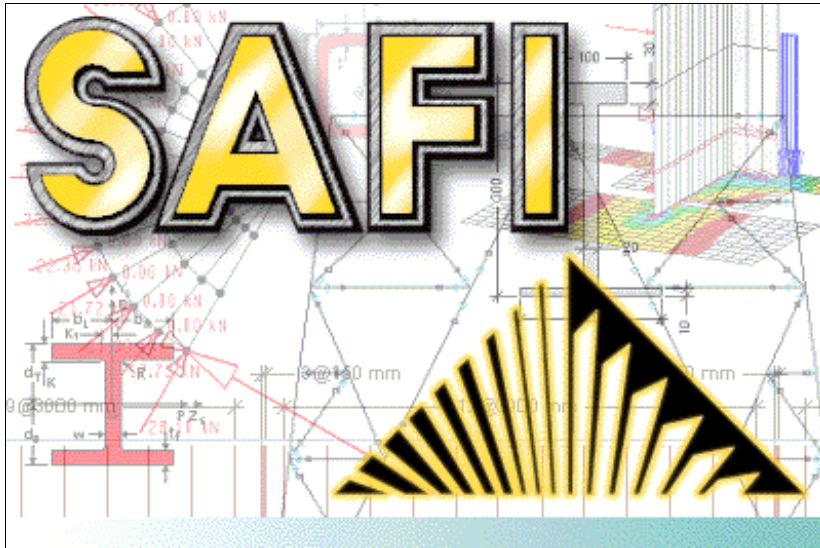




Exemples de Projets SAFI

Conception d'une structure en béton armé



Société Informatique SAFI Inc.
3393, chemin Sainte-Foy
Ste-Foy, Québec, G1X 1S7
Canada

Contact: Rachik Elmaraghy, P.Eng., M.A.Sc.

Tél.: 1-418-654-9454
1-800-810-9454
Fax: 1-418-653-9475

Site Internet: <http://www.safi.com>
Courriel: info@safi.com

Conception d'une structure en béton armé

Introduction

Cet exemple présente la conception structure de béton armé selon la norme CAN/CSA A23.3-1994. Le modèle utilisé pour cet exemple peut être trouvé dans le sous-répertoire *Samples\Concrete*, le nom du fichier est *RC-Ex-1.str*.

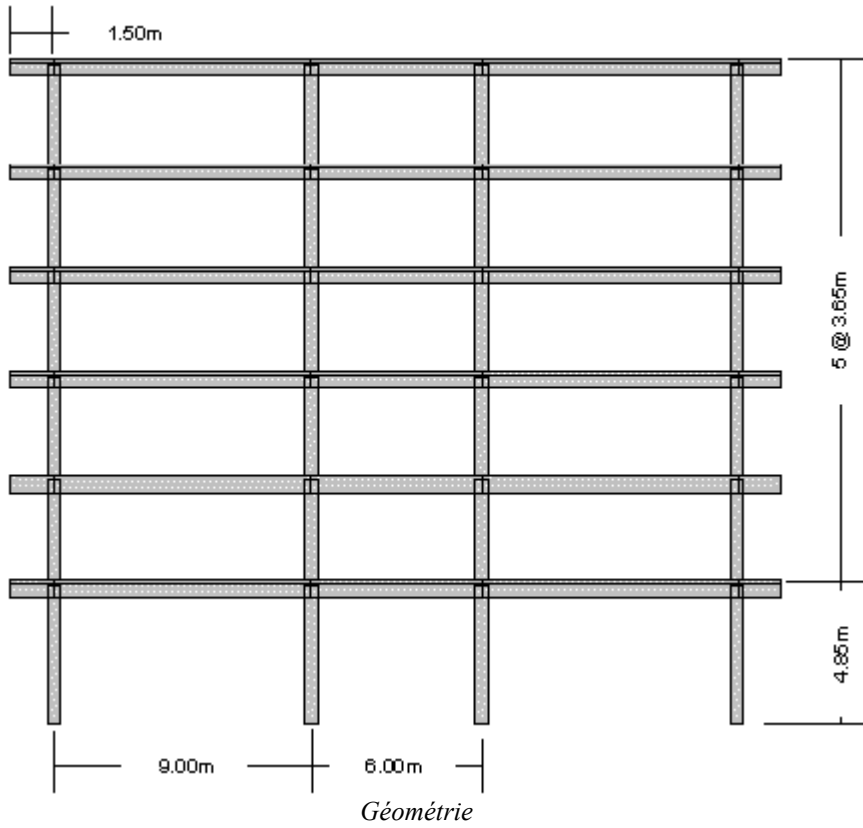
Édition du modèle

Le modèle est une structure 2D simple représentant un bâtiment de trois baies et six étages. Les baies extérieures ont une largeur de 9m alors que la baie intérieure a une largeur de 6m. Le premier étage a une hauteur de 4.85m et les étages subséquents ont une hauteur de 3.65m. Les poutres sont prolongées en porte-à-faux vers l'extérieur du bâtiment sur une longueur de 1.5m.

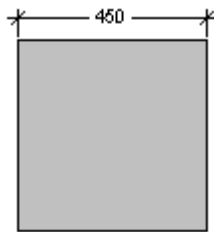
L'édition des modèles est traitée en détail dans le **Guide d'utilisation** et ne sera pas répétée ici. Nous supposons les propriétés matérielles suivantes pour les éléments du modèle et les barres d'armatures.

	Béton	Armatures	Étriers
Limite élastique (MPa)	3.28	400.00	300.00
Contrainte ultime (MPa)	30.00	600.00	450.00
Module élastique (MPa)	27000.00	200000.00	200000.00
Coefficient de Poisson	0.15	0.27	0.27
Masse volumique (kg/m³)	2400.00	7850.00	7850.00
Expansion thermique (1/°C)	1.10e-005	1.17e-005	1.17e-005

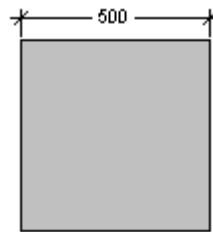
Les poutres et les poteaux du modèle devraient être définies comme membrures physiques de manière à permettre la continuité des barres d'armatures. Les éléments physiques consistent en plusieurs membrures regroupées ensemble pour former un élément continu.



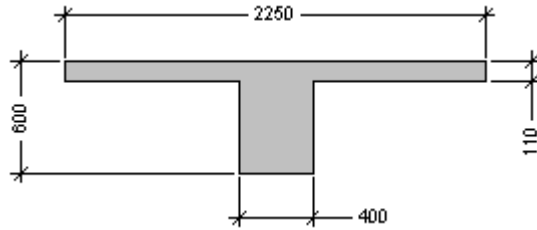
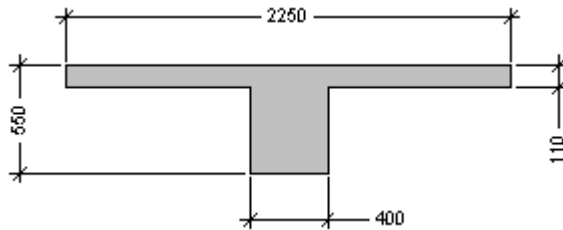
Les dimensions des sections des éléments de la structure sont présentées ci-dessous.



