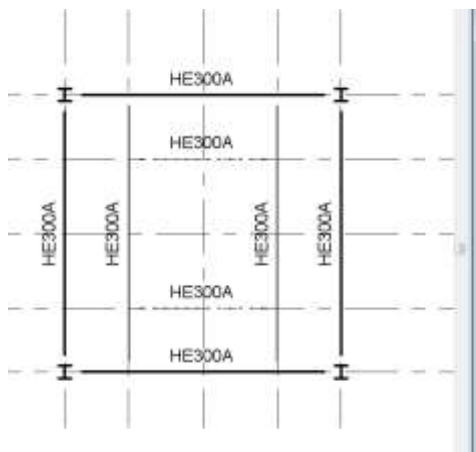


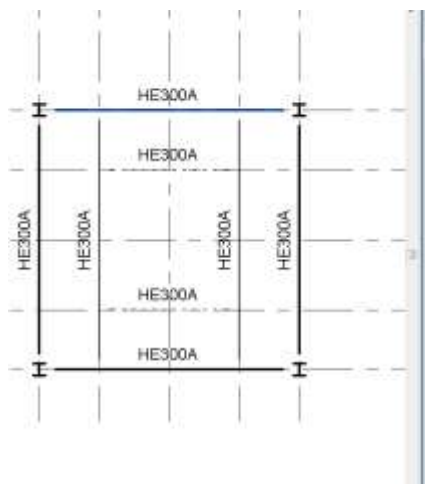
**INTEROPERABILITE REVIT - ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS
DIMENSIONNEMENT D'UNE STRUCTURE METALLIQUE**

Ouvrir le fichier **SILO.rvt**

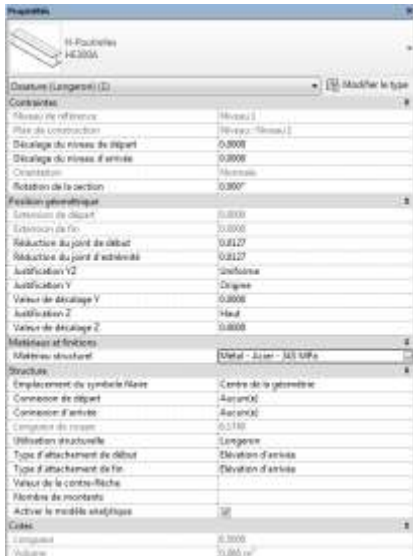
Il s'agit d'une structure métallique d'un silo de ciment.



Structure du silo modélisé à l'aide de REVIT s'affiche



Sélectionner la poutre en haut de la structure.



Dans la fenêtre **Propriétés**, on remarque dans la ligne **Matériau structurel** qu'un acier *345 Mpa* est défini.

Sélectionner l'icone



La fenêtre **Navigateur de matériaux** s'affiche.



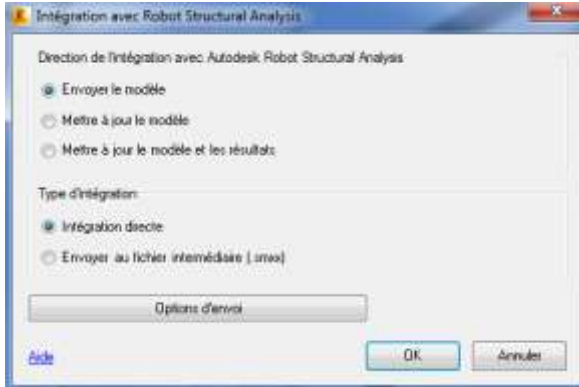
Sélectionner **Métal - Acier** puis **OK**

Faire de même pour l'ensemble des profils de la structure par une sélection multiple

Remarque: les propriétés de l'acier seront définies dans Robot Structural Analysis.



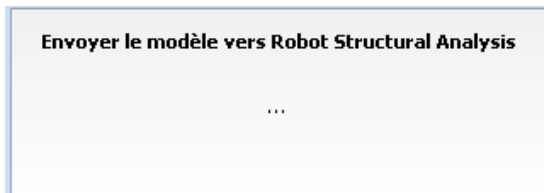
Dans l'onglet **Analyser**, sélectionner le menu déroulant **Structure** puis le menu déroulant **Robot Structural Analysis** puis **Intégration avec Robot Structural Analysis**



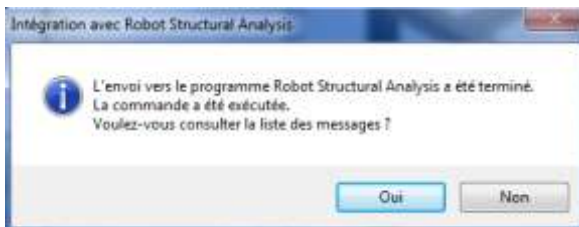
la fenêtre **Intégration avec Robot Structural Analysis** s'affiche.

Dans le chapitre **Direction de l'intégration avec Autodesk Robot Structural Analysis**, vérifier qu'est coché **Envoyer le modèle**.

Puis **OK**

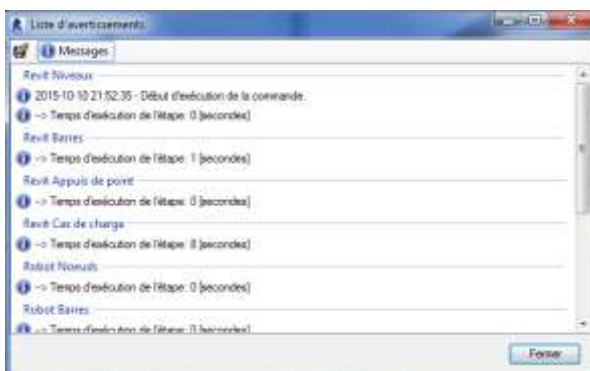


Le modèle est envoyé vers Robot Structural Analysis



La fenêtre **Intégration avec Robot Structural Analysis** demande si vous voulez consulter les messages

Indiquer **Oui**, ceux-ci permettent de vérifier les éventuels problèmes



Sélectionner **Fermer**

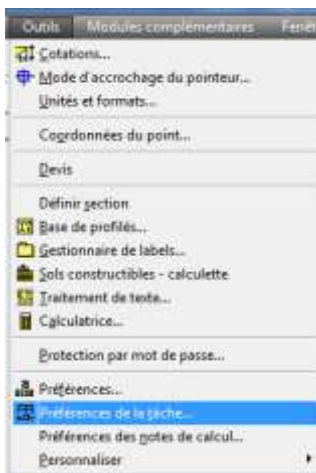


Ouvrir **Robot Structural Analysis**

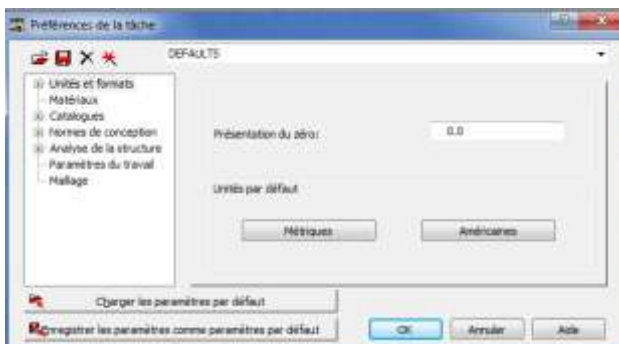


L'interface s'affiche avec le modèle analytique du silo

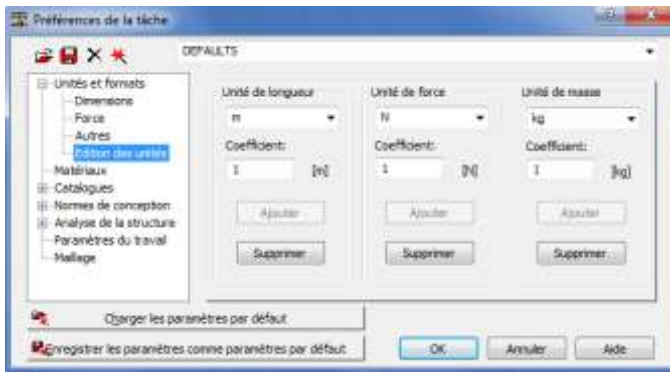
Définition des normes de calculs



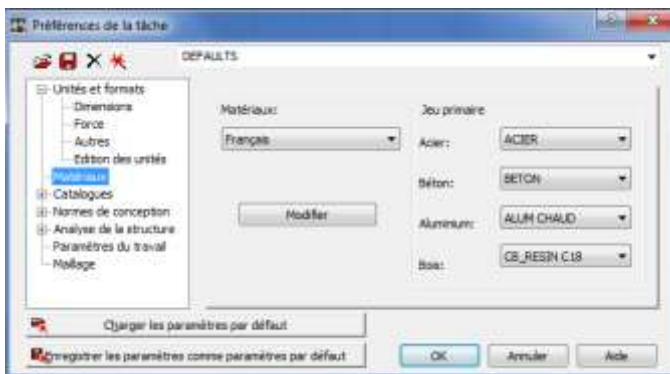
Dans l'onglet **Outils**, sélectionner **Préférence de la tâche...**



