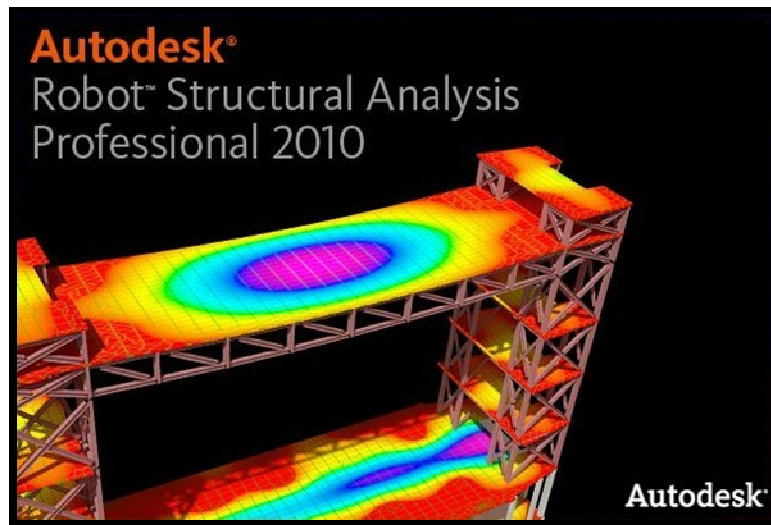


وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université 08 Mai 1945 de Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de : Génie Civil & Hydraulique

Cours de modélisation des structures



Destiné aux étudiants en Master II STRUCTURES

Elaboré par : Dr LAFIFI Brahim

Table des matières

CHAPITRE I : Généralité sur le logiciel Robot Structural Analysis (RSA 2010).

I.1 Généralités.....	1
I.2 Définition des problèmes d'ingénierie.....	3
I.3 Système de bureaux.....	4
I.4 Présentation des données et des résultats.....	4
I.5 Notes de calcul.....	6
I.6 Outils d'aide.....	6

CHAPITRE II : Etapes de modélisation par le logiciel Robot Structural Analysis.

II.1 Lancement du logiciel Robot Structural Analysis	9
II.2 Réglage des préférences et préférences de l'affaire.	10
II.3 Modélisation par le logiciel Robot Structural Analysis	13
II.3.1 Lignes de construction	14
II.3.2 Définition des sections	17
II.3.3 Définition de la structure.....	19
II.3.4 Conditions d'appuis.....	23
II.3.5 Chargement.....	25
II.3.6 Analyse de la structure.....	30
II.3.7 Résultats d'analyse.....	32

CHAPITRE III : Modélisation d'une structure en béton armé par le logiciel Robot (RSA 2010)

III.1 Introduction.....	36
III.2 Présentation de l'ouvrage.....	36

III.2.1 Vue en plan de la structure.....	36
III.2.2 Vue en 3D du modèle numérique.....	36
III.2.3 Dimensions de la structure.....	38
III.2.4 Dimensions des éléments structuraux.....	38
III.2.5 Evaluation des charges.....	38
III.3 Modélisation.....	38
III.3.1 Lancement du projet.....	38
III.3.2 Réglage des préférences.....	38
III.3.3 Lignes de construction.....	39
III.3.4 Définition des sections pour les éléments barres.	41
III.3.5 Définition de la structure.....	41
III.3.6 Modélisation des voiles, escaliers et dalles pleines.....	49
III.4 Chargement.....	55
III.4.1 Définition des bardages.....	56
III.4.2 Assignation des charges.....	57
III.4.3 Charges sur les dalles pleines et les escaliers.....	60
III.5 Génération du maillage.....	62
III.6 Définition des appuis.....	64
III.7 Etude modale et sismique.....	65
III.8 Combinaisons des cas de charges.....	69
III.9 Analyse et résultats d'analyse.....	71
III.9.1 Calcul et analyse.....	71
III.9.2 Résultats d' analyse.....	72

CHAPITRE IV : Modélisation d'une structure en charpente métallique par le logiciel

Robot (RSA 2010)

IV.1 Présentation.....	77
IV.2 Paramètres de l'étude.....	77
IV.3 Modélisation de la structure.....	78

IV.4 Définition des charges.....	81
IV.5 Calcul.....	83
IV.6 Analyse des résultats.....	84
IV.7 Dimensionnement.....	85
IV.8 Assemblage.....	98
IV.9 Note de calcul.....	100

Chapitre I



Généralité sur le logiciel Robot Structural Analysis (RSA 2010).

I.1 Généralités

Le logiciel Auto desk Robot Structural Analysis (nommé Robot dans le fichier d'aide entier) est un progiciel CAO/DAO destiné à modéliser, analyser et dimensionner les différents types de structures. Robot permet de créer les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, dimensionner les éléments spécifiques de la structure ; la dernière étape gérée par Robot est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée.

Il utilise la méthode d'analyse par éléments finis pour étudier les structures planes et spatiales de type :

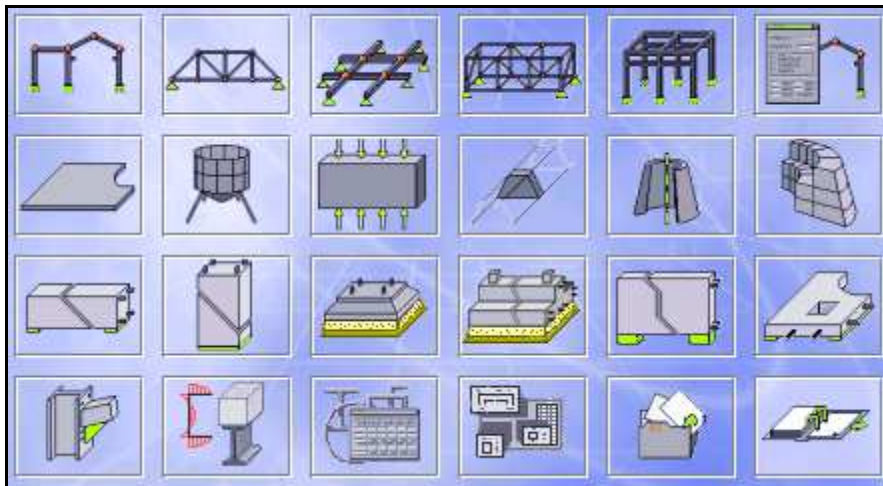


Figure I.1 : Différentes applications du logiciel Robot Bat.

- Treillis.
- Portiques.
- Structures mixtes.
- Grillages de poutres.
- Plaques.
- Coques.
- Contraintes planes.
- Déformations planes.
- Eléments axisymétriques.
- Eléments Volumiques.
-
- ROBOT Millenium peut calculer les structures à un nombre de barres et à un nombre de nœuds illimités. Les seules limitations découlent des paramètres de l'ordinateur sur lesquels les calculs sont effectués (mémoire vive et espace disque disponibles).
- ROBOT Millenium permet d'effectuer des analyses statiques et dynamiques, ainsi que des analyses linéaires ou non-linéaires.
- ROBOT Millenium est un logiciel orienté Métier adapté aux constructions en acier, en bois, en béton armé ou mixte. Il comprend des modules d'assemblage, de ferrailage, de vérification et de dimensionnement suivant les différentes normes nationales existantes.

-ROBOT Millenium a été conçu spécialement pour l'environnement Windows 2000/NT/XP. Lors de la création de ROBOT Millenium, ses concepteurs ont utilisé les techniques modernes de l'étude des structures et de la programmation orientée objet.

Tous ces facteurs garantissent une très haute fiabilité du code généré et la facilité d'ajouter à ROBOT Millenium de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux modules. Les caractéristiques principales du logiciel Robot sont les suivantes :

- définition de la structure réalisée en mode entièrement graphique dans l'éditeur conçu à cet effet (vous pouvez aussi ouvrir un fichier au format DXF et importer la géométrie d'une structure définie dans un autre logiciel CAO/DAO).
- possibilité de présentation graphique de la structure étudiée et de représenter à l'écran les différents types de résultats de calcul (efforts, déplacements, travail simultané en plusieurs fenêtres ouvertes etc.).
- possibilité de calculer (dimensionner) une structure et d'en étudier simultanément une autre.
- possibilité d'effectuer l'analyse statique et dynamique de la structure,
- possibilité d'affecter le type de barres lors de la définition du modèle de la structure et non pas seulement dans les modules métier.
- possibilité de composer librement les impressions (notes de calcul, captures d'écran, composition de l'impression, copie des objets vers les autres logiciels).

Le système Robot regroupe plusieurs parties (modules) spécialisées dans chacun des étapes de l'étude de la structure (création du modèle de structure, calculs de la structure, dimensionnement). Les modules fonctionnent dans le même environnement.

I.2 Définition des problèmes d'ingénierie

Afin de faciliter le travail de l'utilisateur, ROBOT Millenium dispose d'un vaste ensemble d'outils simplifiant l'étude des structures :

- ❖ La notion d'objets : dans ROBOT Millenium, la création du modèle de la structure s'effectue avec des objets de construction typiques : poutres, poteaux, contreventements, planchers, murs. Grâce à cela, lors de cette étape de l'étude, les éléments de la structure prennent des attributs spécifiques qui leur sont propres (y compris les attributs réglementaires); ainsi, à l'étape de définition du modèle, tous les paramètres réglementaires de la structure sont définis, ce qui permet de passer à l'analyse réglementaire immédiatement après les calculs statiques. Il en est de même avec les nœuds. La notion de nœuds a perdu sa signification traditionnelle puisqu'ils sont automatiquement définis lors de la création des différents objets.
- ❖ Des lignes de construction peuvent être utilisées comme support à la modélisation.
- ❖ Une large gamme d'outils d'édition : symétrie par plan, translation, rotation, miroir horizontal et vertical, division pour une barre spécifique ou pour un groupe de barres, intersection, etc.
- ❖ Des outils de sélection performants : sélection avec le pointeur de la souris, par attribut (section, épaisseur, ..), par fenêtre, par capture, par plan, etc.

- ❖ Possibilité de définir des attributs de l'affichage personnalisés : menus, barres d'outils, couleurs, polices, vues, disposition des fenêtres.
- ❖ Ajouts de cotations au modèle de la structure.
- ❖ Vérification automatique de la cohérence du modèle étudié : par exemple, recherche des instabilités, appuis absents, barres et nœuds isolés, etc.
- ❖ Utilisation de bibliothèques de structures types paramétrables.
- ❖ Possibilité de libeller de façon automatique les composants de la structure.
- ❖ Possibilité de créer et d'archiver des paramètres tels que : matériau quelconque, appuis élastiques, charges quelconques.
- ❖ Fonction rapide de saisie pour la création des charges climatiques de neige et vent et des pondérations automatiques.
- ❖ Le multifenêtrage.
- ❖ ROBOT Millenium permet d'ouvrir plusieurs fenêtres du même type, ce qui permet, par exemple, dans la zone graphique, de consulter simultanément des objets différents, même très éloignés, en utilisant des fenêtres différentes avec leurs propres paramètres d'affichage (zoom, projection etc.).
- ❖ Les zones de travail : à chaque étape de l'étude de la structure, la fenêtre du logiciel peut comporter trois zones de travail différentes :
 - ✚ Zone de définition graphique (avec la souris),
 - ✚ Zone des boîtes de dialogue de définition (à partir du clavier),
 - ✚ Zone des feuilles de calculs contenant tous les objets définis jusqu'alors pour la classe donnée.

I.3 Système de bureaux

Afin de faciliter au calculateur l'utilisation du logiciel, un système de bureaux a été implémenté.

Pour chaque étape importante de l'étude de la structure (par exemple la définition du modèle géométrique de la structure, application des charges, analyse des résultats, calculs réglementaires, etc.), un bureau correspondant a été créé.

L'utilisateur n'est pas obligé de rechercher les commandes qu'il doit activer pour effectuer une action spécifique nécessaire lors de l'étude de la structure : il suffit de sélectionner le bureau approprié, par conséquent le logiciel affichera toutes les fenêtres nécessaires afin de mener à bon terme l'action voulue.

I.4. Présentation des données et résultats

Les données et les résultats peuvent être présentés en mode graphique et en mode texte :

- vues sur le modèle de la structure avec les numéros des nœuds et des barres, symboles des appuis, diagrammes des charges avec les valeurs, descriptions des sections utilisées dans la structure, dessins de la structure respectant la forme et les dimensions des sections, diagrammes des efforts internes, déformées de la structure, cartographies des contraintes, déplacements et déformation pour les éléments surfaciques.
- tableaux des descriptions du modèle.

- tableaux des résultats.

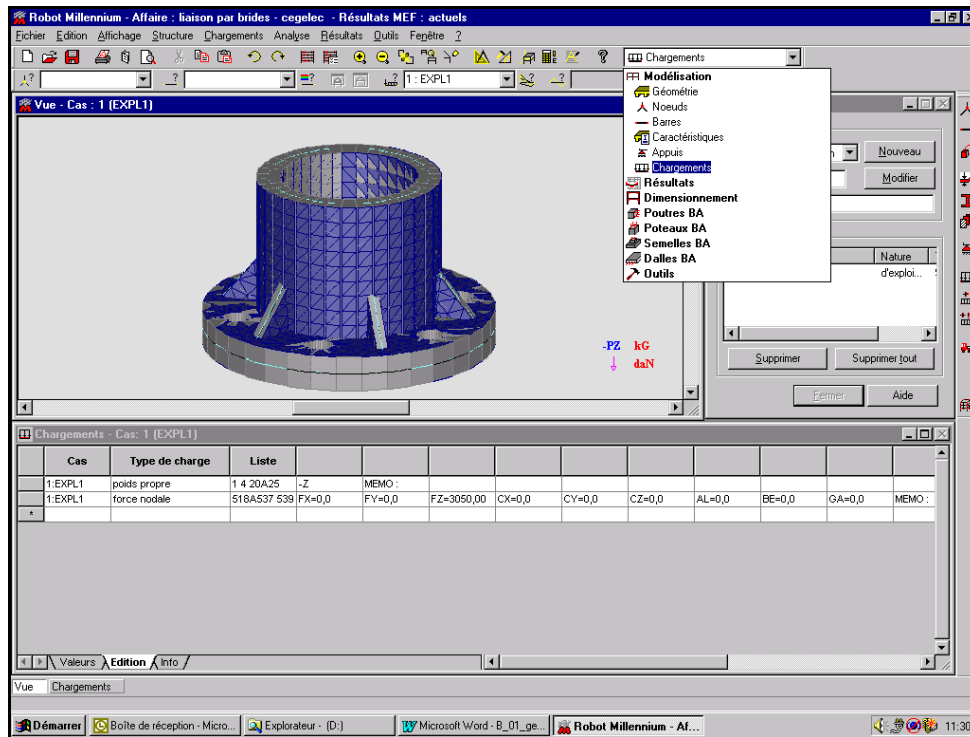


Figure I.2 : Interface graphique du logiciel RobotBat.

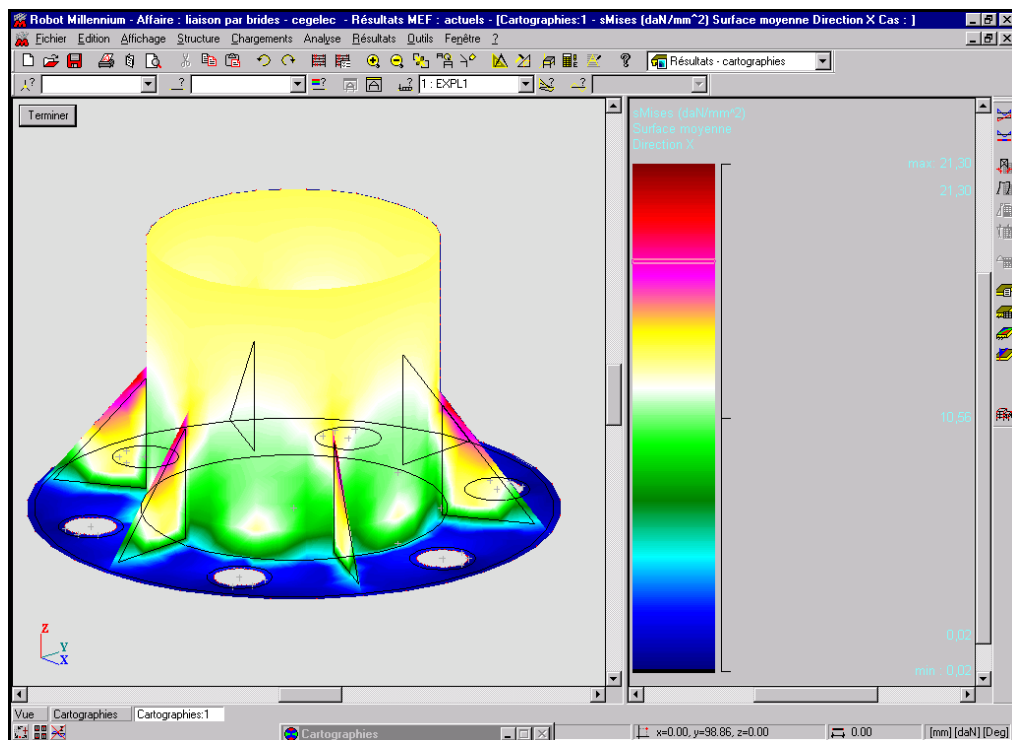


Figure I.3 : Représentation graphique des résultats.

I.5 Notes de calculs

ROBOT Millenium propose des outils très évolués pour la génération de la note de calcul. Ainsi, lors de l'étude de la structure, la capture du contenu de l'écran graphique ou du tableau actif peut être effectuée à tout moment. Toutes les captures d'écran effectuées et enregistrées sous un nom défini par l'utilisateur peuvent être insérées dans la note de calcul. Grâce à cette option, il est possible, par exemple, d'imprimer le tableau des appuis avec le plan de la structure avec les appuis mis en évidence.

L'option Composition de l'impression disponible dans ROBOT Millenium permet à l'utilisateur de composer librement la forme et le contenu la note de calcul, à savoir :

- Une composition libre des pages de garde, des en-têtes et des pieds de page (y compris l'insertion des graphismes),
- La définition de l'ordre des éléments des documents à imprimer,
- La composition de l'aspect de chaque page et de chaque tableau, et cela, même à partir de l'aperçu avant impression.

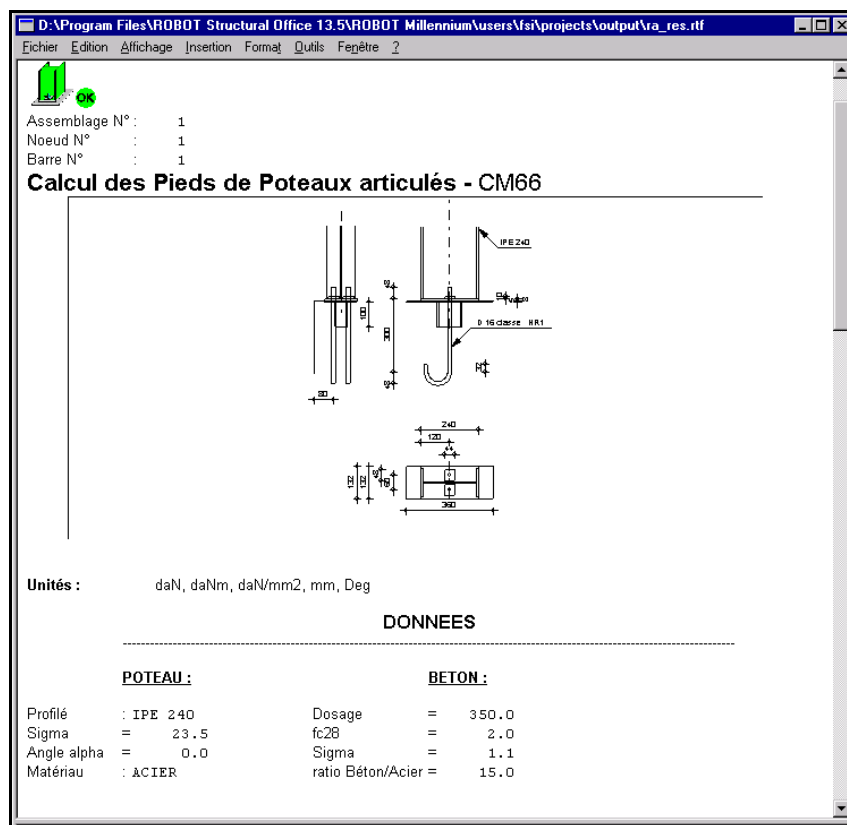


Figure I.4 : génération automatique des notes de calculs.

I.6 Outils d'aide

Un point particulièrement important pour un logiciel aussi puissant que ROBOT Millenium, est un système d'aide facilitant à l'utilisateur la maîtrise du système. Aussi un effort important a été réalisé dans l'objectif de proposer des outils d'aide performants, à savoir :

- ✓ Aide contextuelle sur toutes les commandes des menus et pour chaque objet affiché dans les boîtes de dialogue et les feuilles de calcul.
- ✓ Index des rubriques d'aide accessibles,
- ✓ Accès hiérarchique aux informations sur le sujet donné,
- ✓ Les descriptions des icônes et des commandes du menu sont affichées dans la barre d'état en bas de l'écran,
- ✓ Les info-bulles affichent les noms des icônes sur lesquelles vous placez le pointeur de la souris,

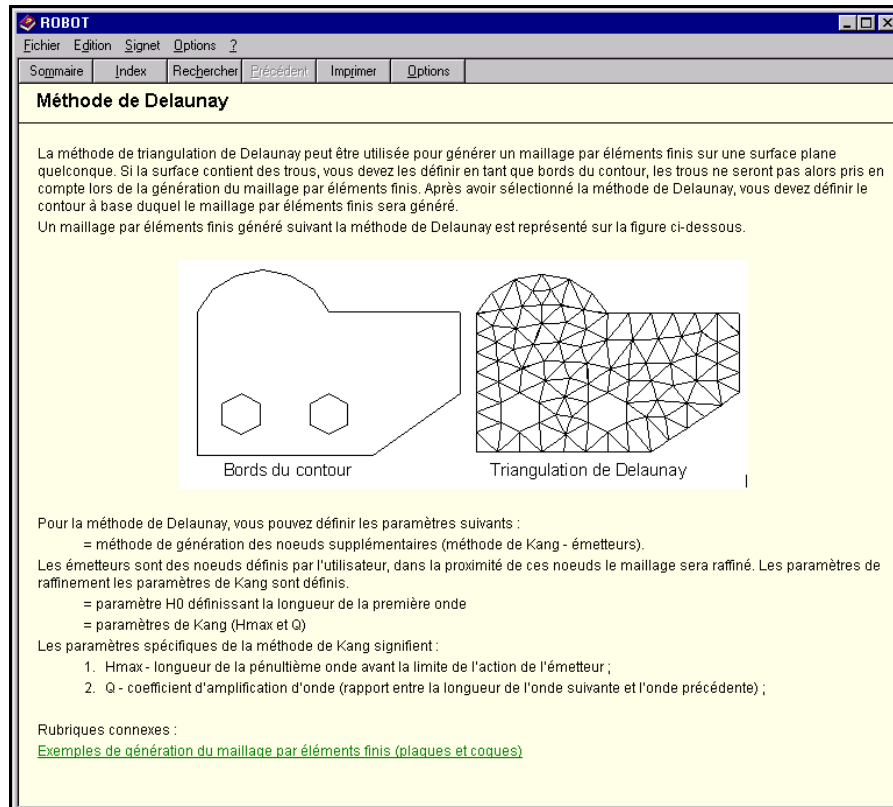


Figure 1.5 : Rubrique d'aide du logiciel.