Poteaux extérieurs

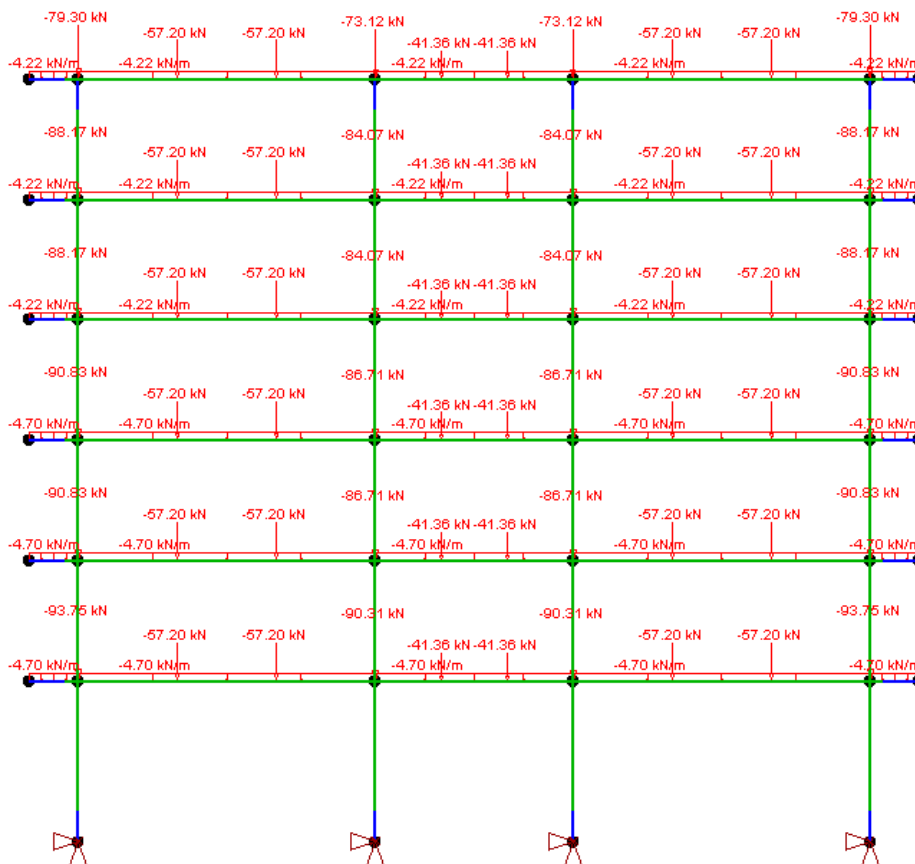


Poteaux intérieurs

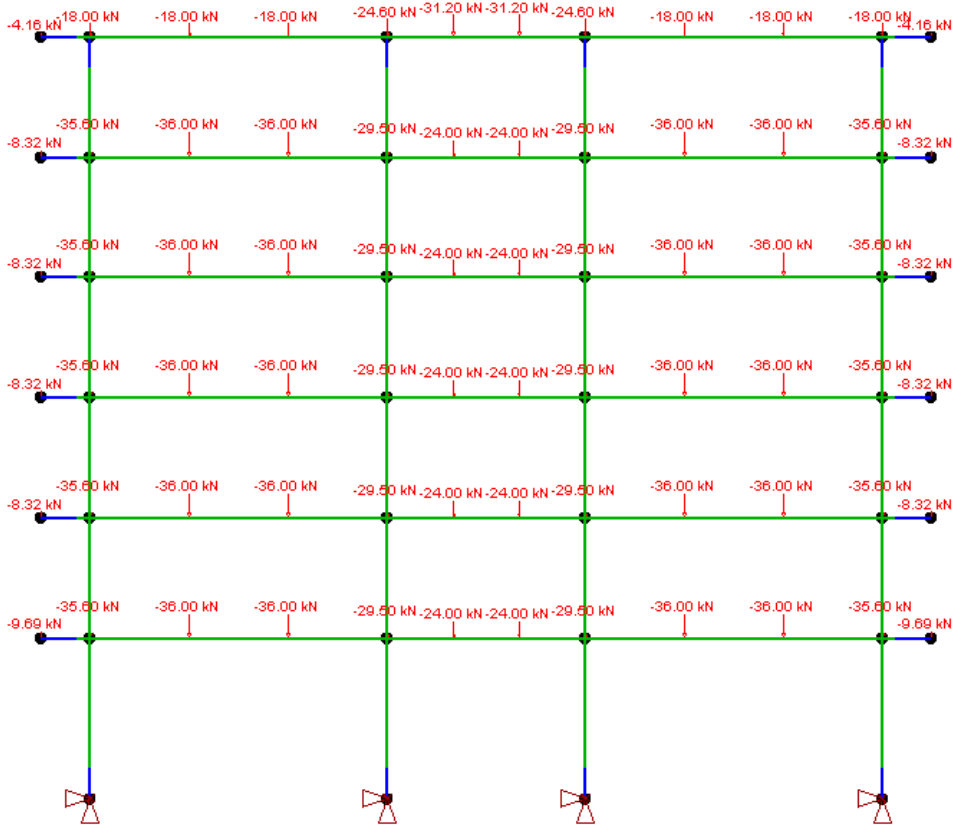
*Trois premiers étages**Autres étages*

Édition des charges

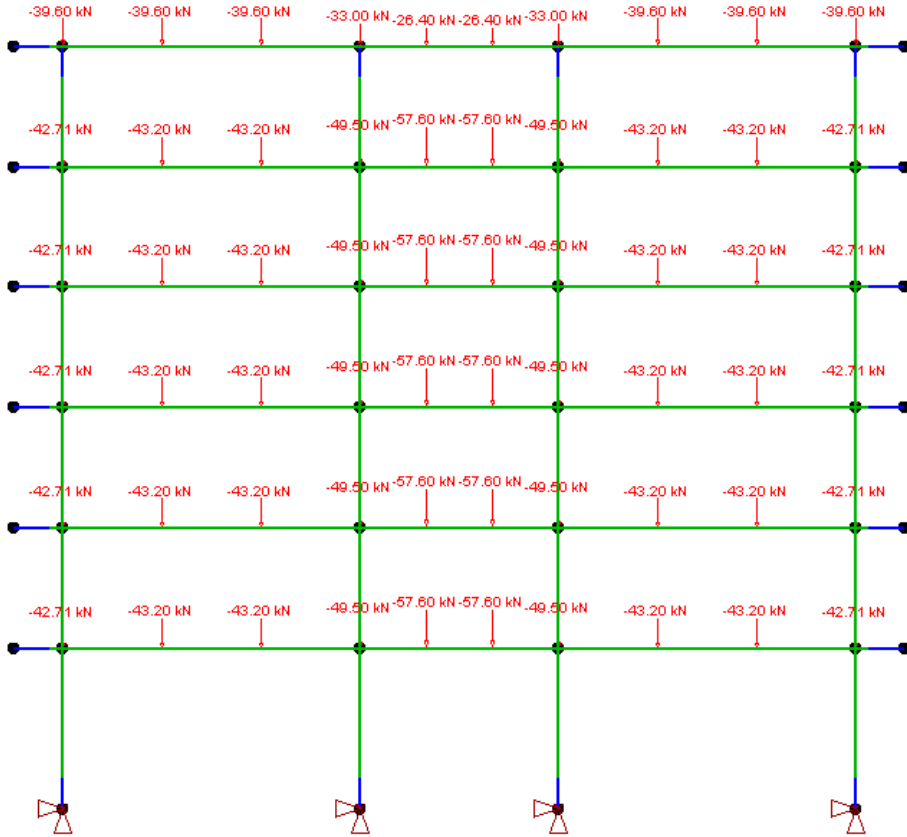
Les charges sollicitant la structure sont présentées ci-dessous. Pour cet exemple, le poids propre des éléments est modélisé par l'intermédiaire de charges uniformes et de charges concentrées. Il est aussi possible de laisser le logiciel calculer le poids propre des éléments en utilisant la commande **Charge de gravité**. Notez que la méthode d'édition des charges est discutée en détail dans le **Guide d'utilisation** et ne sera pas répétée.



