

# FORMATION DE BASE

## Fondamentaux Acier et Béton

Toutes les informations contenues dans ce document sont sujettes à modification sans préavis. Aucune partie de ce manuel ne peut être reproduite, stockée dans une base de données ou un système d'extraction ou publiée, sous quelque forme ou de quelque manière que ce soit, électroniquement, mécaniquement, par impression, impression photo, microfilm ou tout autre moyen sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur. SCIA n'est pas responsable des dommages directs ou indirects dus à des imperfections de la documentation et / ou du logiciel.

© Copyright 2021 SCIA nv. Tous les droits sont réservés.

## Sommaire

<b>Sommaire .....</b>	<b>3</b>
<b>Chapitre 1: Démarrage .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Interface Utilisateur Générale .....</b>	<b>7</b>
1.1.1. La zone graphique .....	7
1.1.2. Les menus principaux.....	7
1.1.3. Le SCIA Spotlight .....	12
1.1.4. La barres de statuts .....	14
1.1.5. Le panneau de propriétés.....	15
1.1.6. La barre de vue (avec le Navicube).....	17
1.1.7. Le panneau de saisie.....	19
1.1.8. Les outils de processus .....	20
<b>1.2. Paramètres généraux d'interface utilisateur.....</b>	<b>22</b>
1.2.1. Environnement.....	22
1.2.2. Autre .....	23
<b>1.3. Paramètres du projet .....</b>	<b>24</b>
1.3.1. Données de base.....	24
1.3.2. Fonctionnalités.....	25
1.3.3. Actions .....	25
1.3.4. Système d'unités .....	26
1.3.5. Protection.....	26
<b>Chapitre 2: Modélisation .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Grille .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2. Vues, activités et calques .....</b>	<b>29</b>
2.2.1. Vues.....	29
2.2.2. Visibilité.....	29
2.2.3. Calques.....	30
<b>2.3. Sélection .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4. Paramètres d'affichage généraux .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. Matériaux .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6. Sections .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7. Eléments 1D.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8. Eléments 2D.....</b>	<b>37</b>
<b>2.9. Panneaux de charge .....</b>	<b>39</b>
<b>2.10. Appuis .....</b>	<b>41</b>
<b>2.11. Blocs catalogue .....</b>	<b>43</b>
<b>2.12. Jarrets .....</b>	<b>44</b>

<b>2.13.</b>	<b>Rotules</b> .....	<b>46</b>
<b>2.14.</b>	<b>Non-linéarité des barres</b> .....	<b>47</b>
<b>2.15.</b>	<b>Sous-sol</b> .....	<b>49</b>
<b>2.16.</b>	<b>Modifier la forme d'un élément</b> .....	<b>51</b>
2.16.1.	Par la fenêtre de propriétés .....	51
2.16.2.	Avec l'action « Edition en tableau » .....	51
2.16.3.	En cliquant et déplaçant graphiquement .....	51
<b>2.17.</b>	<b>Connecter les éléments</b> .....	<b>52</b>
<b>2.18.</b>	<b>Contrôle des données de la structure</b> .....	<b>53</b>
<b>2.19.</b>	<b>Les commandes de modification</b> .....	<b>54</b>
2.19.1.	Copier .....	54
2.19.2.	Copies multiples .....	55
2.19.3.	Miroir .....	56
2.19.4.	Scinder aux points définis .....	56
<b>2.20.</b>	<b>Editions en tableaux (pour la version 32 bits)</b> .....	<b>56</b>
<b>Chapitre 3:</b>	<b>Chargements</b> .....	<b>59</b>
<b>3.1.</b>	<b>Cas de charges</b> .....	<b>59</b>
<b>3.2.</b>	<b>Groupes de charges</b> .....	<b>60</b>
3.2.1.	Groupe de charge de type permanente .....	60
3.2.2.	Groupe de charge de type variable .....	60
<b>3.3.</b>	<b>Combinaisons</b> .....	<b>61</b>
3.3.1.	Combinaisons linéaires .....	62
3.3.2.	Combinaisons automatiques .....	63
3.3.3.	Combinaisons Eurocode .....	64
<b>3.4.</b>	<b>Combinaisons non-linéaires</b> .....	<b>68</b>
<b>3.5.</b>	<b>Classes de résultats</b> .....	<b>70</b>
<b>3.6.</b>	<b>Effort ponctuel</b> .....	<b>70</b>
3.6.1.	Charge concentrée sur le nœud .....	71
3.6.2.	Charge concentrée sur l'élément 1D .....	71
3.6.3.	Charge libre ponctuelle .....	72
<b>3.7.</b>	<b>Charges linéiques</b> .....	<b>75</b>
<b>3.8.</b>	<b>Charges surfaciques</b> .....	<b>76</b>
<b>Chapitre 4:</b>	<b>Calcul</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1.</b>	<b>Maillage</b> .....	<b>77</b>
<b>4.2.</b>	<b>Calcul / Solveur</b> .....	<b>78</b>
<b>Chapitre 5:</b>	<b>Résultats</b> .....	<b>79</b>
<b>5.1.</b>	<b>Contrôle des données</b> .....	<b>79</b>
<b>5.2.</b>	<b>Résultats requis</b> .....	<b>81</b>

5.2.1.	Protocole de calcul .....	81
5.2.2.	Déplacement des nœuds.....	82
5.2.3.	Résultats 3D .....	82
5.2.4.	Résultats par composant .....	82
5.2.5.	Métré .....	83
5.2.6.	Paramétrage du menu de propriétés .....	83
<b>5.3.</b>	<b>Résultats en tableau (qu'en version 32 bits).....</b>	<b>91</b>
<b>5.4.</b>	<b>Aperçu des résultats.....</b>	<b>92</b>
<b>5.5.</b>	<b>Coupe sur élément 2D .....</b>	<b>93</b>
<b>5.6.</b>	<b>Bande de lissage.....</b>	<b>94</b>
<b>5.7.</b>	<b>Bande d'intégration / Elément d'intégration .....</b>	<b>96</b>
<b>Chapitre 6:</b>	<b>Calcul Acier .....</b>	<b>99</b>
<b>6.1.</b>	<b>Configuration Acier.....</b>	<b>99</b>
<b>6.2.</b>	<b>Paramètres de flambement.....</b>	<b>100</b>
6.2.1.	Calcul du flambement par défaut.....	100
6.2.2.	Groupes de flambement .....	102
<b>6.3.</b>	<b>Données de contrôle d'élément.....</b>	<b>104</b>
<b>6.4.</b>	<b>Contrôle ELU .....</b>	<b>107</b>
6.4.1.	Sorties graphiques .....	107
6.4.2.	Aperçu.....	108
6.4.3.	Sorties en tableau (sur la v32 bits uniquement) .....	109
<b>6.5.</b>	<b>Contrôle ELS .....</b>	<b>110</b>
<b>6.6.</b>	<b>Autodesign global.....</b>	<b>111</b>
<b>6.7.</b>	<b>Assemblages .....</b>	<b>116</b>
<b>Chapitre 7:</b>	<b>Calcul Béton .....</b>	<b>119</b>
<b>7.1.</b>	<b>Configuration Béton .....</b>	<b>119</b>
<b>7.2.</b>	<b>Efforts internes recalculés .....</b>	<b>120</b>
<b>7.3.</b>	<b>Ferraillage défini .....</b>	<b>122</b>
<b>7.4.</b>	<b>Ferraillage requis .....</b>	<b>124</b>
7.4.1.	Eléments 1D .....	124
7.4.2.	Surfaces (Eléments 2D).....	125
<b>7.5.</b>	<b>Ferraillage utilisateur.....</b>	<b>128</b>
7.5.1.	Eléments 1D .....	128
7.5.2.	Surfaces (Eléments 2D).....	132
<b>7.6.</b>	<b>Contrôle ELU &amp; ELS 1D.....</b>	<b>134</b>
7.6.1.	Réponse en capacité .....	134
7.6.2.	Diagramme en capacité.....	134

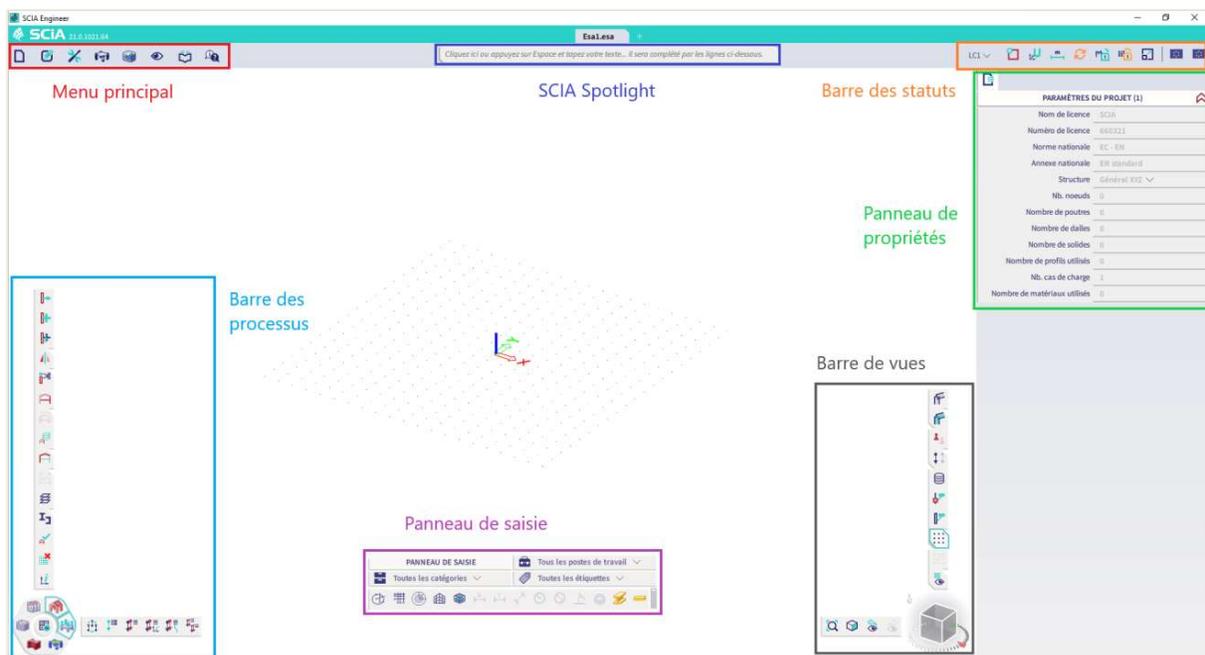
7.6.3.	Effort tranchant + Torsion .....	135
7.6.4.	Limites de contraintes .....	135
7.6.5.	Fissuration .....	136
7.6.6.	Flèche .....	137
<b>7.7.</b>	<b>Vérification avec fissuration 2D .....</b>	<b>138</b>
<b>7.8.</b>	<b>Vérification au poinçonnement .....</b>	<b>142</b>
<b>7.9.</b>	<b>Déformation à long terme avec fissuration .....</b>	<b>144</b>
<b>Chapitre 8:</b>	<b>Rapport .....</b>	<b>145</b>
<b>8.1.</b>	<b>Interface Générale.....</b>	<b>145</b>
<b>8.2.</b>	<b>Mise en page générale.....</b>	<b>146</b>
8.2.1.	Mise en page .....	146
8.2.2.	Saut de page et format de page .....	147
8.2.3.	Entête et pied de page.....	148
8.2.4.	Chapitre .....	149
8.2.5.	Texte formaté.....	149
<b>8.3.</b>	<b>Ajout d'images .....</b>	<b>150</b>
8.3.1.	Copie d'écran ou images live.....	150
8.3.2.	Boite d'entrée (Inbox) .....	152
8.3.3.	Galerie d'images .....	152
8.3.4.	Espace papier .....	154
8.3.5.	Générer les images .....	155
<b>8.4.</b>	<b>Gestion de la note .....</b>	<b>157</b>
8.4.1.	Gabarit de notes .....	157
8.4.2.	Export.....	159
8.4.3.	Impression .....	160

## Chapitre 1: Démarrage

Ce chapitre donne une vue générale de SCIA Engineer. Il contient l'interface générale, les options, et les paramètres du projet.

### 1.1. Interface Utilisateur Générale

L'interface Utilisateur Générale (GUI) de SCIA Engineer comporte les éléments suivants : la zone graphique, menu principal, le menu contextuel, le SCIA spotlight, la barre de statuts, le panneau de propriétés, la barre de vues (avec le Navicube), le panneau de saisie et les outils de processus..



#### 1.1.1. La zone graphique

La zone graphique prend la totalité de l'écran. Les autres éléments de l'interface sont présentés en partie haute de la zone graphique. Certains de ces éléments sont placés à un endroit fixe, d'autres peuvent être déplacés.

#### 1.1.2. Les menus principaux

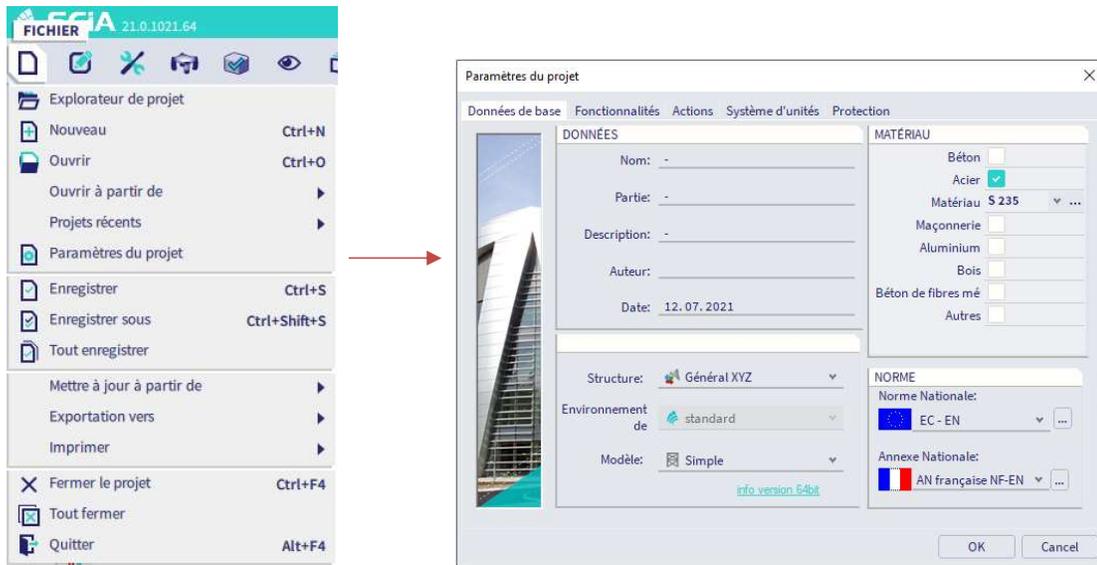
Les menus principaux sont situés en haut à gauche de l'écran (partie fixe). Ce menu contient toutes les fonctions en liaison avec une action et est très proche du panneau de saisie (qui contient toutes les fonctions liées à la saisie).

Pour chaque fonctionnalité du menu principal, il est possible d'assigner un raccourci en cliquant à droite et en saisissant le raccourci.



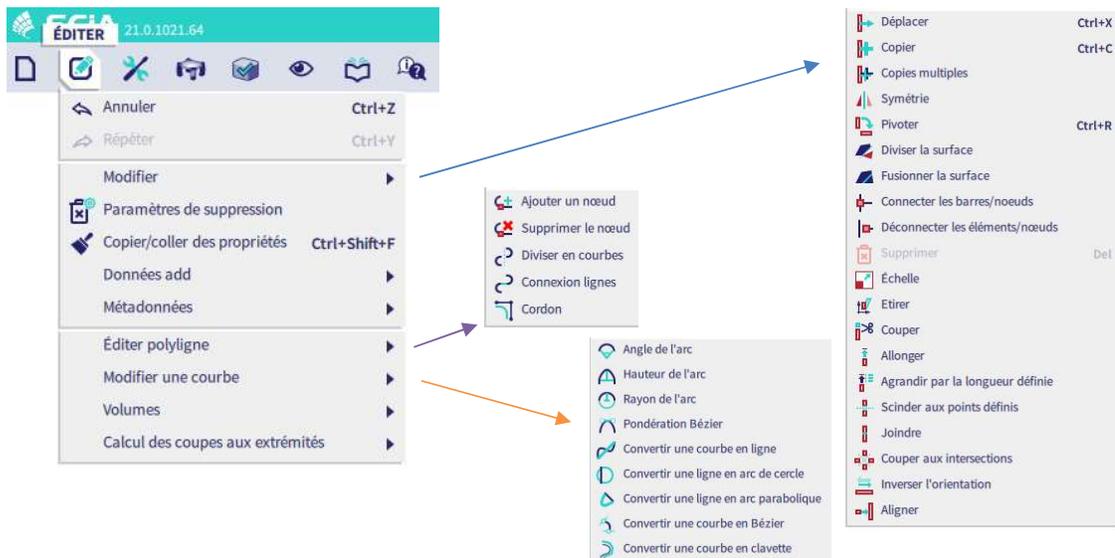
▪ Menu Fichier

Avec ce menu, vous pouvez gérer vos fichiers (créer, ouvrir, sauvegarder, importer, mettre à jour, exporter, fermer), accéder aux paramètres du projet, et quitter SCIA Engineer.



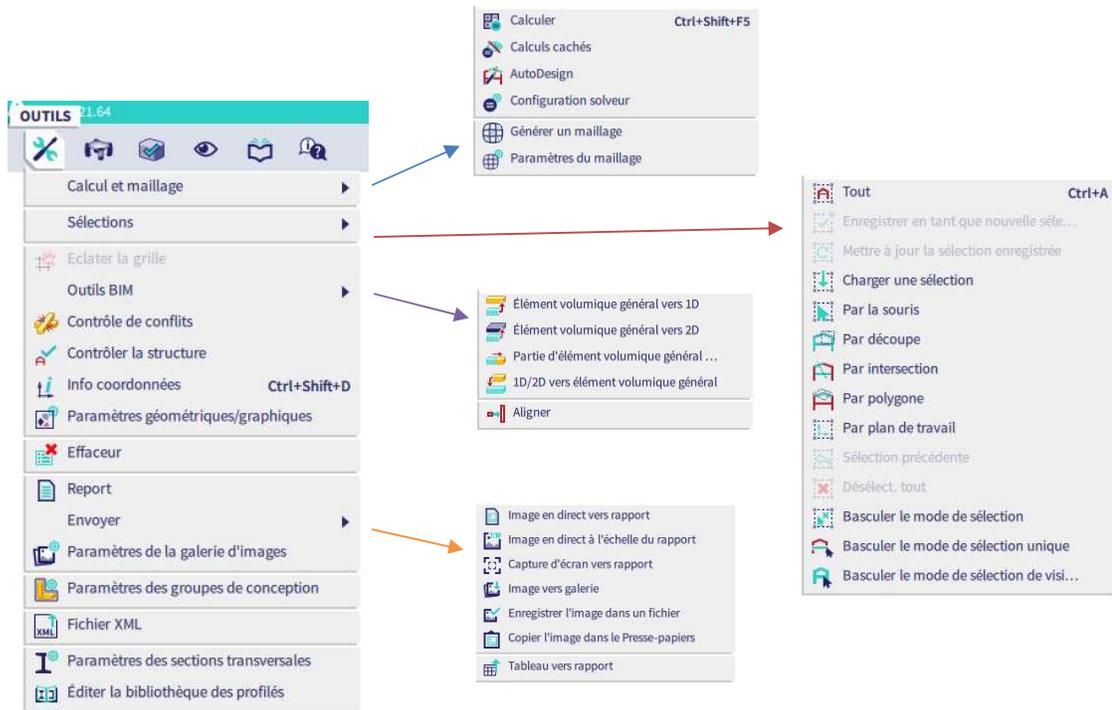
▪ Menu Editer

Avec ce menu, vous pouvez modifier (déplacer, copier, tourner, ...) les objets, les propriétés, ajouter des données et métadonnées. Vous pouvez éditer des polygones, des courbes et calculer les découpes des éléments.



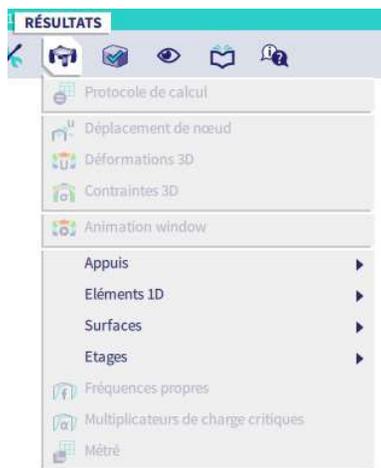
- Menu Outils

Ce menu contient divers outils, comme le calcul et le maillage, des outils pour les modes de sélection, les outils BIM, les infos coordonnées, des outils pour créer et remplir les notes de calcul, ...



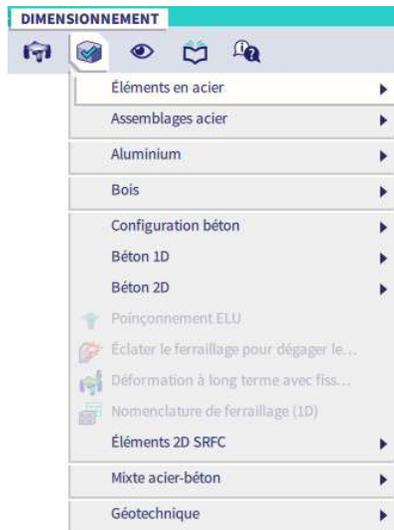
- Menu Résultats

Ce menu donne accès aux résultats (solveur) qui sont disponibles après le calcul de la structure.



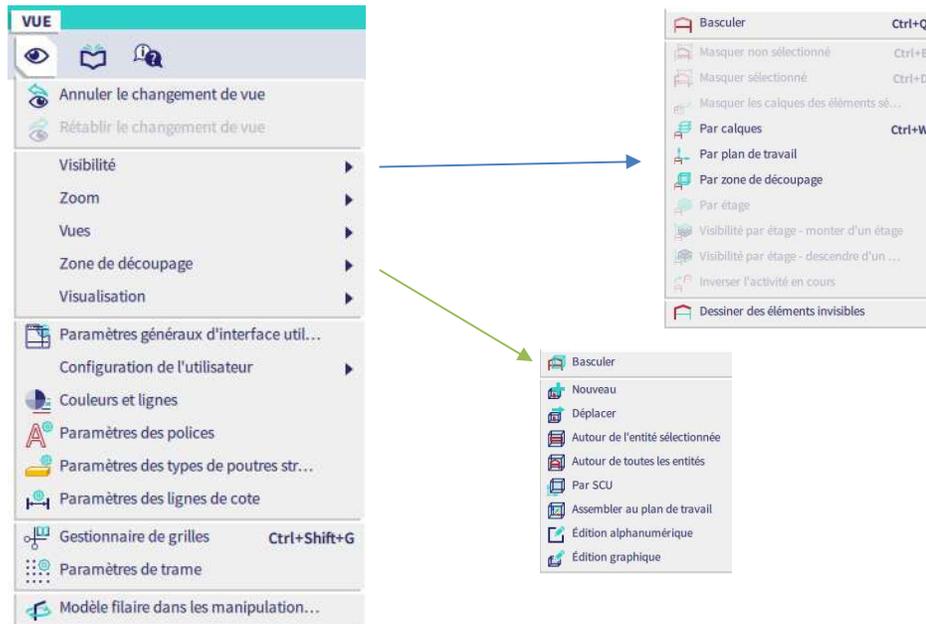
- **Menu Dimensionnement**

Ce menu donne accès à toutes les caractéristiques pour la conception et le contrôle des éléments et assemblages métalliques, des éléments en aluminium, des éléments en bois, des éléments 1D et 2D en béton, des éléments mixtes, ...



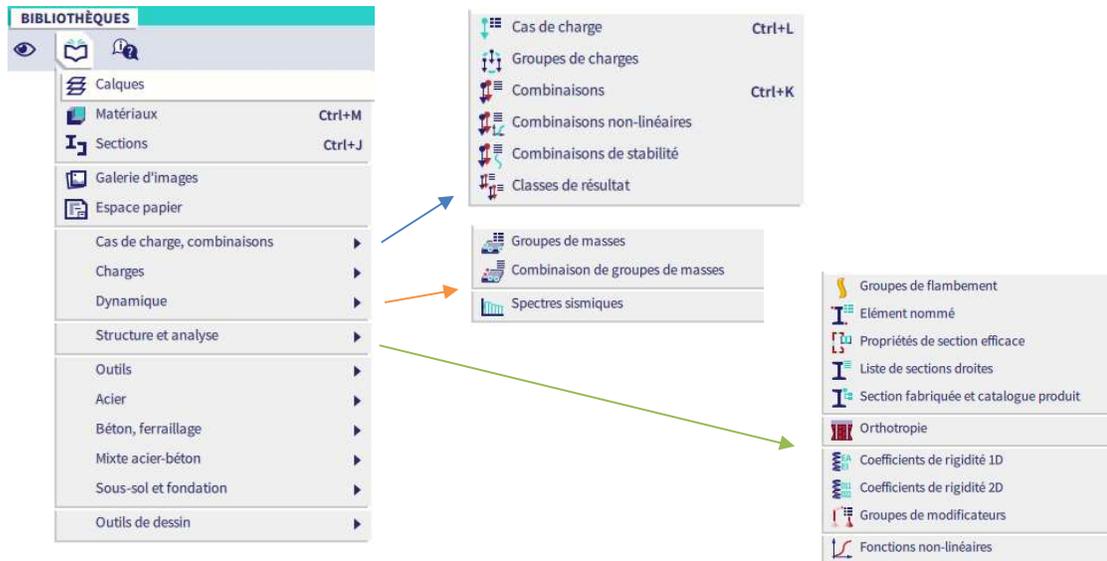
- **Menu Vue**

Dans le menu « Vue », on trouve toutes les caractéristiques pour les paramètres de vues (anciennement « Activité »), les zones de découpage, les paramètres généraux d'interface, les couleurs et lignes, le gestionnaire de grilles et les paramètres de trame, ...



- **Menu Bibliothèques**

Le menu « Bibliothèque » est très important et très large car il contient les liens vers toutes les bibliothèques qui sont liées à SCIA Engineer. Lorsque vous travaillez sur un projet, alors les éléments de la bibliothèque nécessaires sont toujours copiés et sauvegardés dans ce projet.



- **Menu Aide**

Le menu « Aide » offre un lien vers les tutoriels de prise en main (béton, acier, ...) et un lien direct vers les pages d'aide en ligne de SCIA Engineer. Avec l'option « Partagez votre écran », vous pouvez partager votre écran avec notre équipe support.



### 1.1.3. Le SCIA Spotlight

Le SCIA Spotlight se trouve en haut et au milieu de l'écran (emplacement fixe) :

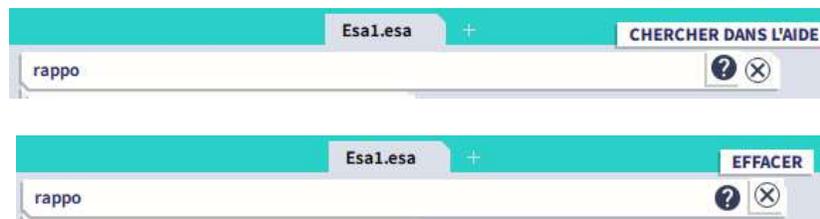


Le SCIA Spotlight a plusieurs fonctions :

- **Rechercher une commande spécifique**



Dans le SCIA Spotlight, il y a deux boutons : vous pouvez rechercher la commande saisie dans l'aide en ligne, et vous pouvez effacer la commande saisie :



- **Ajouter un raccourci à une commande spécifique**

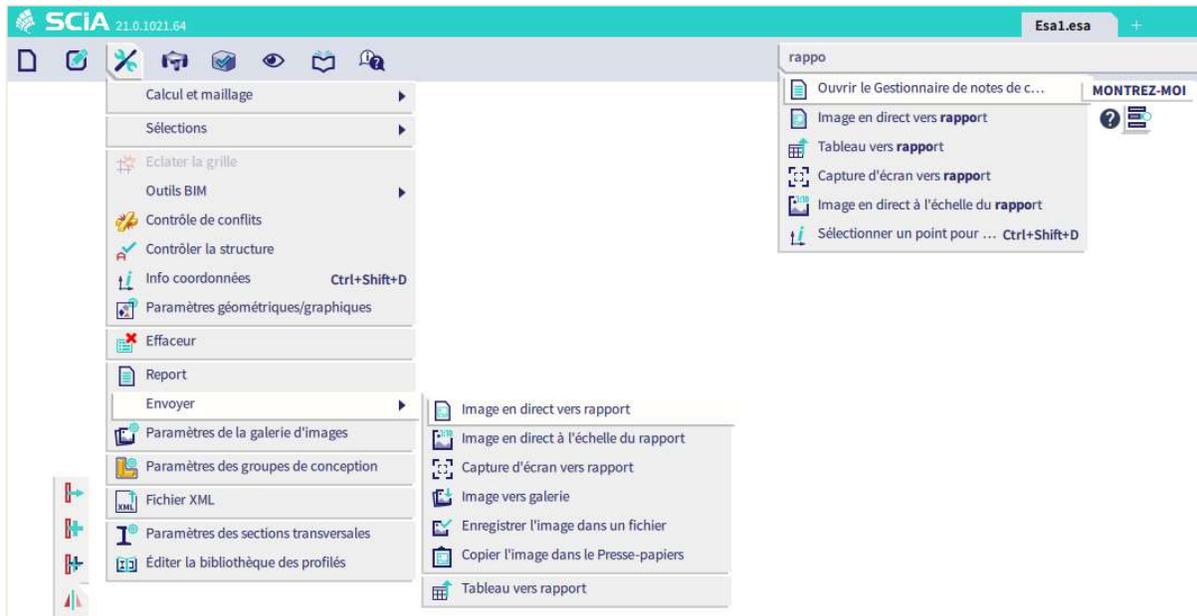
En cliquant sur le côté droit de la fenêtre, une ligne bleue apparaît en partie basse, et elle permet de définir un raccourci pour une commande spécifique :



Il y a deux boutons disponibles pour chaque commande : vous pouvez rechercher dans l'aide en ligne pour voir toutes les informations disponibles sur cette commande :



Vous pouvez également utiliser le bouton « Montrez-moi » pour voir où est située cette commande dans le menu principal. Dans ce cas, le menu principal est automatiquement ouvert, et la commande est en surbrillance :



- **Champs de saisie**

Les informations dans le SCIA Spotlight vous guidera à travers les différentes étapes lorsque vous exécutez une commande. C'est aussi un endroit pour saisir des données (comme par exemple les coordonnées X, Y et Z d'un point, ...) et il propose un menu contextuel (comme par exemple pour changer un type de ligne, droite vers une forme parabolique, ...) :

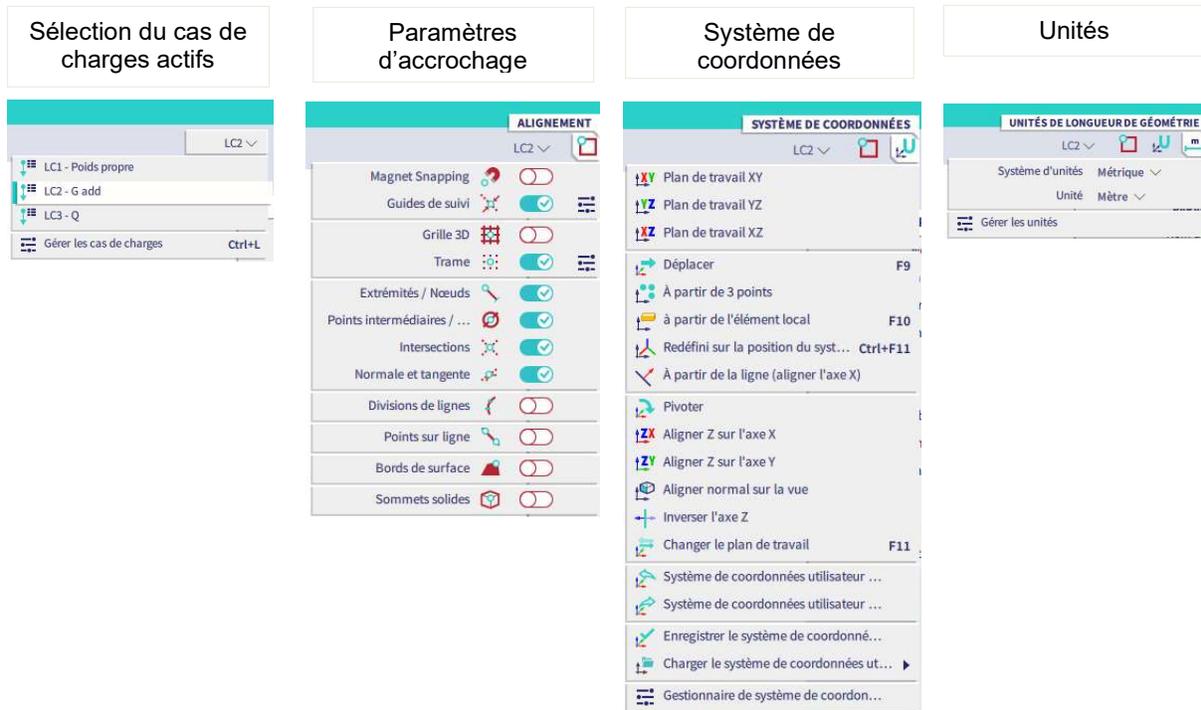


### 1.1.4. La barres de statuts

La barre des statuts se trouve en haut à droite de l'écran (emplacement fixe).



Cette barre contient les éléments pour sélectionner les cas de charges actifs, ou pour configurer les paramètres d'accrochage, les systèmes de coordonnées, les unités, ...



L' « Actualisation automatique » peut être utilisée pour afficher automatiquement les résultats lorsqu'une propriété de résultat est modifiée.



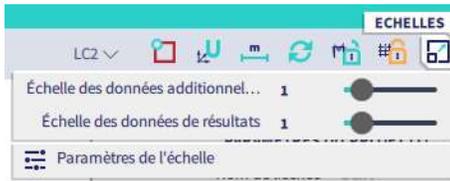
Le « Verrouillage des résultats » peut être utilisé pour bloquer les résultats en cours. Les résultats ne seront pas effacés lorsque les données (qui affecteront les résultats) du projet seront changées.



Le mode « Grille » peut être utilisé pour rendre possible l'édition de grilles. Une grille ne peut normalement (mode grille : désactivé) être utilisée que pour les points d'accrochage. Mais, lorsque vous souhaitez éditer la grille, le mode grille doit être activé.



Les paramètres d'échelle pour les données d'entrée (par exemple la taille des symboles d'appuis, la longueur des flèches pour les charges, ...) et pour les résultats (par exemple la taille des diagrammes de résultats, ...) peuvent être modifiés.



Les paramètres pour la norme et l'annexe nationale peuvent être définis :



### 1.1.5. Le panneau de propriétés

Le panneau de propriétés est situé, par défaut, sur le côté droit de l'écran (mais peut être déplacé comme souhaité).

La fenêtre de propriétés affiche toutes les propriétés de la sélection. Vous pouvez facilement vérifier ou modifier les propriétés via cette fenêtre.

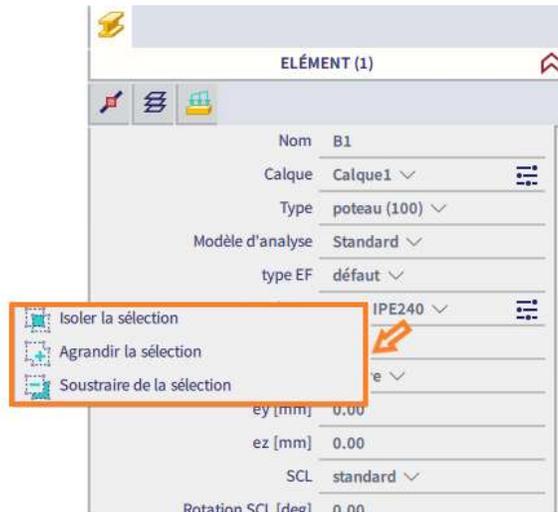
Les icônes montrent la liste des éléments sélectionnés.

Cliquer sur une icône pour visualiser les propriétés de cette entité.  
Glisser l'icône dans la poubelle pour désélectionner cette entité :

Les icônes montrent la liste des éléments liés aux éléments sélectionnés.

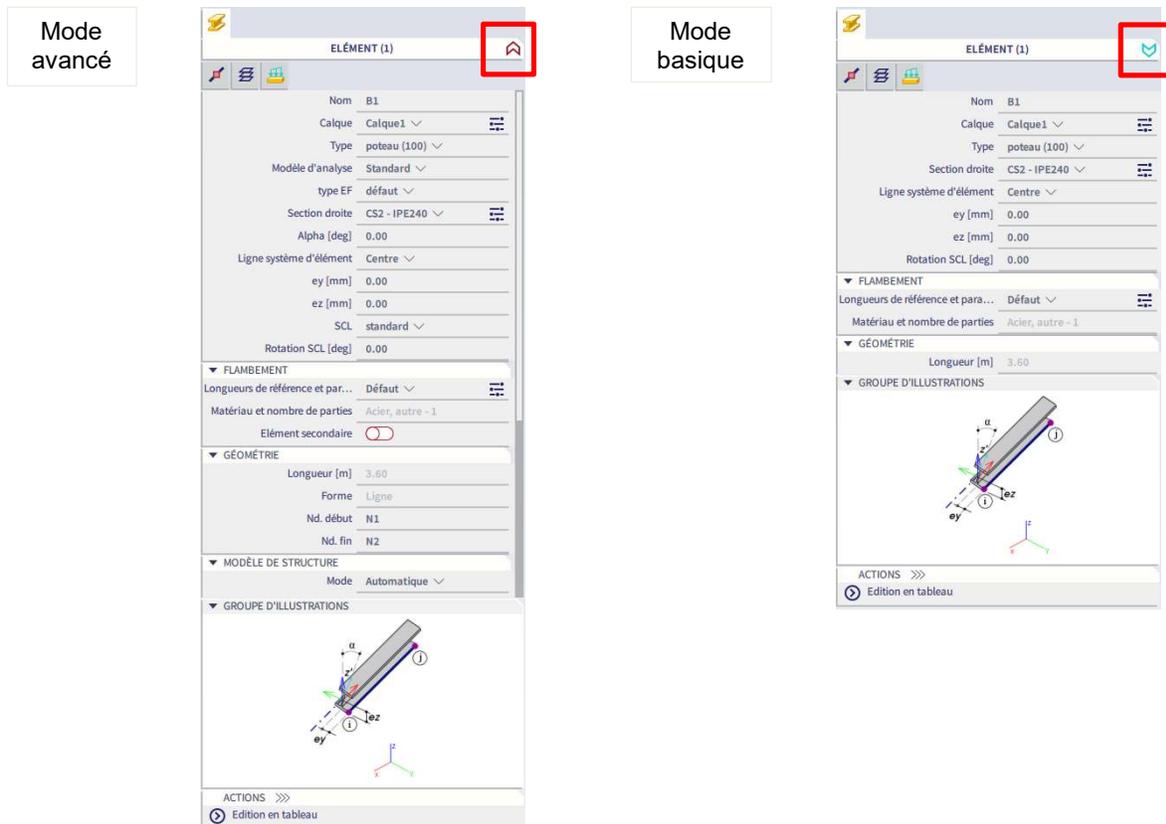
Les propriétés des éléments « liés » sont visibles et peuvent être modifiées.

Un clic droit sur une propriété permet de modifier la sélection en cours. Il est possible d'**isoler** les éléments en fonction d'une propriété qu'ils partagent, ou on peut **agrandir** la sélection en cours et ajouter tous les éléments ayant cette même propriété, ou encore **soustraire** de la sélection tous les éléments ayant cette propriété.



Il est possible de réduire / augmenter le nombre de propriétés qui sont présentés pour un élément particulier. La liste des propriétés peut être présentée en **mode basique** (avec quelques propriétés uniquement) ou en **mode avancé** (avec toutes les propriétés visibles).

En cliquant sur la flèche en haut à droite du panneau de propriétés, vous pouvez switcher entre ces deux modes.

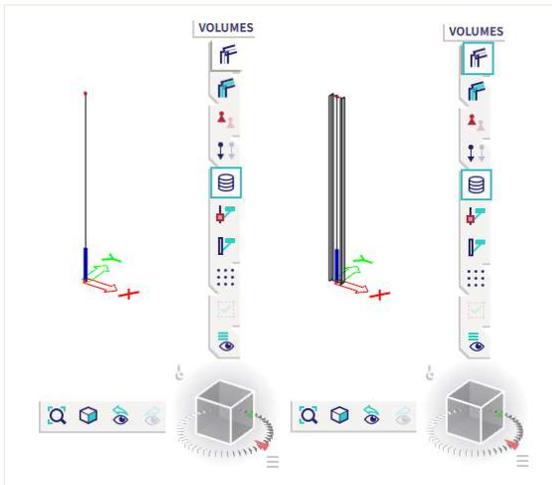


### 1.1.6. La barre de vue (avec le Navicube)

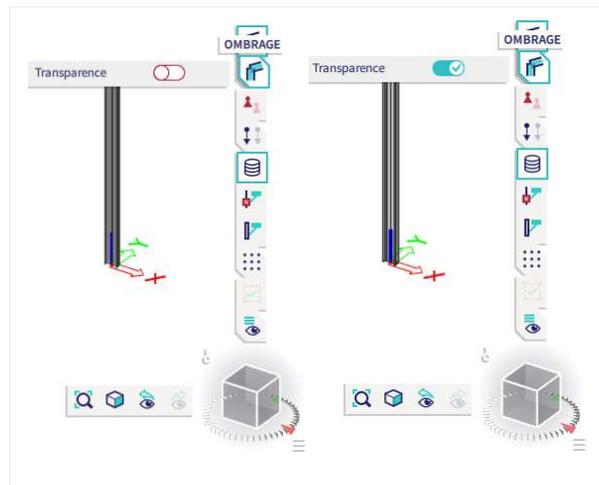
La barre de vues et le Navicube se trouvent en bas à droite de l'écran (emplacement fixe).

Les raccourcis de visibilité permettent un ajustement rapide des paramètres de vues. Les images suivantes présentent une représentation graphique de toutes les options.

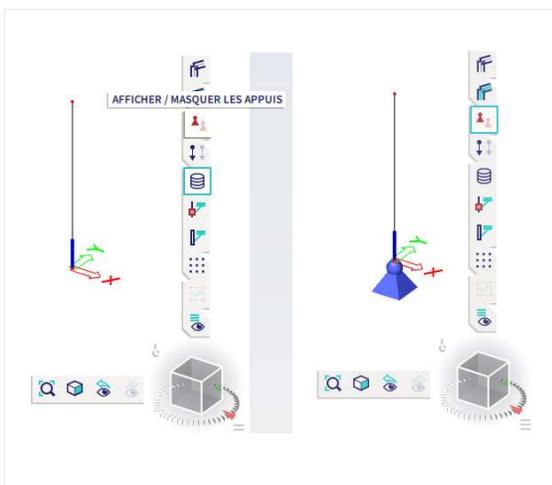
Volumes désactivé ou activé



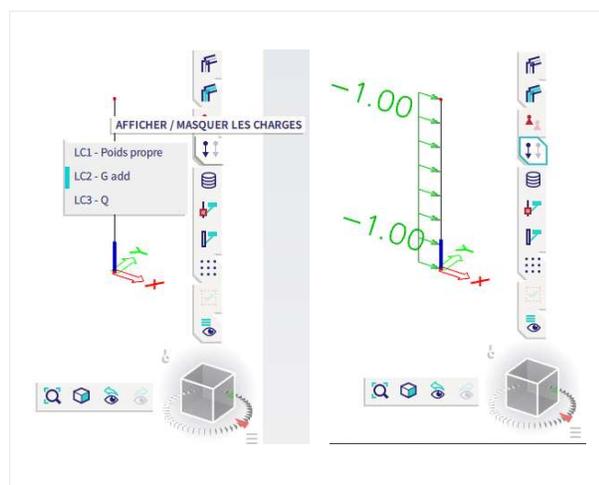
Rendu / Ombrage activé  
Transparence désactivé ou activé



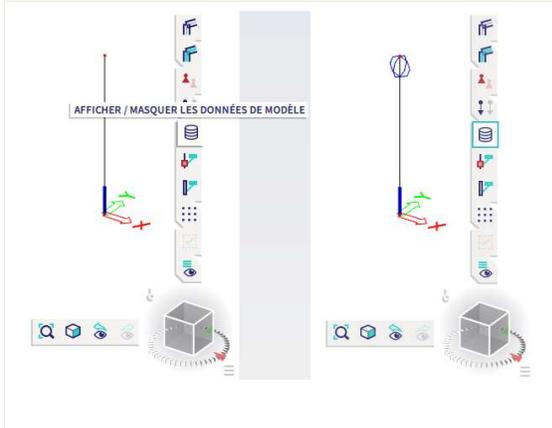
Symboles d'appuis désactivé ou activé



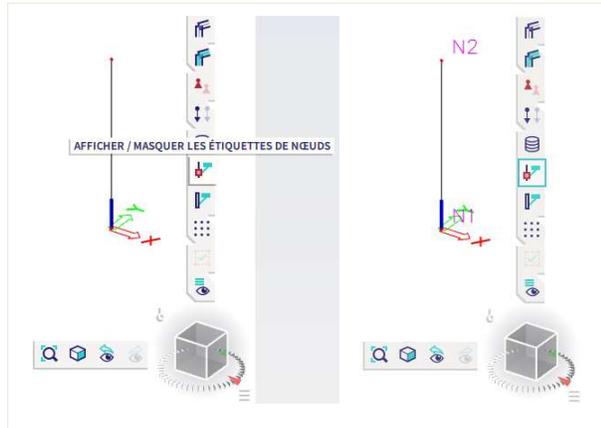
Sélection du cas de charges  
Symboles de charges désactivé ou activé



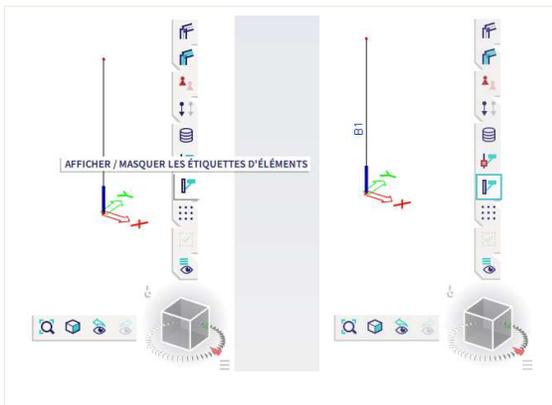
Données du modèle désactivé ou activé



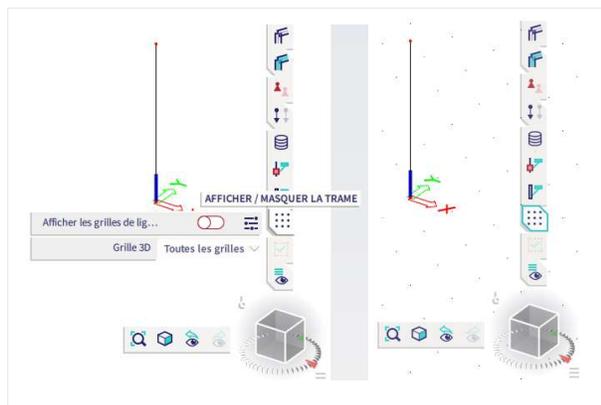
Étiquettes de nœuds désactivé ou activé



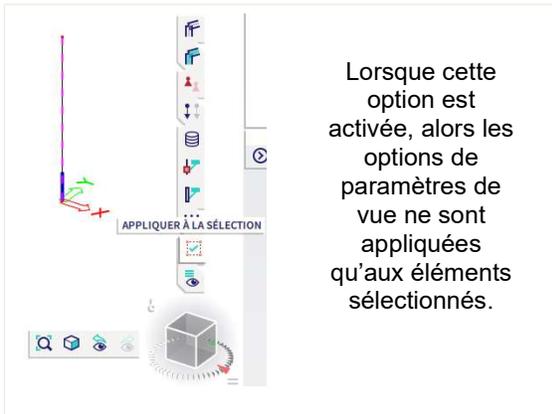
Étiquettes d'éléments désactivé ou activé



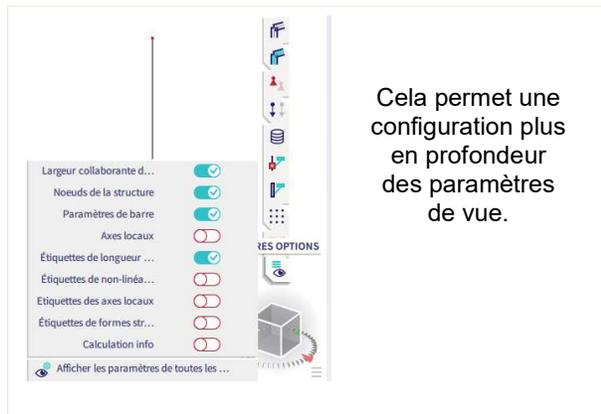
Trame désactivé ou activé



Appliquer à la sélection désactivé ou activé



Autres options



### 1.1.7. Le panneau de saisie

Le panneau de saisie se trouve, par défaut, au milieu en bas de l'écran, mais il peut être déplacé comme souhaité

Le panneau de saisie est l'élément cœur qui fournit tous les outils nécessaires à la création du modèle.



Plusieurs filtres permettent de n'afficher que les options nécessaires.

Vous pouvez filtrer (en même temps) par postes de travail, catégories et par étiquettes.

Filtre par poste de travail = Charges

Puis filtrer par catégorie = charges linéiques



Avec le menu hamburger, il est possible de configurer le panneau de saisie : avec le « Mode icône », vous pouvez switcher entre les icônes et les icônes + leurs descriptions, et avec « Afficher les en-têtes des catégories » vous pouvez afficher ou non les en-têtes des catégories.

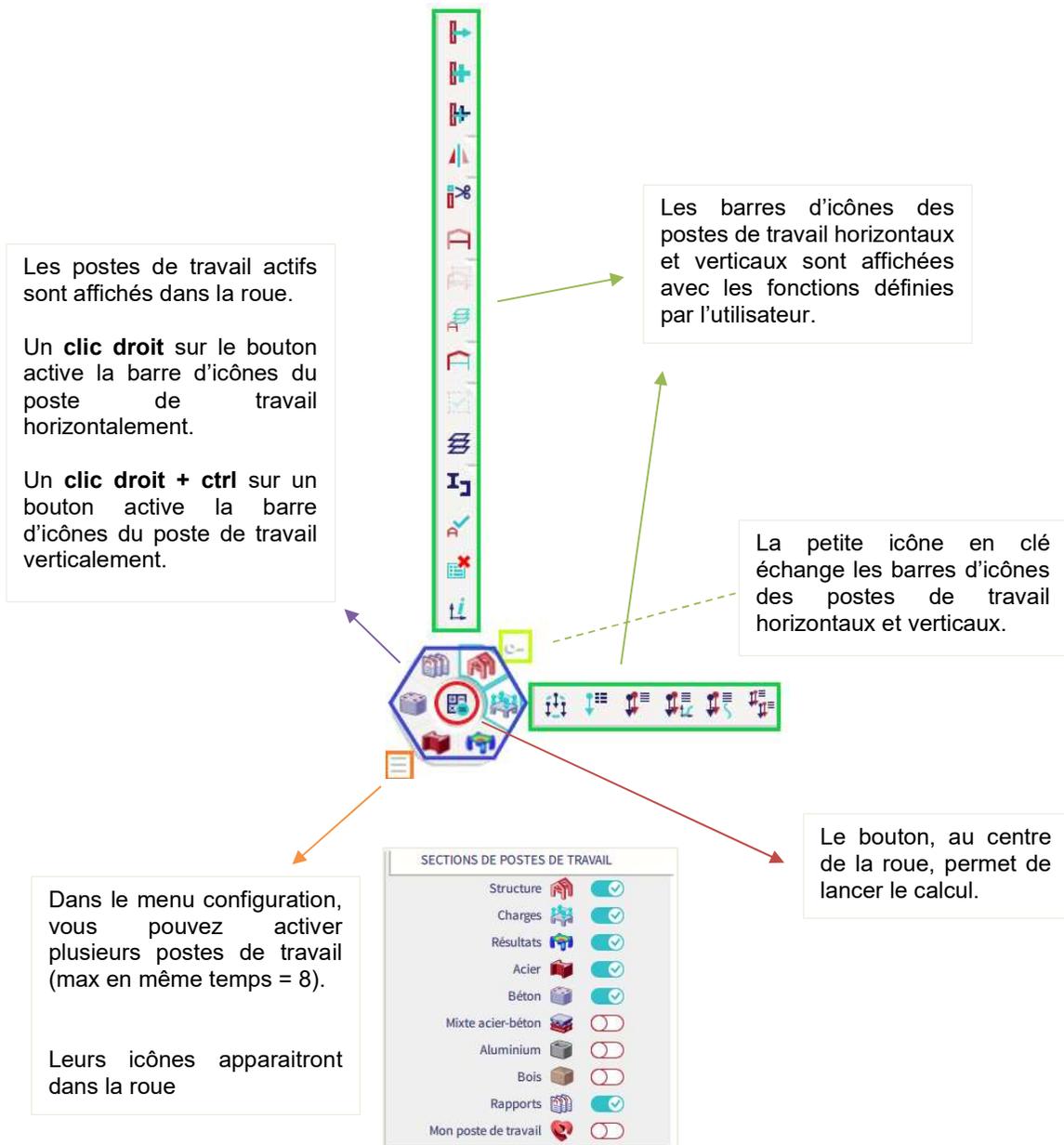


### 1.1.8. Les outils de processus

Les outils de processus se trouvent, par défaut, en bas à gauche de l'écran, mais ils peuvent être déplacés comme souhaité.

La barre des processus est l'élément principal qui vous permet de totalement personnaliser l'interface utilisateur graphique de SCIA Engineer.

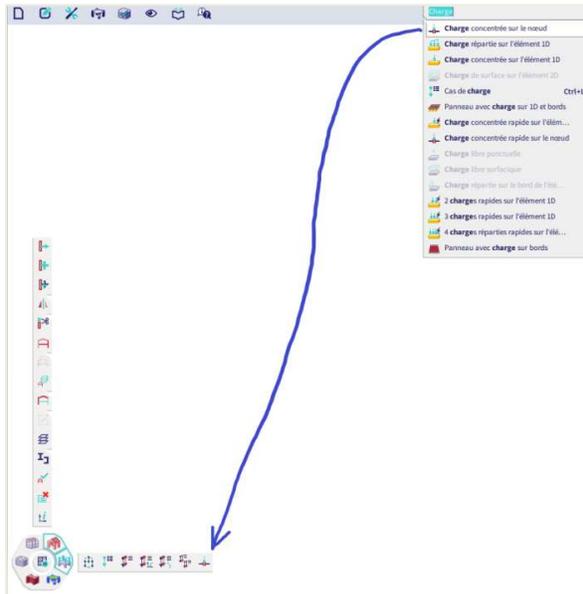
Il se compose de « postes de travail », qui représentent les étapes logiques du workflow normal de saisie d'un projet.



- **Ajouter un élément à la barre d'icône d'un poste de travail**

Ajouter un élément à la barre d'icône d'un poste de travail peut se faire en glissant-déposant une commande depuis le **menu principal** ou depuis le **SCIA spotlight**.

Par exemple, glisser depuis le SCIA Spotlight :



L'icône peut être déposée ...

... à droite d'une icône existante :



... ou à gauche d'une icône existante :



... ou au-dessus d'une icône existante,



ce qui crée dans ce dernier cas une barre d'icônes empilées :



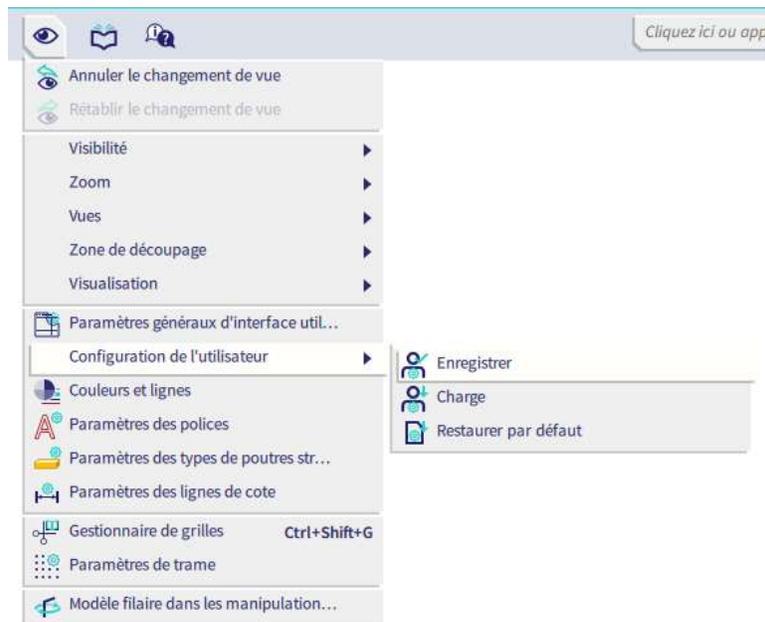
- **Supprimer un élément de la barre d'icônes d'un poste de travail**

Supprimer une icône depuis la barre d'icônes d'un poste de travail, peut être fait en glissant-déposant cette icône dans la corbeille.



- **Sauvegarder la configuration de ces outils de processus**

La configuration des outils de processus peut être enregistrée dans un fichier de configuration par le menu principale Vue / Configuration de l'utilisateur. Cela vous permet de créer plusieurs configurations (en fonction du type de projet), ou de migrer vos paramètres à un autre ordinateur, ou sur une autre version de SCIA Engineer.



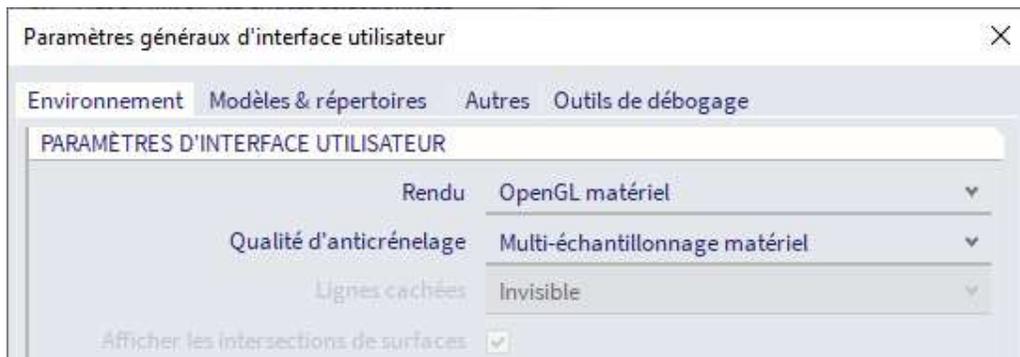
## 1.2. Paramètres généraux d'interface utilisateur

Dans ce chapitre, sont expliqués les paramètres les plus importants du paramétrage global de l'interface utilisateur. Vous trouverez ces paramètres dans le menu principal « **Vue** ».

