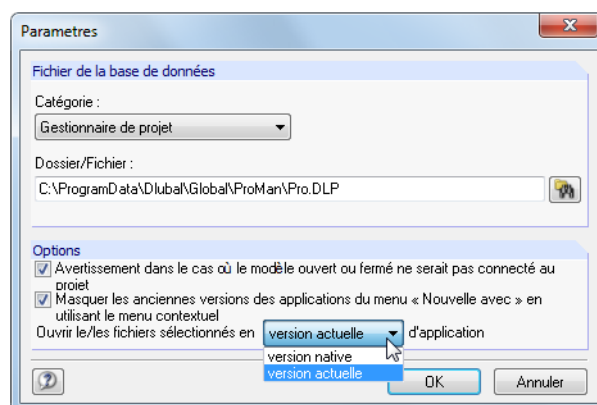
Une boîte de dialogue où vous gérez les paramètres pour l'endroit de stockage et la taille de mémoire s'ouvre.

Figure 12.20 : Boîte de dialogue *Paramètres pour la corbeille Dlupal*

12.1.4.3 Répertoires

Les répertoires du gestionnaire de projet (et du gestionnaire de bloc) peuvent être vérifiés dans les options de *Programme*. Pour ouvrir la boîte de dialogue correspondante,

sélectionnez **Options de programme** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

Figure 12.21 : Boîte de dialogue *Paramètres*

La *Catégorie* gère les paramètres séparément pour le gestionnaire de projet et le gestionnaire de bloc. Les noms de dossier et de fichier sont affichés dans le champ d'entrée ci-dessous où ils peuvent être ajustés, si nécessaire. Les projets sont gérés dans le fichier **PRO.DLP** que vous trouvez normalement dans le fichier *C:\ProgramData\Dlupal\Global\Project Manager*. Le bouton [Parcourir] vous aide à définir un autre chemin.

Comme le gestionnaire de projet est adapté au réseau, il est possible d'organiser la gestion de données pour les modèles contenus dans un endroit central : Définissez le répertoire pour le fichier *PRO.DLP* sur le serveur (voir le chapitre 12.3, page 590).

La section de dialogue *Options* vous offre les paramètres de base pour la manutention avec les fichiers RFEM : D'habitude, il un message s'affiche quand vous ouvrez un fichier hors de l'Explorer, un logiciel e-mail etc. quand le dossier correspondant n'est pas intégré dans la gestion du gestionnaire de projet. Le message peut être désactivé. En outre, vous pouvez décider quelle version du programme vous voulez utiliser pour la création ou l'ouverture des fichiers de modèles.

12.2 Création d'un nouveau modèle

Pour créer un modèle,

- sélectionnez **Nouveau** dans le menu **Fichier** de RFEM,
- cliquez sur le bouton de la barre d'outils [Nouveau modèle] figuré à gauche,
- pointez sur **Nouveau avec** dans le menu **Modèle** du gestionnaire de projet et puis, sélectionnez **RFEM 5**.

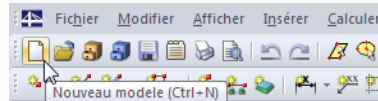


Figure 12.22 : Bouton *Nouveau modèle*

La boîte de dialogue *Nouveau modèle - Données de base* s'ouvre. Elle vous offre deux onglets.

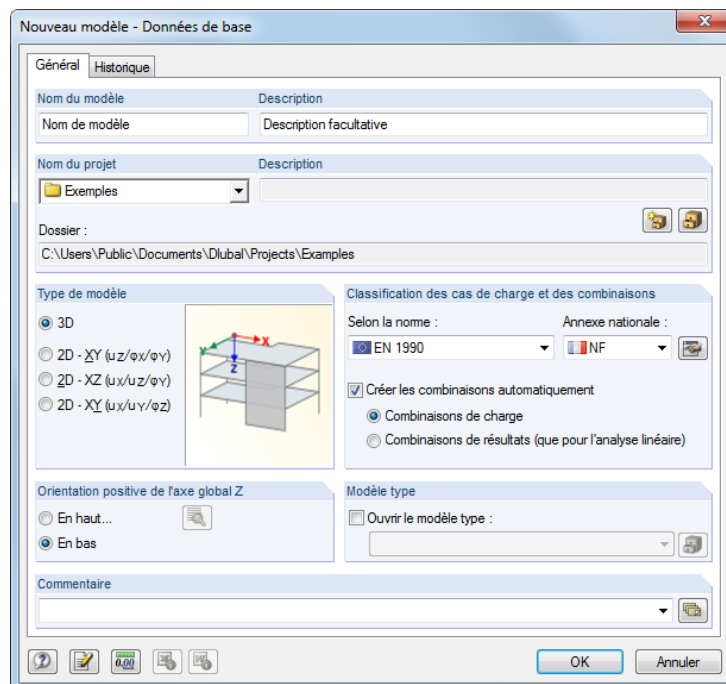


Figure 12.23 : Boîte de dialogue *Nouveau modèle - Données de base*, onglet *Général*

Quand vous voulez modifier les données de base du modèle plus tard,

- pointez sur **Données de modèle** dans le menu **Modifier** et puis, sélectionnez **Données de base** ou
- utilisez le menu contextuel du modèle dans le navigateur *Données*.

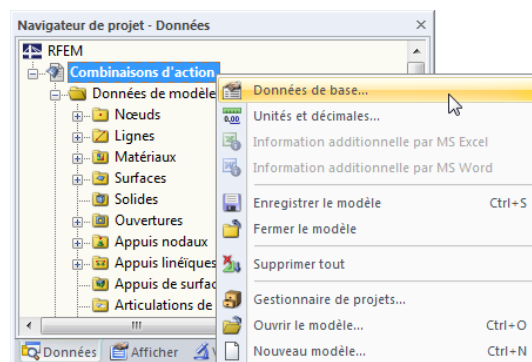


Figure 12.24 : Menu contextuel du modèle

12.2.1 Général

Le premier onglet de dialogue (voir la Figure 12.23) gère les paramètres de modèle de base.

Nom / Description du modèle

Insérez un nom dans le champ d'entrée pour le *Nom du modèle*. En même temps, il est utilisé comme le nom de fichier du modèle. En indiquant une *Description*, vous pouvez décrire le modèle en détails. Elle est affichée dans le rapport d'impression, mais n'a pas d'autre importance.



Figure 12.25 : Description de modèle dans le rapport d'impression

Nom / Description du projet

Dans la liste de *Nom du projet*, vous pouvez sélectionner le dossier de projet où le modèle sera créé. Le projet actuel est défini. Si requis, vous pouvez modifier les paramètres prédéfinis dans le gestionnaire de projet (voir le chapitre 12.1, page 571) que vous pouvez accéder avec le bouton de dialogue à droite.

La *Description* et le *Fichier* du projet sélectionné sont affichés pour l'information.

Type de modèle

Pour les données de base du modèle, vous devez spécifier si votre structure est un modèle spatial ou plan. En cas des modèles 2D, l'effort pour l'entrée est réduit à cause des coordonnées et degrés de liberté réduits.

Le type 2D - XY est utilisé pour les structures planes comme des dalles qui sont sollicitées perpendiculairement au plan de surface. Les types de modèle 2D - XZ et 2D - XY peuvent être utilisés pour les voiles et les coques supposant que les charges agissent seulement dans la direction du plan de surface. L'utilisation du type 2D - XZ est recommandée pour les structures de portique plan parce que cette option considère les moments seulement autour des axes forts des barres.

Il est possible de modifier ultérieurement le type sélectionné du modèle. Veuillez noter que cette modification peut causer une perte de données, par exemple quand un modèle 3D est réduit à un voile.

Classification des cas de charge et des combinaisons

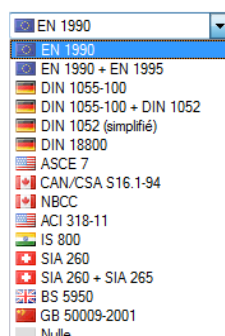
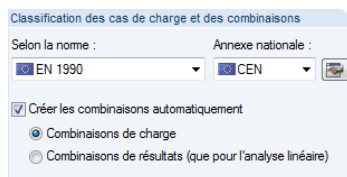
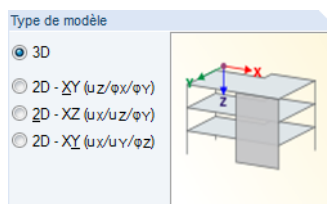
Le chargement doit être appliqué par cas de charge. Les cas de charge peuvent être par exemple poids propre, neige ou charge d'exploitation.

Les normes particulières définissent des règles pour la combinaison des cas de charge. Il est donc important d'attribuer les cas de charge aux catégories d'action particulières (voir le chapitre 5.1, page 181). Ainsi, quand vous créez des combinaisons de charge et de résultats, RFEM est en mesure de fournir les cas de charge automatiquement avec les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison corrects.

Selon la norme

La liste contient une variété de règles et de normes qui décrivent les principes pour l'état limite ultime, l'état limite de service et la résistance des systèmes structurels. Avec la sélection de la norme, les règles pour la création des combinaisons de charge et de résultats dans RFEM sont définies. Cette spécification est importante surtout pour la création automatique des combinaisons par RFEM (voir le chapitre 5.2, page 184 jusqu'au chapitre 5.4, page 199).

Avec l'option *Nulle*, aucune combinaison n'est créée automatiquement. Les cas de charge doivent être superposés manuellement (voir le chapitre 5.5.1, page 204 et le chapitre 5.6.1, page 212).



Quand vous modifiez la norme ultérieurement, il est recommandé de reclassifier les cas de charge et d'ajuster la combinaison. Un avertissement correspondant s'affiche.

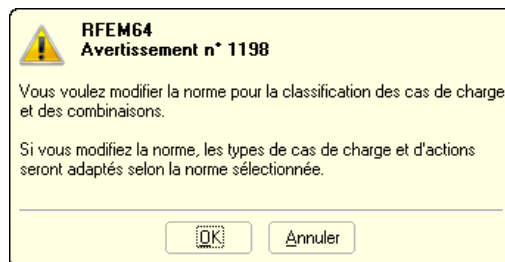


Figure 12.26 : Avertissement quand vous modifiez la norme

Annexe nationale

Quand vous sélectionnez la norme *EN 1990*, une liste de sélection additionnelle est affichée : Même si les règles de combinaison sont définies dans la norme d'Eurocode, les pays sont autorisés à spécifier les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison eux-mêmes.

Cette liste vous offre un choix parmi les annexes nationales de différents pays. Quand l'option *CEN* est définie, les facteurs recommandés par la commission européenne sont appliqués.

Utilisez le bouton de dialogue [Modifier] pour vérifier les facteurs partiels de sécurité et les coefficients de combinaison de la norme actuellement définie. Quand une norme définie par l'utilisateur est déterminée, même dans ce cas, vous pouvez les ajuster.

Les facteurs sont organisés dans plusieurs onglets de la boîte de dialogue *Coefficients*. Le premier onglet gère les *Coefficients partiels de sécurité* γ pour les situations de calcul « équilibre statique » et « état limite ultime ».

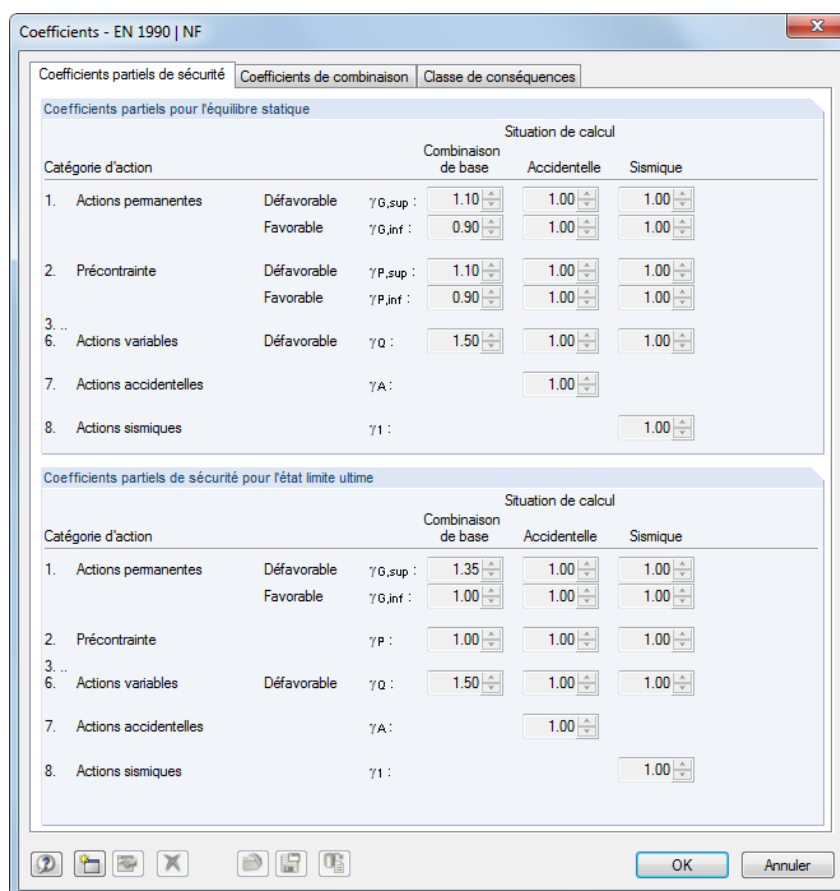


Figure 12.27 : Boîte de dialogue *Coefficients*, onglet *Coefficients partiels de sécurité*

L'onglet de dialogue *Coefficients de combinaison* (voir la Figure 5.24, page 201) gère les facteurs ψ et ξ . Dans l'onglet *Classe de conséquences* qui est disponible pour EN 1990, vous pouvez définir le facteur de fiabilité K_{fi} .