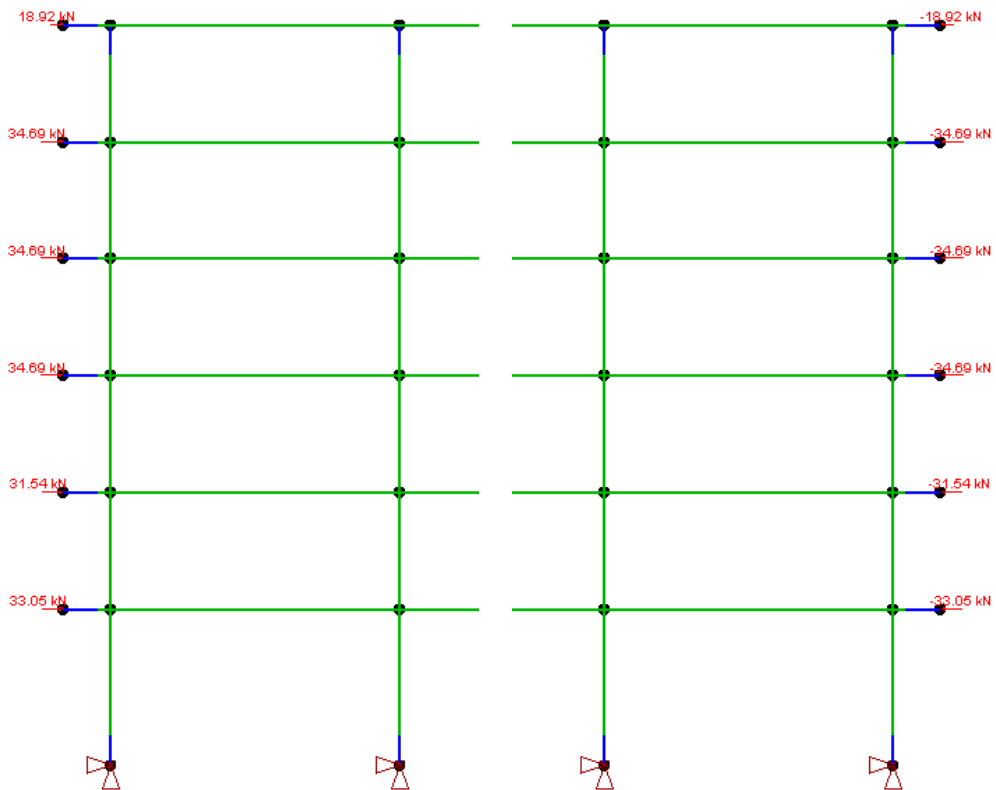
Modèle d'analyse avec le poids propre



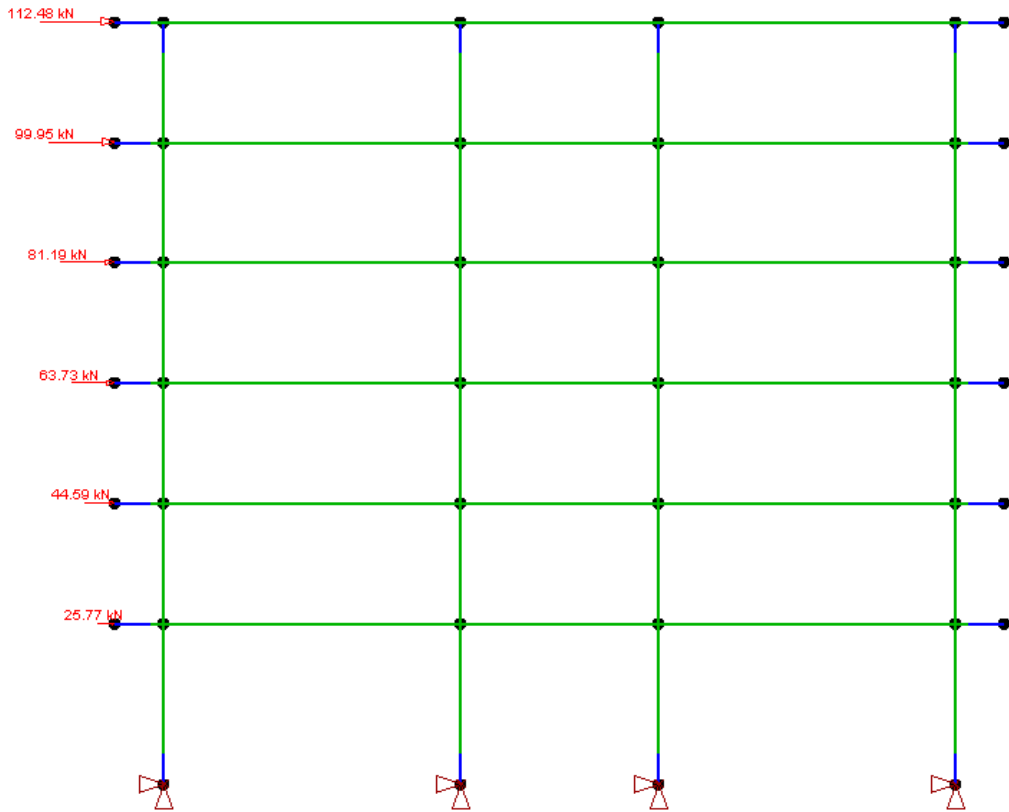
Modèle d'analyse avec les charges permanentes additionnelles



Modèle d'analyse avec les surcharges



Modèle d'analyse avec les charges de vents positives et négatives



Modèle d'analyse avec les charges sismiques

Les combinaisons de charges utilisées pour l'analyse du modèle sont créées à l'aide de l'assistant de génération de combinaisons de charges selon la norme CNB-95. Les combinaisons de charges sont résumées ci-dessous.

No. Combinaison	Nom Combinaison	Type de combinaison	2 - weight	3 - add dead	4 - live	5 - wind	6 - seismic	7 - neg wind
1	D+L	ÉLU	1.250	1.250	1.500	0.000	0.000	0.000
2	D+w1	ÉLU	1.250	1.250	0.000	1.500	0.000	0.000
3	D+w2	ÉLU	1.250	1.250	0.000	0.000	0.000	1.500
4	D+L+w1	ÉLU	1.250	1.250	1.050	1.050	0.000	0.000
5	D+L+w2	ÉLU	1.250	1.250	1.050	0.000	0.000	1.050
6	D+E	ÉLU	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000
7	D-E	ÉLU	1.000	1.000	0.000	0.000	-1.000	0.000
8	D+L+E	ÉLU	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000
9	D+L-E	ÉLU	1.000	1.000	1.000	0.000	-1.000	0.000
10	S: D	ÉLS	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	S: D+L	ÉLS	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000
12	S: D+w1	ÉLS	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
13	S: D+L+w1	ÉLS	1.000	1.000	0.700	0.700	0.000	0.000
14	S: D+L+w2	ÉLS	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000
15	S: D+L+w2	ÉLS	1.000	1.000	0.700	0.000	0.000	0.700
16	D	ÉLU	1.250	1.250	0.000	0.000	0.000	0.000

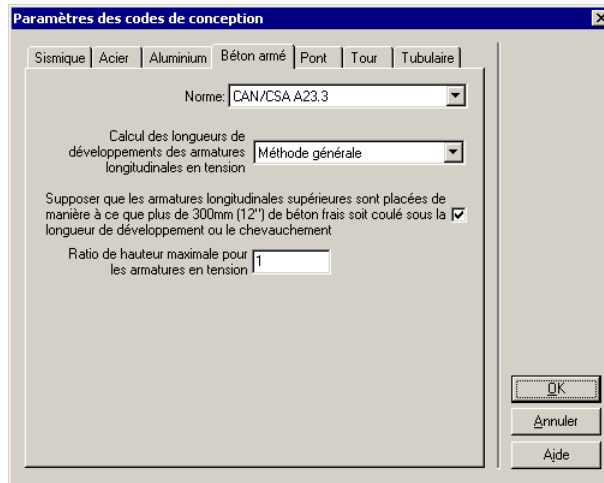
Résumé des combinaisons de charges

La dernière combinaison de charges contenant les charges permanentes pondérées n'est pas générée par l'assistant puisqu'elle n'est pas requise par le *Code National du Bâtiment*. Cependant, elle est nécessaire au calcul des charges permanentes soutenues pour la détermination des effets de second ordre. Cette combinaison doit être définie manuellement.