- ✓ Des info-bulles semblables accompagnent le pointeur de la souris lors de la saisie graphique des éléments de la structure. Leur fonction est d'informer l'utilisateur de l'effet que peut produire un clic sur le bouton gauche de la souris (par exemple la saisie de l'origine ou de l'extrémité de la barre),
- ✓ Le cd-rom contient le "Manuel d'utilisation" complet et le "Guide de prise en main rapide" qui présente pas à pas la procédure de définition de différentes structures (avec commentaires).

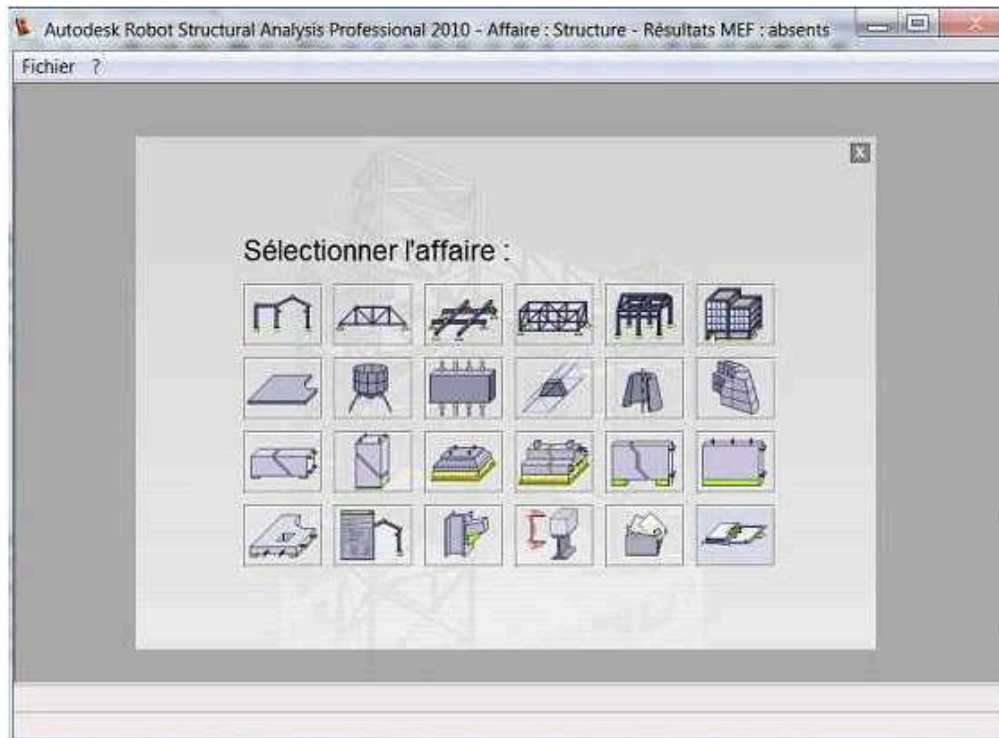
Chapitre II




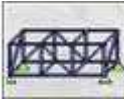


Etapes de modélisation par le logiciel Robot Structural Analysis

II.1 Lancement du logiciel Robot Structural Analysis

Au démarrage du logiciel, la fenêtre suivante apparaît pour sélectionner le type de structure ou l'élément qu'on veut étudier.



Pour faciliter la modélisation ils ont mis plusieurs modules à choisir 2D ou 3D comme Portiques.

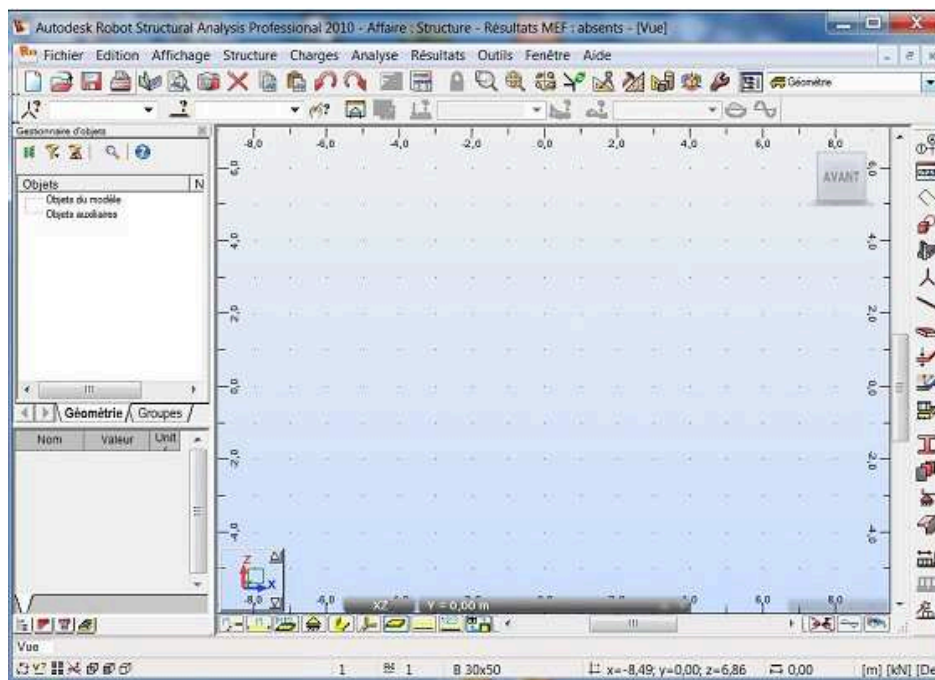
-  **Etude d'un portique plan.**
-  **Etude d'un treillis spatial.**
-  **Etude d'une coque.**
-  **Conception d'un bâtiment.**

On peut à tous moment faire apparaître cette fenêtre en cliquant sur le menu sur Fichier ► Nouvelle affaire et on va sélectionner le module qui facilite la modélisation des voiles et des dalles pleines.



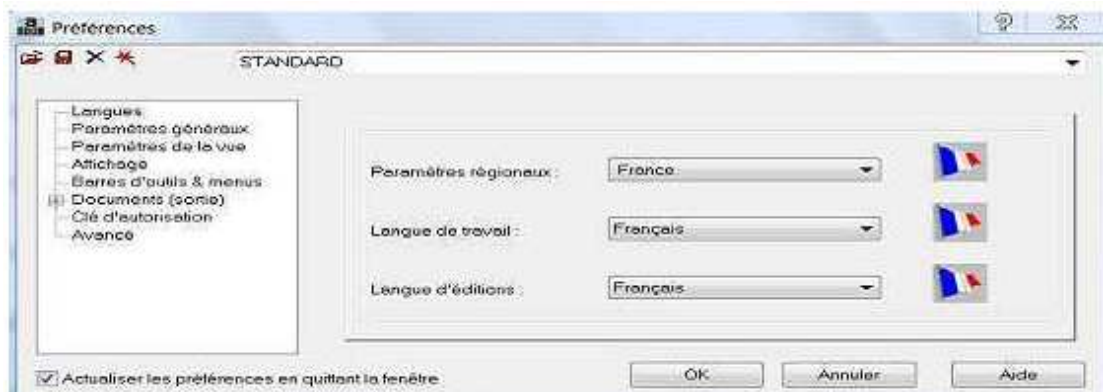
- **Etude d'une coque.**

La fenêtre principale apparaît qui contient le menu et les barres d'outils par défaut en haut et en bas et sur la droite et la fenêtre du gestionnaire des objets sur la gauche. On verra par la suite comment personnaliser le bureau par défaut et les barres d'outils.



II.2 Réglage des préférences et des préférences de l'affaire

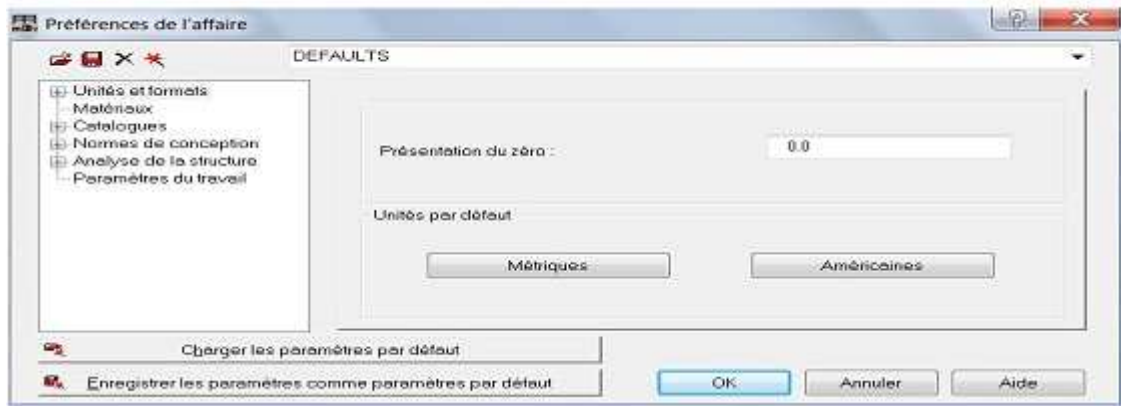
Pour régler les préférences (langue, affichage,...) et préférences de l'affaire (unités et formats, matériaux, catalogues, normes de conception,...) on clique sur le menu :



Par cette fenêtre on peut changer par exemple la langue de travail du français vers anglais, On peut changer la couleur de l'arrière plan en cliquant sur Affichage.



Outils ► Préférences de l'affaire

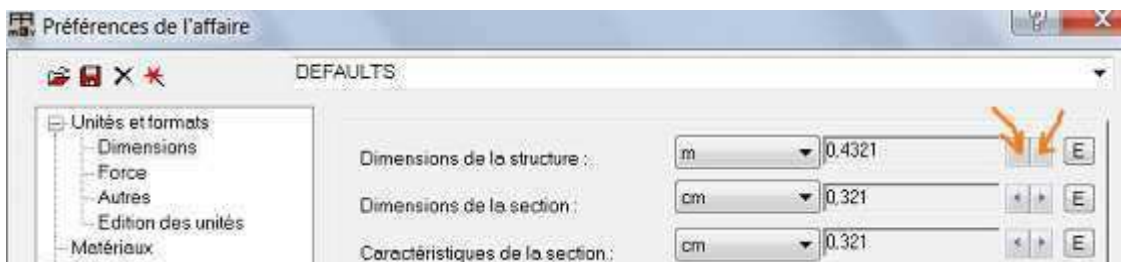


II.2.1 Unités et formats

Par cette fenêtre on peut modifier les unités des dimensions, des efforts, angles et déplacement ...

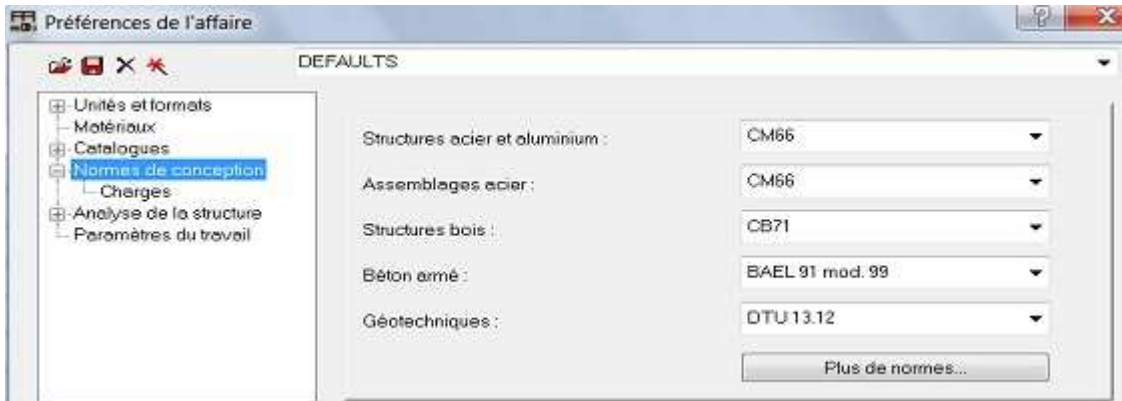


On peut modifier aussi le nombre de chiffre à prendre après la virgule pour les décimales en cliquant sur les flèches :



II.2.2 Normes de conception

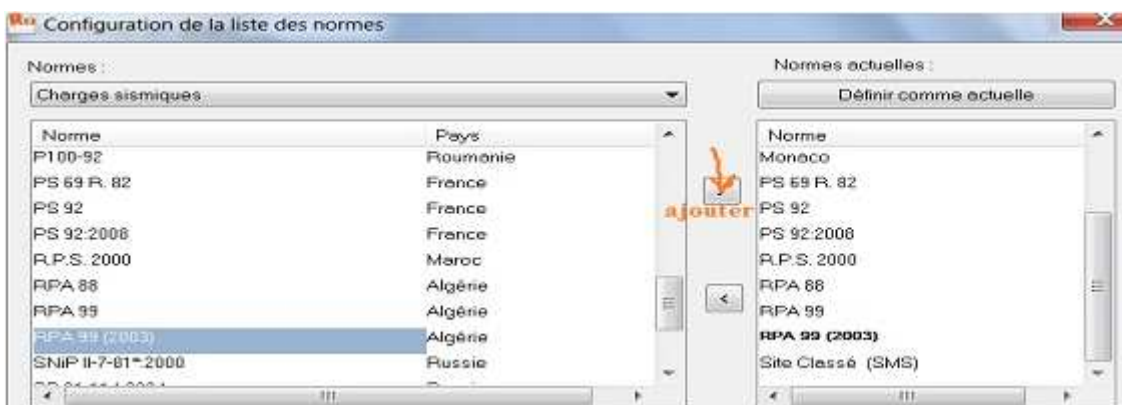
Robot contient plusieurs règlements et on peut choisir la norme utilisée dans notre pays par le menu déroulant :



La même chose pour les charges sismiques et climatiques :

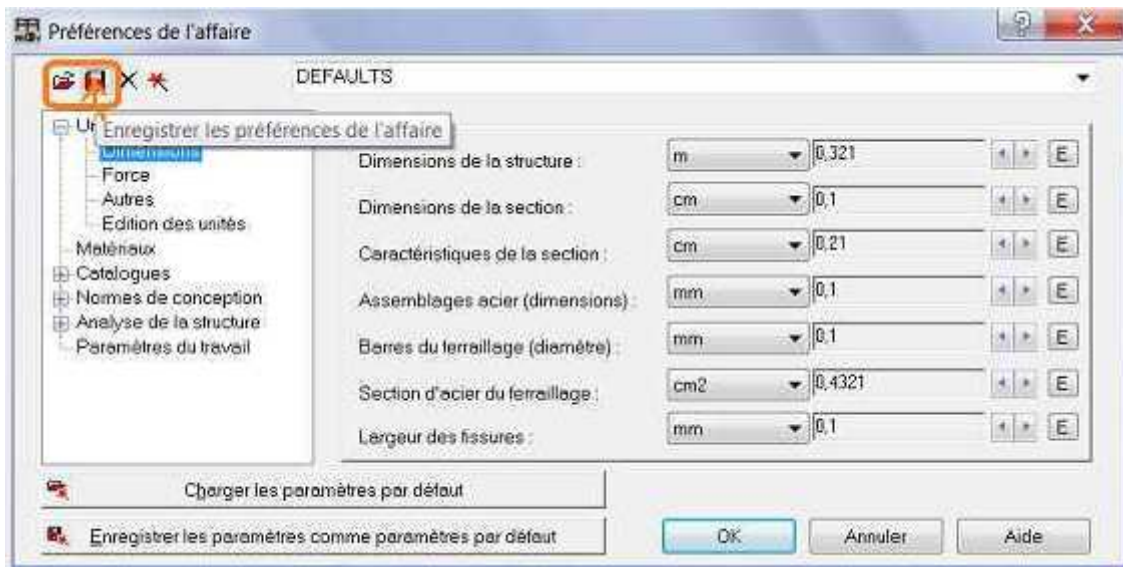


Si la norme qu'on cherche non pas dans le menu déroulant on peut l'ajouter de la liste des normes dans le menu en cliquant sur plus de normes :



Remarque : le réglage des préférences se fait une seule fois lorsqu'on commence le projet, et si on a plusieurs types de projet et que chaque type a ses propres préférences (unités, normes, ...); avec Robot on peut définir plusieurs préférences et enregistrer chaque préférence dans un

fichier et si on veut utiliser telle ou telle préférence on a qu'à ouvrir le fichier correspondant à la préférence voulue.

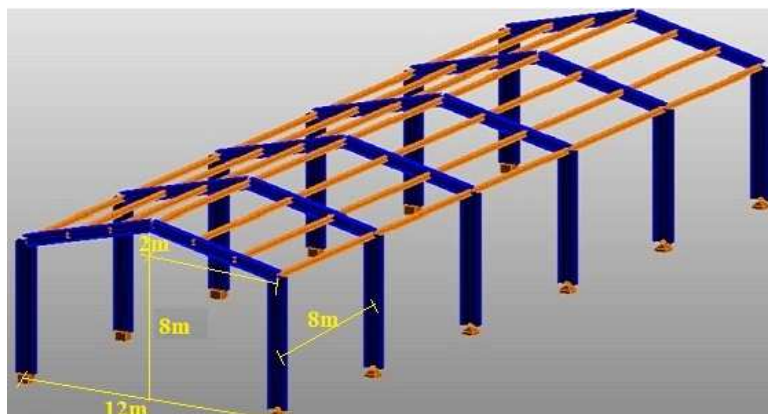


II.3 Modélisation des structures par le logiciel RSA

La représentation d'une structure réelle, quel soit en béton ou en charpente, par un modèle numérique en utilisant le logiciel Robot 2010 nécessite :

- La définition des lignes de construction de la structure suivant les trois directions ;
- La définition des sections des éléments qui constituent la structure (éléments barres ou panneaux) ;
- La représentation et le dessin de la structure graphiquement par les éléments définis ;
- La définition des appuis dans la structure ;
- La définition des cas de charge et des combinaisons et application des charges sur la structure.

Dans ce qui suit, vous trouvez les étapes à suivre pour faire la modélisation d'une structure par Robot 2010 et on a pris comme exemple une structure métallique simple à modéliser, la structure est présentée sur la figure suivante :



II.3.1 Lignes de construction

Les lignes de construction ou le grillage de la structure représentent les axes des éléments de la structure à modéliser selon les 3 directions X, Y, Z et les extrémités des éléments et les bords des faces de la structure.

Sur ces lignes et les croisements de lignes on peut par la suite dessiner les barres, les poutres, ... et les accrocher bout à bout facilement. Pour cela on a besoin des dimensions de la structure (longueur, largeur, hauteur) et tout le détail des espacements et des dimensions des éléments de la structure et donc le plan détaillé de la structure.


Notre exemple est une structure métallique constituée de 6 portiques identiques parallèles liés par des pannes dont les dimensions sont :

- hauteur de la structure = 10m
- hauteur poteaux = 8m
- longueur de la structure = 40m
- espacement entre les poteaux 12m et entre les portiques 8m



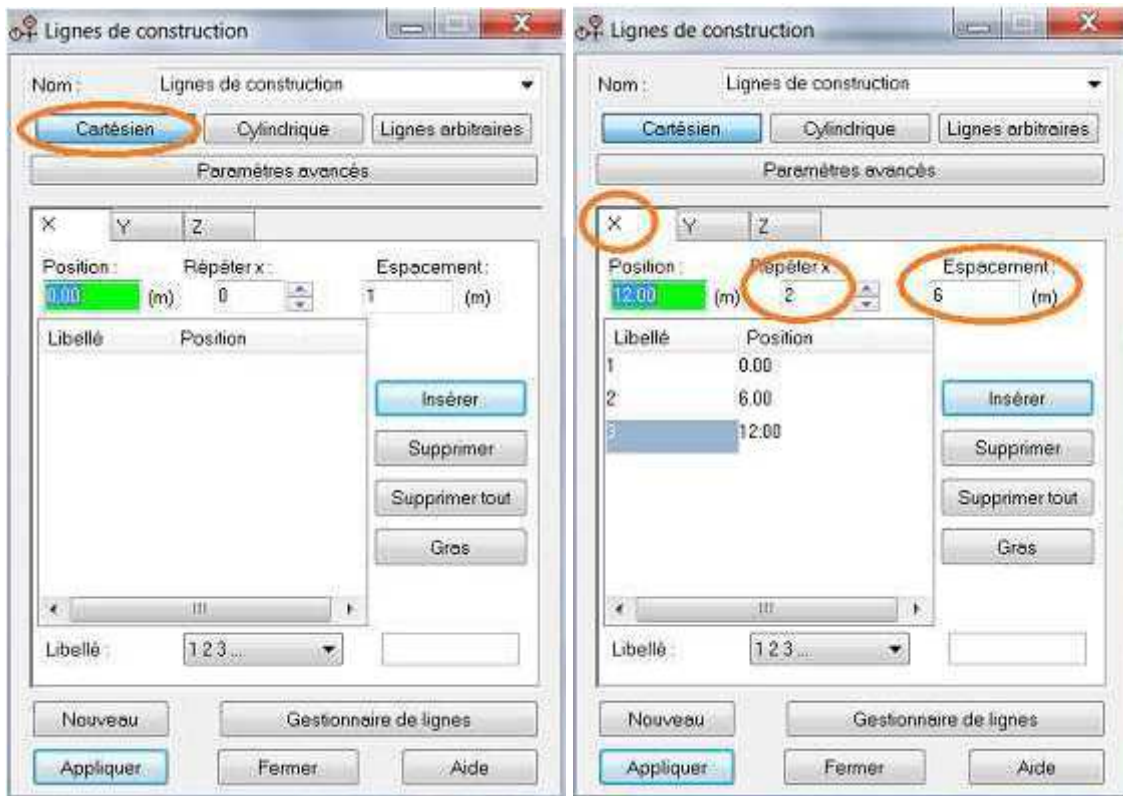
Au démarrage du logiciel Robot 2010 on sélectionne le module **Etude d'un portique spatial**

La fenêtre principale s'affiche et on commence de dessiner les lignes de construction par la

commande  la première icône de la barre d'outils qui se trouve sur la droite de la fenêtre.



En cliquant sur cette icône la boîte de dialogue suivante s'ouvre :



On utilise les coordonnées cartésiennes X, Y, Z dans le champ **Position** on saisit la valeur de la distance de l'axe qu'on veut dessiner à partir d'un axe de référence 0 m Dans le champ **Répéter x** et **Espacement** on laisse 0 et 1 m si on a pas un entraxe identique des éléments et par exemple dans notre cas suivant la direction Y on a un espacement de 8m entre 6 portiques donc 5x8m dans le champ **Répéter x** on met 5 et dans le champ **espacement** on met 8.