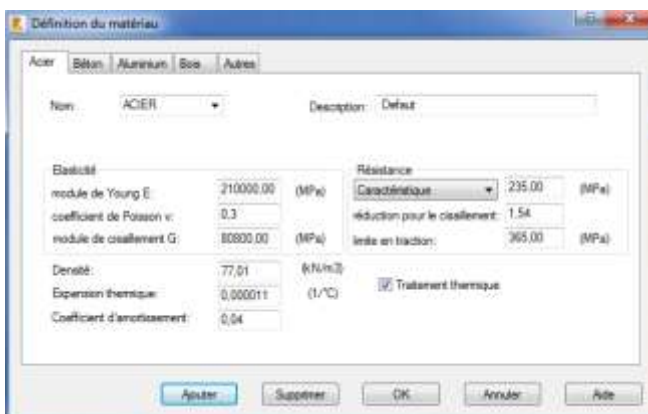
La fenêtre **Préférences de la tâche** s'affiche, avec les paramètres par défauts



Vérifier les unités



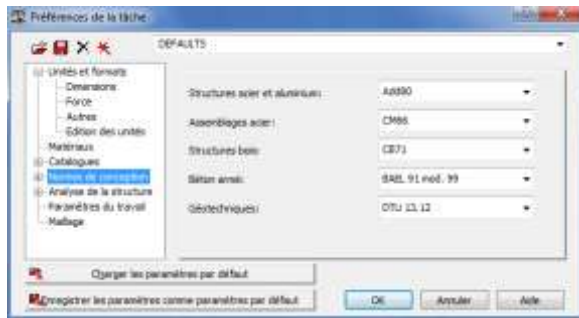
Et les matériaux



Sélectionner **Modifier**
Vérifier que les caractéristique définie correspondre à un acier S235 puis **OK**



Vérifier que le catalogue des profilés acier est bien celui de l'OTUA



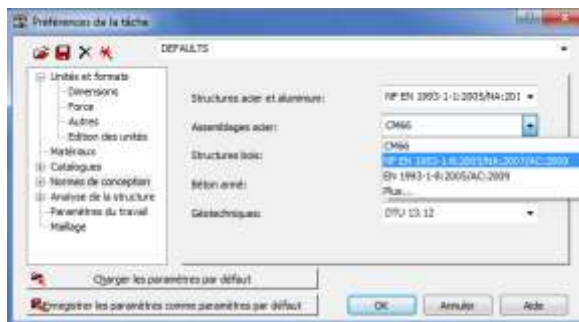
Sélectionner **Normes de conception**.

Par défaut, les normes sont encore les anciens règlements.



Pour Structures acier et aluminium, sélectionner : **NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009**

Ce règlement correspond à la prise en compte de : - l'Eurocode 3 NF EN 1993-1-1 Octobre 2005 (P 22-311-1) - l'Annexe Nationale Française NF EN 1993-1-1/NA Mai 2007 (P 22-311-1/NA) - du « corrigendum » EN 1993-1-1:2005/AC:2009



Pour assemblages acier, sélectionner :

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009

Ce règlement correspond à la prise en compte de : - l'Eurocode 3 NF EN 1993-1-8 Décembre 2005 (P 22-318-1) - l'Annexe Nationale Française NF EN 1993-1-8/NA Juillet 2007 (P 22-318-1/NA) - du « corrigendum » EN 1993-1-8:2005/AC:2005

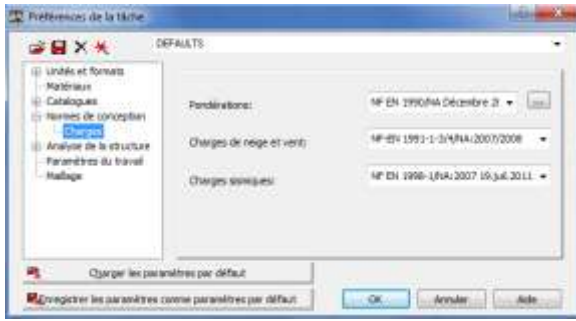
Puis **OK**

Pour info

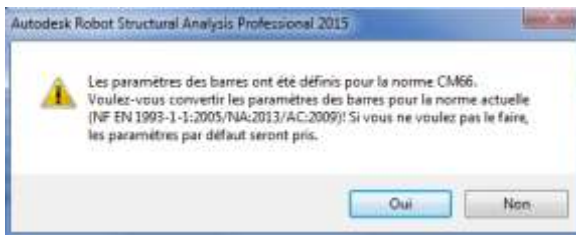
Structures bois : NF EN 1995-1:2005/NA:2007/A1:2008 Ce règlement correspond à la prise en compte de : - l'Eurocode 5 NF EN 1995-1-1 Novembre 2005 (P 21-711-1) - l'Annexe Nationale Française NF EN 1995-1-1/NA Avril 2007 (P 21-711-1/NA) - l'amendement NF EN 1995-1-1/A1 Octobre 2008 (P 21-711-1/A1)

Béton armé : NF EN 1992-1-1/NA:2007 Ce règlement correspond à la prise en compte de : - l'Eurocode 2 NF EN 1992-1-1 Octobre 2005 (P 18-711-1) - l'Annexe Nationale Française NF EN 1992-1-1/NA Mars 2007 (P 18-711-1/NA)

Géotechniques : EN 1997-1 :2008 Ce règlement correspond à la prise en compte de l'Eurocode 7 NF EN 1997-1 Juin 2005 (P 94-251-1). Ce règlement est utilisé pour le dimensionnement des semelles en béton armé.

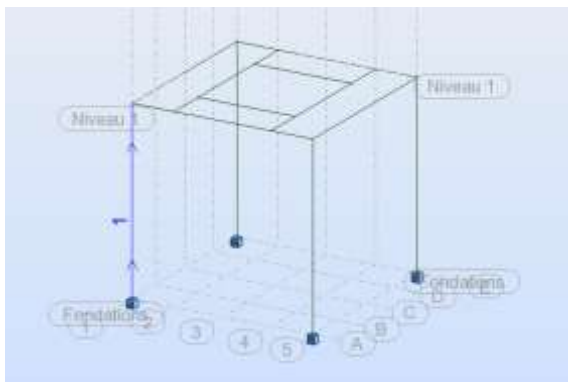


Développer la ligne **Normes et conception**, puis sélectionner **Charges**. Définir les **Pondérations**, les **Charges de neige et vent** ainsi que les **Charges sismiques** aux Eurocodes.



La fenêtre **Autodesk Robot Structural Analysis Professional** s'affiche. Valider par **Oui** la prise en compte des nouveaux paramètres.

VERIFICATION DES BARRES IMPORTEES



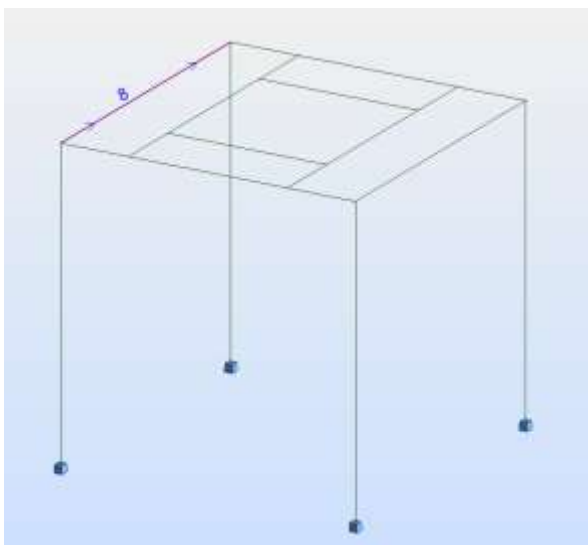
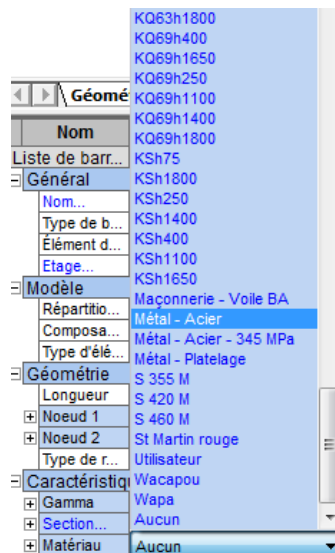
Sélectionner le poteau en bas à gauche

| Nom | Valeur | Unité |
|-------------------------|----------------|-------|
| Liste de barr... | 1 | |
| Général | | |
| Nom... | _1 | |
| Type de b... | Aucun | |
| Élément d... | Poteau | |
| Étage... | | |
| Modèle | | |
| Répartitio... | ndre en compte | |
| Composa... | 1 | |
| Type d'élé... | de poutre | |
| Géométrie | | |
| Longueur | 6,50 | [m] |
| ⊕ Noeud 1 | 3 | |
| ⊕ Noeud 2 | 5 | |
| Type de r... | cartésien | |
| Caractéristiques | | |
| ⊕ Gamma | -90,0 | [Deg] |
| ⊕ Section... | HE300A | |
| ⊕ Matériau | Aucun | |
| Relâchem... | Aucun | |
| Excentre... | Aucun | |
| Sol élastiq... | Aucun | |
| Jarret - ori... | | |
| Jarret - ex... | | |