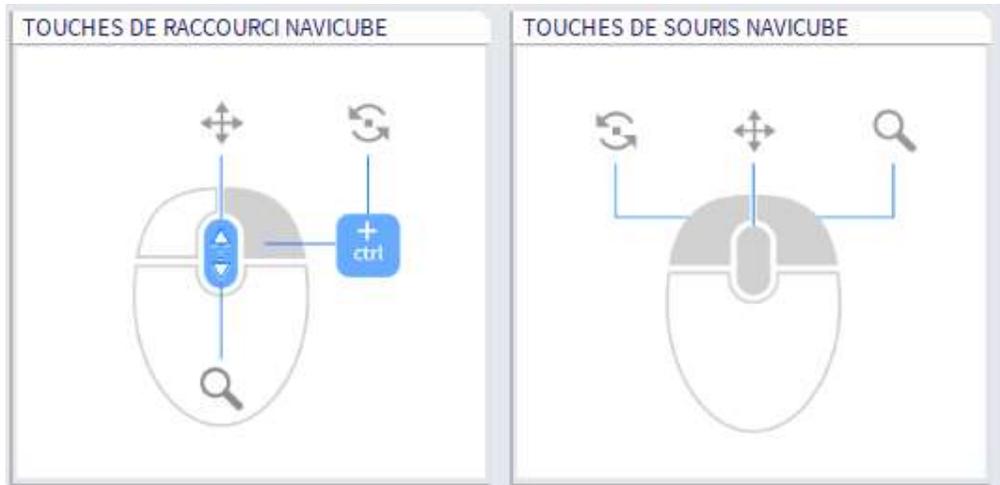
### 1.2.1. Environnement

Dans l'onglet « Environnement », les paramètres suivants peuvent être choisis :

- Vous pouvez modifier le rendu et la qualité d'anticrénelage. Si la carte graphique de votre ordinateur pose souci avec le rendu, ces paramètres doivent être diminués.

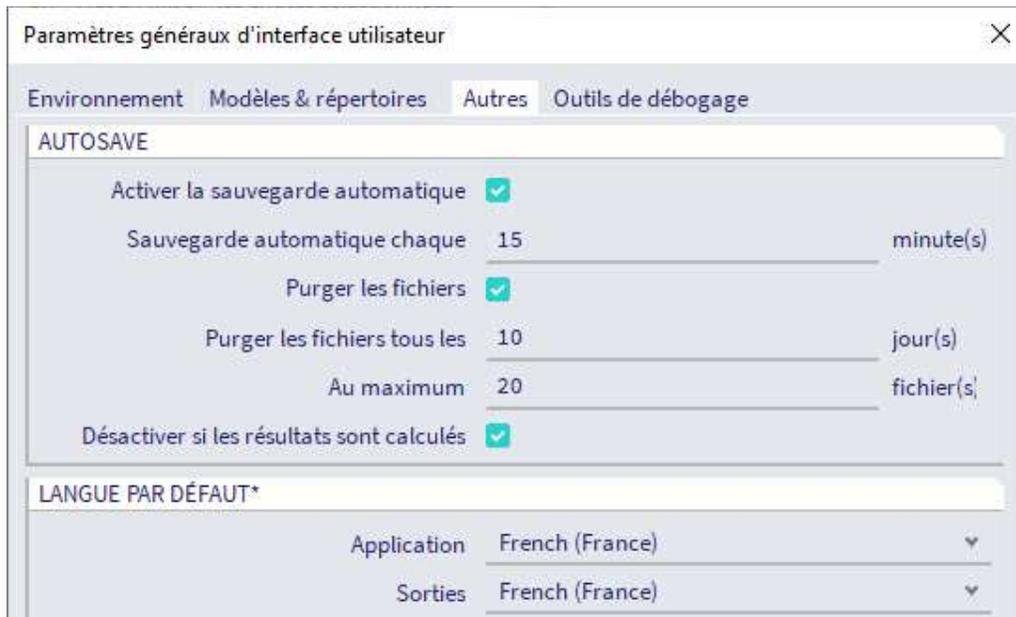


- Vous avez les raccourcis par le clavier ou par la souris du Navicube :



### 1.2.2. Autre

Dans l'onglet « Divers », vous pouvez choisir la langue utilisée par SCIA Engineer. L'interface et les sorties peuvent avoir des langages différents.



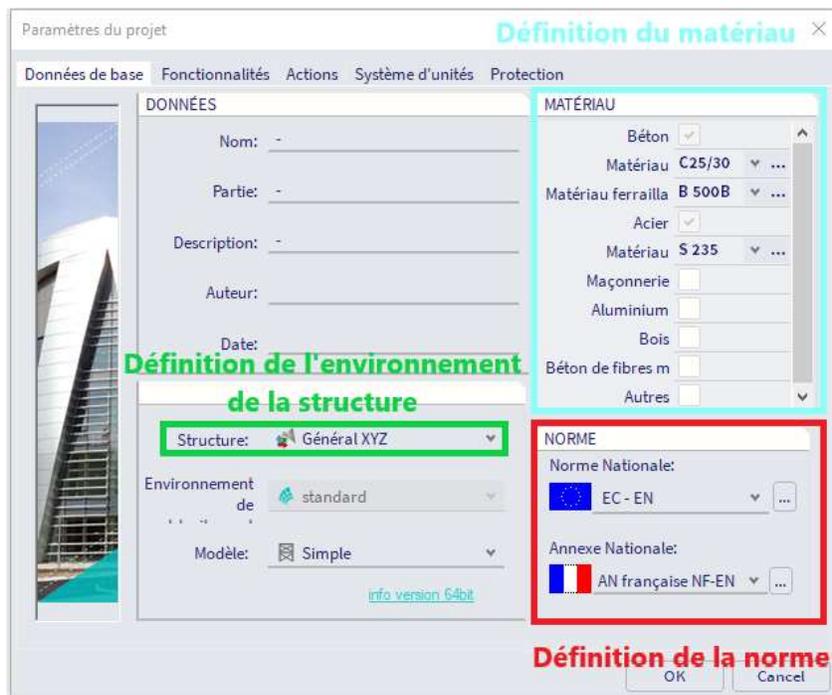
**Note :** Seules les langues installées sont présentées ici. Il vous faut aussi le module « Langue » pour pouvoir les utiliser.

### 1.3. Paramètres du projet

La première chose à faire pour démarrer un nouveau projet, est de définir les paramètres du projet. La fenêtre des paramètres du projet se trouve dans le menu « Fichier » et est composée des onglets suivants : « Données de base », « Fonctionnalités », « Actions », « Système d'unités », « Protection ».

#### 1.3.1. Données de base

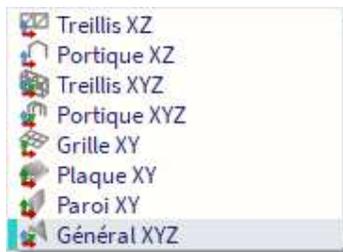
L'onglet « données de base » permet de définir quelques données particulières au projet.



**Matériau** : choisir les matériaux que vous souhaitez utiliser dans le projet ainsi que les valeurs de qualité par défaut.

**Norme** : sélectionner la norme et l'annexe nationale que vous voulez appliquer.

**Environnement de la structure** :



Treillis XZ	Uniquement les éléments 1D, en environnement 2D, effort axial seul
Portique XZ	Uniquement les éléments 1D, en environnement 2D
Treillis XYZ	Uniquement les éléments 1D, en environnement 3D, effort axial seul
Portique XYZ	Uniquement les éléments 1D, en environnement 3D
Grille XY	Grille horizontale
Plaque XY	Eléments 1D, éléments 2D, environnement 2D (horizontal)
Paroi XY	Eléments 1D, éléments 2D, environnement 2D (vertical)
Général XYZ	Tout

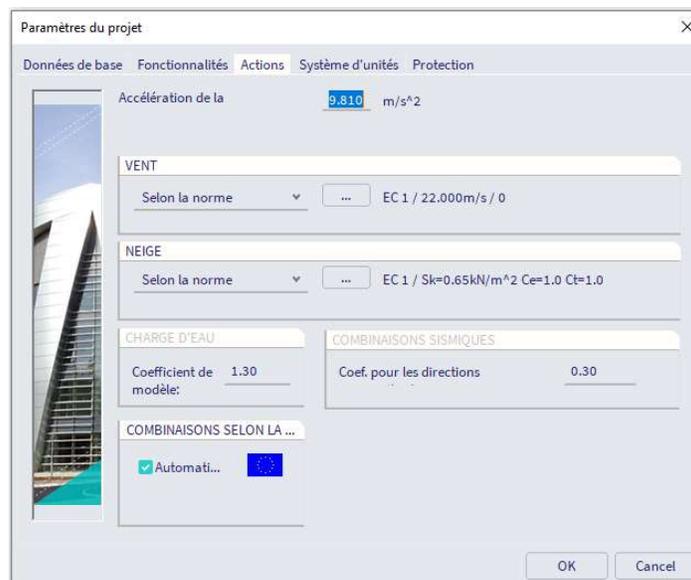
### 1.3.2. Fonctionnalités

Dans l'onglet « Fonctionnalités », vous devez vérifier les fonctions que vous voulez utiliser dans SCIA Engineer. Depuis SCIA Engineer 18, le programme prend en compte automatiquement quelques fonctionnalités de base dans les données d'entrée.



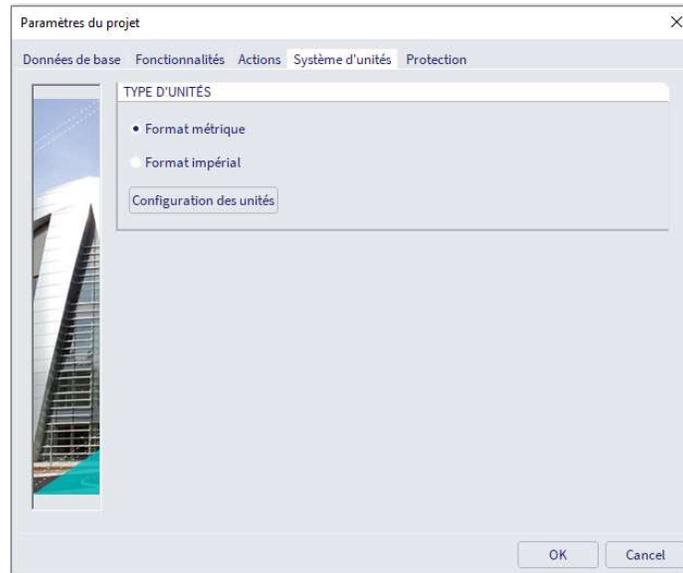
### 1.3.3. Actions

Dans cet onglet, vous pouvez définir l'accélération de la pesanteur, le chargement de vent, de neige, les coefficients de modèle pour les charges d'eau, les coefficients pour les directions concomitantes dans le cas des combinaisons sismiques, et les combinaisons automatiques de la norme.



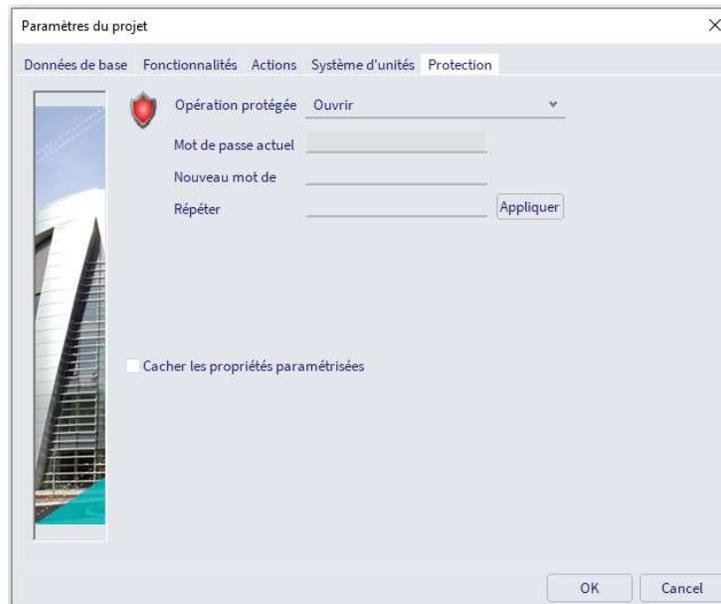
### 1.3.4. Système d'unités

Dans cet onglet, vous pouvez choisir les unités utilisées dans le projet.



### 1.3.5. Protection

Cet onglet vous permet de saisir un mot de passe pour protéger le projet.



## Chapitre 2: Modélisation

### 2.1. Grille

Pour insérer une grille et/ou des étages, cliquer sur « Grilles et étages » dans l'arborescence.

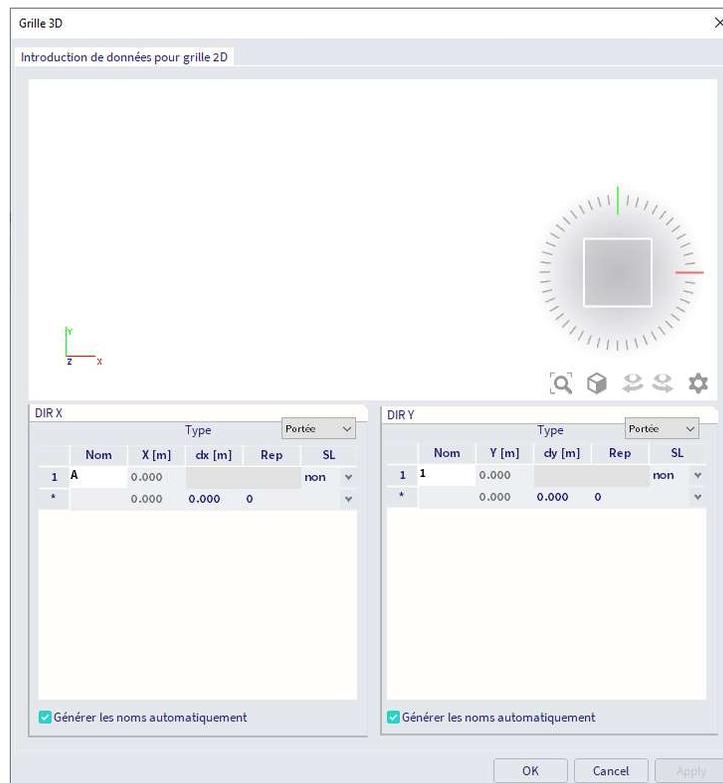


#### Grille de lignes libres

En utilisant cette option, vous pouvez dessiner des lignes libres pour créer une grille ou en ajouter à une grille existante.

#### Grille orthogonale

Dans ces fenêtres, vous devez définir les distances  $dx$  et  $dy$  entre deux lignes de la grille et la quantité de lignes souhaitées (Rep).

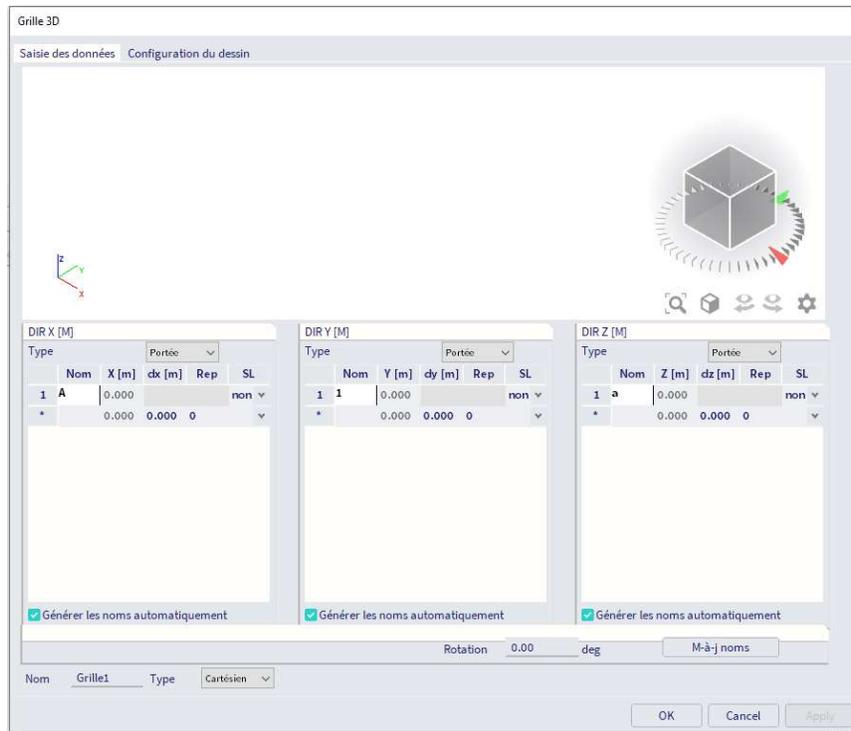


#### Grille radiale

Pour saisir une grille circulaire, il vous faut définir une distance  $dx$  et une rotation  $dy$ .

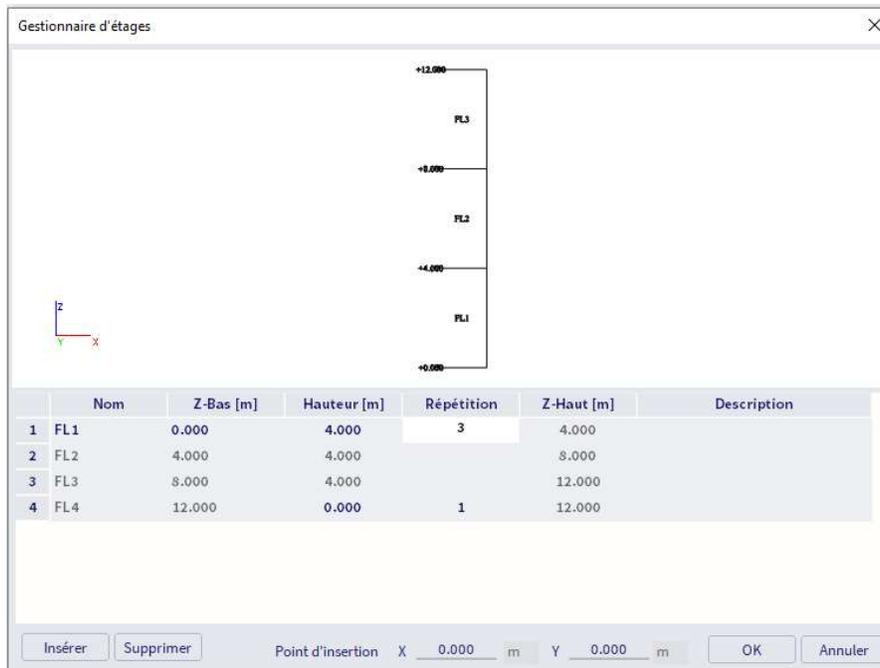
#### Grille de lignes 3D

Dans ces fenêtres, vous devez définir les distances  $dx$ ,  $dy$  et  $dz$  entre deux lignes de la grille et la quantité de lignes souhaitées (Rep).



## Etages

Vous pouvez définir différents étages et choisir quels éléments sont assignés à ces étages.



## 2.2. Vues, activités et calques

### 2.2.1. Vues

Il existe deux façons de changer les vues dans le modèle.

#### **En utilisant les raccourcis clavier**

CRTL + clic droit de la souris = rotation du modèle.

SHIFT + clic droit de la souris OU en restant appuyé sur la molette de la souris = déplacer le modèle

DEROULER (MOLETTE DE LA SOURIS) = zoom avant/arrière

#### **En utilisant la barre de vues et le Navicube**

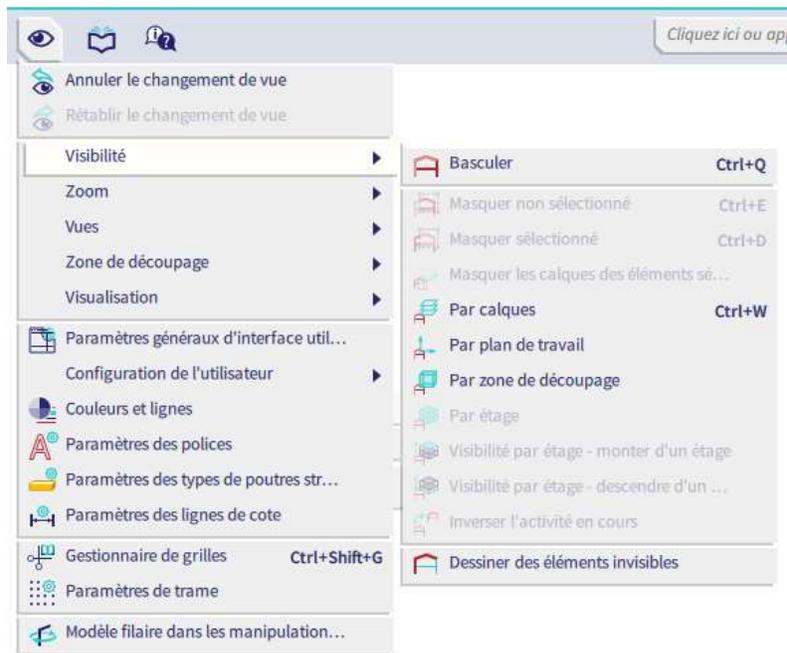


Avec le Navicube, vous pouvez changer la vue très facilement :

- Clic gauche : rotation
- Clic droit : zoom
- Clic sur un plan : donnera une vue perpendiculaire à ce plan
- Clic sur un coin : donnera une vue orthogonale (depuis ce point)

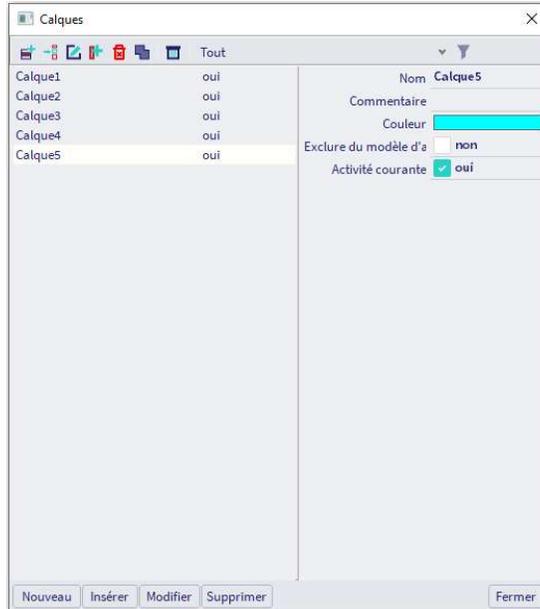
### 2.2.2. Visibilité

Dans SCIA Engineer, vous pouvez utiliser le menu « Visibilité » pour masquer / afficher des éléments.



### 2.2.3. Calques

Vous pouvez ouvrir les « Calques » par le menu « Bibliothèques » :



Vous pouvez créer des calques dans cette fenêtre. Deux options sont proposées :

- « Exclure du modèle d'analyse » : si cette option est cochée, les éléments de ce calque ne seront pas pris en compte dans le calcul.
- « Activité courante » : si cette option est décochée, les éléments de ce calque ne seront pas visibles.

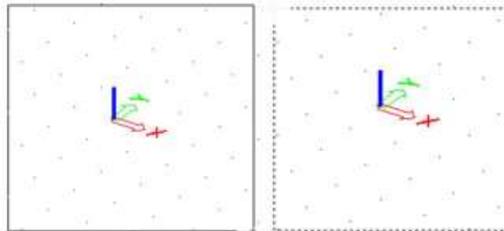
Vous pouvez assigner des éléments à un calque en les sélectionnant en modifiant la propriété « Calque ».

## 2.3. Sélection

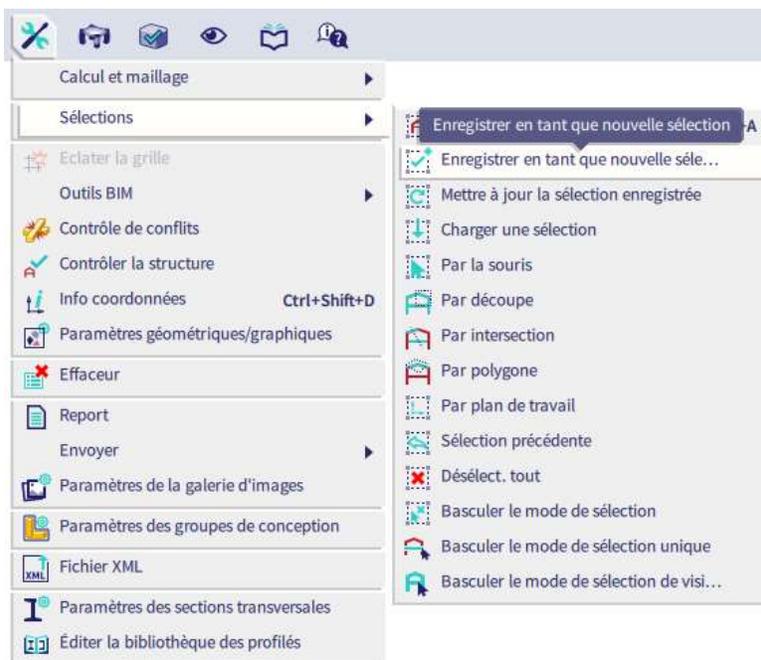
Lorsque vous maintenez appuyé le bouton gauche de la souris, vous pouvez créer une fenêtre de sélection pour sélectionner plusieurs éléments.

**Fenêtre de sélection en lignes continues** : cette fenêtre s'affiche en cliquant de la gauche vers la droite. Avec cette fenêtre, vous sélectionnez uniquement les éléments qui sont entièrement dans la fenêtre.

**Fenêtre de sélection en lignes discontinues (pointillés)** : cette fenêtre s'affiche en cliquant de la droite vers la gauche. Avec cette fenêtre, vous sélectionnez tous les éléments qui se trouvent même partiellement dans cette fenêtre. En d'autres termes, vous sélectionnez tous les éléments qui sont en totalité dans la fenêtre, mais aussi tous les éléments qui croisent cette fenêtre.

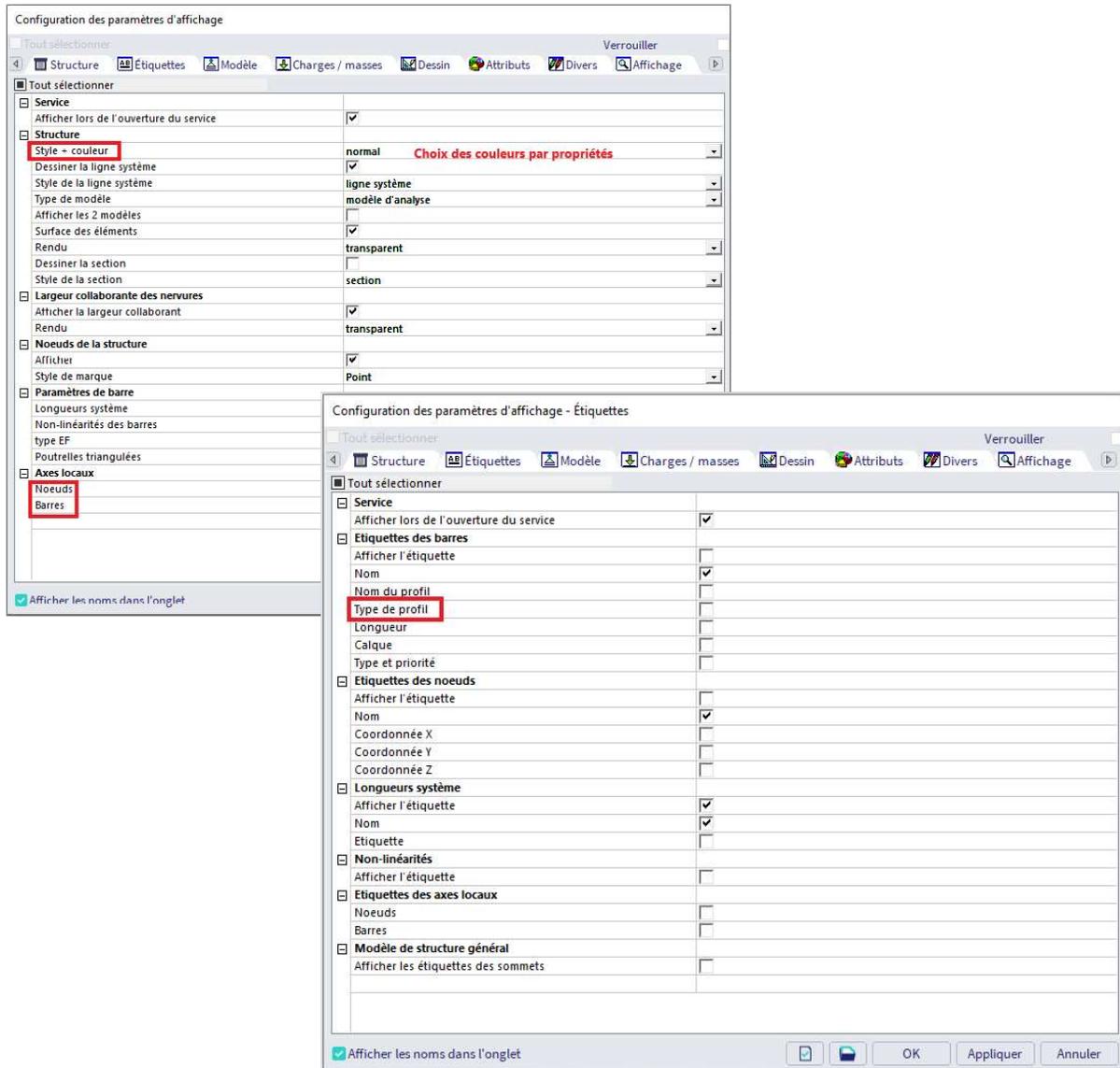


En plus des sélections via la souris et des quelques outils de sélections automatiques dans la barre d'outils, vous pouvez aussi sauvegarder une sélection en cours. De cette façon, vous pouvez facilement charger une précédente sélection. Ces options se trouvent dans le menu « Outils » / « Sélections » :



## 2.4. Paramètres d’affichage généraux

Vous pouvez ouvrir la fenêtre « Paramètres d’affichage généraux » par un clic droit sur l’écran. Ce menu vous permet d’éditer les paramètres de vue de votre projet.

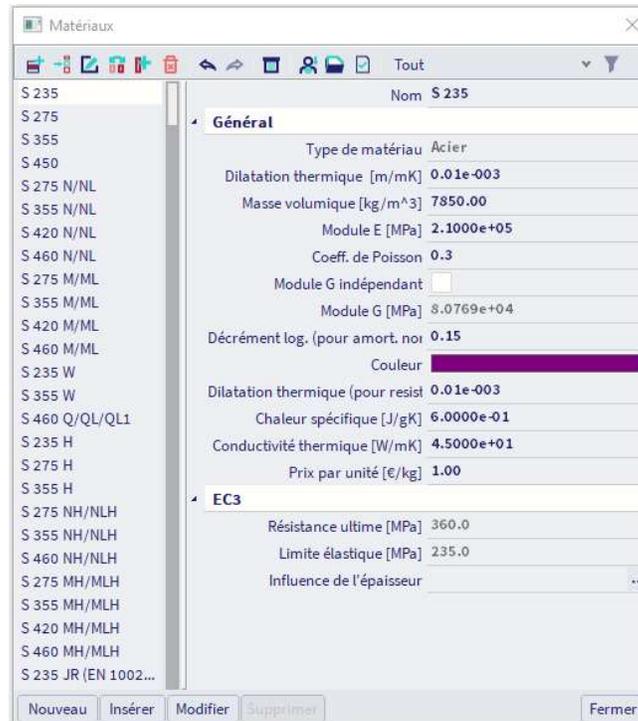


Quelques-uns des paramètres les plus utilisés sont encadrés en rouge ci-dessus :

- Les couleurs par propriétés : vous pouvez afficher la couleur des éléments dans le modèle par type d’éléments, par section, ... ;
- L’affichage des axes locaux ;
- L’affichage des types de profil.

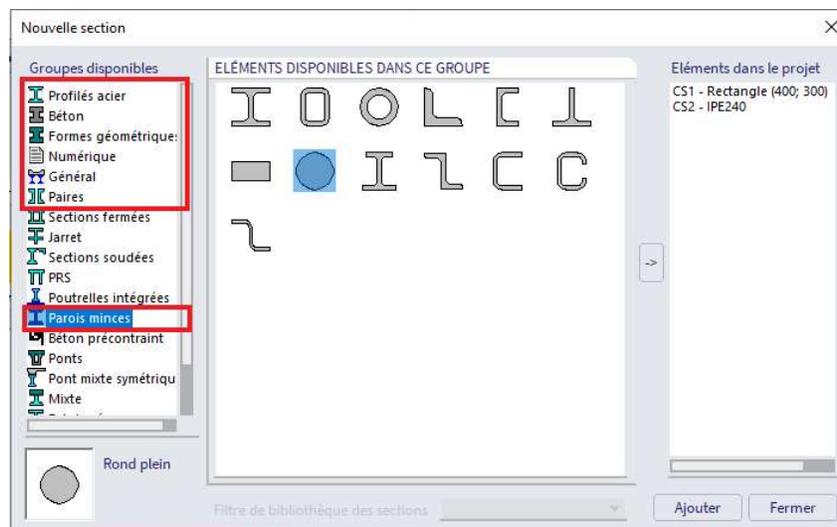
## 2.5. Matériaux

Vous pouvez ouvrir la base de données des matériaux par le menu « Bibliothèque » / « Matériaux ». Dans cette fenêtre, vous pouvez visualiser tous les matériaux activés et leurs différentes qualités. Lorsque vous cliquez sur un matériau, vous pouvez éditer ses paramètres.



## 2.6. Sections

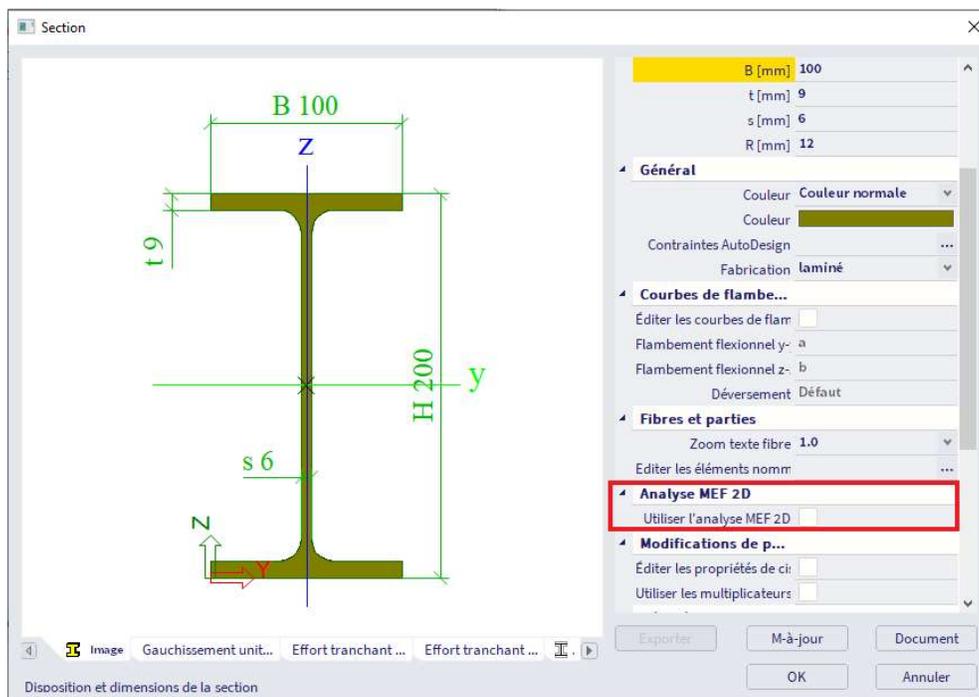
Vous pouvez ouvrir la base de données des matériaux par le menu « Bibliothèque » / « Sections ».



Dans l'image ci-dessus, les sections les plus utilisées sont encadrées en rouge :

- « **Profils acier** » : vous pouvez trouver tous les profils standards (présentés sous forme de tableaux) dans la bibliothèque.
- « **Béton** » : vous pouvez utiliser cette option pour créer une section béton.
- « **Formes géométriques** » : cette option vous permet de créer une section géométrique. Toutefois, il n'est pas conseillé d'utiliser cette option. En effet, la section serait une section métallique à paroi épaisse (courbes de flambement d). Lorsque vous sélectionnez ce type de profil pour le béton, il vous faut modifier quelques paramètres. Il est donc préférable d'utiliser l'option « Béton » pour une section béton et l'option « Parois minces » pour une section métallique.
- « **Numérique** » : avec cette option, vous pouvez ajouter une section numériquement. Vous pouvez assigner tous les paramètres à cette section sans pour autant lui donner une surface dans la vue 3D. Vous pouvez utiliser ce type pour les éléments fictifs.
- « **Général** » : cette option vous permet de dessiner une section personnalisée.
- « **Paires** » : avec ce type de sections, vous pouvez créer une section paire / composée, d'où il en résulte une section complètement coopérative.
- « **Parois minces** » : avec cette option, vous pouvez créer des sections minces personnalisées.

Lorsque vous ajoutez une section, la fenêtre suivante s'ouvre :



Dans cette fenêtre, il vous faut saisir les paramètres. Pour visualiser les propriétés calculées, il faut cliquer sur « M-à-jour ». Les propriétés de la section sont calculées lorsque vous cliquez sur « OK ».

« **Utiliser l'analyse MEF 2D** » : lorsque cette option n'est pas cochée, les propriétés sont calculées avec des formules simplifiées. Si cette option est cochée, un maillage sera généré pour calculer les propriétés. Avec cette option,  $A_y$ ,  $A_z$ ,  $I_y$  et  $I_z$  sont calculés de manière plus précise. Cette option est importante à prendre en compte, uniquement pour les sections à parois minces, si la section va travailler en torsion.

**Note :** lorsque vous utilisez une section de la bibliothèque « Profilés acier », vous n’avez pas besoin de saisir les paramètres ci-dessus car les paramètres et les propriétés sont déjà introduits dans des tableaux.

## 2.7. Eléments 1D

Il existe trois possibilité pour modéliser un élément 1D :



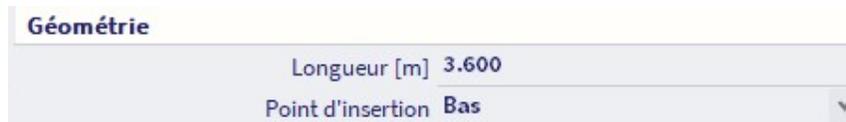
**Barre :** avec cette option, vous pouvez dessiner un élément 1D par deux points. Cet élément a automatiquement le type « General(0) » ou « Poutre(80) ». Vous pouvez modifier la forme de l’élément avec la barre d’outils ci-après (elle apparait en-dessous de SCIA SpotLight lorsque vous modélisez l’élément).



**Poutre :** avec cette option, vous pouvez dessiner un élément horizontal 1D par un point, une longueur, une direction et un point d’insertion. Cet élément a automatiquement le type « Poutre(80) ».

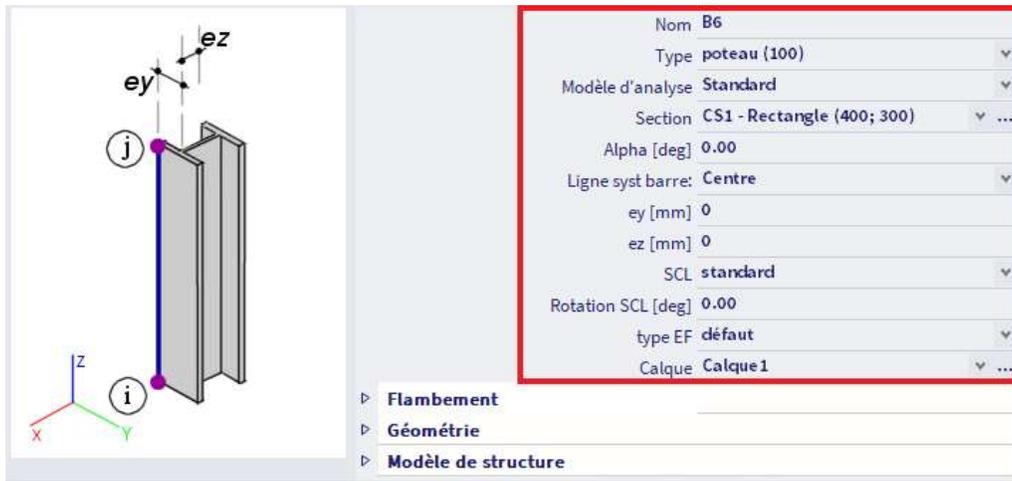


**Poteau :** avec cette option, vous pouvez dessiner un élément vertical 1D par un point, une longueur et un point d’insertion. Cet élément a automatiquement le type « Poteau(100) ».



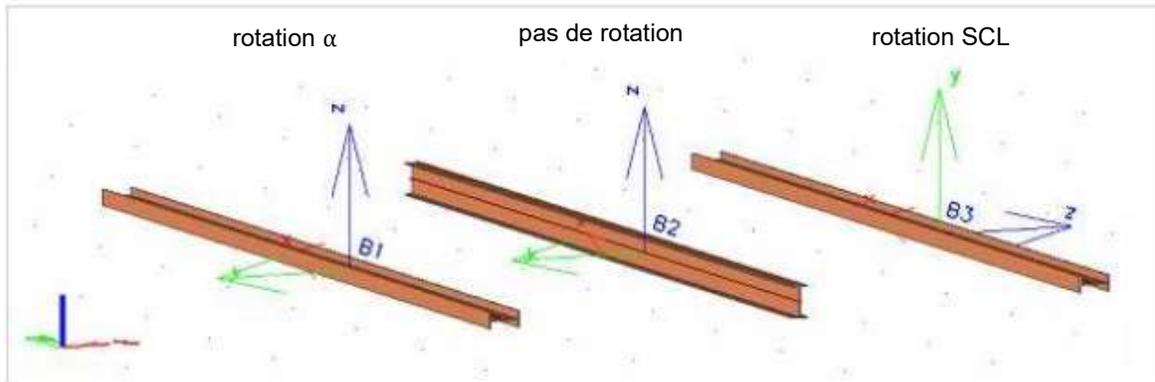
**Note :** le type est important pour la définition des assemblages, pour effectuer un contrôle acier ELU et pour déterminer la méthode de calcul dans le menu « Béton ».

En plus des paramètres ci-dessus, il vous faut également définir quelques autres paramètres :



- « **Section** » : définition d'une section.
- « **Alpha** » : rotation de l'élément autour de son propre axe. Par cette rotation, l'axe local SCL ne tourne pas. Cela signifie que le SCL est différent des axes fort et faible du profilé.
- « **Ligne syst. Barre** » : changement de la ligne système de l'élément.
- «  **$e_y, e_z$**  » : ajout d'une excentricité.
- « **Rotation SCL** » : rotation de l'élément autour de son propre axe. Par cette rotation, l'axe local SCL tourne avec l'élément.
- « **Type EF** » : ici vous avez le choix entre une analyse MEF standard (flexion + effort normal) ou un effort axial seul. Cette option doit être changée pour les éléments qui sont soumis uniquement à un effort normal.
- « **Calque** » : définition du calque.

Différence entre les rotations :



Vous pouvez ajouter des composants d'élément 1D aux éléments. Le type « Jarret » est souvent utilisé et est expliqué plus loin dans le manuel.

## 2.8. Eléments 2D

Il existe trois possibilité pour modéliser un élément 2D :



**Plaques** : vous définissez cet élément 2D en dessinant les bords. Vous pouvez changer la forme des bords en utilisant la barre d'outils ci-dessous (elle apparaît en-dessous du SCIA Spotlight lorsque vous dessinez la plaque). Cet élément a automatiquement le type « Dalle(90) ».



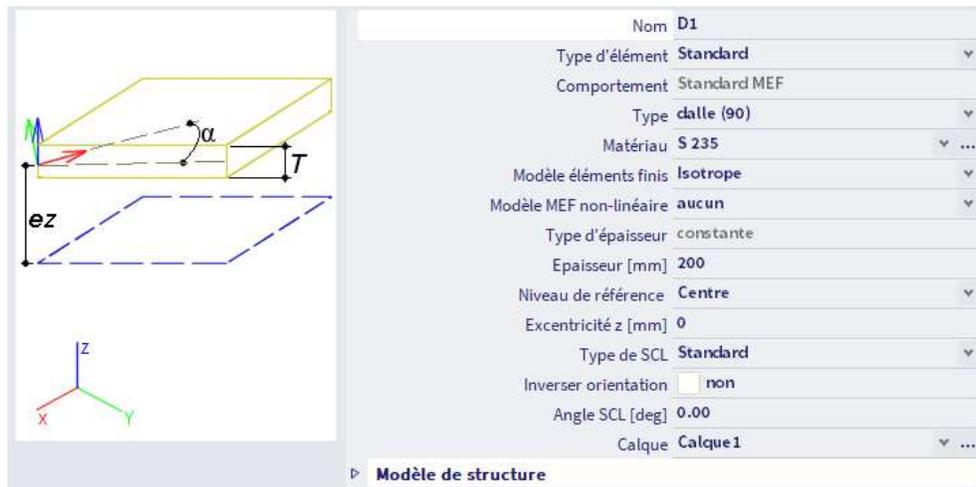
**Murs - Voile** : cet élément 2D peut être défini en dessinant la ligne de base (bas ou haut) et en lui attribuant une hauteur. Cet élément a automatiquement le type « Voile(80) ».



**Coques** : vous définissez un élément coque en dessinant les bords, par une surface de révolution ou une surface extrudée.



En plus des paramètres ci-dessus, il vous faut également définir quelques autres paramètres :



- « **Type** » : sélection du type.
- « **Matériau** » : sélection du matériau.
- « **Modèle éléments finis** » : sélection du modèle MEF : « isotrope » ou « orthotrope ». Une plaque orthotrope a des propriétés différentes dans la direction perpendiculaire.

- « **Épaisseur** » : définition de l'épaisseur de la plaque. Par défaut, la plaque créée a une épaisseur constante. Vous pouvez la modifier par la suite en épaisseur variable dans la fenêtre de propriétés.
- « **Niveau de référence** » : définition du niveau de référence : haut, bas ou centre.
- « **Excentricité** » : ajout d'une excentricité à la plaque.
- « **Angle SCL** » : modification de l'angle de l'axe local de la plaque.
- « **Calque** » : définition du calque.

Vous pouvez ajouter des composants d'élément 2D à la plaque :



**Sous-région** : créer une sous-région. C'est une zone de l'élément 2D qui a une épaisseur et/ou une qualité de matériau différentes du reste de l'élément 2D.

**Ouverture** : créer une ouverture dans l'élément 2D.

**Nœud interne** : créer un nœud sur l'élément 2D.

**Ligne interne** : créer une ligne sur un élément 2D. Les éléments 1D parallèles sont connectés à la plaque uniquement lorsqu'il y a une ligne.

**Intersection** : créer une intersection entre deux éléments 2D. Cela connectera les deux éléments entre eux.

**Note** : la fonction « **Nœud interne** » ne s'applique que pour ajouter un nœud à l'intérieur de la polyligne de l'élément. Elle ne fonctionne pas si le nœud doit être positionné sur le bord d'un élément 2D. Pour insérer un nœud sur le bord d'un élément 2D, vous pouvez utiliser l'option « **Modifier la polyligne – Insérer un nœud** » du menu « **Modifier** » / « **Edition de polyligne** »

On trouve d'autres composants dans le panneau de saisie dans les « Outils de résultats » :



**Bande d'intégration** : une bande d'intégration permet de visualiser les résultats d'une partie d'un élément 2D comme si c'était un élément 1D.

On trouve aussi la « **Nervure** » dans le panneau de saisie dans les « **Éléments 1D** » :



**Nervure** : créer une nervure sur l'élément 2D. Une nervure est automatiquement connectée à l'élément 2D.

## 2.9. Panneaux de charge

Un panneau de charge est un élément 2D qui transfère la charge appliquée à ses bords ou nœuds. Le panneau de charge n'ajoute pas de rigidité au modèle.

Vous pouvez trouver les « Panneaux de charge » dans le Panneau de saisie. Différents types de panneaux sont disponibles :



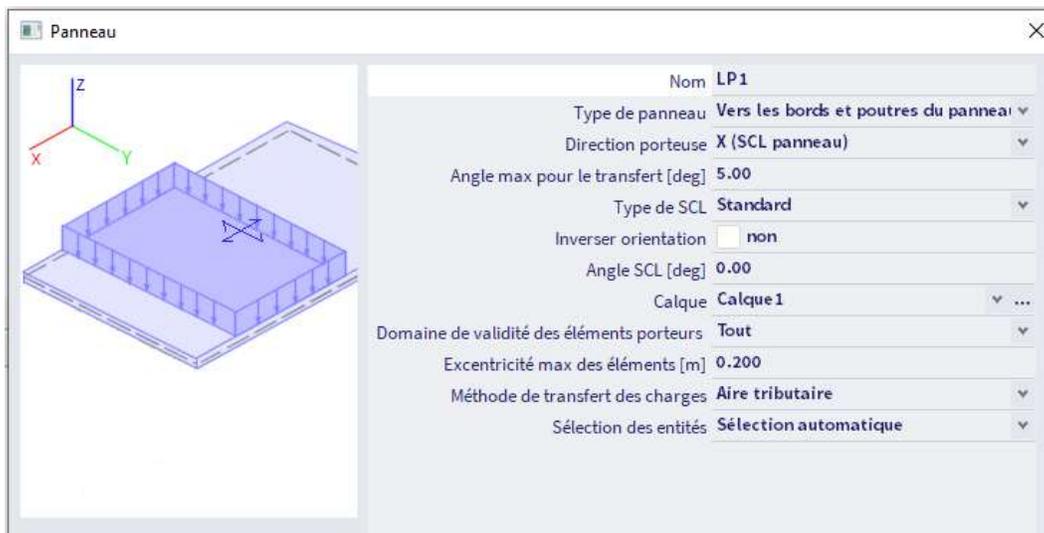
**Charge sur nœuds** : le panneau transfère la charge aux nœuds du panneau.

**Charge sur lignes** : le panneau transfère la charge aux bords du panneau.

**Charges sur lignes et barres** : le panneau transfère la charge aux bords du panneau et sur poutres qui se trouvent dans le plan du panneau.

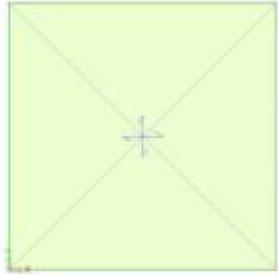
**Panneau avec poutres parallèles** : idem ci-dessus, toutefois les poutres seront automatiquement générées via cette fonction.

Après avoir choisi le type de panneau, il vous faut définir les propriétés. Il n'est pas nécessaire de définir toutes les propriétés correctement avant de modéliser le panneau. Cela peut très bien se paramétrer après.



- « **Direction porteuse** » : vous pouvez choisir la direction dans laquelle les charges vont être transférées. Ce peut être la direction X, Y ou les deux. La direction X et Y suit les axes locaux du panneau.
- « **Angle max pour le transfert** » : différence angulaire maximum autorisée entre un bord et une poutre, perpendiculairement à la direction de transfert des charges, pour le transfert des efforts internes.
- « **Angle SCL** » : rotation du SCL.
- « **Excentricité max des éléments** » : excentricité maximum des éléments autorisée. Si l'excentricité est supérieure à la valeur limite, la charge ne sera pas transférée.

- « **Méthode de transfert des charges** » : il existe quatre méthode de transfert des charges.
  - « **Aires tributaires** » : cette méthode divise la surface de manière à ce que chaque zone soit « reprise » par la poutre qui se trouve sur ce côté. Cela signifie que la charge sur cette partie de la surface est entièrement transférée à cette poutre. Cette méthode ne fonctionne pas pour les charges complexes. L'avantage de cette méthode est la rapidité du calcul des charges.



- « **Standard** » : cette méthode utilise des coefficients de poids qui répartit la charge entre les poutres. Vous pouvez définir ces coefficients dans la fenêtre de propriétés.

▼ POIDS DES BORDS/POUTRES CHARGÉS	
LP1/B11	1.00
LP1/B12	1.00
LP1/B13	1.00

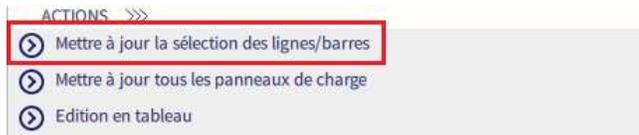
- « **Précis (MEF), lignes d'appuis encastées** » : cette méthode génère un maillage sur le panneau et utilise un calcul MEF pour déterminer la distribution de la charge. Avec cette option, les poutres sont encastées sur le panneau.
- « **Précis (MEF), lignes d'appuis articulées** » : cette méthode génère un maillage sur le panneau et utilise un calcul MEF pour déterminer la distribution de la charge. Avec cette option, les poutres sont articulées sur le panneau.

**Note :** la méthode MEF permet de déterminer une distribution de charges sur des éléments porteurs, basée sur la réponse MEF d'une plaque auxiliaire avec une rigidité finie. La réponse de la plaque est déterminée avant l'analyse de la structure 3D (dès lors que l'on clique sur « Générer les charges »).

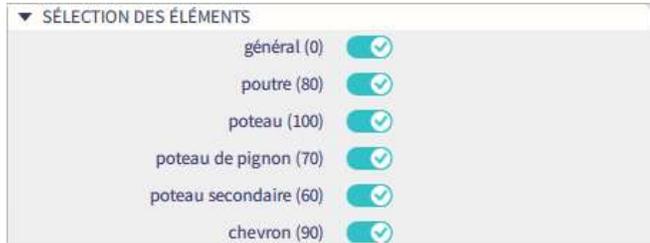
Les conditions aux limites de cette plaque auxiliaire affecte le transfert de charges du panneau aux nœuds et aux éléments adjacents. Vous pouvez définir la liaison entre le panneau et les poutres porteuses au niveau des bords de panneau comme encastée ou articulée. Vous pouvez choisir entre deux options « lignes d'appuis encastées » ou « lignes d'appuis articulées », ce qui entraîne une distribution finale des charges différente. Les réactions qui résultent du calcul en arrière-plan de la plaque auxiliaire sont converties aux charges générées sur la structure réelle. Dans le cas de « lignes d'appuis encastées », les réactions de moment seront ignorées, puisque ne sont pas dans la réponse structurelle.

- « **Sélection des entités** » : les entités / barres sur lesquelles les charges sont transférées, sont automatiquement sélectionnées. Vous pouvez modifier cette sélection en changeant cette option sur « sélection utilisateur » ou « type ».

Si vous sélectionnez « sélection utilisateur », il vous faut cliquer sur « Mettre à jour la sélection des lignes / barres », puis sélectionner / désélectionner les éléments.



Si vous sélectionnez « Type », il vous faut alors cocher / décocher les types pris en compte :



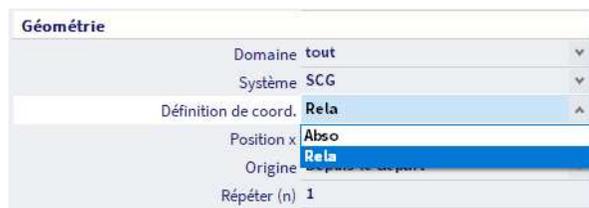
## 2.10. Appuis

Les appuis se trouvent dans le Panneau de saisie dans les « Conditions annexes ».

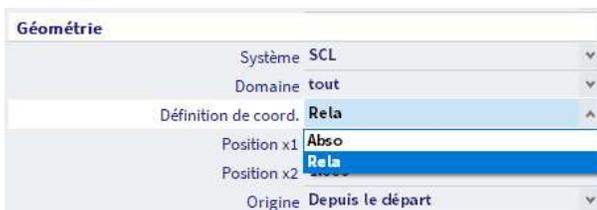


**Nodal** : cet appui ne peut être assigné qu'à un nœud.

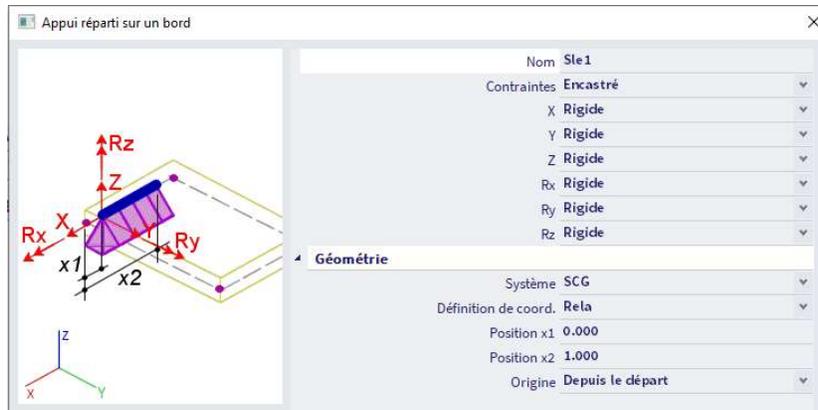
**Ponctuel sur une barre** : cet appui ponctuel peut être placé le long d'un élément linéaire. Il faut définir la position relative ou absolue de l'appui le long de l'élément.



**Réparti sur une barre** : cet appui linéaire peut être placé le long d'un élément linéaire. Il faut définir la position relative ou absolue de l'appui ainsi que sa longueur le long de l'élément.



**Réparti sur un bord d'un élément 2D** : cet appui linéaire peut être placé sous le bord d'un élément 2D. Il faut définir la position relative ou absolue de l'appui ainsi que sa longueur de long de la bordure.



**Surfacique sur 2D** : c'est un appui surfacique que l'on peut définir sur un élément 2D ou sur une sous-région. Il faut choisir un sous-sol dont ses paramètres de rigidité définiront les conditions aux limites.



En plus de la position des appuis, il vous faut également définir les contraintes (conditions aux limites).