Sélection de la norme de conception


La première étape dans la conception d'une structure de béton armé consiste à sélectionner la norme de conception qui sera utilisée pour déterminer les armatures des éléments du modèle. Le logiciel permet de concevoir une structure de béton armé selon les normes canadiennes A23.3-M94 et S6-2000, la norme américaine ACI-2002 et la norme égyptienne ECC-95.

Sélectionnez la commande **Normes** du menu *Analyse*. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, activez l'onglet **Béton armé**. Dans la liste des normes de conception, sélectionnez la norme *CAN/CSA A23.3* et cliquez sur **OK** pour sauvegarder.



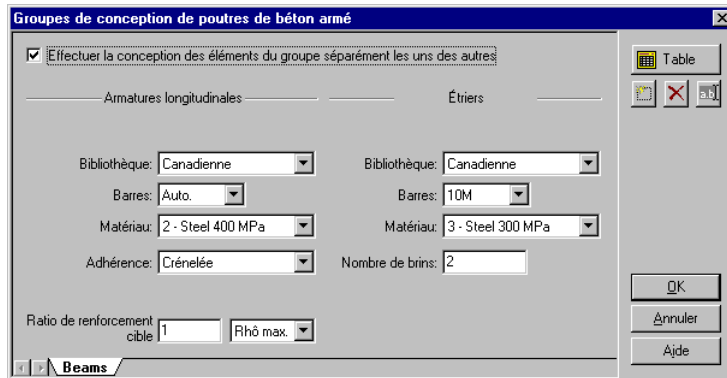
Création des groupes de conception

De manière à permettre au logiciel de déterminer les armatures des éléments du modèle, il est nécessaire de spécifier certains paramètres relatifs aux barres d'armatures (bibliothèque, dimension, matériau, etc.). Cette opération s'effectue par la création de groupes de paramètres et par l'assignation des ces groupes de paramètres aux divers éléments du modèle.

En premier lieu, nous allons créer un groupe de conception pour les poutres. Sélectionnez la commande **Groupes de conception (poutres)** du sous-menu *Application-Béton armé*. Dans la boîte de dialogue, cliquez sur le bouton  pour créer un nouveau groupe.

Il n'est pas nécessaire de créer un groupe de conception pour chaque poutre du modèle. Si toutes les poutres partagent les mêmes types d'armatures longitudinales et d'étriers, un seul groupe est requis. Cependant, les forces sollicitant les divers éléments peuvent être différentes pour chaque élément. Ainsi, l'option **Effectuer la conception des éléments du groupe séparément les uns des autres** devrait être activée. Pour des projets d'ampleur plus importante, il est souvent préférable d'avoir des armatures identiques dans plusieurs poutres similaires. Par exemple, nous aurions pu concevoir les poutres des trois premiers planchers de manière identique. Ceci aurait pu être obtenu en créant deux groupes de conception et en désactivant l'option **Effectuer la conception des éléments du groupe séparément les uns des autres**.

Complétez les données de la boîte de dialogue tel que présenté ci-dessous et cliquez sur le bouton **OK**.



Le groupe de conception des poteaux est créé de la même manière en utilisant la commande **Groupes de conception (poteaux)** du sous-menu *Application-Béton armé*.



Assignation des groupes de conception aux éléments

Pour permettre au logiciel d'effectuer la conception des éléments, les groupes de conception créés ci-dessus doivent être rattachés aux éléments appropriés du modèle. Cette opération s'effectue de la même manière que tout autre assignation de paramètres de membrure en utilisant la commande **Attributs des membrures** qui se trouve dans le sous-menu *Éditer-Membrure*.

Sélectionnez toutes les poutres du modèle en utilisant les outils de sélection et activez la commande **Attributs des membrures**. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, activez l'onglet **Béton**.

Attributs des membrures

Général | Acier | Composite | Béton

Numéro: ---
Nom: _____

Paramètres généraux

Changer la couverture de béton (C) 40 mm

Paramètres de vérification

Changer les armatures long. Aucune armature longitudinale

Changer les barres pliées Aucune barre pliée

Changer les étriers Aucun étrier

Changer les barres périph. Aucune armature périphérique

Paramètres de conception

Changer le groupe de conception des poutres 1 - Beams

Changer le groupe de conception des poteaux Aucune conception

Compression

Changer le support - Axe majeur (Kz, Lz) Facteur (K) 0 Longueur (L) 0 mm

Changer le support - Axe mineur (Ky, Ly) Facteur (K) 0 Longueur (L) 0 mm

Changer le coefficient - Axe majeur (Cm,z) 0

Changer le coefficient - Axe mineur (Cm,y) 0

Excentricités

Changer les excentricités longitudinales Noeud i 0 Noeud j 0 mm

OK
Annuler
Aide

Cochez l'option **Changer le groupe de conception des poutres** et sélectionnez le groupe de conception de poutres dans la liste. Lorsque l'opération est complétée, cliquez sur le bouton **OK** pour enregistrer les modifications. Répétez ces dernières opérations pour les poteaux du modèle.

Attributs des membrures

Général | Acier | Composite | Béton

Numéro: ---
Nom: _____

Paramètres généraux

Changer la couverture de béton (C) mm

Paramètres de vérification

Changer les armatures long.
 Changer les étiers
 Changer les barres pliées
 Changer les barres périph.

Paramètres de conception

Changer le groupe de conception des poutres
 Changer le groupe de conception des poteaux

Compression

Changer le support - Axe majeur (Kz, Lz) mm
 Changer le support - Axe mineur (Ky, Ly) mm
 Changer le coefficient - Axe majeur (Cm,z)
 Changer le coefficient - Axe mineur (Cm,y)

Excentricités

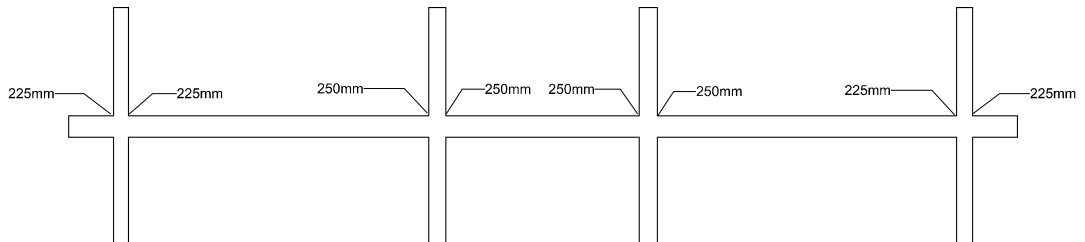
Changer les excentricités longitudinales Noeud i Noeud j mm