Créer automatiquement les combinaisons

La case est décochée par défaut afin que les deux options ci-dessous ne soient pas activées pour l'accès. Ainsi, les combinaisons de charge et de résultats requises doivent être créées manuellement comme dans RFEM 4 (voir le chapitre 5.5.1, page 204 et le chapitre 5.6.1, page 212). Quand vous combinez les cas de charge, la norme spécifiée assure que les facteurs partiels de sécurité et de combinaison sont attribués automatiquement.

Comme une alternative, vous pouvez *Créer des combinaisons automatiquement*. Puis, des onglets de dialogue additionnels sont disponibles dans la boîte de dialogue *Modifier les cas de charge et les combinaisons* tout comme les entrées séparées dans le navigateur *Données*. En outre, les tableaux 2.2 à 2.4 sont activés. La génération des combinaisons est décrite en détails dans le chapitre 5.2, page 184 jusqu'au chapitre 5.4, page 199.

La superposition automatique est basée sur le module additionnel RF-COMBI pour la version RFEM 4. Vous trouverez les informations additionnelles sur la combinatoire dans le manuel anglais du module qui est disponible pour le téléchargement sur le site www.dlubal.com.

Pendant la superposition automatique, RFEM crée soit les *Combinaisons de charge* soit les *Combinaisons de résultats*. La différence entre les deux possibilités de combinaison est décrite dans les chapitres 5.5 à la page 203 et 5.6 à la page 212.

Orientation positive de l'axe global Z

Cette section de dialogue gère l'orientation de l'axe global Z. Dans les programmes CAO, l'axe Z est d'habitude dirigé vers le haut. Dans les programmes utilisés pour l'analyse structurelle, il est normalement dirigé vers le bas. La spécification n'est pas importante pour le calcul.

Si l'axe Z positif est défini *En haut* et le poids propre est spécifié avec le facteur 1.0 en direction Z, dans les données de base du cas de charge, le poids propre agit vers le haut. Dans ce cas, le facteur de poids propre doit être modifié à -1.0 .

Si l'axe global Z est dirigé vers le haut, il est possible de définir les paramètres pour les surfaces et les barres en cliquant sur le bouton [Choisir] figuré à gauche. La boîte de dialogue *Orientations de l'axe local z* s'affiche.

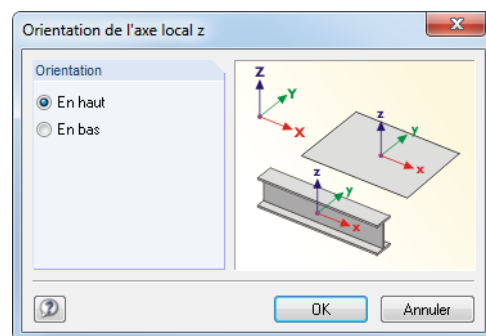


Figure 12.28 : Boîte de dialogue *Orientations de l'axe local z*

L'axe local z peut être orienté *En haut* ou *En bas* afin d'attribuer par exemple les fondations de surface élastiques ou les armatures des plaques de façon appropriée. Puis, répondez à la question (voir la Figure 12.29) qui apparaît quand vous fermez la boîte de dialogue *Données générales* avec n° .

Il est possible de modifier l'orientation de l'axe Z ultérieurement. Vous pouvez aussi ajuster les coordonnées et les charges globales afin que la vue du modèle soit conservée. Quand la direction de l'axe est modifiée, une question s'affiche (voir la figure suivante).

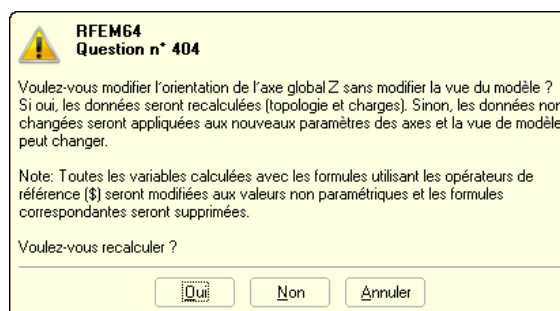
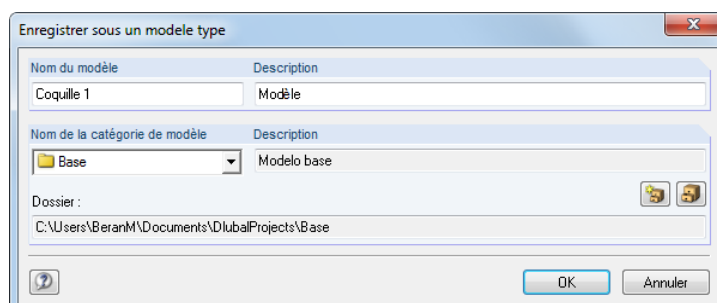
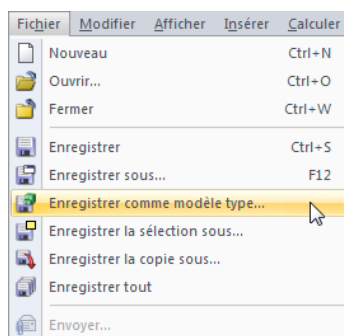


Figure 12.29 : Question lorsque vous modifiez la direction Z

Modèle type

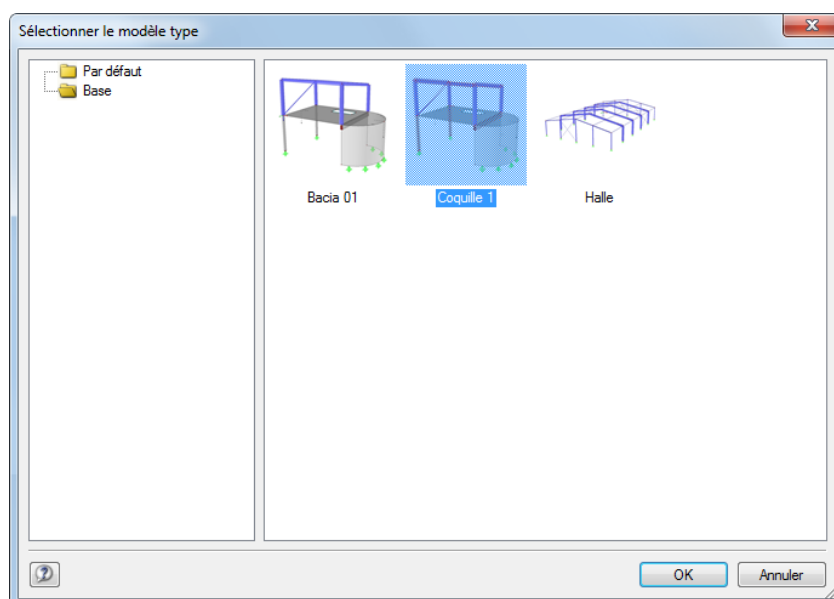
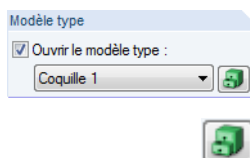
Le modèle peut être créé selon un modèle type qui a été enregistré dans un autre modèle. Pour accéder à la fonction d'enregistrement, sélectionnez **Enregistrer comme modèle type** dans le menu **Fichier**.

Figure 12.30 : Boîte de dialogue *Enregistrer sous un modèle type*

En général, les modèles types sont stockés dans le dossier Dlubal pour les modèles types appelé *Base*. L'accès est aussi disponible dans le navigateur du gestionnaire de projet par sélectionner *Par défaut* sous *Modèles types* (voir la Figure 12.3, page 572).

Après avoir coché la case dans la boîte de dialogue *Nouveau modèle - Données de base*, vous pouvez sélectionner le *Modèle type* correspondant de la liste.

Cliquez sur le bouton figuré à gauche pour ouvrir un aperçu avec les images de prévisualisation qui vous aident à choisir parmi les modèles types (voir la figure suivante).

Figure 12.31 : Boîte de dialogue *Sélectionner le modèle type*

Commentaire

Vous pouvez insérer un texte dans le champ d'entrée ou bien sélectionner un texte de la liste pour ajouter une courte description dans les données de base. Le commentaire est aussi affiché dans le rapport d'impression.

Les boutons dans la boîte de dialogue *Données de base* ont les fonctions suivantes :





Bouton	Nom	Explication
	Commentaire	→ chapitre 11.1.4, page 443
	Unités et décimales	→ chapitre 11.1.3, page 442
	MS Excel	Option pour les explications additionnelles sous format de fichier XLS enregistré dans le fichier RFEM
	MS Word	Option pour les explications additionnelles sous format de fichier DOC enregistré dans le fichier RFEM

Tableau 12.2 : Boutons de la boîte de dialogue *Données de base*

12.2.2 Historique

Le deuxième onglet de dialogue de la boîte de dialogue *Données de base* conserve l'enregistrement de traitement sous forme d'un *Historique*.

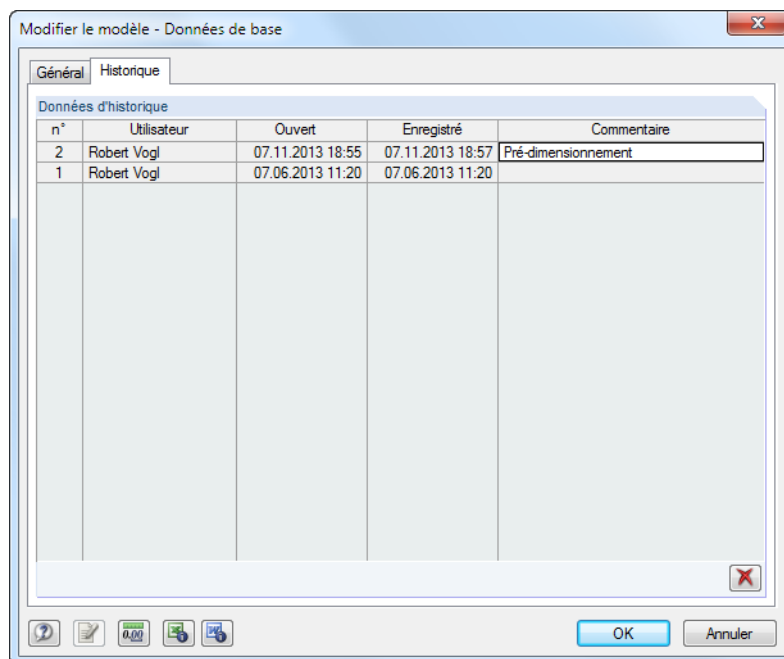


Figure 12.32 : Boîte de dialogue *Modifier le modèle - Données de base*, onglet *Historique*

Le tableau vous montre les informations sur le moment où un *Utilisateur* a *Ouvert* et *Enregistré* le modèle.

Dans la rangée supérieure de tableau, vous pouvez insérer un *Commentaire* décrivant l'état actuel du traitement de modèle. La remarque sera efficace la prochaine fois pour l'historique quand vous enregistrez le modèle. Le commentaire est affiché pas seulement dans l'onglet *Historique* mais il est aussi disponible dans le gestionnaire de projet (voir la Figure 12.15, page 579).

Pour supprimer l'historique, cliquez sur le bouton [X]. De cette manière, il est possible d'enlever les informations personnelles du fichier.



12.3 Gestion de réseau

Quand il y a plusieurs utilisateurs qui travaillent sur les mêmes projets, la gestion de modèle peut être organisée par le gestionnaire de projet, supposé que les modèles sont stockés dans un dossier qui est accessible sur le réseau.

D'abord, connectez le dossier de réseau à la gestion de projet interne. Veuillez trouver une description dans le chapitre 12.1.1 à la page 573. Puis, vous pouvez accéder directement aux modèles de ce dossier dans le gestionnaire de projet, c'est-à-dire que vous pouvez ouvrir ou copier les modèles, contrôler leur historique ou leur fournir une protection en écriture.

Si un autre utilisateur travaille déjà sur le modèle que vous voulez ouvrir, un avertissement s'affiche. Dans ce cas, vous pouvez ouvrir le modèle comme une copie.

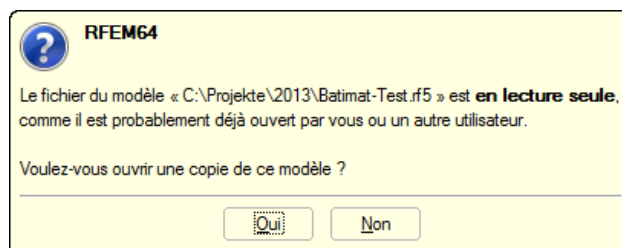


Figure 12.33 : Question lorsque vous ouvrez un modèle protégé en écriture



Une synchronisation de données automatique des modifications n'est pas possible.

L'information sur les projets inscrits dans le gestionnaire de projets est enregistrée dans le fichier **PRO.DLP**. C'est un fichier ASCII qui est par défaut situé sous *C:\ProgramData\Dlupal\Global\Project Manager*.

En copiant le fichier PRO.DLP sur un autre ordinateur, vous pouvez éviter la connexion des dossiers projet par projet. En outre, le fichier peut être modifié par un éditeur. Ceci facilite l'importation de tous les dossiers de projet correspondants dans la gestion de fichiers interne du gestionnaire de projet, surtout après de nouvelles installations. Comme une alternative, vous pouvez utiliser la fonction *Importer le dossier* (voir le chapitre 12.1.1, page 576).

Avant de copier le fichier PRO.DLP – comme avant la désinstallation des applications Dlupal – il est recommandé d'enregistrer le fichier existant.

Le gestionnaire de projet est adapté au réseau. La gestion de fichier peut être organisée à la position centrale afin que tous les utilisateurs soient intégrés dans une seule gestion de projet commune. Pour définir les paramètres de réseau,

sélectionnez **Options de programme** dans le menu **Modifier** du gestionnaire de projet.

une boîte de dialogue où vous pouvez définir la position de stockage pour le fichier PRO.DLP s'ouvre (voir la Figure 12.21, page 583).

Le gestionnaire de projet fonctionne sur chaque ordinateur local, mais chacun d'eux utilise le fichier PRO.DLP du serveur central. De cette façon, tous les utilisateurs peuvent effectuer les modifications dans la structure de projet en même temps. Pour l'accès en mode écriture au fichier PRO.DLP, le fichier est verrouillé seulement pendant un moment et est déverrouillé immédiatement après.