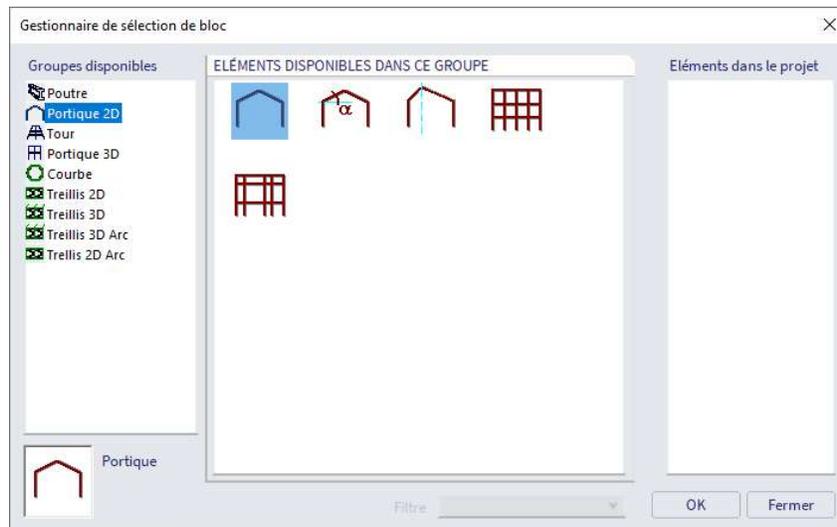
- « **Angle** » : par défaut les appuis suivent les axes locaux des nœuds. Vous pouvez leur donner un angle fonction du SCL en utilisant la forme  $R_x(\text{angle}), R_y(\text{angle}), R_z(\text{angle})$ . Par exemple  $R_x90, R_y90, R_z90$ .
- « **Contraintes** » : vous pouvez choisir une contrainte par défaut : « encastrée », « articulée » ou « glissant ».
- « **X, Y, Z, Rx, Ry, Rz** » : vous pouvez changer ces valeurs pour définir une contrainte personnalisée.
- « **Taille par défaut** » : cette option est utilisée uniquement pour la réduction des moments dans le cas d'appuis d'une poutre continue (dans le menu « Béton »).

## 2.11. Blocs catalogue

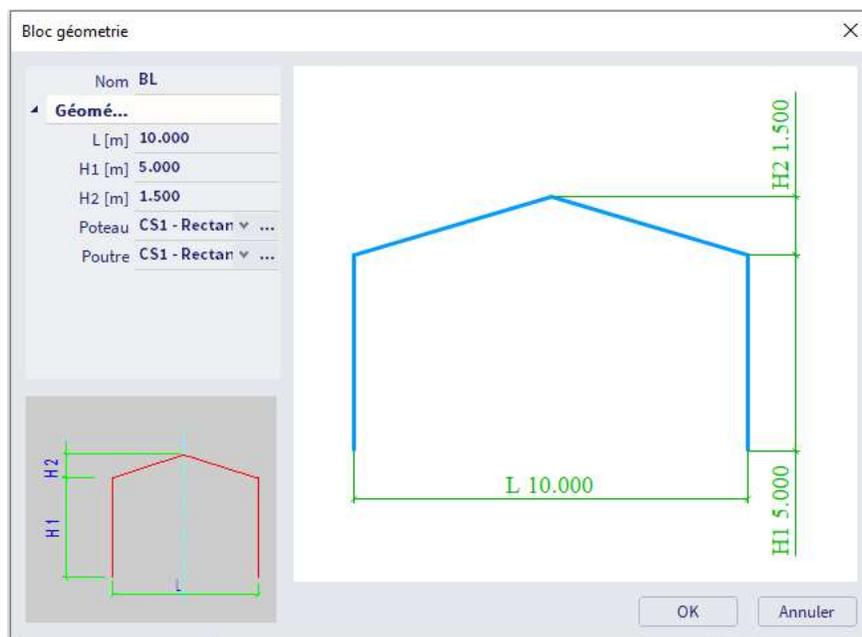
Vous avez accès aux « Blocs catalogue » dans le Panneau de saisie :



Avec ces blocs catalogue, vous pouvez facilement et rapidement importer des portiques et des treillis :



Sélectionnez le bloc prédéfini que vous souhaitez ajouter au modèle et définissez les paramètres :



Après avoir cliqué sur « OK », vous pouvez ajouter le bloc catalogue au modèle. Les blocs catalogue consistent en des éléments 1D connectés les uns aux autres.

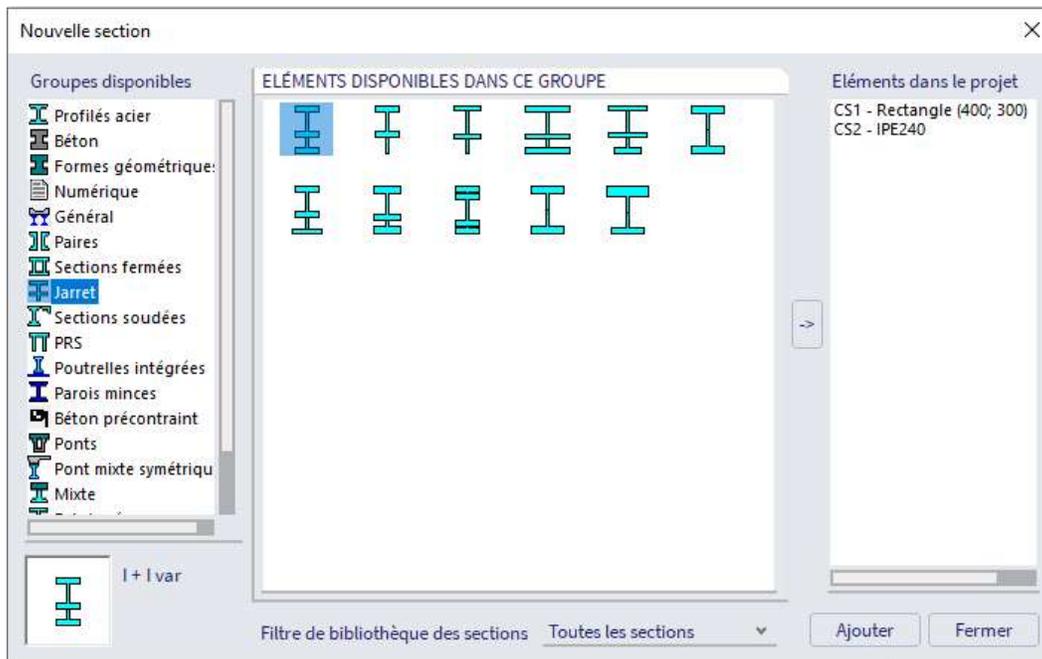
## 2.12. Jarrets

Dans le Panneau de saisie, sous les « Eléments 1D », se trouve l'option « Jarret sur 1D » :

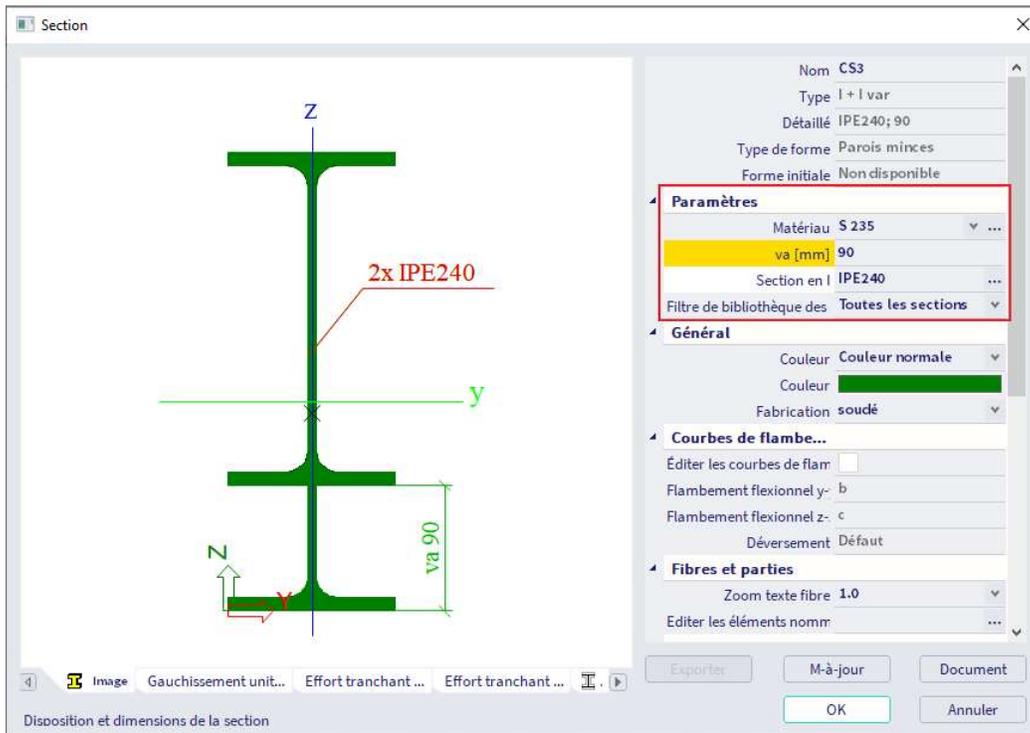


Avant de définir un jarret, il faut définir une section de type « Jarret ». C'est la section de début de jarret, c'est-à-dire la section la plus large. Vous pouvez ajouter la section au menu « Section », ou bien cliquer sur la fonction « Jarret » qui ouvre automatiquement cette fenêtre.

Tout d'abord, sélectionnez le type de jarret et cliquer sur « Ajouter » :

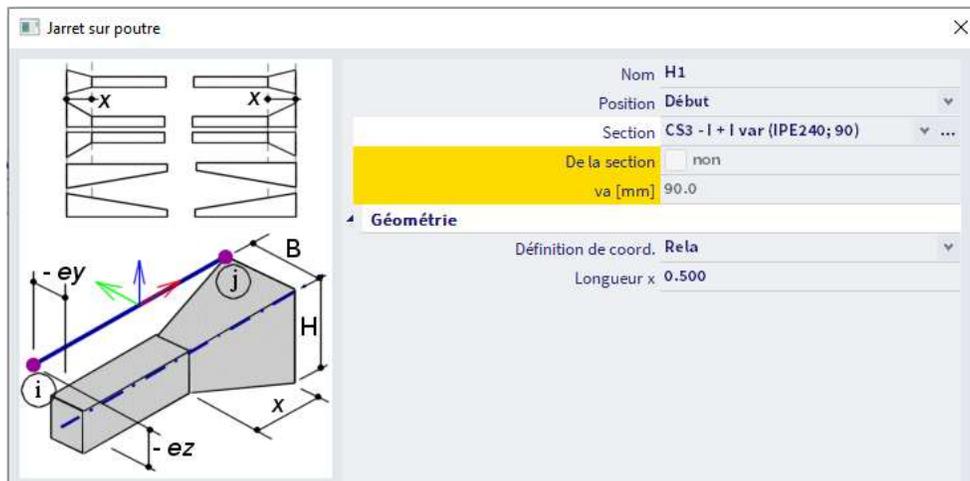


Puis, remplissez les paramètres de la section :

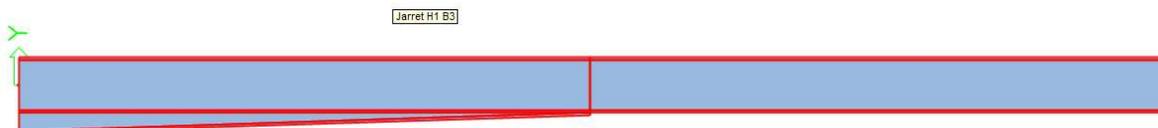


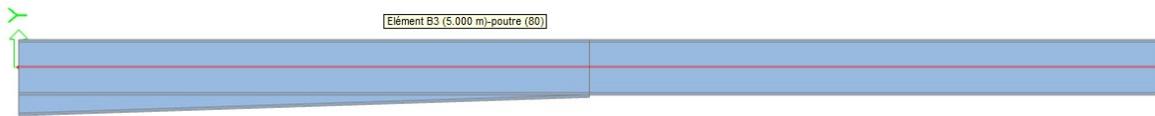
Confirmez en cliquant sur « OK », puis fermez en cliquant à nouveau sur « OK ».

Enfin, définissez la position (au début ou à la fin de la poutre) et la longueur (relatif ou absolu) du jarret.

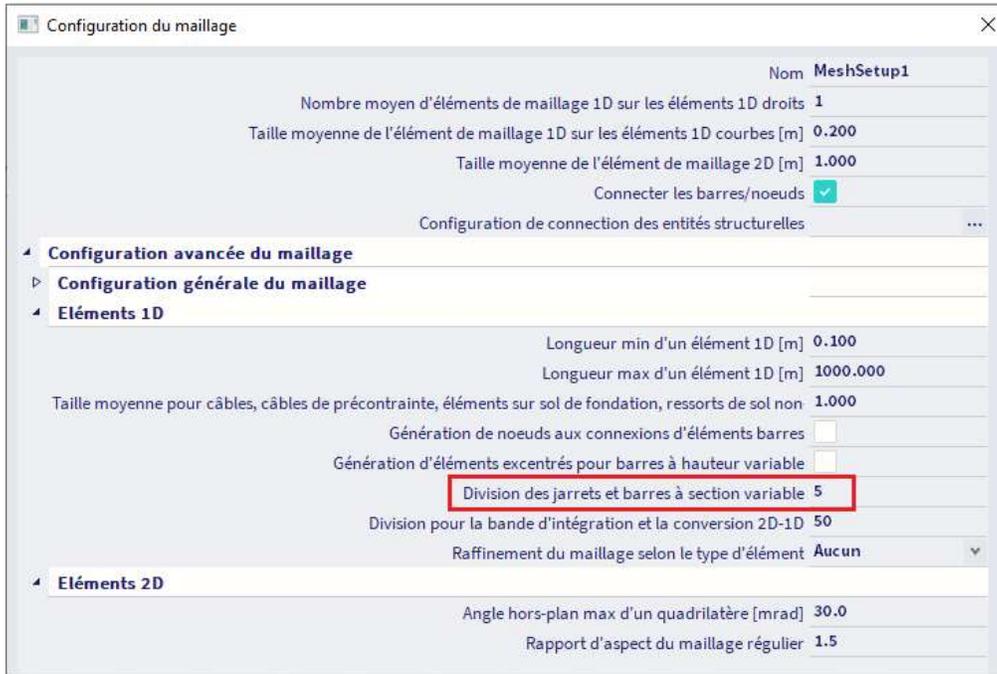


Un jarret est une donnée du modèle mise sur un élément. Cela signifie que si vous sélectionnez la surface de l'élément, vous ne sélectionnez pas l'élément lui-même mais uniquement la donnée additionnelle « Jarret ». Pour sélectionner l'élément, il faut sélectionner la ligne centrale.





Un jarret est calculé par le solveur en 5 segments, dont chaque segment a sa propre section constante. Vous pouvez augmenter ce nombre de segments dans le menu « Configuration du maillage » :



**Note :** pour avoir un jarret différent au début et à la fin d'une poutre, il faut couper la poutre en deux.

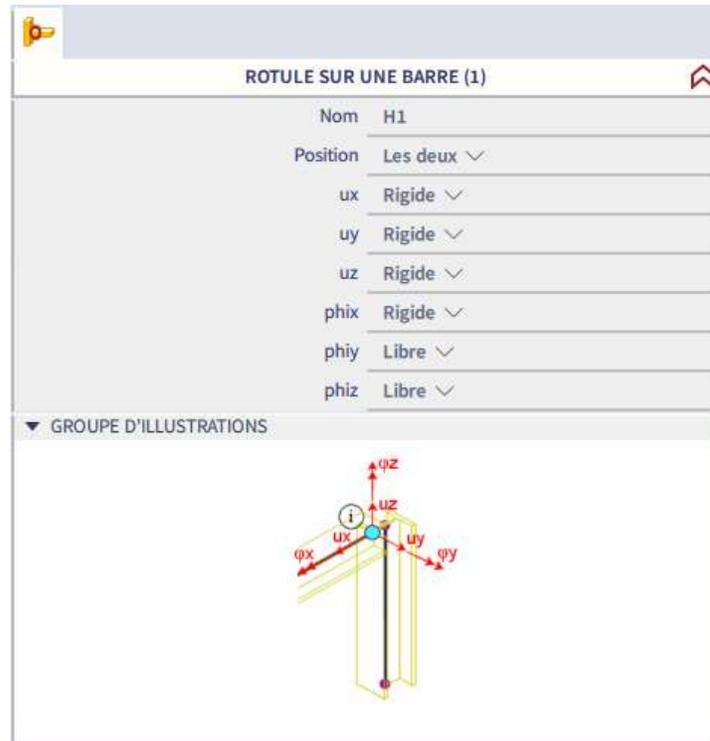
## 2.13. Rotules

Par défaut, tous les nœuds du projet sont considérés « encastrés », à moins que le projet ne soit modélisé dans un environnement « Treillis ». Pour articuler un élément, il faut ajouter une rotule à cet élément. Une rotule est une donnée additionnelle à cet élément.

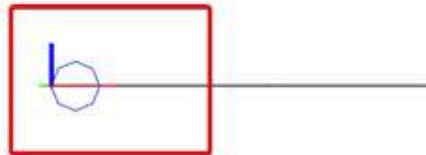
Les rotules se trouvent dans le Panneau de service, sous les « Conditions annexes » :



Pour ajouter une rotule, il faut définir le degré de liberté et la position (début, fin, ou les deux côtés de la poutre) :



La rotule se visualise ainsi :



## 2.14. Non-linéarité des barres

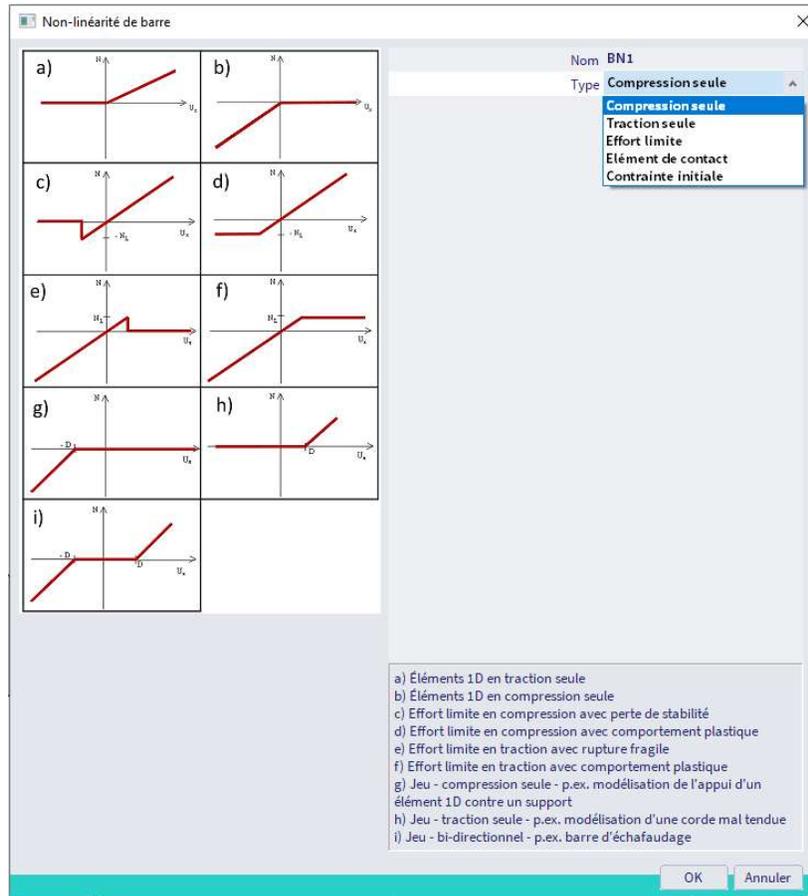
Il est possible d'ajouter un comportement non-linéaire à une poutre. Pour activer cette option, il vous faut cocher les fonctionnalités suivantes dans « Projet » :

- Non-linéarité
- Non-linéarité des barres

L'option de non-linéarité des barres se trouve dans le Panneau de service, sous les « Conditions annexes » :



Il vous faut choisir le type de non-linéarité dans la fenêtre ci-dessous :



Il vous faut ensuite effectuer un calcul non-linéaire pour tenir compte du comportement non-linéaire. Par conséquent, il faut aussi créer des combinaisons non-linéaires. Le chapitre suivant explique la création de charges et de combinaisons.

**Note :** le type de non-linéarité le plus utilisé est « Traction seule ». Il est utilisé pour modéliser les contreventements. La meilleure modélisation est de combiner le type « Traction seule » avec la propriété de l'élément 1D « Force axiale seule ». Cf le chapitre sur les éléments 1D pour activer cette option.

## 2.15. Sous-sol

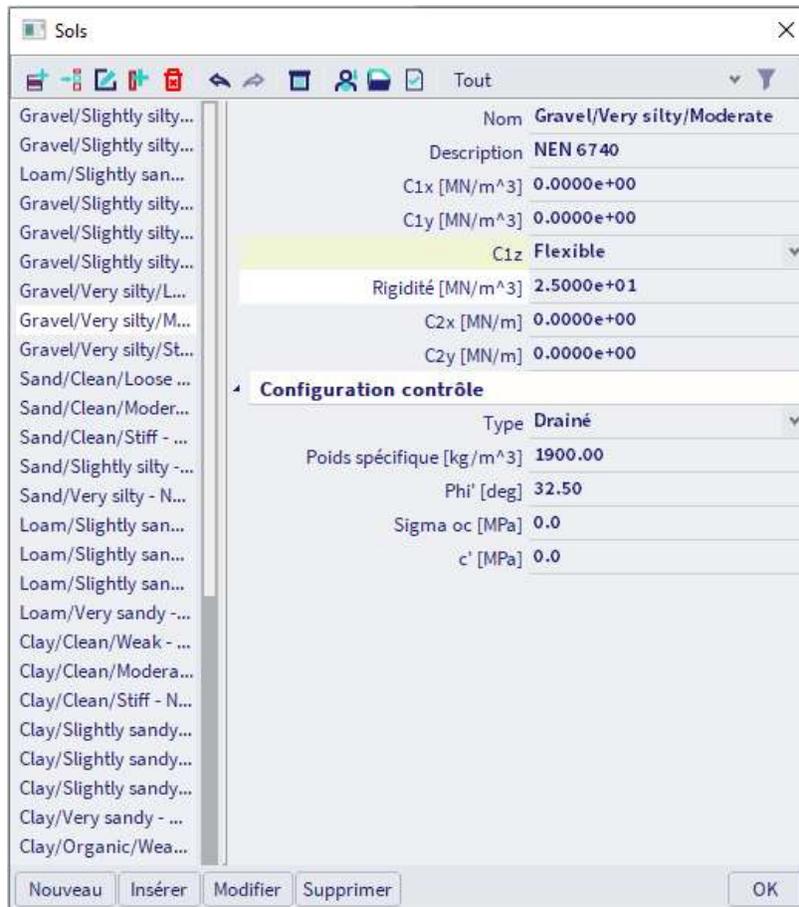
Si le modèle comporte des éléments 2D, la fonction « Surfaccique » sera alors disponible dans le Panneau de saisie sous « Conditions annexes » :



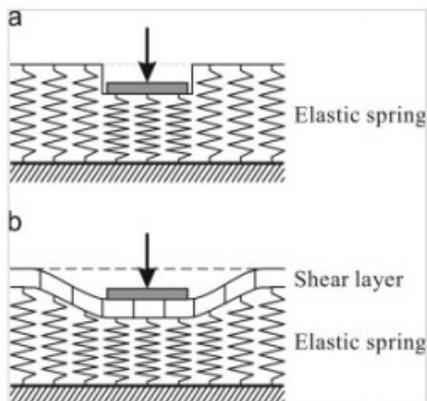
Vous pouvez utiliser cette option pour affecter un sol à un élément 2D. vous pouvez définir le sous-sol par vous-même, ou bien importer l'un des sous-sols prédéfinis (selon la norme NEN 6740) de la bibliothèque.



Vous pouvez maintenant définir les paramètres suivants avant d'ajouter le sol au modèle :



- « **C1z** » : raideur du sol dans la direction Z.
- « **C1x, C1y** » : raideur du sol dans les directions horizontales. Si ces valeurs ne sont pas connues, 10% de la raideur de la direction Z peut être prise comme approche.
- « **C2x, C2y** » : ces valeurs associent la déformation dans la direction Z à différentes sections du sol. L'image ci-dessous présente la théorie de Winkler (image a) où ces paramètres sont égaux à 0. L'image b illustre la théorie de Pasternak où les paramètres C2 ont une certaine valeur. Généralement ces valeurs ne sont pas calculées et sont égales à 0.



## 2.16. Modifier la forme d'un élément

Il existe trois possibilités pour modifier la forme des éléments.

### 2.16.1. Par la fenêtre de propriétés

Vous pouvez modifier la forme d'un élément en éditant les coordonnées des nœuds de l'élément. Si un nœud est sélectionné, vous pouvez en changer les coordonnées dans la fenêtre de propriétés.

Nom		N12
▼ COORDONNÉE SCG		
X [m]		-4.00
Y [m]		15.00
Z [m]		3.60
▼ COORDONNÉE SCU		
ux [m]		-4.00
uy [m]		15.00
uz [m]		3.60
▼ BARRES		
Member		B8
Member		B10
Member		B12

### 2.16.2. Avec l'action « Edition en tableau »

Vous pouvez éditer la forme d'un élément en le sélectionnant et en cliquant sur « Edition en tableau » dans la fenêtre de propriétés.

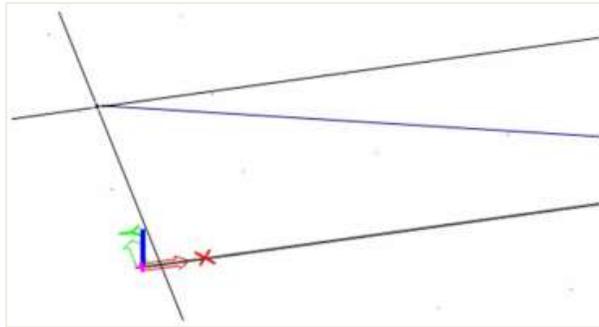


Dans ce tableau, vous pouvez éditer les coordonnées des nœuds de l'élément :

	nom du nœu.	X [m]	Y [m]	Z [m]	ux [m]	uy [m]	uz [m]	Lié	Forme
1	N9	-1.084	0.000	1.707	-1.084	0.000	1.707	<input type="checkbox"/> Rela	Ligne
2	N11	-1.369	0.000	1.166	-1.369	0.000	1.166	<input type="checkbox"/> Rela	Ligne
3	N13	1.084	0.000	1.707	1.084	0.000	1.707	<input type="checkbox"/> Rela	Ligne
*		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/> Rela	

### 2.16.3. En cliquant et déplaçant graphiquement

Après avoir sélectionné un nœud, un élément ou plusieurs nœuds, vous pouvez cliquer dessus avec le bouton gauche de la souris et rester appuyé, puis le déplacer avec la souris au nouvel endroit.



## 2.17. Connecter les éléments

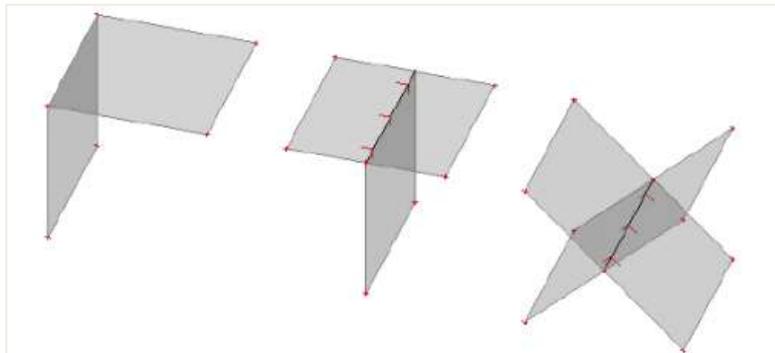
Il est important de savoir que les éléments ne sont pas tous connectés entre eux automatiquement. Les schémas ci-dessous donnent une représentation graphique de tous les éléments pour lesquels il vous faut les connecter vous-même.



OK  
Les poutres  
sont connectées.

Cliquer sur :  
- Le menu Editer / Modifier  
- Connecter les barres / nœuds

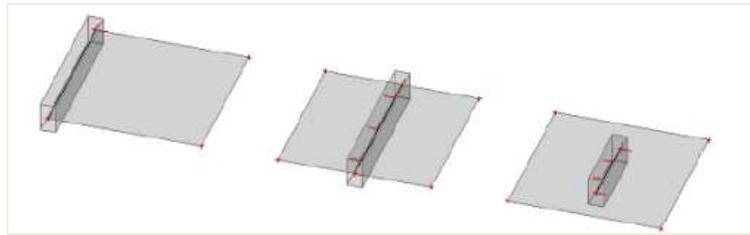
Dans le Panneau de saisie :  
- Conditions annexes  
- Lien transversal



OK  
Les poutres  
sont connectées.

Cliquer sur  
- Le menu Editer / Modifier  
- Connecter les barres / nœuds

Cliquer sur  
- Le menu Editer / Modifier  
- Connecter les barres / nœuds



OK  
Le bord et la poutre  
sont connectés.

“Connecter les barres / nœuds »:  
seuls les nœuds sont connectés.  
Dans le Panneau de saisie :

- Eléments 2D
- Ligne interne :
  - poutre entière connectée.

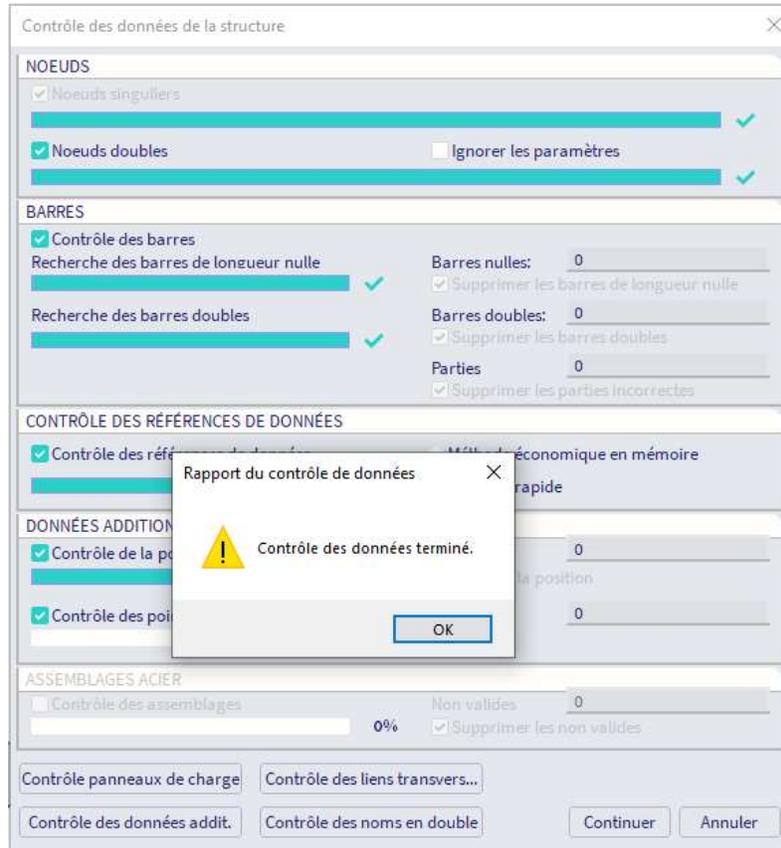
“Connecter les barres / nœuds »:  
seuls les nœuds sont connectés.  
Dans le panneau de saisie :

- Eléments 2D
- Ligne interne :
  - poutre entière connectée.

## 2.18. Contrôle des données de la structure

Dès lors que vous avez terminé votre modèle et avant de lancer le calcul, la fonction « Contrôler la structure » doit être lancée. Elle se trouve dans le menu « Editer ». Cette fonction vérifie si le modèle présente des erreurs, en particulier les éléments en double, les données corrompues, ...

S'il n'y a pas d'erreurs dans le modèle, la fenêtre suivante apparaîtra :



## 2.19. Les commandes de modification

Dans ce paragraphe, vous trouverez quelques explications concernant les commandes de modification. Les étapes à suivre pour effectuer à bien la modification sont décrites dans le SCIA Spotlight. Les commandes de modification se trouvent dans le menu « Editer / Modifier ».



### 2.19.1. Copier

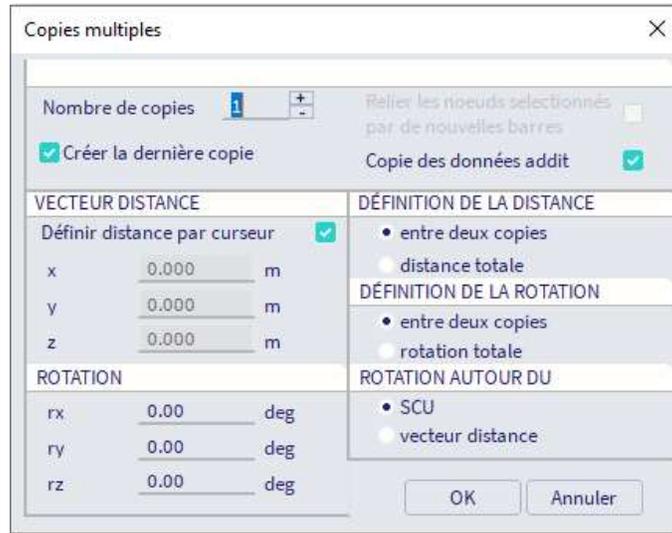
Cliquer sur la commande « Copier » ou utiliser le raccourci CTRL + C.

Ci-dessous vous pouvez visualiser les actions à faire pour appliquer cette commande. Ces étapes s'affichent dans le SCIA spotlight.

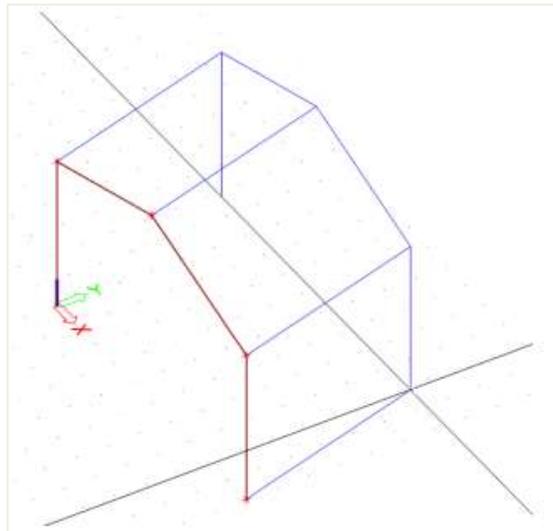


### 2.19.2. Copies multiples

Pour effectuer une copie avancée, vous pouvez sélectionner la commande « Copies multiples ».



- « **Nombre de copies** » : définition du nombre de copies.
- « **Créer la dernière copie** » : cette option définit le nombre exacte nécessaire pour remplir la condition « Nombre de copies ». Si cette option est cochée et que le « Nombre de copies » est de 7, alors 7 copies seront faites. Si l'option n'est pas cochée et que le « Nombre de copies » est de 7, 6 copies seront faites. La sélection en cours compte comme une première copie.
- « **Relier les nœuds sélectionnés par de nouvelles barres** » : si cette option est cochée, alors tous les nœuds sélectionnés seront connectés par des barres aux mêmes nœuds de la copie suivante.



- « **Copie des données additionnelles** » : lorsque cette option est cochée, toutes les données additionnelles de la sélection (appuis, jarrets, ...) seront copiés également.
- « **Vecteur distance** » : les valeurs données à ce vecteur définiront la distance / rotation entre les copies.

### 2.19.3. Miroir

Utiliser la commande « Symétrie ».

Ci-dessous vous pouvez visualiser les actions à faire pour appliquer cette commande. Ces étapes s'affichent dans le SCIA Spotlight.

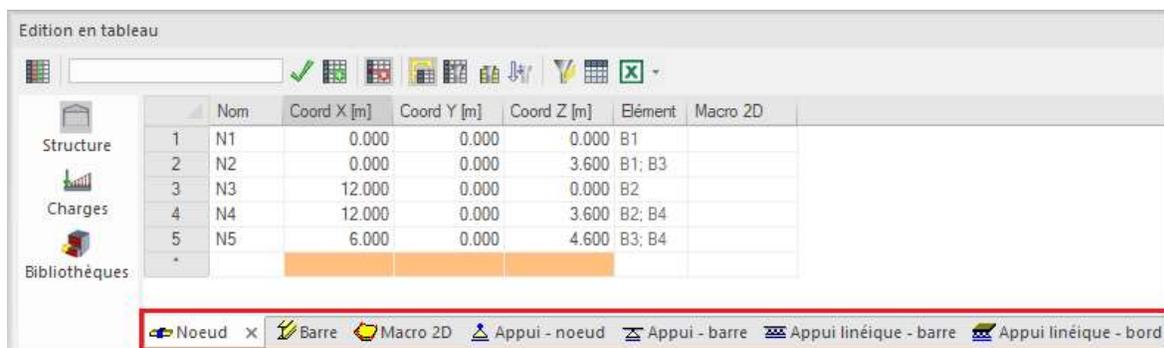
### 2.19.4. Scinder aux points définis

Utiliser la commande « Scinder aux points définis ». Avec cette fonction, vous pouvez diviser un élément en plusieurs segments.

Ci-dessous vous pouvez visualiser les actions à faire pour appliquer cette commande. Ces étapes s'affichent dans le SCIA Spotlight.

## 2.20. Editions en tableaux (pour la version 32 bits)

Dans SCIA Engineer, les éléments sont généralement modélisés graphiquement, mais on pourrait tout aussi bien les ajouter par l' « Edition en tableau ». La fenêtre « Edition en tableau » comporte un tableau par type d'élément (nœuds, éléments 1D, « éléments 2D », ...). Ces tableaux sont encadrés en rouge dans la fenêtre ci-dessous. Il vous faut remplir les cases oranges pour ajouter un élément. Si un tableau manque, vous pouvez l'ajouter par un clic droit sur un autre tableau.



Vous pouvez copier le contenu du tableau vers Excel et vice-versa. Pour faire cela, vous pouvez utiliser le raccourci CTRL+C. Il existe également une fonction pour exporter le tableau vers un fichier Excel :



Vous pouvez copier les rangées dans le tableau pour effectuer la même action qu'avec la fonction « Copies multiples ». Pour cela, il vous faut sélectionner les (rangées d') éléments, entrer la distance entre les copies et la quantité de copies, puis cliquez sur le bouton « Copier une ligne » :

The screenshot shows the 'Edition en tableau' (Table Editing) window of a software application. At the top, there is a toolbar with several icons. Three icons are highlighted with red boxes: a grid icon with the text '@0 5 0', a dropdown menu showing the number '4', and a green checkmark icon. Below the toolbar is a table with the following data:

	Nom	Type	Nd. d...	Nd. fin	Section
1	B1	poteau (100)	N1	N2	CS1 - Rectangle (400; 300)
2	B2	poteau (100)	N3	N4	CS1 - Rectangle (400; 300)
3	B3	poutre (80)	N2	N5	CS1 - Rectangle (400; 300)
4	B4	poutre (80)	N4	N5	CS1 - Rectangle (400; 300)
*					

To the right of the table is a 3D model of a structural frame. It shows a grid of points with four vertical columns and one horizontal beam connecting the second and fourth columns. The columns are labeled B1, B2, B3, and B4. The beam is labeled B3 and B4. The model is shown in a perspective view with a coordinate system (x, y, z) at the bottom left.

NB : L'édition en tableau sera disponible dans la version 64 bits dès la version 21.1.

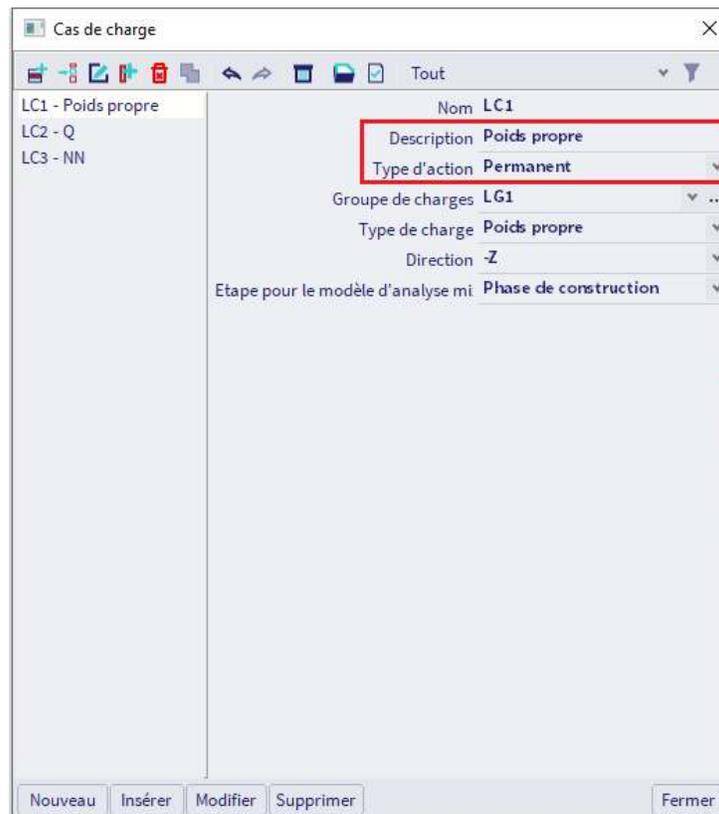


## Chapitre 3: Chargements

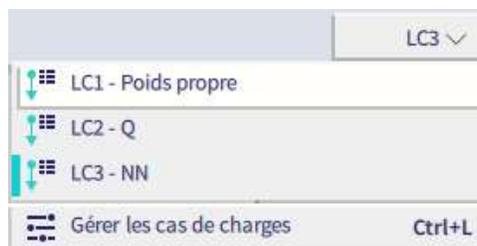
### 3.1. Cas de charges

Pour chaque charge, vous pouvez créer un cas de charges. Dans les paramètres du cas de charges, vous devez préciser s'il s'agit d'un type de charges permanentes ou variables, et indiquer à quel groupe de charges il appartient. Ces deux paramètres sont importants pour générer correctement les combinaisons.

Vous pouvez ouvrir la fenêtre ci-dessous dans les outils de processus, dans la station de travail « Charges » en cliquant sur « Cas de charges ».



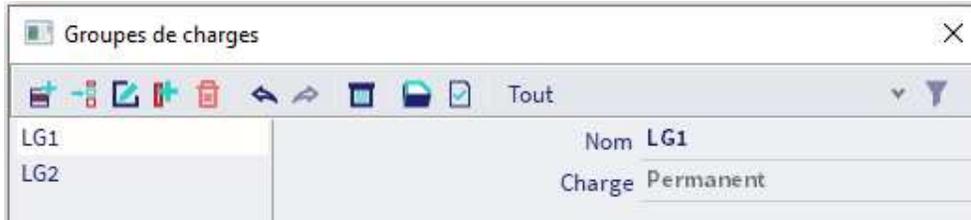
Dans la barre des statuts, vous pouvez switcher entre les différents cas de charges définis pour définir les charges.



## 3.2. Groupes de charges

Les groupes de charges permettent de définir le type de charge et la relation entre les charges dans ce groupe. En fonction du type du cas de charge (permanent ou variable), vous pouvez définir le groupe de charge correspondante.

### 3.2.1. Groupe de charge de type permanente



Il n'existe qu'un seul groupe de charges par projet, car toutes les charges permanentes doivent être regroupées et n'ont pas de catégories différentes.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

### 3.2.2. Groupe de charge de type variable



Par rapport au groupe de charges permanentes, vous pouvez définir plusieurs groupes de charges variables. Pour chaque type de charges (vent, neige, ...), vous pouvez créer un groupe de charges différent. En effet, d'après les formules 6.10a/b, les différents types de charges doivent varier entre le groupe principal et le groupe d'accompagnement. Les différents types de charges sont définis par l'option « Cas de charge ». Le « Type de charge » vous permet de définir la catégorie de la charge. Ainsi, le programme sait quels facteurs psi utiliser (selon l'Eurocode 0).

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (6.10a) \\ (6.10b) \end{array}$$

Vous devez aussi définir la relation entre les charges dans le même groupe de charges :

- « **Standard** » : toutes les combinaisons sont possibles.
- « **Exclusif** » : une seule charge de chaque groupe de charges peut être présente dans la combinaison.
- « **Ensemble** » : les charges ne peuvent pas être dissociées dans une combinaison.

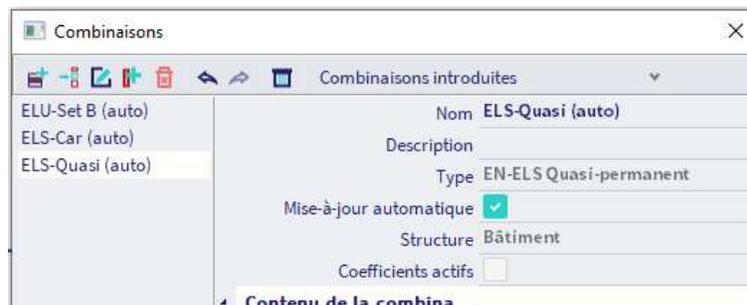
Exemple : supposons que les cas de charges A et B sont assignés à un même groupe de charges :

- Standard : toutes les combinaisons sont possibles.
- Exclusive : cas de charges A ou cas de charges B
- Ensemble : cas de charges A et cas de charges B

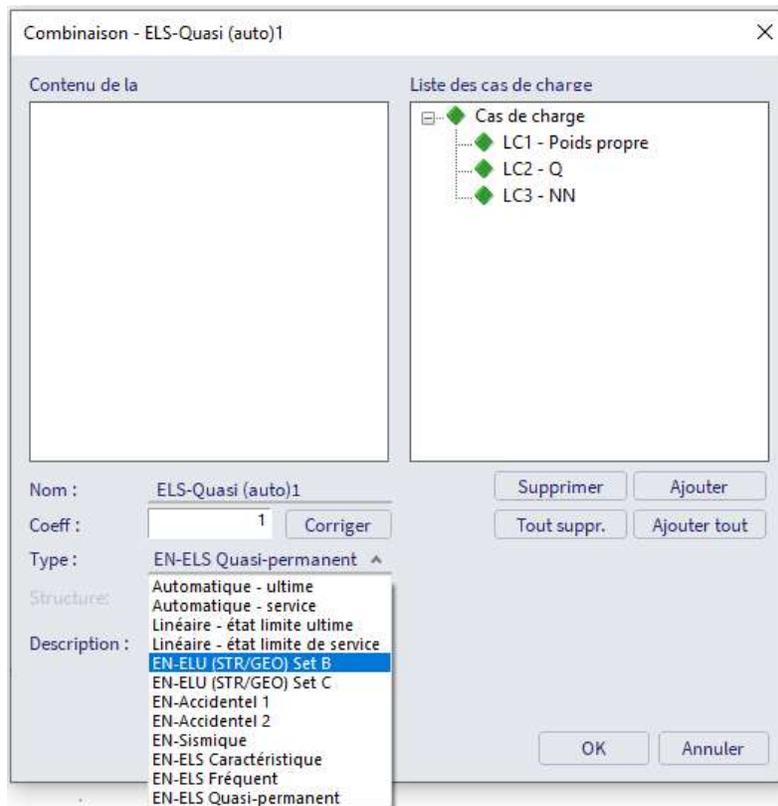
### 3.3. Combinaisons

Vous pouvez choisir parmi trois types de combinaisons. Les différences seront explicitées ci-après. Pour ajouter une combinaison, cliquer dans les outils de processus, dans le service « Charges » puis sur « Combinaisons ».

Par défaut, trois combinaisons automatiques de l'Eurocode sont générées :



Pour créer une nouvelle combinaison, cliquer sur le bouton « Nouveau » :

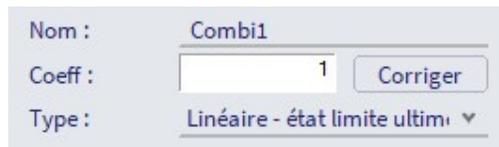


La fenêtre possède deux colonnes avec des cas de charges. La colonne de gauche contient la liste des cas de charges de la combinaison que vous êtes en train de faire. La colonne de droite contient la liste de tous les cas de charges disponibles. Vous pouvez ajouter un cas de charges en double-cliquant dessus dans la colonne de droite, ou en cliquant sur les boutons « Ajouter » et « Ajouter tout ». Après avoir défini les cas de charges, vous devez définir le type de combinaisons.

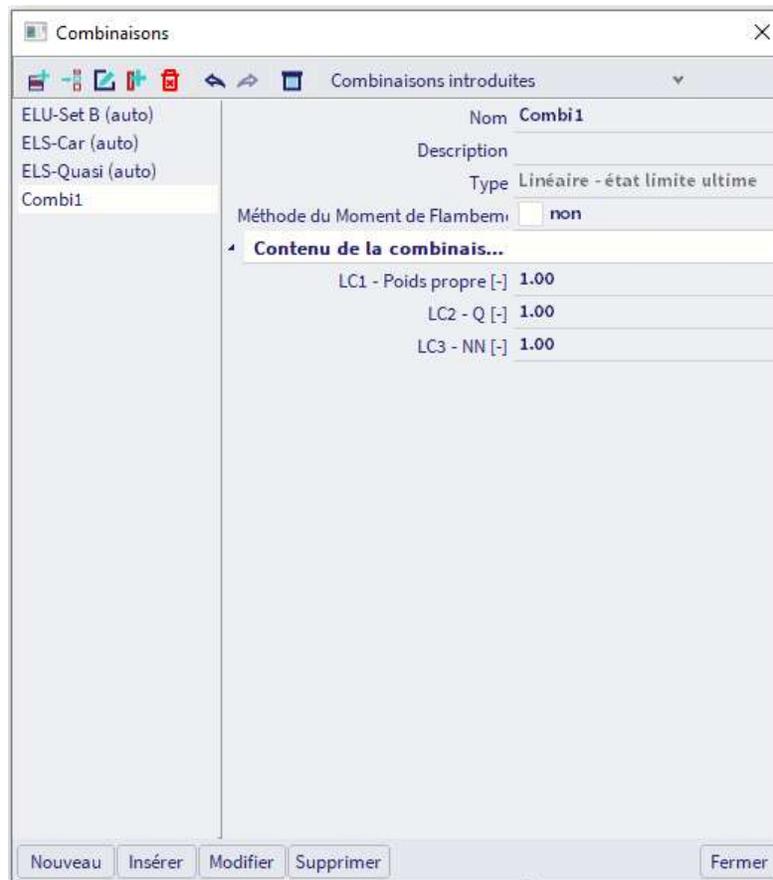
### 3.3.1. Combinaisons linéaires

Une combinaison linéaire est une combinaison qui est totalement définie par vous-même. C'est une combinaison simple composée des cas de charges sélectionnés et avec les coefficients que vous avez définis.

Choisir le type de combinaison linéaire (ultime ou de service) :



Définir les coefficients :



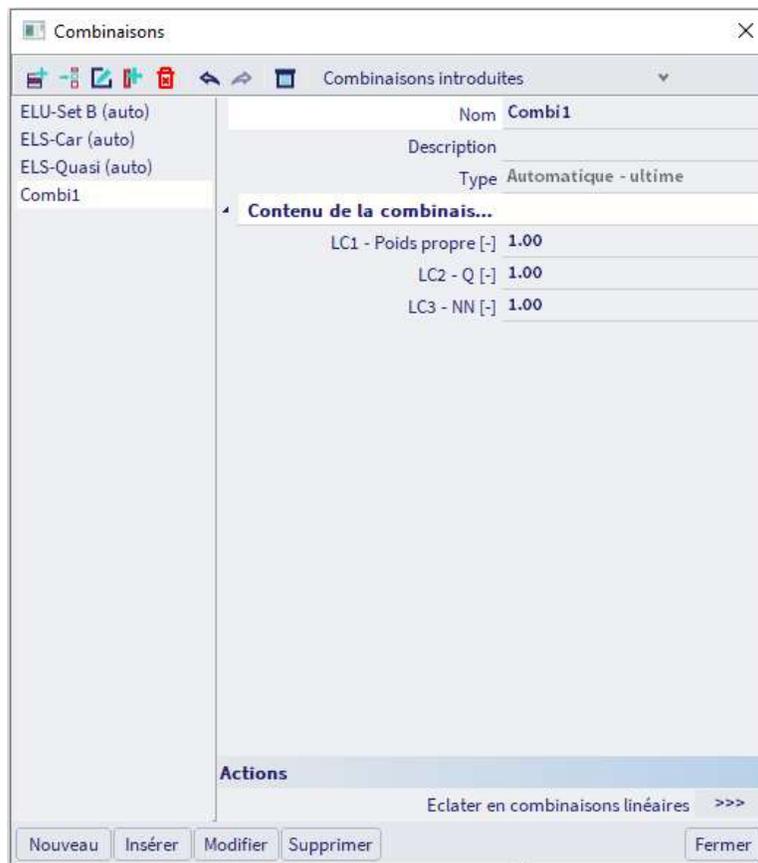
### 3.3.2. Combinaisons automatiques

Une combinaison enveloppe est un groupe de combinaisons. Toutes les combinaisons qui peuvent être générées, en tenant compte des relations des groupes de charges, se trouvent dans cette unique combinaison. Il vous faut toujours définir les coefficients.

Choisir le type de combinaison linéaire (ultime ou de service) :

Nom :	Combi1
Coeff :	<input type="text" value="1"/> <input type="button" value="Corriger"/>
Type :	Automatique - ultime ▼

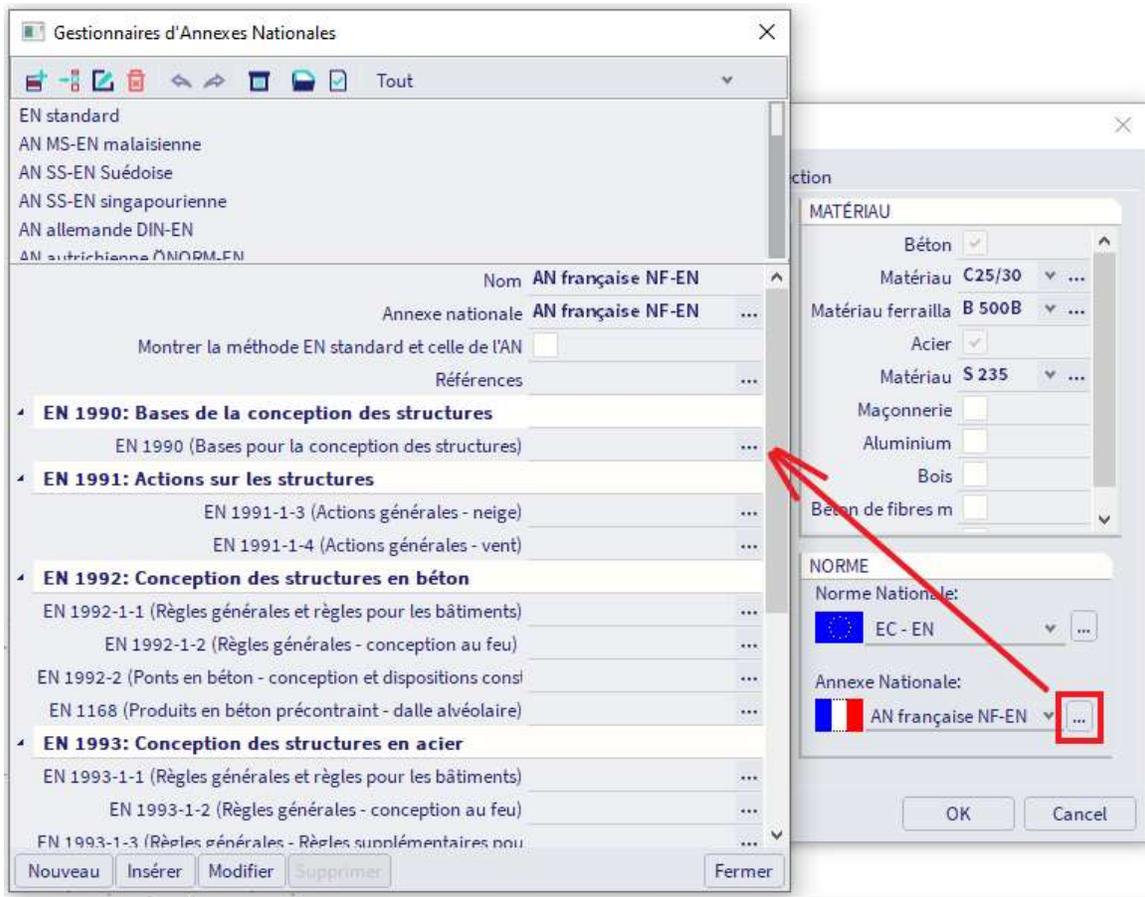
Définir les coefficients :



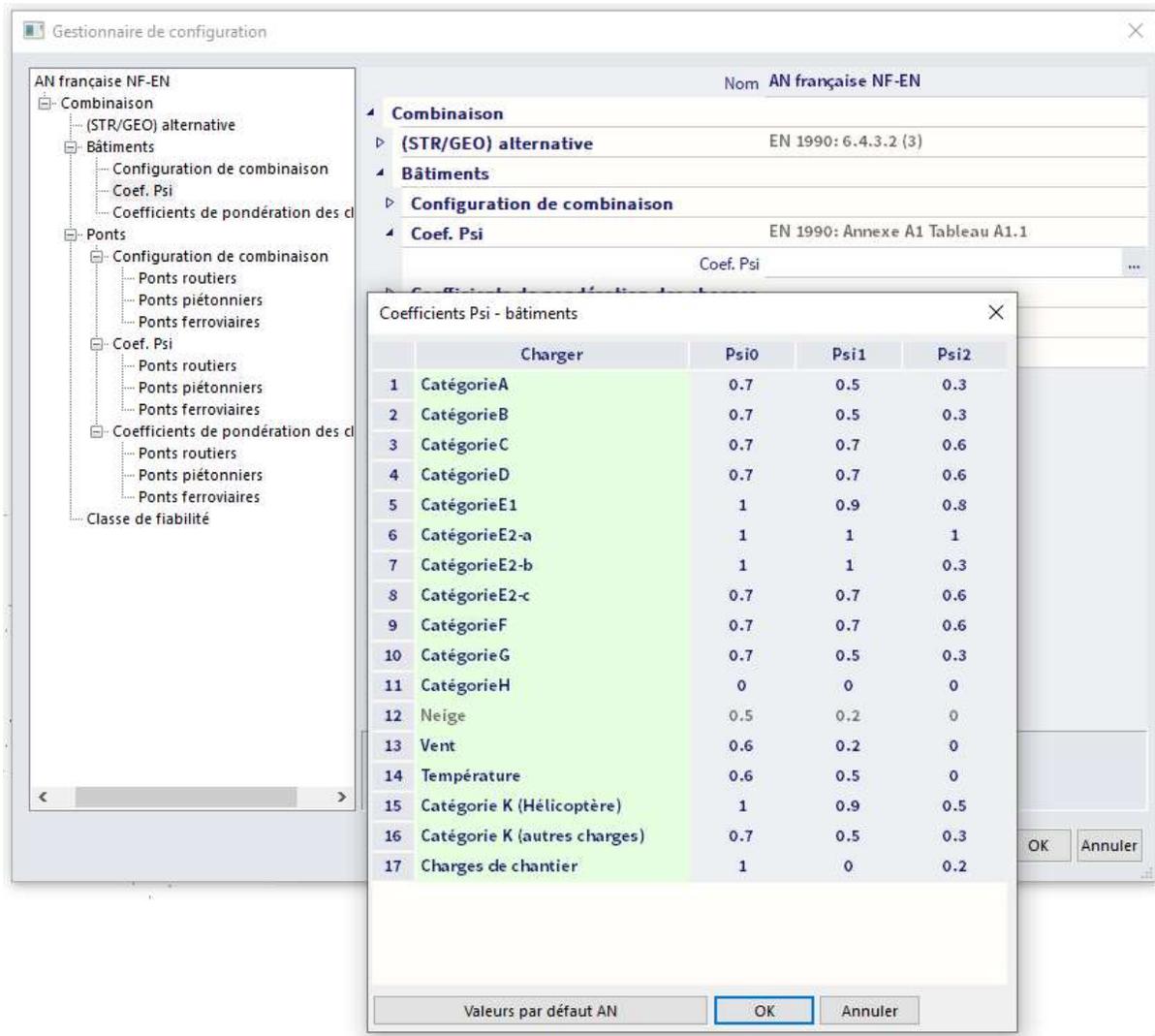
Pour visualiser le contenu de cette combinaison enveloppe, cliquer sur « Eclater en combinaisons linéaires ». Cela divisera cette combinaison en simples combinaisons linéaires.