OK
Annuler
Aide

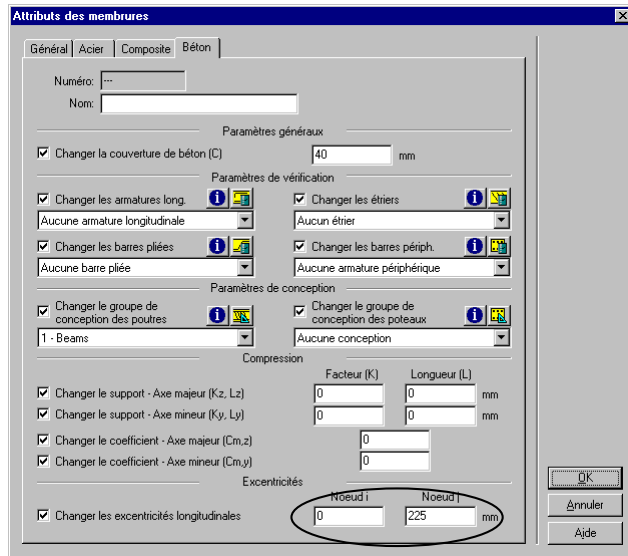
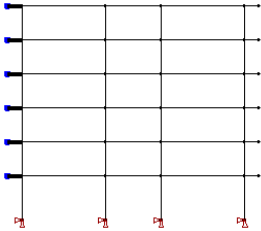
Définition des excentricités des membrures

La connexion entre une poutre et un poteau forme un joint rigide où les efforts sont redistribués. Les efforts réels sont ainsi différents à ces endroits que les efforts calculés. Ces régions doivent être identifiées de manière à permettre un calcul d'armatures adéquat.

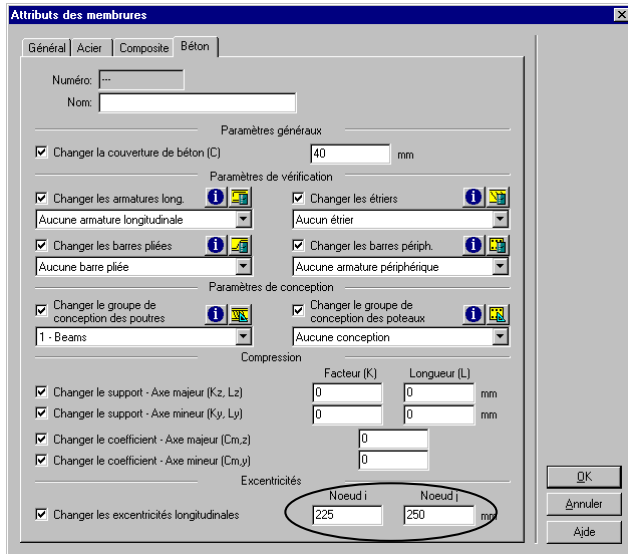
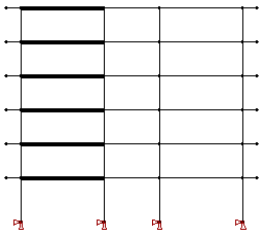
La figure ci-dessous schématise une poutre type du modèle avec les excentricités longitudinales correspondantes. Ces excentricités sont égales à la demi largeur du poteau connecté à la poutre. Ces excentricités doivent être définies pour toutes les poutres du modèle.

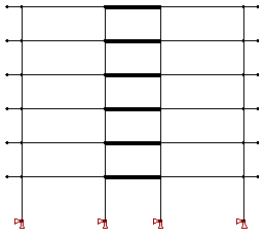


Sélectionnez les porte-à-faux des gauche et activez la commande **Attributs des membrures**. Dans la partie inférieure de l'onglet **Béton**, spécifiez une excentricité au **noeud j** de 225 mm.



Spécifiez les excentricités longitudinales pour les autres éléments de poutres du modèle.





Attributs des membrures

Général | Acier | Composite | Béton

Numéro: ...
Nom: _____

Paramètres généraux

Changer la couverture de béton (C) 40 mm

Paramètres de vérification

Changer les armatures long. Aucune armature longitudinale

Changer les barres pliées Aucune barre pliée

Changer les étriers Aucun étrier

Changer les barres périph. Aucune armature périphérique

Paramètres de conception

Changer le groupe de conception des poutres 1 - Beams

Changer le groupe de conception des poteaux Aucune conception

Compression

Changer le support - Axe majeur (Kz, Lz) Facteur (K) 0 Longueur (L) 0 mm

Changer le support - Axe mineur (Ky, Ly) 0 0 mm

Changer le coefficient - Axe majeur (Cm.z) 0

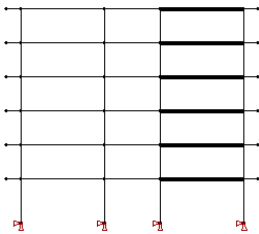
Changer le coefficient - Axe mineur (Cm.y) 0

Excentricités

Changer les excentricités longitudinales

Noeud i 250 Noeud j 250 mm

OK
Annuler
Aide



Attributs des membrures

Général | Acier | Composite | Béton

Numéro: ...
Nom: _____

Paramètres généraux

Changer la couverture de béton (C) 40 mm

Paramètres de vérification

Changer les armatures long. Aucune armature longitudinale

Changer les barres pliées Aucune barre pliée

Changer les étriers Aucun étrier

Changer les barres périph. Aucune armature périphérique

Paramètres de conception

Changer le groupe de conception des poutres 1 - Beams

Changer le groupe de conception des poteaux Aucune conception

Compression

Changer le support - Axe majeur (Kz, Lz) Facteur (K) 0 Longueur (L) 0 mm

Changer le support - Axe mineur (Ky, Ly) 0 0 mm

Changer le coefficient - Axe majeur (Cm.z) 0

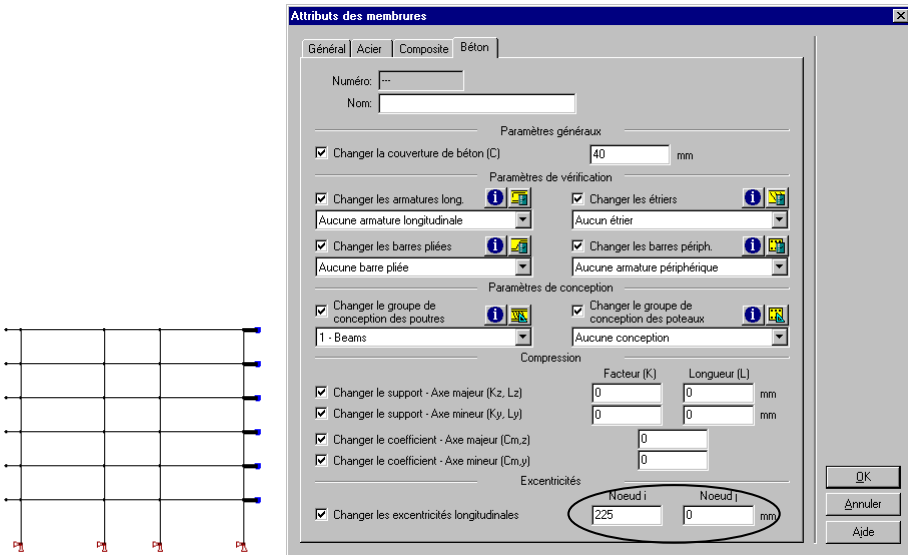
Changer le coefficient - Axe mineur (Cm.y) 0