On fait cette opération pour les trois axes (X, Y et Z)

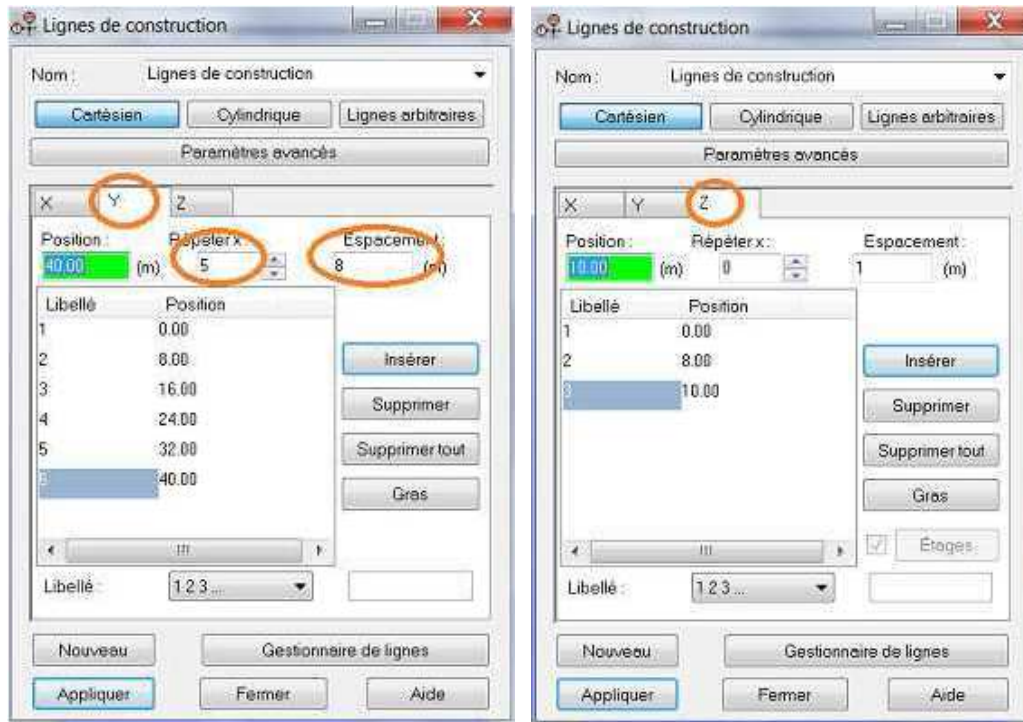
Pour notre exemple on doit insérer la série des valeurs suivante :

suisant X : 0, 6, 12 m

suisant Y : 0, 8, 16, 24, 32, 40 m

suisant Z : 0, 8, 10 m

On clique sur **Appliquer** pour sauvegarder :

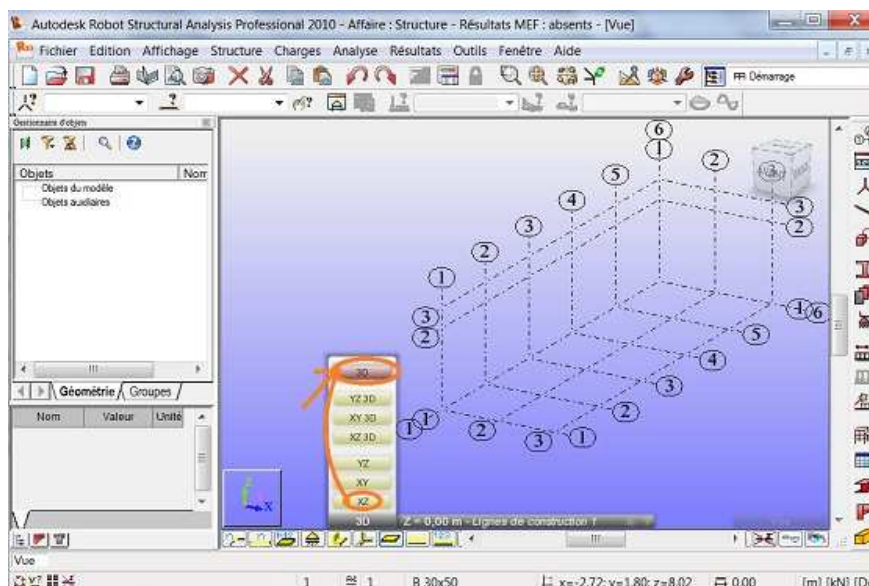


Remarque


On peut à tout moment ajouter des lignes de construction en insérant des valeurs suivant la direction voulue et on peut aussi supprimer des lignes existant en sélectionnant le numéro et cliquant sur **Supprimer**.

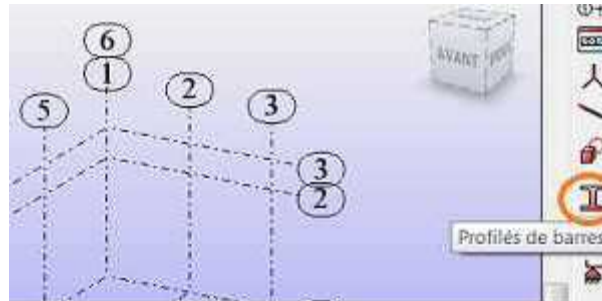
On peut définir dans la même affaire plusieurs lignes de construction en utilisant l'option **Nouveau** dans la boîte de dialogue lignes de construction

On peut aussi faire la gestion de ces lignes (supprimer, activer ou désactiver les lignes voulues) en utilisant l'option **Gestionnaire de lignes**. On activant la vue en 3D on aura le résultat suivant :



II.3.2 Définition des sections

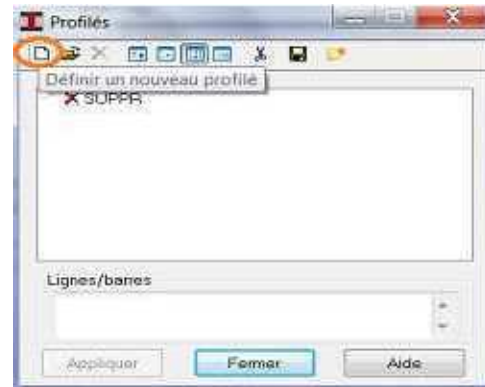
Pour définir les sections des éléments barres on utilise la commande  **Profils de barres**. Par cette option on peut définir les sections de tous les éléments barres de la structure : poteaux, poutres quel soit en béton ou acier, bois ...



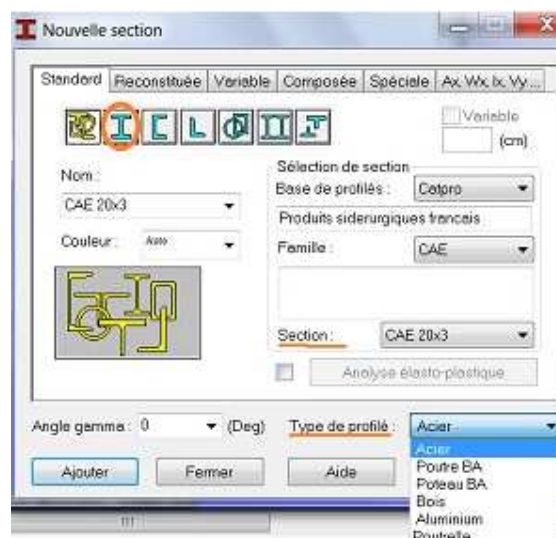
En cliquant sur l'icone la boîte suivante s'ouvre et à l'aide de l'option supprimer tous les sections non utilisées on supprime les sections données par défaut du logiciel.



On obtient



On clique sur **Nouveau** pour définir les sections voulues, la boîte de dialogue suivante s'ouvre :

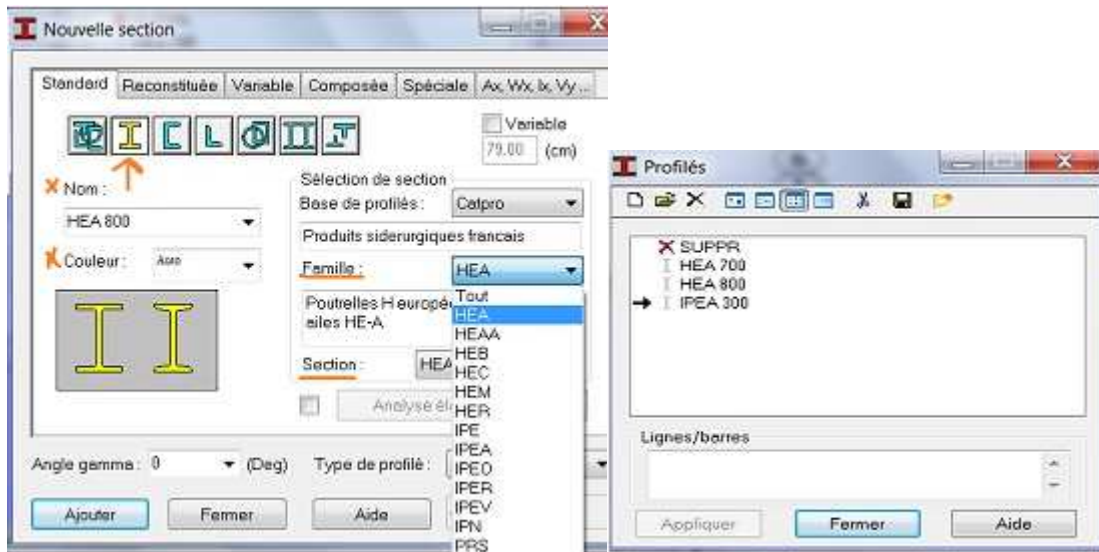


On choisit le **Type de profilé** selon le cas acier, poutre BA, poteau BA ...

Notre exemple est une structure métallique donc on choisit **Acier** on va définir pour les poteaux des profilés HEA800 et pour les poutres inclinées HEA700 et pour les pannes IPEA300 et pour cela on clique sur I-symétrique (l'icône encadré sur l'image).

Dans le menu **Famille** on choisit la famille des sections par exemple HEA et dans **Section** on choisit la section voulue par exemple HEA800. On clique sur **Ajouter** pour sauvegarder le choix dans la liste des profilés.

On fait la même chose pour les autres sections, on aura :

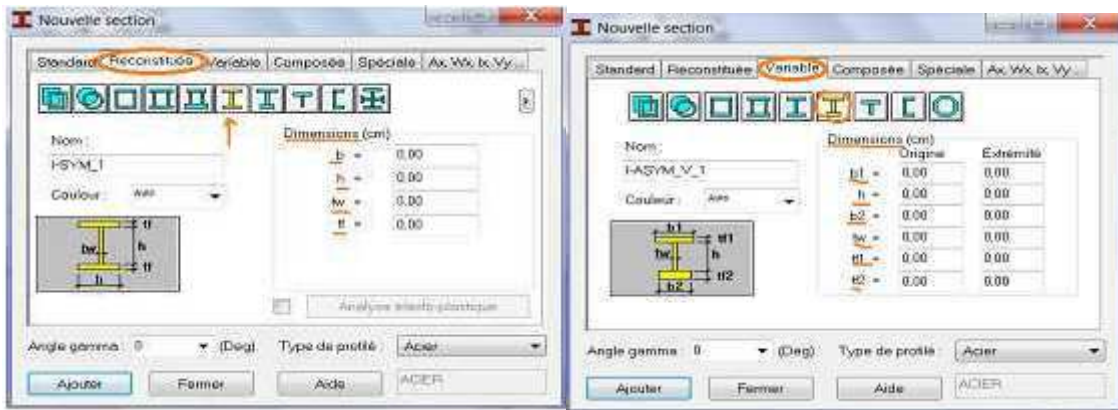


On peut donner le nom qu'on veut à la nouvelle section et choisir la couleur du profilé sinon le logiciel les prend par défaut.

Remarque

Si on a une section à définir en charpente et qu'elle n'est pas standard, dans la boîte de dialogue Nouvelle section on clique sur **Reconstituée** pour définir les dimensions manuellement.

Par la même boîte de dialogue on peut aussi définir des profilés à section variable, des profilés composés soudés et à membrures multiples, des profilés ondulés, ajourés ... en introduisant les dimensions manuellement.

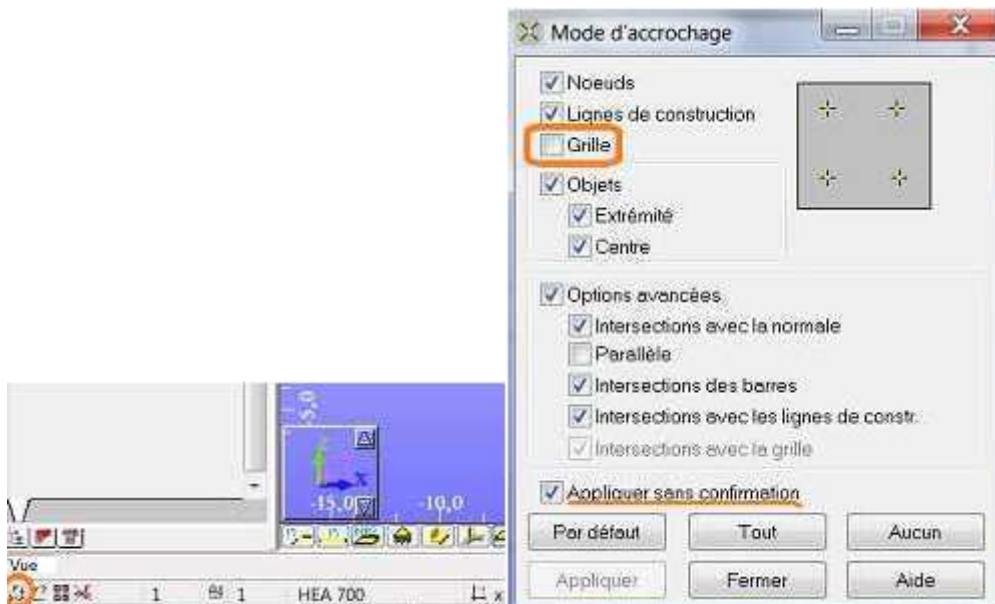


II.3.3 Définition de la structure

Maintenant qu'on a défini les lignes de construction et les sections des éléments de la structure, on commence à dessiner notre structure à l'aide des lignes de construction réalisées précédemment.

On active la **vue 2D XZ** qui représente la **vue avant** de la structure et pour éviter des erreurs de modélisation, désactiver l'accrochage de la grille, pour cela, on clique sur l'icône mode d'accrochage (se trouvant sur l'extrémité gauche en bas de la fenêtre).

La boîte de dialogue **Mode d'accrochage** s'ouvre, on décoche la case grille pour désactiver l'accrochage de la grille.



On clique sur la commande  **Barres**



La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

Dans le champ **Type** on sélectionne poteau et dans le champ **Section** on sélectionne HEA800.

Maintenant on clique sur le champ **origine** et on commence le dessin des 2 poteaux de cette face sur les lignes de construction.

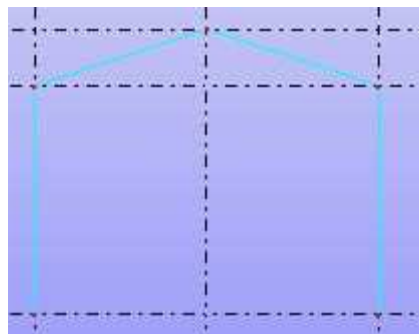
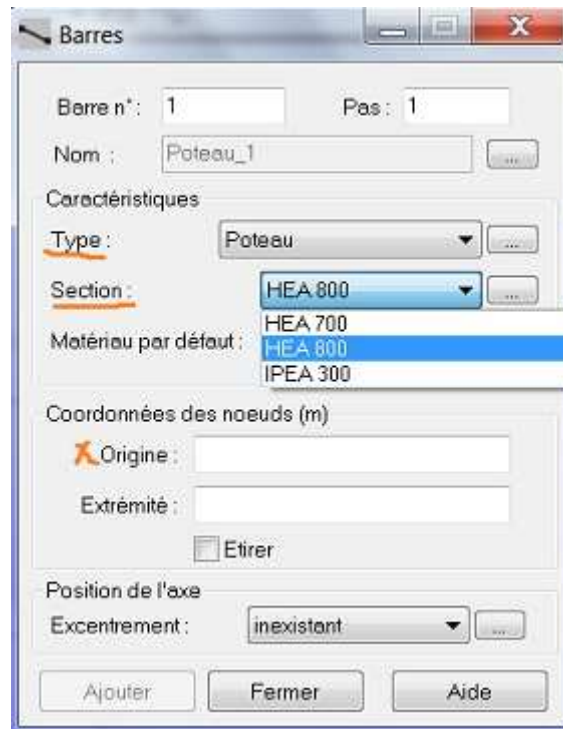
On passe au dessin des poutres inclinées par le même principe Type poutre Section HEA700.

Donc on a défini le premier portique de notre structure.

et comme les autres portiques sont identiques au premier portique on va les dessiner par translation de ce portique

Donc d'abord il faut définir les nœuds des pannes IPEA300 sur les poutres inclinées pour les allonger par translation du portique et pour cela on va diviser chaque poutre en 3 divisions

par l'option  **Diviser barres** qui se trouve dans le menu **Edition** ►



Remarque :


On peut toujours personnaliser le bureau du travail en affichant des barres d'outils on veut par exemple afficher la barre d'outils Edition qui contient l'option Diviser barres **Outils ► Personnaliser ► Afficher barres d'outils**

la boîte de dialogue suivante s'ouvre :



et en cochant la case Edition on aura la barres d'outils



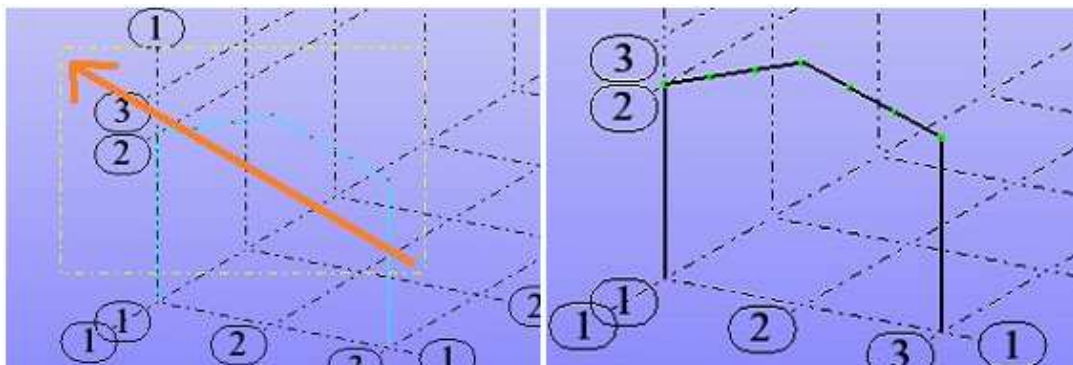
Retour à notre exemple, on sélectionne les poutres et on clique sur  **Diviser barres** la boîte de dialogue suivante s'ouvre :



Dans le champ **Nombre de segments** on met 3 et on clique sur **Appliquer**.

Maintenant qu'on a généré les nœuds où les pannes IPEA300 seront attachées aux poutres on peut faire la translation en allongeant les nœuds avec la sélection de la section IPEA300 pour que les barres engendrées prennent cette section.

On sélectionne tous le portique sauf les nœuds à la base des poteaux car on ne veut pas créer des pannes par allongement à cet endroit, pour cela on clique et on tire de la droite vers la gauche comme illustré sur la

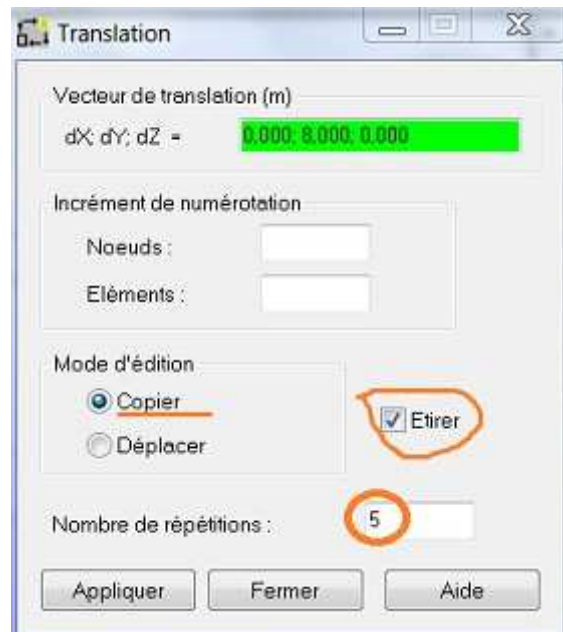


Après la sélection on clique sur  **Translation** et sur  **Profils de barres** pour sélectionner le profilé IPEA300.