12.4 Gestionnaire de blocs

Le gestionnaire de blocs gère les blocs de modèle par la gestion des projets : Les objets sélectionnés peuvent être enregistrés comme des blocs et réimportés aux autres modèles. Une multitude des éléments caractérisés est prédéfinie dans le *Catalogue* du gestionnaire de blocs.

Pour ouvrir le gestionnaire de blocs, sélectionnez **Gestionnaire de blocs** dans le menu **Fichier** dans RFEM ou utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche.

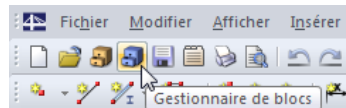


Figure 12.34 : Bouton *Gestionnaire de blocs* dans la barre d'outils

Quand vous ouvrez le gestionnaire de blocs, une fenêtre s'ouvre avec plusieurs parties. Comme le gestionnaire de projet (voir le chapitre 12.1), elle a son propre menu et sa propre barre d'outils.

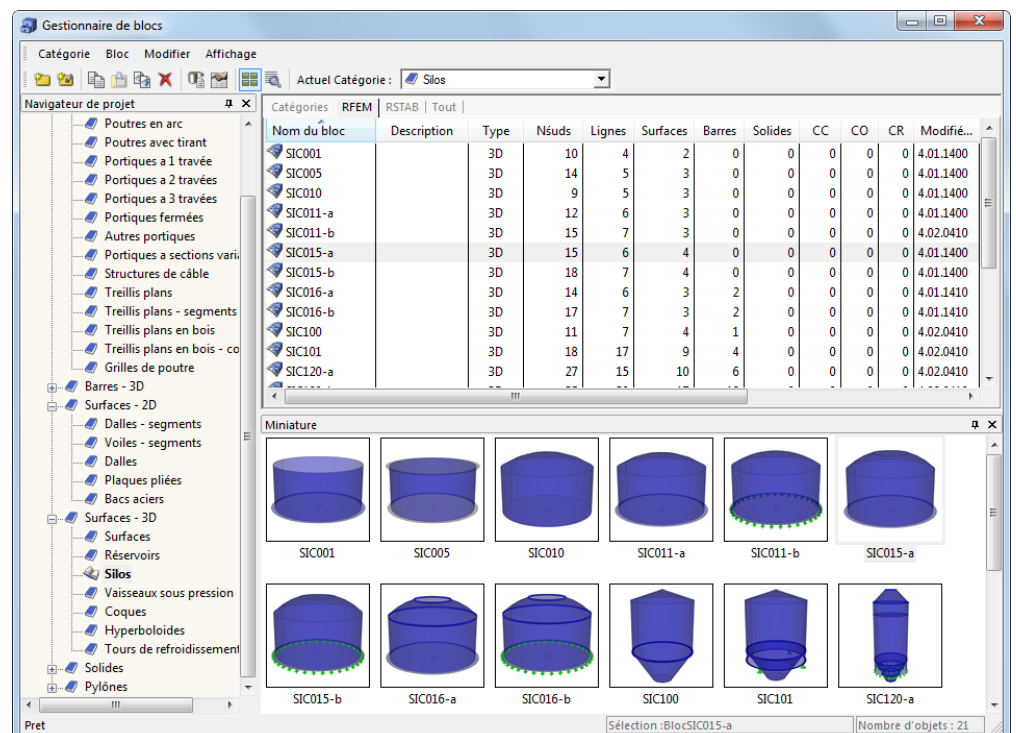


Figure 12.35 : Gestionnaire de blocs

Navigateur de projet

A gauche, vous pouvez voir le navigateur avec le *Catalogue* de toutes les catégories de blocs. La catégorie actuelle est définie en gras. Pour sélectionner une autre catégorie, cliquez deux fois sur l'entrée correspondante ou bien utilisez la liste *Catégorie actuelle* dans la barre d'outils du gestionnaire. Le tableau à droite dans le navigateur liste les objets déposés dans la catégorie sélectionnée. Les blocs pour différents modèles de barre, de surface et de solide sont disponibles pour la sélection.

Tableau des blocs

Les blocs de la catégorie sélectionnée sont listés l'un par l'autre. Le *Nom de bloc* et la *Description* tout comme les informations importantes de l'objet et du fichier sont affichés d'une façon correspondante.



Pour ajuster les colonnes affichées, sélectionnez **Gérer les colonnes de registre** dans le menu **Vue** du gestionnaire de blocs ou bien utilisez le bouton de la barre d'outils figuré à gauche (voir le chapitre 12.1.4.1, page 581).

Détails

La section de fenêtre vous montre les informations détaillées sur le bloc sélectionné.

Aperçu

Le bloc sélectionné est affiché dans un aperçu. La taille de la fenêtre de l'aperçu peut être ajustée en déplaçant le bord supérieur de la fenêtre.

Miniatures

L'aire inférieure du gestionnaire de blocs vous offre un aperçu graphique des blocs contenus dans la catégorie sélectionnée. Les images miniatures sont interactives avec le tableau ci-dessus.

Utilisez les épingles pour minimiser les parties particulières de la fenêtre. Elles seront ancrées comme des onglets dans le pied de page.



12.4.1 Créer un bloc

Pour créer un bloc des objets particuliers, sélectionnez les objets correspondants dans le modèle actuel RFEM dans la fenêtre graphique. Une sélection multiple est possible en dessinant une fenêtre avec le bouton de la souris. Vous pouvez aussi cliquer sur plusieurs éléments en tenant la touche [Ctrl] appuyée.

Pour créer un nouveau bloc,

sélectionnez **Enregistrer sous un bloc** dans le menu **Fichier** dans RFEM.

La boîte de dialogue suivante s'ouvre.

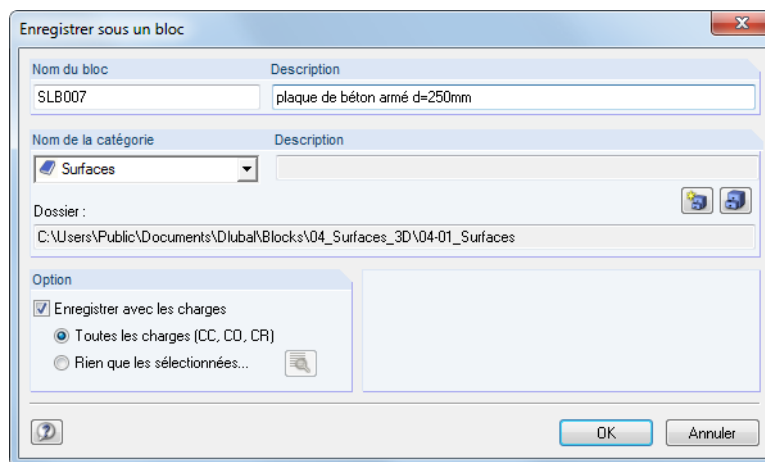


Figure 12.36 : Boîte de dialogue *Enregistrer sous un bloc*

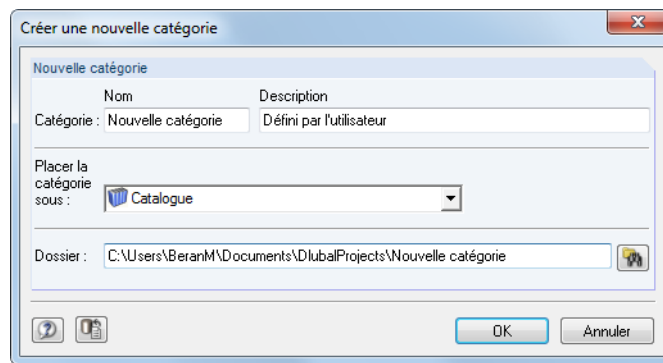
Définissez le *Nom du bloc* et le *Nom de la catégorie* sous lesquels vous voulez enregistrer le bloc. Vous pouvez sélectionner la catégorie dans la liste. La *Description* est une entrée optionnelle utilisée pour décrire brièvement le bloc.

Le répertoire du bloc est indiqué dans le champ de dialogue *Dossier*.

Dans le cas où les charges sont définies, elles peuvent être enregistrées ensemble avec le bloc. En outre, vous pouvez utiliser les paramètres dans la section de dialogue *Option* pour décider si toutes les charges ou seulement les cas de charge sélectionnés sont importants.

Pour créer une nouvelle catégorie de bloc, utilisez le bouton [Nouvelle catégorie] figuré à gauche.



Figure 12.37 : Boîte de dialogue *Créer une nouvelle catégorie*

La création d'un bloc est similaire à la création d'un nouveau projet dans le gestionnaire de projet (voir le chapitre 12.1.1, page 573).

12.4.2 Importer un bloc



Pour importer un bloc dans le modèle actuel RFEM, ouvrez le gestionnaire de blocs (voir la Figure 12.34, page 591). D'abord, sélectionnez la catégorie dans le catalogue. Puis, vous pouvez sélectionner le bloc correspondant par un clic de la souris dans l'onglet *RFEM*.

Pour démarrer l'importation,

- sélectionnez **Insérer le bloc** dans le menu **Bloc** ou
- utilisez le menu contextuel du bloc.

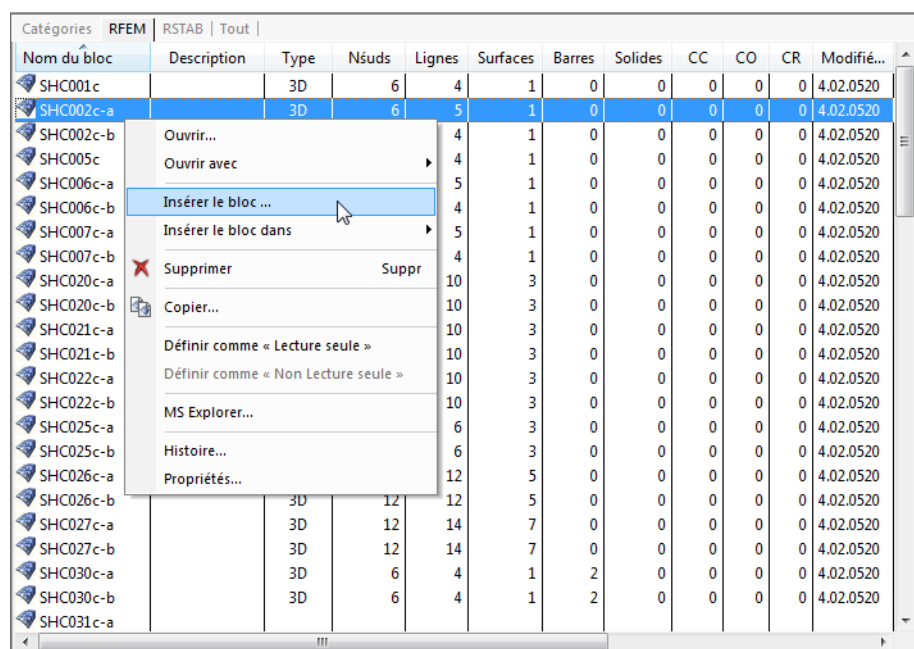
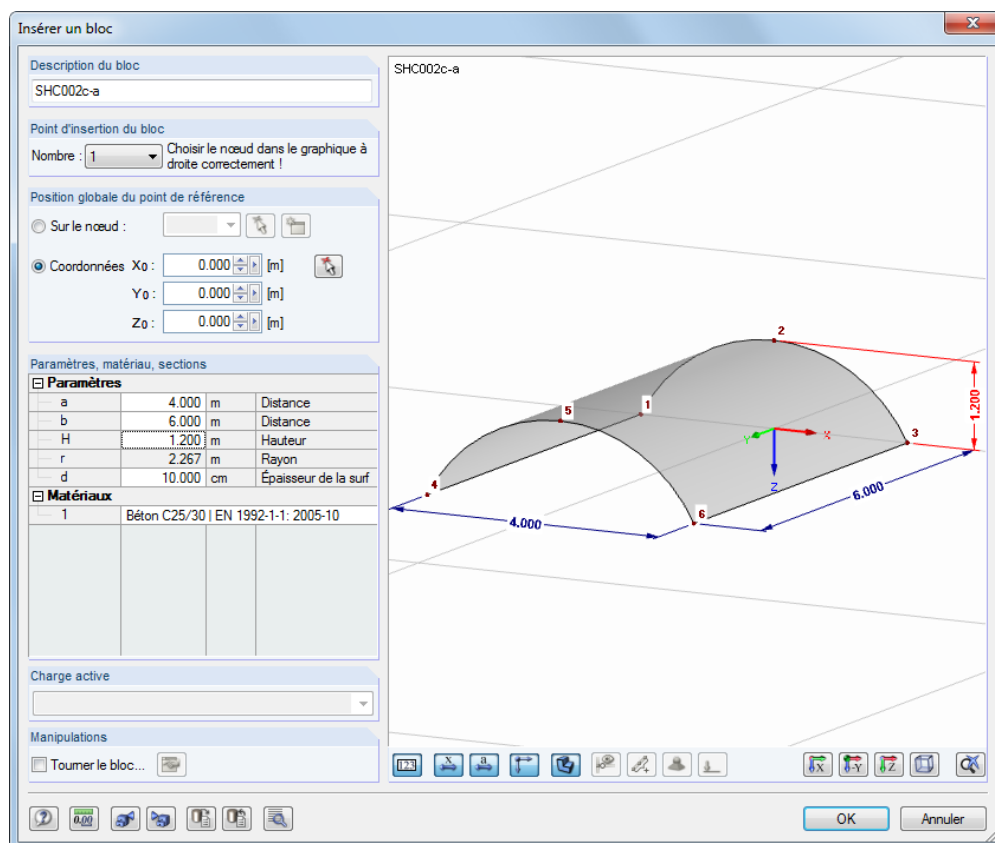


Figure 12.38 : Menu contextuel du bloc

Vous pouvez aussi cliquer deux fois sur le bloc dans le tableau. La boîte de dialogue suivante s'ouvre.