Excentricités

Changer les excentricités longitudinales

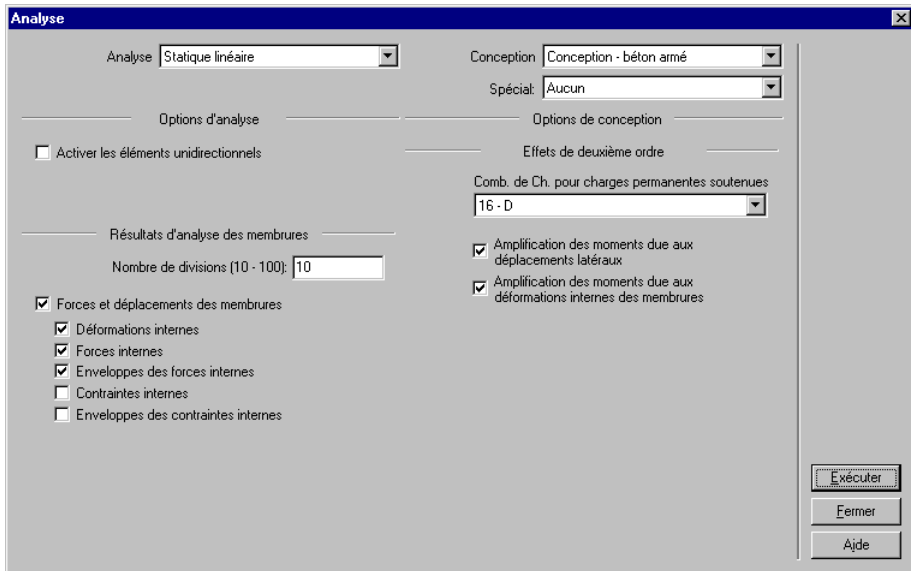
Noeud i 250 Noeud j 225 mm

OK
Annuler
Aide



Exécution de l'analyse

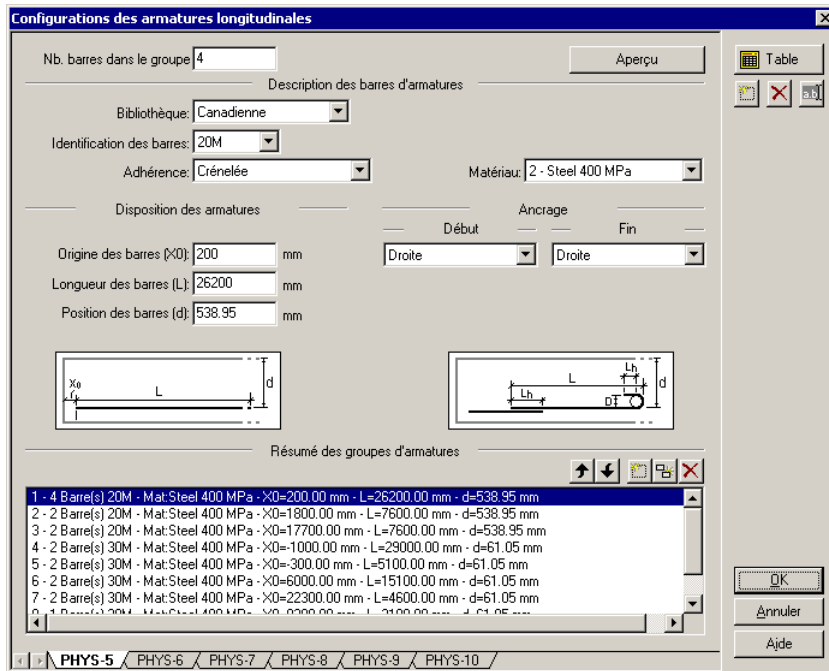
Pour exécuter l'analyse, sélectionnez la commande **Exécuter** du menu *Analyse*. Dans la boîte de dialogue des options d'analyse, sélectionnez le type d'analyse désiré et l'option *Conception - Béton armé* dans la liste **Conception**. Si les effets de deuxième ordre doivent être considérés lors de la conception des poteaux, activez les options correspondantes dans la section **Effets de deuxième ordre**. Lors d'une analyse linéaire du premier ordre tel que c'est le cas ici, les effets de deuxième ordre (déplacements latéraux et stabilité des membrures) doivent être pris en considération selon une méthode alternative telle que celle présentée dans la norme de conception.



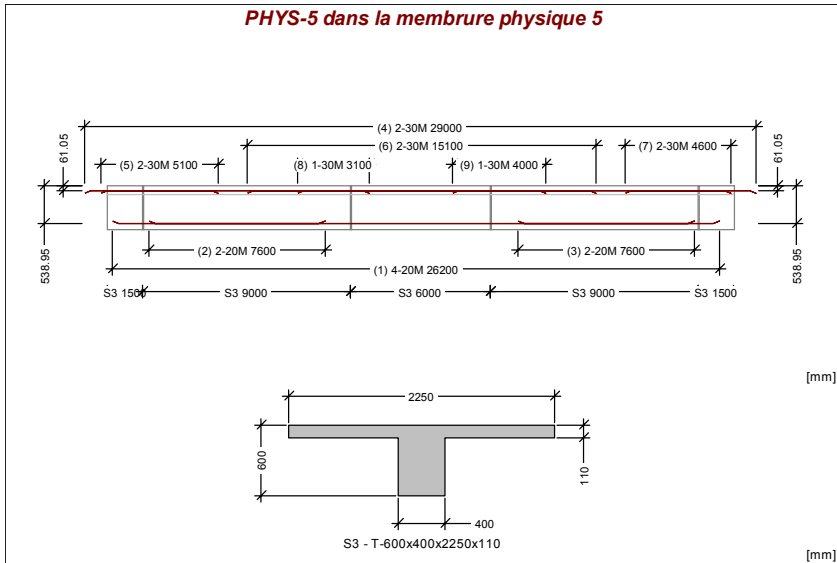
Visualisation des armatures

Lorsque l'analyse est complétée, plusieurs résultats sont disponibles. En premier lieu, nous pouvons vérifier les armatures des poutres et des poteaux qui sont rendus disponibles par l'intermédiaires des configurations d'armatures. Ces configurations d'armatures peuvent être éditées au besoin et des analyses subséquentes peuvent être effectuées de manière à vérifier l'effet des modifications (option *Vérification - Béton armé* dans la boîte de dialogue de l'analyse).

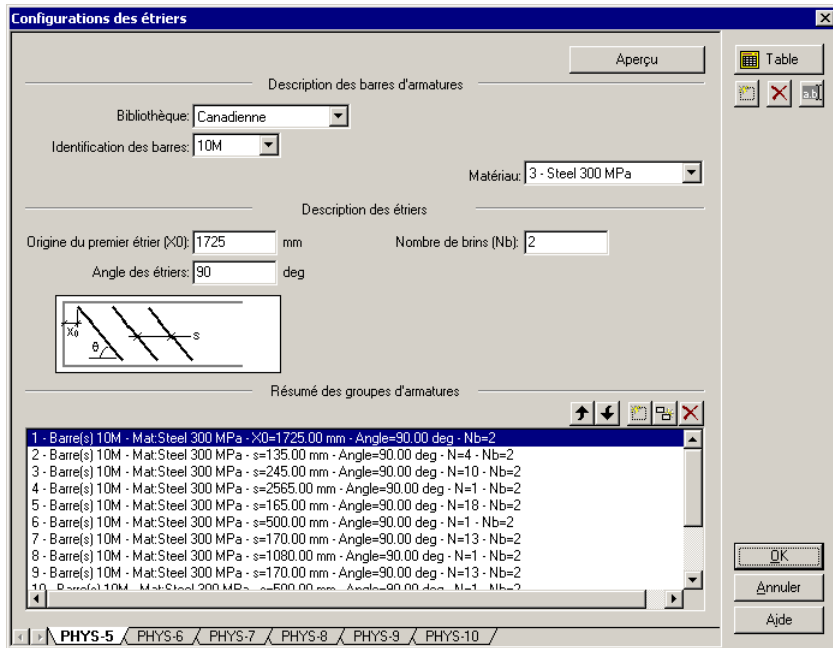
Cliquez sur la commande **Armatures longitudinales** du sous-menu *Applications-Béton armé*. La boîte de dialogue devrait contenir 6 onglets, un pour chaque poutre (membrure physique de poutre) du modèle.