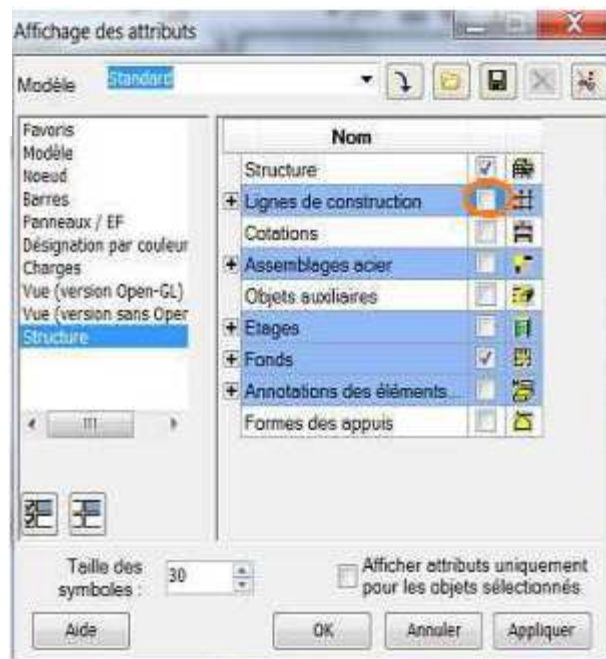
Les boîtes de dialogues suivantes s'ouvrent :



Pour que les pannes soit créer par translation il faut cocher la case **Etirer** comme illustré sur la figure dans le champ **Nombre de répétitions** on met le nombre de portiques qu'on veut créer dans le champ **Vecteur de translation** on met la distance entre les portiques (dx, dy, dz) = 0, 8, 0 m et on clique sur **Appliquer**



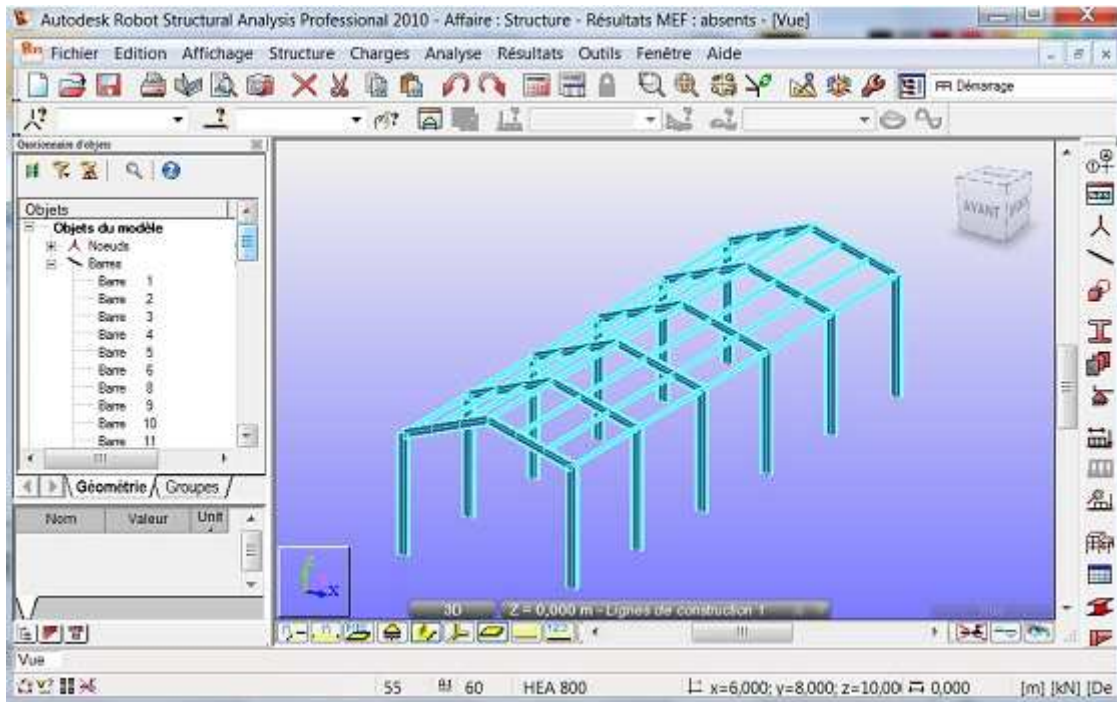
Pour annuler l'affichage des lignes de construction, on clique par la souris sur la droite et on clique **Attributs**, dans la boîte qui s'ouvre on clique sur **Structure** et on décoche la case des lignes de construction




Pour voir bien la structure dessinée on clique sur **Croquis des profilés**

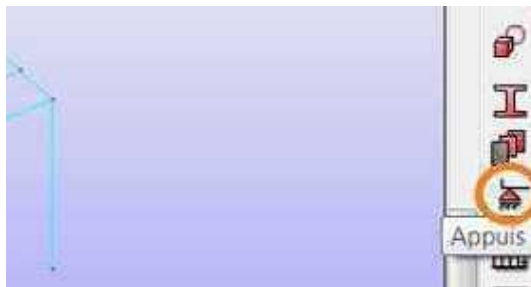


On aura la vue en 3D suivante :



II.3.4 Conditions d'appuis

Pour définir les appuis nodaux dans une structure on utilise la commande  **Appuis:**



On peut choisir le type d'appui directement par cette boîte de dialogue ou on définit un nouvel appui à l'aide de l'option **Définir un nouvel appui**, en cliquant la boîte de dialogue suivante s'ouvre :



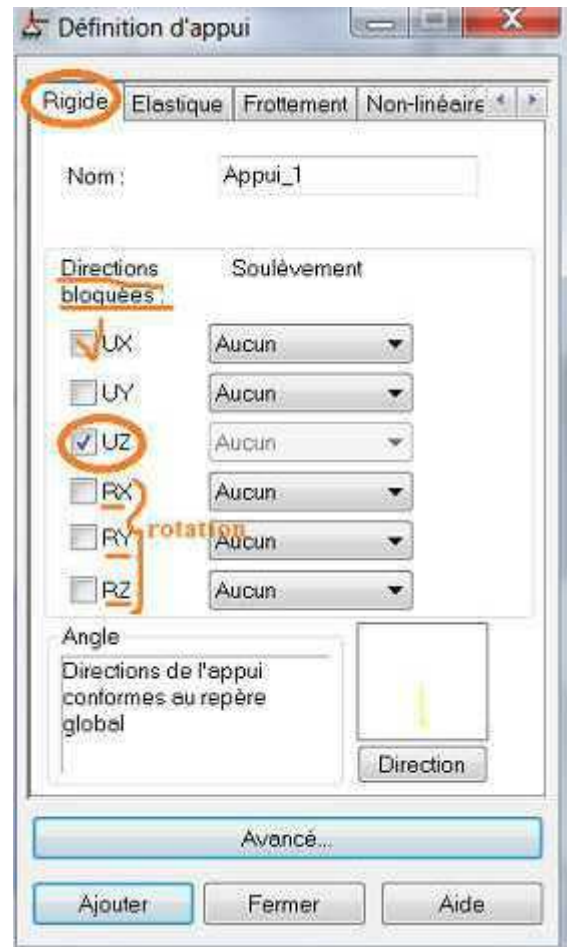
Par la boîte de dialogue **Définition d'appui** on peut définir les direction à bloquer en cochant les cases des déplacements suivant les axes comme illustré sur la figure quel soit des déplacements linéaires (UX, UY, UZ) ou angulaires (RX, RY, RZ).

Par exemple pour l'**encastrement** tous les déplacements et les rotations suivant les 3 directions sont bloqués.

pour une **rotule** les déplacements linéaires (UX, UY, UZ) sont bloqués et les rotations (RX, RY, RZ) sont libres.

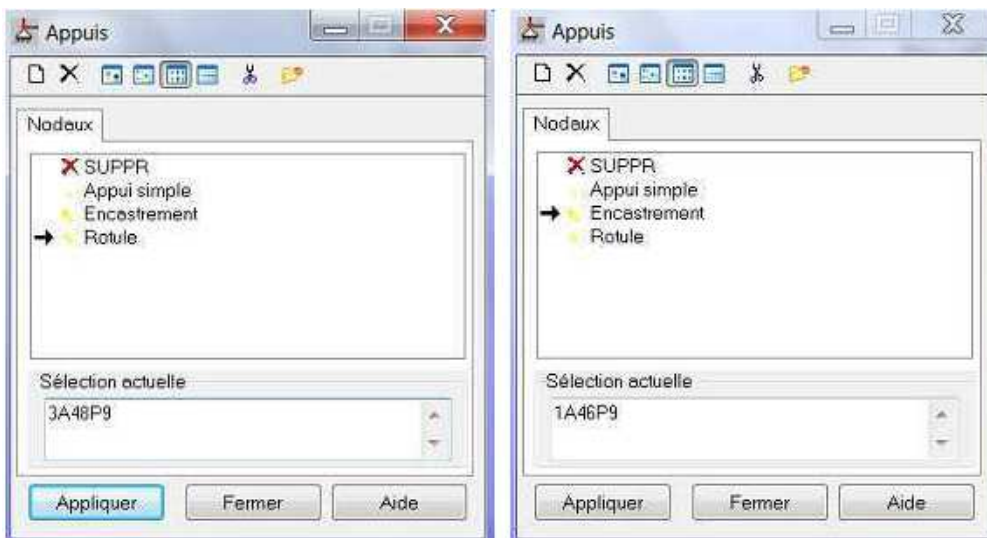
Pour notre exemple la structure métallique on choisit de mettre le type d'appui **Rotule** pour l'un des nœuds situés à la base des poteaux et le type d'appui **Encastrement** pour l'autre nœud.

Donc les nœuds de la première rangée des poteaux seront des rotules et les nœuds de

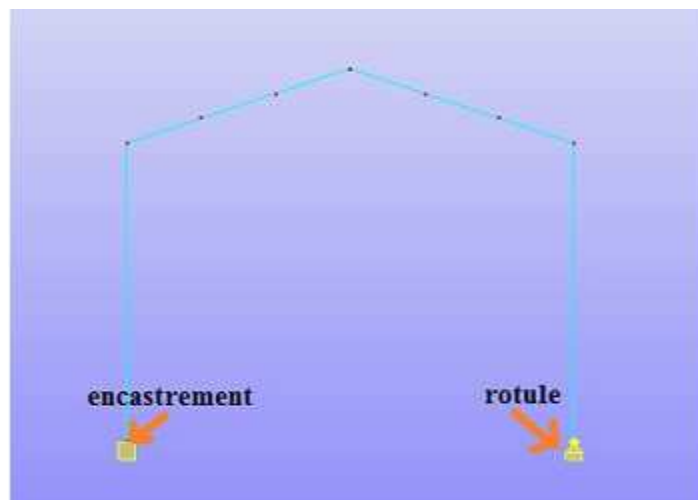


Pour cela on choisit **Rotule** dans la boîte **Appuis** et on clique dans le champ **Sélection actuelle** et après on sélectionne tous les nœuds de la base des poteaux du première rangée et on clique sur **Appliquer**.

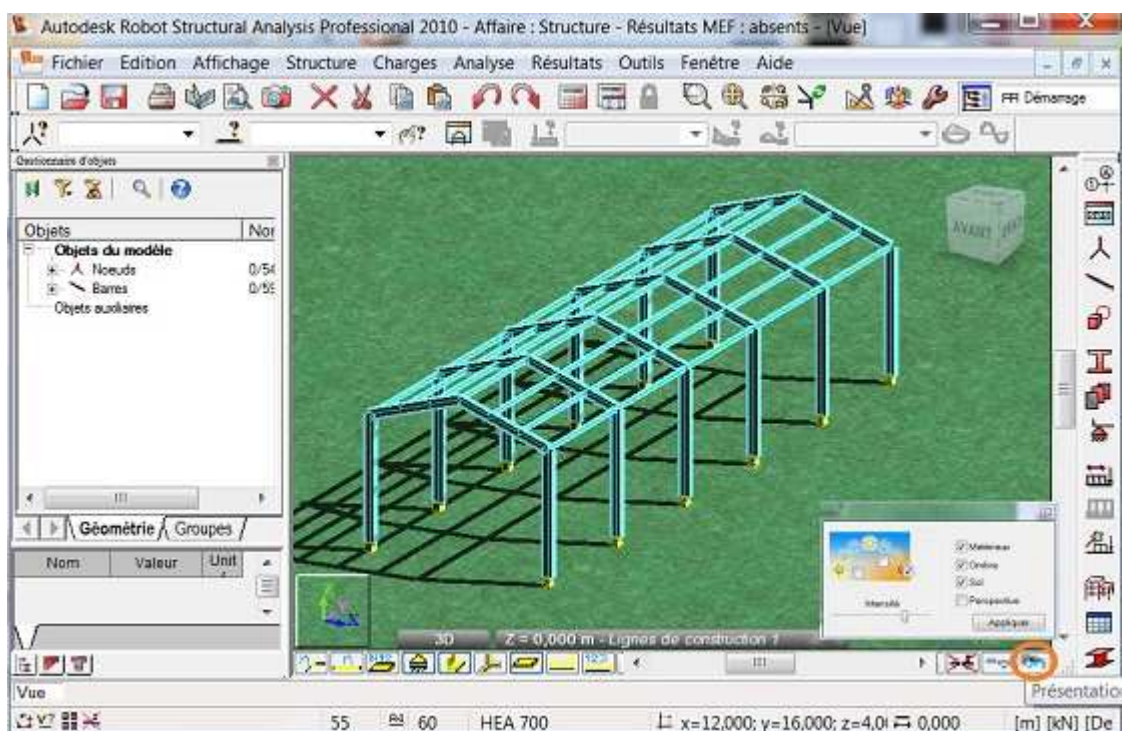
On répète la même opération pour la deuxième rangée en choisissant le type d'appui **Encastrement**.



On aura le résultat suivant sur la vue **2D XZ** :




En activant la **Présentation réaliste** de la structure et l'affichage des croquis des profilés on aura la vue en 3D suivante :



II.3.5 Chargement

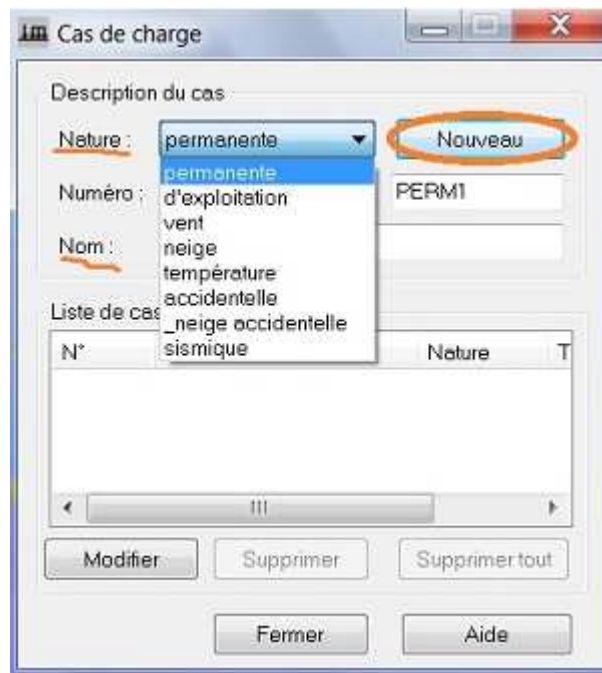
Le chargement d'une structure consiste à définir les cas de charge selon la nature des charges (permanente, exploitation, sismique ...) et ensuite l'application des charges (charges sur barres, charges surfaciques ...) sur la structure pour les cas de charge créés et enfin la définition des combinaisons des cas de charge.

a- Cas de charge

Pour définir les cas de charge on clique sur la commande  **Cas de charge**



Par cette boite de dialogue on choisit la **Nature** du cas de charge à définir comme illustré sur la figure.

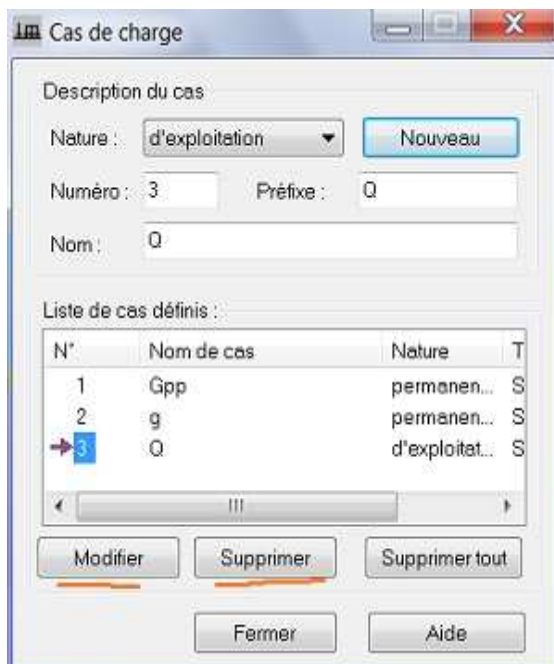


Dans le champ **Nom** on peut donner un nom pour le cas de charge ou on prend le nom par défaut proposé par le logiciel.

Ensuite on clique sur **Nouveau** pour ajouter le cas de charge à la liste de cas

Pour notre exemple en plus du poids propre de la structure on va définir une charge permanente et une charge d'exploitation les deux réparties sur les pannes qui lient les portiques en haut.

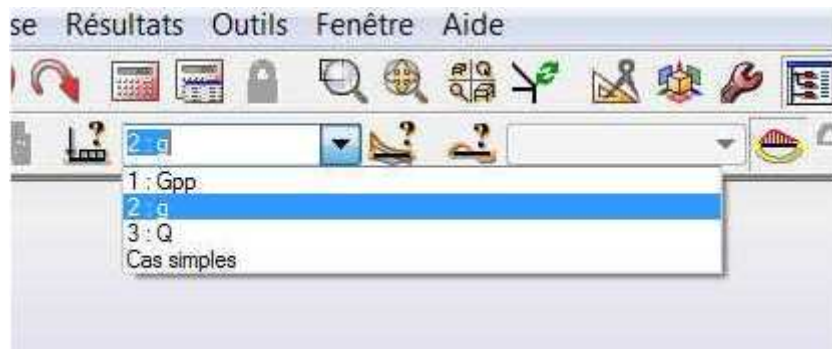
On va donner le nom pp pour le poids propre de la structure entière et on clique sur Nouveau, le logiciel prend le premier cas de charge permanente défini comme poids propre de la structure par défaut.



Pour l'autre charge on donne le nom G et pour la charge d'exploitation Q.

On peut modifier le nom du cas de charge, son numéro dans la liste et sa nature comme on peut le supprimer par cette boite de dialogue.

On clique sur **Fermer** et on passe à l'application des charges G et Q sur notre structure et on choisit le cas de charge actuel à l'aide de la barre d'outils supérieure.

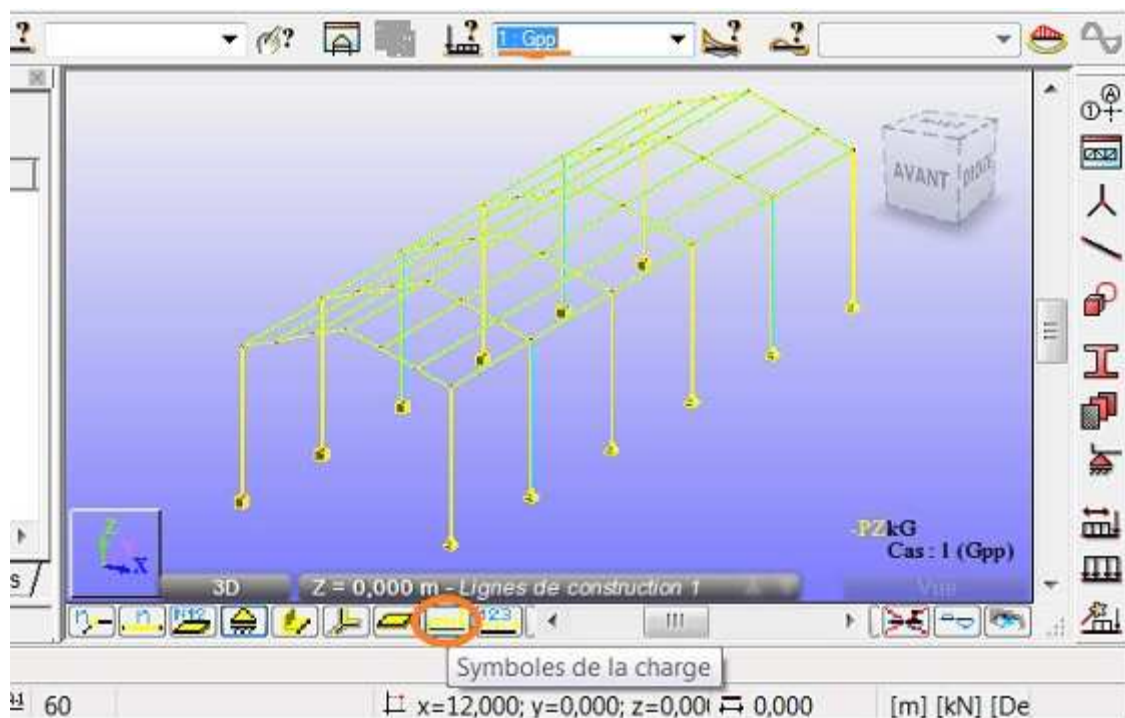


b- Charges

Pour notre exemple on a 3 charges :

- Poids propre de la structure PP calculé automatiquement par logiciel Robot 2010;
- Une charge permanente $G = 5 \text{ kN/m}$ répartie sur les pannes IPEA300;
- Une charge d'exploitation $Q = 1 \text{ kN/m}$ répartie sur les pannes IPEA300;

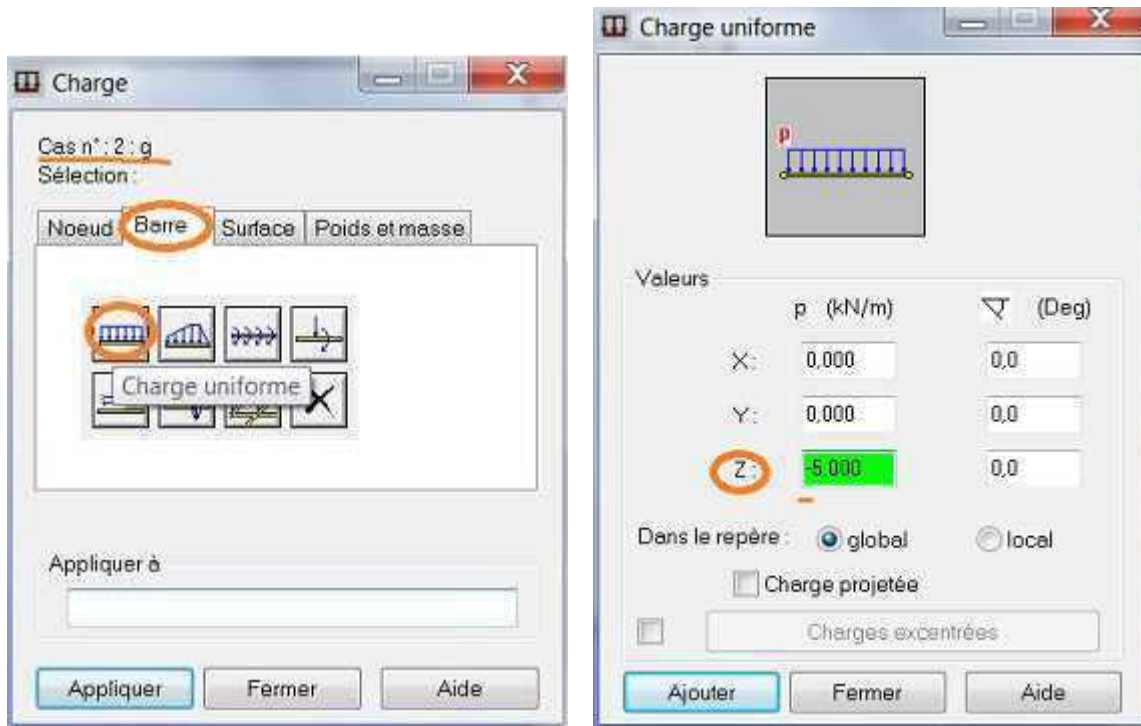
En choisissant le cas PP dans la liste illustrée sur la figure précédente on aura :



Pour définir la charge permanente G on choisit dans la liste des cas le cas G et on clique

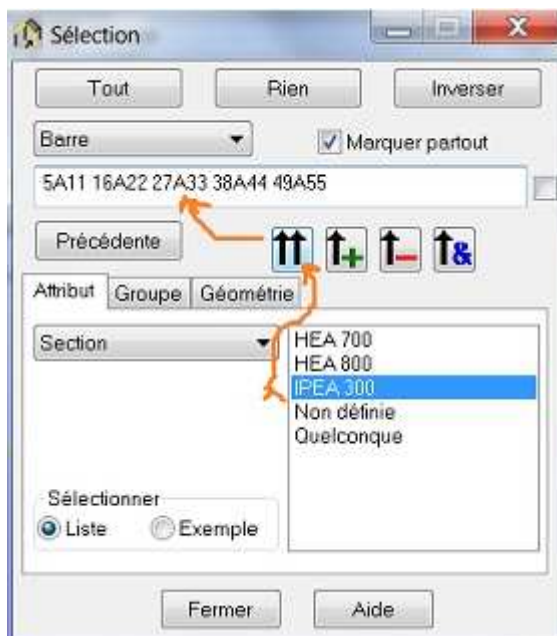
sur la commande  **Définir charges :**

Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre on sélectionne **Barres** et on clique sur le symbole de **Charge uniforme** comme illustré sur la figure.