### 3.3.3. Combinaisons Eurocode

Une combinaison Eurocode est un groupe de combinaisons. Les relations entre les charges et les catégories sont générées en utilisant les données des groupes de charges. Les catégories définissent les facteurs psi. Vous pouvez les visualiser en cliquant dans l'arborescence sur « Paramètres du projet ». Puis en cliquant sur les trois points, ouvrez le gestionnaire d'annexes nationales et choisissez la référence concernée (EN 1990).



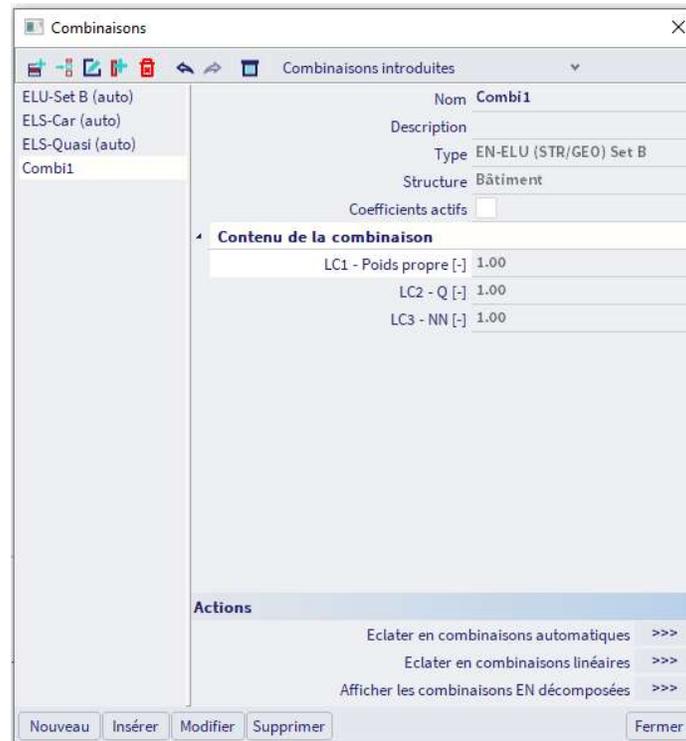
Cela ouvre les paramètres de la norme EN 1990. Ici vous trouverez le tableau des coefficients psi. Vous pouvez éditer les valeurs si nécessaire.



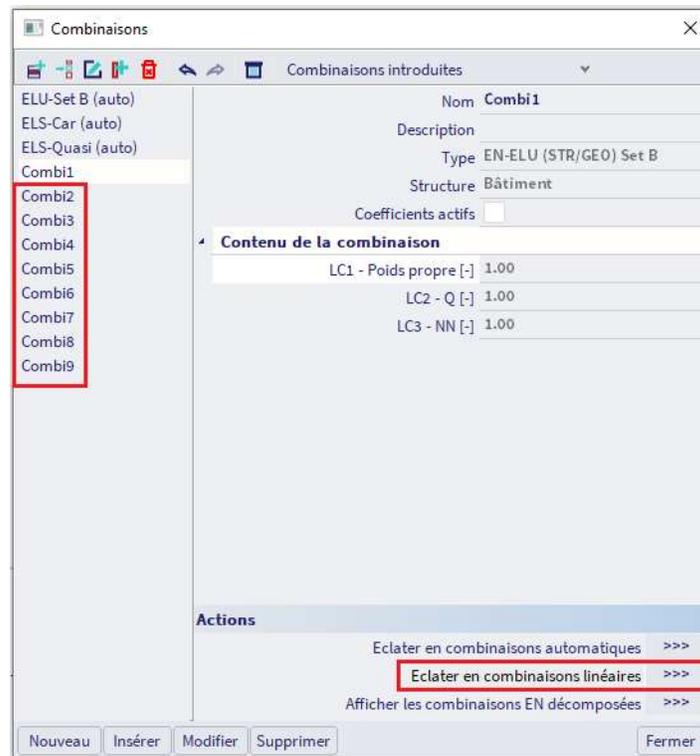
Pour créer une combinaison Eurocode, sélectionner le type EN-ELU ou EN-ELS :

Nom : Combi1  
 Coeff : 1 [Corriger]  
 Type : EN-ELU (STR/GEO) Set B ▼  
 Structure : Bâtiment ▼  
 Description :

Les coefficients ne peuvent pas être édités. Ils seront automatiquement attribués au cas de charges dans la combinaison.

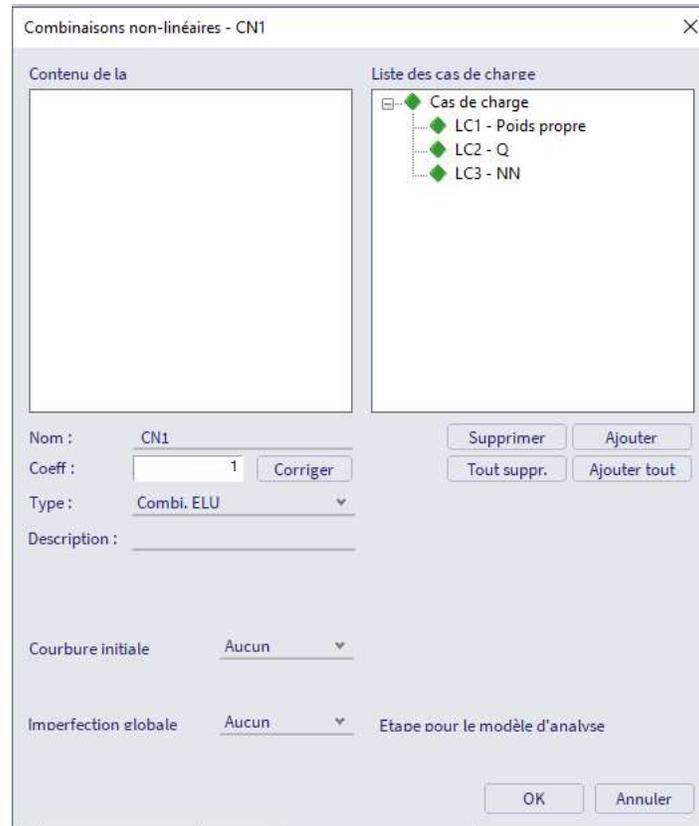


Pour visualiser le contenu de cette combinaison enveloppe, cliquer sur « Eclater en combinaisons linéaires ». Cela divisera cette combinaison en simples combinaisons linéaires.

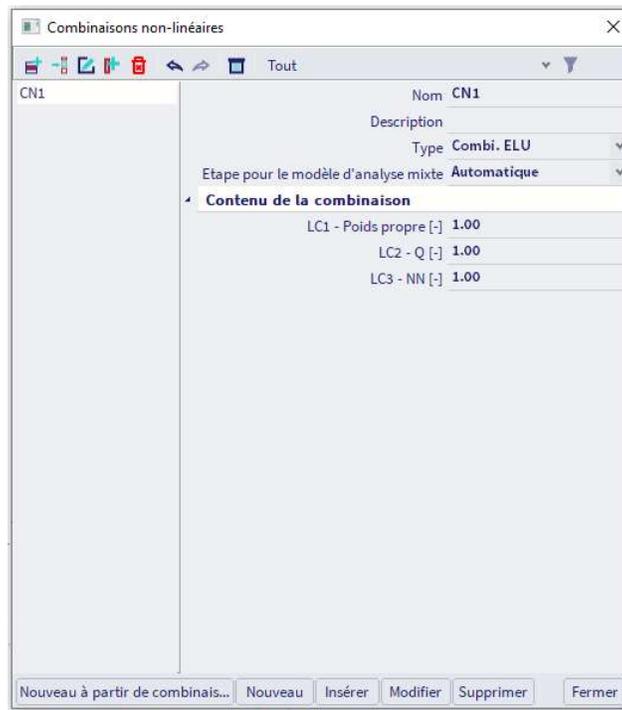


### 3.4. Combinaisons non-linéaires

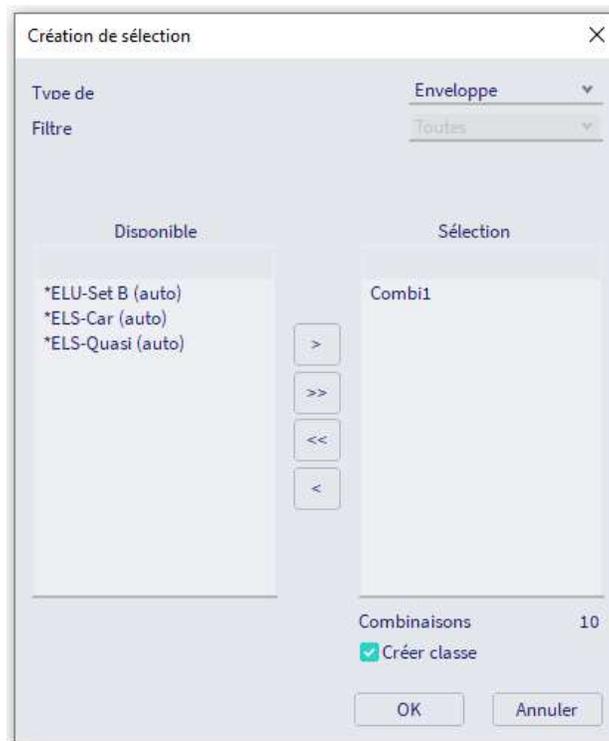
Pour effectuer un calcul non-linéaire, il vous faut ajouter des combinaisons non-linéaires. Cela peut se faire en cliquant dans les outils de processus, dans le service « Charges » puis sur « Combinaisons non-linéaires ».



Comme dans la fenêtre « Combinaisons », il faut sélectionner les cas de charges qui doivent être assignés à la combinaison non-linéaire. Une combinaison non-linéaire est une combinaison simple, comparable à une combinaison de type « linéaire ». Vous définissez le type de la combinaison non-linéaire : « Ultime » ou « de Service ». Aussi, un calcul en courbure initiale et/ou d'imperfection globale peut être défini dans cette fenêtre. Cela est nécessaire uniquement lorsque vous effectuez un calcul au second ordre.



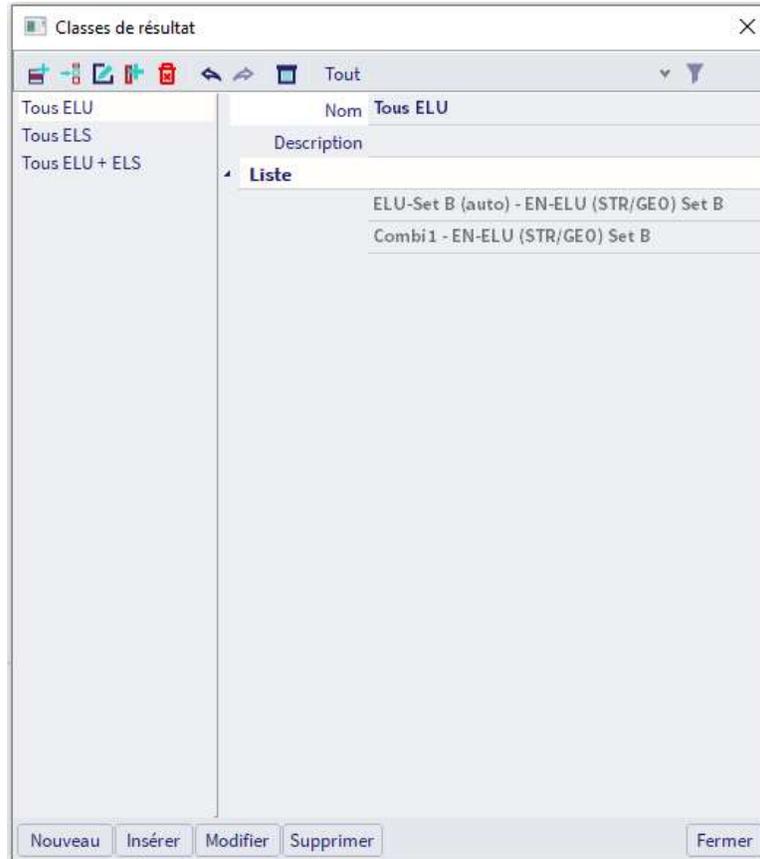
Dans cette fenêtre, vous pouvez définir les coefficients et éditer les imperfections. Il existe également une fonction pour créer automatiquement les combinaisons non-linéaires à partir du menu « Combinaisons ». Cela peut se faire à partir du bouton « Nouveau à partir des combinai... ».



Choisir le type de combinaisons (linéaires ou enveloppes) et sélectionner les combinaisons que vous souhaitez passer en combinaisons non-linéaires.

### 3.5. Classes de résultats

Dans les classes de résultats, vous pouvez définir plusieurs combinaisons. Dans le service « Résultats », vous verrez l'enveloppe de ces combinaisons lorsque vous demanderez les classes de résultats. Les classes de résultats se trouvent dans les outils de processus, dans le service « Charges ».



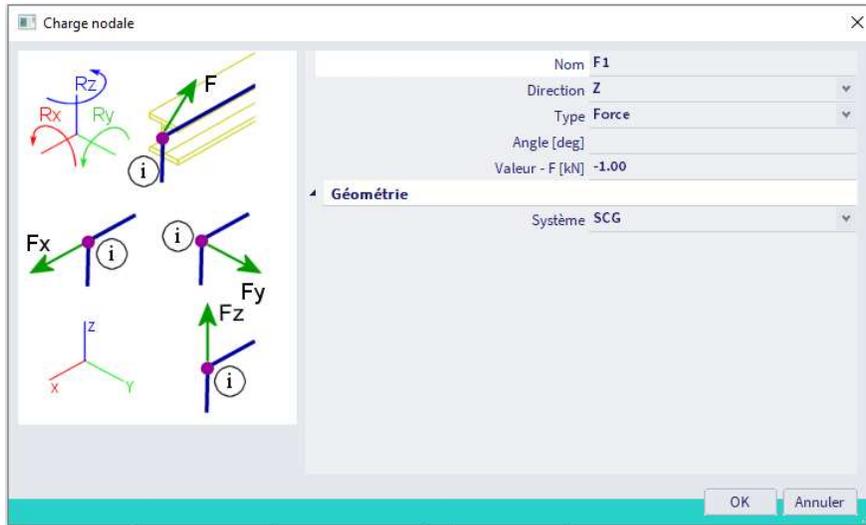
### 3.6. Effort ponctuel

Vous pouvez modéliser les charges ponctuelles dans le Panneau de Configuration sous « Charges ponctuelles ». Vous pouvez choisir entre :



### 3.6.1. Charge concentrée sur le nœud

Cet effort ne peut être positionné qu'aux nœuds. Il vous faut définir les options suivantes.



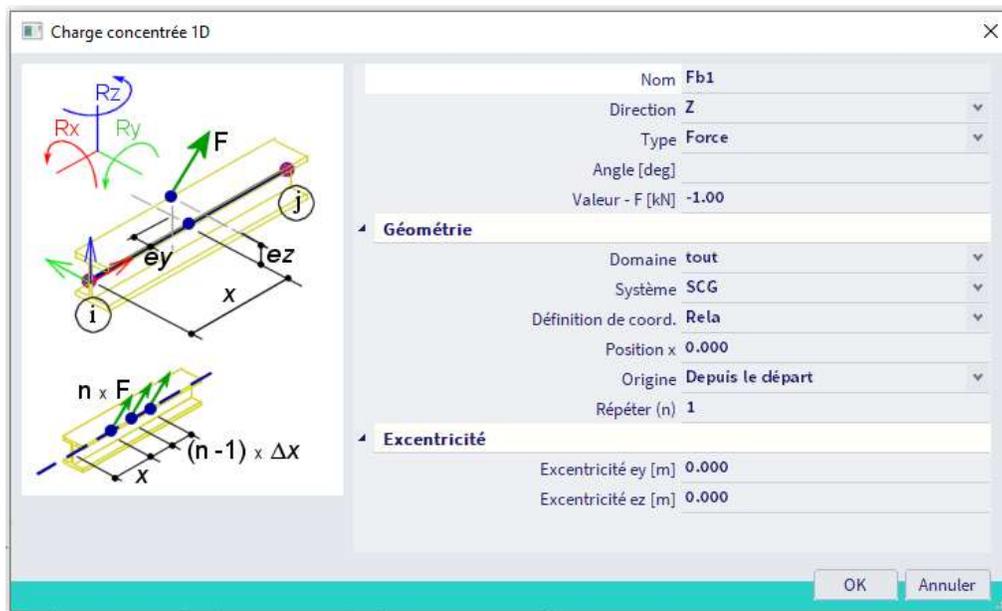
- « **Direction** » : définition de la direction de l'effort.
- « **Type** » : le type standard est « Effort ». Il peut être changé en « Vent » ou « Neige ». Si vous le modifiez en « Vent » ou « Neige », la façon dont la valeur est déterminée va changer.
- « **Angle** » : l'effort ponctuel peut avoir un angle. Cela peut se faire en remplissant les valeurs pour Rx, Ry, Rz.

Angle [deg]      Rx90.00,Ry90.00,Rz90.00

- « **Valeur** » : définition de l'intensité de l'effort.
- « **Système** » : la direction peut être suivant l'axe global (SCG) ou l'axe local (SCL).

### 3.6.2. Charge concentrée sur l'élément 1D

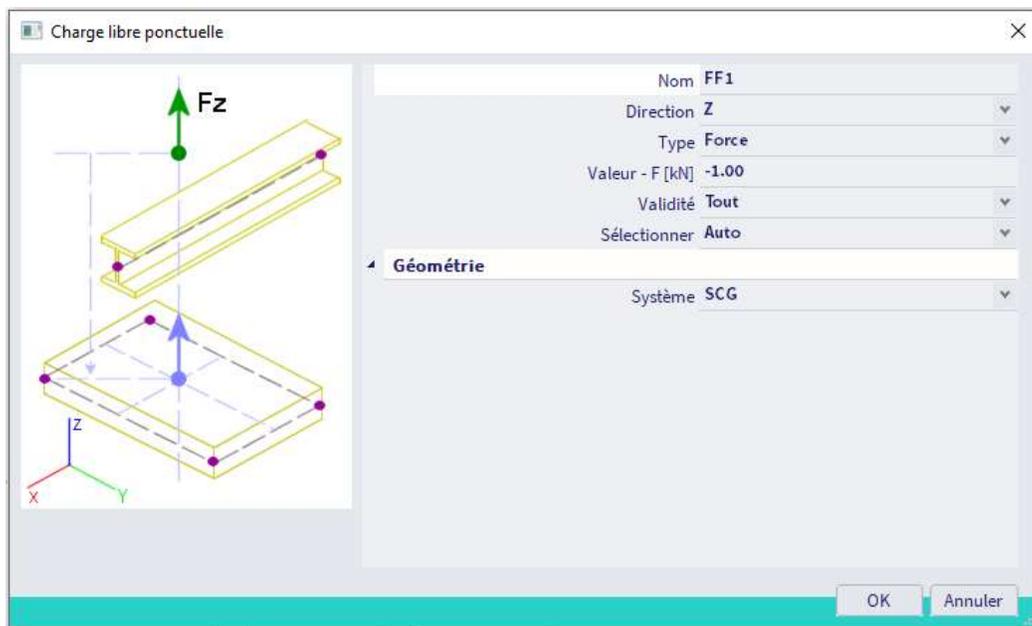
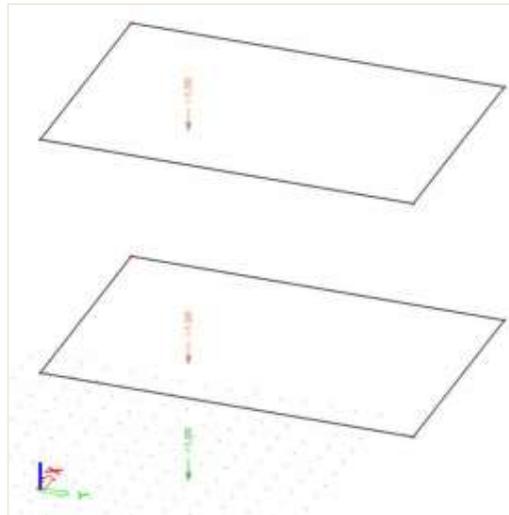
Cet effort peut être positionné le long d'un élément linéaire.



- « **Domaine** » : définition de la longueur de la poutre ou de la travée uniquement.
- « **Définition de coord.** » : définition de la position relative (valeur comprise entre 0 et 1) ou absolue (valeurs en mètres).
- « **Origine** » : définition depuis le début ou la fin de l'élément.
- « **Répéter (n)** » : répétition de l'effort ponctuel. Si la valeur est supérieure à 1, il vous faut définir une distance entre les charges.
- « **Excentricité** » : possibilité de donner une excentricité à la charge ponctuelle.

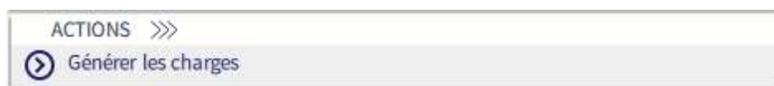
### 3.6.3. Charge libre ponctuelle

Vous pouvez assigner un effort ponctuel libre uniquement à un élément 2D. Il vous faut définir la géométrie dans le plan XY du SCU courant. Lorsque vous dessinez la charge, elle n'a que des coordonnées X et Y. Elle sera générée sur tous les éléments 2D qui a un point qui a ces mêmes coordonnées X et Y. Cela signifie que si vous avez une plaque au-dessus de cette charge ponctuelle, l'effort sera générée aussi sur cette plaque.

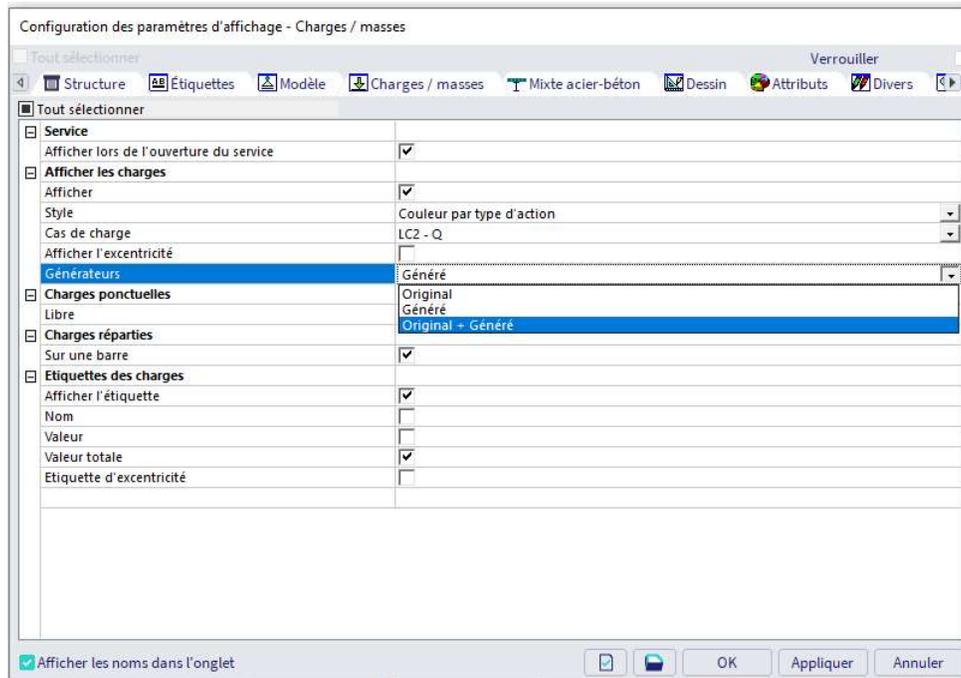


- « **Validité** » : ce paramètre a une influence sur la génération. Vous pouvez le mettre sur « Tout », « Z+ », « Z- » ou « 0 ». Cela signifie que les charges seront générées sur tous les éléments ou les éléments avec des coordonnées Z positives, négatives, ou nulles. Lorsque l'option « Sélectionner » est définie sur « Sélectionner », les charges ne seront générées que sur les éléments qui sont sélectionnés, après avoir cliqué sur la commande « Mise à jour sélection » dans le tableau « Actions ».
- « **Sélectionner** » : deux options sont proposées : « Auto » et « Sélectionner ». « Auto » signifie que la charge est générée sur tous les éléments. « Sélectionner » signifie que vous devez sélectionner les éléments sur lesquels les charges seront générées.

Pour visualiser un exemple de génération, vous pouvez sélectionner la charge et cliquer sur « Générer les charges » dans la fenêtre de propriétés.

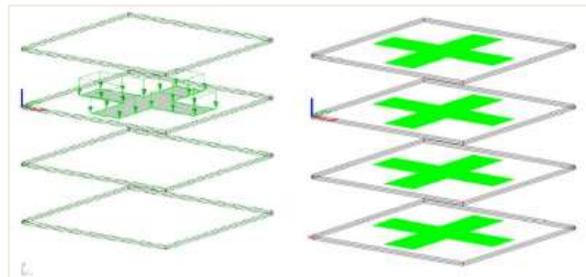


Pour switcher de la vue de la charge d'origine aux charges générées ou vice versa, vous pouvez supprimer les charges générées OU par un clic droit, cliquer sur « Paramètres d'affichage généraux », puis sur l'onglet « Charges / masses ».

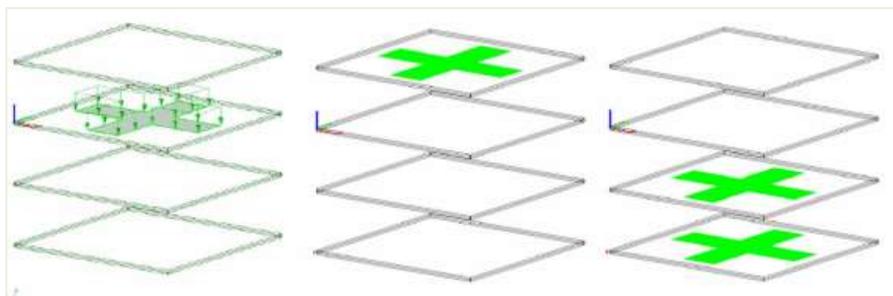


Les figures ci-dessous présentent une représentation graphique de toutes les différentes validités possibles :

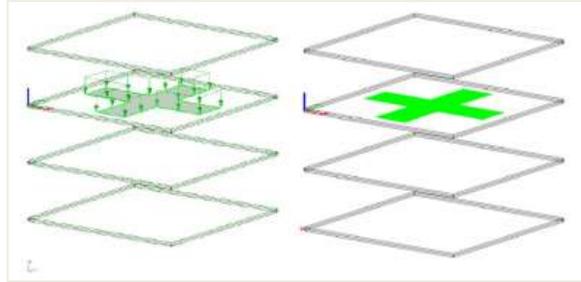
- « Sélectionner = Auto », « Validité = Tout »



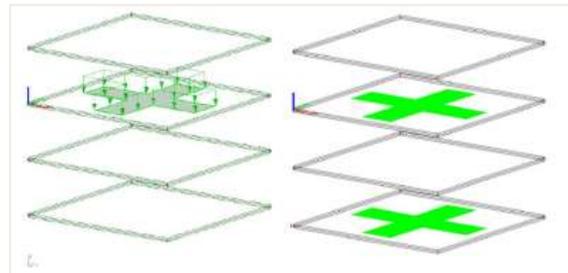
- « Sélectionner = Auto », « Validité = Z+ et Z- »



- « Sélectionner = Auto », « Validité = Z = 0 »



- « Sélectionner = Sélectionner », « Validité = Tout » (les plaques 1 et 3 sont sélectionnées)

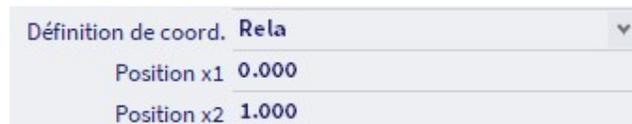


### 3.7. Charges linéiques

Vous pouvez ajouter trois types d'efforts linéaires : sur une barre, sur un bord, libre.



Les paramètres des efforts linéaires sont les mêmes que pour les efforts ponctuels. Le seul paramètre supplémentaire est la longueur de la charge linéaire. Elle peut être définie de manière relative (valeur comprise entre 0 et 1) ou absolue.



### 3.8. Charges surfaciques

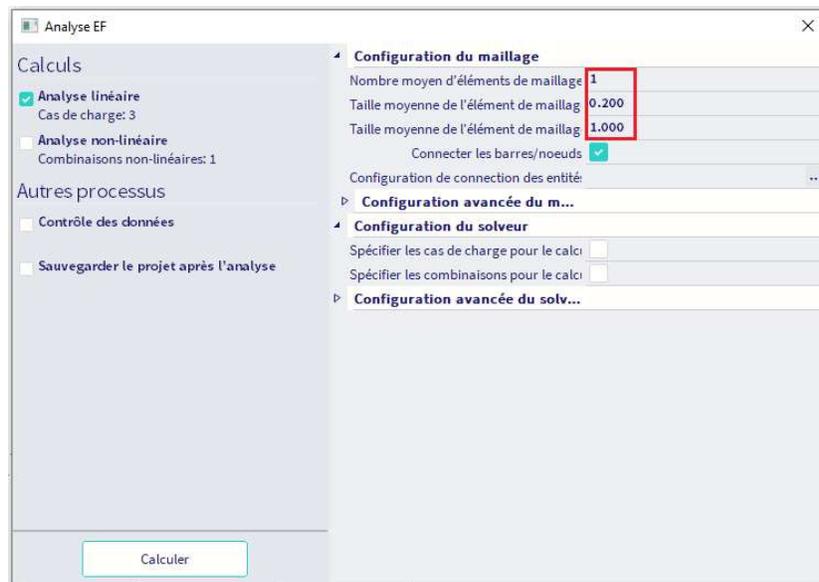
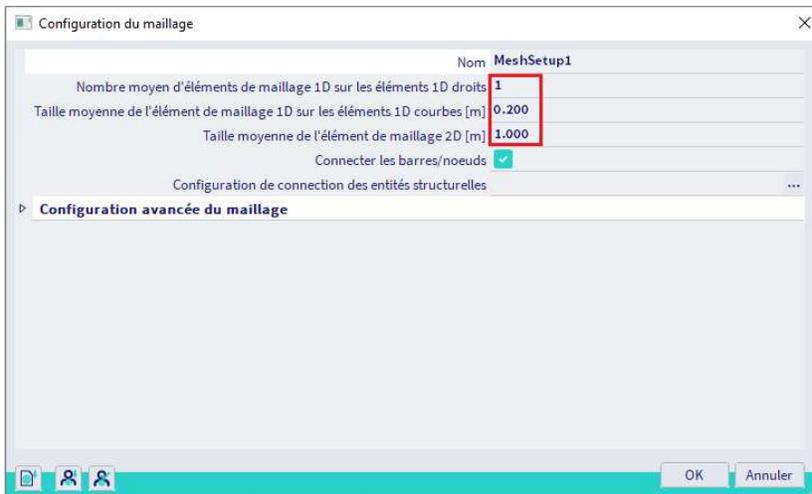
En plus des efforts ponctuels et linéaires, on trouve aussi les efforts surfaciques. Vous pouvez choisir entre deux types de charges surfaciques : « sur une surface » et « libre ». Les paramètres sont les mêmes que pour les autres types de charges précédents.



## Chapitre 4: Calcul

### 4.1. Maillage

Par défaut, les éléments 1D sont constitués d'un seul élément de maillage, et un élément 2D a un élément de maillage moyen de 1m. Vous pouvez changer ces paramètres dans les « Paramètres du maillage » (menu « Outils / Calcul et maillage ») OU lorsque vous lancez le calcul.



Ce paramétrage a une influence sur la précision des résultats et sur la vitesse du calcul.

Le maillage peut être visualisé en allant dans les « Paramètres d'affichage généraux », par un clic droit sur l'écran :

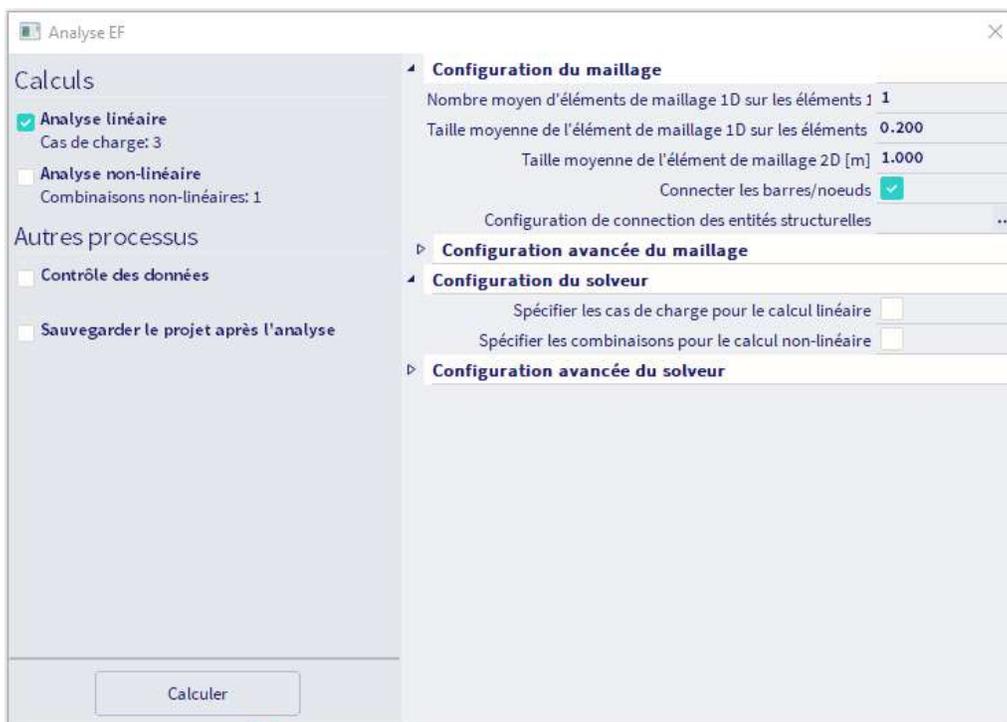
- Onglet « Structure / « Maillage » / « Dessiner le maillage »
- Onglet « Etiquettes » / « Maillage » / « Afficher l'étiquette »

## 4.2. Calcul / Solveur

Vous pouvez lancer le calcul en cliquant sur le raccourci au centre de la roue dans les outils du processus :



Ou bien en cliquant sur le menu « Outils » / « Calcul, maillage » / « Calculer » ou encore en tapant « calcul » dans la ligne de commande.



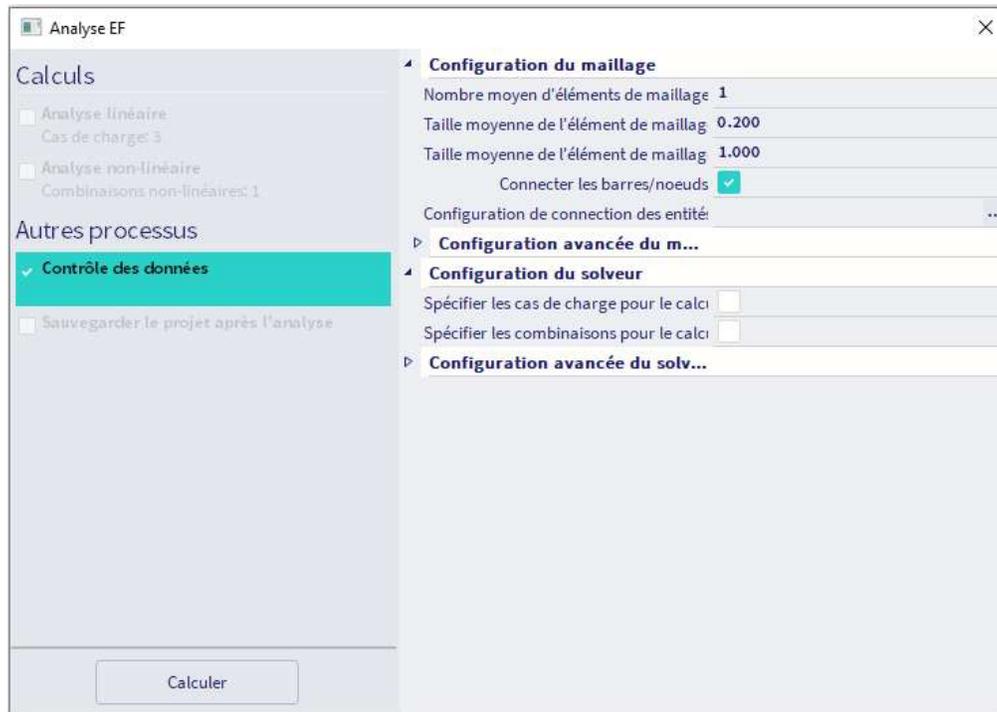
Dans la colonne de gauche, vous pouvez choisir le type d'analyses ou cliquant / déclinquant les options.

**NB :** vous pouvez cocher la case « Connecter les barres/nœuds » afin que le programme exécute automatiquement cette fonction avant de lancer le calcul.

## Chapitre 5: Résultats

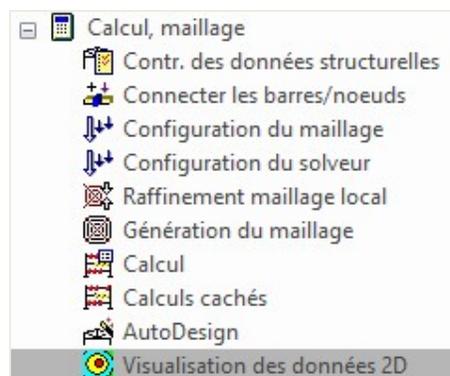
### 5.1. Contrôle des données

Lorsque vous lancez le calcul, la fonction « Contrôle des données » peut être effectuée.

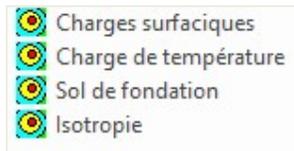


NB pour la version 32 bits uniquement :

Dans l'arborescence, dans le service « Calcul, maillage », vous verrez alors s'afficher une nouvelle option : « Visualisation des données 2D » :



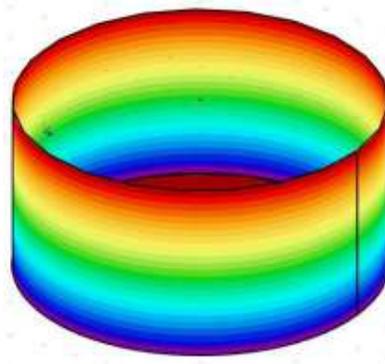
Lorsque vous ouvrez ce menu, vous pouvez contrôler les données du modèles. Il contient : les « Charges surfaciques », les « charges de température », le « sol de fondation », et l'isotropie ».



Sélectionner le contrôle que vous voulez effectuer et adaptez les propriétés pour pouvoir vérifier la saisie. Cf ci-dessous un exemple de réservoir une charge d'eau.

Nom	Charges surfaciques
Sélection	Tout
Type de charges	*Cas de charge
Cas de charge	LC3 - Variable
Filtre	Non
Valeur	qz
Système	Local
Valeur	Plusieurs comp
Fx	<input checked="" type="checkbox"/>
Fy	<input checked="" type="checkbox"/>
Fz	<input checked="" type="checkbox"/>
Mx	<input checked="" type="checkbox"/>
My	<input checked="" type="checkbox"/>
Mz	<input checked="" type="checkbox"/>
Configuration du dessin 2D	...

- « **Sélection** » : visualisation de la saisie sur toute la structure ou une partie seulement.
- « **Type de charges, cas de charge** » : sélection du cas de charge pour tester la saisie.
- « **Valeur** » : définition de la valeur à vérifier.
- « **Système** » : choix du système « local » ou « global ». Le système local suit les axes locaux des éléments alors que le système global est selon les axes globaux. Par exemple, ici, « Local » a été choisi car nous étudions un élément courbe.



## 5.2. Résultats requis

Après avoir effectué le calcul, dans les outils du processus, le service « Résultats » vous permet d'afficher les résultats suivants :



Vous les trouverez également dans le menu principal « Résultats ».

### 5.2.1. Protocole de calcul

Dans le protocole de calcul, vous pouvez vérifier l'équilibre entre les charges saisies et les réactions.

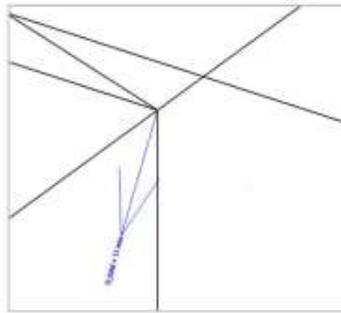
<b>Protocole de calcul</b>				
<b>Calcul linéaire</b>				
Nombre d'éléments 2D				25
Nombre d'éléments 1D				9
Nombre de noeuds du maillage				40
Nombre d'équations				240
Théorie flexionnelle pour l'analyse des plaques/coques				Mindlin
Cas de charge				LC1, LC2, LC3
Début du calcul				18.02.2021 10:32
Fin du calcul				18.02.2021 10:32

<b>Somme des charges et des réactions</b>				
Cas de charge	Valeur	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]
LC1	charges	0.00	0.00	-442.14
	réactions ponctuelles	0.00	0.00	442.14
	réactions linéiques	0.00	0.00	0.00
	contact1D	0.00	0.00	0.00
	contact2D	0.00	0.00	0.00
LC2	charges	0.00	0.00	-375.00
	réactions ponctuelles	0.00	0.00	375.00
	réactions linéiques	0.00	0.00	0.00
	contact1D	0.00	0.00	0.00
	contact2D	0.00	0.00	0.00
LC3	charges	0.00	0.00	-26.00
	réactions ponctuelles	0.00	0.00	26.00
	réactions linéiques	0.00	0.00	0.00
	contact1D	0.00	0.00	0.00
	contact2D	0.00	0.00	0.00

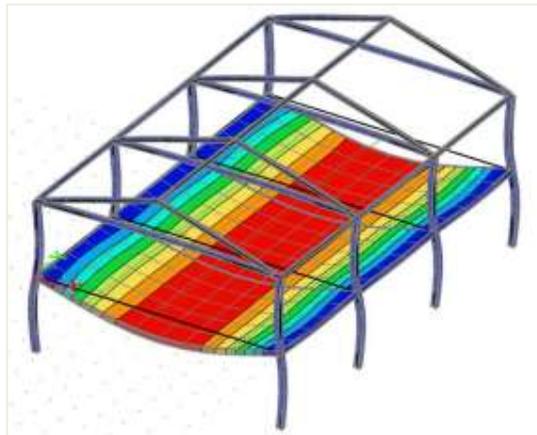
### 5.2.2. Déplacement des nœuds

Ce résultat vous donne le déplacement et la rotation de tous les nœuds de la structure. C'est le résultat le plus pure de l'analyse EF.



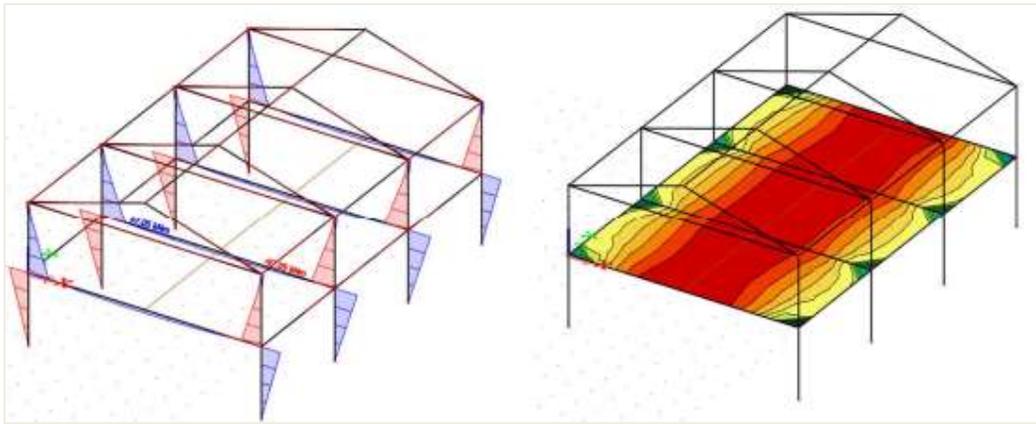
### 5.2.3. Résultats 3D

Deux types de résultats 3D sont disponibles : « Déplacements 3D » et « Contraintes 3D ». Pour générer ces résultats, les résultats 1D des éléments 1D et les résultats 2D des éléments 2D sont convertis en résultats 3D. Cela est fait par des formules de transformation. Ces résultats ne sont pas calculés par le solveur mais sont générés par le post processeur. A cause de cette transformation, la génération des résultats prend parfois un peu de temps, fonction de la taille de la structure (et du raffinement du maillage).



### 5.2.4. Résultats par composant

Pour chaque composant, un onglet est disponible dans le service « Résultats » : appuis, barres (éléments 1D) et éléments 2D. Pour chacun de ces composants, des résultats détaillés sont disponibles. Ces résultats sont calculés par le solveur et ne prennent pas davantage de temps à être générés. La différence avec les résultats 3D est que ces résultats sont visualisés en 1D pour les barres et en 2D pour éléments 2D.



### 5.2.5. Métré

Dans le métré, vous trouverez des informations concernant les masses, les surfaces et les volumes des matériaux utilisés dans le projet.

#### Métré

Sélection: Tout

Type de tri: Matériau

#### Synthèse

Matériau	Masses [kg]	Surface [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Acier	39250.0	25.000	5.0000e+00
Béton	5820.0	27.160	2.3280e+00
Total	45070.0	52.160	7.3280e+00

Note: La valeur 'Surface' représente la surface totale exposée pour les éléments 1D, alors que pour les éléments 2D il s'agit de la surface du plan moyen.

#### Béton (1D)

Matériau	Densité [kg/m <sup>3</sup> ]	Masses [kg]	Surface [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
C25/30	2500.0	5820.0	27.160	2.3280e+00
Total		5820.0	27.160	2.3280e+00

#### Acier (2D)

Matériau	Densité [kg/m <sup>3</sup> ]	Masses [kg]	Surface [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
S 235	7850.0	39250.0	25.000	5.0000e+00
Total		39250.0	25.000	5.0000e+00

### 5.2.6. Paramétrage du menu de propriétés

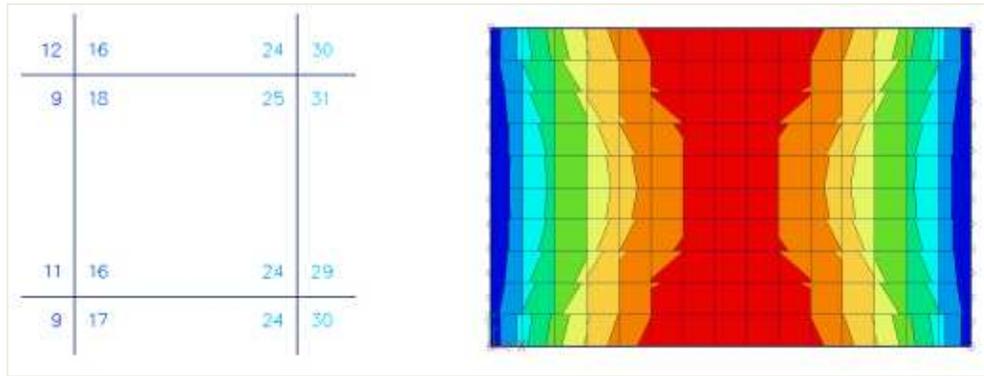
Après avoir sélectionné un type de résultats, il vous faut définir quelques paramètres dans la fenêtre de propriétés. Prenons par exemple la fenêtre de propriétés des « Efforts internes 2D ». Les autres résultats ont des options similaires.

Nom	Efforts internes 2D
▼ SÉLECTION	
Type de sélection	Tout ▼
Filtre	Non ▼
▼ CAS DE RÉSULTAT	
Type de charge	Combinaisons ▼
Combinaison	ELU-Set B (auto) ▼
Enveloppe (pour dessin 2D)	Extrême absolu ▼
Lissage des pointes	<input type="checkbox"/>
Position	Aux noeuds, moyenne sur macro ▼
Système	SCL maillage EF ▼
Extrême	Global ▼
Type des valeurs	Valeurs de base ▼
Valeur	m_x ▼
▼ CONFIGURATION DES SORTIES	
Imprimer la clef des combinaisons	<input checked="" type="checkbox"/>
Résultats standard	<input checked="" type="checkbox"/>
Résultats dans les coupes	<input type="checkbox"/>
Résultats sur les bords	<input type="checkbox"/>
► CONFIGURATION DE TABLEAU	
► CONFIGURATION DES ERREURS, AVERTISSEMENTS ET NOTES	
ACTIONS >>>	
<input checked="" type="radio"/>	Régénérer
<input type="radio"/>	Nouvelle combinaison à partir de la clef des combinaisons
<input type="radio"/>	Configuration du dessin 2D
<input type="radio"/>	Aperçu

- « **Type de sélection** » : visualisation des résultats sur la totalité de la structure ou une partie seulement.
- « **Filtre** » : filtre sur les matériaux, caractères génériques, calques ou épaisseurs.
- « **Type de charges** » : choix du cas de charge, de la combinaison ou des classes de résultats.
- « **Enveloppe** » : affichage des valeurs extrêmes maximum, minimum ou absolues. « Absolue extrême » vous montre la plus grande valeur absolue.
- « **Position** » : le maillage éléments finis dans SCIA Engineer est formé d'éléments linéaires à 3 et/ou 4 angles. Par éléments de maillage, 3 ou 4 résultats sont calculés, un à chaque nœud. Lorsque vous demandez les résultats sur les éléments 2D, l'option « Position » dans les propriétés vous donne la possibilité d'afficher ces résultats de 4 manières différentes :

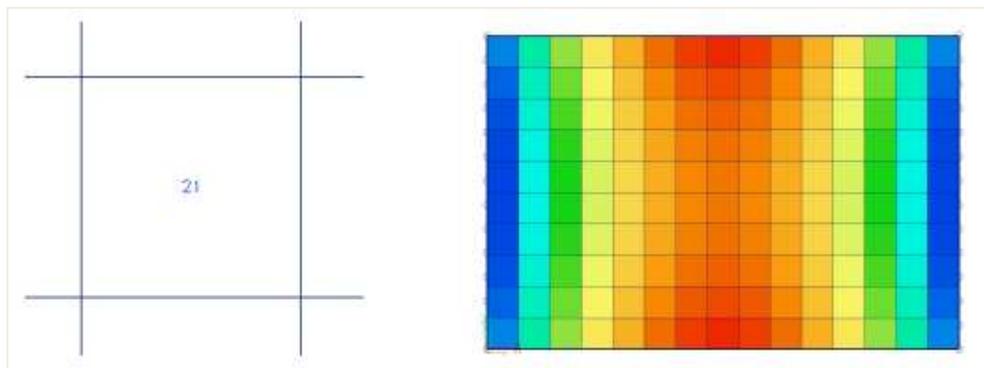
- « **Aux nœuds, pas de moyenne** »

Toutes les valeurs de résultats sont prises en compte, il n'y a pas de moyenne. A chaque nœud, 4 valeurs sont donc affichées provenant des éléments de maillage adjacents. Si ces 4 résultats diffèrent beaucoup de l'un à l'autre, cela indique que la taille de maille est trop importante. Cet affichage de résultats vous donne donc une bonne idée de l'erreur de discrétisation, dans le modèle de calcul.



○ « Aux centres »

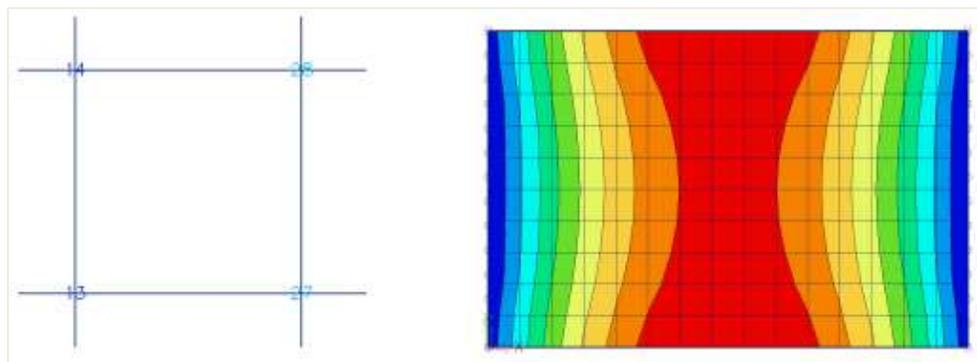
Pour chaque élément fini, la valeur significative des résultats aux nœuds de cet élément est calculée. Comme il n'y a qu'un seul résultat par élément, l'affichage des isobandes devient une mosaïque. La trajectoire dans une section est une courbe avec une seule étape par élément de maillage.



○ « Aux nœuds, moyenne »

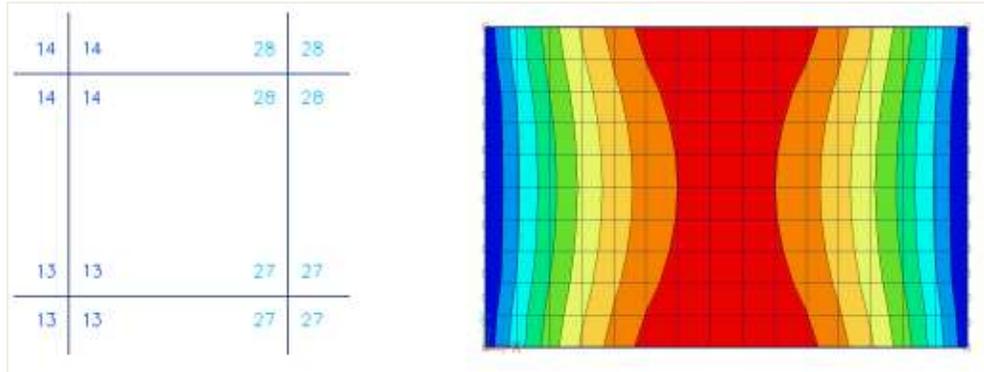
Les valeurs des résultats des éléments finis adjacents sont moyennées au nœud commun. C'est la raison pour laquelle l'affichage graphique est une trajectoire lissée d'isobandes. Dans certains cas, il n'est pas autorisé de moyenne les valeurs de résultats au nœud commun :

- toutes les transitions entre éléments 2D (plaques, murs, coques) avec des axes locaux différents ;
- lorsqu'un résultat est vraiment discontinu, comme l'effort tranchant au niveau d'un appui linéaire sous une plaque. Les pics disparaîtraient complètement par la moyenne des efforts tranchants positifs et négatifs.



○ « Aux nœuds, moyenne sur macro »

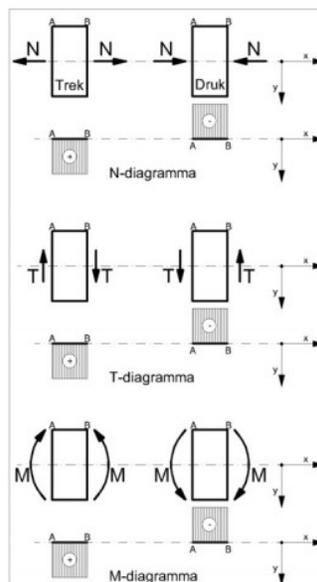
Les valeurs de résultats sont moyennées par nœud uniquement sur les éléments de maillage qui appartiennent à un même élément 2D et qui ont des axes locaux de même direction. Cela résout le problème décrit avec l'option « Aux nœuds, moyenne ».



- « **Système** » : direction fonction de « SCL maillage EF » ou « SCL – Élément 2D ».
- « **Extrême** » : vous pouvez définir ce paramètre sur « Global », « Élément » ou « Maillage ». « Global » signifie que seules les valeurs maximales du modèle complet sont affichées. Pour « Élément », la valeur maximale par élément est affichée. Pour « Maillage », s'affichent la valeur maximale par élément de maillage.
- « **Type des valeurs** » : trois types de valeurs sont possibles : « valeurs de base », « valeurs principales » et « valeurs élémentaires de dimensionnement ».