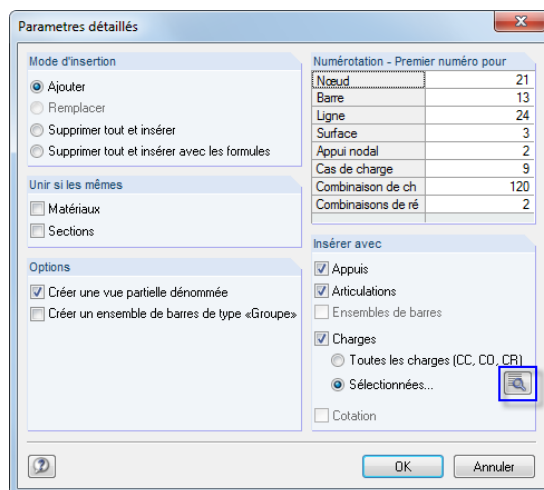
Figure 12.39 : Boîte de dialogue *Insérer un bloc*

Spécifiez le *Point d'insertion du bloc* (le « point d'ancrage ») et la *Position globale du point de référence* dans la boîte de dialogue. Les points peuvent être aussi sélectionnés graphiquement dans le modèle de bloc ou dans le modèle RFEM.

Les *Paramètres* géométriques peuvent être modifiés tout comme le *Matériau* et les *Sections*. Un clic dans le champ d'entrée correspondant active les boutons que vous pouvez utiliser pour la sélection des éléments d'une liste ou pour ouvrir les bibliothèques.

Pour les blocs définis par l'utilisateur, il est même possible d'importer les charges : La *Charge active* peut être sélectionnée dans la liste.

Cliquez sur le bouton [Modifier] figuré à gauche pour accéder aux paramètres d'importation spécifiés qui peuvent être définis dans une autre boîte de dialogue.

Figure 12.40 : Boîte de dialogue *Paramètres détaillés*

Avec les options disponibles dans la boîte de dialogue *Paramètres détaillés* vous déterminez comment les objets seront alignés avec les éléments de modèle existant. En outre, vous pouvez influencer la *Numérotation*.



Cliquez sur le bouton [Sélectionner] pour ouvrir une nouvelle boîte de dialogue où vous pouvez sélectionner les cas de charge, combinaisons de charge et de résultats pour l'importation.

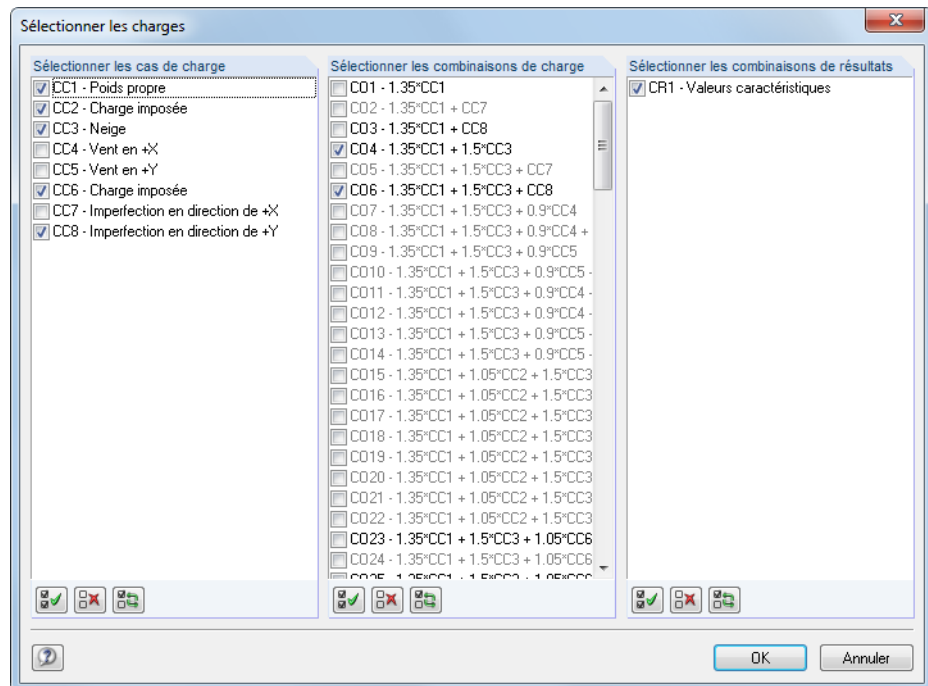


Figure 12.41 : Boîte de dialogue *Sélectionner les charges*

12.4.3 Supprimer un bloc



Pour supprimer un bloc,

- sélectionnez **Supprimer** dans le menu **Bloc** du gestionnaire de blocs (le bloc doit être sélectionné auparavant),
- cliquez sur le bouton [Supprimer] dans la barre d'outils figuré à gauche ou
- utilisez le menu contextuel du bloc (voir la Figure 12.38).

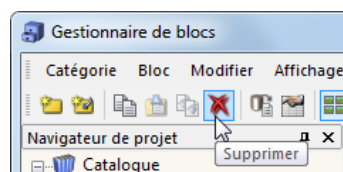


Figure 12.42 : Bouton *Supprimer*

Après avoir confirmé la question de sécurité, le bloc sera mis dans la corbeille Dlubal.

12.5 Interfaces

RFEM vous offre la possibilité d'échanger les données avec les autres programmes. Ainsi, vous pouvez utiliser par exemple les modèles types CAO créés dans d'autres applications. En outre, les résultats des calculs structurels d'un logiciel de construction ou de calcul peuvent être disponibles.

L'exportation du rapport d'impression comme un fichier **RTF** et à **VCmaster** est décrite dans le chapitre 10.1.11 à la page 422.

RFEM peut être aussi démarré en externe en utilisant une interface programmable basée sur une technologie COM (par exemple Visual Basic). Avec **RF-COM** qui peut être obtenu comme un module additionnel de RFEM, vous pouvez utiliser les macros d'entrée personnalisés et les programmes de suivi.

12.5.1 Echange de données direct

RFEM vous fournit une interface pour les programmes de logiciel développés par la société DLUBAL. Les données d'entrée de toutes les versions précédentes de **RFEM** peuvent être importées sans problème. Aussi les fichiers du programme de charpente **RSTAB** peuvent être ouverts directement dans RFEM afin que les éléments de surface ou de solide puissent être ajoutés. De la même façon, vous pouvez ouvrir les fichiers créés avec RFEM 5 dans RSTAB 8.

Il y a une connexion directe aux programmes CAO de **Tekla Structures** et **Autodesk Revit** (mais pas pour les versions LT). De cette façon, vous pouvez profiter du MIB (Modélisation Informatique de Bâtiment) avec RFEM car les modèles de données peuvent être échangés directement pour le processus de planification digital.



Pour démarrer l'échange de données direct,

sélectionnez **Importer** ou **Exporter** dans le menu **Fichier** dans RFEM

ou utilisez les boutons de la barre d'outils figuré à gauche.

Cette boîte de dialogue affichée dans la Figure 12.43 ou la Figure 12.44 à la page 597 est ouverte et vous pouvez y sélectionner le programme CAO correspondant dans la section de dialogue *Importations directes* ou *Exportations directes*.

Les boutons dans la barre d'outils de RFEM *Exportation/Importation* ont les fonctions suivantes:





	Importation directe de Tekla Structures
	Exportation directe à Tekla Structures
	Importation directe de Autodesk Revit
	Exportation directe à Autodesk Revit

Tableau 12.3 : Boutons de la barre d'outils *Exportation/Importation*

Vous trouverez les descriptions pour les interfaces avec Tekla Structures et Autodesk AutoCAD Revit sur le site www.dlubal.com/manuals-for-category-interfaces.aspx.

- **RX-Tekla**
- **RX-Revit**

12.5.2 Formats de fichier pour l'échange de données

Si les programmes CAO ou les programmes pour l'analyse structurale peuvent créer des fichiers de type *.stp, *.dxf, *.fem, *.asf, *.dat, *.cfe ou *.ifc, les données correspondantes peuvent être utilisées comme un modèle type pour RFEM. Vice versa, RFEM peut créer des fichiers sous formats appropriés pour d'autres programmes.

Pour ouvrir la boîte de dialogue afin d'importer un fichier, sélectionnez **Importer** dans le menu **Fichier**.

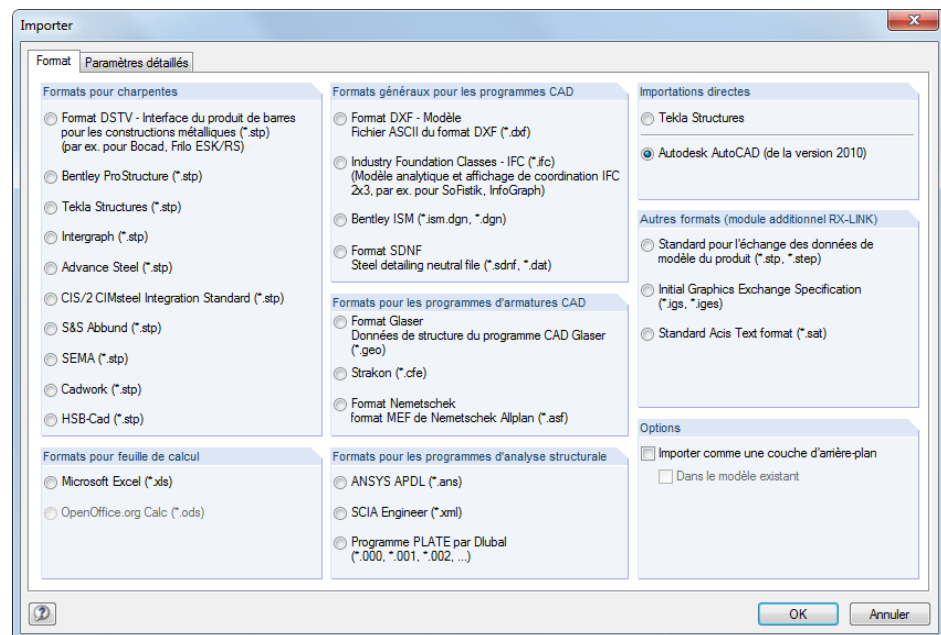


Figure 12.43 : Boîte de dialogue *Importer*

Quand l'option *Importer comme une couche d'arrière-plan* est cochée, dans la fenêtre graphique, RFEM vous montre seulement le rendu en fil de fer que vous pouvez utiliser pour définir les nœuds, ligne etc. (voir le chapitre 11.3.10, page 480).



Pour démarrer l'exportation d'un fichier RFEM, sélectionnez **exporter** dans le menu **Fichier**.

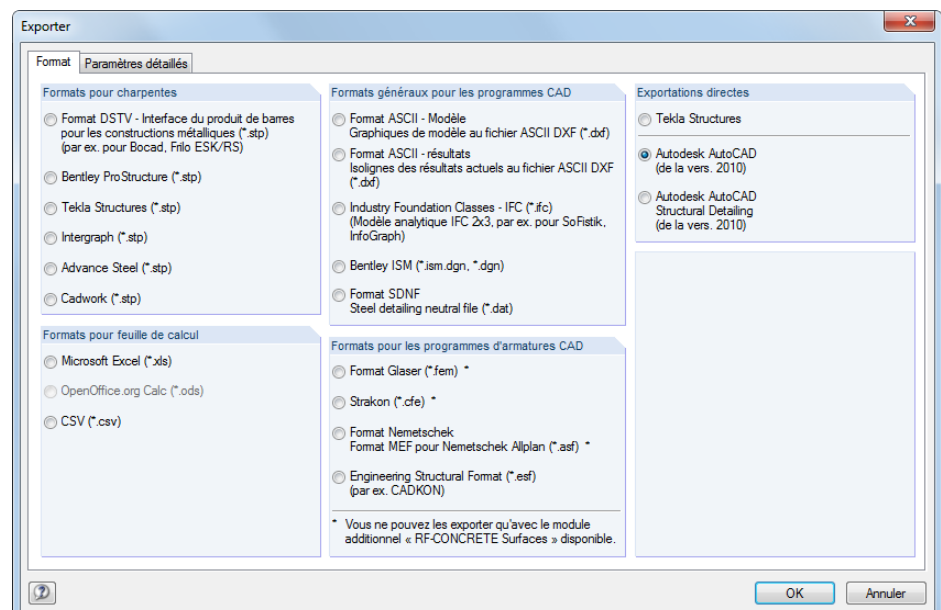


Figure 12.44 : Boîte de dialogue *Exporter*

Formats de fichier pour les charpentes

Format DSTV *.stp

Quand vous utilisez l'interface de produit de DSTV (German Steel Construction Association), le transfert n'est pas effectué avec les fichiers de charpente réduits aux rendus en fil de fer, mais les fichiers contiennent toutes les données de modèle et de charge qui sont nécessaires pour un traitement efficace. DLUBAL, comme beaucoup d'autres développeurs de logiciel, travaille sur le développement de l'interface de produit. Ainsi, il est possible d'échanger les données avec une variété de programmes comme *Bentley ProStructure*, *Tekla Structures*, *Intergraph Frameworks*, *Advance Steel*, *CIS/2 CIMSteel* ou *cadwork*. Vous pouvez sélectionner les programmes aussi directement dans les boîtes de dialogue d'importation et d'exportation.



En général, l'interface couvre les données de structure et les données CAO. Néanmoins, RFEM supporte seulement le format de structure avec les « entités » spécifiques que vous trouverez dans une description (téléchargement sur http://www.dlubal.com/download/pss_dstv-E.pdf).

L'interface transfère les informations des nœuds, barres et des sections y compris les excentricités de barre et les rotations de section. En outre, les appuis nodaux, les cas de charge, les combinaisons de charge et de résultats avec les charges nodales et de barre ainsi que les imperfections sont transférées. Les résultats du calcul peuvent aussi être stockés dans le fichier d'échange.

Vous pouvez définir plus de paramètres pour un échange de données dans l'onglet de dialogue *DSTV (.stp)*, voir la figure ci-dessous.