On met dans le champ **Z** la valeur de la charge suivant la direction Z (- 5 kN/m) et on clique sur **Ajouter**.

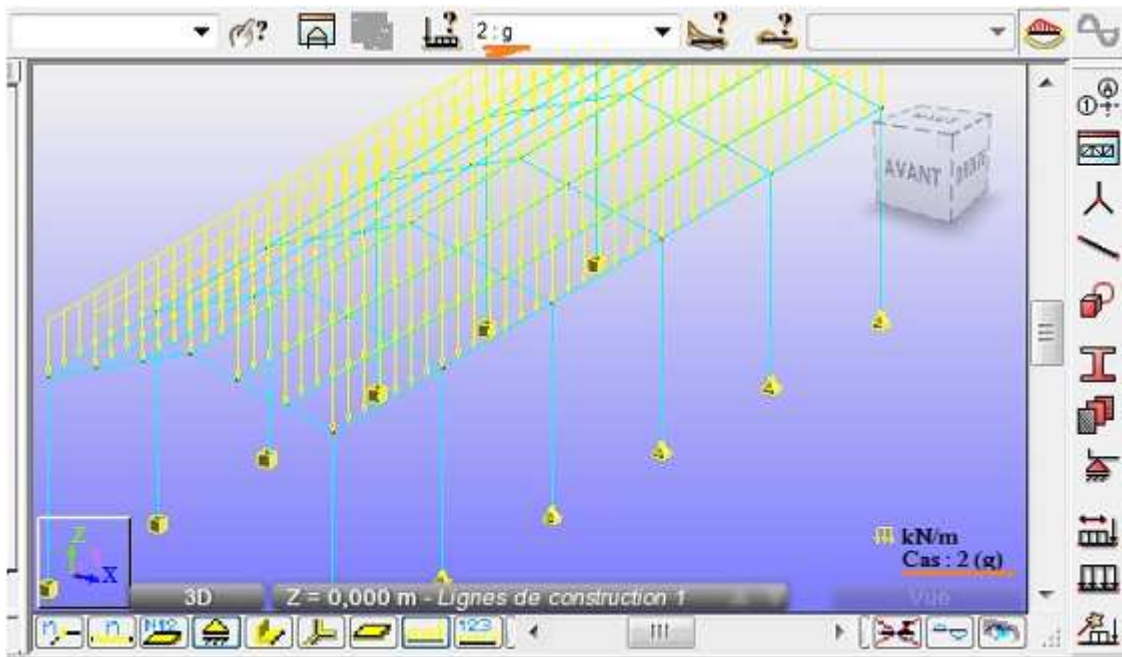
Maintenant et à l'aide de l'outil **Sélectionner barres**



On sélectionne tous les barres des profilés IPEA300 comme illustré sur la figure et on clique sur **Fermer**.

en retour à la boîte de dialogue **Charge** dans le champ **Appliquer à** tous les barres IPEA300 sont sélectionnées donc on clique sur **Appliquer** pour appliquer la charge sur les poutrelles.

On répète la même opération avec la charge d'exploitation Q.



c- Combinaisons des cas de charges

Pour notre exemple on va définir la combinaison $1,35 G + 1,5 Q$

Pour définir les combinaisons des cas de charges on utilise la commande



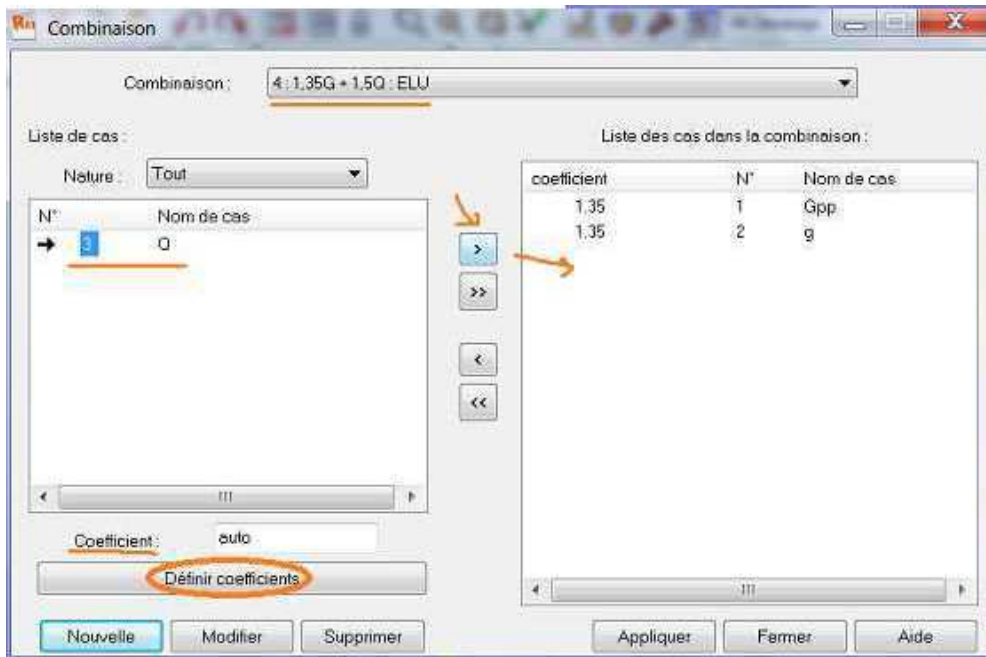
Combinaisons manuelles qui se trouve sur le menu **Charges ► Combinaisons manuelles**. La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

On choisit le **Type de combinaison** et on donne le nom qu'on veut à la combinaison qu'on va définir,

Par exemple le nom $1,35 G + 1,5 Q$ et on clique sur ok.

Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre on va définir notre combinaison en utilisant les cas de charges définis précédemment.





Si les coefficients qu'on veut appliquer ne sont pas les mêmes que les coefficients automatiques de la combinaison définie, on peut les définir en cliquant sur **Définir coefficients**

Dans le champ **Coefficient** on met la valeur voulue et on clique **Modifier**.

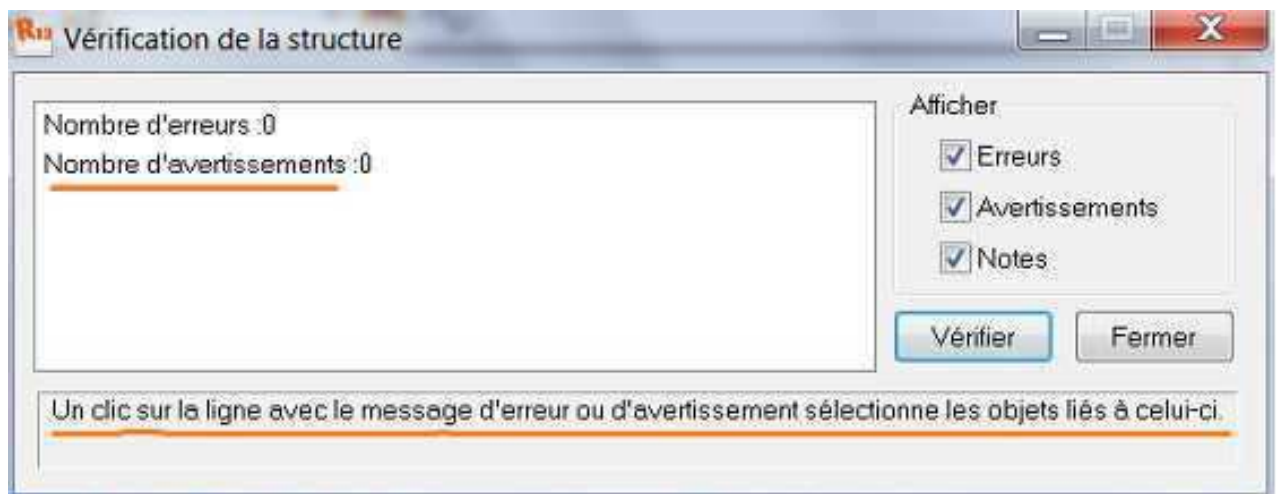
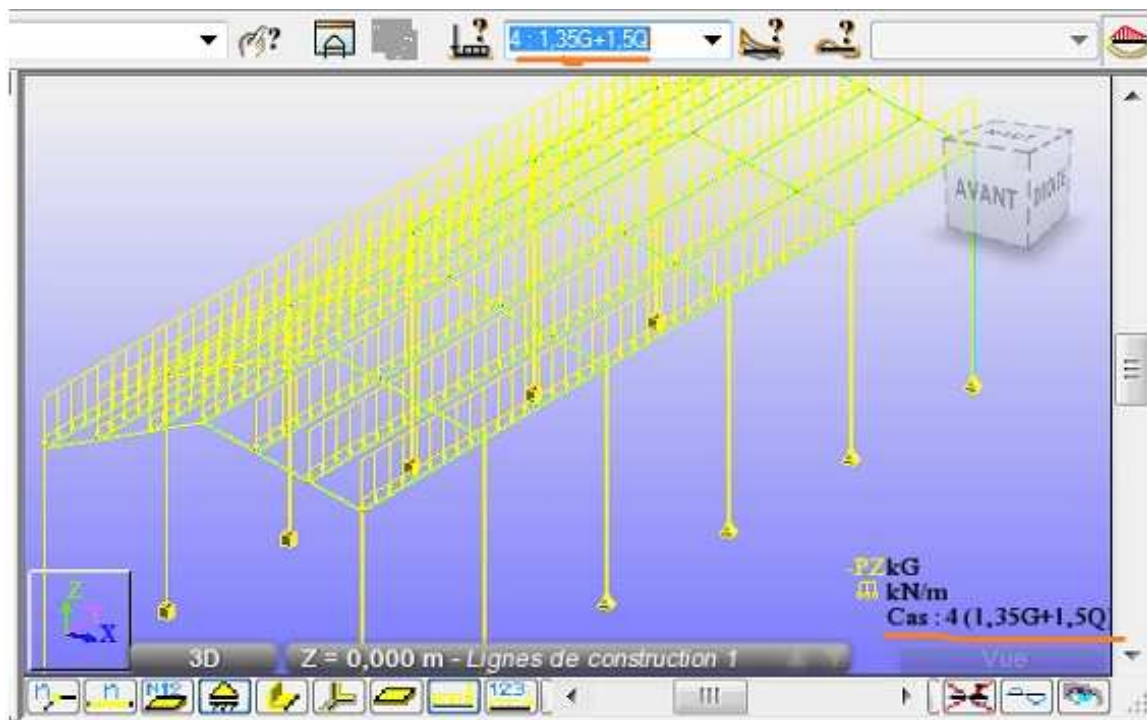
À la fin de cette opération on clique sur **Appliquer** pour sauvegarder la combinaison.



II.3.6 Analyse de la structure

Maintenant qu'on a fini avec la modélisation de notre exemple la structure métallique simple, on passe au calcul et analyse de cette structure sous l'effet du chargement qu'on a défini.

Avant de lancer le calcul il faut d'abord vérifier la structure si il y a des erreurs de modélisation et des barres disjointes, on clique sur **Analyse ► Vérifier structure**.



Dans la boîte de dialogue le message d'erreur nous indique l'erreur et l'objet lié à cette erreur.

Pour lancer le calcul on clique sur la commande  **Calculer (Analyse ► Calculer)**

II.3.7 Résultats d'analyse

Pour afficher les résultats de l'analyse de la structure et les diagrammes des efforts internes, des déformées, des contraintes et des réactions on sélectionne **Résultats** dans le menu démarrage de la barre d'outils supérieure.

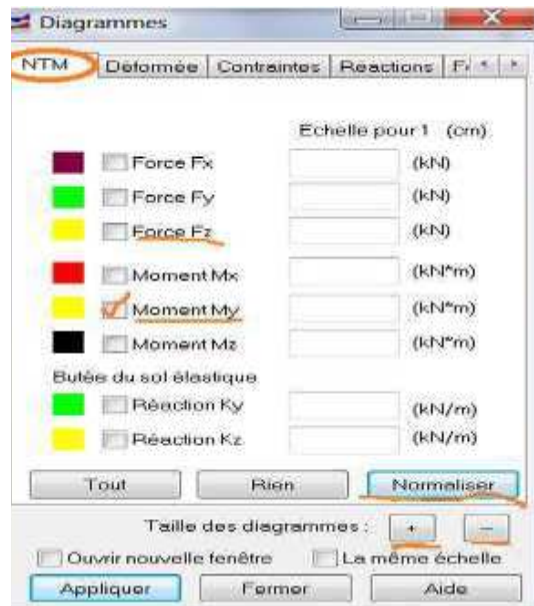


On peut aussi afficher les diagrammes des résultats directement par **Résultats** ► **Diagrammes-barres**



La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

Pour voir le diagramme de l'effort interne on coche la case par exemple du Moment M_y puis on clique sur **Appliquer**

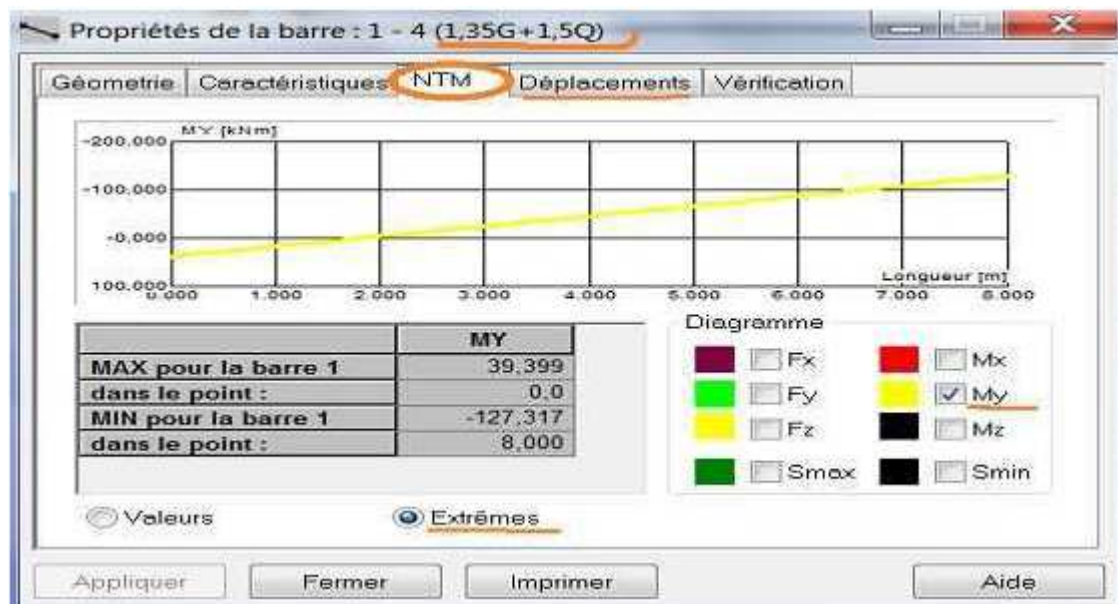
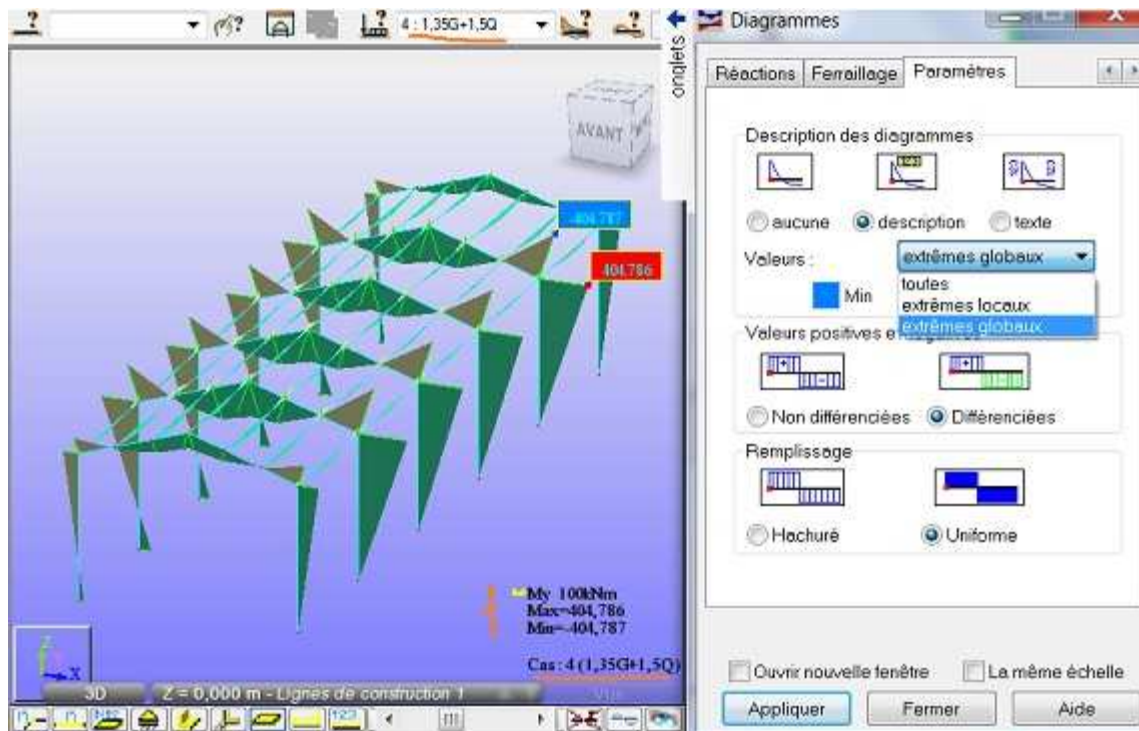


Si la forme du diagramme est mal présentée on clique sur **Normaliser** pour régler la taille du diagramme

On peut aussi changer la taille du diagramme en cliquant sur + et - puis sur **Appliquer**

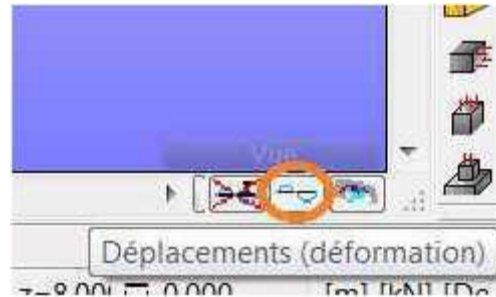
On peut aussi modifier les paramètres des diagrammes pour afficher les valeurs des

On peut voir les diagrammes des efforts internes et des déplacements de chaque élément de la structure séparément en cliquant sur la barre par le bouton droite de la souris et on clique **Propriétés de l'objet**.



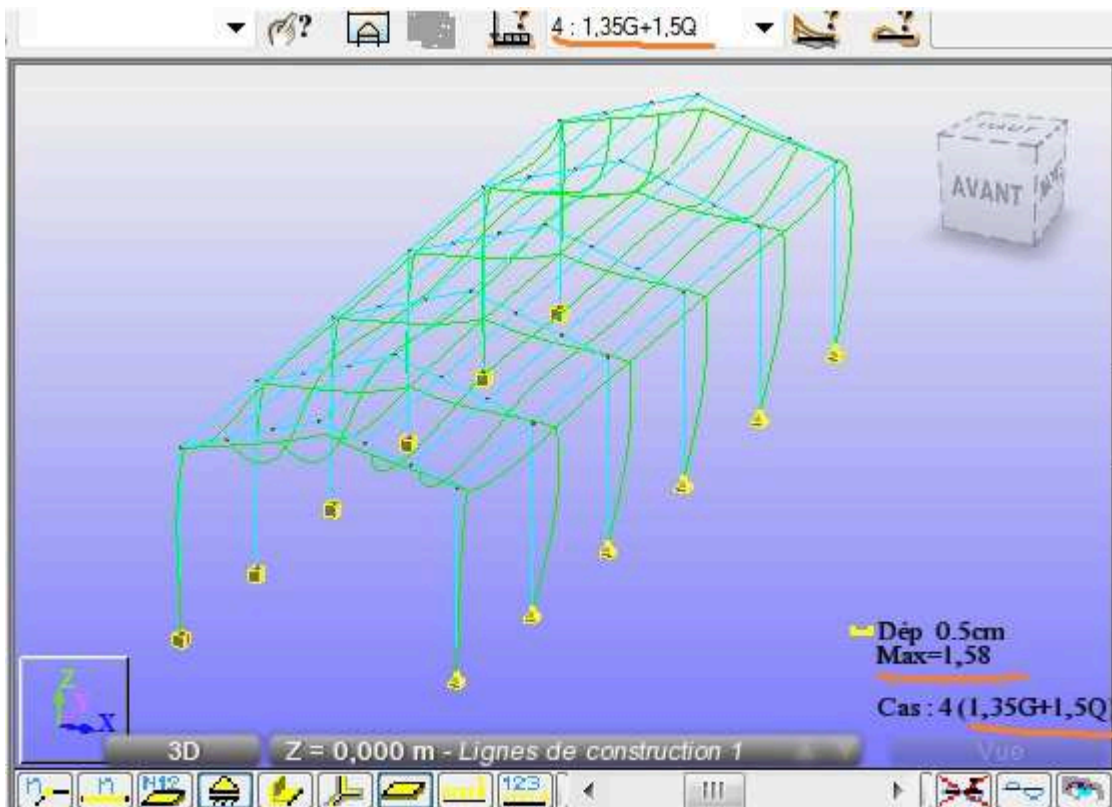


Pour afficher la déformée de la structure on clique sur l'icône **Déplacements** qui se trouve sur l'extrémité droite en bas de la fenêtre



On peut aussi afficher la déformée par la boîte de dialogue **Diagrammes** et démarrer une animation en cliquant sur **Démarrer** comme illustré sur la figure.

et à l'aide de la barre de commande de l'animation on peut enregistrer cette animation en fichier (.avi).



Chapitre III



**Modélisation d'une structure en béton armé par le logiciel Robot
(RSA 2010)**

III.1 Introduction

Cet application permet de traiter la conception d'une structure simple en béton armé par le logiciel Robot, afin de s'exercer quant à l'utilisation du logiciel pour les nouveaux utilisateurs.

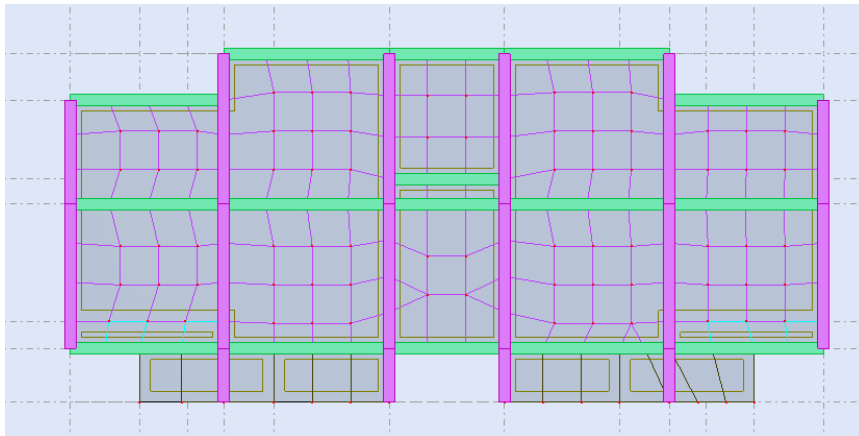
III.2 Présentation de l'ouvrage

Il s'agit d'un bâtiment à usage d'habitation en R+4, implanté à la ville de Guelma (zone IIa, selon le RPA 99 version 2003), dont le contreventement est assuré par une structure mixte (voiles + portique en BA).