La fenêtre **Barres** s'affiche avec les caractéristiques du poteau

On peut vérifier sa taille *6,50 m* et sa section: *HEA300*

On remarque que le matériaux n'est pas défini. Sélectionner le menu déroulant **Matériaux** puis choisir **Métal - acier**



Sélectionner la poutre entre les 2 poteaux de gauche et vérifier ses caractéristiques

Faire de même pour l'ensemble des barres

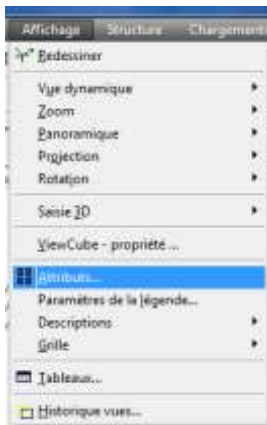
VERIFICATION DES ASSEMBLAGES

| Nom | Valeur | Unité |
|-------------------------|--------------------|-----------|
| Liste de barres | | |
| Général | | |
| Nom | | بار |
| Type de barre | | Aucun |
| Élément de construction | | Plaque |
| Étage | | |
| Modèle | | |
| Répartir par surfaces à | prendre en compte | |
| Composants | | 8 |
| Type d'élément | | de poutre |
| Géométrie | | |
| Longueur | 8.50 | [m] |
| Nœud 1 | | 8 |
| Nœud 2 | | 8 |
| Type de repère | | cartésien |
| Caractéristiques | | |
| Gamma | 0.0 | [Deg] |
| Section | HE 300A | 0.0 |
| Matériau | Metal - Acier | |
| Relâchements | Revit xxxxxx_Pened | 0.0 |
| Excentrement | | Aucun |
| Sol élastique | | Aucun |
| Jarret - origine | | 0.0 |
| Jarret - extrémité | | 0.0 |

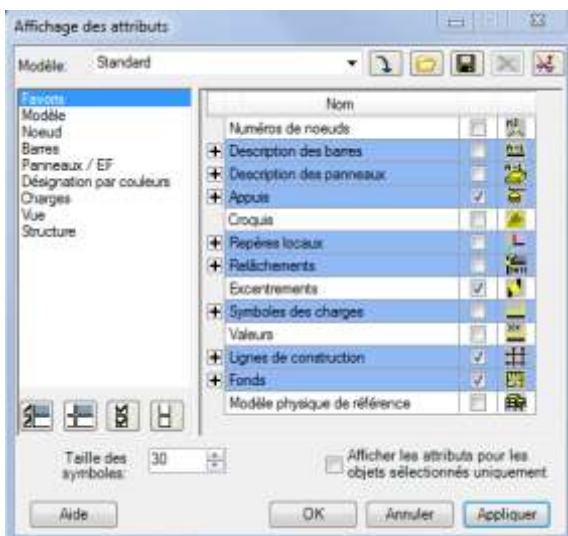
Sélectionner le menu déroulant dans la ligne **Relâchements...**

Le relâchement définis par défaut dans Revit et pris en compte.

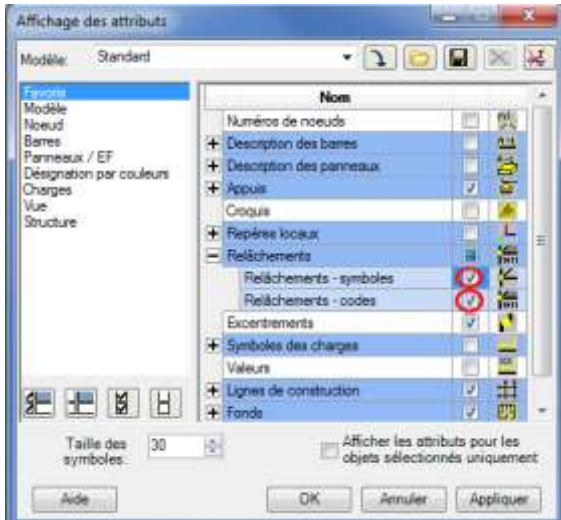
Mais il faut vérifier à quoi il correspond.



Dans l'onglet **Affichage**, sélectionner **Attributs...**



La fenêtre **Affichage des attributs** s'affiche

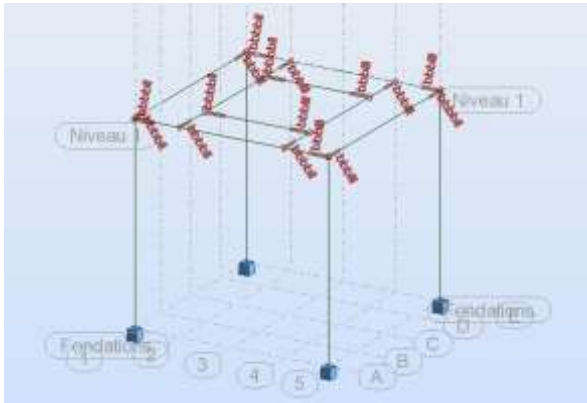


Dérouler la ligne **Relâchement** et cocher les cases

Relâchements- symbole

Relâchements- codes

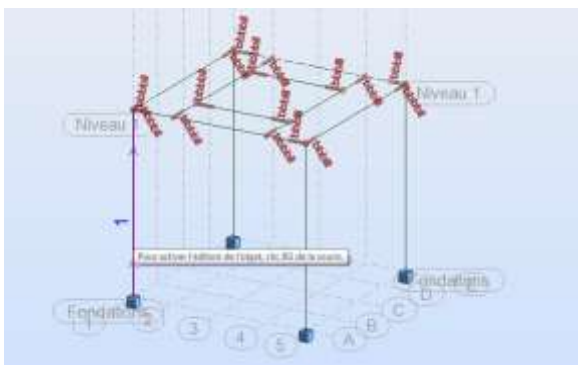
puis **Appliquer**



Le type de liaison s'affiche

bbblll, signifie 3 déplacement bloqués les 3 rotations libres, il s'agit bien d'une articulation.

Remarque: Les instabilités sont créées volontairement pour montrer l'interprétation des calculs de Robot



Sélectionner le poteau 1

Remarque: les flèches vont vers le haut

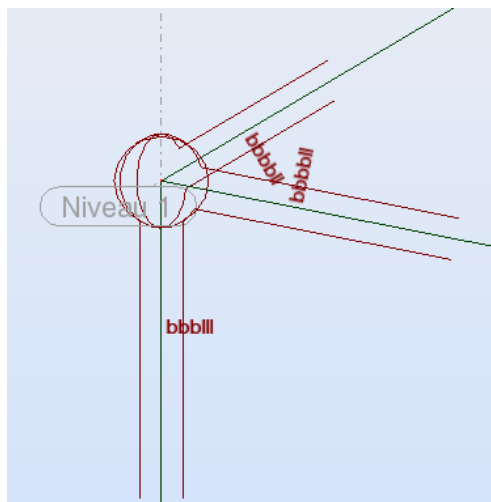
| Nom | Valeur | Unité |
|-------------------------------|--------|-------------------|
| Liste de barres | | |
| | 1 | |
| Général | | |
| Nom... | | _1 |
| Type de barre | | Aucun |
| Élément de construction | | Poteau |
| Étage... | | |
| Modèle | | |
| Répartition par surfaces d... | | prendre en compte |
| Composants | | 1 |
| Type d'élément | | de poutre |
| Géométrie | | |
| Longueur | | 6,50 [m] |
| ⊕ Noeud 1 | | 3 |
| ⊕ Noeud 2 | | 5 |
| Type de repère | | cartésien |
| Caractéristiques | | |
| ⊕ Gamma | | -90,0 [Deg] |
| ⊕ Section... | | HE300A |
| ⊕ Matériau | | Métal - Acier |
| Relâchements... | | Aucun |
| Excentrements... | | Aucun |
| Sol élastique... | | Aucun |
| Jarret - origine... | | |