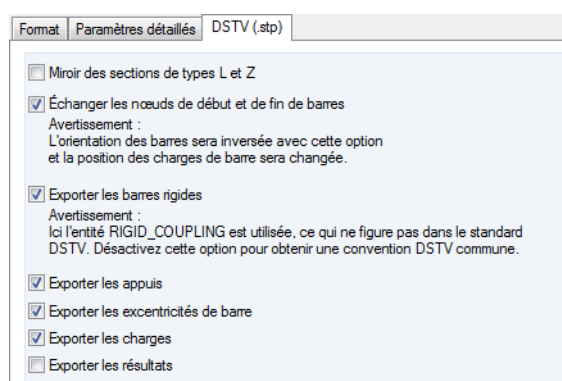


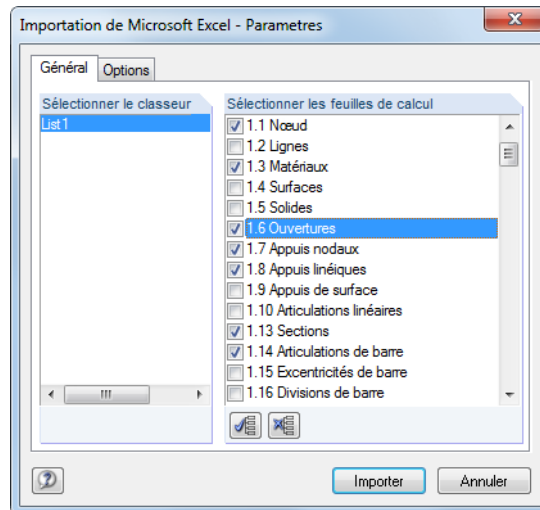
Figure 12.45 : Boîte de dialogue *Exportation*, onglet *DSTV (.stp)*

Formats de fichier pour un tableur

Format MS Excel *.xls

RFEM peut importer et créer les tableaux comme un fichier *.xls. L'échange de données avec MS Excel a déjà été décrit dans le chapitre 11.5.6 à la page 516. Néanmoins, l'option d'échange décrite est disponible seulement pour le tableau RFEM active. La fonction décrite ci-après couvre les données du modèle toutes à la fois. Ainsi, vous pouvez utiliser les générateurs externes définis par l'utilisateur pour les données de modèle et de charge.

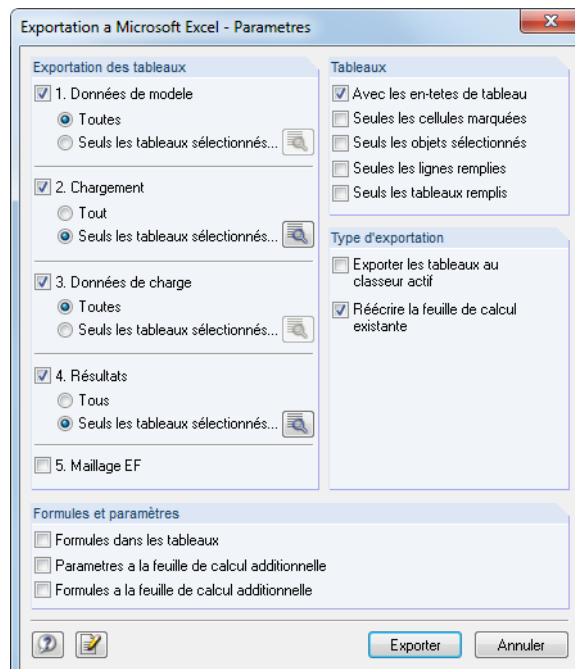
Pour **importer** un fichier XLS, ouvrez d'abord le fichier sous format MS Excel. Puis, vous pouvez utiliser l'option *Microsoft Excel* dans la boîte de dialogue d'importation de RFEM (voir la Figure 12.43) pour ouvrir la boîte de dialogue suivante.

Figure 12.46 : Boîte de dialogue *Importation de Microsoft Excel - Paramètres*

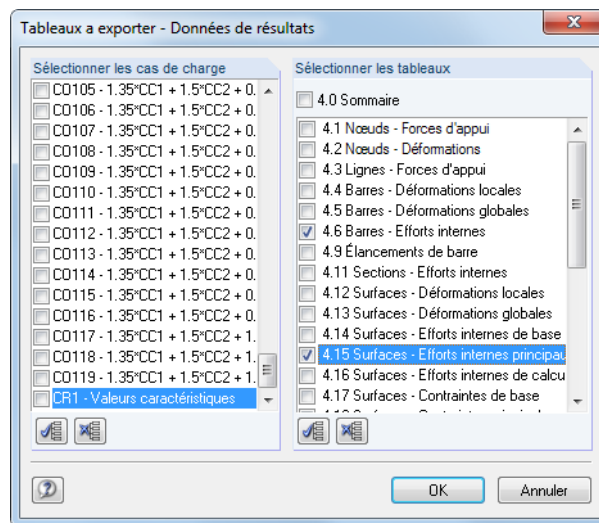
Sélectionnez le *Classeur* et la *Feuille de calcul* que vous voulez importer. Les descriptions, la séquence et la structure de la feuille de calcul doivent reproduire exactement les données dans RFEM afin que les données importées puissent être inscrites correctement dans les tableaux RFEM. Si vous n'êtes pas vraiment sûres, essayez de créer un fichier XLS du fichier RFEM actuel pour effectuer un essai.

Dans l'onglet *Options*, spécifiez si les feuilles de calcul sont importées avec ou sans en-têtes et comment les formules seront représentées dans les feuilles de calcul.

Quand vous **exportez** un fichier, il n'est pas nécessaire d'ouvrir MS Excel. Le programme de tableur est démarré automatiquement.

Figure 12.47 : Boîte de dialogue *Exportation à Microsoft Excel - Paramètres*

Dans la section de dialogue *Exportation des tableaux*, sélectionnez les tableaux que vous voulez exporter. Quand vous activez l'option *Seuls les tableaux sélectionnés*, RFEM active le bouton [Sélectionner] correspondant figuré à gauche. Cliquez sur le bouton pour ouvrir une autre boîte de dialogue pour des paramètres spécifiques.

Figure 12.48 : Boîte de dialogue *Tableaux à exporter - Données de résultats*

Dans la section de dialogue *Formules et Paramètres* de la boîte de dialogue d'exportation initiale (Figure 12.47), vous pouvez décider si les formules stockées sont aussi à transférer de RFEM à Excel pendant l'échange de données.

Format OpenOffice *.ods

L'interface n'est disponible que quand *OpenOffice.org Calc* et *RFEM 5 32-bit* sont installés.

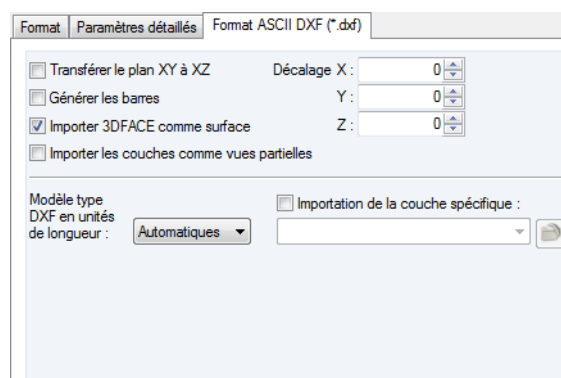
Les options d'importation et d'exportation sont similaires à l'échange de données entre RFEM et Excel décrit en détails ci-après.

Formats de fichier généraux pour les programmes CAO

Format ASCII *.dxf

Le format DXF transfère seulement les informations de base concernant les lignes utilisées dans le modèle. RFEM peut aussi importer un rendu en fil de fer créé par exemple dans *AutoCAD* et créer un fichier DXF du modèle actuel. Pour chaque section, une couche sera utilisée. Les appuis, charges etc. nœaux ne peuvent pas être pris en charge.

Vous pouvez définir plus de paramètres pour un échange de données dans l'onglet de dialogue *ASCII Format DXF (*.dxf)*. Il est recommandé de vérifier les paramètres, surtout avant l'importation.

Figure 12.49 : Boîte de dialogue *Importation*, onglet *Format ASCII DXF (*.dxf)*

Il est recommandé de vérifier les *unités de longueur* du modèle type DXF. Optionnellement, vous pouvez insérer un *Décalage* pour placer le modèle DXF à une certaine distance par rapport à l'origine. Sélectionnez l'option *Importer 3DFACE comme surface* pour créer des surfaces 3D du modèle type DXF automatiquement comme des surfaces dans RFEM.



Si vous voulez *Importer* un fichier de la couche spécifique, utilisez le bouton [Sélectionner le fichier DXF] figuré à gauche pour sélectionner le fichier DXF. Puis, les couches individuelles sont disponibles pour la sélection dans la liste.

Dans la plupart de programmes CAO, l'axe Z est orienté vers le haut. Néanmoins, dans RFEM, d'habitude, il est orienté vers le bas. Quand vous basculez dans le deuxième onglet de dialogue *Paramètres détaillés* dans la boîte de dialogue d'importation et définissez *En bas* dans la liste pour l'axe Z, les charges de poids peuvent être insérées positivement dans RFEM.

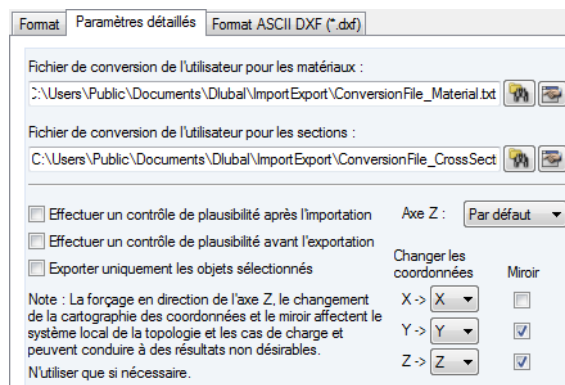


Figure 12.50 : Boîte de dialogue *Importation*, onglet *Paramètres détaillés*

L'exportation de DXF inclut aussi les valeurs. Néanmoins, seulement une valeur ou un groupe de valeurs est possible. S'il y a plusieurs valeurs spécifiées, c'est toujours la première valeur qui est exportée et un message correspondant est affiché.

Pour l'exportation de DXF, il est aussi recommandé de vérifier l'orientation de l'axe Z.

Format IFC *.ifc

Les *Classes de fondation industrielles* (IFC) sont un standard global des données d'échange pour les approches basées sur le modèle dans l'industrie de la construction. Elles ont été développées par IAI (International Alliance for Interoperability). Les IFC sont structurées dans les domaines (architecture, vérification, analyse structurelle, ingénierie électrique etc.). Le logiciel DLUBAL supporte le domaine du génie civil, ce qui permet le transfert des données structurales comme des nœuds, barres, appuis, des cas de charge et des charges. L'IFC est encore en cours de développement.

Veuillez trouver une description de l'interface sur le site www.buildingsmart.de.

Quand vous exportez un modèle RFEM comme un modèle IFC, un modèle analytique est créé dans la version IFC 2 x édition 3.

Format Bentley *.ism.dgn, *.dgn

L'interface rend possible d'échanger les données avec les produits CAO *MicroStation*. RFEM peut importer les données de modèle ainsi qu'exporter des fichiers RFEM, par utiliser les possibilités de l'interopérabilité. Ainsi, une connexion à toutes les applications Bentley comme *ProSteel* est donnée à la base d'ISM (Integrated Structural Modeling).

Format SDNF *.dat

Le format SDNF (*Steel detailing neutral file*) est utilisé pour échanger les données géométriques comme des nœuds, sections et barres avec INTERGRAPH.



Logo IAI

Formats de fichier pour les programmes d'armatures CAO

Format Glaser *.geo, *.fem

RFEM fournit une interface avec le programme *Glaser* par ISB CAD par rendre possible l'échange de données géométriques et d'armatures.

Si vous voulez exporter les résultats d'armatures du module additionnel RF-CONCRETE Surfaces, assurez-vous que les surfaces sont définies comme planes et horizontales, c'est-à-dire créées dans le plan XY.

Dans l'onglet de dialogue *Résultats - Glaser (.fem)*, vous pouvez contrôler les résultats d'armatures qui sont appropriés pour l'exportation.

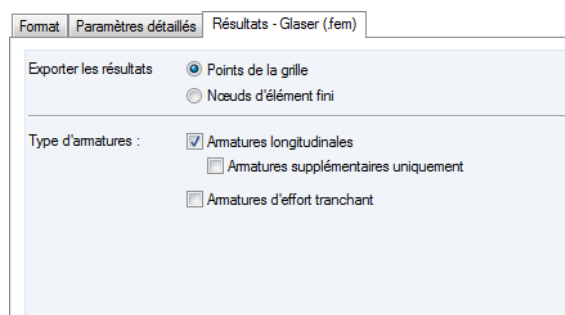


Figure 12.51 : Boîte de dialogue *Exportation*, onglet *Résultats - Glaser (.fem)*

Les armatures exportées à GLASER peuvent être réalisées graphiquement dans les points de grille ou les nœuds EF. Comme elles sont disponibles comme valeurs, il est possible de les utiliser dans les plans d'armatures.

Format Strakon *.cfe

Le format Strakon support l'échange des données géométriques comme des surfaces avec le système de programme CAO STRAKON fabriqué par le développeur de logiciel DICAD.

Dans l'onglet de dialogue *Résultats* de la boîte de dialogue *Exportation*, vous pouvez définir les surfaces dont vous voulez exporter les armatures (voir la Figure 12.52).

Format Nemetschek *.asf

L'échange de données est possible aussi avec le programme *Allplan* de NEMETSCHKE.

Pour l'exportation des résultats d'armatures du module additionnel RF-CONCRETE Surfaces, veuillez noter que les surfaces peuvent être définies dans n'importe quelle position, mais doivent être planes. Pendant l'exportation, RFEM crée un fichier ASF par surface plane. Par exemple : Quand le modèle RFEM a 12 surfaces, 12 fichiers peuvent être créés et fusionnés dans un modèle 3D dans Allplan.