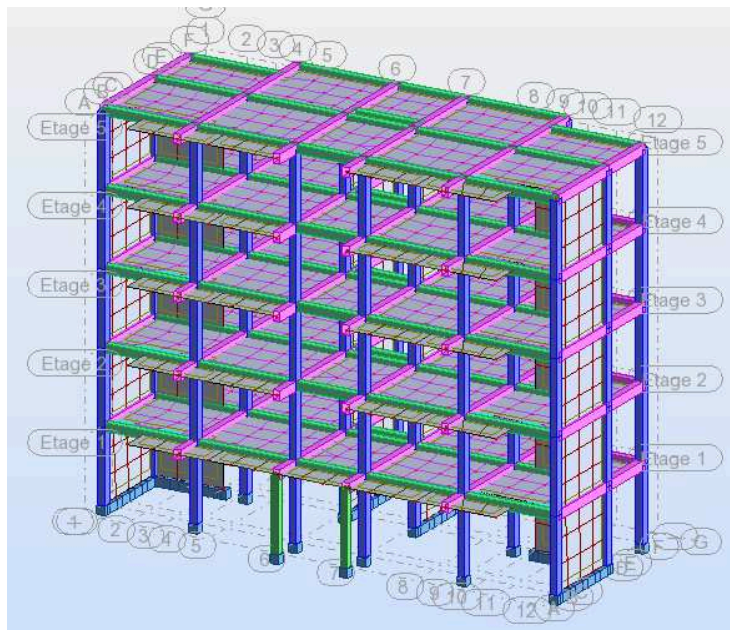
Nombre d'étage : R+4

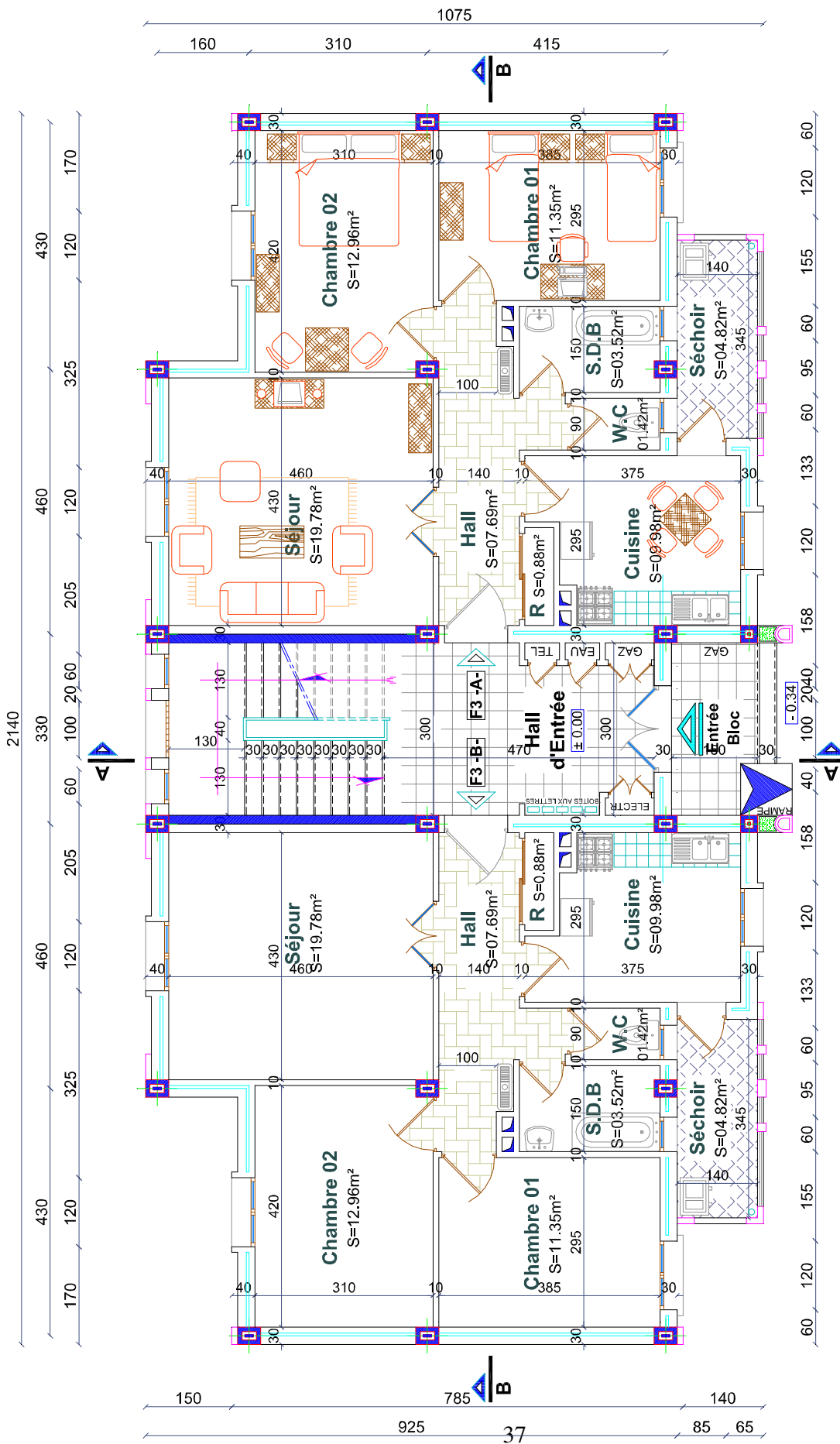
Hauteur d'étage: 3.20 m pour tous les niveaux.

2.1 Vue en plan de la structure



2.2 Vue en 3D du modèle numérique





PLAN R.D.C Ech: 1/100

2.3 Dimensions de la structure

Longueur du bâtiment = 21.4 m.

Largeur du bâtiment = 10.75 m.

Hauteur total = 16.0 m.

2.4 Dimensions des éléments structuraux

Poteaux : 30x40 pour tous les niveaux;

Poutres : Poutres principales: 30x40 - Poutres secondaires: 30x35

Plancher : Plancher type corps creux : 16+4

Dalle pleine : Dalle pleine de 14 cm d'épaisseur.

Voile : Voile de 15 cm d'épaisseur

Escalier : épaisseur de la paillasse = 16 cm

2.5 Evaluation des charges

Etage courant: $G = 5.0 \text{ Kn/m}^2$; $Q = 1.5 \text{ Kn/m}^2$ (chambres); $Q = 3.5 \text{ Kn/m}^2$ (balcons);

Etage terrasse (inaccessible): $G = 6.3 \text{ Kn/m}^2$; $Q = 1.0 \text{ Kn/m}^2$ (terrasse inaccessible).

III.3 Modélisation

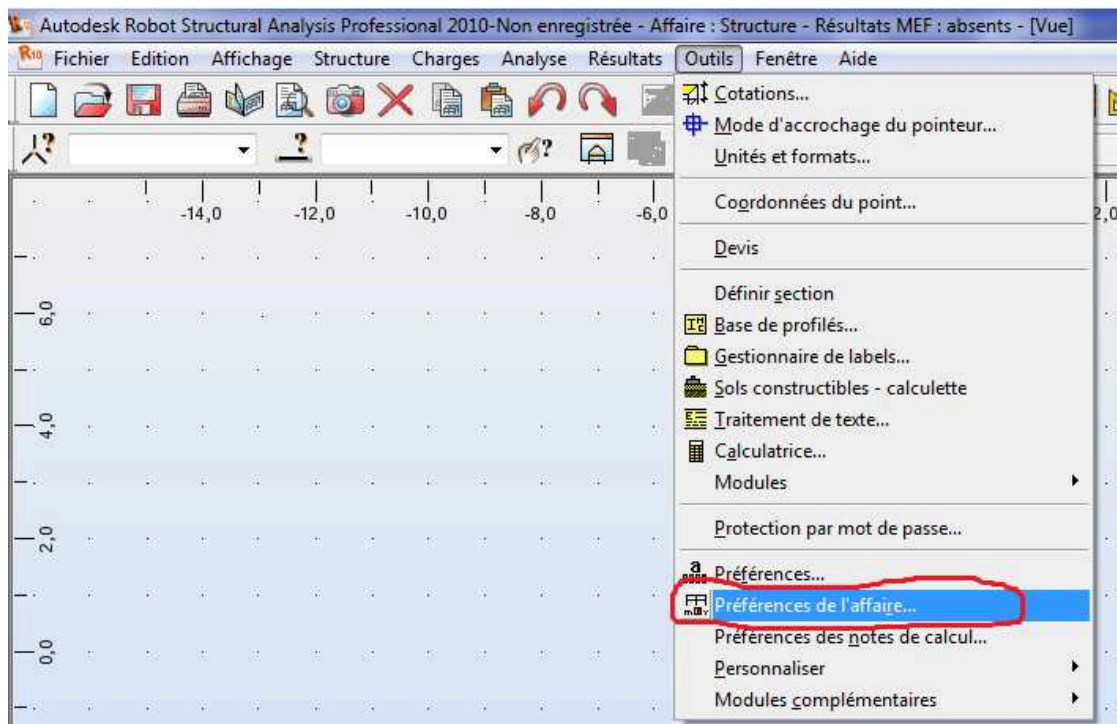
3.1 Lancement du projet

Au démarrage du logiciel cliquez sur le module « Etude d'une coque » (l'utilisation de ce module facilite la modélisation des voiles et des dalles pleines) :



3.2 Réglage des préférences

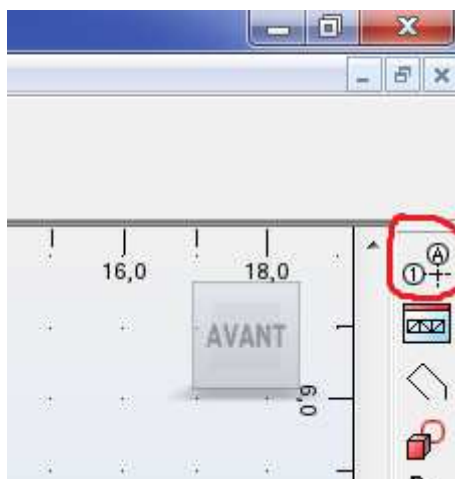
Avant d'entamer la modélisation il faut régler les préférences (langue, affichage,) et préférences de l'affaire (Unités, Matériaux, Normes,). Pour cela, cliquez sur le menu déroulant outils/préférences (ou outils/préférences d'affaire).



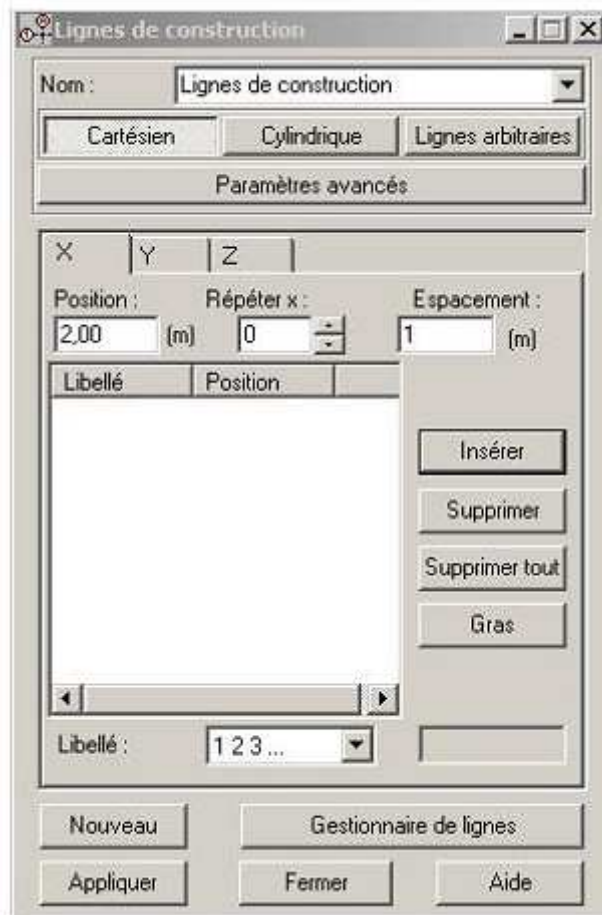
Remarque : Cette procédure se fait une seule fois lorsque vous installez le logiciel.

3.3 Lignes de construction

La première étape de modélisation est le dessin des lignes de construction. Ces lignes représentent les axes de la structure (X, Y et Z). Dans la fenêtre de Robot allez à la première icône de la barre d'outils qui se trouve sur la droite de la fenêtre:



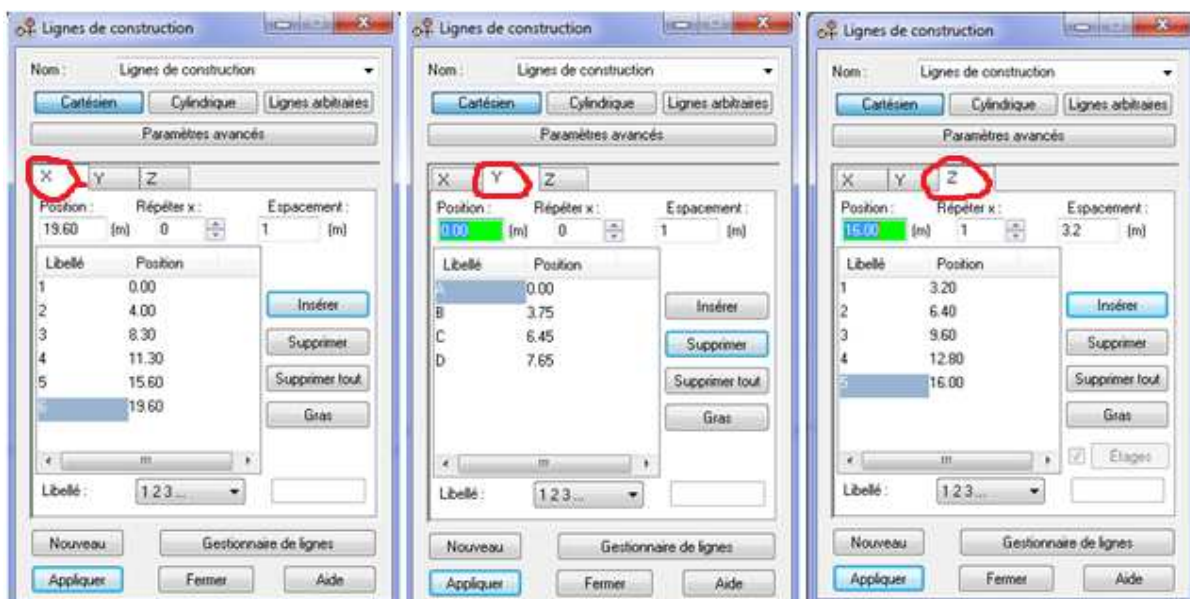
La boîte de dialogue suivante s'ouvre :



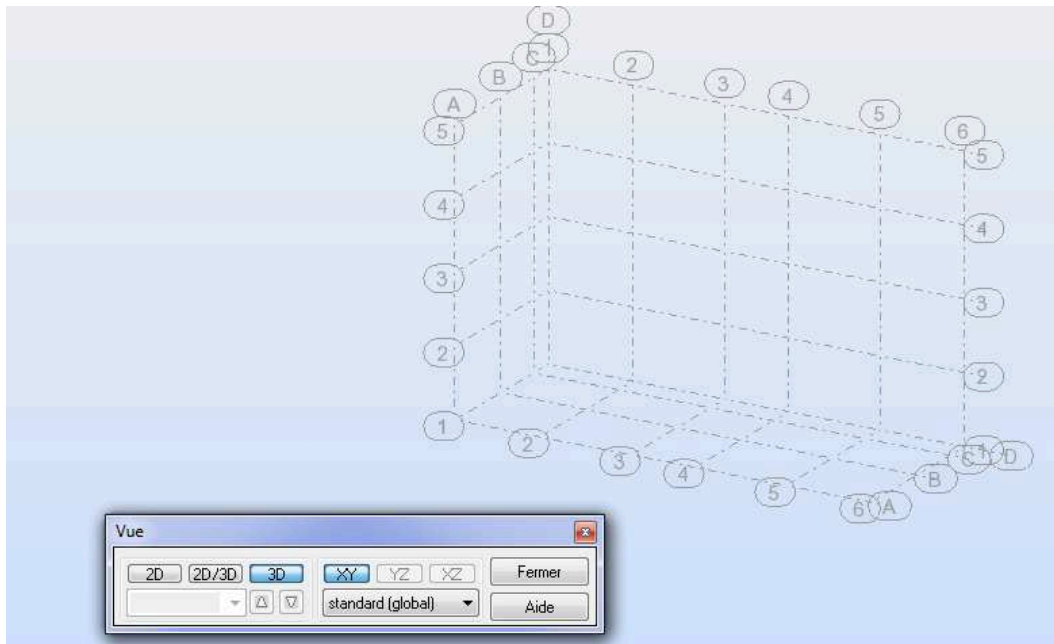
Dans le champ (répéter) on doit saisir toujours la valeur 1 puisqu'on ne pas des valeurs entraxe qui se répètent (sauf pour l'axe Z ou on peut répéter 4 fois 3.20).

Dans le champ (espacement), saisir la valeur des entraxes et à chaque fois on clique sur (insérer). On fait cette opération pour les trois axes (X, Y et Z).

On doit avoir le résultat suivant :

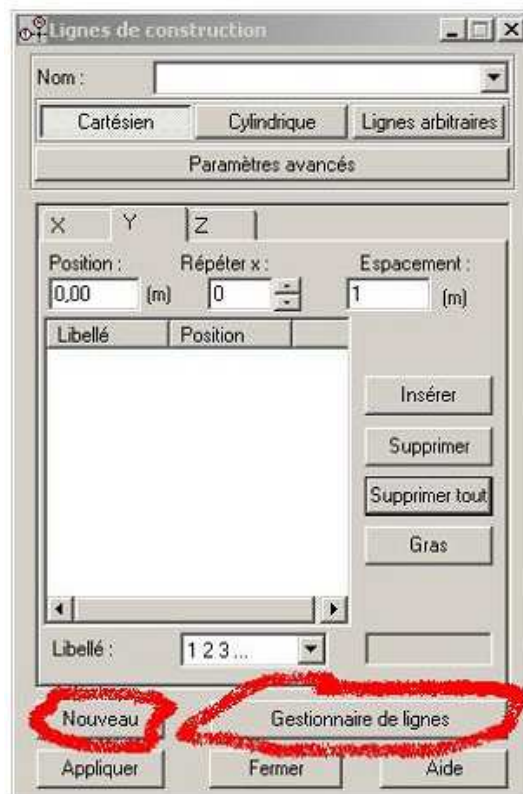


Cliquez sur (appliquer) et activez la vue en 3D, on aura le résultat suivant :



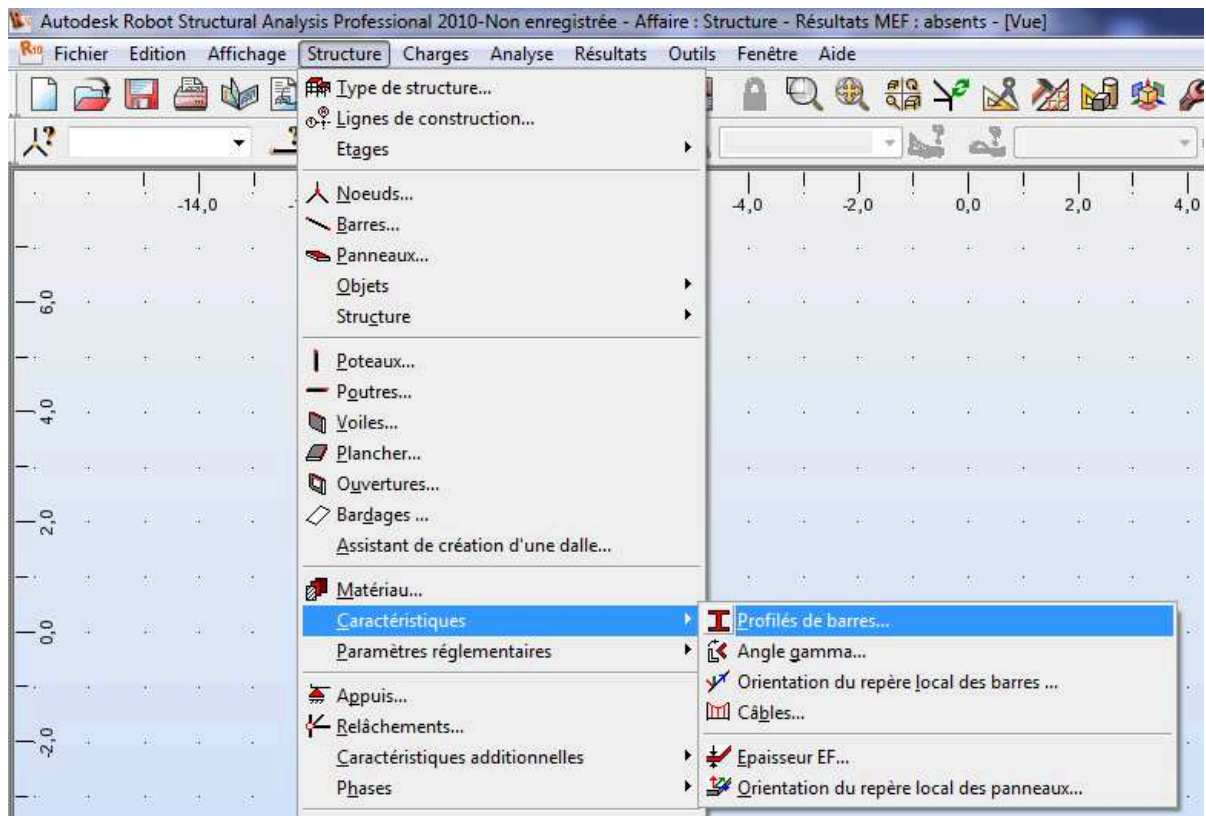
Note:

- On peut définir dans la même affaire plusieurs lignes de construction en utilisant l'option (nouveau) dans la boîte de dialogue (lignes de construction). On peut aussi faire la gestion de ces lignes (supprimer, activer ou désactiver les lignes voulues) en utilisant l'option (gestionnaire de lignes) dans la boîte de dialogue (lignes de construction).