Dans la fenêtre des caractéristiques, qu'aucune liaison est définie

Par défaut, il s'agit d'un encastrement

| Nom | Valeur | Unité |
|-------------------------------|--------|---------------------|
| Liste de barres | | |
| | 1 | |
| Général | | |
| Nom... | | _1 |
| Type de barre | | Aucun |
| Élément de construction | | Poteau |
| Étage... | | |
| Modèle | | |
| Répartition par surfaces d... | | prendre en compte |
| Composants | | 1 |
| Type d'élément | | de poutre |
| Géométrie | | |
| Longueur | | 6,50 [m] |
| ⊕ Noeud 1 | | 3 |
| ⊕ Noeud 2 | | 5 |
| Type de repère | | cartésien |
| Caractéristiques | | |
| ⊕ Gamma | | -90,0 [Deg] |
| ⊕ Section... | | HE300A |
| ⊕ Matériau | | Métal - Acier |
| Relâchements... | | Aucun |
| Excentrements... | | ART-ART |
| Sol élastique... | | ART-ENC |
| Jarret - origine... | | ENC-ART |
| Jarret - extrémité... | | Revit xxxfff-Pinned |
| | | Aucun |

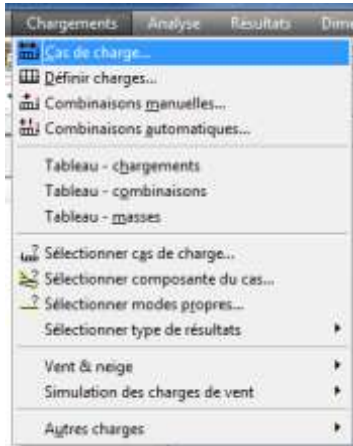
Sélectionner **ENC-ART** ce qui signifie dans le sens des flèches encastéré (en pied) articulé (en tête)



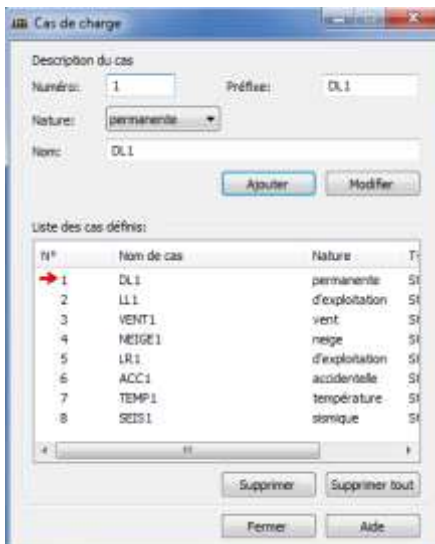
La liaison s'affiche en tête de poteau **bbblll**

Faire de même pour les 3 autres poteaux

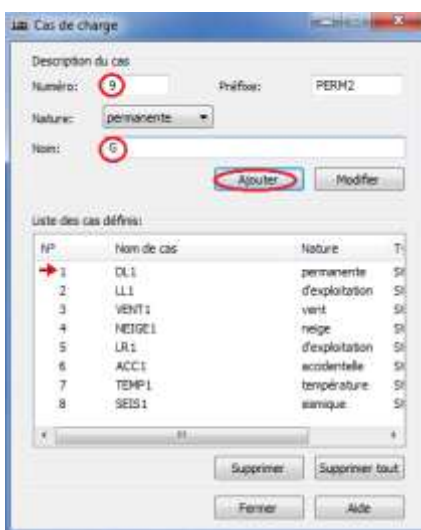
Pour une meilleur lisibilité, désactiver l'affichage des attributs

DEFINITION DES CHARGES

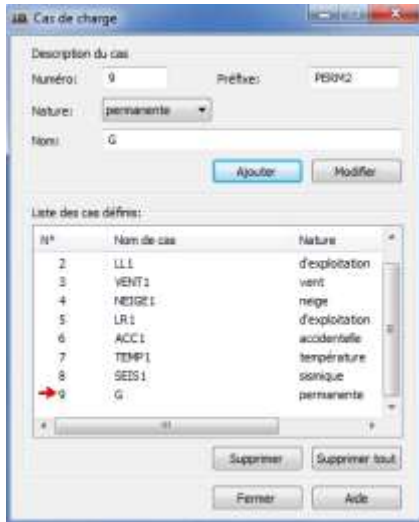
Dans l'onglet **Chargement**, sélectionner **Cas de charge...**



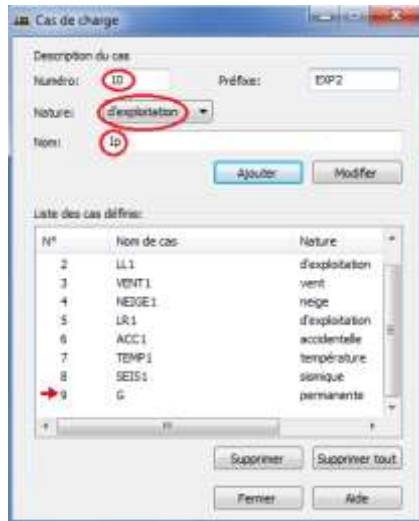
La fenêtre **Cas de charge** s'affiche



Définir une charge permanente **n°9** nommer **G** puis **Ajouter** la charge aux charges déjà définies.



La charge est ajoutée à la liste.

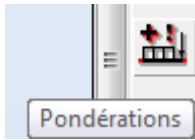


Définir une charge d'exploitation : ***Ip*** charge d'exploitation du plancher

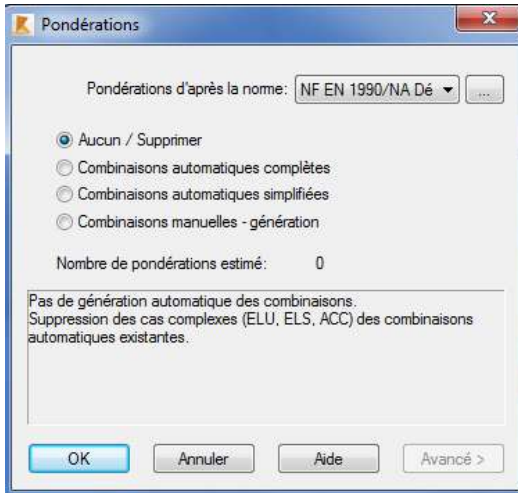


Ajouter une charge d'exploitation ***Is***: charge d'exploitation du silo

La liste contient 3 nouvelles charges.
Sélectionner **Fermer**



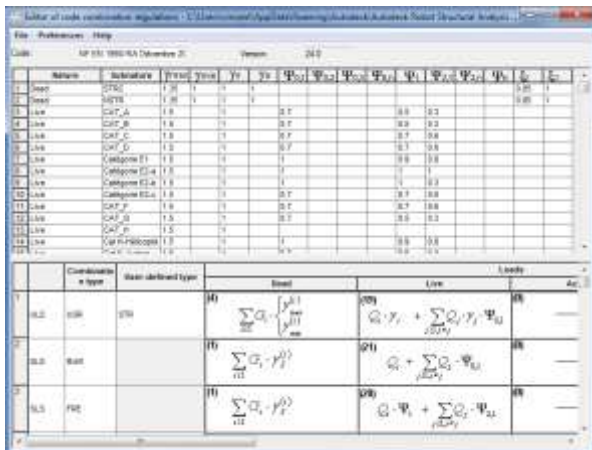
Sélectionner l'icone **Pondération**




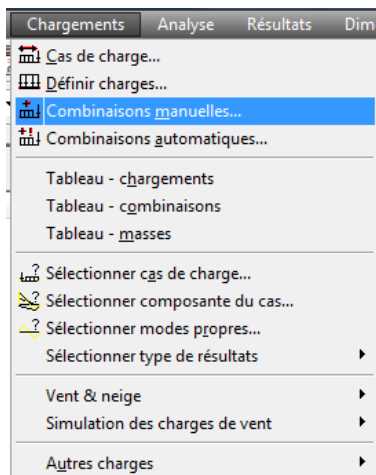
La fenêtre **Pondérations** s'affiche

Vérifier que le règlement défini est bien l'Eurocode

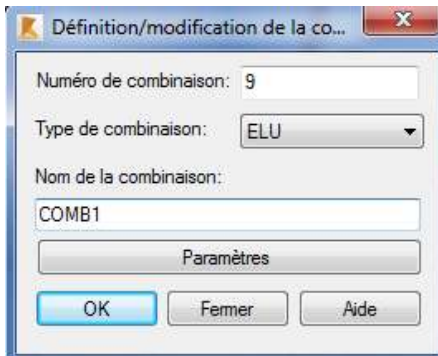
puis **OK**



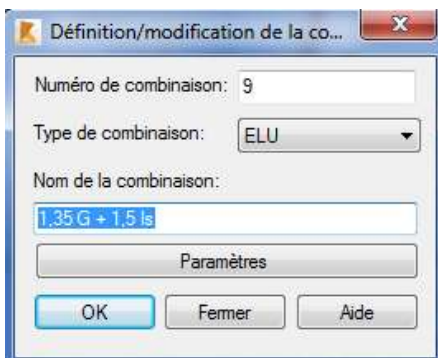
Remarque: en sélectionnant l'icone  à côté du règlement la fenêtre Editor of code combination regulations s'affiche: on peut vérifier que les combinaisons et les coefficients sont bien ceux de l'EC3