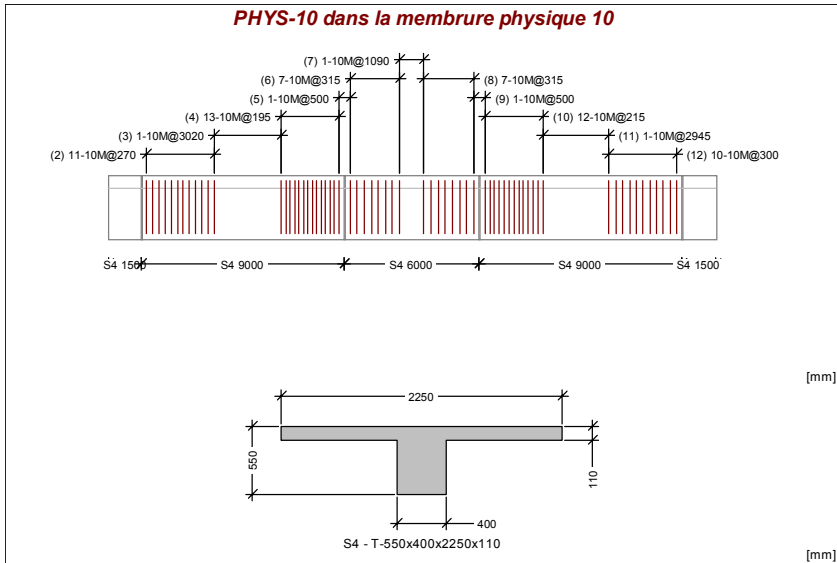
Pour obtenir un aperçu graphique des armatures longitudinales dans l'élément physique 5, cliquez sur le bouton **Aperçu** dans l'onglet **PHYS-5**. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, sélectionnez l'élément physique *P5* dans la liste des éléments. Pour un meilleur aperçu, sélectionnez 3:1 dans la liste **Échelle verticale**.



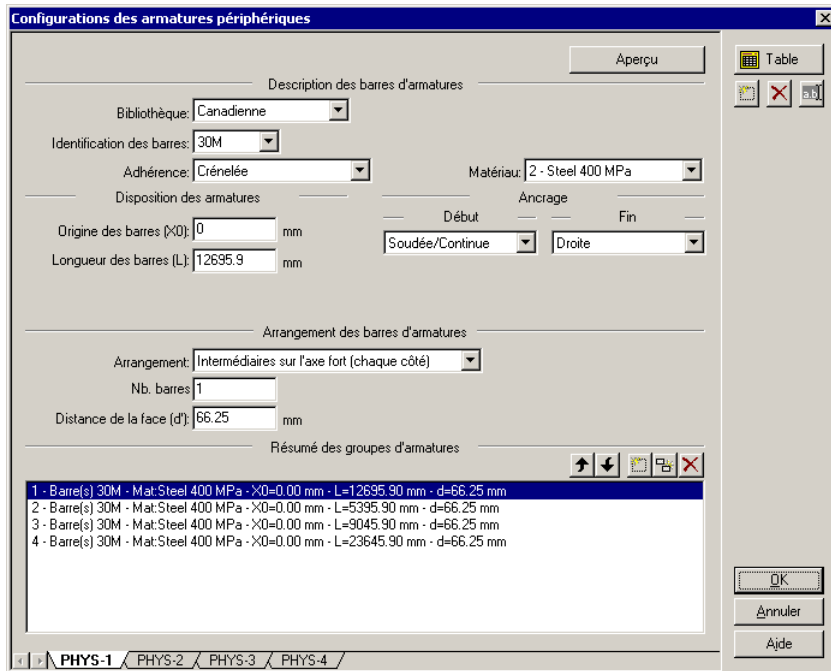
De la même manière, nous pouvons vérifier les armatures de cisaillement des poutres. Cliquez sur la commande **Étriers** du sous-menu *Applications-Béton armé*. La boîte de dialogue qui s'affiche devrait contenir 6 onglets, un pour chaque poutre (membrure physique de poutre) du modèle.



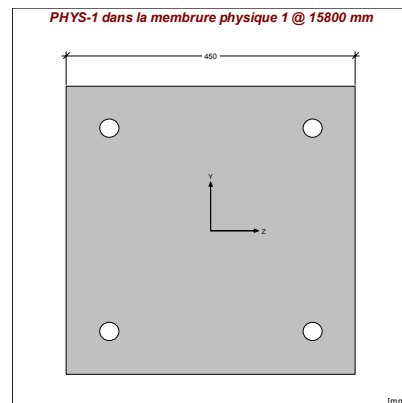
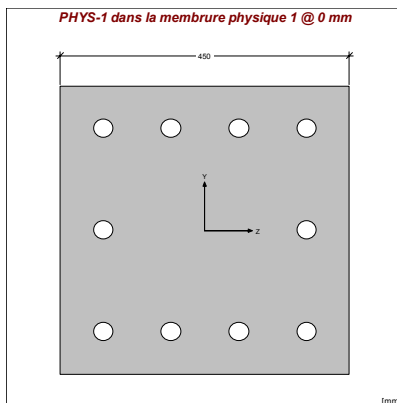
Pour obtenir un aperçu graphique des étriers dans l'élément physique 10, cliquez sur le bouton **Aperçu** dans l'onglet **PHYS-10**. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, sélectionnez l'élément physique *P10* dans la liste des éléments. Pour un meilleur aperçu, sélectionnez *5:1* dans la liste **Échelle verticale**.



Les armatures des poteaux peuvent être visualisées par l'intermédiaire de la commande **Armatures périphériques** du sous-menu *Applications-Béton armé*. La boîte de dialogue qui s'affiche devrait contenir 4 onglets, un pour chaque poteau (membrure physique de poteau) du modèle.



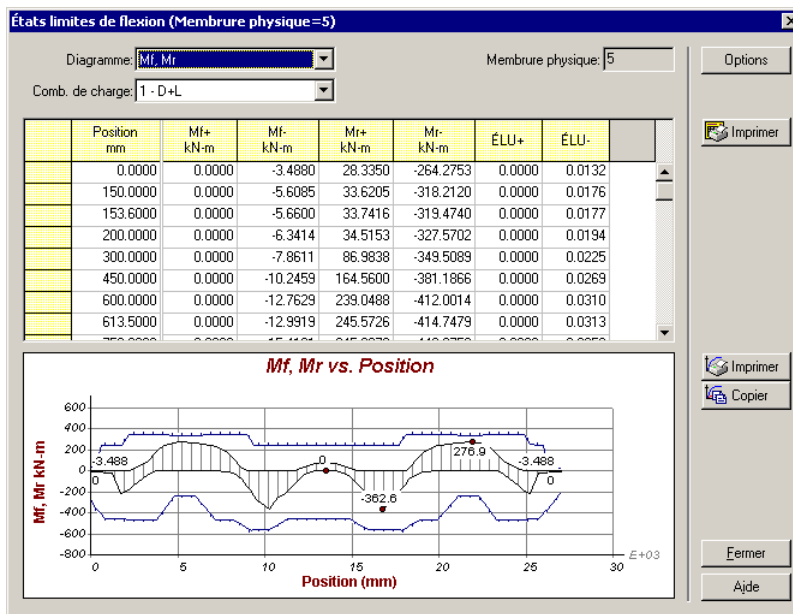
Pour obtenir un aperçu graphique des armatures de poteaux dans l'élément physique 1, cliquez sur le bouton **Aperçu** dans l'onglet **PHYS-1**. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, sélectionnez l'élément physique *P1* dans la liste des éléments. Par la suite, déplacez le curseur au dessus du graphique de la partie gauche de la boîte de dialogue pour déterminer la position sur le poteau où visualiser les armatures.