3.4 Définition des sections pour les éléments barres (poteaux et poutres)

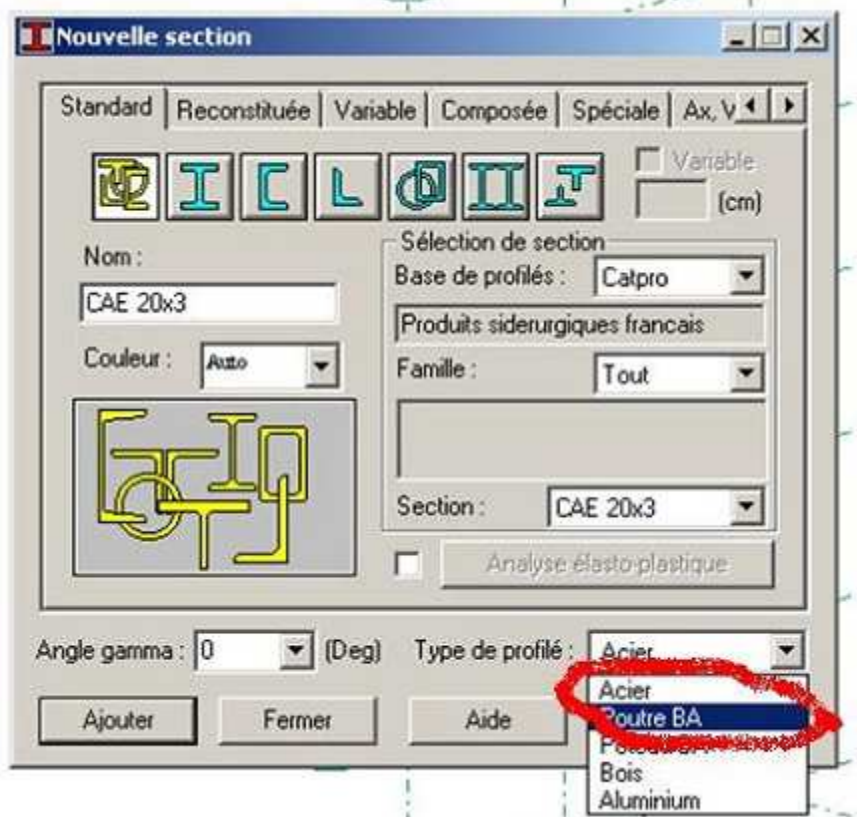
Cliquez sur menu déroulant Structure -- caractéristique -- profils de barre :



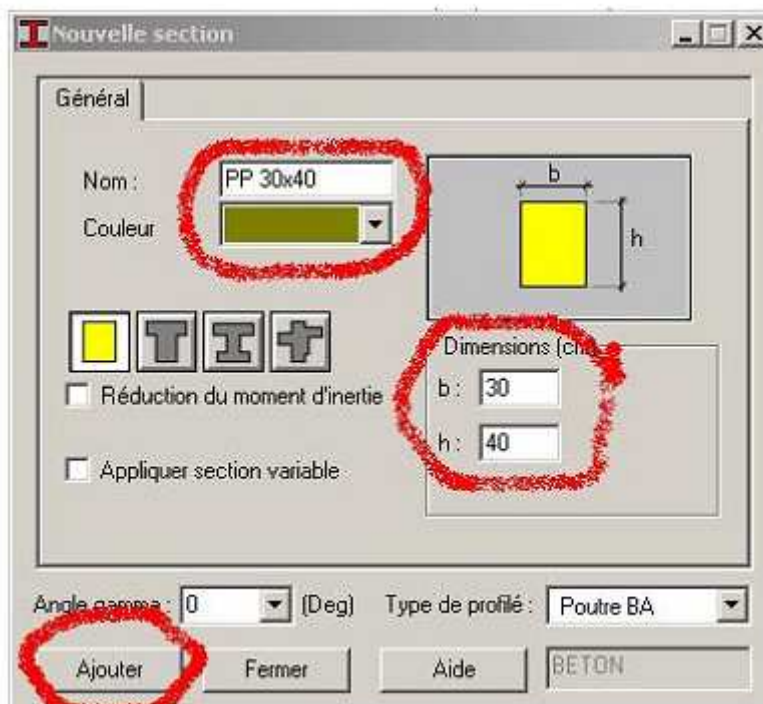
Dans la boîte de dialogue (profilés) cliquez sur (supprimer toutes les sections non utilisées) puis cliquez sur (nouveau) :



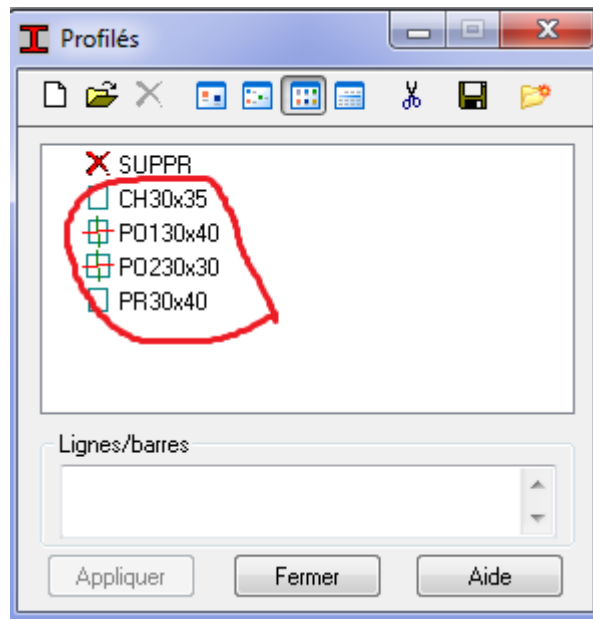
Dans la boîte de dialogue (nouvelle section) cliquez sur le champ (type de profilés) et sélectionnez (poutre BA) :



Donnez le nom, la couleur et les dimensions de la poutre puis cliquez sur (ajouter) :

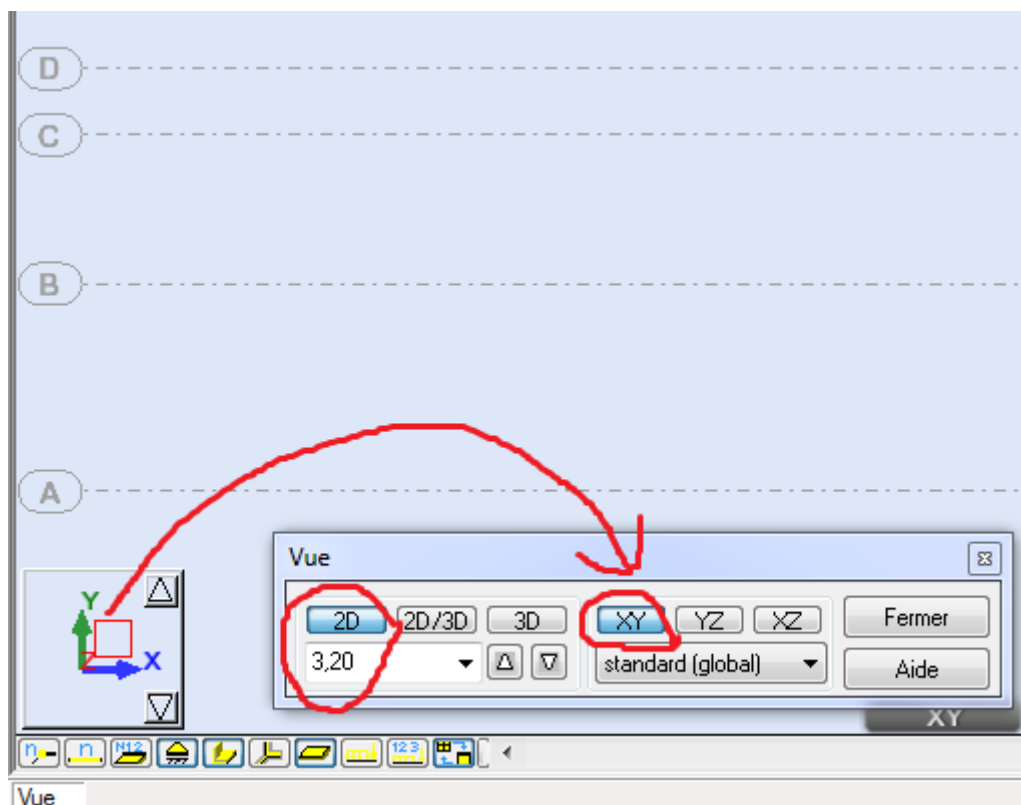


Refaire la même opération pour définir les autres sections des poutres et des poteaux (PS 30x35) et (poteaux 30x40).

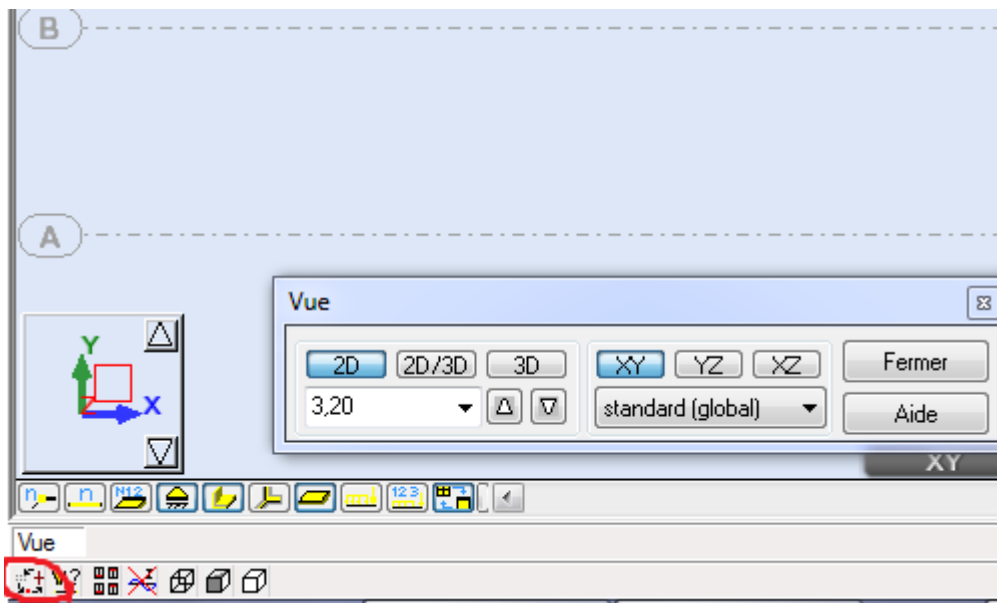


3.5 Définition de la structure

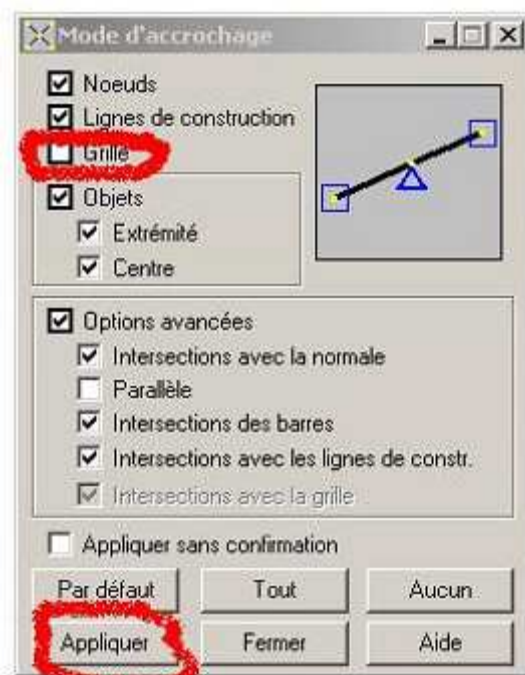
Activez la boîte de dialogue (gestion des vues) et allez au niveau 3.20 plan XY :



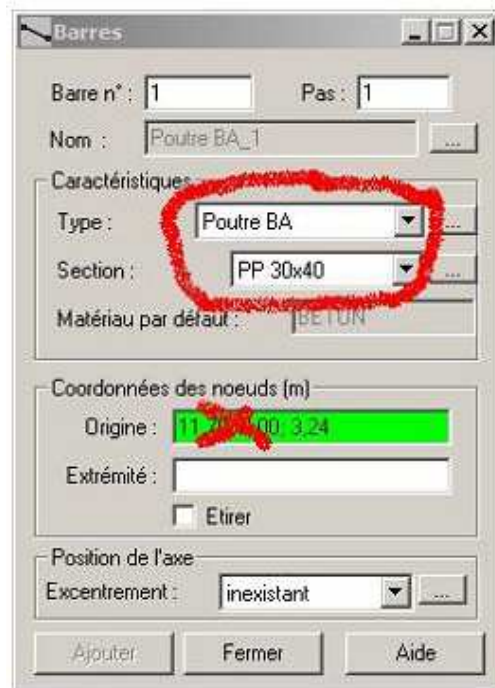
Pour éviter des erreurs de modélisation, désactiver l'accrochage de la grille, pour cela, Cliquez sur l'icône mode d'accrochage (se trouvant sur l'extrémité gauche en bas de la fenêtre) :



Dans la boîte de dialogue mode d'accrochage, désactiver l'accrochage de la grille, cliquez sur appliquer et fermer.

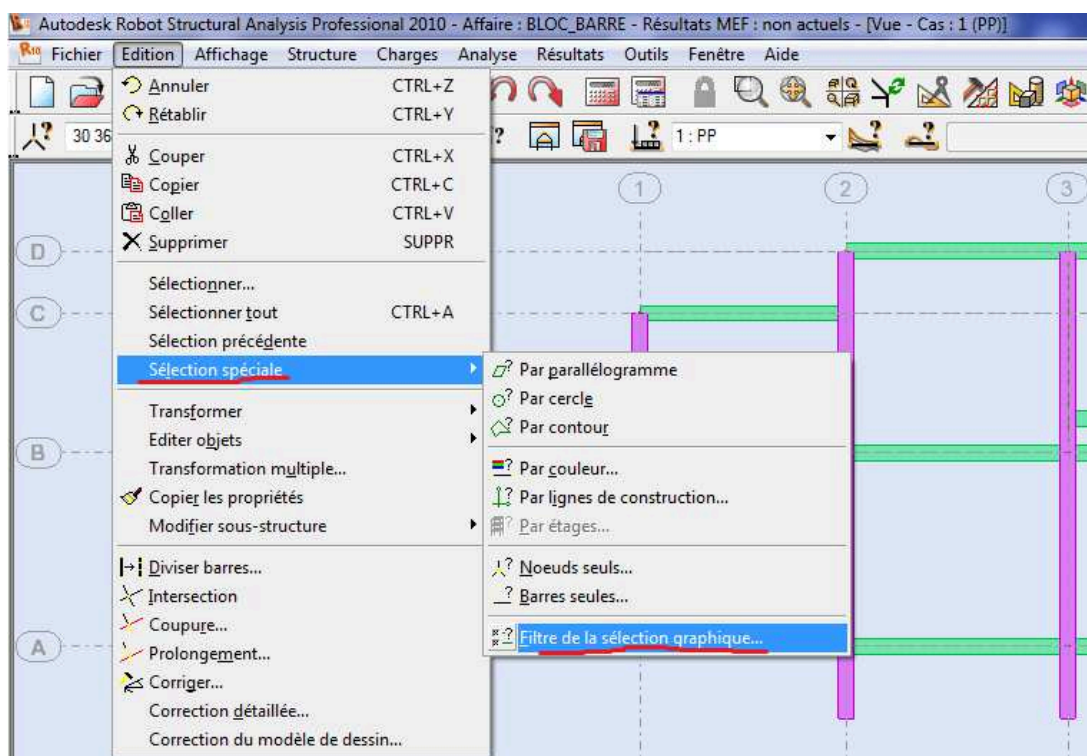


Maintenant, cliquez sur le menu déroulant structure -- barres. La boîte de dialogue ci-dessous s'ouvre :

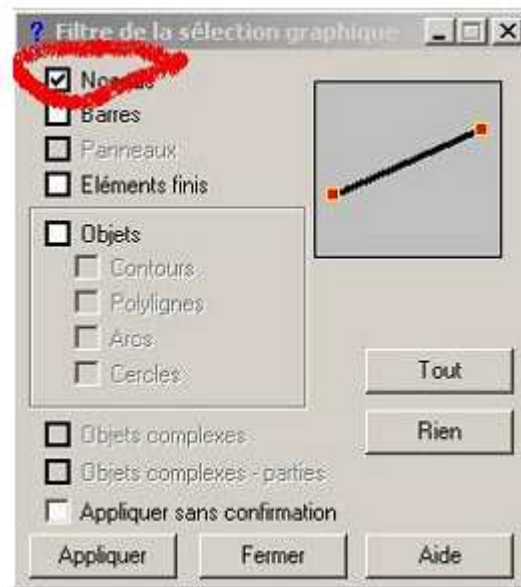


Dans le champ (type) sélectionnez poutre BA, dans le champ (section) sélectionnez (PP 30x40). Cliquez sur le champ (origine) et commencez le dessin des poutres principales. Par le même principe on peut dessiner toutes les poutres principales et secondaires du plancher niveau 3.20.

Maintenant on va modéliser les poteaux en utilisant la commande (translation) avec l'option (étiré). On doit tous d'abord sélectionner les nœuds du plancher 3.20, allez au menu déroulant Edition -- Sélection spéciale -- Filtre de la sélection graphique :



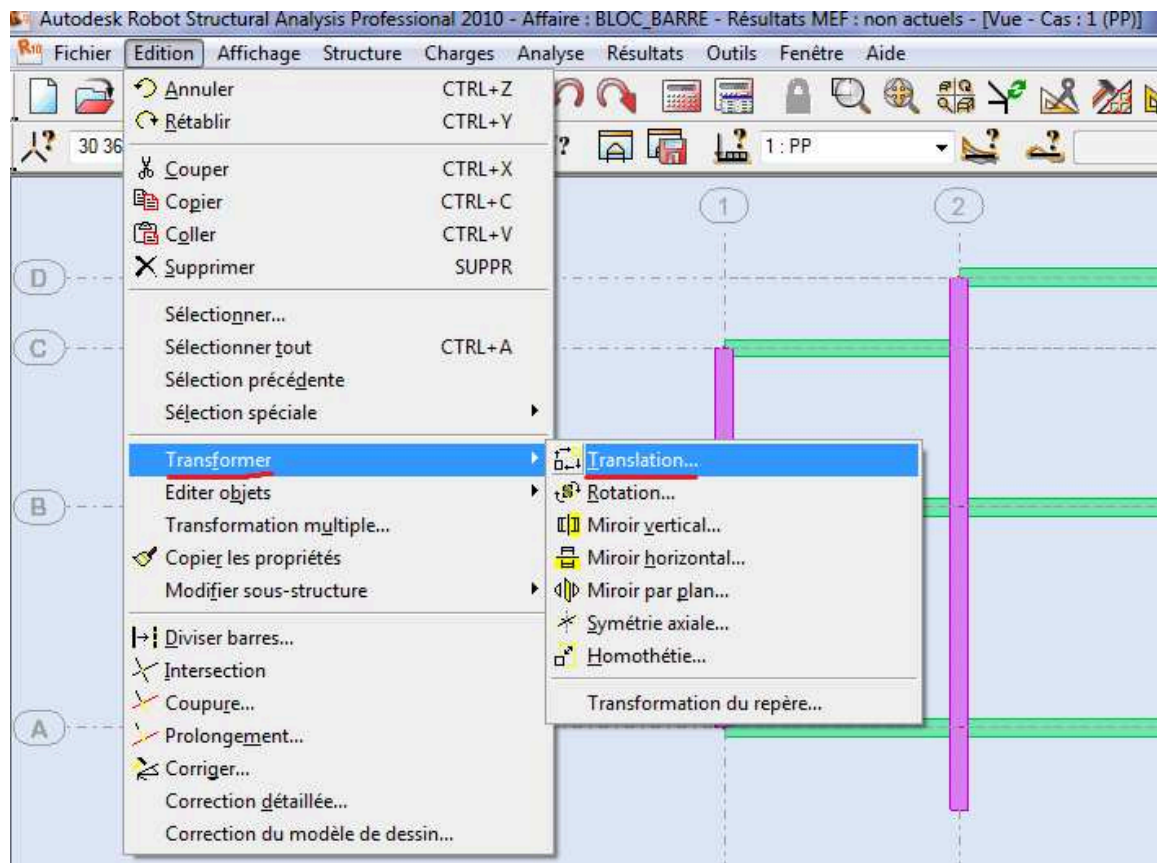
Dans la boîte de dialogue (Filtre de la sélection graphique) désactivez toutes les cases sauf la case (nœud):



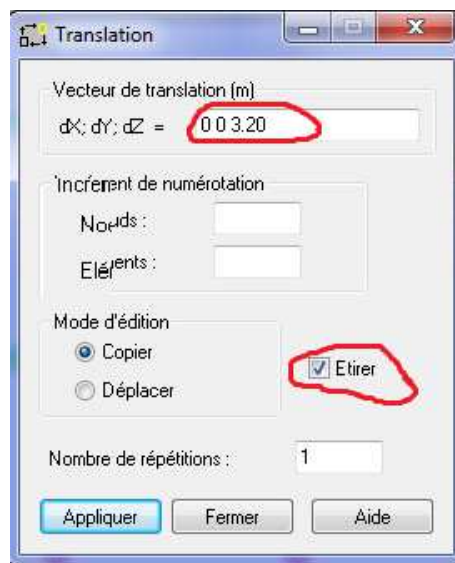
Cliquez sur appliquer et fermer.

Dans la boîte de dialogue (Profilés) sélectionné (poteau 30x40) et fermer. Maintenant sélectionnez toutes la structure, vous allez remarquer que vous n'avez sélectionné que les nœuds (la sélection des autres éléments est désactivée).