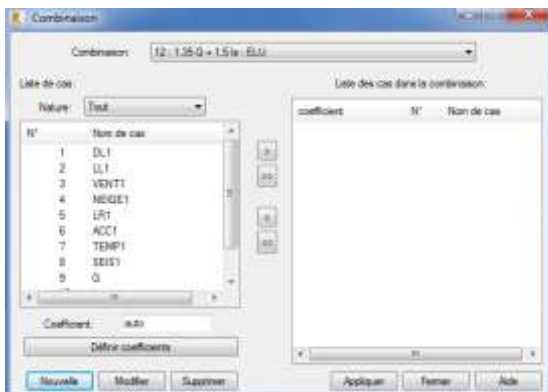
Dans l'onglet **Chargement**, sélectionner **Combinaison manuelles...**



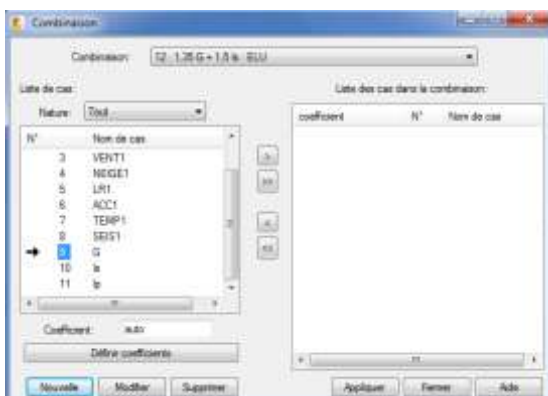
La fenêtre **Définition/modification de la combinaison** s'affiche



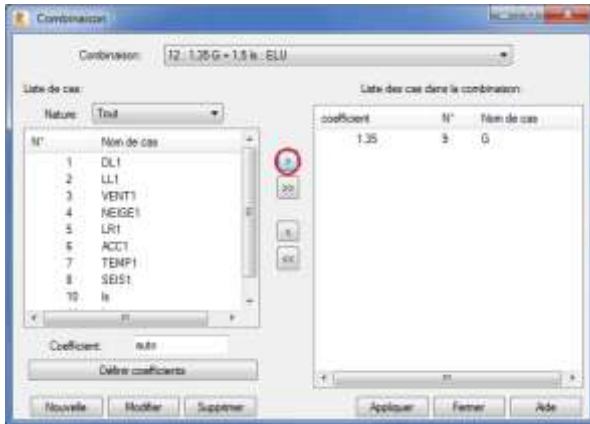
Vérifier que le Type de combinaison est l'**ELU** et nommer à **1,35 G + 1,5 IS** puis **OK**



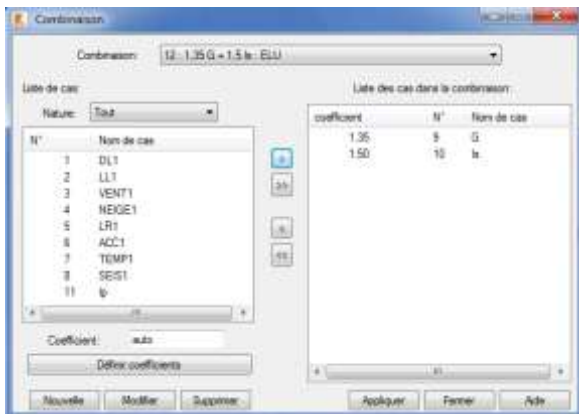
La fenêtre **Combinaison** s'affiche



Sélectionner le cas de chargement **G** (clic sur le numéro)



En cliquant sur la flèche d'export la charge est définie dans la combinaison avec son coefficient



sélectionner **Is**
En cliquant sur la flèche d'export la charge est définie dans la combinaison avec son coefficient

La combinaison est définie.

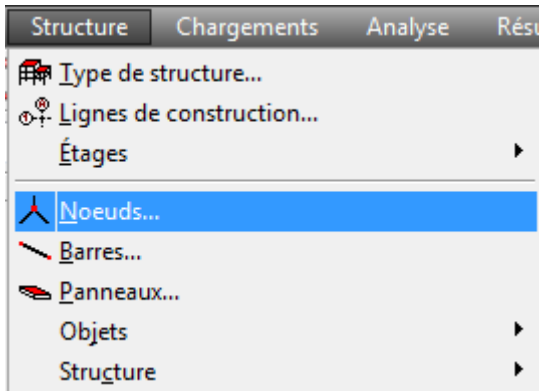
Sélectionner **Appliquer** pour valider votre combinaison

Définir l'ensemble des combinaisons nécessaire au projet

| à l'E.L.U | | à l'E.L.S |
|---|--|----------------------------|
| $1,35 G + 1,5 Ip$ | | $G + Ip$ |
| $1,35 G + 1,5 Is$ | | $G + Is$ |
| $1,35 G + 1,5 Is + 1,5 \cdot \Psi 0 \cdot Ip$ | | $G + Is + \Psi 0 \cdot Ip$ |

APPLICATION DES CHARGES

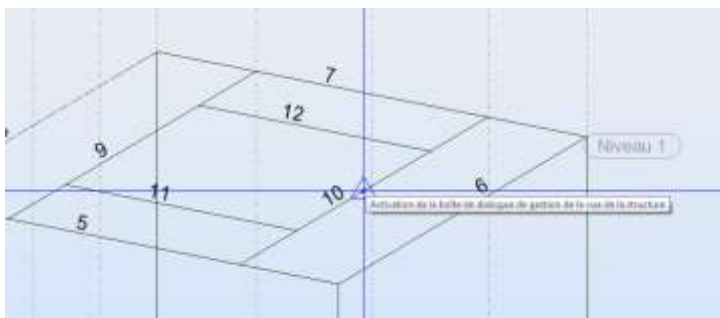
Pour appliquer des charges sur une barres, il faut définir un nœud a l'endroit de l'application. Dans notre cas, le silo repose sur le milieu des barres.



Dans l'onglet structure, sélectionner Nœuds



La fenêtre Nœuds s'affiche



Positionner le curseur au milieu de la barre 10 puis clic gauche.

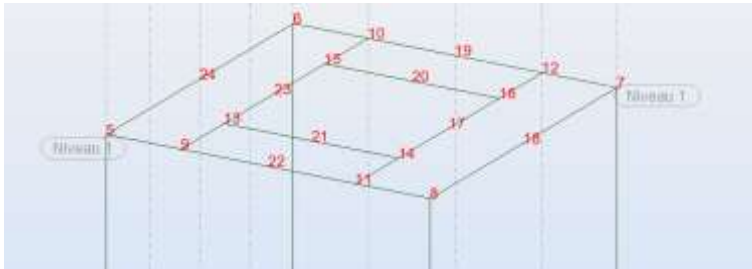
Le nœud est créé. Il est symbolisé par un petit point rouge.

Faire de même pour toutes les barres.

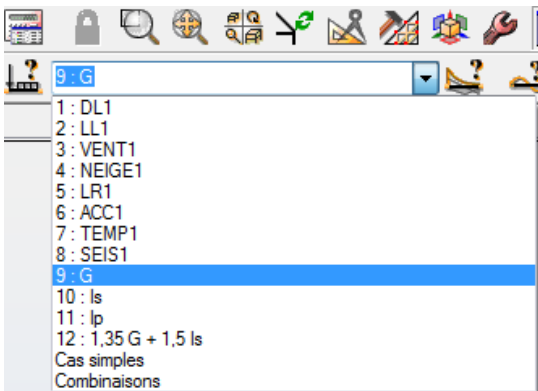
Remarques: la position de nœud au milieu des barres nous permettrons d'obtenir plus facilement certains résultats



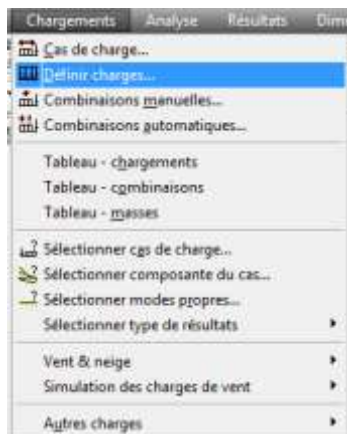
Pour vérifier la création des nœuds, sélectionner l'icône **Numéros des nœuds** en bas à gauche de la fenêtre.
 Cette barre d'outils permet aussi d'afficher plusieurs indication, notamment les charges.



Les nœuds sont bien créés au milieu des barres.