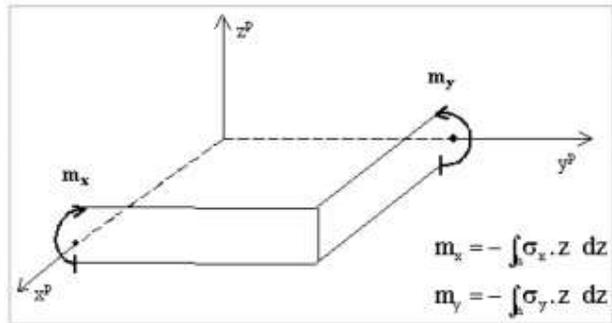
○ « Valeurs de base » = valeurs caractéristiques

▪ Poutres 1D

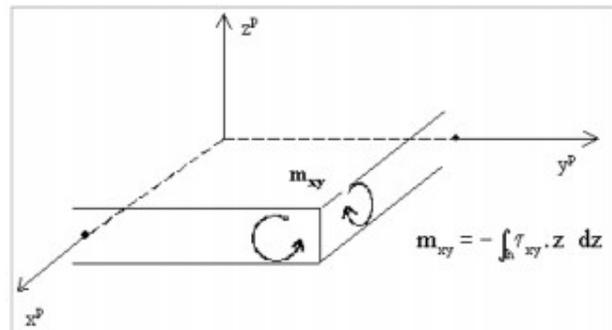


▪ Flexion (plaques, coques)

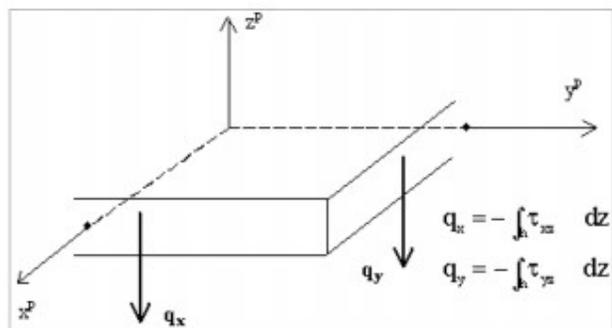
- Moments de flexion  $m_x, m_y$



- Moment de torsion  $m_{xy}$

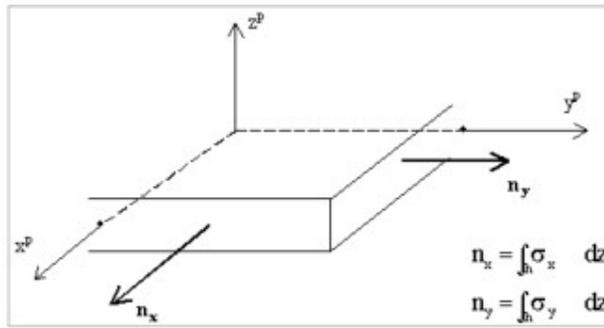


- Efforts de cisaillement  $q_x, q_y (= v_x, v_y)$

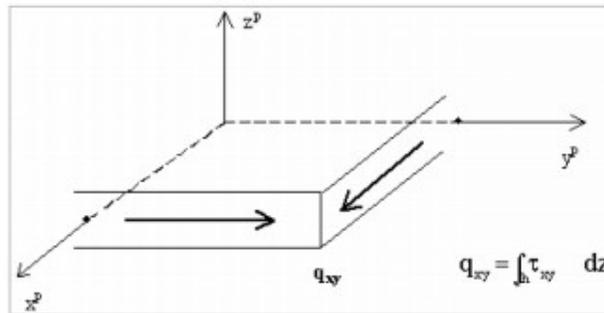


▪ Effets membranaires (voiles, coques)

- Efforts membranaires  $n_x, n_y$

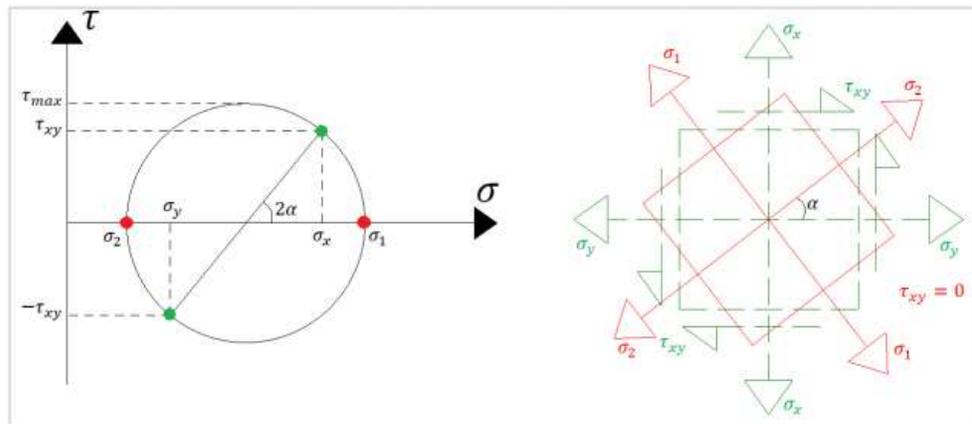


- Efforts de cisaillement  $q_{xy}$  ( $= n_{xy}$ )



- « Valeurs principales »

Les valeurs principales donne les résultats selon les axes des directions des contraintes principales (directions principales). Ces directions sont définies avec l'aide du cercle de Mohr.



- « Valeurs élémentaires de dimensionnement » = valeurs de calcul

Pour obtenir les valeurs de dimensionnement à partir des valeurs de base, les formules de l'Eurocode sont utilisées.

$m_{xD+}$  moment de dimensionnement dans la direction de l'axe local x pour le ferrailage sur la face positive :

$$m_x + |m_{xy}| \text{ for } \begin{cases} m_x \leq m_y \text{ and } m_x \geq -|m_{xy}| \\ m_x > m_y \text{ and } m_y \geq -|m_{xy}| \end{cases}$$

$$m_x + \frac{m_{xy}^2}{|m_y|} \text{ for } m_x > m_y \text{ and } m_y < -|m_{xy}|$$

$$0 \text{ for } m_x \leq m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$m_{xD-}$  moment de dimensionnement dans la direction de l'axe local x pour le ferrailage sur la face négative :

$$m_x + |m_{xy}| \text{ for } \begin{cases} m_x \leq m_y \text{ and } m_x \geq -|m_{xy}| \\ m_x > m_y \text{ and } m_y \geq -|m_{xy}| \end{cases}$$

$$m_x + \frac{m_{xy}^2}{|m_y|} \text{ for } m_x > m_y \text{ and } m_y < -|m_{xy}|$$

$$0 \text{ for } m_x \leq m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$m_{yD+}$  moment de dimensionnement dans la direction de l'axe local y pour le ferrailage sur la face positive :

$$m_x + |m_{xy}| \text{ for } \begin{cases} m_x \leq m_y \text{ and } m_x \geq -|m_{xy}| \\ m_x > m_y \text{ and } m_y \geq -|m_{xy}| \end{cases}$$

$$m_x + \frac{m_{xy}^2}{|m_y|} \text{ for } m_x > m_y \text{ and } m_y < -|m_{xy}|$$

$$0 \text{ for } m_x \leq m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$m_{yD-}$  moment de dimensionnement dans la direction de l'axe local x pour le ferrailage sur la face négative :

$$m_x + |m_{xy}| \text{ for } \begin{cases} m_x \leq m_y \text{ and } m_x \geq -|m_{xy}| \\ m_x > m_y \text{ and } m_y \geq -|m_{xy}| \end{cases}$$

$$m_x + \frac{m_{xy}^2}{|m_y|} \text{ for } m_x > m_y \text{ and } m_y < -|m_{xy}|$$

$$0 \text{ for } m_x \leq m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$m_{cD+}$  moment de dimensionnement complémentaire dans le béton sur la face positive :

$$-2|m_{xy}| \text{ for } \begin{cases} m_x \leq m_y \text{ and } m_x \geq -|m_{xy}| \\ m_x > m_y \text{ and } m_y \geq -|m_{xy}| \end{cases}$$

$$m_x - \frac{m_{xy}^2}{|m_x|} \text{ for } m_x \leq m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$$m_y - \frac{m_{xy}^2}{|m_y|} \text{ for } m_x > m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$m_{cD-}$  moment de dimensionnement complémentaire dans le béton sur la face négative :

$$-2|m_{xy}| \text{ for } \begin{cases} m_x \leq m_y \text{ and } m_x \geq -|m_{xy}| \\ m_x > m_y \text{ and } m_y \geq -|m_{xy}| \end{cases}$$

$$m_x - \frac{m_{xy}^2}{|m_x|} \text{ for } m_x \leq m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$$m_y - \frac{m_{xy}^2}{|m_y|} \text{ for } m_x > m_y \text{ and } m_x < -|m_{xy}|$$

$n_{xD}$  effort de dimensionnement dans la direction x :

$$n_x + |n_{xy}| \text{ for } \begin{cases} n_x \leq n_y \text{ and } n_x \geq -|n_{xy}| \\ n_x > n_y \text{ and } n_y \geq -|n_{xy}| \end{cases}$$

$$n_x + \frac{n_{xy}^2}{|n_y|} \text{ for } n_x > n_y \text{ and } n_y < -|n_{xy}|$$

$$0 \text{ for } n_x \leq n_y \text{ and } n_x < -|n_{xy}|$$

$n_{yD}$  effort de dimensionnement dans la direction y :

$$n_y + |n_{xy}| \text{ for } \begin{cases} n_x \leq n_y \text{ and } n_x \geq -|n_{xy}| \\ n_x > n_y \text{ and } n_y \geq -|n_{xy}| \end{cases}$$

$$n_y + \frac{n_{xy}^2}{|n_x|} \text{ for } n_x \leq n_y \text{ and } n_x < -|n_{xy}|$$

$$0 \text{ for } n_x > n_y \text{ and } n_y < -|n_{xy}|$$

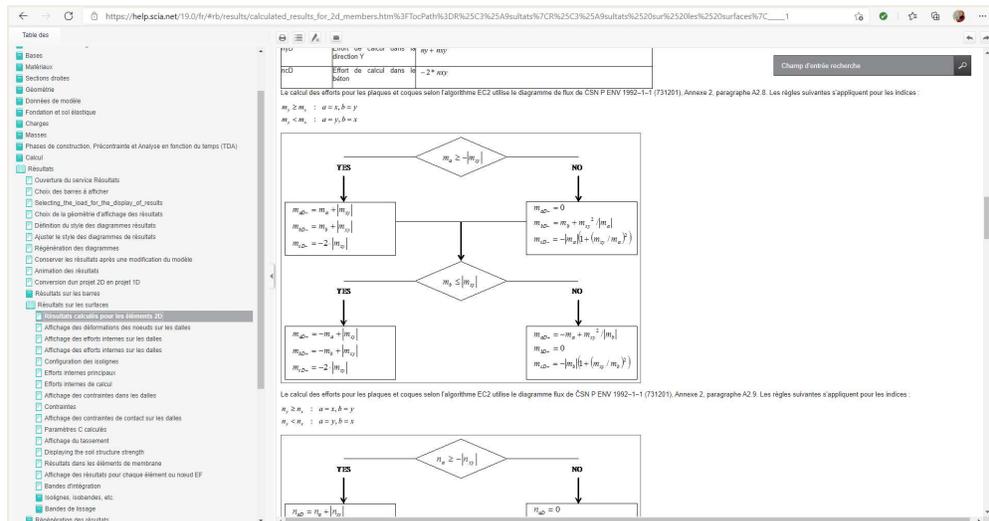
$n_{cD}$  effort de dimensionnement dans le béton :

$$-2|n_{xy}| \text{ for } \begin{cases} n_x \leq n_y \text{ and } n_x \geq -|n_{xy}| \\ n_x > n_y \text{ and } n_y \geq -|n_{xy}| \end{cases}$$

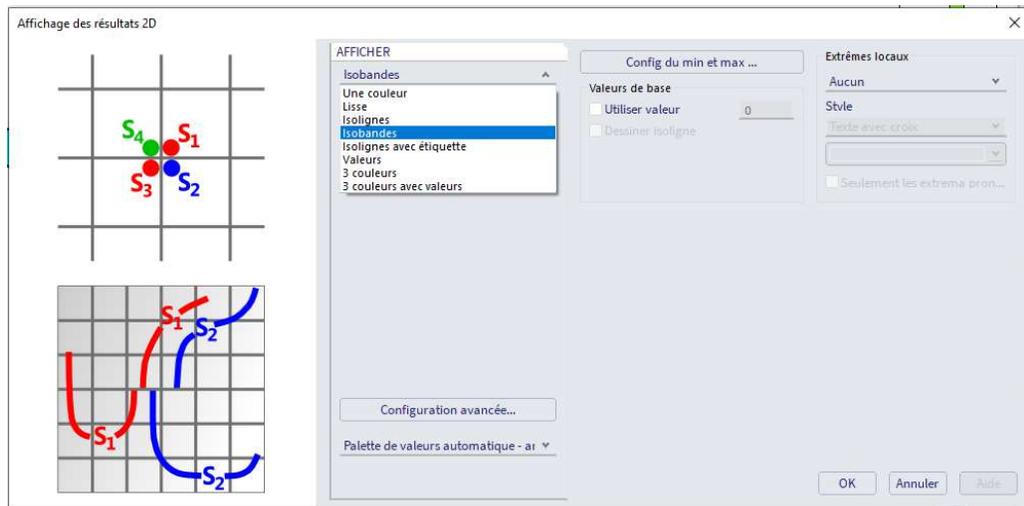
$$-|n_x| - \frac{n_{xy}^2}{|n_x|} \text{ for } n_x \leq n_y \text{ and } n_x < -|n_{xy}|$$

Vous pouvez également trouver ces formules dans l'aide en ligne de SCIA :

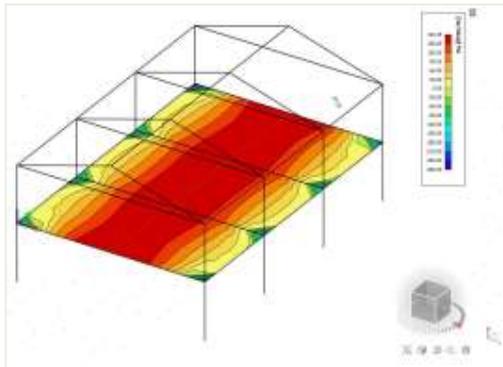
[https://help.scia.net/19.0/fr/#rb/results/calculated\\_results\\_for\\_2d\\_members.htm%3FTocPath%3DR%25C3%25A9sultats%7CR%25C3%25A9sultats%2520sur%2520les%2520surfaces%7C\\_\\_1](https://help.scia.net/19.0/fr/#rb/results/calculated_results_for_2d_members.htm%3FTocPath%3DR%25C3%25A9sultats%7CR%25C3%25A9sultats%2520sur%2520les%2520surfaces%7C__1)



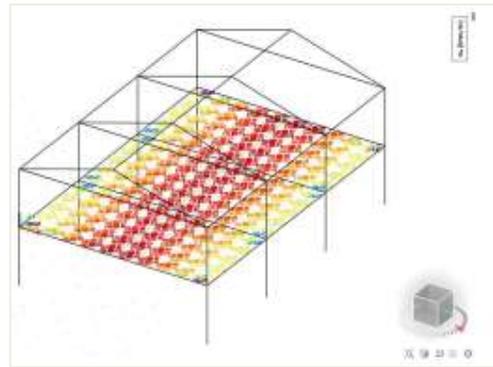
- « Configuration du dessin 2D » : en cliquant sur cette action, vous ouvrez la fenêtre de l' « Affichage des résultats 2D ». Dans cette fenêtre, vous pouvez définir comment



Isobandes :



Valeurs :



### 5.3. Résultats en tableau (qu'en version 32 bits)

Vous pouvez également demander les tableaux de résultats, en cliquant sur « Résultats en tableau » dans la feuille de propriétés :



Résultats en tableau

Efforts internes 2D, Calcul linéaire, Combinaison: ELU-Set B (auto), Extrême: Global, Sélection: Tout, Position: Aux noeuds, moyenne sur macro, Système: SCL maillage EF

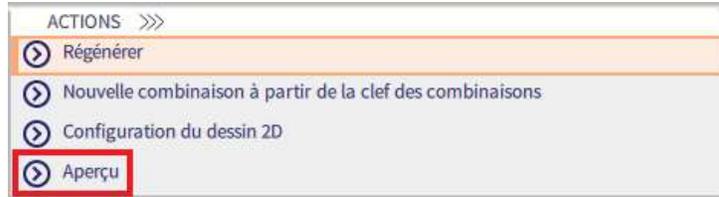
Nom	Maillage	x [m]	y [m]	z [m]	Cas	mx [kNm/m]	my [kNm/m]	mxy [kNm/m]	vx [kN/m]	vy [kN/m]	rx [kN/m]	ry [kN/m]	mxy [kN/m]	
1	D1	Élément: 22; Noeud: 33	2,000	5,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	125.03	12.71	-16.88	74.69	-36.47	-18.32	-0.28	0.11
2	D1	Élément: 10; Noeud: 18	5,000	2,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	12.38	132.70	-13.31	-36.23	65.76	0.15	-2.69	0.22
3	D1	Élément: 16; Noeud: 25	1,000	4,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	60.00	71.65	-41.43	-30.08	10.19	-3.10	-4.98	4.88
4	D1	Élément: 19; Noeud: 29	4,000	4,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	60.01	71.77	41.70	30.35	10.46	-3.11	-4.98	-4.88
5	D1	Élément: 5; Noeud: 2	5,000	0,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	-144.05	-153.26	26.82	-460.20	435.52	-54.63	-45.99	33.61
6	D1	Élément: 21; Noeud: 4	0,000	5,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	-165.30	-155.68	23.28	513.70	-440.88	-70.37	-46.64	37.88
7	D1	Élément: 16; Noeud: 26	0,000	4,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	13.94	69.20	-21.65	-86.57	-245.60	14.38	-5.43	0.58
8	D1	Élément: 4; Noeud: 9	4,000	0,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	55.45	12.02	-15.34	-247.44	-37.94	-24.60	0.34	0.84
9	D1	Élément: 25; Noeud: 3	5,000	5,000	3,600	ELU-Set B (auto)/1	-165.62	-156.17	-23.21	-514.63	-442.13	-70.36	-46.81	-37.93

Valeurs de base Liste des combinaisons

Efforts internes 2D

## 5.4. Aperçu des résultats

Vous pouvez également demander un aperçu de résultats. L'aperçu vous montrera le tableau qui est généré par la note de calcul.



### Efforts internes 2D

Calcul linéaire

Combinaison: ELU-Set B (auto)

Extrême: Global

Sélection: Tout

Position: Aux noeuds, moyenne sur macro. Système: SCL maillage EF

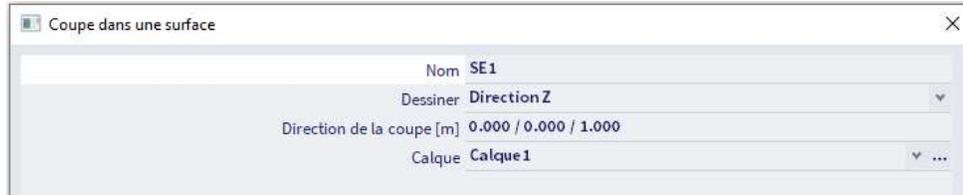
#### Valeurs de base

Nom	Maillage	Position [m]	Cas	$m_x$	$m_{xy}$	$v_x$	$n_x$	$n_{xy}$
				[kNm/m] $m_y$ [kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m] $v_y$ [kN/m]	[kN/m] $n_y$ [kN/m]	[kN/m]
D1	Élément: 22 Noeud: 33	2.000 5.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	<b>125.03</b> 12.71	-16.88	74.69 -38.47	-18.32 -0.28	0.11
D1	Élément: 10 Noeud: 18	5.000 2.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	12.38 <b>132.70</b>	-13.31	-36.23 65.76	0.15 -2.89	0.22
D1	Élément: 16 Noeud: 25	1.000 4.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	60.00 71.65	<b>-41.43</b>	-30.08 10.19	-3.10 -4.98	4.88
D1	Élément: 19 Noeud: 29	4.000 4.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	60.01 71.77	<b>41.70</b>	30.35 10.46	-3.11 -4.98	-4.88
D1	Élément: 5 Noeud: 2	5.000 0.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	-144.05 0.000 -153.26	26.82	-460.20 <b>435.52</b>	-54.63 -45.99	33.61
D1	Élément: 21 Noeud: 4	0.000 5.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	-165.30 -155.68	23.28	<b>513.70</b> -440.88	<b>-70.37</b> -46.64	<b>37.88</b>
D1	Élément: 16 Noeud: 26	0.000 4.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	13.84 69.20	-21.65	-86.57 -245.60	<b>14.38</b> -5.43	0.58
D1	Élément: 4 Noeud: 9	4.000 0.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	55.45 12.02	-15.34	-247.44 -37.94	-24.60 <b>0.34</b>	8.84
D1	Élément: 25 Noeud: 3	5.000 5.000 3.600	ELU-Set B (auto)/1	<b>-165.62</b> <b>-156.17</b>	-23.21	<b>-514.63</b> <b>-442.13</b>	-70.36 <b>-46.81</b>	<b>-37.93</b>

Nom	Cle des combinaisons
ELU-Set B (auto)/1	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.50*LC3

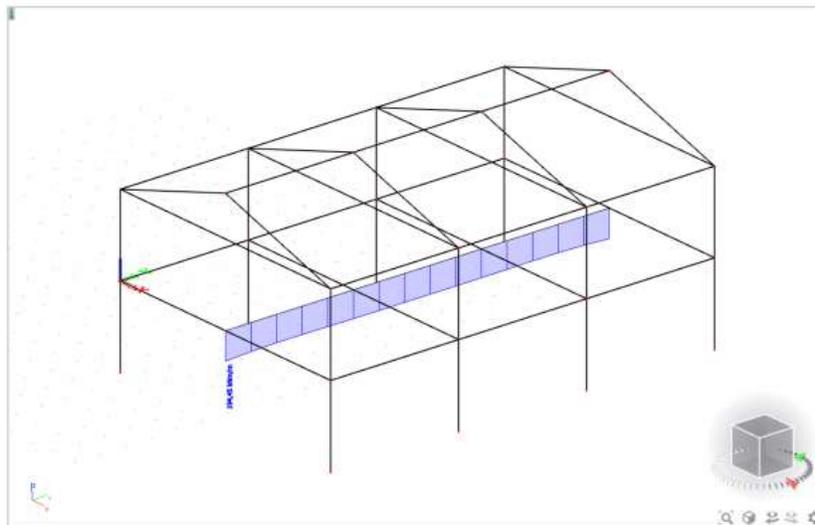
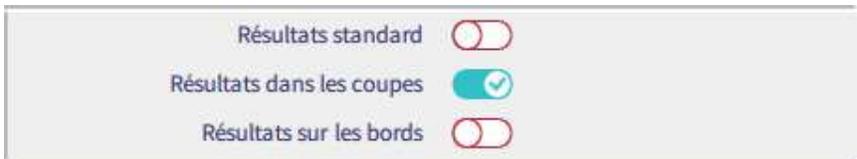
## 5.5. Coupe sur élément 2D

Vous trouverez la commande « Section sur 2D » dans le Panneau de saisie, sous « Outils de résultats » :



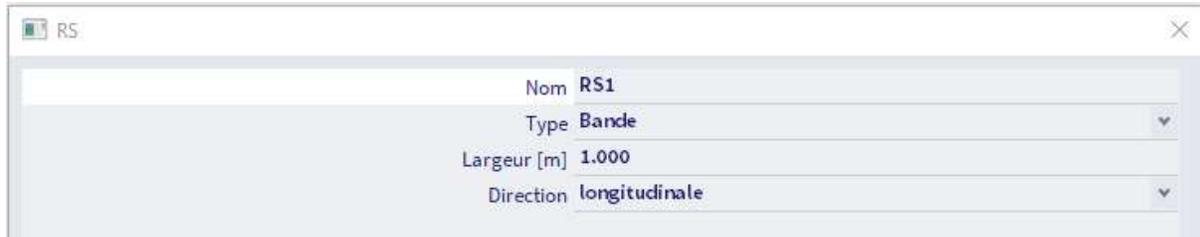
- « **Dessiner** » : détermination de la direction des résultats qui vont être dessinés dans la coupe.
- « **Direction de la coupe** » : définition de la direction de la coupe, qui sera faite via un vecteur X/Y/Z. Par exemple, 0/0/1 est une coupe dans la direction Z.

Pour visualiser les résultats dans la coupe, il vous faut cocher les « Résultats dans les coupes » dans la fenêtre de propriétés lorsque vous demandez les résultats.

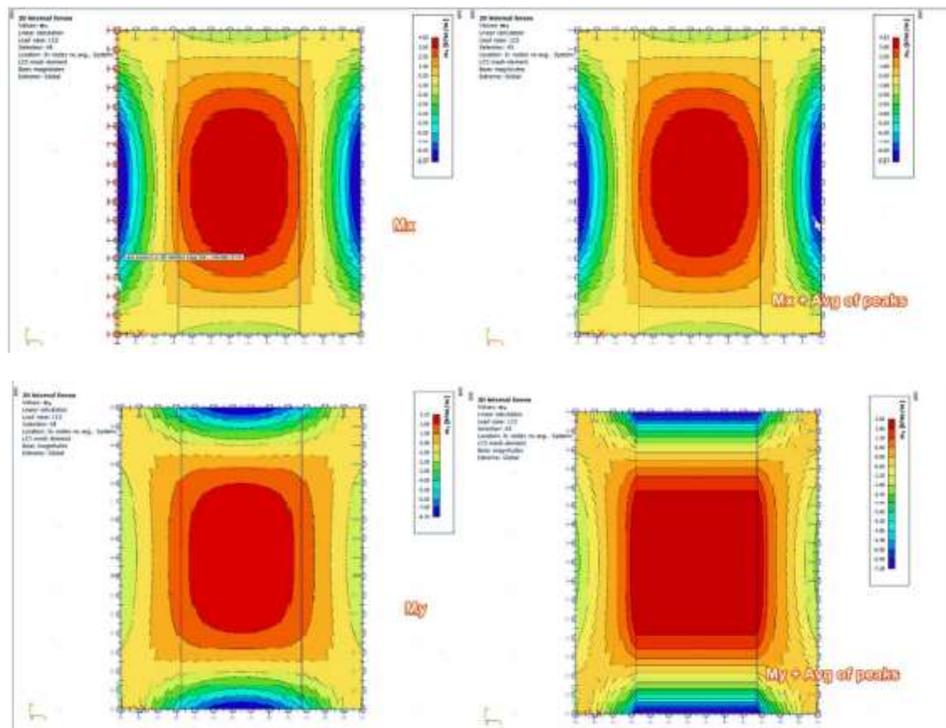


## 5.6. Bande de lissage

Une bande de lissage moyenne les valeurs de pics dans une zone. Vous trouverez la commande « Bande de lissage » dans le Panneau de saisie, sous « Outils de résultats ».

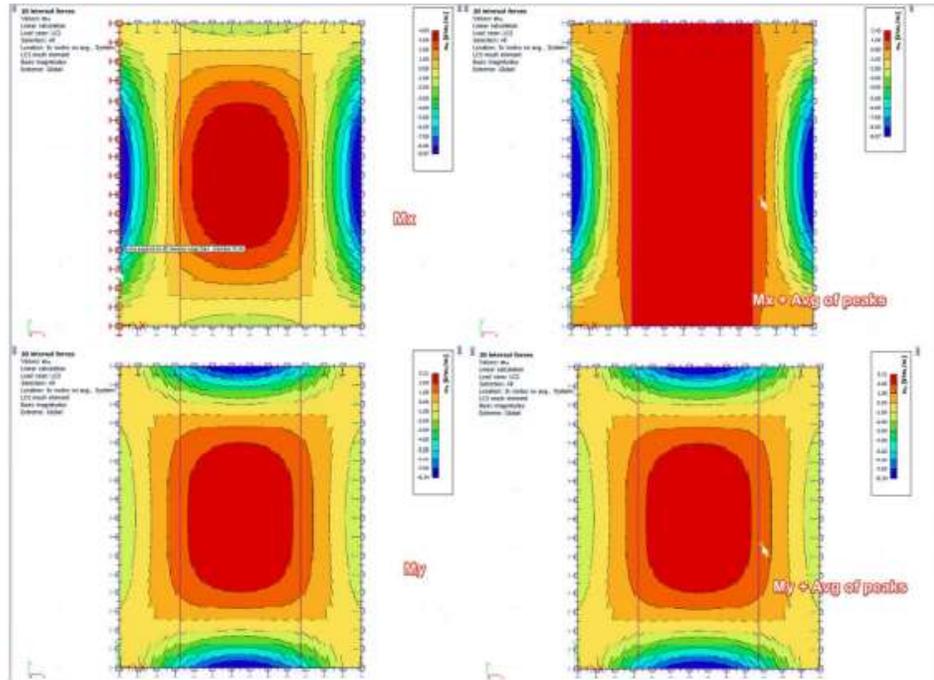


- « **Type** » : vous pouvez choisir entre un point ou une bande.
- « **Largeur** » : ici il vous faut définir les dimensions du point / bande.
- « **Direction** » :
  - o Direction = Longitudinale



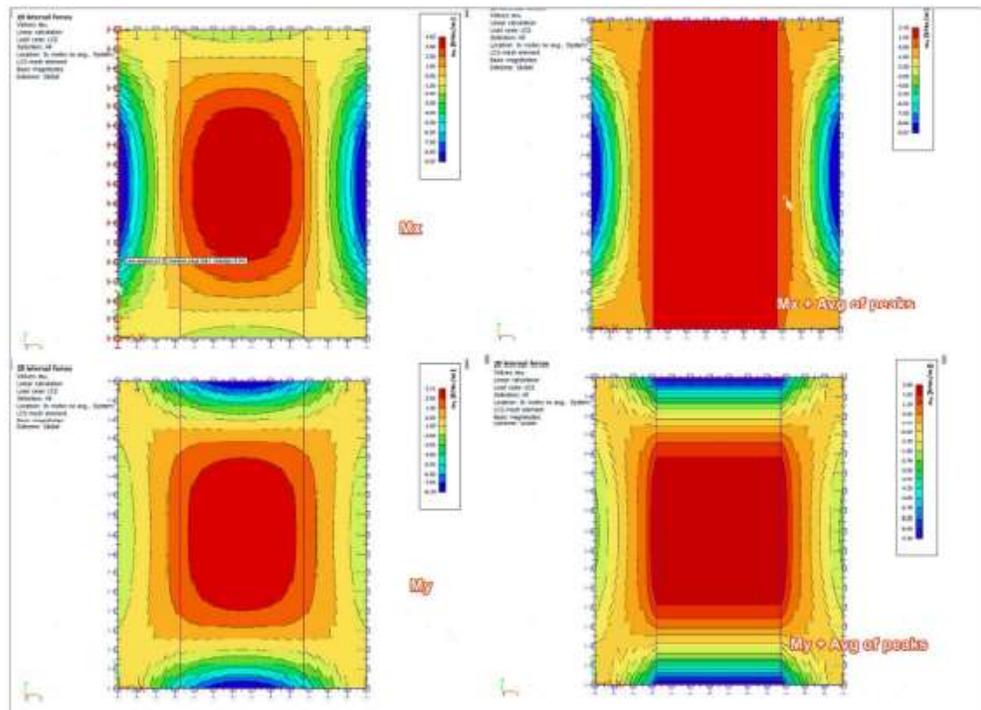
« Longitudinale » signifie que la moyenne est faite dans la direction longitudinale de la bande. Dans l'exemple ci-dessus, il s'agit de la direction y. La moyenne est donc faite pour  $m_y$ . Les valeurs  $m_y$  sont moyennées dans la direction x.

- Direction = Transversale



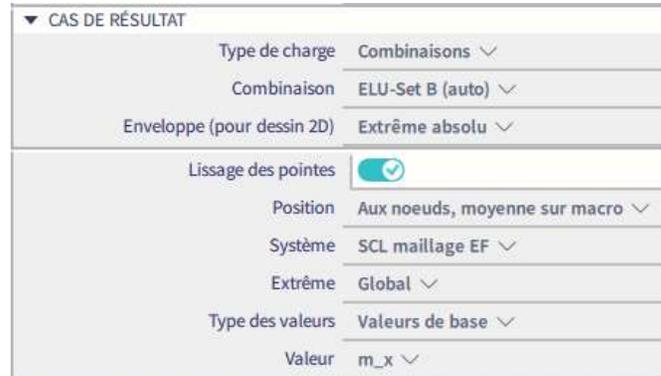
« Transversale » signifie que la moyenne est faite perpendiculairement à la direction longitudinale de la bande. Dans l'exemple ci-dessus, il s'agit de la direction x. La moyenne est donc faite pour  $m_x$ . Les valeurs  $m_x$  sont moyennées dans la direction y.

- Direction = Les deux



« Les deux » signifie que la moyenne est faite dans les deux directions de la bande de lissage. Cela signifie que les valeurs sont moyennées pour  $m_x$  comme pour  $m_y$  dans la direction perpendiculaire à  $m_x$  et  $m_y$ .

Pour activer la bande lissage, il vous faut cocher l'option « Lissage des pointes » dans la fenêtre de propriétés.

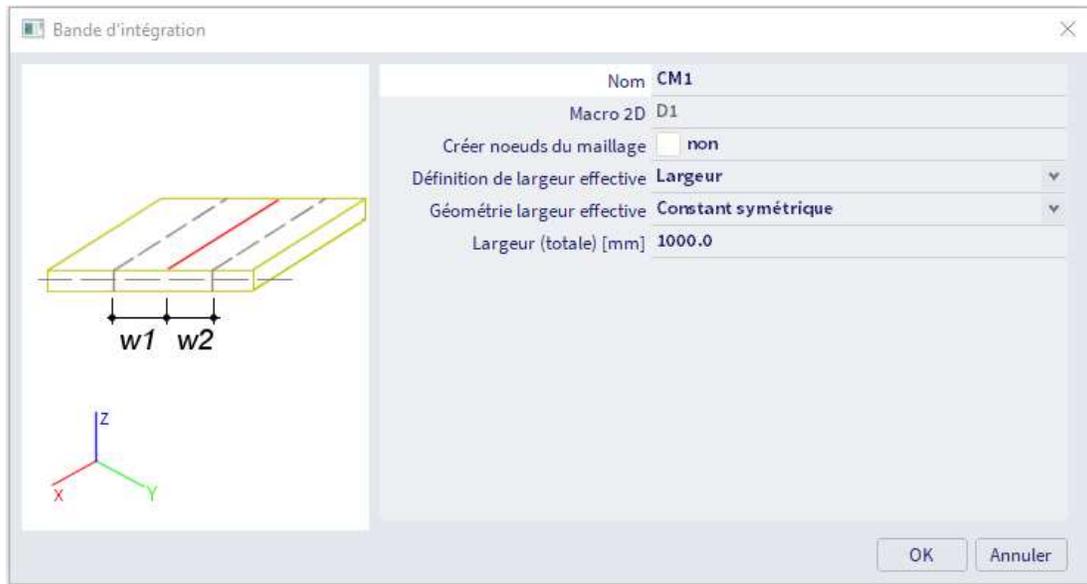


## 5.7. Bande d'intégration / Élément d'intégration

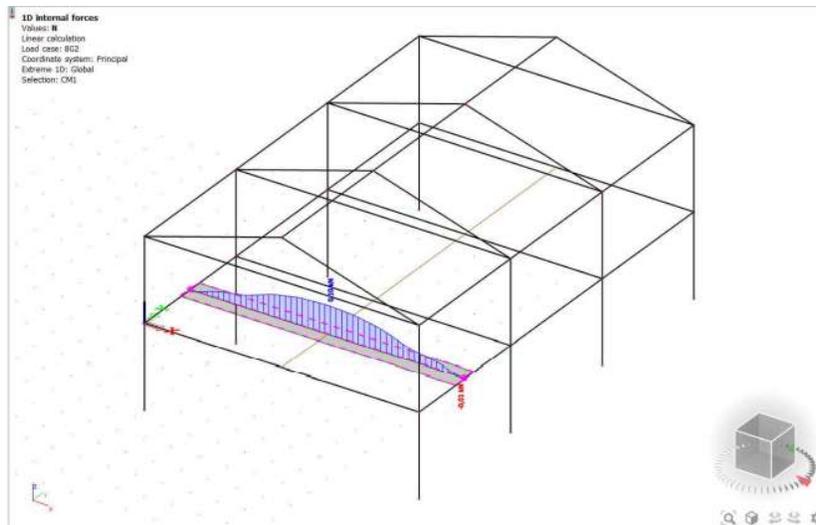
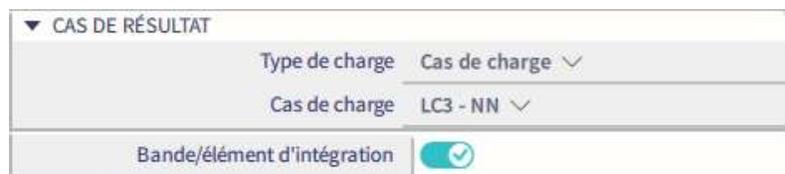
Une bande d'intégration se définit sur un élément 2D. Sur cette bande, vous pouvez demander les résultats comme si c'était un élément 1D. Un élément d'intégration fonctionne en 3D, donc les résultats sur les éléments multiples 2D seront donnés sur la bande comme si c'était un élément 1D. Vous trouverez ces deux commandes dans le Panneau de saisie sous les « Outils de résultats ».



Définir la largeur de la bande.



Dans « Barres », dans « Efforts internes », cochez l'option « Bande / élément d'intégration » :



Cela est similaire pour un élément d'intégration. Dans la fenêtre de l'élément d'intégration, vous pouvez définir la forme et les dimensions de cet élément.

Élément d'intégration

Nom IM1

Limites

Forme Rectangle

Forme d'intégration r...

Gauche [m] 0.500

Droite [m] 0.500

Bas [m] 0.500

Haut [m] 0.500

Flambement

Beta y-y 1

Beta z-z 1

Type d'élément Poutre

Section CS2 - IPE240

Intégration de la résultante par Centre de gravité

Nombre de sections 10

Sélection des éléments pour l'in Tout

SCL standard

Rotation SCL [deg] 0.00

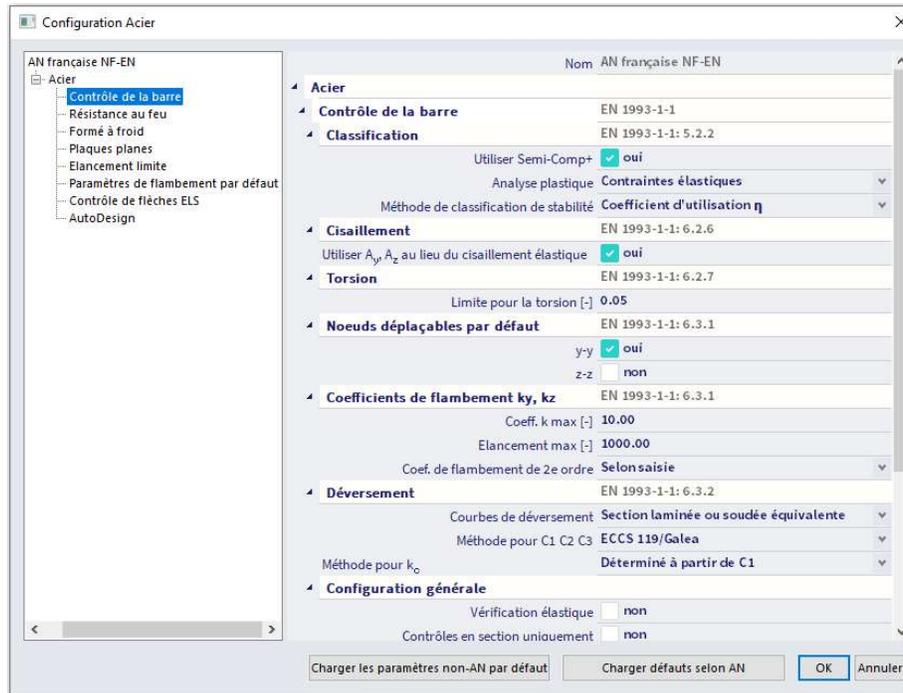
Calque Calque1

OK Annuler

## Chapitre 6: Calcul Acier

### 6.1. Configuration Acier

Vous pouvez ouvrir la « Configuration Acier » en allant dans le service « Acier » dans les outils du processus.



Dans cette fenêtre, vous pouvez changer les paramètres généraux. Ces paramètres ont une influence sur les contrôles. Par défaut, ces paramètres sont fonction de l'Eurocode. Vous pouvez trouver davantage d'informations sur ce menu dans le manuel « Acier ».

Vous pouvez passer outre ces paramètres de la « Configuration Acier » pour un (ou plusieurs) élément en lui assignant des « Données barre acier ». Si vous choisissez cette option, une fenêtre s'ouvrira dans laquelle vous pourrez assigner ces paramètres à un ou plusieurs éléments.

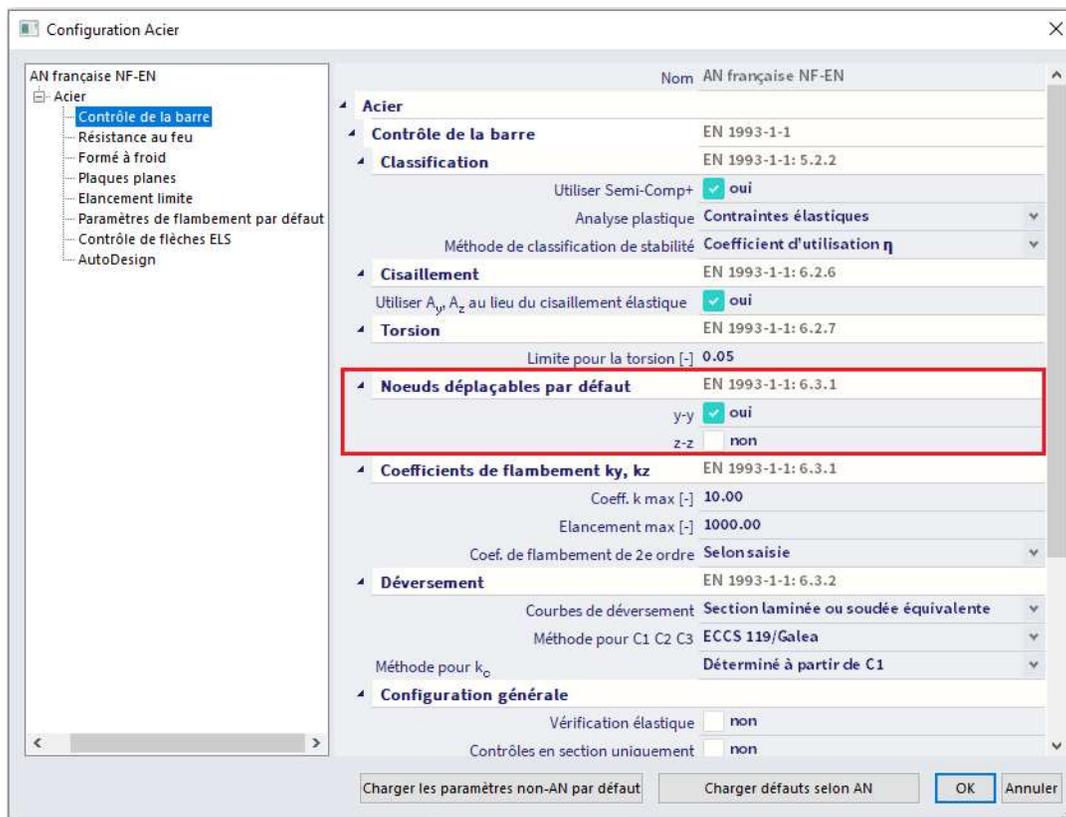


## 6.2. Paramètres de flambement

Vous avez plusieurs façons de déterminer les coefficients de flambement. La première option est de tout laisser par défaut et laisser SCIA calculer ces coefficients. Une deuxième option est d'assigner des groupes de flambement aux éléments pour les guider dans la détermination des coefficients de flambement.

### 6.2.1. Calcul du flambement par défaut

Avec cette méthode, un seul ajustement a besoin d'être fait. Dans la « Configuration Acier », il vous faut définir le type de déplacement par défaut.



Avec ces paramètres, le logiciel détermine si la structure est à nœud déplaçables ou non (contreventée ou non) autour de l'axe fort (y-y) et de l'axe faible (z-z) des profils de la structure. En fonction de ces paramètres, une formule différente est utilisée pour déterminer les coefficients de flambement :

- Pour une structure non-déplaçable :

$$k = \frac{(\rho_1 \rho_2 + 5\rho_1 + 5\rho_2 + 24)(\rho_1 \rho_2 + 4\rho_1 + 4\rho_2 + 12)2}{(2\rho_1 \rho_2 + 11\rho_1 + 5\rho_2 + 24)(2\rho_1 \rho_2 + 5\rho_1 + 11\rho_2 + 24)}$$

- Pour une structure déplaçable :

$$k = \sqrt[3]{\frac{\pi^2}{\rho_1 x}} + 4$$

Avec :

- k : coefficient de flambement
- L : longueur système
- E : module d'Young
- I : moment d'inertie
- C<sub>i</sub> : rigidité au nœud i
- M<sub>i</sub> : moment au nœud i
- φ<sub>i</sub> : rotation au nœud i

$$x = \frac{4\rho_1\rho_2 + \pi^2\rho_1}{\pi^2(\rho_1 + \rho_2) + 8\rho_1\rho_2}$$

$$\rho_i = \frac{C_i L}{EI}$$

$$C_i = \frac{M_i}{\phi_i}$$

Les valeurs de M<sub>i</sub> et de φ<sub>i</sub> sont déterminées approximativement par les efforts internes et les déformations, calculés via les cas de charges qui génère des déformations, qui sont similaires à la forme de flambement. Lors du calcul linéaire, en arrière-plan, deux cas de charges supplémentaires sont alors calculés, uniquement pour la détermination des coefficients de flambement des éléments.

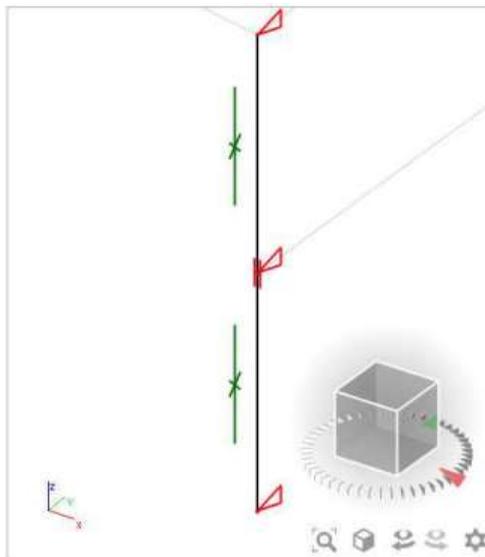
Ce calcul est effectué automatiquement lors d'un calcul linéaire de la structure. **En calcul non-linéaire, l'utilisateur doit donc également effectuer un calcul linéaire, sinon aucun coefficient de flambement ne sera calculé et aucun contrôle sur la norme acier ne sera vérifié.**

Les cas de charges suivants sont pris en compte dans le calcul linéaire pour le calcul des coefficient de flambement :

- Cas de charges 1 :
  - o Sur les poutres, les charges locales réparties q<sub>y</sub> = 1N/m et q<sub>z</sub> = -100N/m sont utilisées ;
  - o Sur les poteaux, les charges globales réparties Q<sub>x</sub> = 10000N/m et Q<sub>y</sub> = -10000N/m sont utilisées
- Cas de charges 2 :
  - o Sur les poutres, les charges locales réparties q<sub>y</sub> = -1N/m et q<sub>z</sub> = -100N/m sont utilisées ;
  - o Sur les poteaux, les charges globales réparties Q<sub>x</sub> = -10000N/m et Q<sub>y</sub> = -10000N/m sont utilisées.

L'approche utilisée donne de bons résultats pour les structures à portiques avec des **liaisons perpendiculaires de poutres rigides ou semi-rigides**.

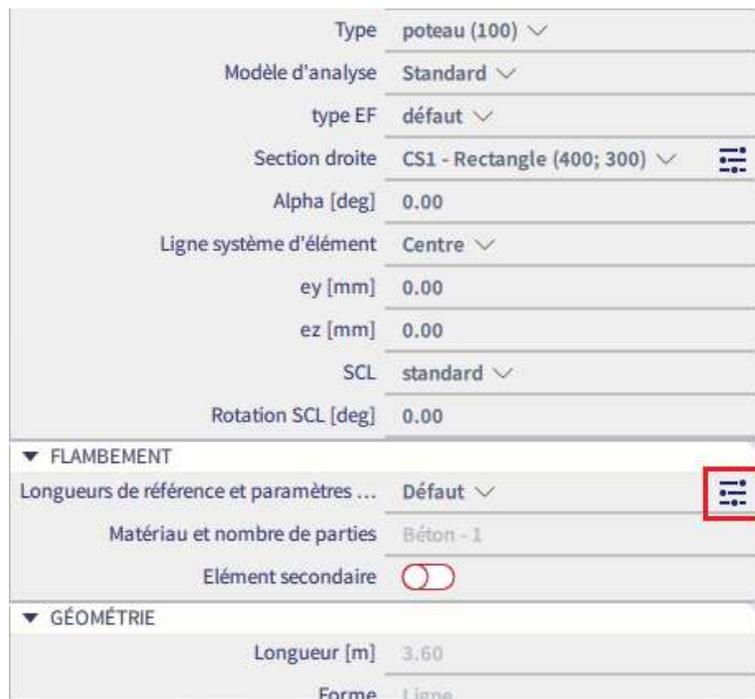
La longueur système de chaque système de flambement est déterminée automatiquement par SCIA. Chaque élément qui se trouve dans la même ligne est un système de flambement. Le système de flambement peut être découpé en plusieurs systèmes s'il y a un appui ou un élément perpendiculaire à l'élément dans la direction de l'axe fort ou de l'axe faible. Le système de flambement est réduit uniquement pour les axes concernés.

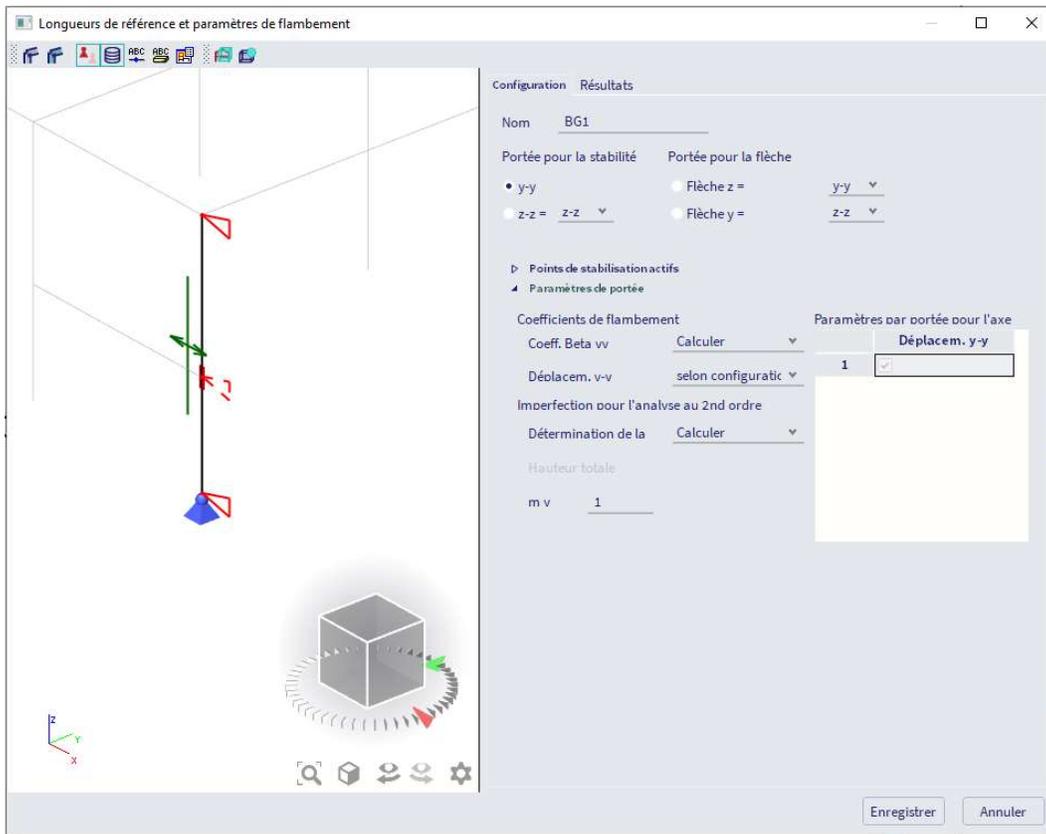


### 6.2.2. Groupes de flambement

Pour avoir plus d'influence sur la détermination des coefficients de flambement, vous pouvez assigner des groupes de flambement aux éléments. Vous pouvez utiliser le même groupe de flambement pour les éléments qui ont le même système de flambement (même longueur et mêmes appuis de flambement).

Pour créer un groupe de flambement pour un élément, sélectionner l'élément et cliquer sur les trois petits points en face de « **Longueurs de référence et paramètres de flambement** » dans la fenêtre de propriétés.

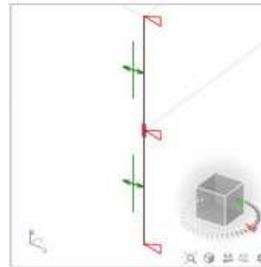




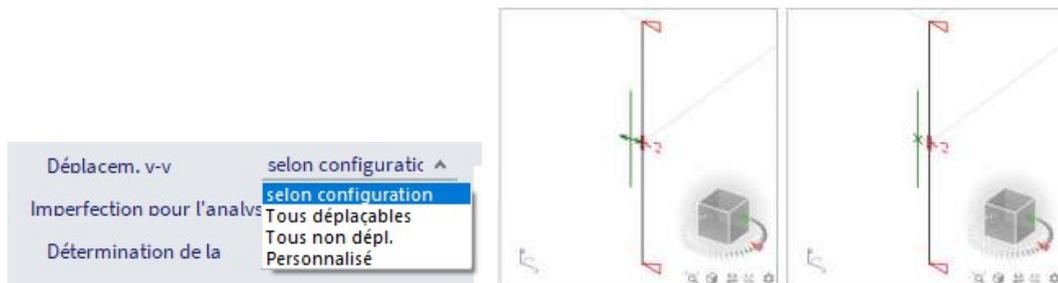
- **Contraintes de flambement** : vous pouvez définir les contraintes de flambement en cliquant sur les triangles ou en ouvrant l'onglet des « Points de stabilisation actifs » et en cochant / décochant les cases. Ajouter une contrainte réduit le système de flambement.

▲ Points de stabilisation actifs

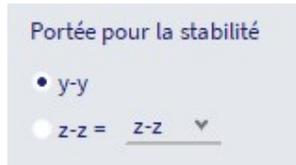
	y-y	z-z
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



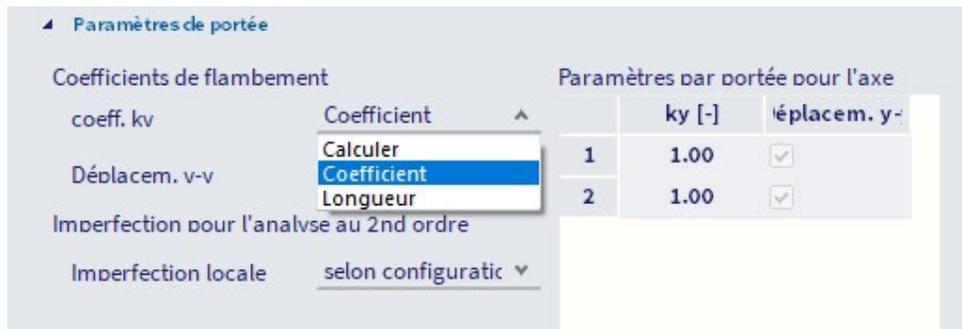
- **Définition des déplacements** : vous pouvez préciser si la structure peut se déplacer ou non le long de l'axe actif en cliquant sur la ligne verte ou en changeant la définition des « Déplacements ». Une croix symbolise un non-déplacement et une double flèche symbolise un déplacement.



- **Portée pour la stabilité** : ce paramètre détermine quel axe vous modifiez (fort ou faible).



- **Coefficient k** : le coefficient k peut être calculé par SCIA Engineer comme expliqué ci-avant, il peut être saisi par vous ou bien la longueur de flambement peut être saisie directement par vous-même. Lorsque vous choisissez « Coefficient » ou « Longueur », la valeur peut être modifiée dans le tableau à côté :



Après avoir défini le groupe de flambement, il vous faut cliquer sur « Enregistrer » pour l'appliquer à l'élément. La propriété a désormais changé dans la fenêtre de propriétés. Vous pouvez l'assigner à d'autres éléments ayant le même système de flambement. Le groupe de flambement écrase les paramètres de flambement (déplacements par défaut) dans la « Configuration Acier ».



### 6.3. Données de contrôle d'élément

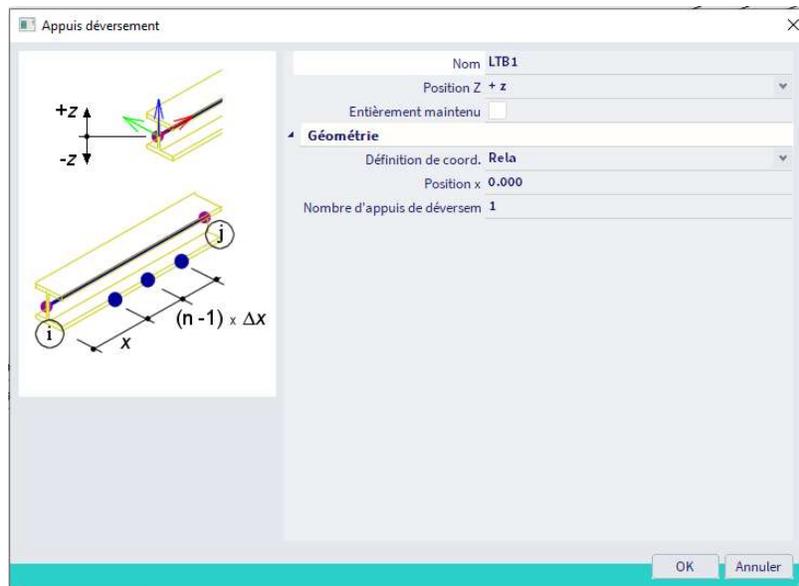
Quelques effets ne peuvent pas être pris en compte dans le modèle mais qui ont une influence sur la vérification. Vous pouvez les prendre en compte en ajoutant une « Donnée de contrôle d'élément ». Ce sont des données qui n'ont une influence que sur le contrôle. Ces éléments ne sont pas « physiquement » ajoutés au modèle et n'ont pas d'influence sur les efforts internes.

Evoquons ici les données de contrôle d'élément suivants :



### Appuis déversement

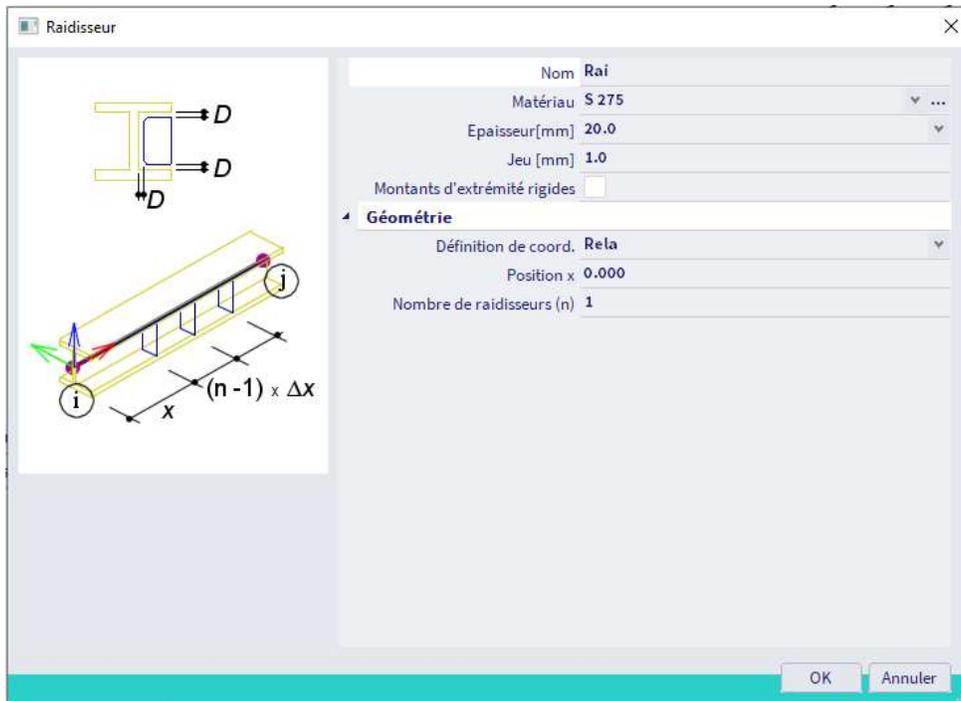
En réalité, les longueurs de déversement (ou LTB pour Lateral Torsional Buckling) peuvent être plus petites que celles déterminées par SCIA. Cela est dû au fait que ces éléments sont connectés par leur lignes centrales ou parce que certains éléments ne sont pas modélisés. Un appui déversement est une donnée du modèle ajoutée à une poutre pour modifier la longueur de déversement de cette poutre. La nouvelle longueur de déversement est la distance entre les appuis déversement ajoutés.