Dans l'onglet de dialogue *Résultats* de la boîte de dialogue *Exportation*, vous pouvez définir les surfaces dont vous voulez exporter les armatures.



Figure 12.52 : Boîte de dialogue *Exportation*, onglet *Résultats*

Format ESF *.esf

Cette interface a été développée particulièrement pour le programme CADKON par AB STUDIO. Vous pouvez exporter les surfaces planes avec les épaisseurs constantes y compris les ouvertures et les informations de matériau. En outre, il est possible d'exporter les armatures des surfaces RFEM sous format *.esf (*Engineering Structural Format*).

L'importation des fichiers *.esf n'est pas possible. Au lieu de cela, vous pouvez utiliser le format DXF.

Formats de fichier pour les programmes d'analyse structurelle

Format Ansys *.ans

Utilisez l'interface avec le programme EF ANSYS pour importer les fichiers disponibles sous format *.ans. De cette façon, vous pouvez utiliser les données de ce programme multifonctionnel aussi pour les analyses effectuées avec RFEM.

Format Scia *.xml

Il est aussi possible d'importer les données de modèle du programme d'analyse structurelle Scia de NEMETSCHEK à RFEM, supposé que les données sont disponibles sous format *.xml.

Formats généraux Dlubal *.xml, *.ft5

Pour enregistrer les fichiers RFEM comme des fichiers XML ou modèles types, sélectionnez **Enregistrer sous** dans le menu **Fichier**.

Dans la boîte de dialogue *Enregistrer sous*, utilisez la liste pour définir le type de fichier approprié dans le champ de dialogue *Enregistrer comme type*.

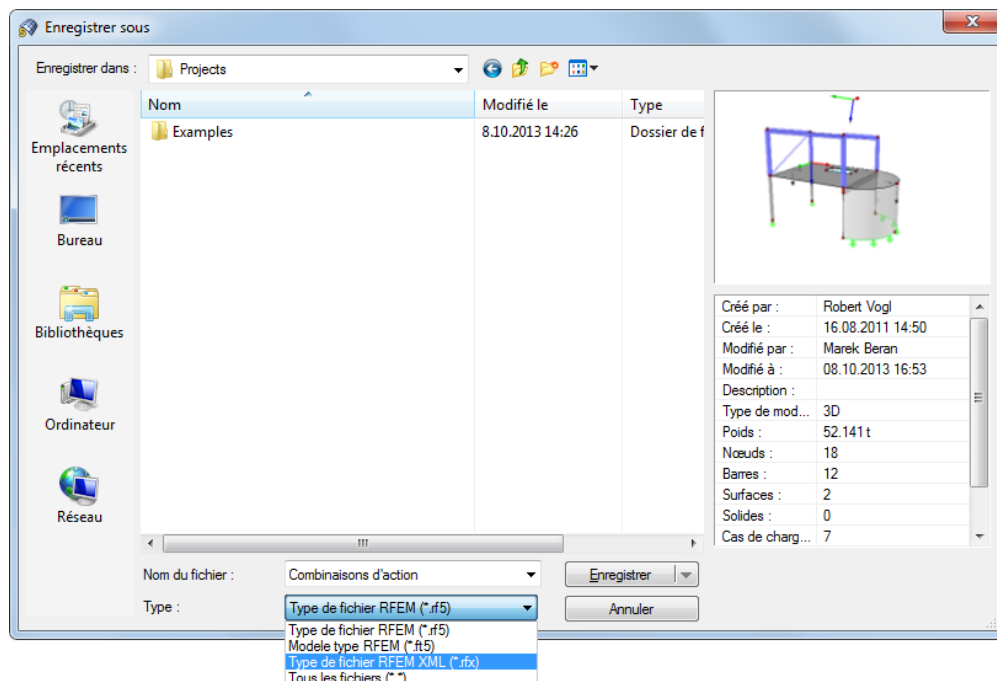


Figure 12.53 : Boîte de dialogue *Enregistrer sous*

Avec le format FT5, vous enregistrez le modèle comme un modèle type qui peut être importé plus tard lors de la création d'un nouveau fichier (voir la Figure 12.23, page 584).

Quand vous enregistrez le modèle avec le type de fichier RFX, les données tabulaires seront converties en format XML. Les données restantes seront enregistrées sous format binaire. Les données sont stockées dans un fichier comprimé qui peut être ouvert comme un fichier d'archive ZIP. De cette façon, vous pouvez créer les fichiers pour les programmes CAO.

12.5.3 Importation de RF-LINK *.step, *.iges, *.sat

Avec le module additionnel RF-LINK (pas contenu dans RFEM), vous pouvez importer les données sous format STEP, IGES ou ACIS. Les formats de fichiers sont utilisés surtout dans le génie mécanique et permettent un transfert de la géométrie de modèle sous forme des lignes et surfaces de contour.



Pour importer des fichiers de modèles disponibles dans un des formats mentionnés ci-dessus, sélectionnez **Importer** dans le menu **Fichier**.

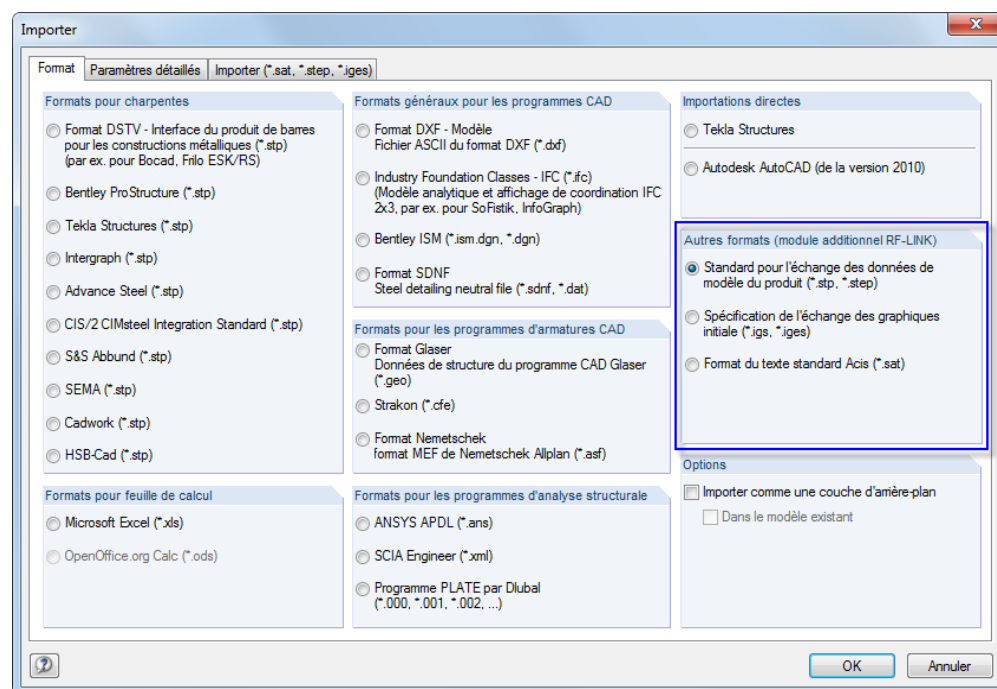


Figure 12.54 : Boîte de dialogue *Importer*

Dans la section de dialogue *Autres formats* de la boîte de dialogue *Importer*, vous pouvez définir le format de fichier approprié :

- *Standard pour l'échange des données de modèle du produit (*.stp, *.step)*
- *Spécification de l'échange des graphiques initiale (*.igs, *.iges)*
- *Format du texte standard Acis (*.sat)*

L'accès aux options n'est disponible que quand RF-LINK est installé. L'installation nécessite un processus d'installation séparé.

Dans l'onglet de dialogue *Importation (*.sat, *.step, *.iges)*, vous pouvez spécifier les paramètres détaillés pour les unités et le traitement des lignes et des surfaces.

Les options d'exportation des fichiers RFEM sous format STEP, IGES ou SAT ne sont actuellement pas disponibles.

A Bibliographie

- [1] ZIENKIEWICZ, O. C., CHEUNG, Y.K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, New York, London 1967
- [2] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente (tschechisch), SMTL Prag 1972
- [3] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente, Springer, Wien-New York 1975
- [4] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Modeling of Soil-Structure Interaction, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, co-published with Academica Prague, 1989, second revised edition
- [5] STIGLAT, K. WIPPEL, H.: Massive Platten. In: Betonkalender 1989/I, S. 281 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [6] CZERNY, F.: Tafeln für Rechteckplatten. In: Betonkalender 1990/I, S. 309 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1990
- [7] WUNDERLICH, W. et al.: Modellierung und Berechnung von Deckenplatten mit Unterzügen. In: Bauingenieur 69, Heft 10, S. 381-389, Springer-Verlag 1994
- [8] PASTERNAK, P.L.: Grundlagen einer neuen Methode der Berechnung von Fundamenten mittels zwei Bettungskoeffizienten, Gos. Isd. Stroj. i Arch., Moskau 1954 (Russian)
- [9] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, S. 146 ff, Haus der Technik, Ostrau 1983 (tschechisch)
- [10] TIMOSHENKO, S.P. und WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2. Auflage, McGraw-Hill, New York 1959
- [11] GRASSER, E. und THIELEN, G.: Heft 240 DAfSt, Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1978, 2. überarbeitete Auflage
- [12] GRASSER, E., KORDINA, K., QUAST, U.: Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045, DAfStb - Heft 220, Ernst & Sohn, Berlin 1979
- [13] KOLÁR, V. - NEMEC, I.: Contact Stress and Settlement in the Structure-Soil Interface. Studie der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften Nr. 16, Academia Prag 1991, 160 Seiten (englisch)
- [14] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg & Sohn, Braunschweig-Wiesbaden 1988
- [15] BARTH, C., RUSTLER, W.: Finite Elemente in der Baustatik-Praxis, Bauwerk, Berlin 2010
- [16] NEMEC, I, KOLAR, V. et al.: Finite Element Analysis of Structures - Principles and Praxis, Aachen 2010
- [17] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, Haus der Technik, Ostrau, 1983 (tschechisch)
- [18] KOLÁR, V. et al.: Bemessung von zwei- und dreidimensionalen Strukturen mit FEM, Springer-Verlag, New York/Wien, 1975, S. 425 ff. Kapitel 1 (1D-Element) und 6 (Variationsprinzip)
- [19] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Finite Element Analysis of Structures. United Nations Development Program, Economic Com. for Europe, Workshop on CAD Techniques, June 1984, Prague-Geneva, Vol. I, 248 pp.
- [20] BERGAN, P. G. : Finite Elements Based on Energy Orthogonal Functions. Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 17 (1981), S. 154-155
- [21] BERGAN, P.G. - NYGARD, M. K.: Finite Elements With Increased Freedom in Choosing Shape Functions. Int. Journal for Num. Meth. in Eng., 20 (1984), p. 643-664, (Free Formulation Concept)

- [22] BERGAN, P.G. - FELIPPA, C. A.: A Triangular Membrane Element With Rotational Degrees of Freedom. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 50 (1985), pp. 25-69
- [23] ZIENKIEWIC, O.C.: *The Finite Element Method in Engineering Science*, Mc Graw - Hill, London 3rd Ed., repr. 1979, 787 pp., Chapter 18 - 19 (Nonlinear Problems)
- [24] DVORKIN, E.N. - BATHE, K.-J.: A continuum mechanics based four-node shell element for nonlinear analysis. In: *Eng. Comput.*, 1984, vol. 1, pp. 77-88.
- [25] BATHE, K.J.: *Finite Element Procedures*, New Jersey, 1996
- [26] BAUMANN, Th.: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. In: *Der Bauingenieur* 47 (1972), S. 36 ff, Springer-Verlag, Berlin 1972
- [27] SCHLAICH, J., SCHÄFER, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. In: *Betonkalender 1993*, Teil II, S. 327 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1993
- [28] LEONHARDT, F.: *Vorlesungen über Massivbau*, Teil 6, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1979
- [29] DIN 1045 (07.88), *Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1988
- [30] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DIN 1045-1 *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion*. Entwurf 12.1998.
- [31] DIN 18800 (11.90) Teil 1, *Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [32] DIN 18800 (11.90) Teil 2, *Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [33] Eurocode 2 Teil 1-1 (06.92), *Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [34] Eurocode 3 Teil 1-1 (04.93), *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1993
- [35] KLINGMÜLLER, O. LAWOW, M., THIERAUF, G. (1983), *Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik*, Teil 2: Dynamik, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [36] KLOTTER, K. (1981), *Technische Schwingungslehre*, Bd. 1, Teil A: Lineare Schwingungen, Teil B: Nichtlineare Schwingungen, Bd. 2: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden, Springer, Berlin
- [37] KOLOUSEK, V. (1962), *Dynamik der Baukonstruktionen*, VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin
- [38] KRÄMER, E. (1984), *Maschinendynamik*, Springer, Berlin
- [39] LEHMANN, T. (1979), *Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzipie*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [40] LIPINSKI, J. (1972), *Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen*, Bauverlag, Wiesbaden
- [41] LORENZ, H. (1960), *Grundbau-Dynamik*, Springer, Berlin
- [42] MÜLLER, F. P. (1978), *Baudynamik*, *Betonkalender 1978*, Ernst & Sohn, Berlin
- [43] NATKE, H. G. (1989), *Baudynamik*, B. G. Teubner, Stuttgart
- [44] NOWACKI, W. (1974), *Baudynamik*, Springer, Berlin
- [45] FLESCH, R. (1993), *Baudynamik, praxisgerecht*, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin
- [46] MESKOURIS, K. (1999), *Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele*, Ernst & Sohn, Berlin
- [47] BARES, R. A. (1989), *Tabellen für die Berechnung von Platten und Wänden STNL*, Prag
- [48] ŠEVČÍK, I., *3D Finite Elements with Rotational Degrees of Freedom*, FEM Consulting s.r.o., Brno