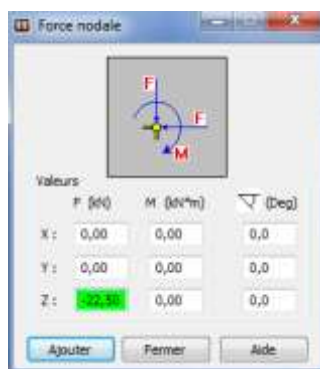
Dans le menu déroulant **Cas de charge**, sélectionner **G**



Dans l'onglet **Chargement**, sélectionner **Définir les charges**

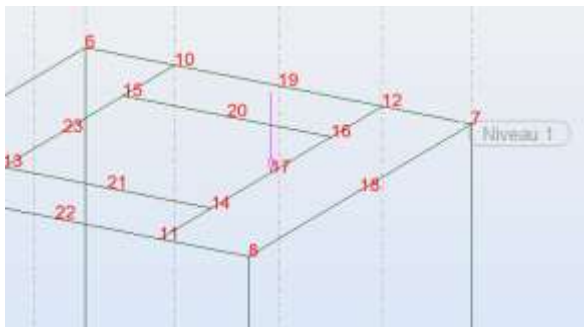


La fenêtre **Charge** s'affiche
Sélectionner l'icone **Force nodale**

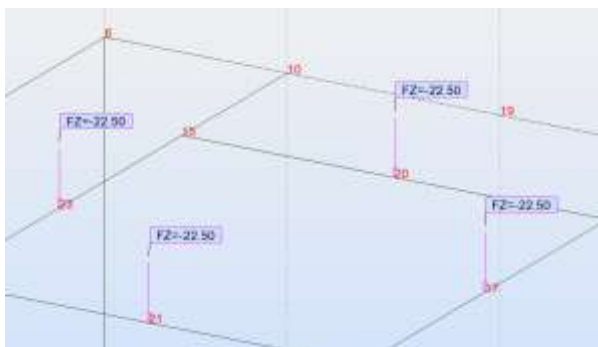


La fenêtre **Force nodale** s'affiche.

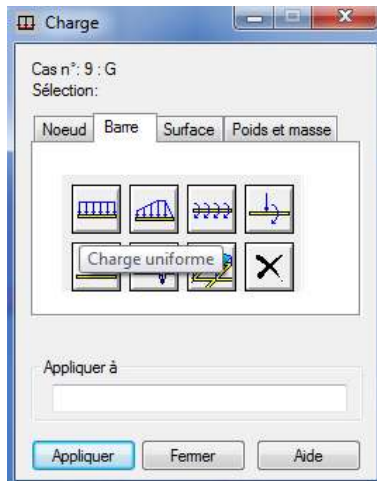
Indiquer **-22,5 kN** comme valeur (poids engendré par le silo) puis **Ajouter**



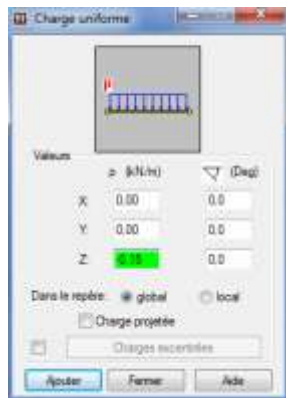
puis sélectionner le milieu de la barre **10**.
La force est positionnée



Les forces ponctuelles **G** sont définies



Dans la fenêtre **Charge** sélectionner l'onglet **Barre** puis l'icone **Charge uniforme**

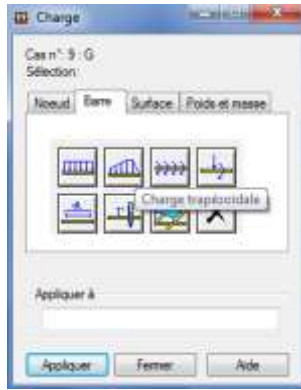


Indiquer **-0,15 kN/m** pour la valeur de la charge puis **Ajouter**



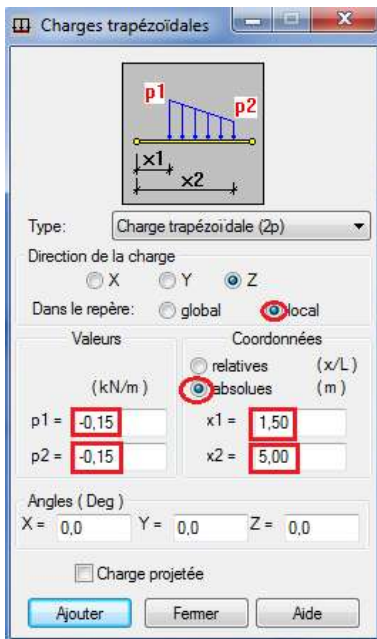
Sélectionner la barre **8**.

La charge est appliquée sur la barre



Les barres 5 et 7 ne reçoivent les charges du plancher uniquement entre les barres 9 et 10.

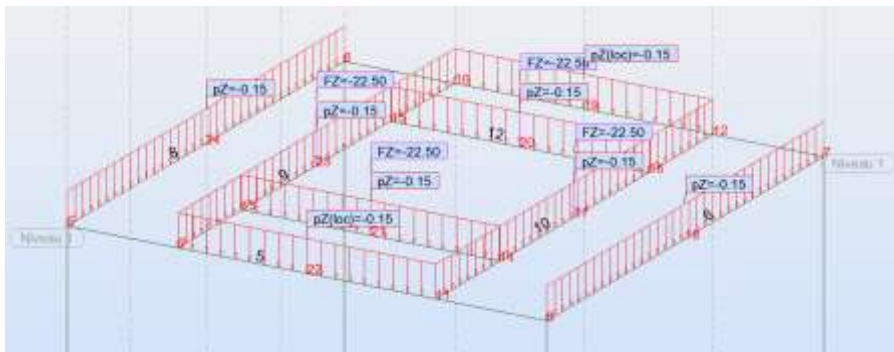
Sélectionner **Charge trapézoïdale**



La fenêtre **Charges trapézoïdales**
Sélectionner **local** pour **Dans le repère**
Indiquer la valeur **-0,15 kN/m** pour p1
et **-0,15 kN/m** pour p2
Sélectionner **absolues** pour les Coordonnées
Indiquer **x1 = 1,50 m** et **x2 = 5,00 m**

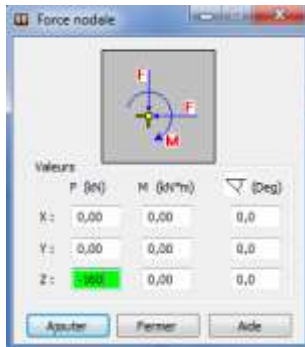
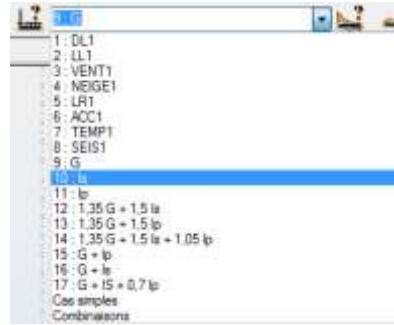
puis sélectionner **Ajouter**

Sélectionner la barre 5.
La charge est définie uniquement
entre les nœuds 9 et 11.

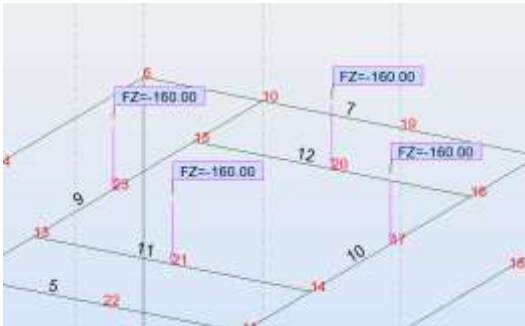


Définir l'ensemble des
charges permanentes
dus aux planchers
comme ci-contre.

Sélectionner la charge *Is* dans le menu déroulant **Cas de charge**



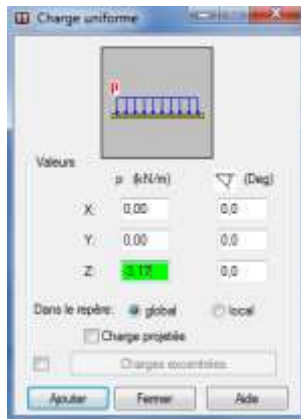
Définir comme vue précédemment la force nodale **-160 kN**



appliquez-la sur les nœuds **21, 23, 20, 17**.

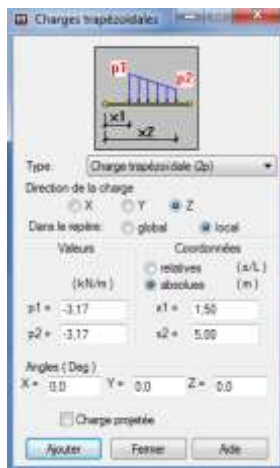


Sélectionner la charge *Ip* dans le menu déroulant **Cas de charge**



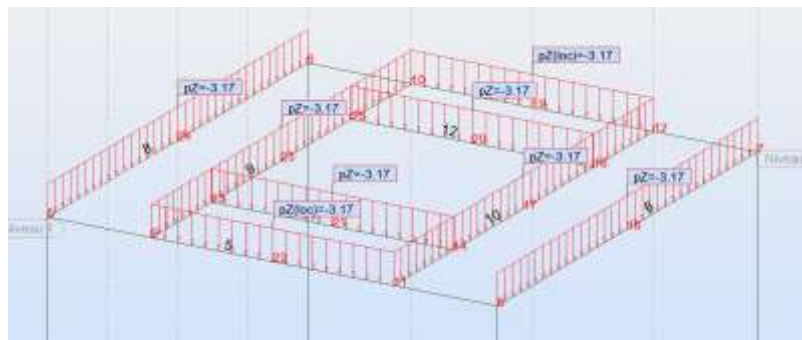
Définir une charge répartie de $-3,17 \text{ kN/m}$

Puis définir les charge comme ci-contre.