Il vous faut définir la position (haut ou bas de l'élément) et la localisation des appuis.

### Raidisseurs

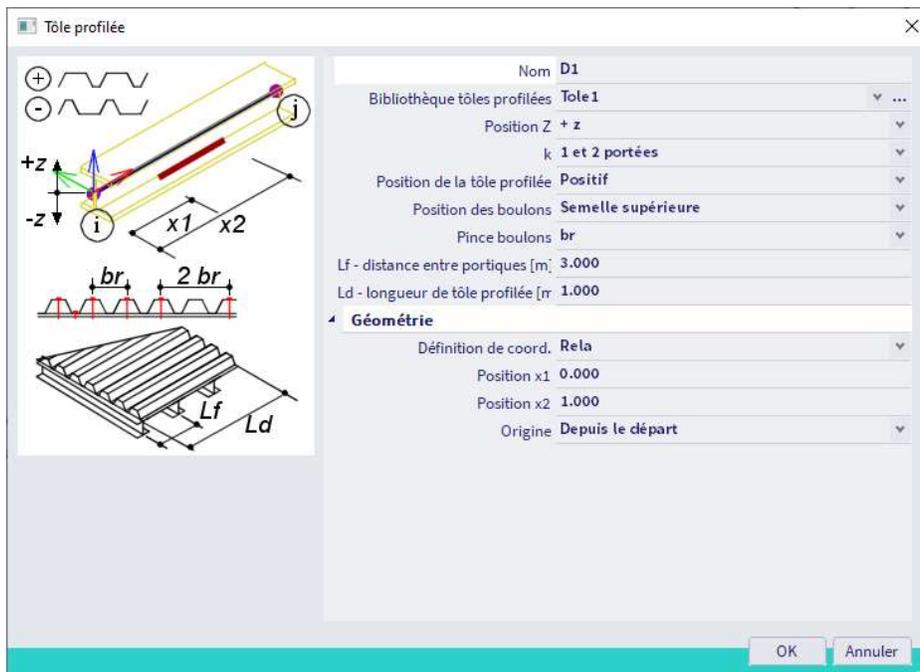
Les raidisseurs augmentent l'aire de cisaillement de la section. Cela est avantageux pour les vérifications au cisaillement. Cette donnée du modèle peut être ajoutée car il n'est pas possible de « physiquement » modéliser le raidisseur. Cela est dû au fait qu'un élément poutre/poteau est un élément 1D et n'a pas de surface.



Pour ajouter un raidisseur, vous devez définir sa géométrie, matériau et position.

### Tôle profilée

Généralement, les tôles profilées ne sont pas modifiées. L'hypothèse prise est que pour un hall métallique, la totalité des charges est transférée à la structure 1D. Pour considérer la raideur de la tôle profilée ainsi que les effets sur le calcul de  $M_{cr}$  sans changer les hypothèses standards, cette donnée peut être ajoutée.



Vous devez définir les paramètres de tôle profilée et sa localisation.

**Note :** vous trouverez plus d'informations sur les données de contrôle d'élément dans le manuel « Acier ».

## 6.4. Contrôle ELU

Vous trouverez les contrôles ELU dans les outils de processus, dans le service « Acier » après avoir calculé le modèle. Graphiquement, il vous donne le contrôle d'unité le plus grand (de tous les contrôles effectués) par section et par élément. Vous pouvez effectuer un contrôle en section et un en stabilité. Toutes les vérifications sont faites selon l'Eurocode. En plus de la sortie graphique, vous pouvez également ouvrir l'aperçu pour visualiser les résultats détaillés.

### 6.4.1. Sorties graphiques

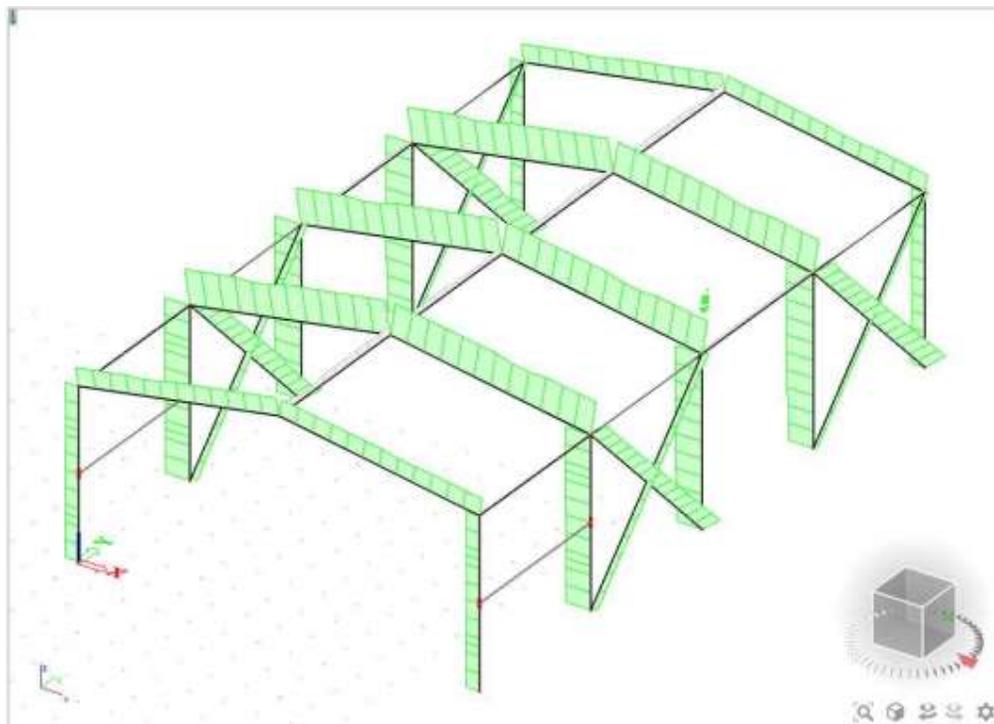
Pour visualiser les sorties graphiques, il vous faut définir les propriétés correctement. La plupart des paramètres sont les mêmes que dans le service « Résultats ».

Nom		EC-EN 1993 Steel check ULS
▼ SÉLECTION		
Type de sélection		Actuelle ▼
Filtre		Non ▼
Résultats dans les sections		Tout ▼
▼ CAS DE RÉSULTAT		
Type de charge		Combinaisons ▼
Combinaison		ELU-Set B (auto) ▼
▼ EXTRÊME 1D		
Extrême 1D		Elément ▼
Type des valeurs		Contrôle unité d'ensemble ▼
Valeur		Contrôle en section ▼
Intervalle		<input type="checkbox"/>
▼ CONFIGURATION DES SORTIES		
Sorties		Bref ▼
Imprimer la clef des combinaisons		<input checked="" type="checkbox"/>

- « **Type de valeurs** » : vous pouvez choisir entre « Contrôle Unité ensemble », « Contrôle en section » ou « Contrôle en stabilité ».
- « **Valeur** » : vous pouvez visualiser le contrôle d'ensemble (du paramètre ci-dessus) ou une simple vérification.



Après avoir saisi tous les paramètres de la fenêtre de propriétés, cliquez sur « Régénérer » en bas de cette fenêtre.



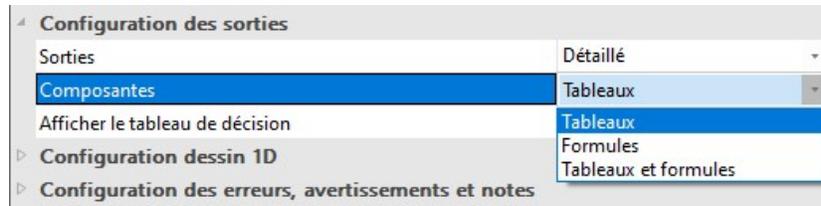
#### 6.4.2. Aperçu

Après avoir saisi tous les paramètres de la fenêtre de propriétés et régénéré, vous pouvez cliquer sur « Aperçu » pour voir la note de calcul. Celle-ci contient davantage de tableaux détaillés.

Vous avez trois possibilités de sorties : « Bref », « Synthèse » et « Détaillé » :



Lorsque la sortie détaillée est sélectionnée, vous pouvez visualiser les tableaux avec les valeurs calculées, ou bien les formules, ou encore les deux.



Ci-dessous un exemple de sortie détaillée avec tableaux et formules :

**Contrôle compression**  
Selon EN 1993-1-1 article 6.2.4 et formule (6.9)

Aire efficace de la section	$A_{eff}$	8.4385e-03	m <sup>2</sup>
Résistance à la compression	$N_{c,Rd}$	1983.05	kN
Contrôle unité		0.10	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8.4385 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 235.0 [MPa]}{1.00} = 1983.05 [kN] \quad (EC3-1-1: 6.11)$$

$$\text{Contrôle unité} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-191.66 [kN]|}{1983.05 [kN]} = 0.10 \leq 1.00 \quad (EC3-1-1: 6.9)$$

**Contrôle du moment de flexion pour  $M_y$**   
Selon EN 1993-1-1 article 6.2.5 et formule (6.12),(6.15)

Module de section efficace	$W_{eff,y,min}$	1.1567e-03	m <sup>3</sup>
Moment de flexion	$M_{c,y,Rd}$	271.82	kNm
Contrôle unité		0.00	-

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{eff,y,min} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.1567 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 235.0 [MPa]}{1.00} = 271.82 [kNm] \quad (EC3-1-1: 6.15)$$

$$\text{Contrôle unité} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{c,y,Rd}} = \frac{|-0.38 [kNm]|}{271.82 [kNm]} = 0.00 \leq 1.00 \quad (EC3-1-1: 6.12)$$

### 6.4.3. Sorties en tableau (sur la v32 bits uniquement)

Enfin, vous pouvez voir les résultats dans les sorties en tableau. Lorsque vous double cliquez sur une ligne du tableau, l'aperçu de cette rangée est affiché. En haut, vous pouvez définir le niveau de sortie (« Synthèse » ou « Détaillé ») :



Résultats en tableau

Synthèse

Contrôle ELU EC-EN 1993; Calcul linéaire; Combinaison: ELU-Set B (auto); Système de coordonnées: Principal; Extrême 1D: Section; Sélection: Tout

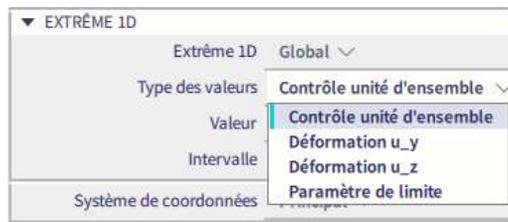
Nom	dx [m]	Cas	Profil	Matériau	UCensemble [.]	UCSec [.]	UCStab [.]
1 B1	0.000	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
2 B1	0.360	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
3 B1	0.720	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
4 B1	0.900-	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
5 B1	0.900+	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
6 B1	1.080	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
7 B1	1.440	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
8 B1	1.800-	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.25</b>	0.14	0.25
9 B1	1.800+	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.38</b>	0.14	0.38
10 B1	2.160	ELU-Set B (auto)/1	CS3 - IPE400	S 235	<b>0.38</b>	0.14	0.38

Contrôle unité d'ensemble Liste des combinaisons

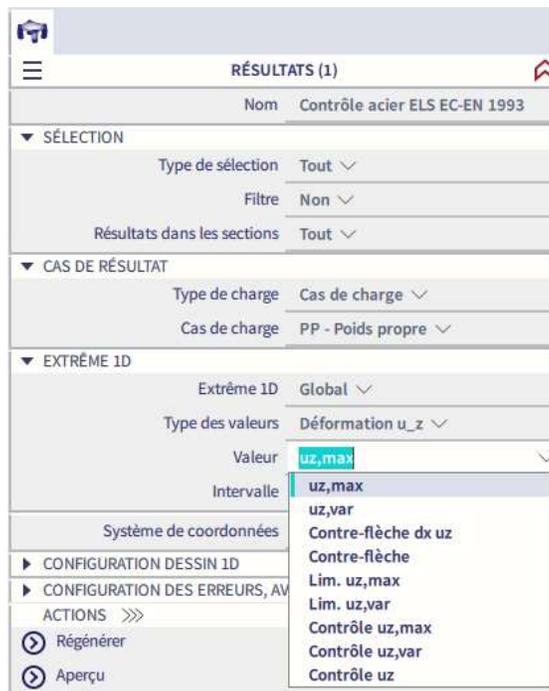
Contrôle ELU EC-EN 1993

## 6.5. Contrôle ELS

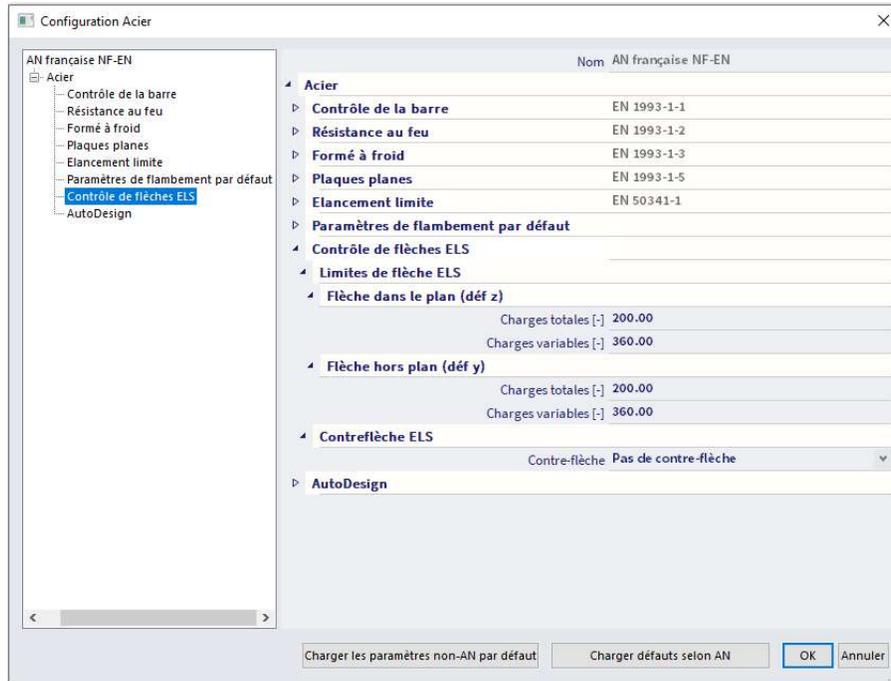
Vous trouverez les contrôles ELS dans les outils de processus, dans le service « Acier » après avoir calculé le modèle. Vous pouvez choisir le contrôle unité d'ensemble ou bien une valeur spécifique pour la direction Y ou Z.



Par exemple, si vous choisissez « Déformation u<sub>z</sub> », les valeurs suivantes seront disponibles :



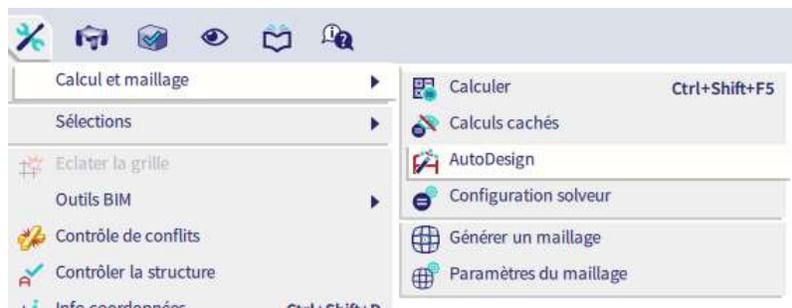
- « **uz,max** » ou « **uz,var** » : déplacement relatif de chaque élément sous charges totales ou sous charges variables.
- « **Contre-flèche** » : la contre-flèche le long de l'élément (dx uz) ou la contre-flèche maximale sur l'élément entier (uz,max).
- « **Lim. uz,max** » ou « **Lim. uz,var** » : déplacement relatif limite L/x sous charges totales ou sous charges variables. Vous pouvez définir la valeur x du dénominateur dans la « Configuration Acier » ou pour chaque élément dans les « Longueurs de référence et paramètres de flambement ». Vous pouvez également y définir les valeurs de contre-flèche.



- « **Contrôle** » : la déplacement relatif est comparé à la limite. Vous pouvez vérifier le déplacement sous charges totales ou sous charges variables, ou bien vous pouvez effectuer un contrôle de l'ensemble.

## 6.6. Autodesign global

Vous pouvez accéder à la fonctionnalité « Autodesign » global par le menu principal « Outils » / « Calcul et maillage » :



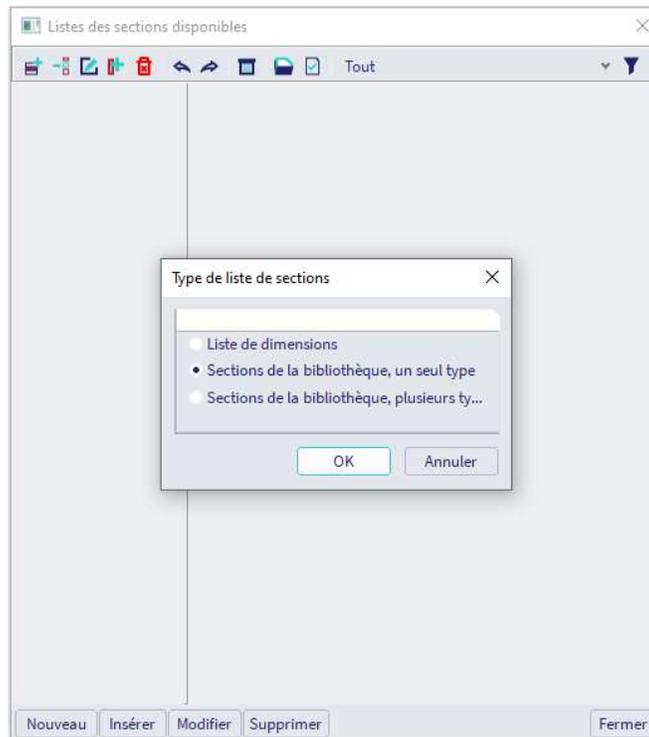
Vous pouvez utiliser la fonctionnalité « Autodesign » pour automatiquement optimiser le contrôle d'unité des sections du projet. Vous pouvez effectuer un autodesign simple en suivant les étapes ci-dessous.

La première étape de l'autodesign est de créer une liste de sections. Ainsi, le logiciel va utiliser les profilés métalliques qui ont été ajoutés à cette liste, et cela permet d'éviter d'utiliser des profilés non standards comme par exemple un IPE400O ou un HEA260A.

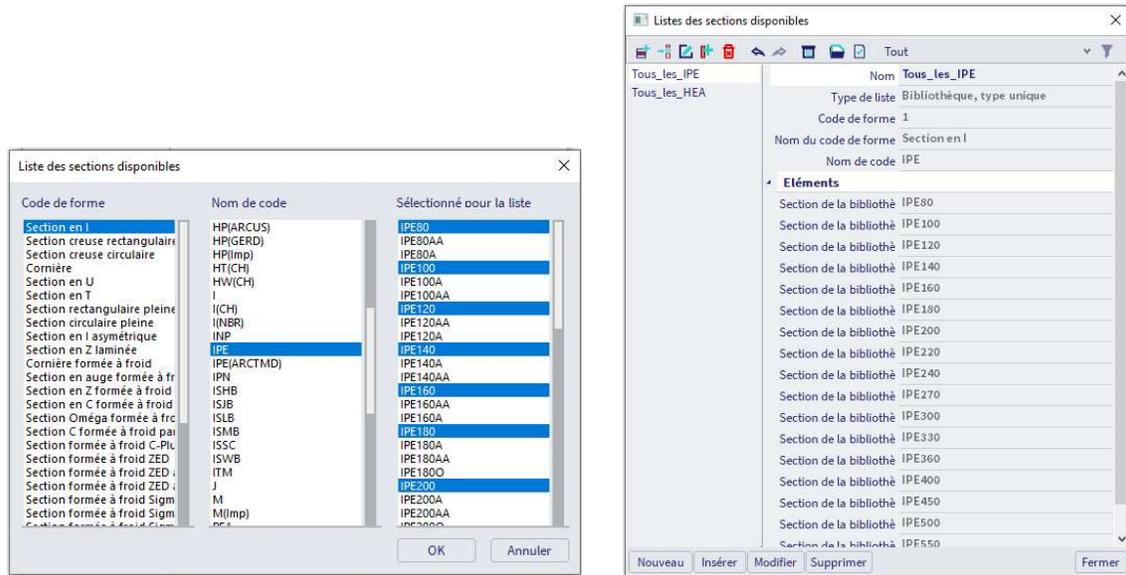
Vous trouverez la fonction « Liste de sections droites » dans le menu principal « Bibliothèque » / « Structure et Analyse ».



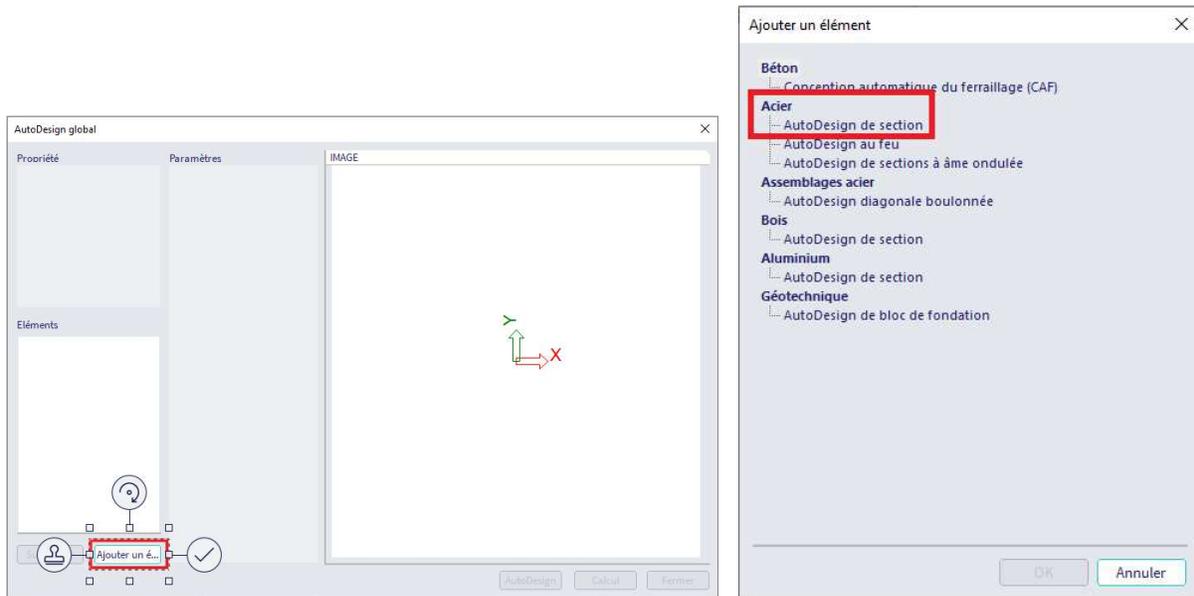
Après avoir sélectionné cette fonction, le gestionnaire des listes de sections d'ouvre alors, et vous pouvez créer une nouvelle liste en cliquant sur le bouton « Nouveau ». Vous pouvez ensuite définir le type de liste de sections, par exemple une liste de sections avec un seul type de profilés métalliques ou une liste avec plusieurs types de profilés. Dans cet exemple, sélectionnez l'option « **Sections de la bibliothèque** », un seul type ».



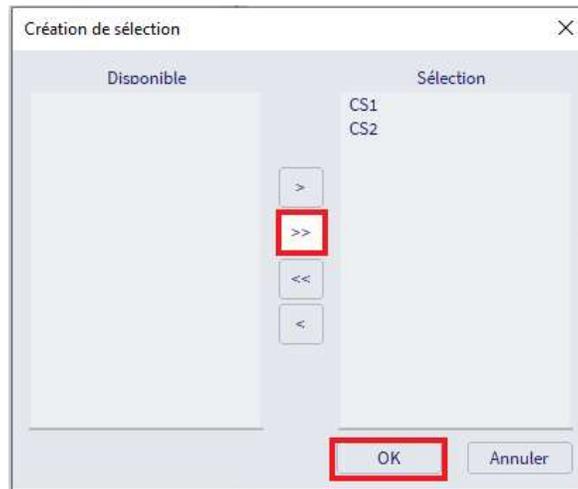
Après avoir confirmé en cliquant sur « OK », la bibliothèque de profilés s'ouvre alors et vous pouvez sélectionner les sections que vous souhaitez ajouter à la liste. Dans l'image ci-dessous, cela est fait pour les sections en I. Une fois cette liste définie, elle sera ajoutée et accessible dans le gestionnaire de listes de sections. Vous pouvez créer plusieurs listes de sections dans un projet.



Lorsque vous sélectionnez la fonctionnalité « Autodesign » dans le menu « Outils » / « Calcul et maillage », le gestionnaire autodesign s'ouvre alors et vous pouvez en définir un nouveau. Après avoir cliqué sur « Nouveau » puis sur « Ajouter un élément », vous pouvez sélectionner l'option « **Auto-Design de section** » de la partie « Acier » :



Vous devez ensuite sélectionner et confirmer les sections qui doivent être optimisées :



Dans la fenêtre suivante « **Autodesign global** », vous pouvez définir les paramètres pour le calcul.

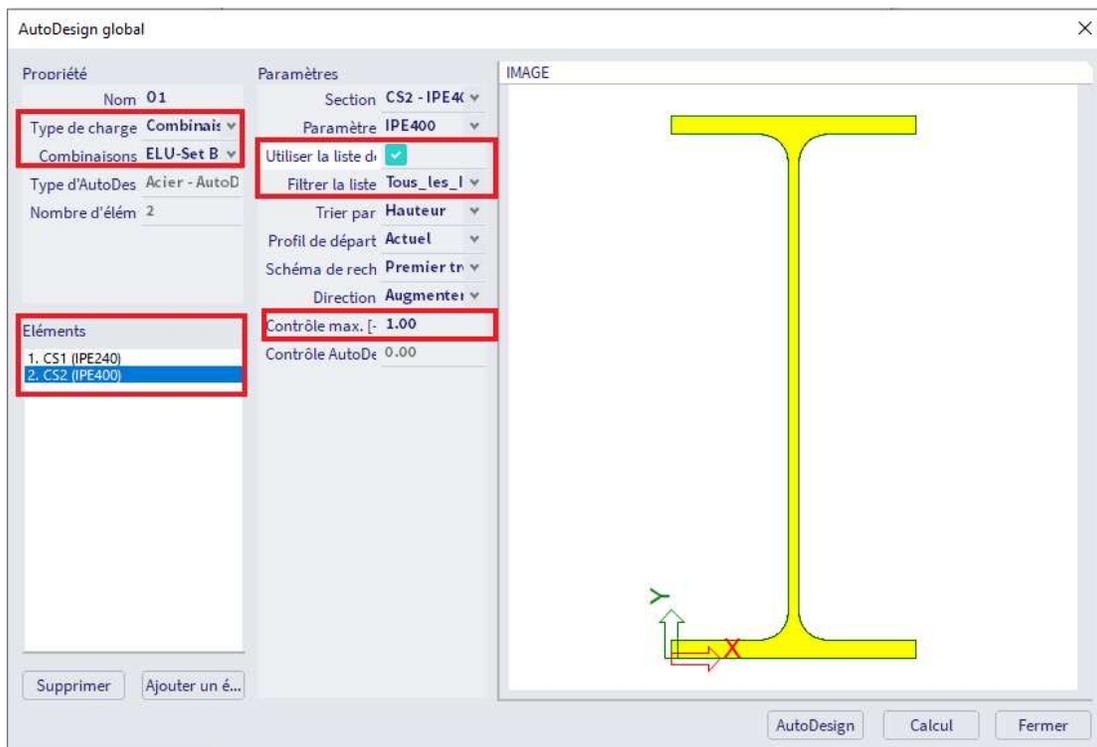
Il est important de sélectionner le bon « Type de charges » pour chacune des sections dans l'autodesign. Vous pouvez effectuer l'autodesign pour un cas de charges, pour une combinaisons, ou pour une classe de résultats.

Vous pouvez sélectionner une liste de sections définie lorsque vous activez la case « **Utiliser la liste de sections** », puis sélectionner la liste dans « **Filtrer la liste** ».

Vous devez définir la valeur maximale pour l'unité de contrôle optimisée par l'option « **Contrôle max.** ».

Vous pouvez modifier ces paramètres pour chaque section mentionnée dans la fenêtre « **Éléments** ».

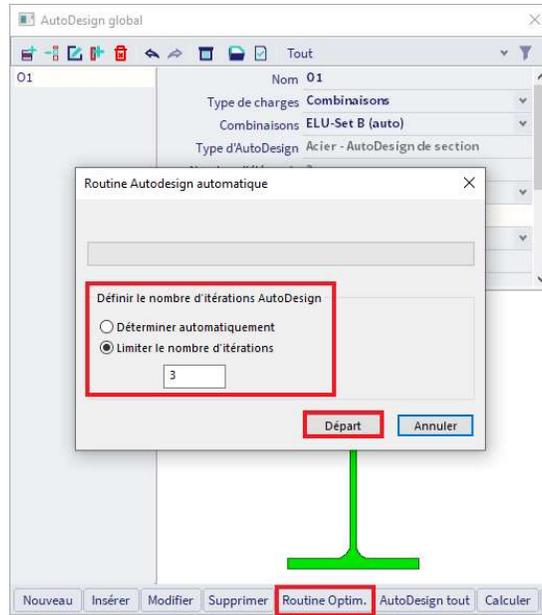
La dernière étape ici est de cliquer sur la commande « **Autodesign** » en bas de la fenêtre.



Aussitôt cette dernière commande exécutée, un résumé de l'autodesign s'affichera. Ce tableau vous donnera les sections optimisées et les contrôles unité optimisés.

Section	Paramètre	Trier par	Filter la liste	Section d'origine	AutbDesign de section	Contrôle AutoDesign
CS1 - IPE270	IPE270	Hauteur		CS1 - IPE240	CS1 - IPE270	0.91
CS2 - IPE270	IPE270	Hauteur	Tous les IPE	CS2 - IPE400	CS2 - IPE270	0.92

Cette commande vous permet également d'effectuer un autodesign itératif. Pour cela, vous pouvez fermer le tableau « **Autodesign Global** » et sélectionner la commande « **Routine Optim.** » dans le gestionnaire autodesign. Après avoir sélectionné cette option, il vous faut définir les itérations du calcul par un nombre limite (d'itérations) ou bien il peut être déterminé automatiquement. Dans cet exemple, le nombre d'itérations sera défini à 3. L'autodesign des profilés sera exécuté après avoir cliqué sur « **Départ** ».



Aussitôt les itérations terminées, un aperçu des étapes du calcul s'affichera, ainsi que les profilés optimisés et les contrôles unités :

1. Routine step: 1						
1.1. O1						
Cross-section	Parameter	Sort by	Filter list	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check
CS1 - HEA220	HEA220	Height	All HEA	CS1 - HEA200	CS1 - HEA260	0.93
CS2 - IPE400	IPE400	Height	All IPE	CS2 - IPE160	CS2 - IPE400	0.87
CS3 - IPE80	IPE80	Height	All IPE	CS3 - IPE100	CS3 - IPE140	0.70
CS4 - HFLeq60x60x8	HFLeq60x60x8	Height	All HFLeq	CS4 - HFLeq70x70x7	CS4 - HFLeq80x80x8	0.88

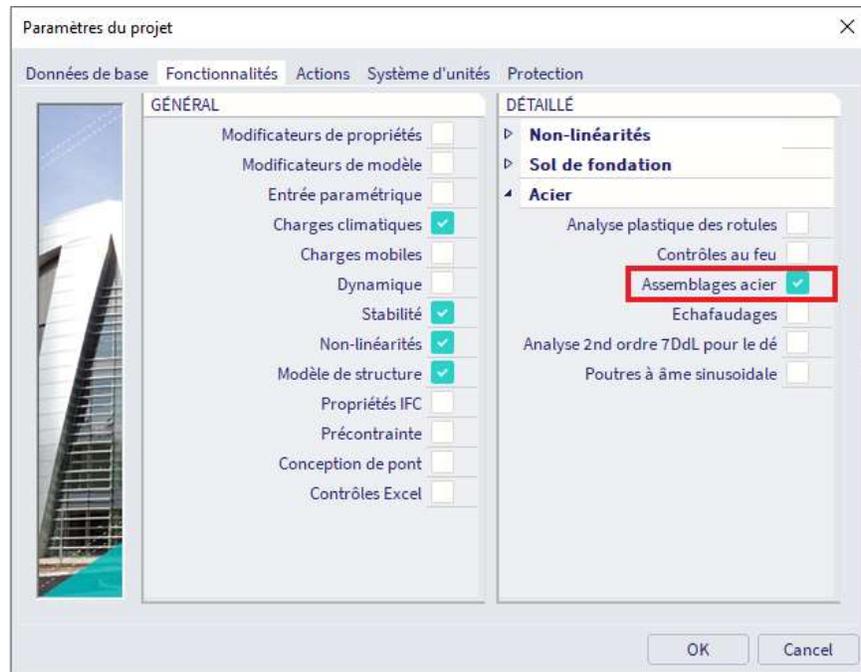
2. Routine step: 2						
Cross-section	Parameter	Sort by	Filter list	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check
CS1 - HEA220	HEA220	Height	All HEA	CS1 - HEA260	CS1 - HEA240	0.74
CS2 - IPE400	IPE400	Height	All IPE	CS2 - IPE400	CS2 - IPE400	0.79
CS3 - IPE80	IPE80	Height	All IPE	CS3 - IPE140	CS3 - IPE100	0.79
CS4 - HFLeq60x60x8	HFLeq60x60x8	Height	All HFLeq	CS4 - HFLeq80x80x8	CS4 - HFLeq70x70x7	0.89

3. Routine step: 3						
Cross-section	Parameter	Sort by	Filter list	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check
CS1 - HEA220	HEA220	Height	All HEA	CS1 - HEA240	CS1 - HEA220	0.90
CS2 - IPE400	IPE400	Height	All IPE	CS2 - IPE400	CS2 - IPE400	0.86
CS3 - IPE80	IPE80	Height	All IPE	CS3 - IPE100	CS3 - IPE80	0.93
CS4 - HFLeq60x60x8	HFLeq60x60x8	Height	All HFLeq	CS4 - HFLeq70x70x7	CS4 - HFLeq60x60x8	0.92

## 6.7. Assemblages

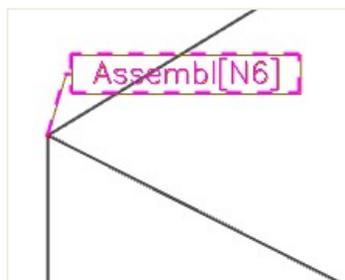
Pour créer un assemblage dans le service « Acier », il vous faut activer la fonctionnalité « Assemblages acier » :



Pour ajouter un assemblage au modèle, il faut cliquer ou bien dans le panneau de saisie dans « Assemblages Acier », ou bien dans les outils du processus « Acier ». Choisir un assemblage selon l'axe fort ou un assemblage selon l'axe faible :



Après avoir sélectionné le type d'attache, il faut choisir le nœud où l'on souhaite ajouter l'assemblage. Dans cet exemple, une attache selon l'axe fort a été choisie. Après avoir choisi le nœud, l'étiquette suivante apparaît sur le nœud.

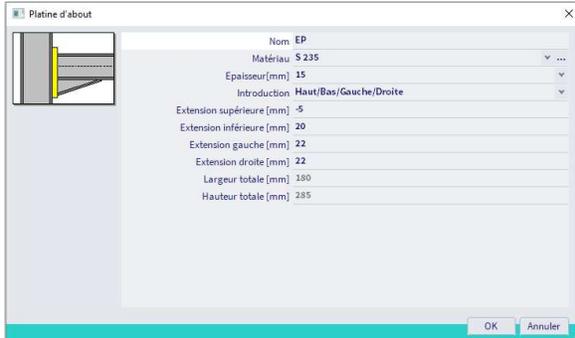


**NOTE :** vous pouvez créer l'assemblage uniquement si les éléments ont un type correct. Un poteau doit avoir le type « poteau » et une poutre le type « poutre » (cf le chapitre sur les éléments 1D).

Lorsque vous sélectionnez l'étiquette, vous pouvez alors définir l'assemblage dans la fenêtre de propriétés :



Pour créer l'attache, choisir le « Type d'assemblage » et vérifier les composants de l'attache. Pour éditer les composants, cliquer sur les trois petits points en face du nom du composant.



Lorsque l'attache est définie, cliquer sur « Régénérer » en bas de la feuille de propriétés. L'aperçu s'ouvrira automatiquement. Dans cet aperçu, toutes les vérifications des efforts sont effectuées selon l'Eurocode.

....:RÉSULTATS:....

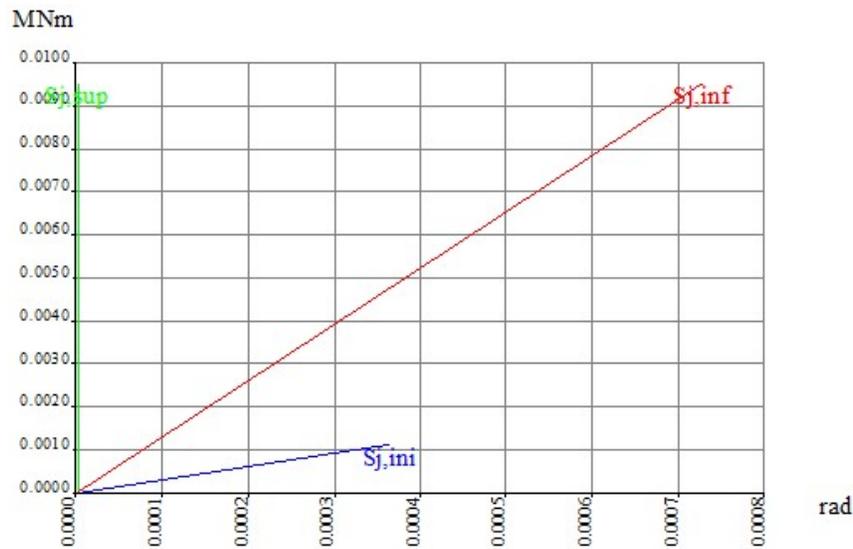
Contrôles unité

$M_{y,Ed}/M_{j,y,Rd}$	54.94
$M_{z,Ed}/M_{j,z,Rd}$	0.00
$N_{Ed}/N_{j,Rd}$	0.07
$V_{z,Ed}/V_{z,Rd}$	29.66
$V_{y,Ed}/V_{y,Rd}$	0.00
$V_{z,Ed}/V_{z,Rd} + V_{y,Ed}/V_{y,Rd}$	29.66
$M_{y,Ed}/M_{j,y,Rd} + M_{z,Ed}/M_{j,z,Rd}$	<b>54.94</b>

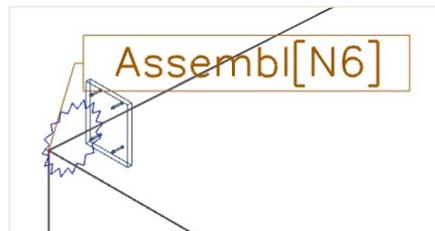
Vous pouvez obtenir une vue plus détaillée en changeant le type de sortie dans la fenêtre de propriétés.



En plus des contrôles d'efforts, une vérification de rigidité est également effectuée. Dans le modèle principal, chaque nœud possède une raideur supposée. Cette raideur peut être un encastrement total, ou bien la raideur d'une rotule qui a été ajoutée au nœud. La raideur supposée dans le projet doit être vérifiée avec l'assemblage tout juste créé. Si la raideur de l'attache ne se trouve pas entre certaines limites (qui sont supposées être les mêmes que les rigidités dans le modèle), alors la rigidité du modèle devra être adaptée. Dans cet exemple, la rigidité de l'attache (en bleu) n'est pas dans les limites (on suppose un nœud rigide).



Vous pouvez faire cela automatiquement en cochant l'option « Mise à jour rigidité ». Lorsque cette option est cochée, une rotule vient s'ajouter au nœud après recalcul du modèle. Cette rotule a la réelle rigidité de l'assemblage.



**NOTE :** Lorsque la rigidité est mise à jour, les efforts internes sont également différents. Cela signifie que les contrôles ELU et ELS des poutres sont aussi différents.

## Chapitre 7: Calcul Béton

### 7.1. Configuration Béton

Vous pouvez ouvrir la configuration béton en cliquant sur l'icône « Configuration béton » du processus « Béton ».

Description	Symbole	Valeur	Défaut	Unité	Chapitre	Norme	Structure	Type de...
<tous>	<tous>	<tous>	<tous>	<...>	<tous>	<tous>	<tou...>	<tous>
<b>Paramètres de conception par défaut</b>								
▶ Armature								
▶ Enrobage minimum								
▶ Option du solveur								
▶ Général								
▶ Efforts internes								
▶ Calcul As								
▶ Conversion en barres d'armature								
▶ Diagramme d'interaction								
▶ Cisaillement								
▶ Torsion								
▶ Poinçonnement								
▶ Limitation des contraintes								
▶ Forces de fissuration								
▶ Largeur de fissure								
▶ Flèches								
▶ Dispositions constructives								

Dans cette fenêtre, vous pouvez définir tous les paramètres béton. Cela contient les paramètres de calcul par défaut (ferrailage, enrobage), les paramètres pour le recalcul des efforts internes, et les paramètres pour les contrôles ELU et ELS. Vous trouverez une explication complète de tous ces paramètres dans le manuel béton.

Les paramètres définis dans la fenêtre ci-dessus s'appliquent à tout le projet. Vous pouvez modifier ces paramètres pour un élément seulement en utilisant l'option « Données Béton 1D ou 2D ». Cette option ouvrira une fenêtre dans laquelle vous pourrez changer les paramètres et les assigner à une sélection.

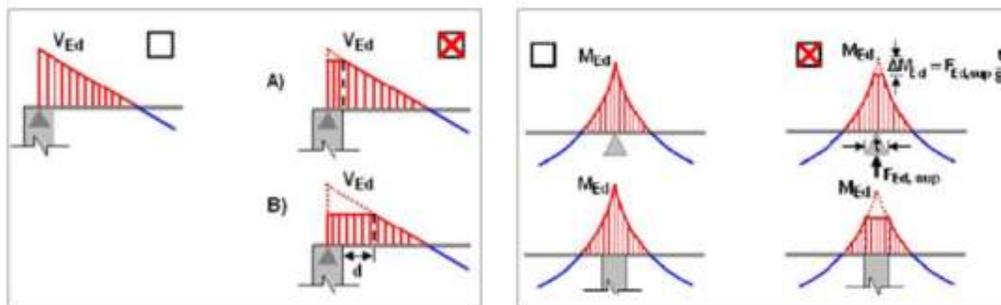


## 7.2. Efforts internes recalculés

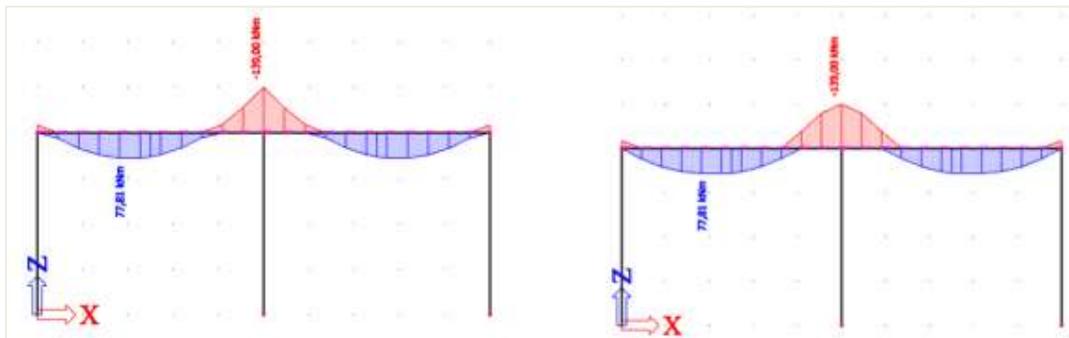
En béton armé, sont utilisés les efforts internes recalculés. Les modifications suivantes peuvent être appliquées. Vous trouverez ce tableau dans la « Configuration Béton ».

Option du solveur									
Efforts internes									
Réduction de l'effort tranchant sur les appuis		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Poutre,P...	Option d...	
Réduction du moment sur les appuis		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.3.2.2 (4)	EN 1992-1-1	Poutre,P...	Option d...	
Décalage de la courbe de moment pour couvrir l'effort d...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.3(2)	EN 1992-1-1	Poutre,N...	Option d...	
Imperfection géométrique dans l'ELU	$e_{i,ULS}$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.2(2)	EN 1992-1-1	Poteau	Option d...	
Imperfection géométrique dans l'ELS	$e_{i,SLS}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.2(3)	EN 1992-1-1	Poteau	Option d...	
Excentricité minimale	$e_{min}$	Dans exc. de ... Dans exc....			6.1(4)	EN 1992-1-1	Poteau	Option d...	
Excentricité de premier ordre avec le moment équivalent		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Poteau	Option d...	
Excentricité de second ordre	$e_2$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8	EN 1992-1-1	Poteau	Option d...	
Modification des efforts internes									
Dans limite pour la méthode univiale		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				Indépendant	1D /Dout	Option d...

### Réduction de l'effort tranchant sur les appuis

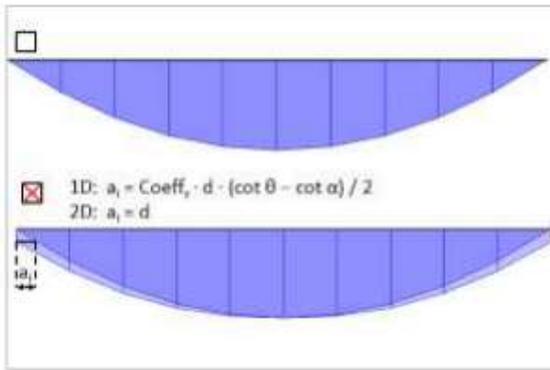


Vous pouvez visualiser les valeurs des efforts internes recalculés dans le processus « Béton » en cliquant sur « Efforts internes pour la conception de béton armé ». Vous pouvez voir les efforts internes de base (N, M, V) comme les efforts internes recalculés (Ned, Med, Ved).



### Délitage du diagramme de moment

Cette option prend en compte un effort de traction supplémentaire dû au cisaillement suite au décalage de la courbe de moment :



### Imperfection géométrique

Cette option ajoute une imperfection géométrique :

$\theta_1 = 0$

$\theta_1 = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$

### Valeur minimale de l'excentricité

Cette option prend en compte une valeur minimale d'excentricité :

A) No  $e_0 = e_1 + e_i$   
 $e = e_0 + e_2$

B) Min. ecc. to first order ecc.  
 $e_0 = \max(e_1 + e_i; e_{0min})$   
 $e = e_0 + e_2$

C) Min. ecc. to final ecc.  
 $e_0 = e_1 + e_i$   
 $e = \max(e_0 + e_2; e_{0min})$

$e_{0min} = \max(h/30; 20mm)$

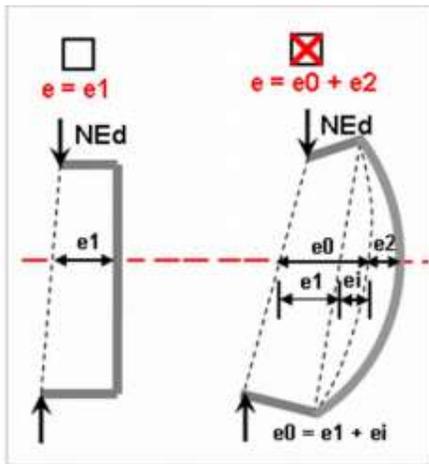
### Excentricité de premier ordre avec le moment équivalent

Cette option calcule un moment équivalent de premier ordre pour l'élément entier plutôt que d'avoir différentes valeurs :

$$M_{0e} = 0,6 \cdot M_{02} + 0,4 \cdot M_{01} \geq 0,4 \cdot M_{02}$$

### Effets du 2<sup>nd</sup> ordre

Ce paramètre prend en compte les effets du second ordre :



### 7.3. Ferrailage défini

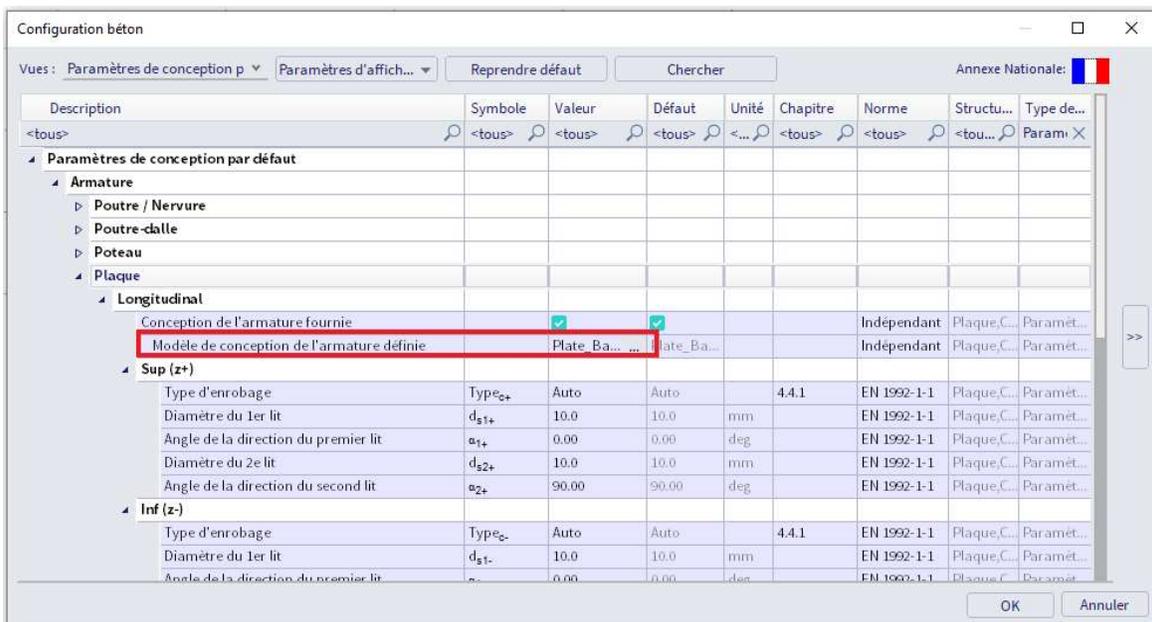
Avant de calculer le ferrailage théorique, vous pouvez ajouter un modèle de ferrailage à vos éléments. Vous pouvez utiliser ce modèle pour :

- Le comparer avec le ferrailage théorique calculé. En faisant cela, vous verrez facilement où le ferrailage issu du modèle n'est pas suffisant.
- Convertir vers un ferrailage utilisateur (**uniquement pour les éléments 1D**), effectuer le calcul au poinçonnement, les vérifications de la fissuration et de la déformation à long terme avec fissuration (**uniquement pour les éléments 2D**).

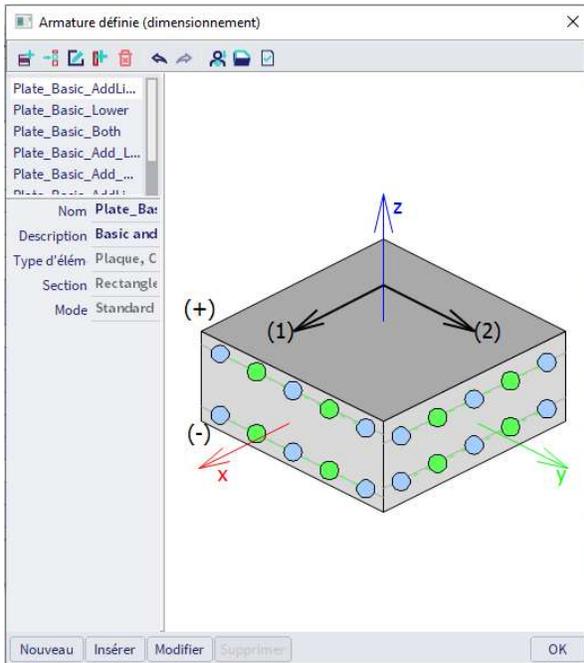
Le ferrailage ajouté par le modèle est appelé « **Ferrailage défini** ».

Pour ajouter le « **Ferrailage défini** », il vous faut aller dans le processus « Béton », puis dans « Configuration Béton ».

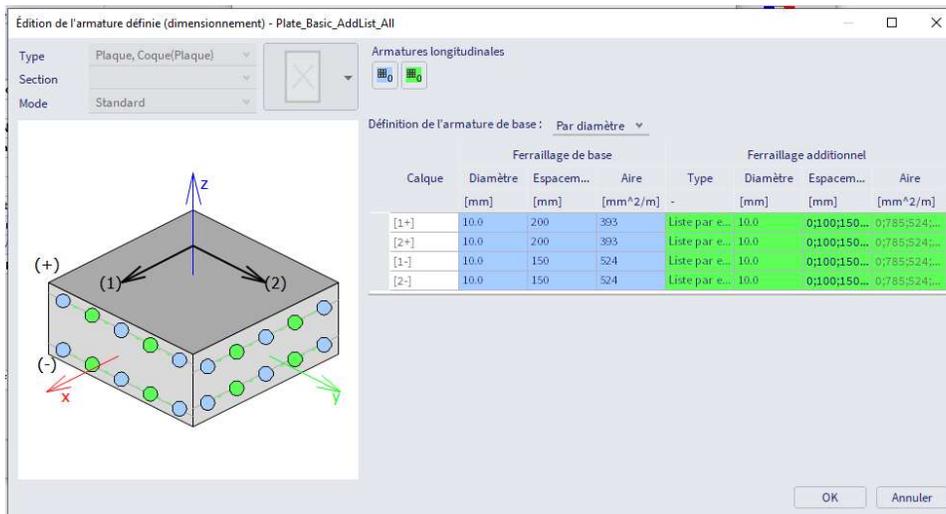
Cet exemple est pour un élément 2D. L'approche est la même pour les éléments 1D.



Cliquer sur les 3 petits points en face de « Modèle de ferrailage défini (Plaque) ». Cela ouvre une fenêtre avec tous les paramètres par défaut.



Vous pouvez sélectionner l'un de ces modèles, en créer un nouveau, ou encore modifier l'un des modèles existants. Sélectionner le premier modèle et cliquer sur « Modifier ».



Dans cette fenêtre, vous pouvez définir le ferrailage. Il existe deux types de ferrailage dans le modèle :

- **Ferrailage de base** : ce type de ferrailage est appliqué sur la totalité de la dalle.
- **Ferrailage additionnel** : ce type de ferrailage est ajouté uniquement dans les zones où, en fonction du ferrailage théorique calculé, des armatures supplémentaires sont nécessaires. Vous pouvez définir un diamètre et un espacement comme ferrailage additionnel, ou une liste de ferrailage avec ou bien différents diamètres ou bien divers espacements.

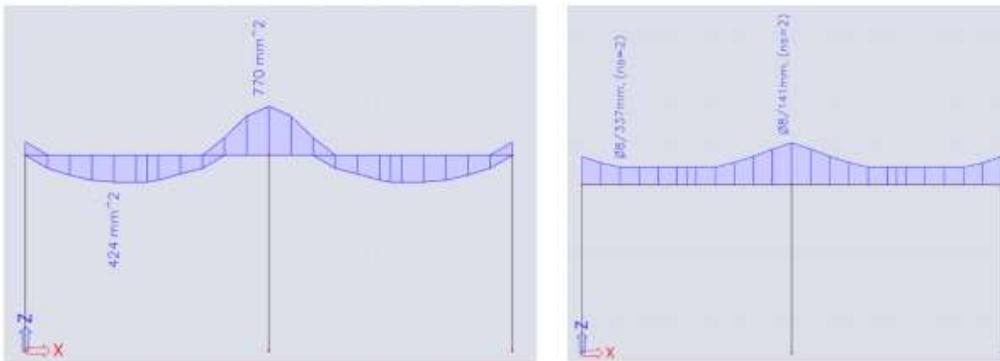
## 7.4. Ferrailage requis

Vous trouverez le ferrailage requis dans le processus « Béton », puis dans « Conception du ferrailage 1D ».

### 7.4.1. Eléments 1D

Dans « Conception du ferrailage », vous avez deux types de valeurs :

- **Requis** : ces valeurs représentent le ferrailage théorique calculé par SCIA Engineer. Les valeurs requises suivantes sont disponibles : **Asreq** (quantité d'aciers longitudinaux), **Aswmreq** (quantité d'aciers d'effort tranchant), **Asreq( $\phi$ )** (identique à Asreq, à la différence près que les valeurs sont affichées en diamètres), et **Aswmreq( $\phi$ )** (identique à Aswmreq, à la différence près que les valeurs sont affichées en diamètres).



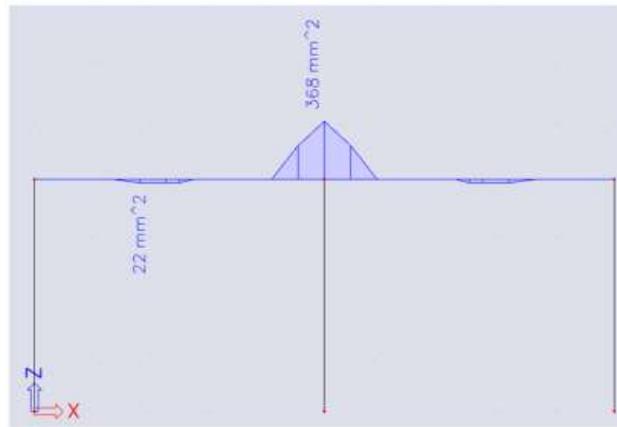
- **Défini** : le ferrailage défini peut être visualisé sous la forme de deux valeurs différentes : **As,add,req** et **As,prov**.