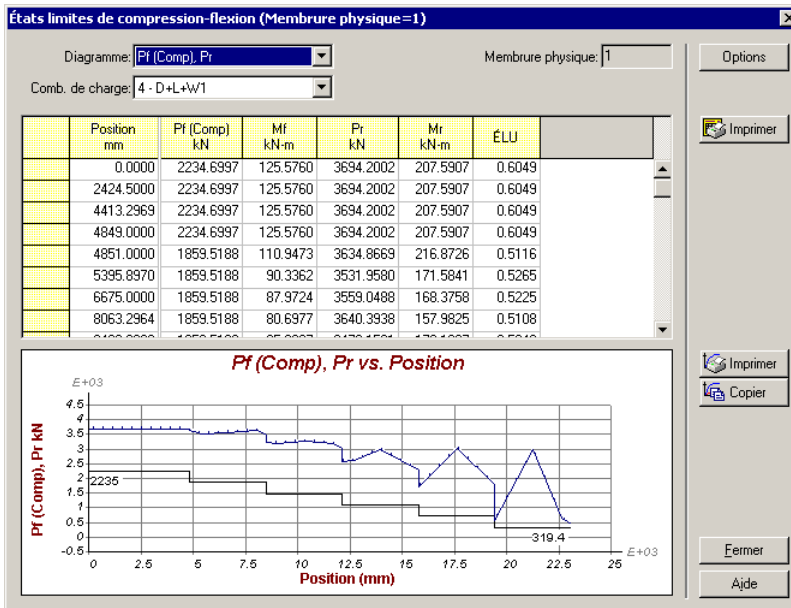
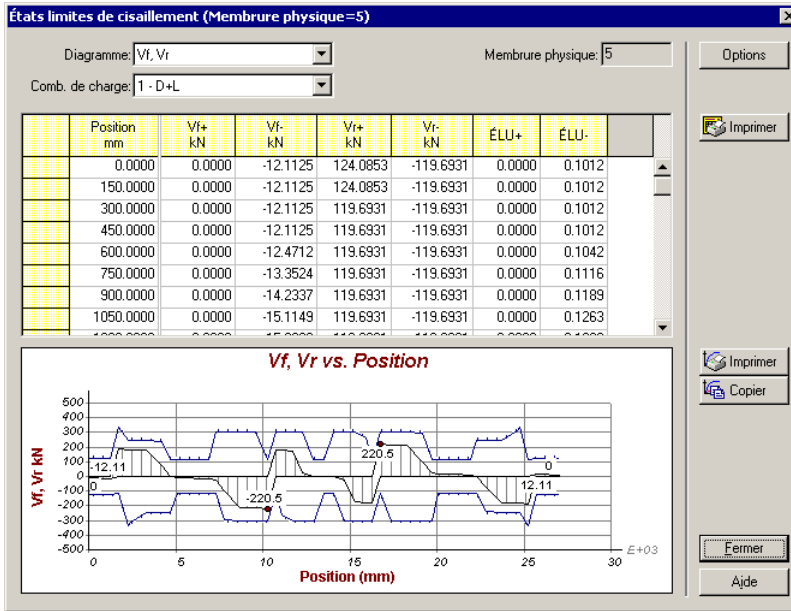
Visualisation des résultats d'analyse

Les résultats d'analyse peuvent être consultés de manière graphique ou par l'intermédiaire de tables en utilisant les diverses commandes de post-traitement du menu *Analyse*. Nous visualiserons les résultats de conception de béton armé, notamment les courbes de résistances en flexion, en cisaillement et compression-flexion de même que les diagrammes d'interactions pour les poteaux.

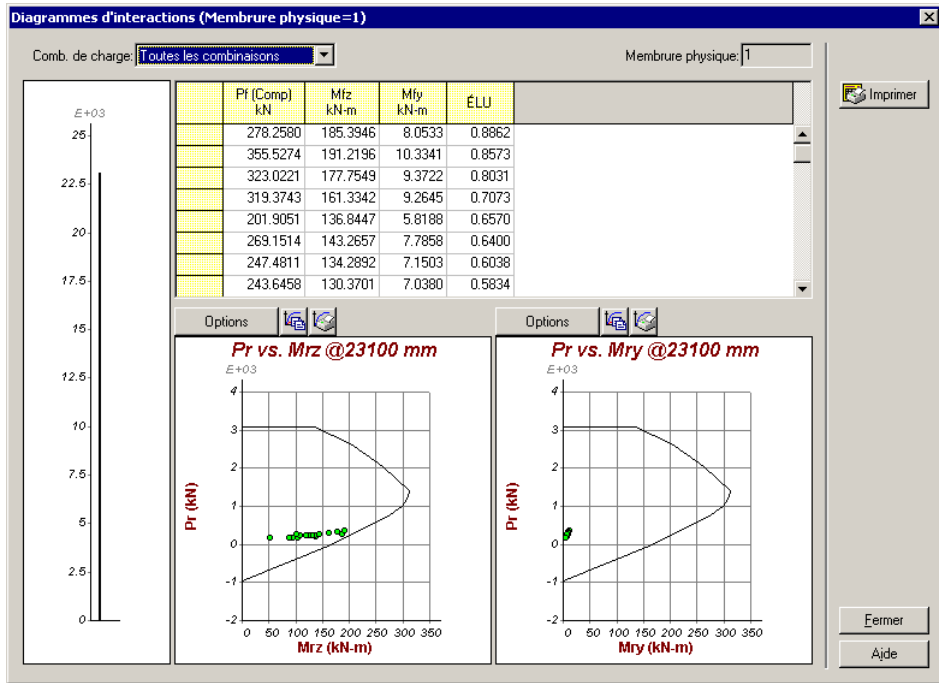
Cliquez sur la commande **Flexion** du sous-menu *Analyse-Graphiques-Béton armé* et ensuite cliquez sur la poutre du premier étage de la structure. La boîte de dialogue suivante présentant les courbes de résistances en flexion de la membrure physique 5 devrait alors s'afficher.



De la même manière, nous pouvons visualiser les courbes de résistances au cisaillement des poutres et de résistances en compression-flexion des poteaux.



Les diagrammes d'interactions peuvent aussi être visualisés par l'intermédiaire de la commande **Diagrammes d'interactions** du sous-menu *Analyse-Graphiques-Béton armé*. Activez cette commande et cliquez sur le poteau de gauche.



Le graphique dans la partie gauche de la boîte de dialogue est utilisé pour déterminer la section critique pour laquelle visualiser les diagrammes d'interactions et les efforts sollicitant le poteau. Lorsque la boîte de dialogue s'ouvre, la section critique à laquelle les états limites sont maximaux est automatiquement sélectionnée.

Notez que, bien que l'analyse 2D donne des moments fléchissants nuls selon l'axe faible, la conception selon l'axe faible est effectuée selon une excentricité minimale telle que recommandé par la norme de conception. Les valeurs du moment fléchissant selon l'axe faible listées dans la boîte de dialogue des résultats correspondent à cette excentricité minimale.