B Index

6

64 bit.....291

A

Accélération560

Accumulation de neige.....561

Action184

Action alternative.....185

Action caractéristique.....179

Action déterminante.....195, 200, 211

Activité partielle104

Activité partielle de l'articulation.....141

Affaissement du poteau.....256

Affichage.....38, 391

Affichage d'arc226, 302, 306

Affichage de la coupe.....378

Affichage des résultats365

Affichage des valeurs.....369

Aire.....448

Aire d'application de charge554

Aire de cisaillement128

Aire de la section128

Aire réelle.....242, 251

Ajouter.....510

Ajouter un cas de charge.....183

Ajouter un matériau.....78

Alignement460

Aligner29

Allonger.....528, 530

Analyse de grandes déformations279, 288

Analyse de second ordre203, 279, 288

Analyse postcritique279, 289

Analyse statique linéaire.....259

Angle445, 469

Angle d'inclinaison274

Angle de rotation de la section128

Angle de vue.....447

Angle des axes principaux128

Animation310, 399

Anneau81

Anneau circulaire453

Anneau elliptique.....453

Annexe nationale586

Ansys.....603

Aperçu de page404

Application de charge554

Appui98, 102, 106, 109

Appui d'une voile.....108

Appui de surface111, 339

Appui linéique106, 112

Appui nodal98, 112

Appui nodal tourné.....302

Arc.....56, 60, 504, 545

Arc circulaire.....57, 546

Archive579

Articulation117, 137

Articulation de barre.....137

Articulation de ciseau.....139

Articulation de moment pour la barre138

Articulation de moment pour une ligne.....118

Articulation linéique117

Articulation plastique.....167

Assistant d'aide.....290

Axe de rotation.....488, 493

Axe Z587, 601

Axes de barre155, 233, 310, 486

Axes de ligne53, 237

Axes de surface.....242, 323, 340

Axes principaux.....313

B

Bac acier.....123

Bach.....345, 355, 359, 361

Barre147, 530

Barre à neige.....561

Barre d'état.....29

Barre d'outils22

Barre de câble278

Barre de compression.....149, 150

Barre de flambement.....149, 151

Barre de fondation273, 288, 315

Barre de traction.....149, 150

Barre parallèle.....527

Barre rigide.....149, 150

Barres continues.....169

Barres défailantes293

Barres dépassant	267	Charge de la structure multicouche	242
Barres étendues	498	Charge de neige	561, 563
Barres non connectées	267	Charge de neige additionnelle	561
Barres se croisant	487, 496	Charge de processeur	290
Bentley	601	Charge de revêtement	559
Bibliothèque de matériau	76	Charge de solide	244
Bibliothèque des sections	129	Charge de surface	239, 553, 557
Bloc	592, 593	Charge de surface linéairement variable	241
Boîte de dialogue	19	Charge de vent	555, 564, 566, 567, 568, 570
Boîte de titre	430	Charge déconnectée	552
Bouton	18	Charge distribuée uniformément	231, 236
Bouton de liste	18, 81	Charge globale	232, 237, 242, 279
Bouton roulette	38	Charge libre linéique	559
Boutons par défaut	36	Charge linéique	235
C		Charge linéique convertie en charge de surface	238
Câble	149, 151	Charge linéique libre	248
Câble sur les galets	151	Charge locale	232, 237, 242, 279
Cadkon	603	Charge nodale	225, 486
Calcul d'affaissement	113	Charge nodale convertie en charge de surface	227
Calculatrice	524	Charge polygonale libre	254
Capacité portante de charge	187	Charge rectangulaire libre	250
Capacités de programme	9	Charge trapézoïdale	231, 236
CARTES	30, 460	Charge variable	231, 236
Cas de charge	179, 486	Chargement permanent	215
Cas de charge correspondant	314	Chargement variable	215
Catégorie	592	Charges équivalentes	259
Catégorie d'action	181, 185	Charges générées	552
Caténaire	546	Charpente 2D	536
Cellule	544, 547, 549, 557	Charpente 3D	542
Cellule 3D	543	Circle	546
Centre de cisaillement	233	Classification	585
Centre de gravité	448	Coefficient de barre	263, 317
Centres	463	Coefficient de friction	105
Cercle	58, 81, 97, 504, 546	Coefficient de la dilatation thermique	65
Chaîne de cote	470	Coefficient de longueur de flambement	318
Champ d'entrée	18	Coefficients	200, 586
Champ de commentaire	443	Coin arrondi	503
Champ de sélection	19	Coller	508
Charge	512	Combinaison additionnelle	215
Charge circulaire libre	252	Combinaison alternative	215
Charge concentrée	231, 236	Combinaison d'action	196, 199, 200
Charge concentrée libre	246	Combinaison de charge	203, 204, 206, 209, 210, 587
Charge critique de flambement	159	Combinaison de résultats	195, 212, 214, 217, 218, 286, 314, 364, 587
Charge de barre	228		
Charge de glace	560		

Combinaison quadratique	286	Coupe	377, 378, 381
Combinaisons	587	Couper	508
Commentaire	443, 471, 589	Couplage	123, 149, 153
Composant de surface	85, 172	Couplage rigide	153
Configuration	39	Courbe de trajectoire	62
Connecter le dossier	573	Créer un modèle	584
Connecter les barres	496	Créer un projet	573
Connecter les lignes	487, 496	Critère	215, 368
Constante de ressort	154	Critère d'activité	263
Constantes de sol	115	Critère de plasticité	368
Constantes de solide	163	D	
Contact	91	Dalle alvéolaire	124
Contenu du tuyau	230	Date	412
Contrainte	335, 337, 338, 367	Décalage	145, 397, 458, 470, 471, 493
Contrainte de cisaillement	336, 337, 358	Décimales	442
Contrainte de contact	288, 339, 340	Déconnecter un dossier	574
Contrainte de membrane	337, 338	Défaut d'aplomb	262
Contrainte de membrane équivalente	342	Définir la langue	424
Contrainte de solide	357	Définition de l'axe	587
Contrainte de torsion	336	Déformation	245, 346, 348, 350, 399
Contrainte équivalente 341, 342, 343, 344, 345, 358, 359		Déformation axiale	230, 240
Contrainte normale	358	Déformation de barre	309
Contraintes de base	334, 335, 358	Déformation de base	347
Contraintes de solide	367	Déformation de cisaillement	128
Contraintes principales	336, 337, 358	Déformation de solide	356
Contreventement	547	Déformation de surface	321, 324, 367
Contrôle du modèle	266	Déformation initiale	284
Convergence	291, 293, 296	Déformation principale	349
Coordonnées du nœud	50	Déformations de la barre	311
Copier	484, 508	Déformations nodales	304
Copier un cas de charge	183	Déformations nodales imposées	256
Copier un modèle	577	Degré de liberté	290
Coque	82, 271, 585	Démarrage de calcul	294
Corbeille Dlubal	575, 578, 582	Démarrer le programme	41
Correction de la distribution de charge	550	Déplacement	230
Côté d'une articulation linéique	118	Déplacement axial	230
Côté de la surface	89	Déplacement imposé	257, 258
Côté négatif de la surface 333, 335, 337, 347, 349		Déplacements	304, 310, 311, 323, 324, 356
Côté positif de la surface 332, 335, 337, 340, 347		Déplacements linéaires imposés	257
Cotes	469	Déplacer	484
Couche	480, 601	Description de la section	126
Couche d'arrière-plan	465, 480, 481, 492, 597	Description de modèle	412
Couleur de matériau	449	Description de projet	412, 576
Couleurs d'impression	431	Description du matériau	64
Couleurs dans le rendu	393, 450	Description du modèle	414, 585

Description du projet.....	414	Effort de membrane.....	338
Diagonale en rectangle EF	274	Effort de précontrainte.....	230
Diagramme contrainte-déformation.....	67, 68, 74	Effort de traction	281
Diagramme de convergence.....	292, 296, 298	Effort initial	284
Diagramme de résultats 307, 375, 379, 381, 386, 429		Effort normal	313, 327, 329
Diagramme pour l'appui nodal.....	105	Effort tranchant	313, 327
Diagramme pour l'articulation	142	Efforts internes de barres.....	312, 366
Dialogue d'entrée	41	Efforts internes de base	325, 327
Dicad	602	Efforts internes de calcul	331, 332
Différences	367	Efforts internes de nervure	376
Différences dans les rigidités	128	Efforts internes de surface	326, 328, 367
Dimension de graphique.....	428	Efforts internes multicouleur.....	366, 398
Dimensions totales	129	Efforts internes principaux	328, 329
Direction de charge.....	232, 237, 242, 249, 251	Efforts internes rendu.....	398
Direction de la ligne.....	496	Efforts normaux de calcul	332
Direction de projection pour une coupe	378	Elancement	318
Direction des axes principaux.....	330, 336	Elancement de barre	318
Discretisation	174	Élément quadrangulaire.....	275
Disposition	420	Élément triangulaire	275
Distance.....	445, 464	Éléments finis	270, 272
Distance d'alignement	461	Ellipse.....	59, 97
Distorsion.....	346, 348, 350, 351, 353, 355, 360	Encadrement	530
Distribution de charge 231, 236, 241, 245, 251, 368		Enregistrer la section	133
Distribution des efforts internes	383, 384	Ensemble de barres.....	20, 168, 229, 261, 319
Diviser	510	En-tête du client.....	411, 413
Diviser la surface.....	503	En-tête du rapport d'impression	411, 413, 427
Diviser les barres.....	494, 533	Entrée de dialogue	221
Diviser les lignes.....	494	Entrée de tableau	507, 509
Division de barre	288	Entrée graphique	41, 221
Division de la barre.....	146, 288, 366	Entrée paramétrée	519
Division du maillage EF	289	Enveloppe	216, 365
Données de base.....	584	Épaisseur	87
Doubles barres	159	Épaisseur de surface graphiquement	87, 120
Duplicité.....	486	Épaisseur efficace	122
E		Épaisseur variable	87, 119
Echelle.....	367, 491	Erreur de calcul	363
Echelle de couleur.....	432, 512	Escalier.....	544
Echelle de gris	431	Escalier en spirale.....	544
Echelles de relation colorées.....	297	Espacement de division.....	494
Eclairage	451	État limite de service.....	188, 189
Editeur de formule.....	517, 518, 523, 524, 525, 600	État limite ultime.....	189
Effet d'articulation	140	Evaluation des résultats.....	363
Effets non linéaires	292	Excel	516, 518, 522, 523, 589, 598, 599
Effort critique	290	Excentricité	88
		Excentricité de barre.....	144

Excentricité de la nervure.....	161
Exigences du système	12
Explication additionnelle.....	404
Exportation.....	518, 597
Exporter	596
Expression de combinaison.....	187
Extraire de l'archive	580

F

Facteur d'échelle	34, 367
Facteur d'étirement.....	483
Facteur de charge	281
Facteur de combinaison	200, 206
Facteur de correction de charge.....	556, 562, 567, 570
Facteur de longueur efficace	159
Facteur de réduction.....	200, 206, 293
Facteur de réduction de rigidité	121
Facteur partiel de sécurité	179, 200, 206
Facteur partiel de sécurité pour le matériau.....	65
Facteurs	206
Facteurs de multiplication de la rigidité.....	124
Favoris dans la bibliothèque de matériau	77
Favoris dans la bibliothèque des sections	131
Fenêtre.....	394
Feuille de couverture	420
Fichier ASCII	135, 417
Fichier ASF	602
Fichier d'échange.....	290
Fichier d'impression	422
Fichier DXF	480, 481, 600
Fichier PDF.....	423
Fichier RTF	417, 422
Fichier texte	417
Fichier XML.....	603
Filtre.....	303, 308, 310, 312, 367, 373, 390, 398, 399, 515
Filtrer	34
Flambement	317
Fluage	167
Flux de cisaillement.....	327
Fonction de sélection	509
Fonctions de la souris	38
Fonctions du clavier	37
Fondation élastique de la barre	163
Fondation filante.....	164
Fondation inefficace	164

Force	226, 230, 236, 240
Forces d'appui comme charge.....	246, 248, 302, 307
Forces d'appui.....	300
Forces d'appui linéique	305
Forces d'appui nodal	300
Forces de contact.....	316
Forces de contact de la barre.....	315
Format ACIS.....	604
Format IFC.....	601
Format IGES	604
Format RFX.....	603
Format SDNF	601
Format STEP.....	604
Forme conique	158
Formule.....	520, 524, 525
Friction	95, 105
Fusionner les barres.....	497
Fusionner les lignes	497

G

Générateur	527
Générateur de charge	550
Générateur du modèle.....	535
Générateurs	550
Générer	510
Gestionnaire de blocs.....	591
Gestionnaire de projet	14, 571
Gestionnaire du rapport d'impression	402
Girder grillage	539
Glaser	602
Glissement	154, 166
Glisser-déplacer.....	38, 403
Gouttière.....	566
Grille	30, 322, 460, 538
Grille de ligne	465, 477
Grille de résultats	322, 372
Groupe.....	27, 215, 370, 385, 392
Groupe de barres	169
Groupe de valeurs	370
Groupe de vue partielle.....	395

H

Hall.....	542
Hauteur	469
Historique.....	579, 589
Hyperbole.....	60, 546

I

Images illustrant	404
Imperfection	190, 259
Imperfection du RF-IMP	285
Imperfection en arc	230, 240, 262
Importation	517, 597
Importer	596
Importer le tableau de section	135
Importer un dossier de projet	576
Impression	422
Impression du graphique	426
Impression en série	428, 433
Imprimante par défaut	401, 422
Imprimer le graphique	414
Inclinaison	469
Incrément de charge	282, 288
Info sur l'objet	374
Info-bulle	22, 45
Insérer le graphique	416
Insérer le texte	416
Insérer un nœud	500
Insérer une barre	501
Instabilité	288, 292, 293
Installation	12
Installation parallèle	15
Interface COM	596
Interface utilisateur graphique	16
Interfaces	596
Intergraph	601
Intersection	170, 463, 496
Isobande	367
Isoligne	367
Isotrope	66, 91
Isotropie	86
Itérations	287