**As,prov** est le ferrailage défini dans le modèle.



**As,add,req** est le ferrailage qui est nécessaire en plus du modèle défini selon le calcul théorique. Cela signifie que si la valeur requise est plus grande que la valeur définie, cela peut être visualisé sur cette vue.

La même analogie est utilisée pour le ferrailage d'effort tranchant.

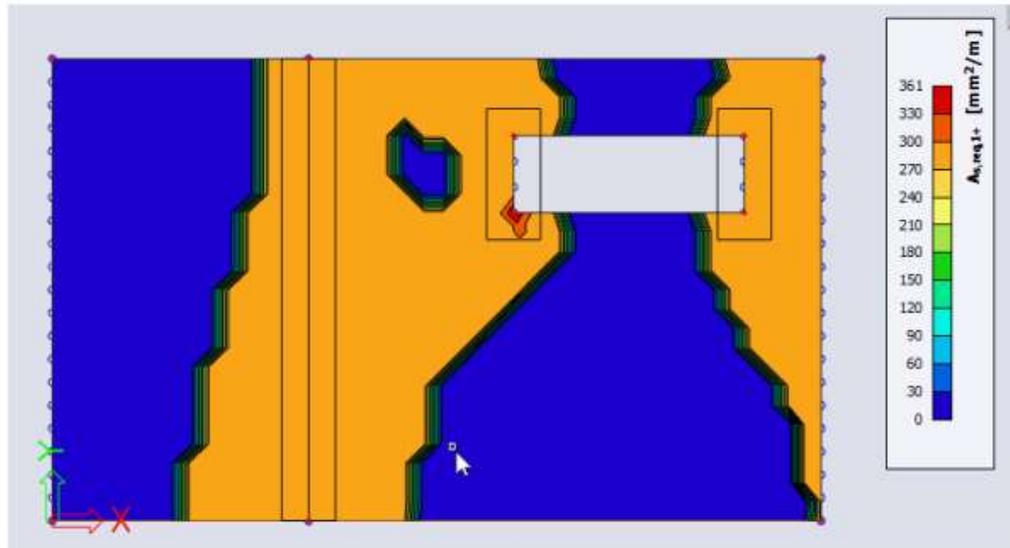


### 7.4.2. Surfaces (Eléments 2D)

Dans le menu « Conception du ferrailage 2D ELU et ELS », vous avez 4 types de valeurs :

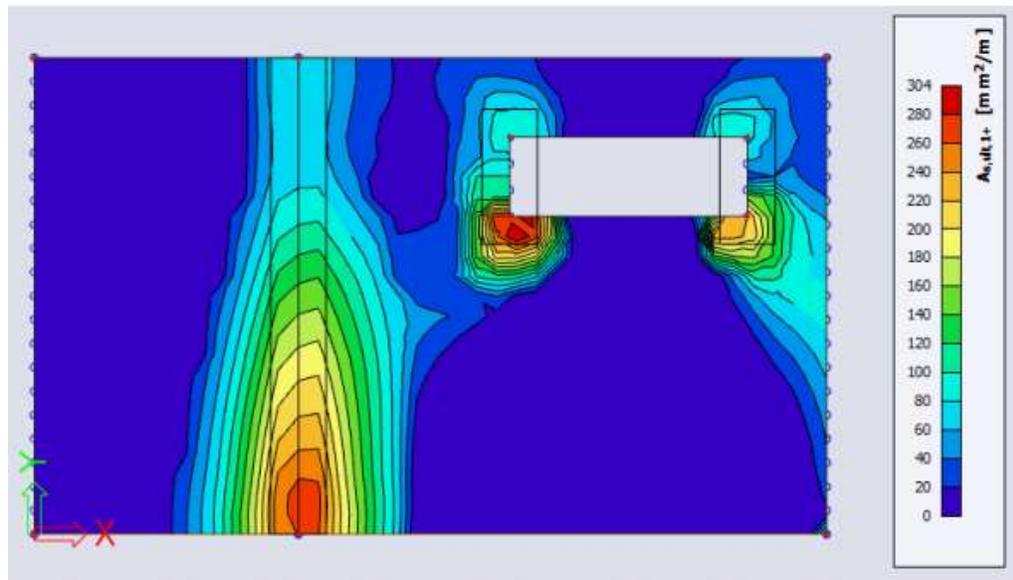
- **Requis** : ces valeurs représentent le ferrailage théorique calculé par SCIA Engineer. Cela prend en compte les dispositions constructives.

Configuration béton									
Vues : Paramètres basés sur la nor		Paramètres d'affich...		Reprendre défaut		Chercher		Annexe Nationale:	
Description	Symbole	Valeur	Défaut	Unité	Chapitre	Norme	Structu...	Type de...	
<tous>	<tous>	<tous>	<tous>	<...>	<tous>	EN 1992-1-1	<tou...>	Option X	
9. Disposition constructive pour les éléments et règles par...									
9.2 Poutres									
9.3 Dalles									
9.3.1 Armature flexionnelle									
Contrôle espac. max. barres		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1	Poutre-d...	Option d...	
Contrôle aire min. armature		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Poutre-d...	Option d...	
Contrôle aire max. armature		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Poutre-d...	Option d...	
Contrôle taux min. armature principale		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Contrôle taux max. armature principale		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Contrôle taux transversal min. armature secondaire		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		9.3.1.1(2)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Contrôle espac. max. arm. principale longitudinale		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Contrôle espac. max. armature secondaire longitudi...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
9.3.2 Armature d'effort tranchant									
Contrôler le taux min. d'armature d'effort tranchant		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.2(2)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Contrôler l'ép. min. des élts avec armature d'effort tr...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.2(1)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Ep. min. des élts avec armature d'effort tranchant	$h_{min}$	200	200	mm	9.3.2(1)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Contrôler espacem. max. des étriers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.2(4)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	
Espacement max. des étriers	$Coef_{smax,p.s}$	0.8	0.8		9.3.2(4)	EN 1992-1-1	Plaque,C...	Option d...	



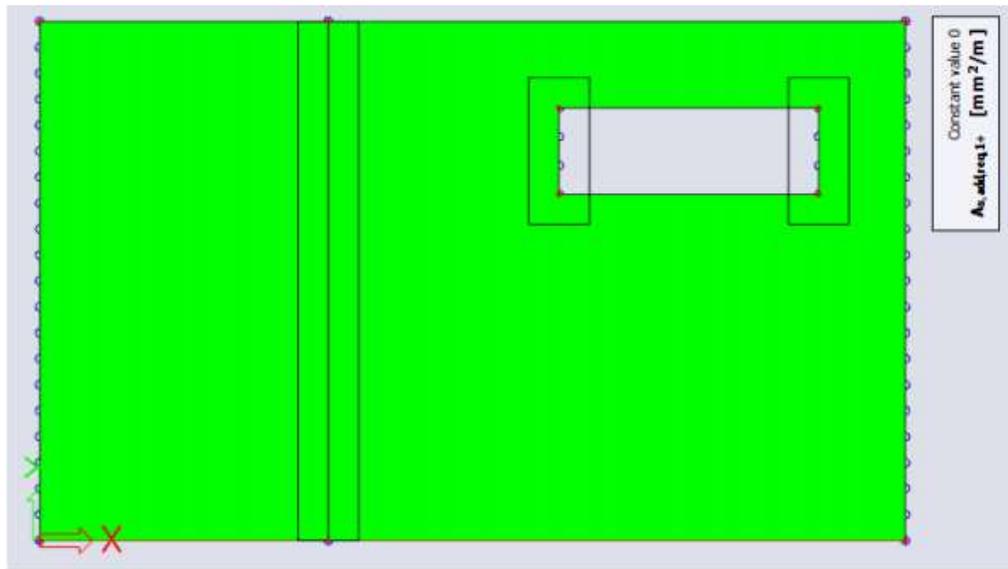
**As,req1+** : ferrailage requis théorique en partie supérieure de la plaque (direction Z positive) dans la première direction de ferrailage, avec prise en compte des dispositions constructives.

- **Requis (statiquement)**: ces valeurs représentent le ferrailage théorique calculé par SCIA Engineer **sans** prise en compte des dispositions constructives.



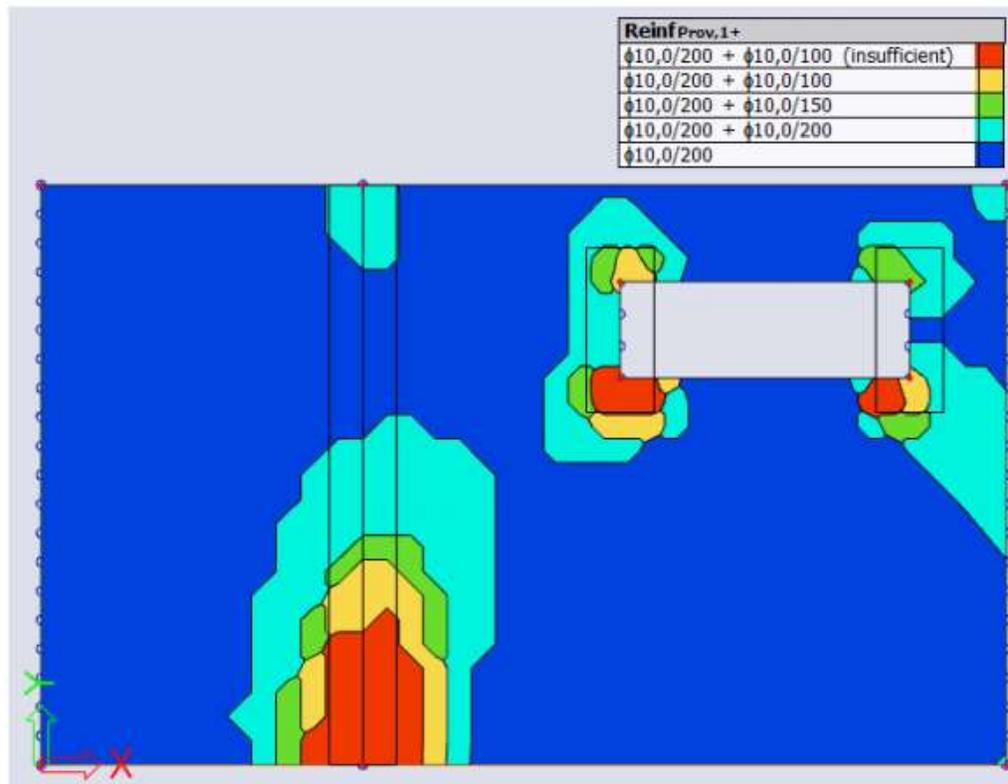
**As,stat1+** : ferrailage requis théorique en partie supérieure de la plaque (direction Z positive) dans la première direction de ferrailage, **sans** prise en compte des dispositions constructives.

- **Requis (additionnel)** : ces valeurs montrent s'il y a besoin de ferrailage additionnel en plus du ferrailage défini. Les surfaces où cette valeur est de 0 sont les endroits où aucun ferrailage additionnel n'est nécessaire (comparé au ferrailage défini). Les surfaces où ces valeurs ne sont pas de 0 sont les endroits où le ferrailage défini n'est pas suffisant.



**As,add,req1+** : ferrailage requis théorique additionnel en plus du ferrailage défini en partie supérieure de la plaque (direction Z positive) dans la première direction de ferrailage.

- **Fourni** : ces valeurs montrent le ferrailage défini à partir du modèle / gabarit, éventuellement avec le ferrailage utilisateur.



**As,déf,1+** : ferrailage défini dans la plaque. Si les éléments sont rouges, le ferrailage additionnel défini dans le modèle/gabarit n'est pas suffisant.

## 7.5. Ferrailage utilisateur

### 7.5.1. Eléments 1D

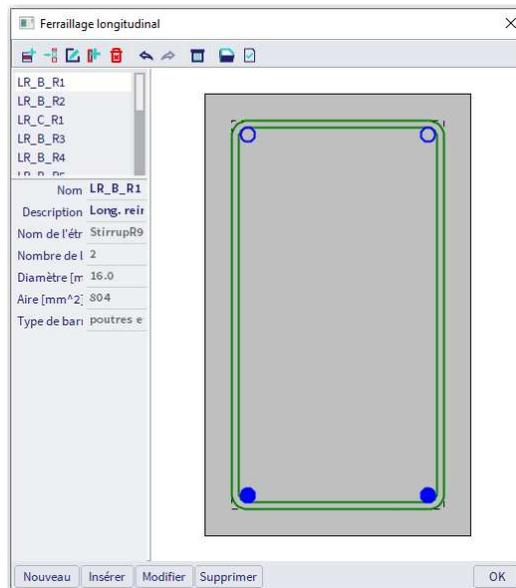
Dans la conception du ferrailage théorique, nous avons vérifié où le ferrailage était nécessaire. Il est possible de convertir le ferrailage défini directement en ferrailage pratique. Vous pouvez cliquer sur l'action « Conversion en barres réelles » lorsque vous avez choisi l'option « Conception du ferrailage 1D » et si vous avez généré les résultats pour le « Type de valeurs » = « Fournie » dans la fenêtre de propriétés.

Une fenêtre apparaît alors et mentionne si la conversion en barres réelles est possible ou non. Si non, des explications sont données.

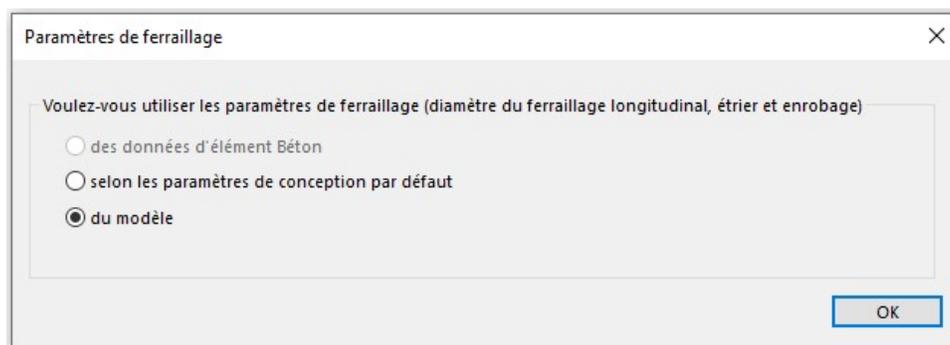
Ensuite, vous pouvez éditer le ferrailage en sélectionnant les données d'armatures et cliquer sur l'action « Editer ferrailage ».

Vous pouvez aussi saisir manuellement le ferrailage pratique en ajoutant un « Nouveau ferrailage » sur la longueur totale de la poutre.

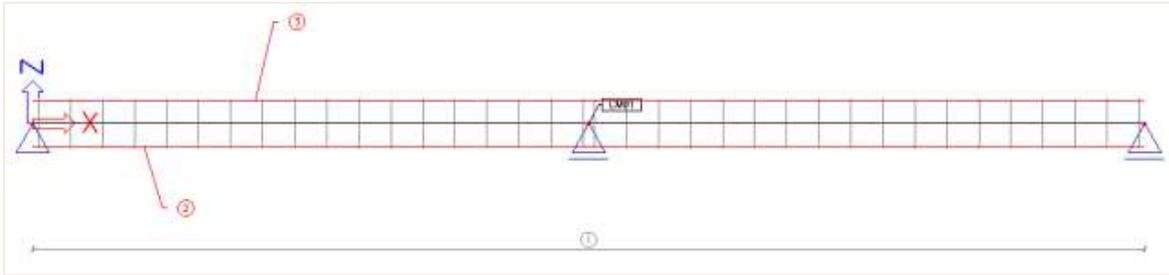
Il vous faut d'abord sélectionner un modèle pour le ferrailage longitudinal.



Ensuite, il vous faudra décider d'où les paramètres de ferrailage proviennent :

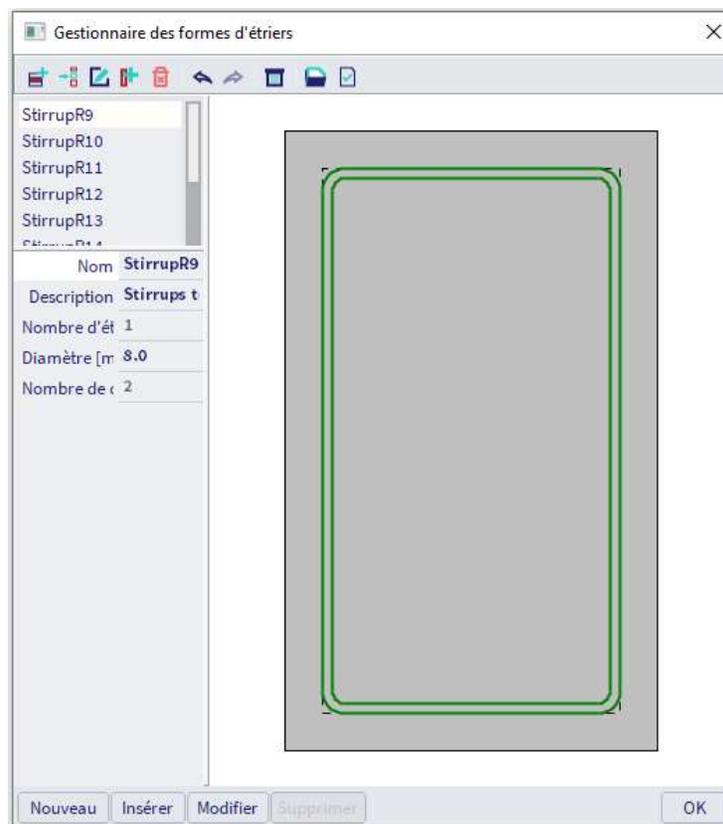


Maintenant, le ferrailage pratique est présenté graphiquement à l'écran :

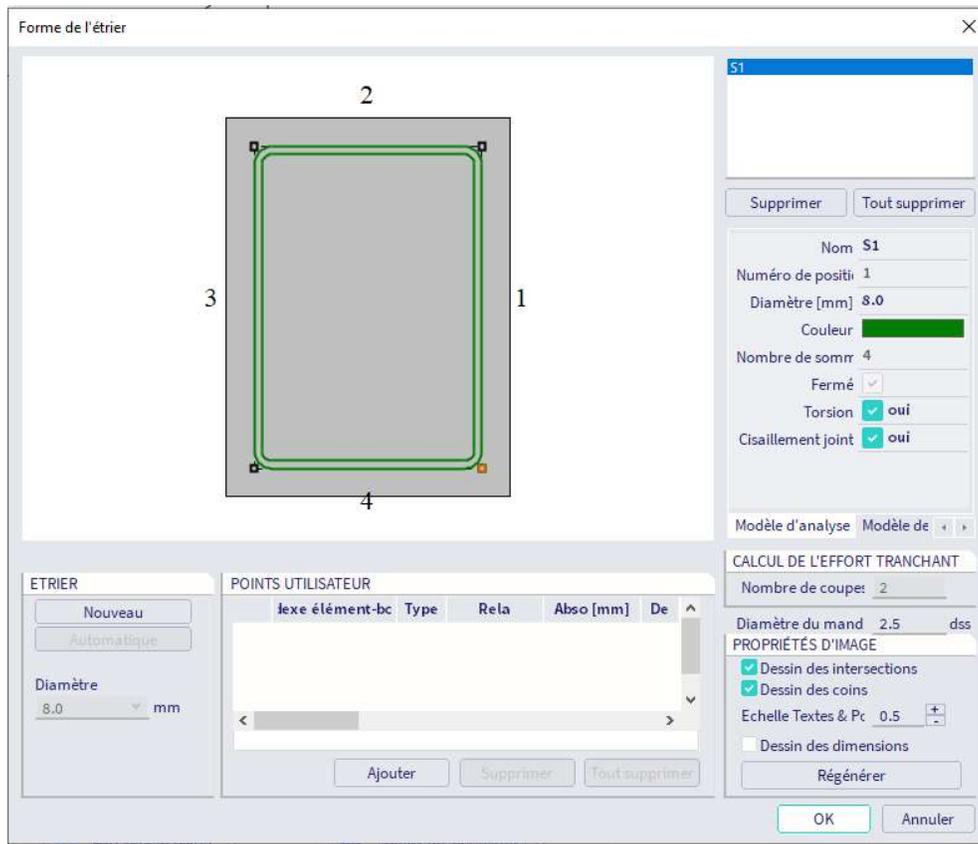


En tant d'utilisateur, vous pouvez ajouter de « Nouveaux étriers » ou de « Nouvelles barres longitudinales ».

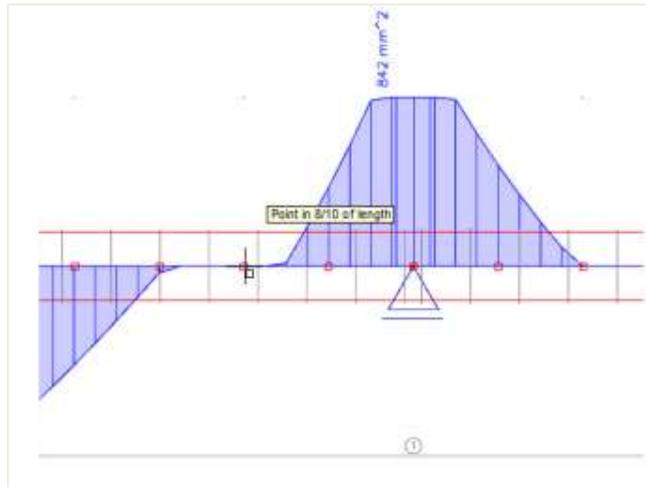
Pour les étriers, vous pouvez sélectionner une certaine forme (dans le panneau de saisie et « Ferrailage Béton ») :



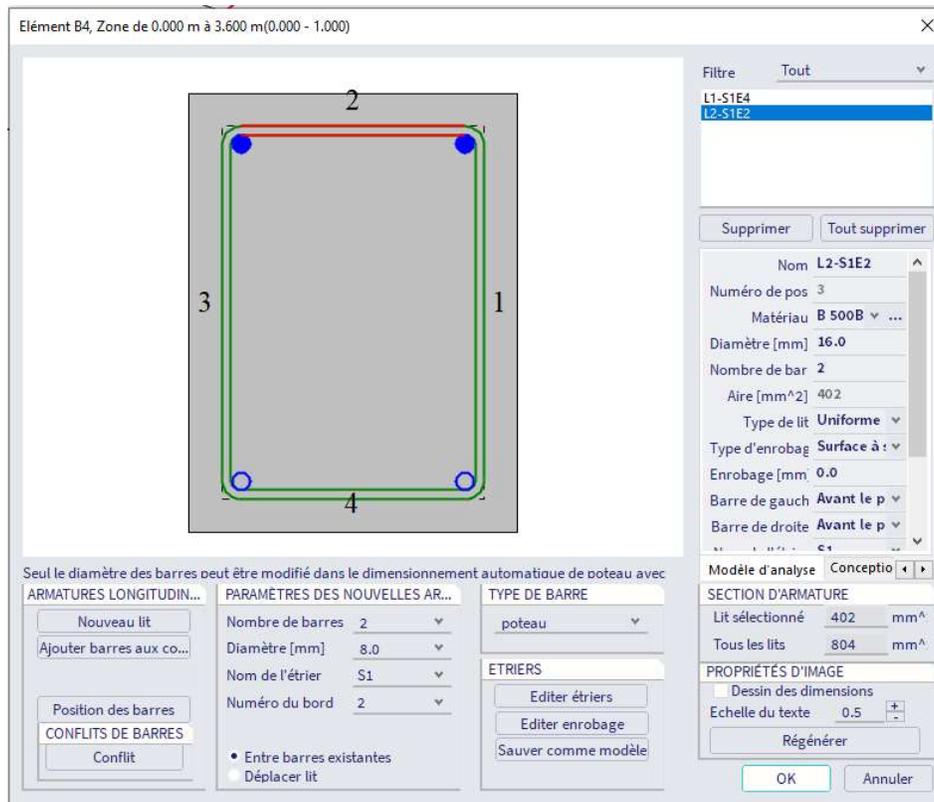
Vous pouvez éditer la forme de l'étrier, ou bien vous pouvez en créer un nouveau. Toutefois, les points utilisateur doivent être ajoutés.



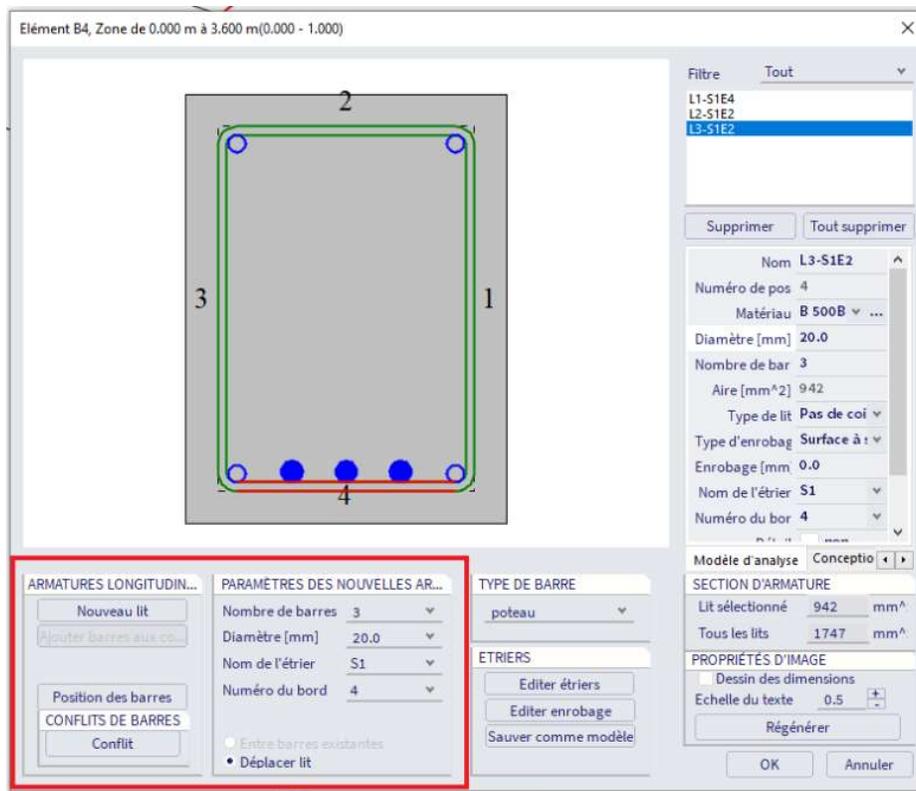
Pour le ferrailage longitudinal, vous pouvez définir précisément où vous souhaitez placer le ferrailage pratique additionnel (avec les points d'accrochage) :



La configuration de l'élément, pour la zone sélectionnée, est présentée :



Ici vous pouvez définir sur quelle face le ferrailage additionnel doit être ajouté :

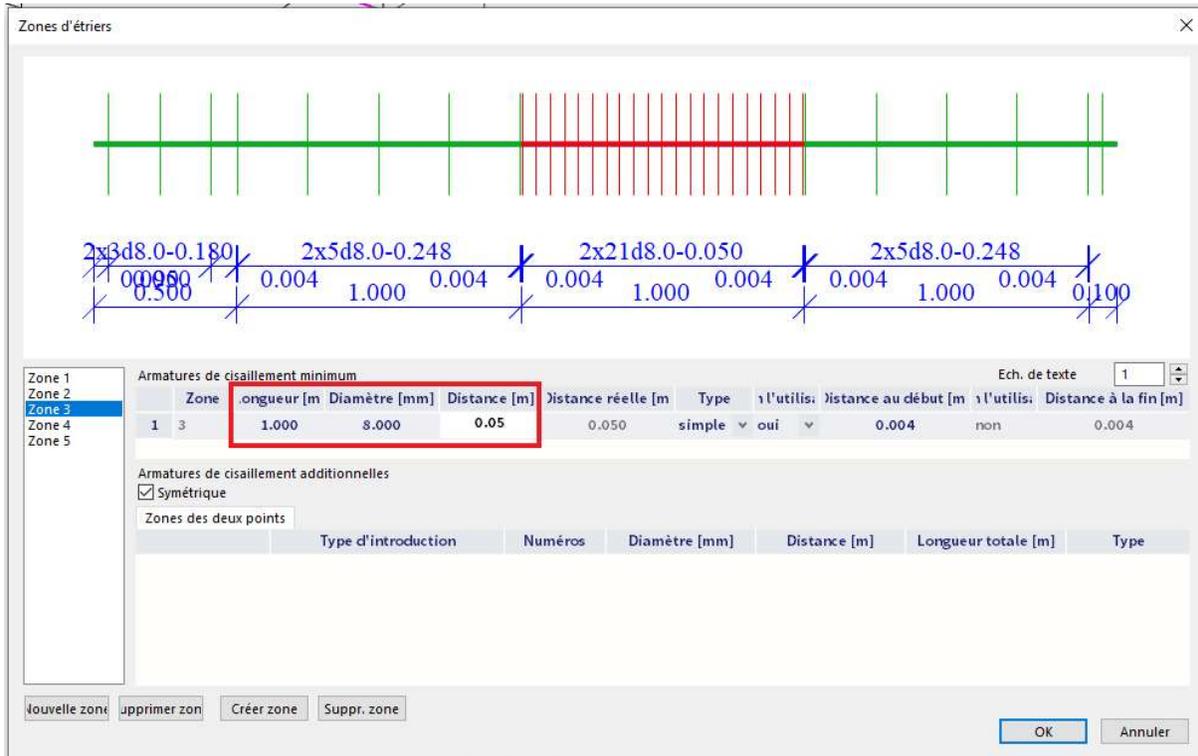


Par simplicité, nous ajouterons 3 barres de 20mm qui sont nécessaires sur l'ensemble de la zone où un ferrailage supplémentaire est requis. Cela peut être fait de manière plus précise.

La même procédure sera répétée pour le ferrailage supérieur (sur les appuis).

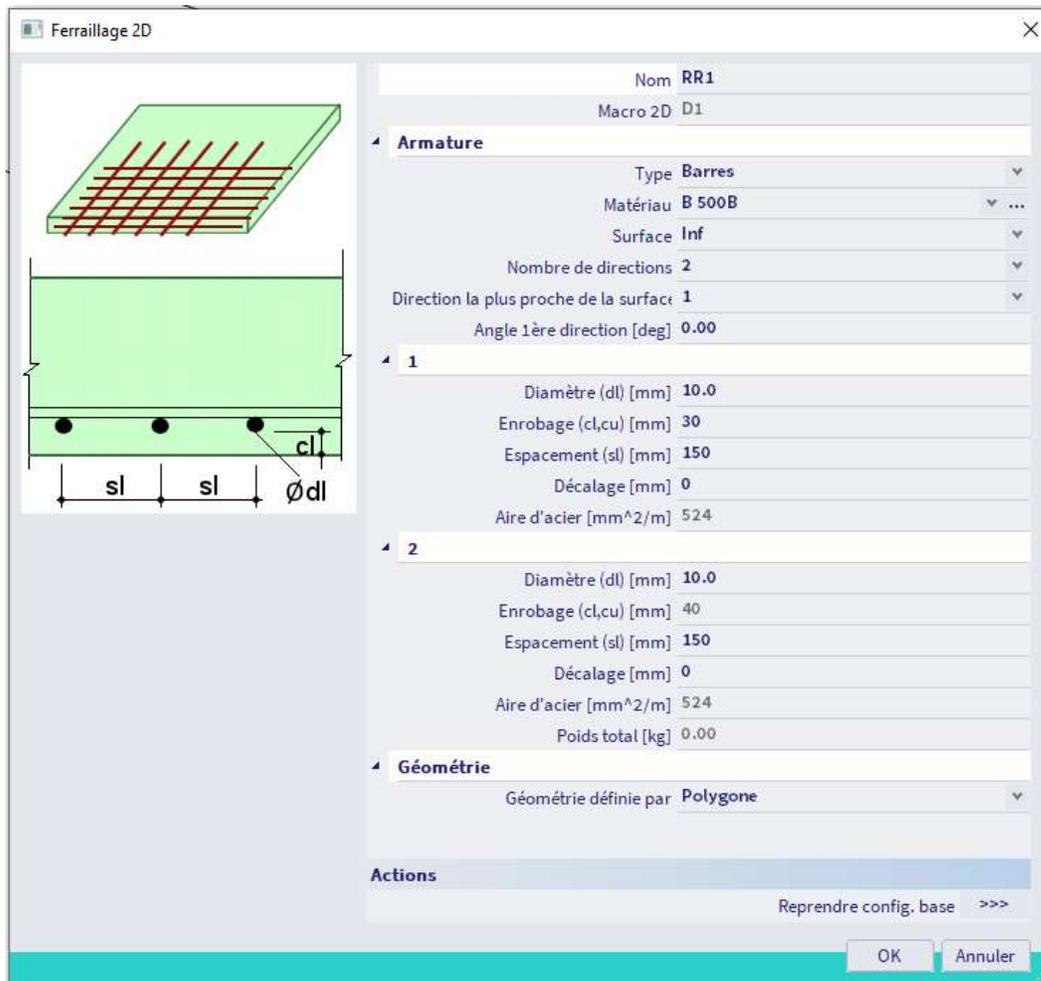
Il vous faut également augmenter le ferrailage d'effort tranchant dans les zones sur appuis. Vous pouvez faire cela en augmentant le diamètre des étriers ou en réduisant la distance entre étriers.

Vous pouvez créer les différentes zones d'étriers avec l'action « Editer l'espacement des étriers » :

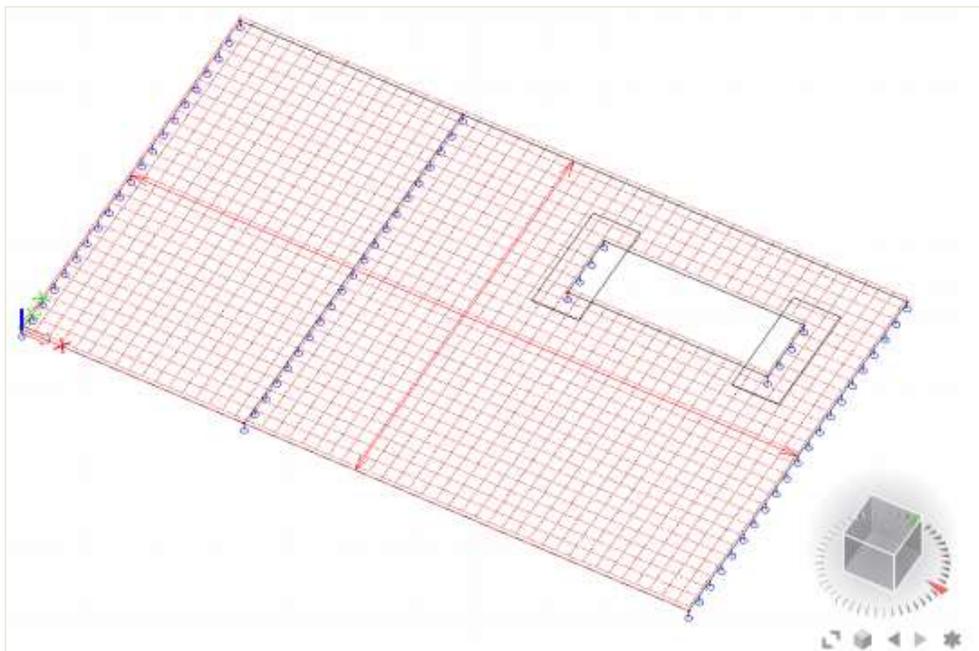


## 7.5.2. Surfaces (Eléments 2D)

En plus du ferrailage requis et défini, vous avez aussi le ferrailage pratique ou utilisateur. Vous pouvez ajouter ce type de ferrailage à la plaque via le processus « Béton », en cliquant sur « Ferrailage 2D ».



Vous devez ajouter ce ferrailage séparément sur la face supérieure et sur la face inférieure (à chaque fois avec deux directions de ferrailage).



**NB : Vous pouvez ajouter plusieurs lits de ferrailage pratique sur une même zone. Le ferrailage ajouté à cette zone est la somme de tous ces lits.**

## 7.6. Contrôle ELU & ELS 1D

Les contrôles suivants sont disponibles pour les éléments 1D dans SCIA Engineer. La gestion des sorties de ces vérifications sont les mêmes que dans les processus « Résultats » et « Acier » et ne sera pas expliquée dans ce chapitre.

### 7.6.1. Réponse en capacité

Le contrôle de « Réponse en capacité » est basé sur le calcul des efforts et des contraintes dans un élément particulier (fibre de béton ou armature). La vérification consiste à comparer ces efforts et contraintes avec les valeurs limites de l'EN 1992-1-1.

#### Valeurs extrêmes de contrainte/déformation dans l'élément

Type d'élément	Fibre / Barre	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	CU [-]	Statut
Béton - compression	1	-0.164	-3.5	-1.56	-16.7	0.09	OK
Béton - traction	5	0.274	0	0	0	0.00	OK
Armatures - compression	2	-0.101	-45	-20.3	-466	0.04	OK
Armatures - traction	4	0.212	45	42.3	466	0.09	OK

### 7.6.2. Diagramme en capacité

L'option « Diagramme en capacité » utilise la création de diagrammes d'interaction (graphiques présentant la capacité d'un élément béton à résister aux efforts  $N+M_y+M_z$ ).

Cette vérification calcule l'interaction extrême permise entre l'effort normal  $N$  et les moments fléchissants  $M_y$  et  $M_z$ .

Diagramme d'interaction 3D - Section verticale N- $M_y$

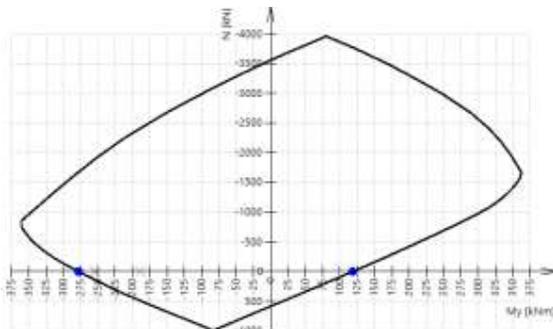
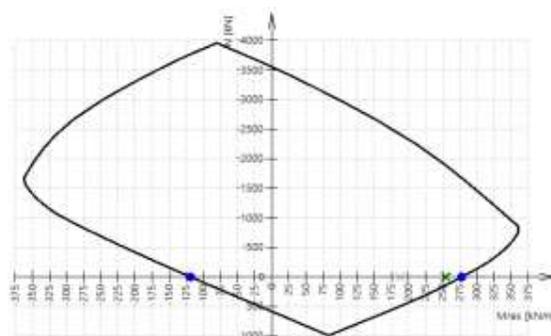
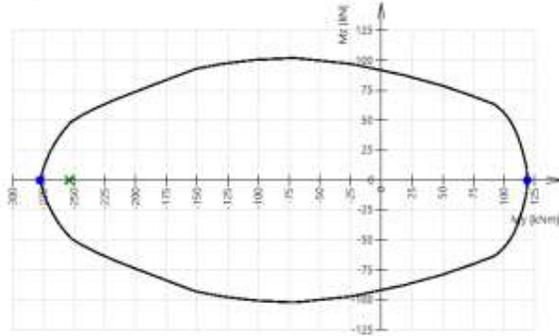


Diagramme d'interaction 3D - Section verticale N- $M_{res}$



**Diagramme d'interaction 3D - Section horizontale  $M_y$ - $M_z$**



**7.6.3. Effort tranchant + Torsion**

La vérification de l'interaction entre l'effort tranchant et la torsion consiste en trois contrôle conformément aux clauses 6.1 - 6.3 de l'EN 1992-1-1 :

- Contrôle de l'effort tranchant
- Contrôle de la torsion
- Contrôle de l'interaction entre l'effort tranchant et la torsion

**Contrôle de cisaillement**

Contrôle  $V_{Rd,max}$

$$V_{Ed} = 62.3 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} + V_{ccd} + V_{td} = 220 \text{ kN}$$

Remar.: Contrôle satisfait pour l'écrasement de la bielle béton ( $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} + V_{td} + V_{ccd}$ ).

Contrôle  $V_{Ed,max}$

$$V_{Ed} = 62.3 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} + V_{ccd} + V_{td} = 249 \text{ kN}$$

Remar.: Le contrôle est satisfaisant pour l'effort de cisaillement proche des appuis ( $V_{Ed} \leq V_{Ed,max} + V_{td} + V_{ccd}$ ).

Contrôle  $V_{Rdc}$  et  $V_{Rds}$

$$V_{Ed} = 62.3 \text{ kN} > V_{Rdc} = 24 \text{ kN} \text{ and } V_{Ed} = 62.3 \text{ kN} > V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td} = 0 \text{ kN}$$

Avertisse.: Le contrôle n'est pas satisfaisant, à cause du ferrailage de cisaillement ( $V_{Ed} > V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td}$ ). Il est nécessaire d'augmenter l'aire d'armature d'effort tranchant ou les dimensions de la section ou la qualité de l'acier d'armature.

**Contrôle unité**

$$UC = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{62.3 \text{ kN}}{24 \text{ kN}} = 2.59$$

**7.6.4. Limites de contraintes**

Le contrôle des limites de contraintes est basée sur la vérification de :

- **La contrainte de compression dans le béton** : une valeur haute de contrainte de compression peut entraîner l'apparition de fissures longitudinales, avec propagation de microfissures dans le béton et des valeurs importantes de fluage (principalement non-linéaires). Cela peut amener à un état où la structure est inutilisable.
- **La contrainte de traction dans l'acier** : la contrainte dans le ferrailage est vérifiée par la limitation de l'existence de contraintes inacceptables et par conséquent de l'apparition de fissures dans le béton.

### Caractéristiques de la section

Charge	Combi.	$t_y$ [m]	$t_z$ [m]	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	$I_z$ [m <sup>4</sup> ]	$x_i$ [m]	$\epsilon_{c,max}$ [‰]	$\epsilon_{c,min}$ [‰]	$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,min}$ [MPa]
Court	Car.	0	$-5 \cdot 10^{-3}$	0.131	$1.81 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0.106	0.679	-0.245	0	-7.72
Court	Q.-P.	0	$-5 \cdot 10^{-3}$	0.131	$1.81 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0.106	0.312	-0.113	0	-3.55

### Limite de contrainte du béton

Type de contrôle	Charge	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$ [-]	Statut
§7.2(2) Car.	Court	0	40.5	0						DÉSACT.
§7.2(3) Q.-P.	Court	0	18.6	0	0.15	0.2	-3.55	-11.3	0.315	OK

### Limite de contrainte dans des armatures non précontraintes

Type de contrôle	Charge	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$ [-]	Statut
§7.2(5) Car.	Court	0	40.5	0	-0.1	-0.15	114	400	0.284	OK

## 7.6.5. Fissuration

L'ouverture des fissures est calculée conformément à la clause 7.3.4 de l'EN 1992-1-1.

#### Calcul des forces de fissuration (section non fissurée)

Contrainte maximale du béton

$$\sigma_{ct} = 4.35 \text{ MPa}$$

Forces de fissuration

$$N_{cr} = 0 \text{ kN} \quad M_{cry} = 24.2 \text{ kNm} \quad M_{crz} = 0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{ct} = 4.35 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.6 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Des fissures apparaissent}$$

Remar.: La fissuration apparaît, parce que la contrainte de traction maximale est plus grande que l'effort de fissuration.

Espacement maximum des fissures

$$s_{\max} = 192 \text{ mm} \leq 5 \cdot (c + 0.5 \cdot \phi_{\text{eq}}) = 240 \text{ mm} \text{ or } \rho_{p,\text{eff}} = 0, \text{ donc :}$$

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{\text{eq}}}{\rho_{p,\text{eff}}} = 2.57 \cdot 0.038 + \frac{0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 0.02}{0.0428} = 177 \text{ mm} \quad (7.11)$$

Déformation moyenne du ferrailage

$$\varepsilon_{sm\_E_{cm}} = \max \left( \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \left( \frac{f_{ct,\text{eff}}}{\rho_{p,\text{eff}}} \right) \cdot (1 + \alpha_E \cdot \rho_{p,\text{eff}})}{E_s}, \frac{0.6 \cdot \sigma_s}{E_s} \right) \quad (7.9)$$

$$= \max \left( \frac{52.2 \cdot 10^6 - 0.4 \cdot \left( \frac{2.6 \cdot 10^6}{0.0428} \right) \cdot (1 + 6.35 \cdot 0.0428)}{200 \cdot 10^9}, \frac{0.6 \cdot 52.2 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^9} \right) = 0.156 \text{ ‰}$$

Largeur de fissure calculée

$$w_k = s_{r,\max} \cdot \varepsilon_{sm\_E_{cm}} = 0.177 \cdot 156 \cdot 10^{-6} = 0.0277 \text{ mm} \quad (7.8)$$

**Valeur limite de la contrainte provoquée par l'effort axial**

$$w_{\max} = 0.3 \text{ mm}$$

### 7.6.6. Flèche

Le calcul de la flèche est effectué conformément au chapitre 7.4.3 de l'EN 1992-1-1.

La méthode simplifiée est utilisée avec un calcul effectué deux fois , en supposant que l'élément entier soit non fissurée puis entièrement fissuré, et en interpolant avec la formule 7.18 de la clause 7.4.3(7). C'est la méthode utilisée par défaut.

## Flèches

### Flèche linéaire

$$\delta_{lin,y} = u_{y_s} + u_{y_l} = 0 + 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lin,z} = u_{z_s} + u_{z_l} = -0.636 + -1.48 = -2.12 \text{ mm}$$

### Flèche immédiate

$$\delta_{imm,y} = u_{y_l} \cdot \text{ratio}_{u_{y_s}} = 0 \cdot 2.33 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{imm,z} = u_{z_l} \cdot \text{ratio}_{u_{z_s}} = -1.48 \cdot 2.66 = -3.95 \text{ mm}$$

### Flèche à court terme

$$\delta_{short,y} = u_{y_s} \cdot \text{ratio}_{u_{y_s}} = 0 \cdot 2.33 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{short,z} = u_{z_s} \cdot \text{ratio}_{u_{z_s}} = -0.636 \cdot 2.66 = -1.69 \text{ mm}$$

### Flèche à long terme + fluage

$$\delta_{long,creep,y} = u_{y_l} \cdot \text{ratio}_{u_{y_l}} = 0 \cdot 4.51 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{long,creep,z} = u_{z_l} \cdot \text{ratio}_{u_{z_l}} = -1.48 \cdot 4.15 = -6.16 \text{ mm}$$

### Flèche due au fluage

$$\delta_{creep,y} = u_{y_l} \cdot (\text{ratio}_{u_{y_l}} - \text{ratio}_{u_{y_s}}) = 0 \cdot (4.51 - 2.33) = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{creep,z} = u_{z_l} \cdot (\text{ratio}_{u_{z_l}} - \text{ratio}_{u_{z_s}}) = -1.48 \cdot (4.15 - 2.66) = -2.21 \text{ mm}$$

### Flèche à long terme

$$\delta_{long,y} = \delta_{long,creep,y} - \delta_{creep,y} = 0 - 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{long,z} = \delta_{long,creep,z} - \delta_{creep,z} = -6.16 - -2.21 = -3.95 \text{ mm}$$

### Flèche additionnelle

$$\delta_{add,y} = \delta_{short,y} + \delta_{long,creep,y} - \delta_{imm,y} = 0 + 0 - 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{add,z} = \delta_{short,z} + \delta_{long,creep,z} - \delta_{imm,z} = -1.69 + -6.16 - -3.95 = -3.9 \text{ mm}$$

### Flèche additionnelle limite

$$\delta_{add,lim,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{add,lim,z} = \frac{-l_{cz}}{\text{Lim}_{add}} = \frac{-5}{500} = -10 \text{ mm}$$

### Flèche totale

$$\delta_{tot,y} = \delta_{short,y} + \delta_{long,creep,y} = 0 + 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot,z} = \delta_{short,z} + \delta_{long,creep,z} = -1.69 + -6.16 = -7.85 \text{ mm}$$

### Flèche totale limite

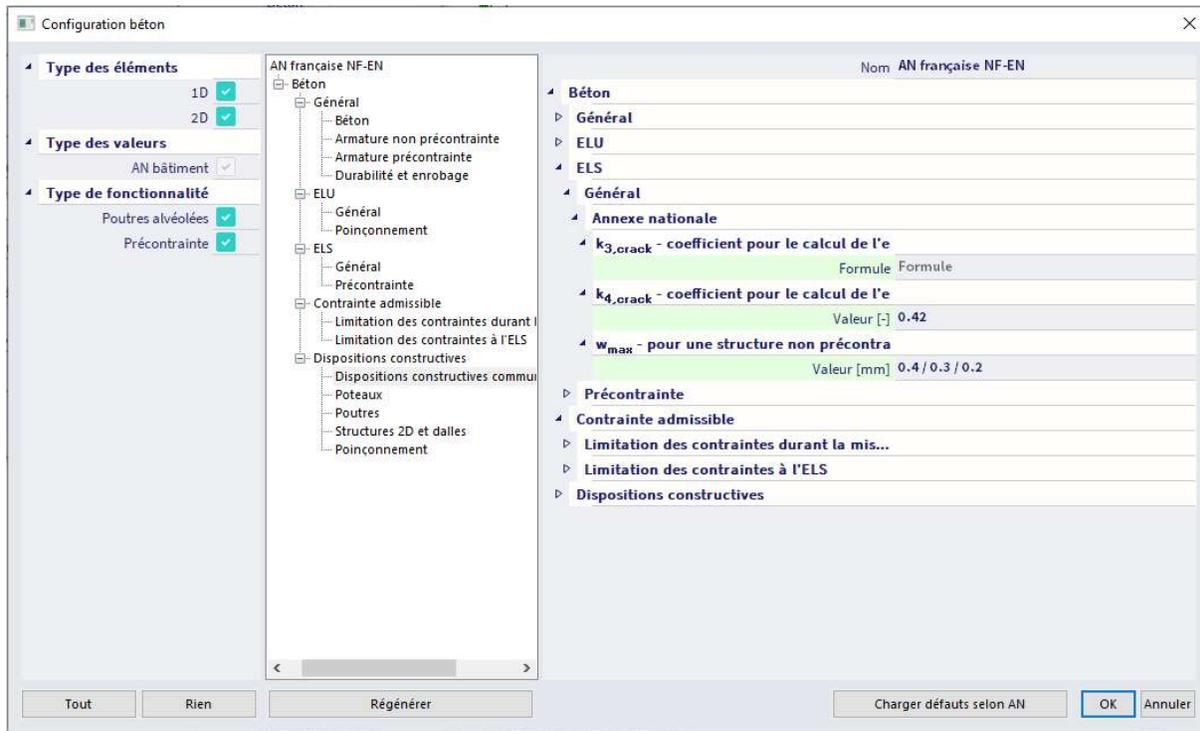
$$\delta_{tot,lim,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot,lim,z} = \frac{-l_{cz}}{\text{Lim}_{tot}} = \frac{-5}{250} = -20 \text{ mm}$$

## 7.7. Vérification avec fissuration 2D

Pour les éléments 2D, il y a moins de contrôles : la vérification de l'ouverture de fissures et la vérification au poinçonnement.

Les valeurs de l'ouverture maximale des fissures ( $w_{max}$ ) sont des paramètres nationaux, qui dépendent de classe d'exposition choisie. Vous trouverez donc cette valeur dans la configuration des paramètres nationaux, via le menu principal « Fichier » / « Paramètre du projet » / « Annexe nationale [...] » / « EN 1992-1-1 [...] ».



Vous pouvez effectuer la vérification de l'ouverture des fissures pour les trois types de ferrailage : requis, défini et utilisateur. La vérification de l'ouverture de fissures est faite sur la combinaison ELS quasi-permanente.

Si vous utilisez un type de ferrailage requis ou défini pour la vérification de l'ouverture des fissures, il vous faudra choisir aussi une combinaison ELU. Cela est nécessaire car le ferrailage requis / défini est calculé sur la base d'une combinaison ELU. Le calcul de ferrailage effectué, il sera utilisé pour effectuer la vérification de l'ouverture de fissures (faite automatiquement par le logiciel).

### Ferrailage requis / défini



→ Combinaison utilisée pour effectuer la vérification de l'ouverture de fissures.

→ Combinaison utilisée pour calculer le ferrailage théorique utilisée dans la vérification de l'ouverture de fissures.

### Ferrailage utilisateur

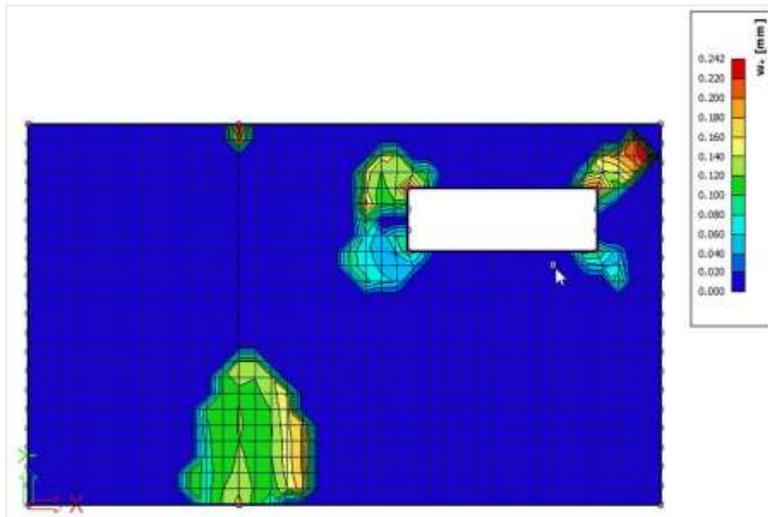


→ Combinaison utilisée pour effectuer la vérification de l'ouverture de fissures.

→ Quantité de ferrailage déjà connue => aucune combinaison ELU nécessaire.

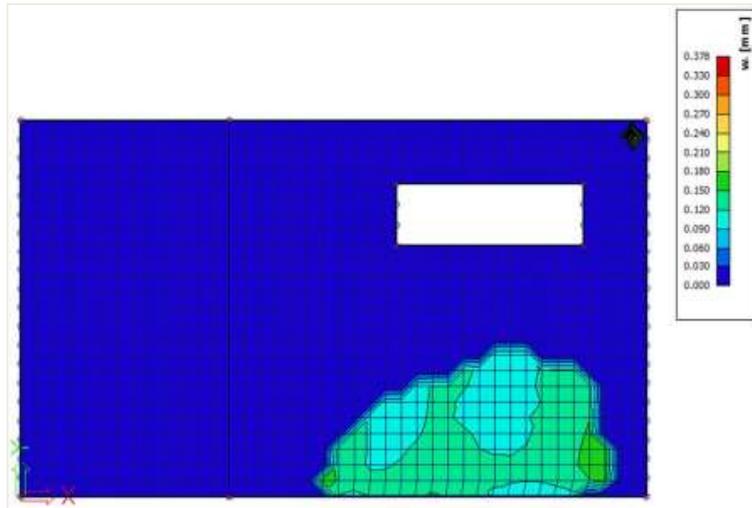
### Ouverture de fissure $w_+$

Combinaison = ELS ; Type de ferrailage utilisé = Requis ; Valeur =  $w_+$



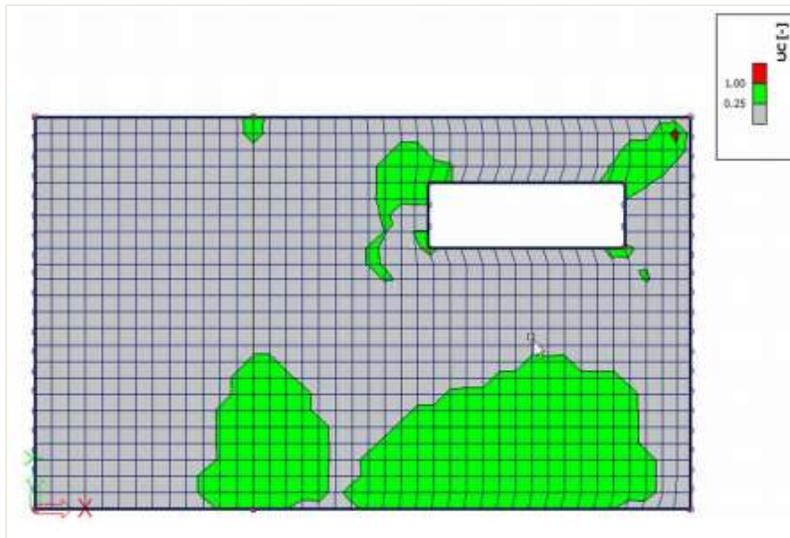
### Ouverture de fissure $w_-$

Combinaison = ELS ; Type de ferrailage utilisé = Requis ; Valeur =  $w_-$



**Contrôle unité**

Combinaison = ELS ; Type de ferrailage utilisé = Requis ; Valeur = **UC**

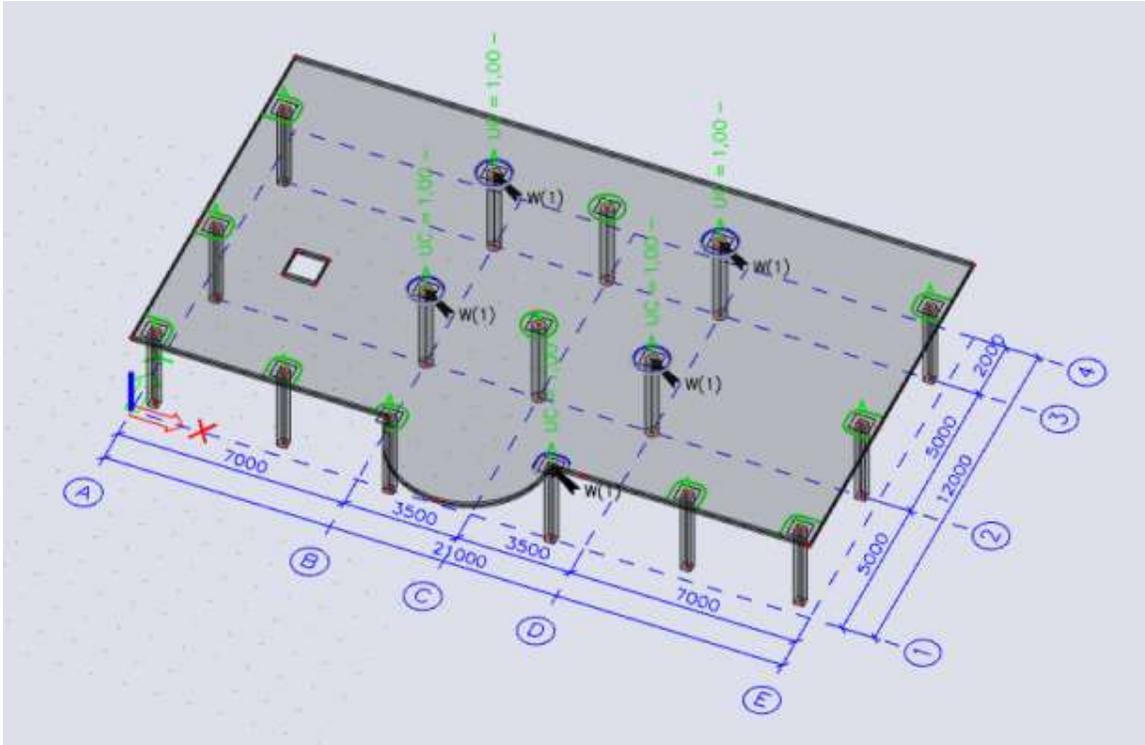


## 7.8. Vérification au poinçonnement

Vous trouverez la vérification au poinçonnement dans le menu principal « Dimensionnement » et « Dimensionnement au poinçonnement ».