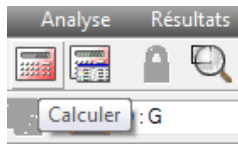


Définir une charge trapézoïdale d'une valeur $-3,17 \text{ kN/m}$ entre les nœuds 9 et 11

Les charges sont définies.

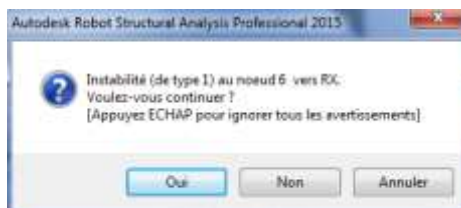
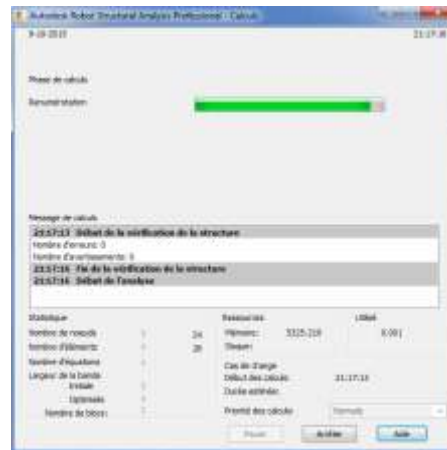


ANALYSE ET CALCULS



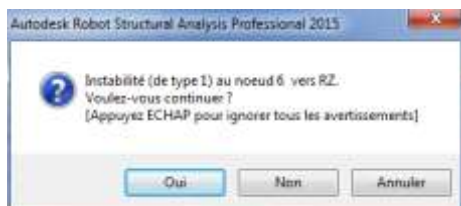
Sélectionner l'onglet **Calculer** pour lancer le calcul de la structure

La fenêtre Autodesk Robot Structural Analysis Professional- Calculs s'affiche et permet de visualiser l'avancé des calculs.



Un message informe de l'**instabilité au nœud 6 vers RX**

Sélectionner **Oui**

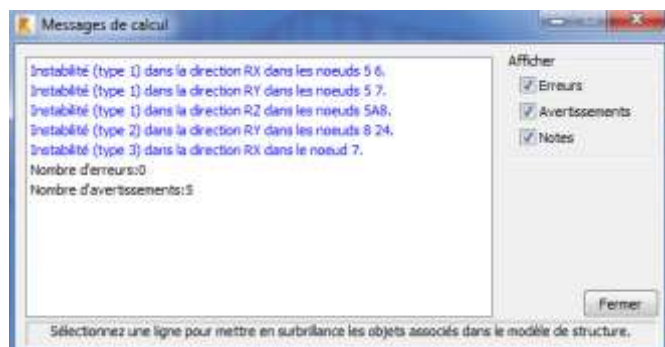


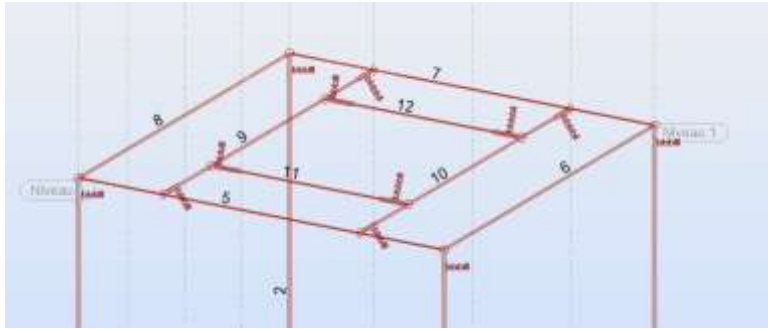
Un message informe de l'**instabilité au nœud 6 en RZ**

Vous pouvez visualiser l'ensemble des messages pour identifier les instabilités. Appuyez sur la touche **Echap** pour ignorer tous les avertissements

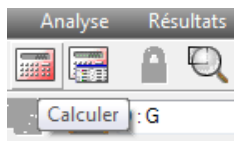
La fenêtre **Messages de calcul** s'affiche. Nous sommes informés de l'instabilité des nœuds en tête de poteaux.

Sélectionner **Fermer**



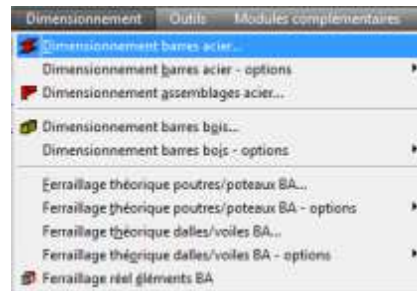


Comme vue précédemment, créer des liaisons d'encastremets pour rendre la structure stable.



Relancer le calcul pour vérifier la stabilité de la structure en sélectionnant l'icône **Calculer**

Dans l'onglet **Dimensionnement**, sélectionner **Dimensionnement barres acier...**



La fenêtre **Définitions** s'affiche en haut à droite.

Sélectionner l'onglet **Familles**

Part défaut, **1** s'affiche dans la ligne **Numéro** et **1** s'affiche dans **Nom de la famille**





Indiquer **1A4** pour la **Liste de pièces** et **poteau** pour le **Nom de la famille** puis **Enregistrer**.



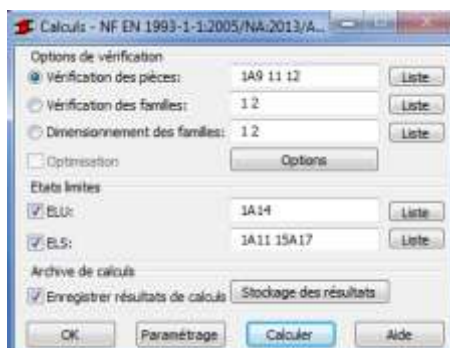
Sélectionner **Nouveau**

Le chiffre **2** s'affiche automatiquement dans **Numéro**

Indiquer **5A12** pour la **Liste des pièces** et **poutre** pour le **Nom de la famille** puis **Enregistrer**



Revenir dans l'onglet **Pièces**, vérifier que par exemple la pièce **4** est bien définie comme un **poteau** puis **OK**



Dans la fenêtre **Calculs**

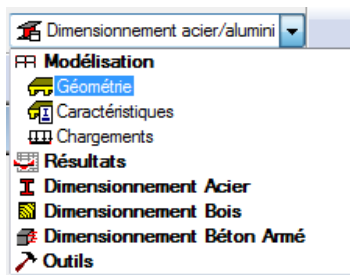
Options de vérification nous propose de vérifier des pièces ou des familles. Choisir **Vérification des pièces** (l'ensemble des pièces doivent s'afficher) puis sélectionner **Calculer**

Remarque: Les options concernant la vérifications des familles s'utilisent dans l'objectif d'avoir un seul profilé pour l'ensemble de la famille: ex solives

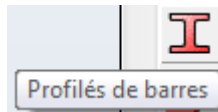
| Pièce | Profil | Matériau | Lay | Laz | Ratio | Cas | Ré |
|--------------|--------|---------------|-------|-------|-------|----------------------|----|
| 1 Poutre_1 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 0.21 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 2 Poutre_2 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 0.21 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 3 Poutre_3 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 0.21 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 4 Poutre_4 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 0.21 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 5 Poutre_5 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 1.75 | 14 1,35 G + 1,5 la = | X |
| 6 Poutre_6 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 0.18 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 7 Poutre_7 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 1.75 | 14 1,35 G + 1,5 la = | X |
| 8 Poutre_8 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 0.18 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 9 Poutre_9 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 2.57 | 14 1,35 G + 1,5 la = | X |
| 10 Poutre_10 | HE300A | Métal - Acier | 51.02 | 86.81 | 2.57 | 14 1,35 G + 1,5 la = | X |
| 11 Poutre_11 | HE300A | Métal - Acier | 27.47 | 46.74 | 0.88 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |
| 12 Poutre_12 | HE300A | Métal - Acier | 27.47 | 46.74 | 0.88 | 14 1,35 G + 1,5 la = | |

La fenêtre **Vérification des pièces (ELS;ELU)** s'affiche.

On constate que les poutres **5** et **7** ainsi que **9** et **10** ne sont pas correctement dimensionnées.