J

Joindre les barres	499
--------------------------	-----

K

Kirchhoff	291
-----------------	-----

L

Langue de programme	438
Largeur efficace	162
Ligne	52, 508
Ligne continue	546

Ligne d'influence	230
Ligne d'intersection	171
Ligne de cote	469
Ligne de coupe	454
Ligne directive	464, 474
Ligne directive verrouillée	475, 476
Ligne droite	545
Ligne parallèle	527
Ligne sur la surface	62
Ligne virtuelle	547, 558
Lignes de contour	81, 86, 97
Lignes directives	473
Lignes étendues	498
Lignes non connectées	268
Lignes superposées	267
Limite d'élasticité	68
Lissage	376, 382, 384, 386
Lissage pour les résultats	382
Liste	19
Liste de barres	229, 260
Liste de paramètres	519, 522
Liste des lignes	236
Liste des paramètres	525
Logo	413
Logo de la société	413
Longueur de l'arc	469
Longueur de la barre	158
Longueur de ligne réelle	249
Longueur de référence	233, 237
Longueur efficace	159
Longueur réelle de la barre	233
Longueur réelle de la ligne	237
Longueur visée EF	174, 178, 273
Losange	453
Lumière	451

M

Maçonnerie	75
Maillage EF	270, 276
Maillage EF aligné	275
Maintien	102, 109
Marge graphique	483
Matériau	64, 91, 122
Matériau de référence	127
Matériau hybride	126
Matrice de rigidité	122

Matrice de rigidité transformée	124	Multiplier	510
Mécanisme cinématique	282	N	
Membrane	86, 271	Navigateur.....	24
Menu contextuel	17, 38, 403, 439, 509	Navigateur <i>Afficher</i>	26, 365, 398, 470
Mesure	445	Navigateur de projet	24
Méthode d'analyse	195, 278	Navigateur <i>Données</i>	26
Méthode des modules de rigidité	111	Navigateur <i>Résultats</i>	27, 364, 369
Méthode directe.....	290	Navigateur <i>Vues</i>	27
Méthode itérative	290	Nemetschek.....	602
MicroStation	601	Nervure.....	149, 160
Mindlin.....	291	Newton-Raphson.....	280
Miniatures	572, 581, 592	Nœud	46, 455
Miroir.....	488	Nœud auxiliaire	156
Miroitage.....	486	Nœud de division	495
Mises.....	69, 342, 352, 359, 361	Nœud de référence	48
Mises à jour.....	14	Nœuds EF pour les solides	367
Mode de saisie.....	404	Nœuds identiques	266
Mode de sélection	404	Nœuds intermédiaires	495
Mode de vue	557	Nombre de réactivations.....	293
Modèle de fondation	111	Nombre de cas de charge	193, 197
Modèle de matériau	66	Non linéarité de la barre	165
Modèle de sol de fondation	111	Non linéarité du matériau	66, 368
Modèle équivalent.....	285	Non linéarité pour l'appui	103, 109
Modèle thermique de matériau	74	Non linéarité pour l'appui de surface	116
Modèle type	419, 588, 603	Non linéarité pour l'articulation.....	140
Modèle type de l'en-tête	412	Non linéarité pour le solide de contact	95
Modèle type du rapport d'impression.....	402, 418, 419	Norme.....	585
Modifier la rigidité.....	283, 289	Notes	471
Module d'élasticité	64, 122	Nouvelle page.....	403
Module de cisaillement.....	65	Null	149
Module de rigidité E_s	163	Numéro de la ligne.....	52
Modules additionnels.....	295, 296	Numéro de nœud.....	46
Moment.....	226, 230, 236	Numérotation	413, 505, 506
Moment additionnel	279	Numérotation de feuilles	413
Moment d'équilibre	550	NURBS.....	61
Moment d'inertie	127	O	
Moment d'inertie de torsion	127	Objets cachés.....	396
Moment d'appui.....	301, 306	Objets intégrés	88, 97, 269
Moment de calcul	332	Objets reliés.....	455
Moment de contact.....	316	Objets visuels	478
Moment de torsion.....	313, 327, 329	Onglet.....	18
Moment fléchissant.....	313, 327, 329, 338	OpenOffice	516, 518, 600
Moment total par rapport à l'origine.....	557	Opération booléenne.....	93
Mouvement.....	560	Options de programme.....	290
Mouvement de rotation	230, 240, 245	Options supplémentaires	281, 284, 290

Organisation des données de cas de charge.....	224	Point de grille.....	321, 325, 371, 460, 461
Orientation de la barre.....	496, 498	Point de maillage EF.....	371
Orientation de la ligne.....	53, 494, 498	Point de partition.....	464
Orientation des axes principaux.....	348	Point de vue.....	447
Origine.....	456, 459, 467	Point zéro.....	467
Orthotrope.....	70, 71, 72, 91	Points de division.....	146
Orthotropie.....	86, 121, 124	Polices.....	420
Ouverture.....	97, 558	Polygone.....	81
Ouvrir un modèle.....	577, 583	Polyligne.....	54
P		Portique 2D à section variable.....	537
Panneau.....	31	Position de charge.....	247, 249, 251, 255
Panneau de contrôle.....	31, 398, 432	Position de la barre.....	155, 158, 313, 316
Parabole.....	60, 546	Position de la ligne.....	54
Parallèle.....	463	Position de la lumière.....	451
Parallélogramme.....	81	Position de la nervure.....	161
Paramètres de calcul.....	277, 287	Position générale de la barre.....	156, 158
Paramètres de la charge de barre.....	233	Position verticale.....	156, 269
Paramètres de la charge de ligne.....	237	Poteau.....	100, 376, 539
Paramètres de la charge de surface.....	242	Poussée verticale.....	245
Paramètres de langue.....	438	Poutre.....	149, 150
Paramètres de maillage EF.....	273	Poutre à section variable.....	541
Paramètres de poteau.....	101	Poutre continue.....	536
Paramètres de raffinement.....	178	Poutre de fondation.....	164
Paramètres de tableau.....	511, 513	Poutre en lamellé-collé.....	120
Perpendiculaire.....	462	Poutre en T.....	160
Perte d'efficacité d'appui.....	103, 109	Poutre résultante.....	149, 152
Picard.....	280, 289	Poutre treillis.....	149
Plafond nervuré bidirectionnel.....	123	Poutre treillis (seulement N).....	149, 150
Plaine d'Allemagne du Nord.....	189	Précontrainte finale.....	230
Plan.....	553	Précontrainte initiale.....	230
Plan de 3 points.....	457	Préfixe.....	413
Plan de découpage.....	396	Présélection.....	452
Plan de miroitage.....	489	Presse-papiers.....	427
Plan de projection.....	247, 249, 251	Pression de contact de sol.....	339
Plan de projection de charge.....	255	Pression de gaz.....	362
Plan de travail.....	397, 456	Problème de stockage.....	290
Plan visé.....	490	Processus de déformation.....	400
Plancher nervuré.....	123	Profil utilisateur.....	443
Plasticité.....	68, 72	Projection.....	233, 237, 242, 249, 251, 388
Plastique.....	66, 68, 72	Projection de charge.....	255
Platine.....	585	Projet.....	489
Poids.....	158	Projet actuel.....	572
Poids propre.....	181	Projets de réseau.....	590
Poids spécifique.....	65	Propriétés d'affichage.....	439, 440
Point d'insertion.....	594		

Q

Qualité d'impression431

R

Raffinement circulaire du maillage175

Raffinement du maillage EF..... 174, 275, 535

Raffinement du maillage sur ligne 175, 176, 274

Raffinement du maillage sur un solide177

Raffinement du maillage sur une surface176

Raffinement rectangulaire du maillage175

Rankine344, 354, 359, 361

Rapport d'impression401, 407, 424

Rapport de Poisson 65

Réactions d'appui.....300, 301, 305, 306

Réactivation293

Réactiver les barres.....293

Recherche446

Rechercher508

Réduction de rigidité162

Réduire les combinaisons.....193

Régénérer le modèle.....269

Région moyenne387

Règle de signe.....157, 310, 314, 327

Règles de combinaison189

Relaxation dynamique 280, 292

Rendu 310, 366, 449

Rendu pour la déformation366

Rendu pour les efforts internes366

Renommer un modèle578

Renommer le cas de charge506

Renommer505

Remplacer.....508

Représentation de l'objet.....440

Représentation de valeur transparente.....371

Réseau..... 14

Ressort 109, 114, 138, 154, 163

Ressort d'appui114

Ressort de cisaillement pour la fondation164

Résultant303

Résultats..... 297, 364

Résumé de vérification298

Résumé des résultats297

Retrait 230, 240

RF-COMBI587

RF-CONCRETE 285, 332

RF-CONCRETE Members285

RF-CONCRETE Surfaces285

RFEM 4 15

RF-IMP285

RF-LAMINATE 86

RF-LINK604

RF-MAT NL..... 66, 368

RF-SOILIN 113

Rigide nulle 126

Rigidité 86, 149, 153, 281

Rigidité de cisaillement 125, 289

Rigidité de membrane 125

Rigidité en flexion..... 124

Rigidité en torsion 125

Rotation230, 486

Rotation d'appui 100, 108, 300, 302

Rotation de la barre 155, 156

Rotation de la ligne 55

Rotation de la section..... 128

Rotation imposée257

Rotations.....129, 304, 310, 311, 323, 324, 356, 560

Rupture 166, 167

Rupture de la fondation 116, 164

S

SAISIE D'OB. 30, 462

Saisie des objets461, 473, 478, 481

Sans traction 86

Schéma de combinaison220

Scia.....603

Section..... 18, 125

Section composée 132

Section définie par l'utilisateur 134

Section en bois 134

Section laminée..... 130

Section paramétrique..... 132

Section pleines 133

Section SHAPE-MASSIVE 135

Section SHAPE-THIN 135

Section variable..... 125, 155, 288, 537

Sélection452, 509, 510, 521

Sélection additionnelle.....452

Sélection alternative452

Sélection dans le rapport d'impression.....405, 409, 410

Sélection de la fenêtre452

Sélection spéciale445, 455

Sélection synchronisée	24	Système de coordonnées ..48, 88, 96, 465, 467, 486
Signes	286	Système de coordonnées cartésiennes..... 48, 460
Signes pour les efforts internes.....	157	Système de coordonnées cylindriques
Signes pour les forces d'appui300, 301, 306, 340		49
Singularité	100, 273, 503	Système de coordonnées polaires..... 49, 460
Situation de calcul	189	Système de référence..... 137
Solide.....	90, 530, 531, 533	T
Solide composé	92	Tableaux
Solide de contact.....	90, 94	28, 45, 221, 224, 295, 511
Solide de gaz.....	91, 93	Tangente.....
Solide null	91	56, 462, 504
Somme de contrôle.....	302, 307	Température..... 129, 230, 240, 245
Sous-projet	573, 574	Température de référence..... 74
Spectre de couleur.....	32, 398	Tenseur de contrainte
Spectre de valeur	33	358
Sphère.....	547	Tête voûtée
Spline.....	61	548
Statistique.....	266	Texture
Statistique du maillage EF.....	276	449
Strakon.....	602	Théorie de flexion.....
Stratifié.....	86	291
Structure déformée	282	Théorie de plaque.....
Structure spatiale	543	291
Superposition Soit-soit.....	215	Titre
Supprimer les charges.....	270	404
Supprimer un modèle	578	Toiture à deux versants.....
Supprimer un projet.....	574	568, 570
Surface	80	Toiture à entrain retourné
Surface B-Spline.....	83	540
Surface d'origine	85, 172	Toiture à un seul versant
Surface de contact	94	561, 567, 570
Surface de contour	91	Toiture de pannes.....
Surface de révolution.....	82	541
Surface de trajectoire.....	85	Toiture en bâtière
Surface nulle	86, 90	563
Surface NURBS	84	Toiture en berceau
Surface orthotrope	120	548
Surface plane	81	Toiture en chevrons
Surface quadrangulaire.....	82	540
Surface rigide.....	86	Toiture en coupole
Surfaces courbées.....	268	549
Surfaces dépassant.....	268	Toiture terrasse
Synchronisation de la sélection	513	561, 566
Système d'axes.....	88, 96	Tolérance
Système d'équations.....	290	292
		Torsion.....
		233
		Tourner.....
		487, 493
		Traceur.....
		430, 435
		Traitement exceptionnel.....
		293
		Trajectoire
		330, 358
		Transition de couleurs douce
		33
		Transparence.....
		396
		Treillis.....
		538
		Tresca.....
		343, 353, 359, 361
		Trouver
		446, 452
		Tsai-Wu.....
		72
		Tuyau
		83
		Type d'appui.....
		99, 102, 107, 109, 115
		Type de barre
		149
		Type de charge
		230, 236, 240, 245
		Type de distribution de charge.....
		554
		Type de grille.....
		460
		Type de ligne.....
		53
		Type de ligne directive.....
		474

Type de modèle	585	Vérification	24
Type de nœud	47	Vérification de plausibilité	265
Type de solide	91	Verouillez le graphique	415
Type de surface	81	Verre	86
U		Version du solveur	291
Unir les nœuds	269	Vidéo	400
Unités	442	Visibilités	390, 392, 394, 395
V		Visibilités définies par l'utilisateur	392
Valeur de grille	322, 372	Visibilités générées	393
Valeur de nœud EF	322	Vitesse angulaire	230, 240, 245, 560
Valeurs de la section idéale	127	Voile	271, 564, 570, 585
Valeurs de résultats	364, 370, 376	von Mises	68
Valeurs de résultats EF	371	Vue définie par l'utilisateur	391
Valeurs extrêmes	288, 309, 312, 319, 365, 371, 374, 515	Vue multiple des fenêtres	389, 427
Valeurs limites	33, 373	Vue partielle	27, 393
Valeurs limites pour le ressort	154	Vues	390, 391, 447
VCmaster	423	W	
Vecteur de déplacement	485	Word	589