Le coefficient beta est automatiquement calculé, et la forme du poteau est automatiquement reconnue. Cela signifie que vous n'avez pas besoin de définir ces paramètres avant de lancer la vérification au poinçonnement.

Par contre, avant le dimensionnement, il vous faut définir la fenêtre de propriétés. Vous devez choisir le type de ferrailage (même démarche que pour la vérification des ouvertures de fissures).



Il existe trois types de résultats différents :

- Visualisation verte : le béton peut reprendre la charge ponctuelle.

### Dimensionnement au poinçonnement

Calcul linéaire  
 Combinaison: ELU-Set B (auto)  
 Extrême: Global  
 Sélection: Tout

#### Synthèse

Nom	Cas	Cas de poinçonnement	Forme de poinçonnement	UC <sub>vRd,max</sub> [-]	UC <sub>vRd,c</sub> [-]	Périmètres d'étriers	UC <sub>vRd,cs</sub> [-]	UC <sub>Asw,det</sub> [-]	UC [-] Contrôle
N6	ELU-Set B (auto)/1	Poteau d'angle	Rectangle (400;300)	<b>0.31</b>	<b>0.31</b>	non requis	-	-	0.31 OK

#### Béton

Nom	Cas	Cas de poinçonnement β [-]	Forme de poinçonnement	V <sub>Ed</sub> [kN] ΔV <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm] M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Plaque h [mm]	Matériau f <sub>cd</sub> [MPa]	d <sub>eff</sub> [mm] ρ [-]	u <sub>0</sub> [m] u <sub>1</sub> [m]	V <sub>Ed,u0</sub> [MPa] V <sub>Ed,u1</sub> [MPa]	V <sub>Rd,max</sub> [MPa] V <sub>Rd,c</sub> [MPa]	UC <sub>vRd,max</sub> [-] UC <sub>vRd,c</sub> [-]
N6	ELU-Set B (auto)/1	Poteau d'angle 1.50	Rectangle (400;300)	<b>14.04</b> 0.00	3.26 2.53	Plafond 200.00	C25/30 16.67	160.00 0.14	0.119 0.845	1.10 0.16	3.60 0.50	<b>0.31</b> <b>0.31</b>

- Visualisation bleu : le béton ne peut pas reprendre la charge ponctuelle mais un ferrailage de poinçonnement peut être calculé.

**Dimensionnement au poinçonnement**

Calcul linéaire  
 Combinaison: ELU-Set B (auto)  
 Extrême: Global  
 Sélection: N12  
 Il y a 1 avertissements sur les éléments sélectionnés dont 1 sont affichés.  
**Synthèse**

Nom	Cas	Cas de poinçonnement	Forme de poinçonnement	UC <sub>crit,max</sub> [-]	UC <sub>crit,c</sub> [-]	Périmètres d'étriers	UC <sub>crit,cs</sub> [-]	UC <sub>crit,det</sub> [-]	UC [-]	Erreurs, avertissements, notes
N12	ELU-Set B (auto)/1	Poteau intérieur	Rectangle (400;300)	0.35	1.04	3x 13Ø8(radial) 80+2x80=240	0.69	1.00	1.00 OK,MAIS	W6/102

**Béton**

Nom	Cas	Cas de poinçonnement β [-]	Forme de poinçonnement	V <sub>Ed</sub> [kN] ΔV <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm] M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Plaque h [mm]	Matériau f <sub>cd</sub> [MPa]	d <sub>eff</sub> [mm]	u <sub>0</sub> [m] u <sub>1</sub> [m]	V <sub>Ed,u0</sub> [MPa] V <sub>Ed,u1</sub> [MPa]	V <sub>Ed,max</sub> [MPa] V <sub>Ed,c</sub> [MPa]	UC <sub>crit,max</sub> [-] UC <sub>crit,c</sub> [-]
N12	ELU-Set B (auto)/1	Poteau intérieur 1.15	Rectangle (400;300)	244.15 0.00	0.30 0.14	Plafond 200.00	C25/30 16.67	160.00 0.29	1.400 3.411	1.25 0.51	3.60 0.50	0.35 1.04

**Armature**

Nom	Cas	Périmètres d'étriers	l <sub>trous</sub> [m] s <sub>trous</sub> [mm]	s <sub>trous</sub> [mm] s <sub>trous</sub> [mm]	Périmètres de contrôle (distance/capacité)	Matériau f <sub>yd,el</sub> [MPa]	A <sub>trous</sub> [mm <sup>2</sup> ] A <sub>trous,min</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>trous</sub> [mm <sup>2</sup> ] A <sub>trous,tot</sub> [mm <sup>2</sup> ]	V <sub>Ed,cs</sub> [MPa] K <sub>tr,cs</sub> V <sub>Ed,c</sub> [MPa]	UC <sub>crit,cs</sub> [-] UC <sub>crit,det</sub> [-]
N12	ELU-Set B (auto)/1	3x 13Ø8(radial) 80+2x80=240	3.545 342	224 224	320/69%	B 500B 290.0	90 10	653 1960	1.41 0.74	0.69 1.00

E/A/N	Affichersur leséléments
W6/102	N12

- Visualisation rouge : le béton ne peut pas reprendre la charge ponctuelle et un ferrailage de poinçonnement ne peut pas être calculé.

**Dimensionnement au poinçonnement**

Calcul linéaire  
 Combinaison: ELU-Set B (auto)  
 Extrême: Global  
 Sélection: N12  
 Il y a 2 avertissements sur les éléments sélectionnés dont 2 sont affichés.  
**Synthèse**

Nom	Cas	Cas de poinçonnement	Forme de poinçonnement	UC <sub>crit,max</sub> [-]	UC <sub>crit,c</sub> [-]	Périmètres d'étriers	UC <sub>crit,cs</sub> [-]	UC <sub>crit,det</sub> [-]	UC [-]	Erreurs, avertissements, notes
N12	ELU-Set B (auto)/1	Poteau intérieur	Rectangle (400;300)	0.63	1.62	4x 15Ø8(radial) 80+3x120=440	1.08	1.00	1.08 PASOK	W6/102, W6/117

**Béton**

Nom	Cas	Cas de poinçonnement β [-]	Forme de poinçonnement	V <sub>Ed</sub> [kN] ΔV <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm] M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Plaque h [mm]	Matériau f <sub>cd</sub> [MPa]	d <sub>eff</sub> [mm]	u <sub>0</sub> [m] u <sub>1</sub> [m]	V <sub>Ed,u0</sub> [MPa] V <sub>Ed,u1</sub> [MPa]	V <sub>Ed,max</sub> [MPa] V <sub>Ed,c</sub> [MPa]	UC <sub>crit,max</sub> [-] UC <sub>crit,c</sub> [-]
N12	ELU-Set B (auto)/1	Poteau intérieur 1.15	Rectangle (400;300)	444.16 0.00	0.54 0.26	Plafond 200.00	C25/30 16.67	160.00 0.55	1.400 3.411	2.28 0.94	3.60 0.58	0.63 1.62

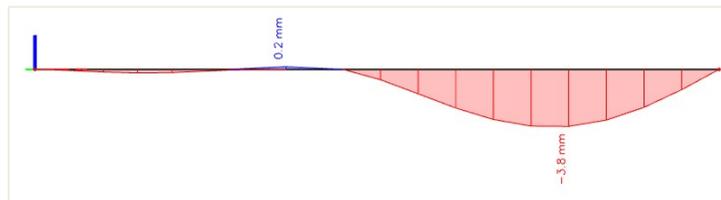
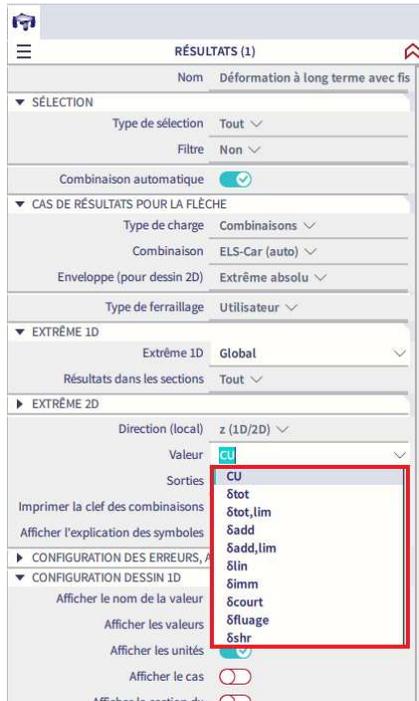
**Armature**

Nom	Cas	Périmètres d'étriers	l <sub>trous</sub> [m] s <sub>trous</sub> [mm]	s <sub>trous</sub> [mm] s <sub>trous</sub> [mm]	Périmètres de contrôle (distance/capacité)	Matériau f <sub>yd,el</sub> [MPa]	A <sub>trous</sub> [mm <sup>2</sup> ] A <sub>trous,min</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>trous</sub> [mm <sup>2</sup> ] A <sub>trous,tot</sub> [mm <sup>2</sup> ]	V <sub>Ed,cs</sub> [MPa] K <sub>tr,cs</sub> V <sub>Ed,c</sub> [MPa]	UC <sub>crit,cs</sub> [-] UC <sub>crit,det</sub> [-]
N12	ELU-Set B (auto)/1	4x 15Ø8(radial) 80+3x120=440	5.535 658	227 278	320/108%, 640/68%	B 500B 290.0	474 18	754 3016	1.23 0.87	1.08 1.00

E/A/N	Affichersur leséléments
W6/102	N12
W6/117	N12

## 7.9. Déformation à long terme avec fissuration

Le calcul de la déformation à long terme avec fissuration est un calcul bilinéaire. Le calcul est effectué, les rigidités sont réduites et le calcul est à nouveau effectué avec ces raideurs abaissées. Cette explication est simplifiée. Dans le manuel béton, vous trouverez l'explication complète. Ci-dessous vous pouvez visualiser les valeurs calculées par ce type de calcul.



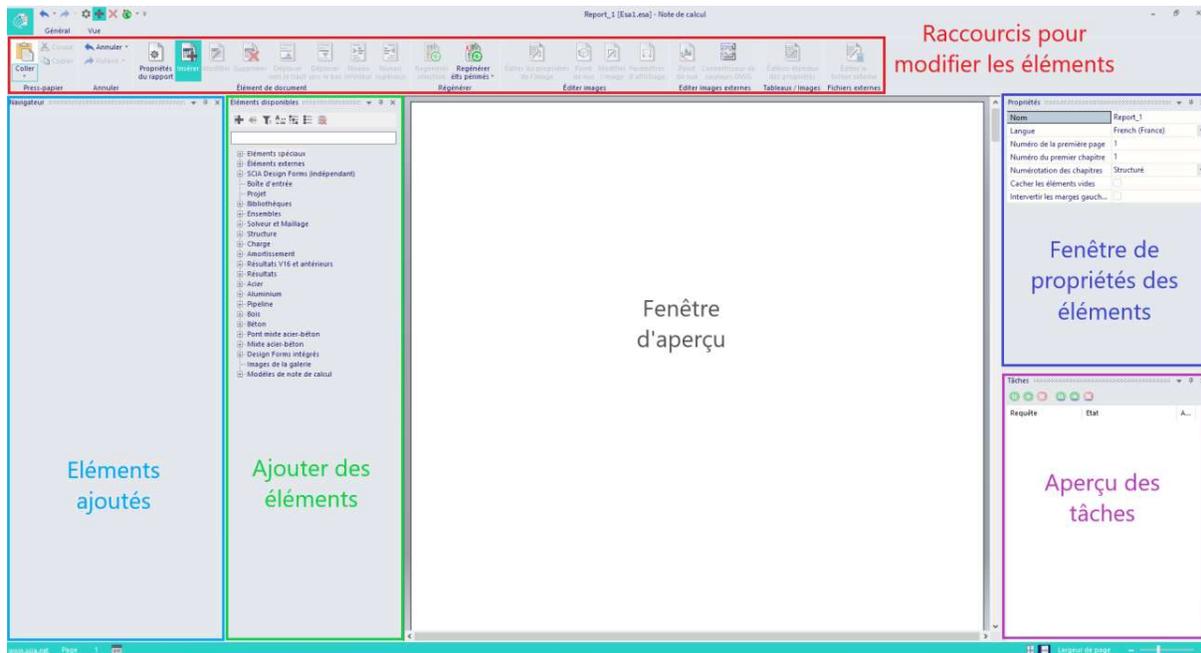
### Pour élément 1D

Nom	dx [m]	Cas Type d'armature	$\varphi(t, t_0)$ [-]	$\delta_{lin,y}$ [mm]	$\delta_{lin,x}$ [mm]	$\delta_{short,y}$ [mm]	$\delta_{short,x}$ [mm]	$\delta_{creep,y}$ [mm]	$\delta_{creep,x}$ [mm]	$\delta_{add,y}$ [mm]	$\delta_{add,x}$ [mm]	$\delta_{add,lim,y}$ [mm]	$\delta_{add,lim,x}$ [mm]	$\delta_{tot,y}$ [mm]	$\delta_{tot,x}$ [mm]	$\delta_{tot,lim,y}$ [mm]	$\delta_{tot,lim,x}$ [mm]	UC [-]	Contrôle		
B1	9.360-	ELS-Car (auto)/1 Utilisateur	2.69	0.0	-2.0	0.0	-0.7	0.0	-2.1	0.0	-1.7	0.0	-3.2	13.2	0.0	13.2	-3.8	26.4	26.4	0.24	OK
B1	4.400-	ELS-Car (auto)/1 Utilisateur	2.69	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	10.8	10.8	0.0	0.2	21.6	21.6	0.01	0.01	OK	

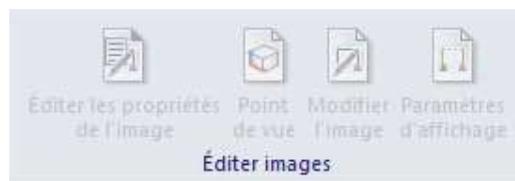
## Chapitre 8: Rapport

### 8.1. Interface Générale

L'interface générale de la note de calcul se compose de 5 différentes fenêtres. Vous pouvez personnaliser la mise en page de l'interface en déplaçant ces fenêtres à la position souhaitée. Les fenêtres sont présentées et expliquées dans l'image ci-dessous.



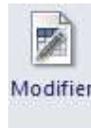
La note de calcul fonctionne avec des éléments. Ces éléments contiennent toutes les informations qui sont disponibles dans SCIA Engineer. Pour ajouter un élément dans la note, vous devez double cliquer dessus dans la fenêtre « **Éléments disponibles** » ou taper le nom de l'élément dans la barre de recherche de cette même fenêtre. Aussitôt cet élément ajouté, il apparaîtra dans la fenêtre « **Navigateur** » ou « **Éléments ajoutés** » de l'image ci-dessus. Vous pouvez toujours modifier les éléments ajoutés en utilisant la fenêtre de propriétés, qui est basée sur le même principe que dans l'espace de modélisation de SCIA Engineer. Vous pouvez également modifier les images insérées en utilisant les raccourcis « Editer les propriétés de l'image », « Point de vue », ... qui sont présentés dans l'image suivante.



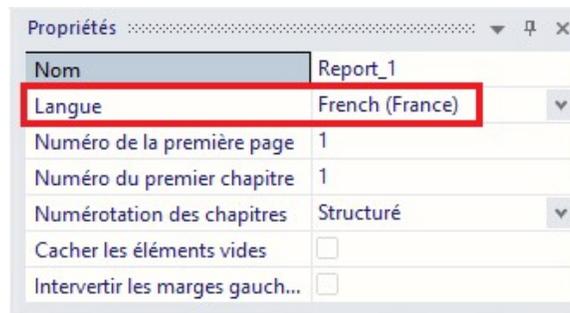
Après avoir modifié un ou plusieurs éléments ajoutés, il vous faut régénérer le contenu de la note. Vous pouvez exécuter cette commande pour un élément individuel comme pour la note entière en utilisant les raccourcis « **Régénérer sélection** » ou « **Régénérer éléments périmés** ».



Vous pouvez utiliser le raccourci « Modifier » pour personnaliser les propriétés avancées des éléments ajoutés.



Vous pouvez modifier la langue de la note, pour à la fois la saisie et la sortie, en l'ajustant dans la fenêtre de « Propriétés du rapport ».

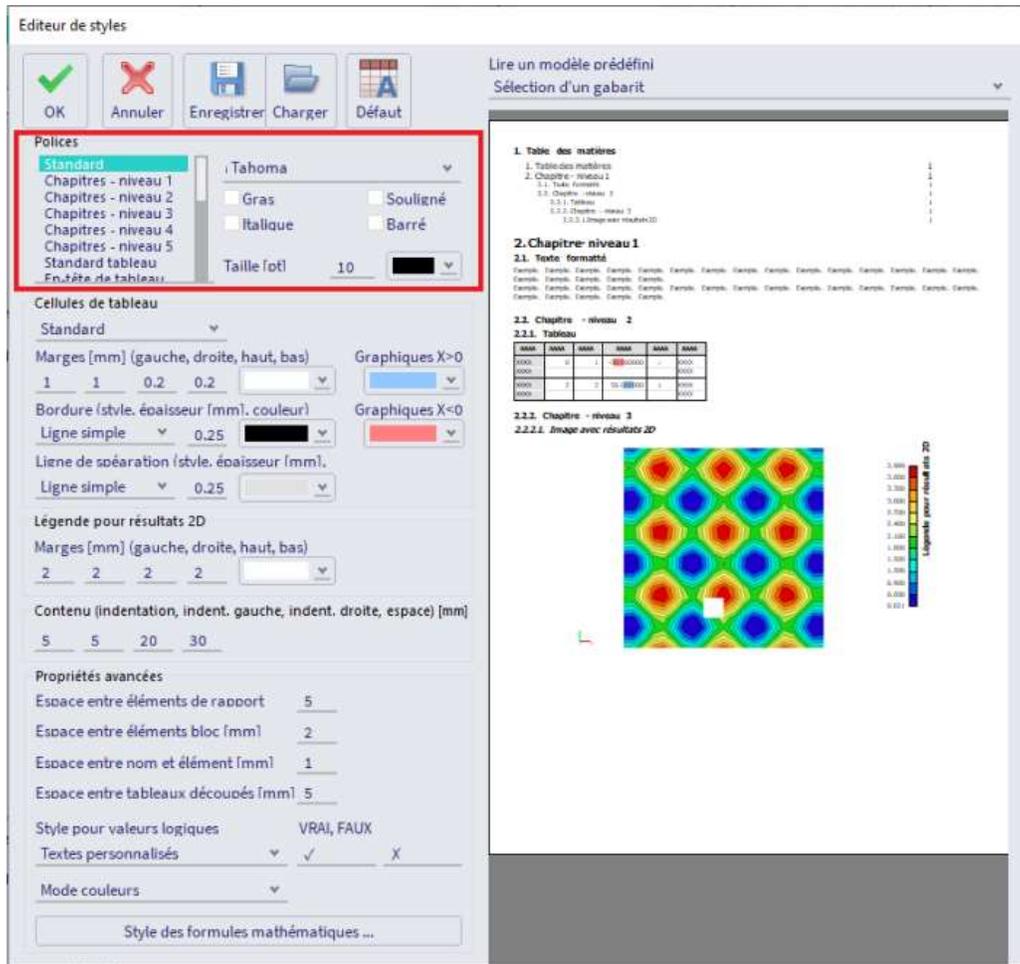


## 8.2. Mise en page générale

Le chapitre suivant contient une explication de plusieurs éléments de mise en page de la note de calcul.

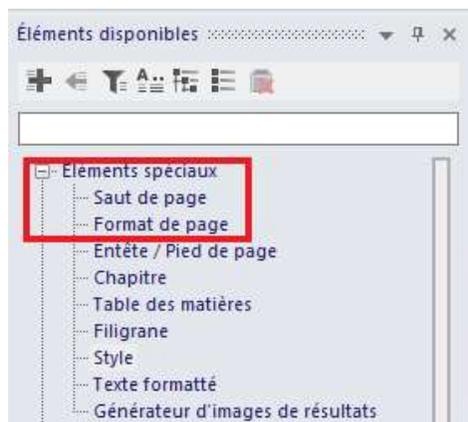
### 8.2.1. Mise en page

Vous pouvez sélectionner le sous-élément « **Style** » pour modifier la mise en page de la note. Vous le trouverez en sous-élément des éléments disponibles « **Éléments spéciaux** ». Une fois cette élément ajouté dans la note, vous pouvez cliquer sur le raccourci « **Modifier** ». L'éditeur de styles s'ouvre alors. Cet éditeur vous permet de modifier tous les paramètres concernant les polices, les espacements et les couleurs du texte de la note.

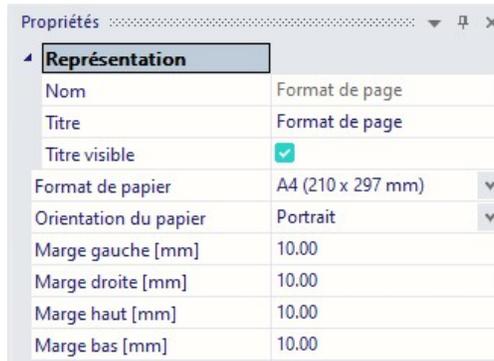


### 8.2.2. Saut de page et format de page

Vous pouvez ajuster le format de page de la note en insérant l'élément « **Format de page** ». Cet élément est une sous-catégorie de l'élément « **Éléments spéciaux** ». Les éléments spéciaux contiennent également le « **Saut de page** » par lequel vous pouvez définir la fin d'une page, par exemple à la fin d'un chapitre.

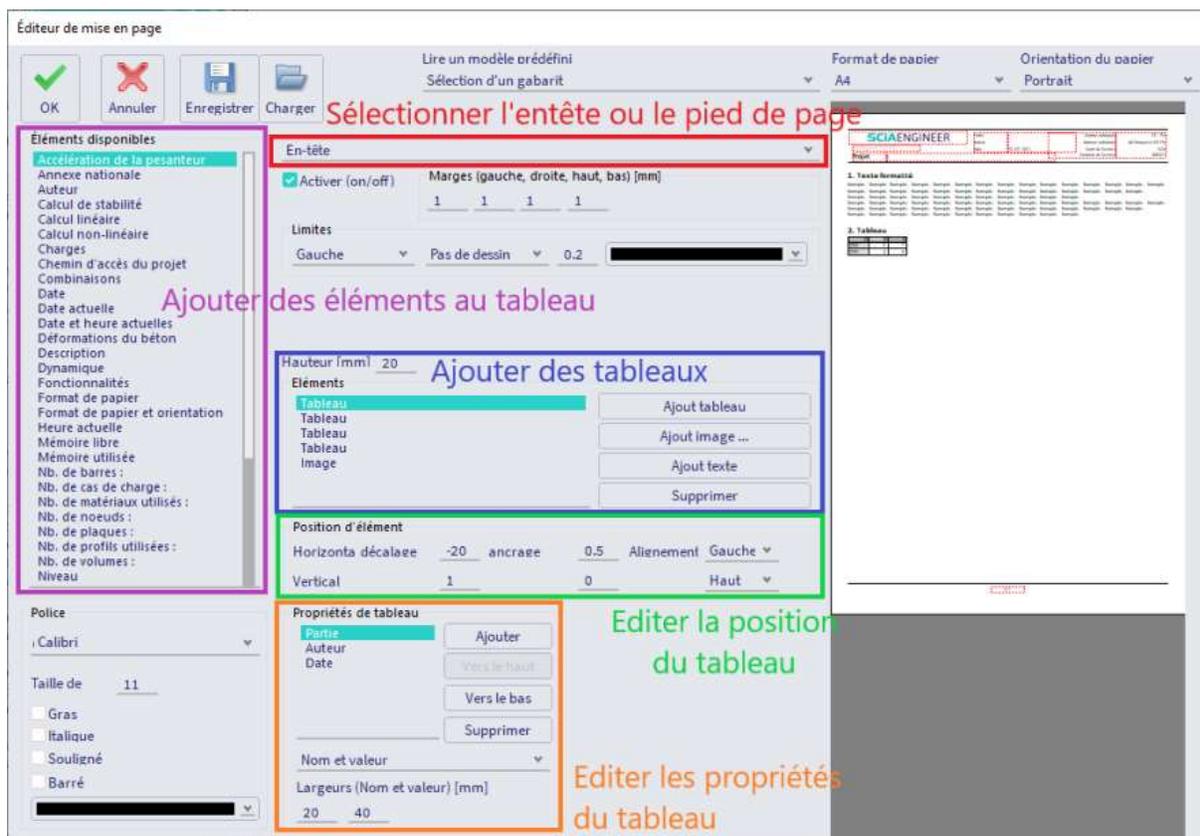


Lorsque vous avez inséré l'élément « **Format de page** », vous pouvez définir tous ces paramètres, le format et les marges, dans la fenêtre de propriétés.



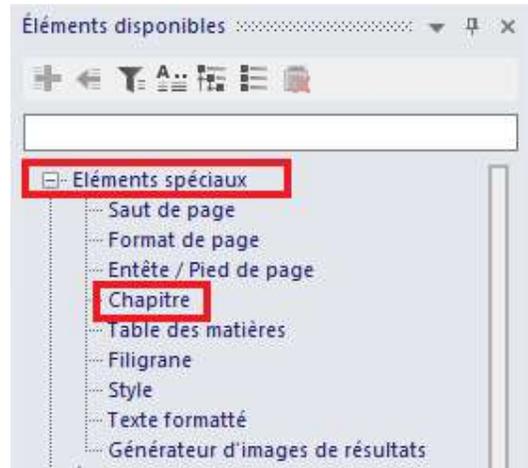
### 8.2.3. Entête et pied de page

Vous trouverez l'élément « **Entête / Pied de page** » dans la catégorie « **Éléments spéciaux** ». En cliquant sur le raccourci « Modifier », vous pouvez totalement personnaliser l'entête et le pied de page de votre note. Vous pouvez sauvegarder cet élément comme un gabarit et l'appliquer dans d'autres notes.



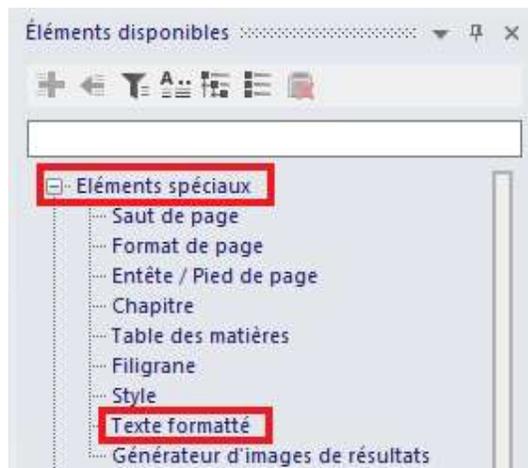
### 8.2.4. Chapitre

Vous pouvez créer plusieurs chapitres dans la note de calcul en ajoutant l'élément spécial « **Chapitre** » :

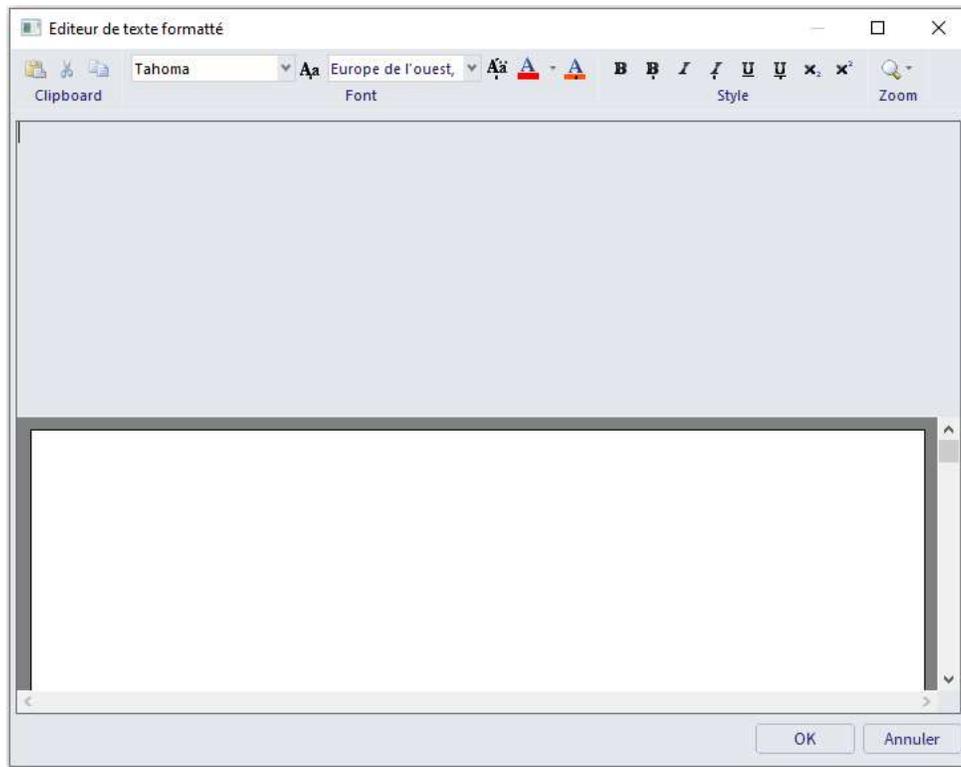


### 8.2.5. Texte formaté

Avec l'élément spécial « **Texte formaté** », vous pouvez saisir du texte manuellement dans la note de calcul :



Dès lors que l'élément a été ajouté à la note et que vous avez cliqué sur « Modifier », vous pouvez insérer du texte dans l'éditeur de texte :

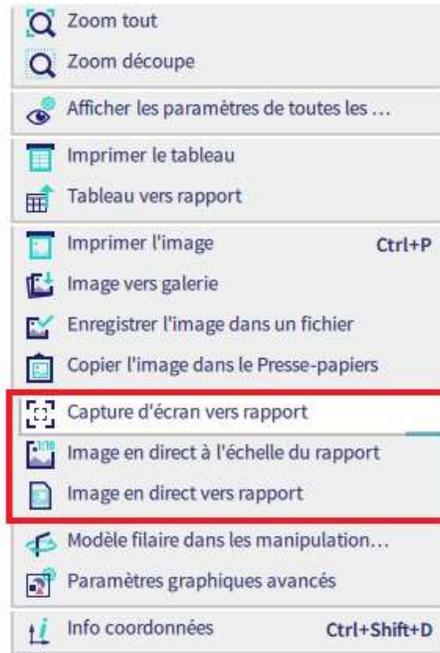


## 8.3. Ajout d'images

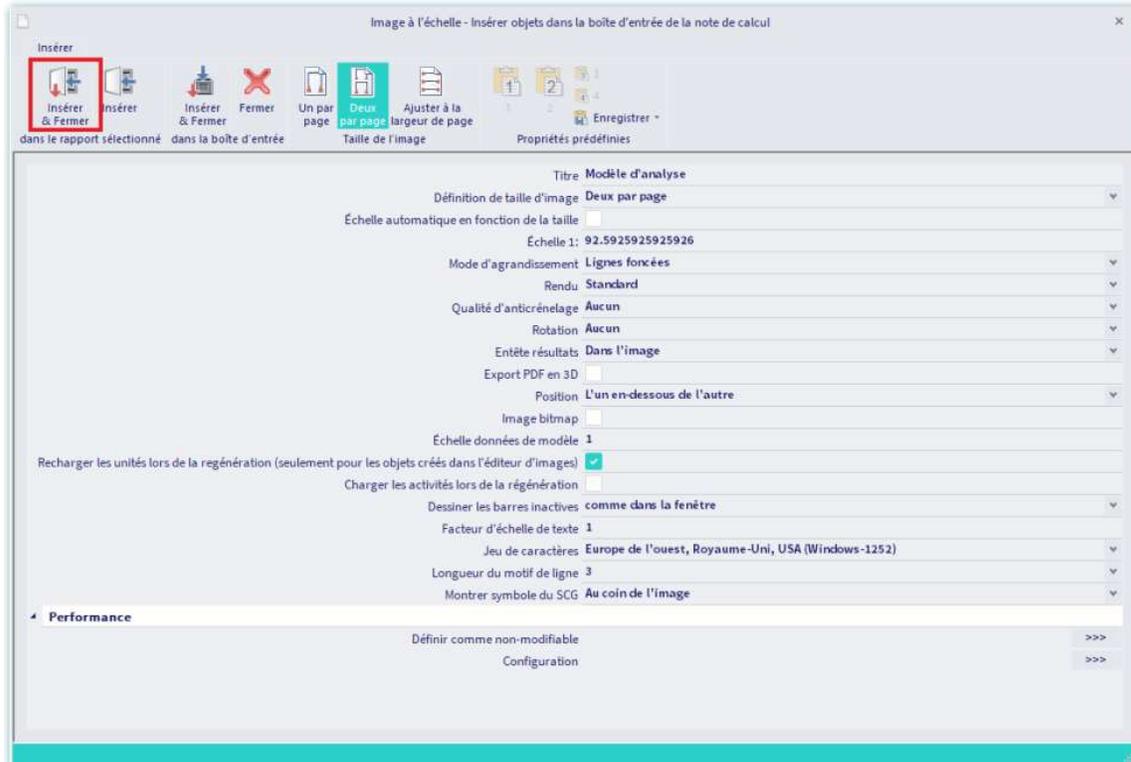
Vous pouvez également ajouter des images à la note de calcul. Différentes méthodes sont possibles pour insérer ces éléments. Nous allons vous les expliquer dans ce chapitre.

### 8.3.1. Copie d'écran ou images live

Comme premières options d'insertion d'images dans la note, vous pouvez utiliser les commandes « **Capture d'écran vers rapport** », « **Image en direct à l'échelle du rapport** » et « **Image en direct vers rapport** ». Ces commandes vous permettent d'envoyer les images du modèle dans la note de calcul, elles sont accessibles par un clic droit dans SCIA Engineer.

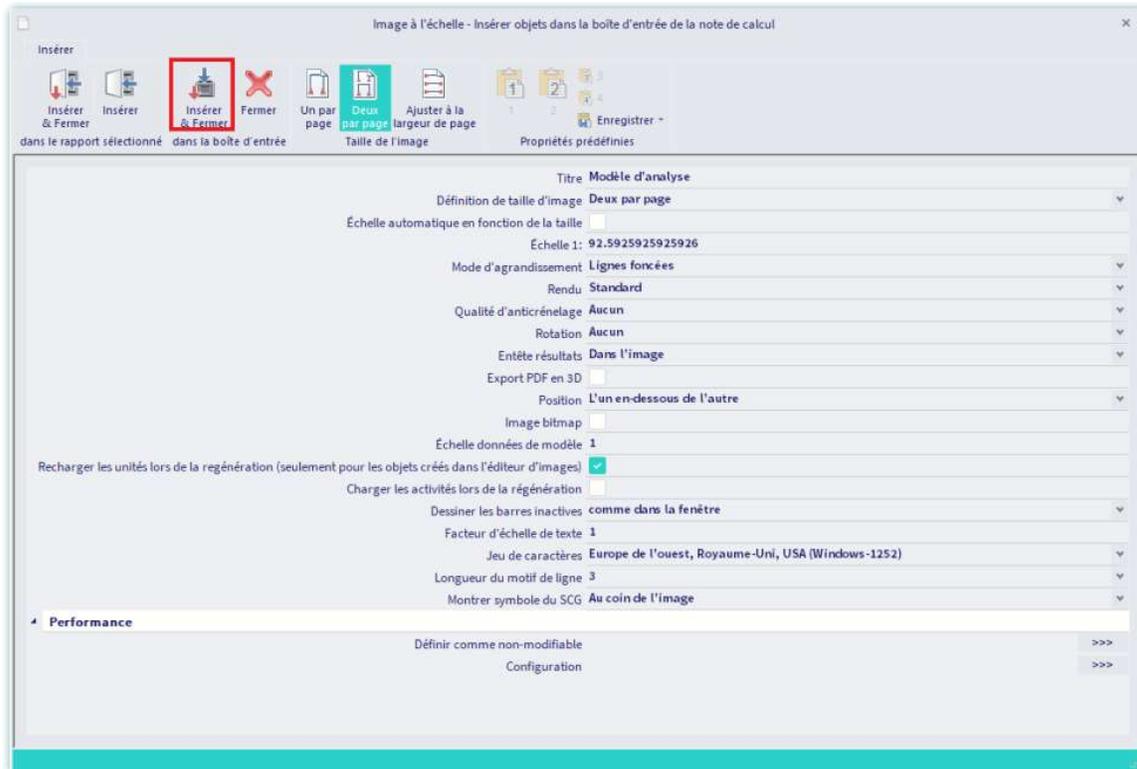


Toutefois, il est important que vous connaissiez les différences entre ces méthodes. Une copie d'écran est une image fixe, ce qui signifie qu'elle ne sera **pas** mise à jour si la structure est modifiée. Les images live par contre seront mises à jour dans le cas d'une modification de la structure. Vous pouvez ajouter l'image dans la note en cliquant sur « Insérer et fermer ».



### 8.3.2. Boîte d’entrée (Inbox)

Vous pouvez envoyer des images live ou des copies d’écran dans la « **Boîte d’entrée** » du rapport plutôt que de les insérer immédiatement dans la note de calcul. Cette option vous permet d’insérer les images générées dans la note lors d’une prochaine étape. Pour les visualiser dans la boîte d’entrée, vous devez choisir la commande « **Insérer et fermer** » de la partie « **Dans la boîte d’entrée** ».



### 8.3.3. Galerie d’images

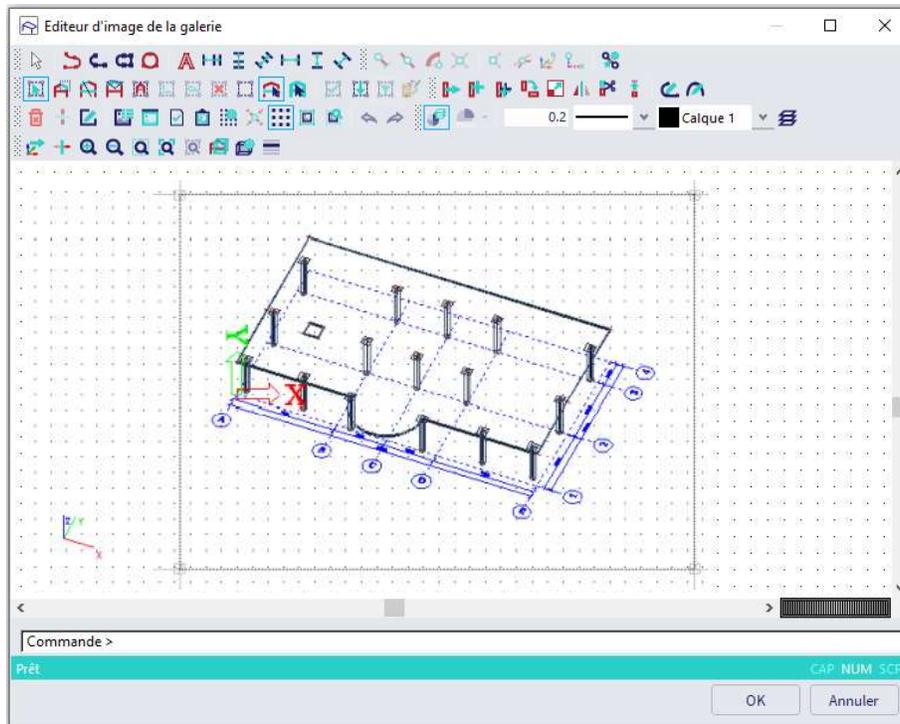
Vous pouvez également envoyer des images, générées dans l’espace de modélisation, dans la galerie d’images. Cette option vous permet d’éditer l’image générée sans ajouter de données – comme par exemple les cotations – au modèle. Vous pouvez accéder à la galerie d’images par le menu principal « Bibliothèque ».



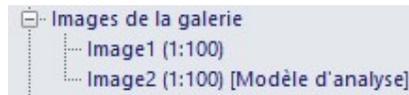
Vous pouvez envoyer une image dans la galerie d'images par un clic droit dans la zone graphique et en sélectionnant « **Image vers la galerie** ».



Comme mentionné précédemment, vous pouvez modifier l'image dans la galerie sans ajouter de données au modèle dans l'espace de modélisation. Pour modifier l'image, vous devez cliquer sur l'option « **Modifier** » ou sur « **Edition** » dans la galerie.

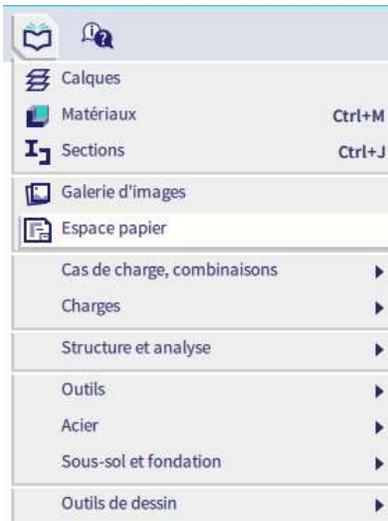


Vous pouvez ajouter des images depuis la galerie à la note de calcul en sélectionnant l'élément disponible dans les « **Images de la galerie** » :

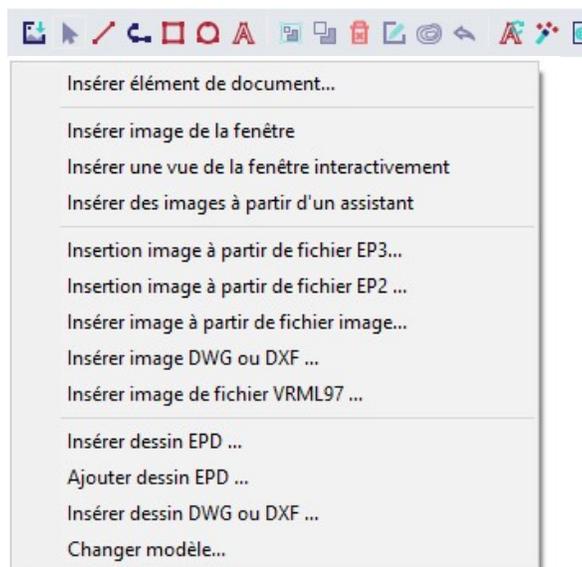


### 8.3.4. Espace papier

Vous trouverez l'espace papier dans le menu principal « Bibliothèque ». L'espace papier vous permet de créer une vue en plan du modèle.



Après avoir créé un nouveau plan dans l'espace papier, vous pouvez ajouter plusieurs éléments en appliquant les options suivantes :

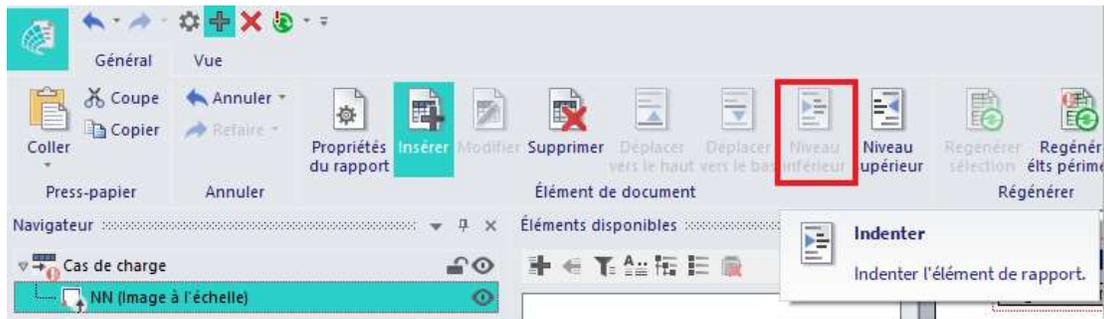


### 8.3.5. Générer les images

Pour créer des images avec les résultats du calcul, vous avez deux possibilités : utiliser le raccourci d'indentation « **Niveau inférieur** » ou bien ajouter le « **Générateur d'images de résultats** ». Les deux options sont explicitées ci-après.

#### **Indentations**

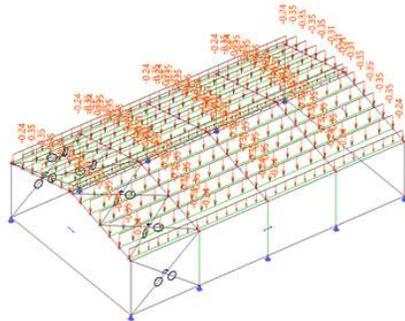
Lors de la composition de la note, vous pouvez lancer la commande « Indenter ». En indentant un tableau ou une image sous un élément, SCIA reconnaît automatiquement les relations entre ces éléments et génère la sortie en fonction de ces paramètres. Les captures d'écran ci-dessous présentent une représentation graphique d'images indentées sous un cas de charges.



1.3. Cas de charge - NN

Nom	Description	Type d'action	Groupe de charges	Durée	Cas de charge maître
NN	NN Spéc Standard	Type de charge Variable Statique	LG3	Brève	Aucun

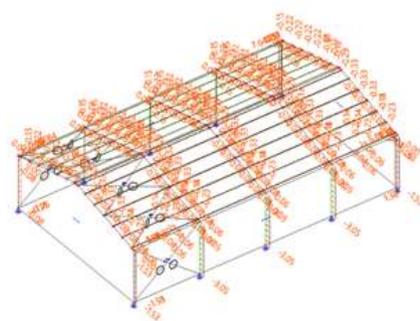
1.3.1. NN / Valeur totale



1.4. Cas de charge - 3DWind10

Nom	Description	Type d'action	Groupe de charges	Cas de charge maître
3DWind10	180. + CPE + CP1 Spéc Vent statique	Type de charge Variable Statique	LG4	Aucun

1.4.1. NN / Valeur totale



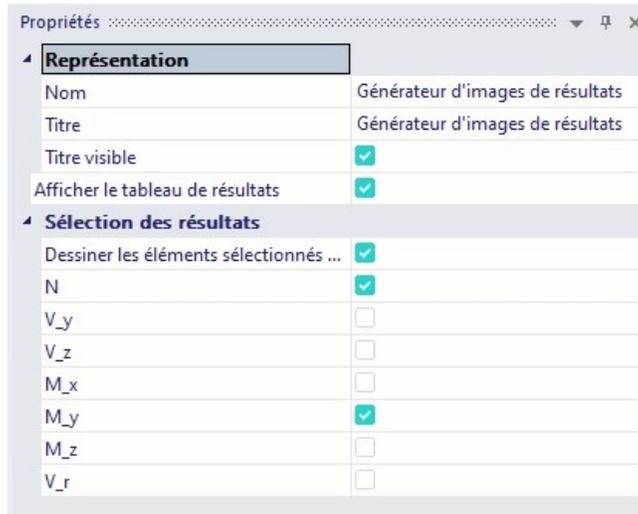
#### **Générateur d'images de résultats**

Le générateur d'images de résultats est un élément que vous pouvez trouver dans les « **Éléments spéciaux** ». Cet élément nécessite un tableau de résultat indenté et une image live indentée.

Le générateur d'images de résultats :

- Prend l'information de résultats depuis le tableau de résultats,
- Prend le point de vue de l'image,
- Affiche les paramètres de résultats dans ses propriétés.

Vous pouvez définir dans la fenêtre de propriétés du générateur quels résultats doivent être présentés sur l'image. Dans l'exemple suivant, les images pour les résultats « N », « M<sub>x</sub> » et « M<sub>y</sub> » seront générées.



## 2. Générateur d'images de résultats

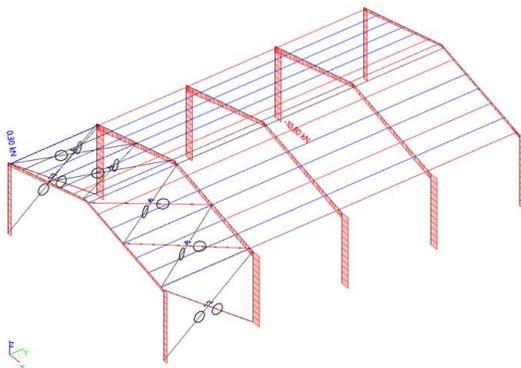
### 2.1. Efforts internes 1D

Calcul linéaire  
 Cas de charge: NN  
 Système de coordonnées: Principal  
 Extrême 1D: Global  
 Sélection: Tout

Nom	dx [m]	Cas	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B13	0.000	NN	<b>-10.80</b>	0.00	-4.04	0.00	0.00	0.00
B21	0.000	NN	<b>0.30</b>	-0.15	0.59	0.00	0.00	0.00
B22	0.000	NN	-0.05	<b>-0.21</b>	0.85	0.00	0.00	0.00
B22	5.000	NN	-0.05	<b>0.21</b>	-0.85	0.00	0.00	0.00
B16	5.985+	NN	-6.54	0.00	<b>-9.50</b>	0.00	-14.28	0.00
B15	0.000	NN	-6.54	0.00	<b>9.50</b>	0.00	-16.18	0.00
B20	0.000	NN	-1.99	0.00	0.50	<b>0.00</b>	4.94	-0.01
B3	0.000	NN	-3.27	-0.18	4.75	<b>0.00</b>	-8.10	0.00
B9	4.000	NN	-10.80	0.00	-4.05	<b>0.00</b>	<b>-16.18</b>	0.00
B10	4.000	NN	-10.80	0.00	4.05	0.00	<b>16.18</b>	0.00
B22	2.333	NN	-0.05	-0.01	0.06	0.00	1.05	<b>-0.26</b>
B29	2.333	NN	-0.05	0.01	0.06	0.00	1.05	<b>0.26</b>

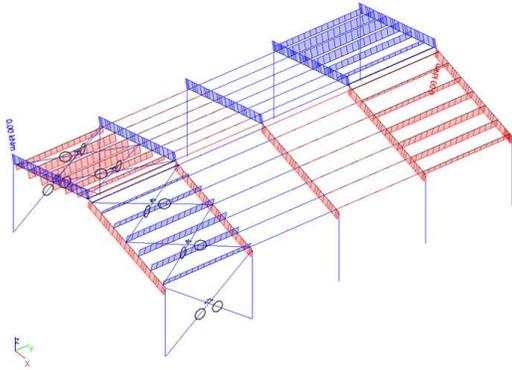
### 2.2. Efforts internes 1D; N - N

Valeur: N  
 Calcul linéaire  
 Cas de charge: NN  
 Système de coordonnées: Principal  
 Extrême 1D: Global  
 Sélection: Tout



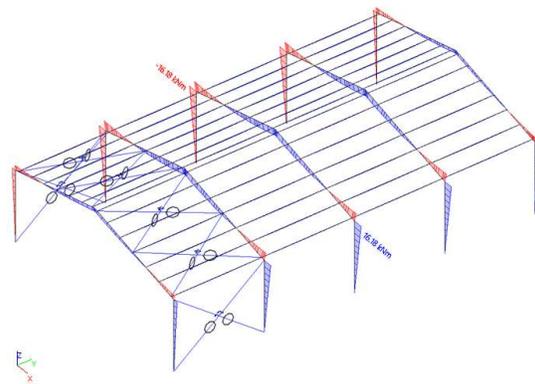
### 2.3. Efforts internes 1D; N - M\_x

Valeur:  $M_x$   
Calcul linéaire  
Cas de charge: NN  
Système de coordonnées: Principal  
Extrême 1D: Global  
Sélection: Tout



### 2.4. Efforts internes 1D; N - M\_y

Valeur:  $M_y$   
Calcul linéaire  
Cas de charge: NN  
Système de coordonnées: Principal  
Extrême 1D: Global  
Sélection: Tout



## 8.4. Gestion de la note

### 8.4.1. Gabarit de notes

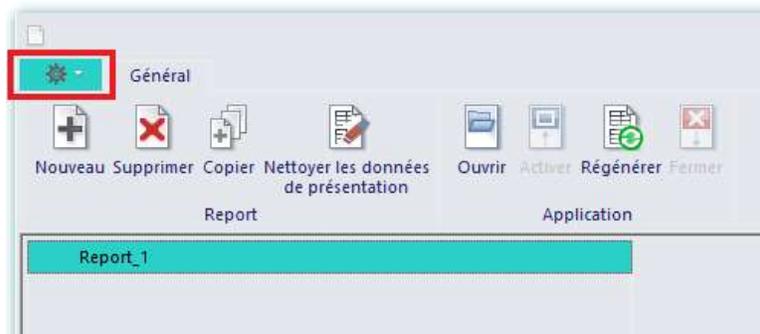
Vous pouvez sauvegarder une certaine mise en page de la note comme modèle. Dès que vous avez sauvegardés ce modèle, Vous pouvez l'importer dans un projet. La note de calcul générera automatiquement tous les éléments du modèle en fonction du nouveau projet.

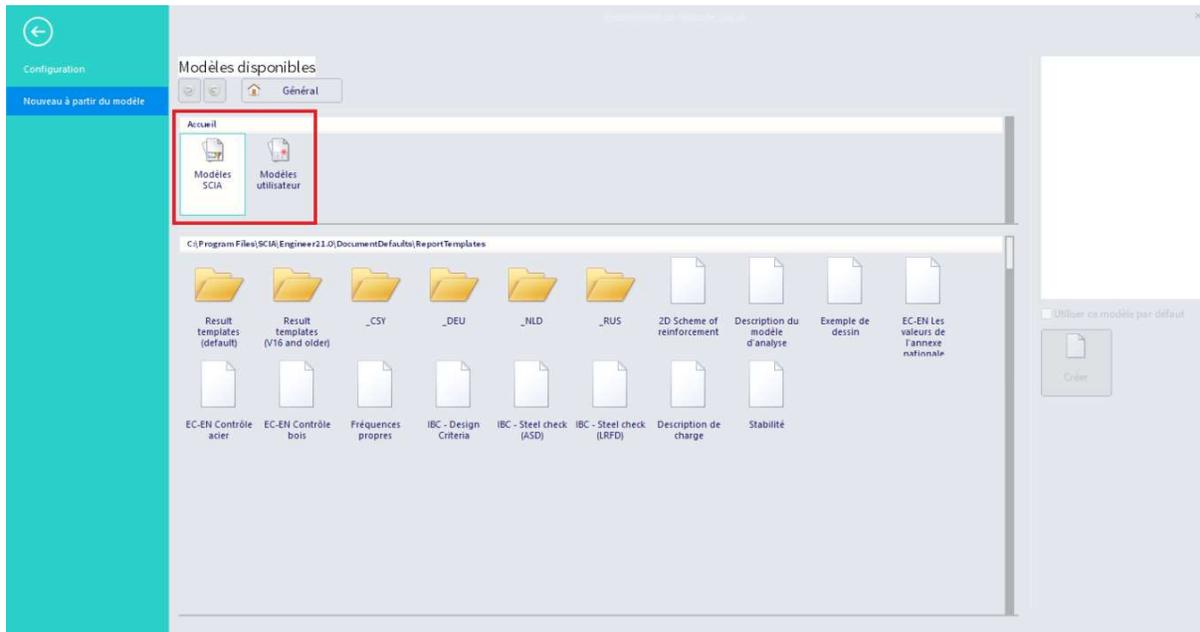
Vous pouvez sauvegarder la mise en page en cliquant sur l'icône symbole de SCIA Engineer puis sur « **Enregistrer comme modèle** ».



**Note : il est recommandé d'enregistrer le modèle dans le dossier suggéré par SCIA. Cela permet au logiciel d'appliquer facilement le gabarit à vos futurs projets.**

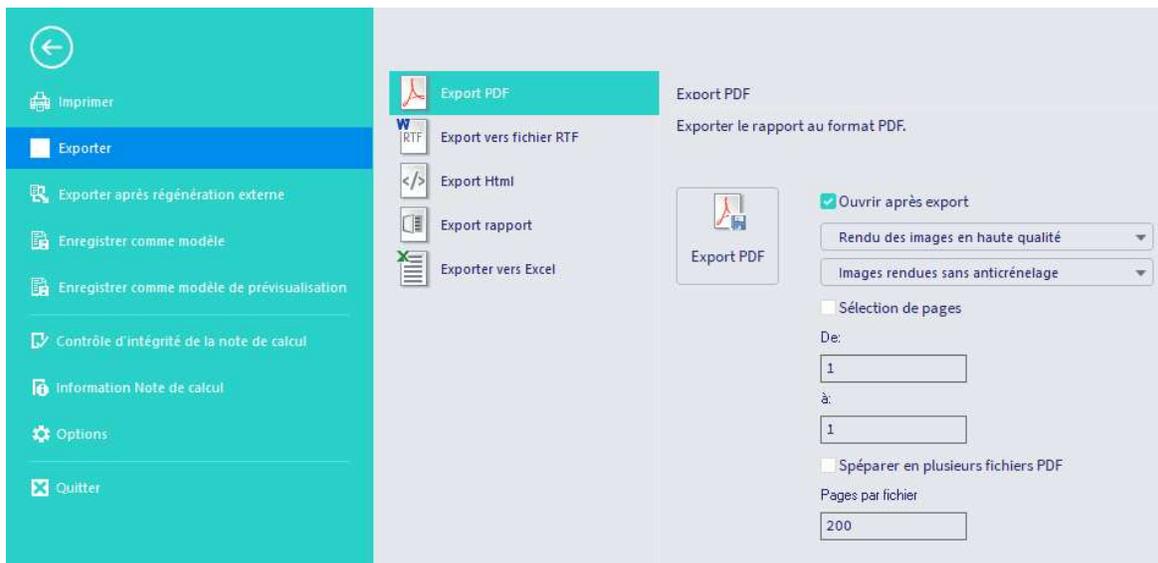
Le gestionnaire de notes de calcul vous permet de créer une note selon un gabarit prédéfini par SCIA Engineer ou bien selon un modèle défini par un utilisateur. C'est ce qui est présenté dans les captures d'écran ci-dessous.





### 8.4.2. Export

Vous pouvez également exporter la note de calcul dans plusieurs formats. Ces formats sont affichés dans l'image suivante. Vous trouverez ces paramètres d'export en cliquant sur l'icône symbole de SCIA Engineer, puis sur « **Exporter** ».



### 8.4.3. Impression

Vous pouvez imprimer la note de calcul en cliquant sur l'icône symbole de SCIA Engineer, puis sur « **Imprimer** », comme dans l'image ci-dessous.