Revenir dans **Géométrie** dans le menu déroulant **Gestionnaire**.



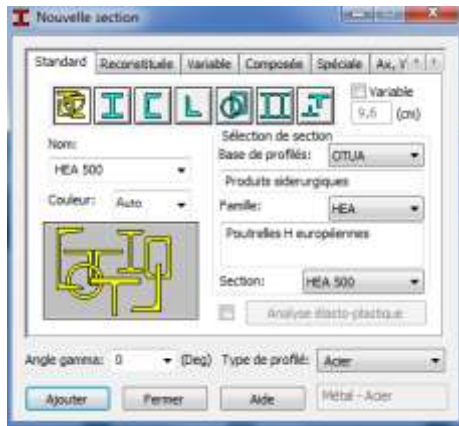
Sélectionner **Profils de barres**



La fenêtre **Profils** s'affiche.
On observe qu'il n'est pas référencé de profilé HEA supérieur à 300.



Sélectionner l'icone **Définir un nouveau profilé**



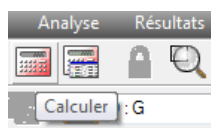
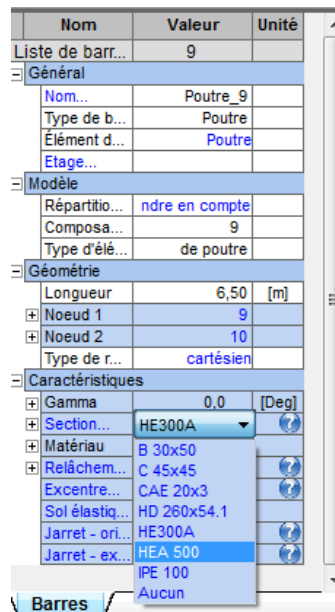
La fenêtre **Nouvelle section** s'affiche
 Dans le catalogue **OTUA** choisir la famille **HEA** et
 ajouter le **HEA500**

Sélectionner la barre 9

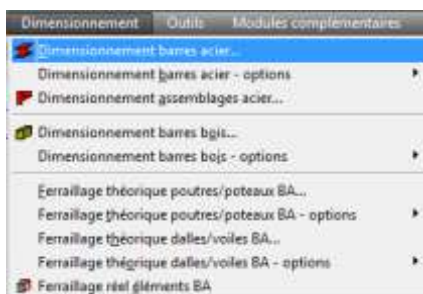
Dans la fenêtre **Barres**

Définir le profilé **HEA500**.

Faire de même pour les poutres **5,7 et 10**



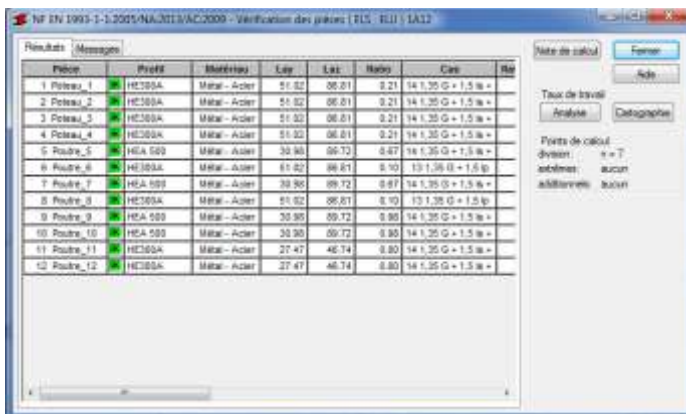
Sélectionner l'onglet **Calculer** pour lancer le calcul



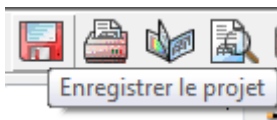
Dans l'onglet **Dimensionnement**, sélectionner **Dimensionnement barres acier...**



Dans le fenêtre **Calculs**, sélectionner **Calculer** pour relancer le calcul.



La fenêtre **Vérification des pièces** s'affiche de nouveau et cette fois l'ensemble des pièces sont vérifiées.



Enregistrer le projet.

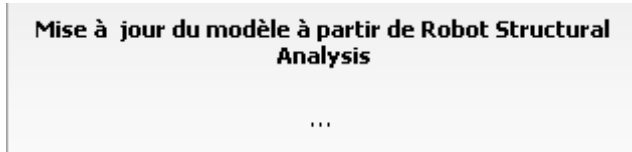
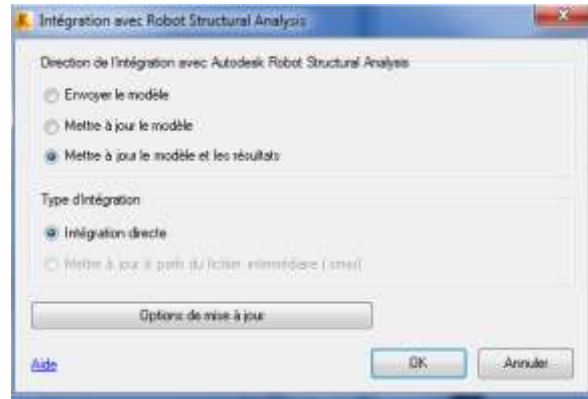
Revenir dans Revit



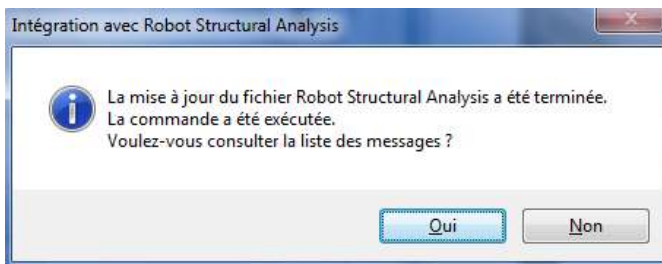
Dans l'onglet **Analyser**, sélectionner le menu déroulant **Structure** puis le menu déroulant **Robot Structural Analysis** puis **Intégration avec Robot Structural Analysis**

La fenêtre **Intégration avec Robot Structural Analysis** s'affiche

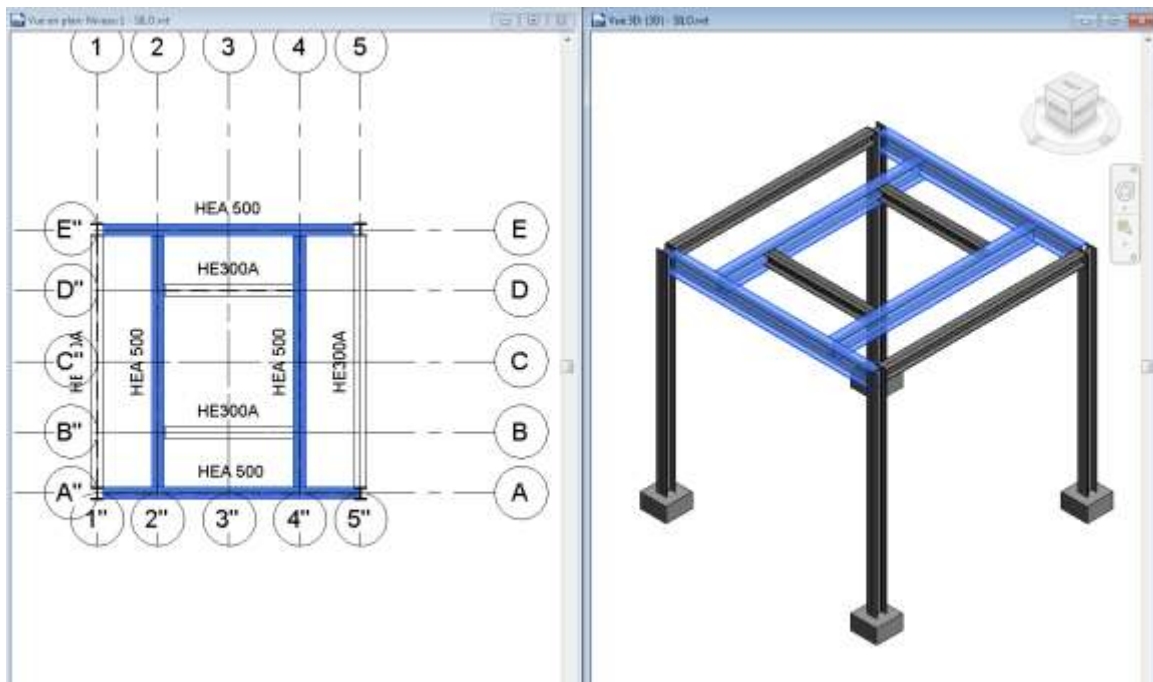
Dans le chapitre **Direction de l'intégration avec Autodesk Structural Analysis** cocher **Mettre à jour le modèle et les résultats**, puis **OK**



Le modèle se met à jour



Sélectionner **Oui** pour visualiser les problèmes éventuels



Les profils dimensionnés dans Robot sont automatiquement modifié dans Revit.