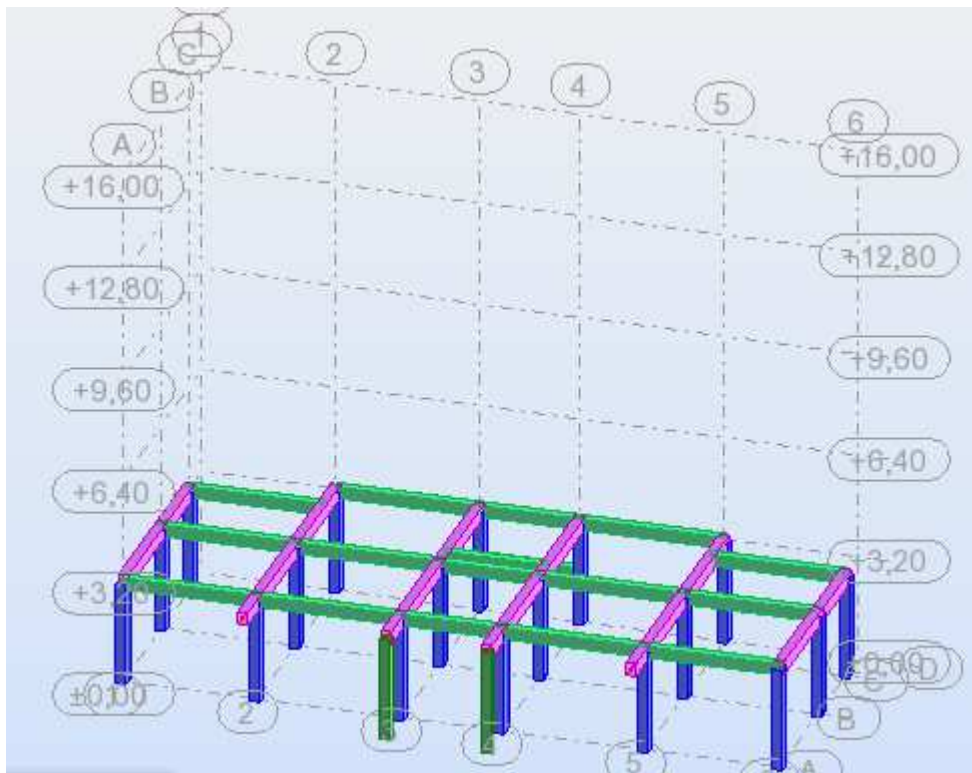
Allez au menu déroulant Edition transformation -- translation :



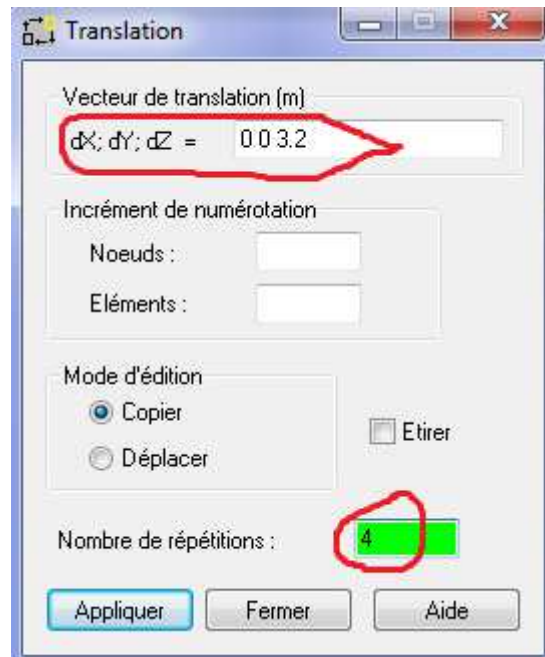
Activer la vue 3D et saisir dans la boîte de dialogue (translation) la valeur (0 ; 0 ; -3.20). En activant l'option (étiré) :



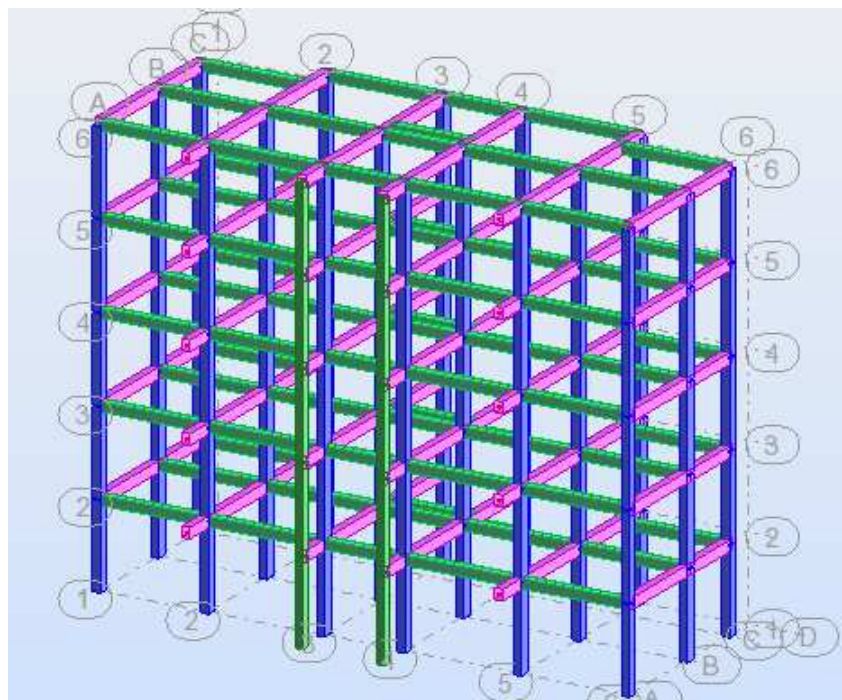
Cliquez sur (appliquer) et vous aurez le résultat suivant :



Allez à la boîte de dialogue (Filtre de la sélection graphique) et activer toutes les sélections. Appuyer sur (Ctrl+A) pour sélectionner la structure entière. Allez à la boîte de dialogue (translation) et faire les réglages suivants :

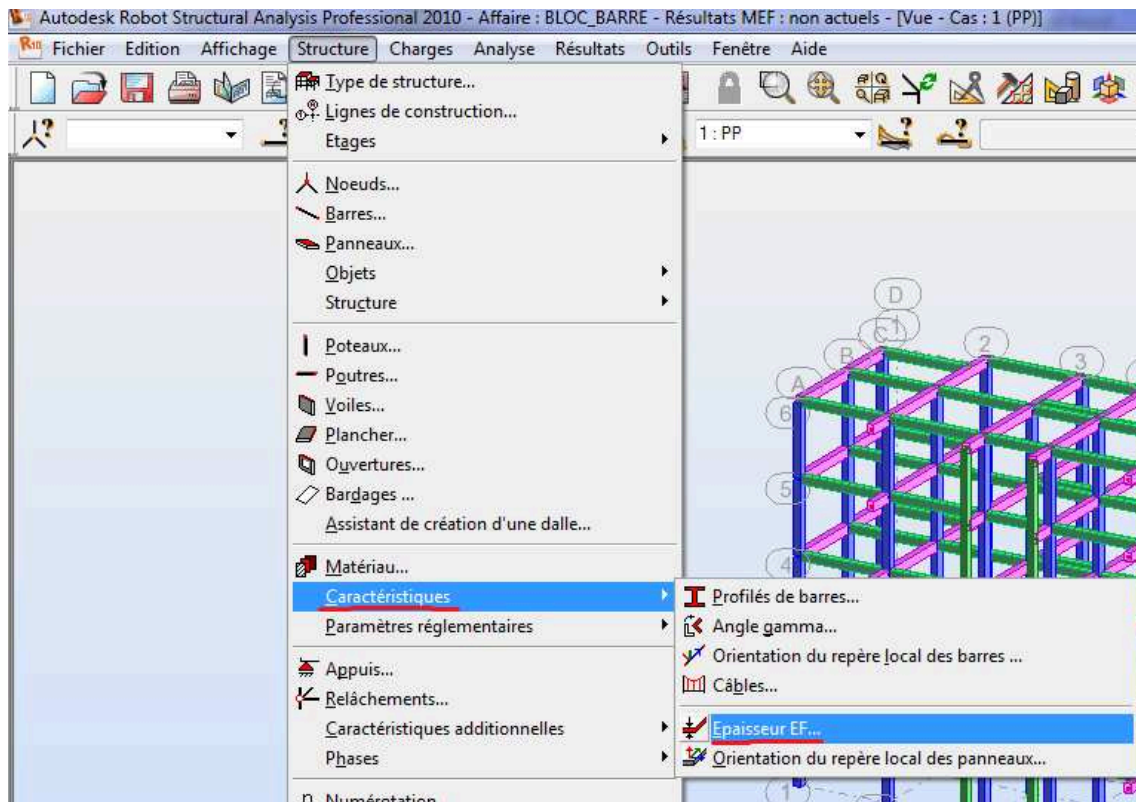


Et vous aurez le résultat suivant :

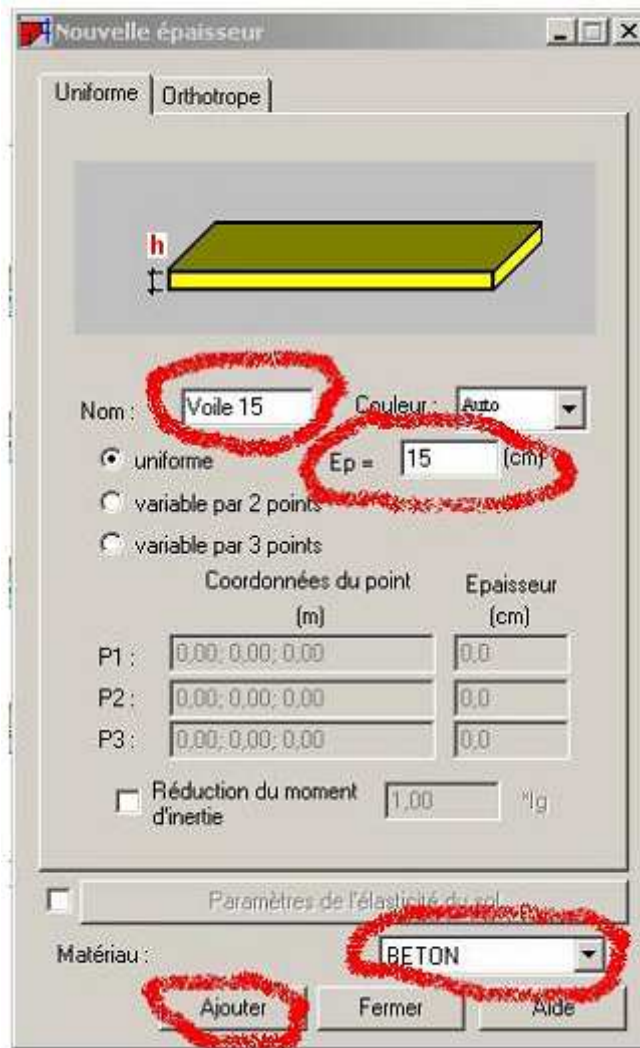


3.6 Modélisation des voiles, escaliers et dalles pleines

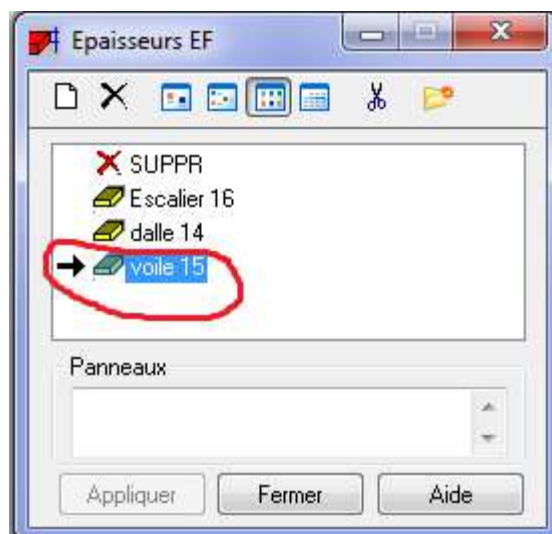
Définition des épaisseurs : Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Caractéristique -- Epaisseur EF :



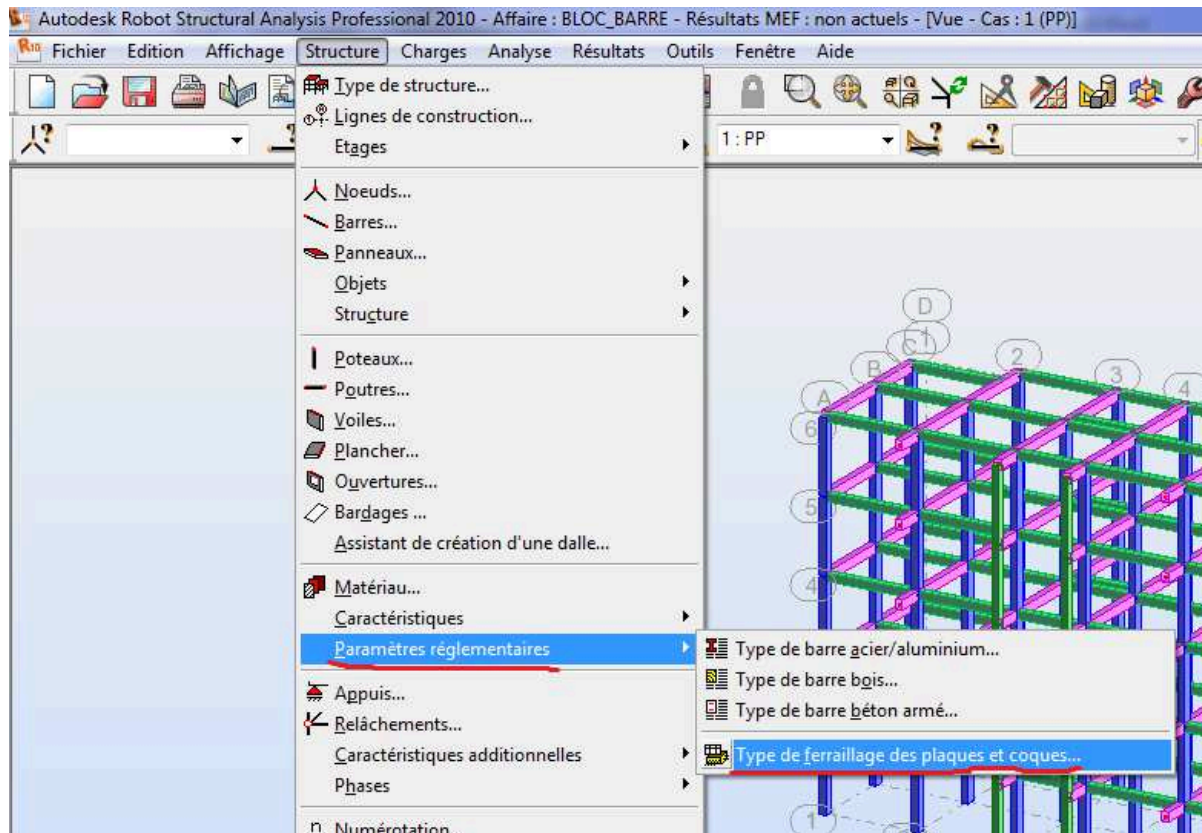
Cliquez sur (Définir nouvelle épaisseur) et saisir le nom, l'épaisseur et le matériau puis cliquez sur ajouter :



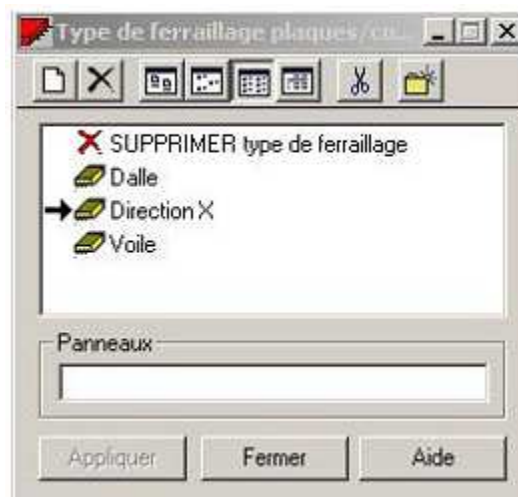
Refaire la même procédure pour définir les dalles pleines d'épaisseur 14cm et les escaliers d'épaisseur 16cm. Sélectionner (voile 15) et fermer :



Définition du type de ferrailage : Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Paramètre réglementaire -- Type de ferrailage des plaques et coque :



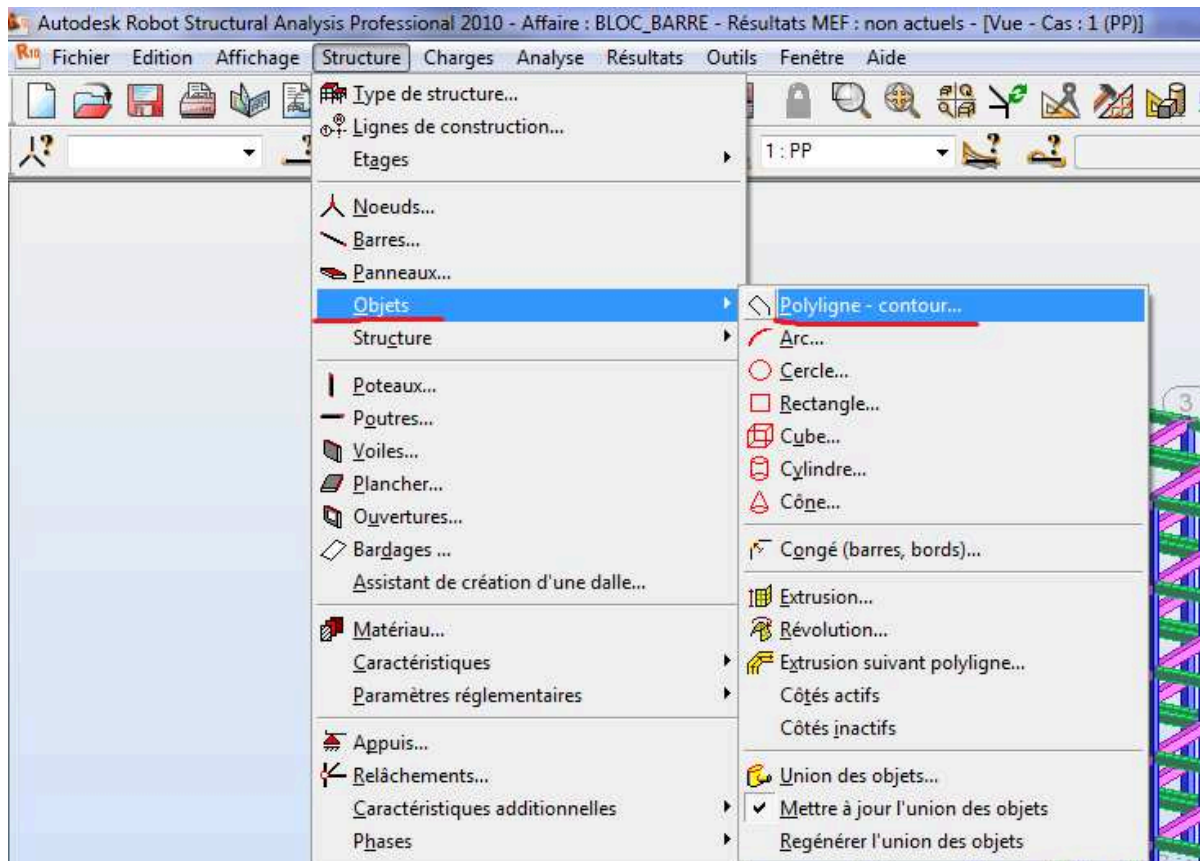
Vous aurez la boîte de dialogue suivante :



De la même manière que pour les épaisseurs, on doit définir deux types de ferrailage (un pour les dalles pleines et escalier et un autre pour les voiles). Sélectionner le type (voile) et fermer.

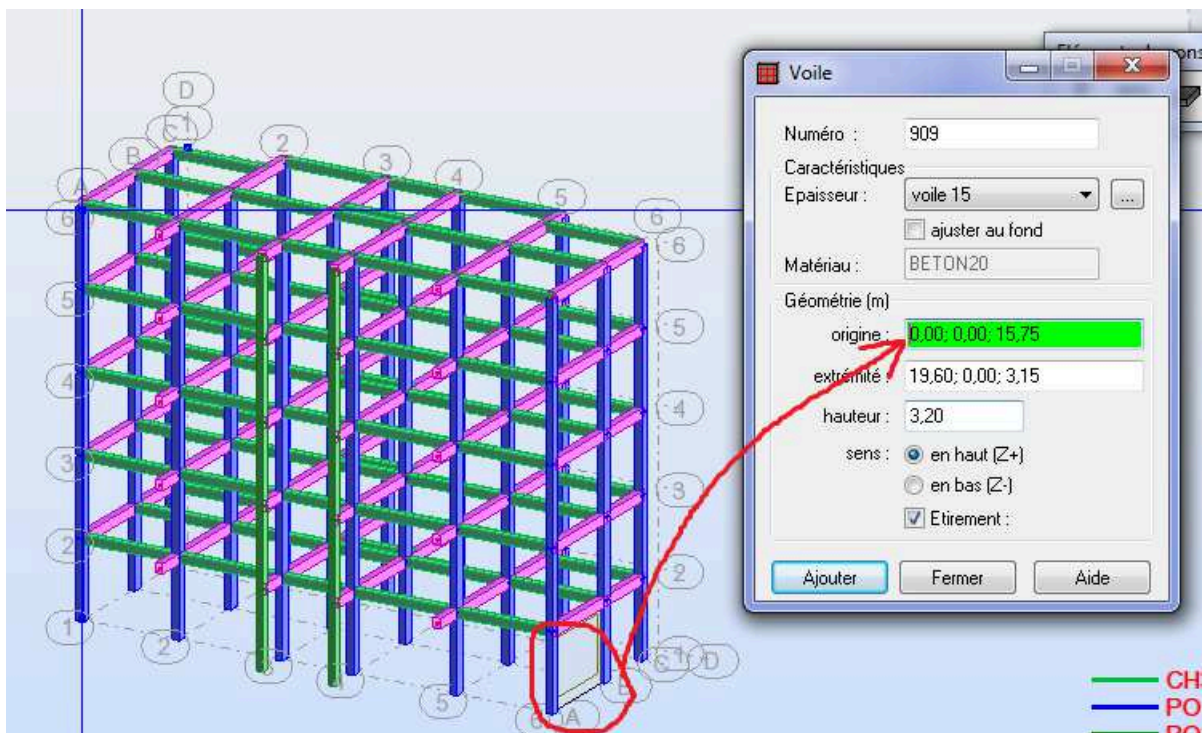
a. Dessin des voiles

Cliquez sur le menu déroulant Structure Objet Poly ligne -- contour :

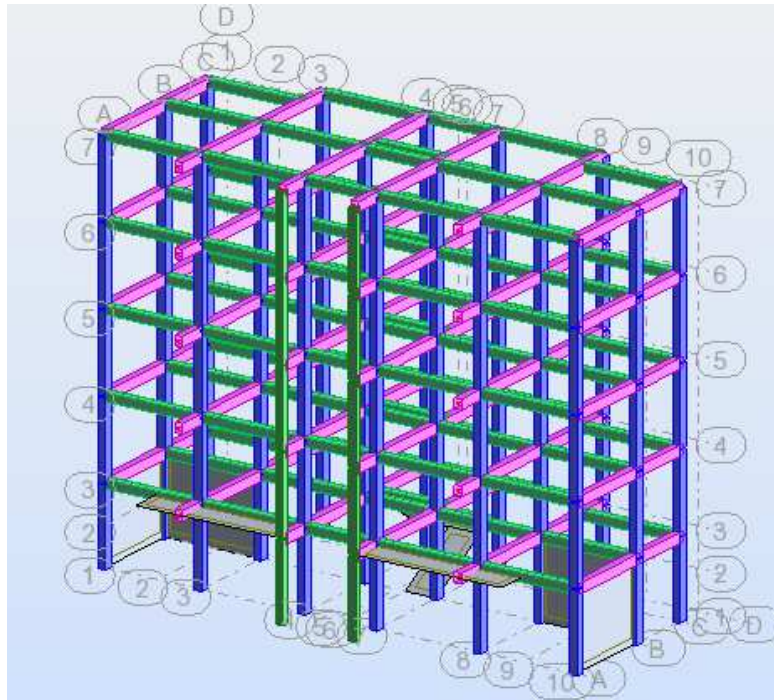


Dans la boîte de dialogue (Poly ligne-contour) cliquez sur (paramètre) et cocher le champ (Panneau) puis cliquez sur géométrie et ensuite sur le champ de saisie des coordonnées se trouvant à coté du champ (Ajouter) :

Maintenant, sur la fenêtre graphique cliquez sur les quatre points définissant le voile :

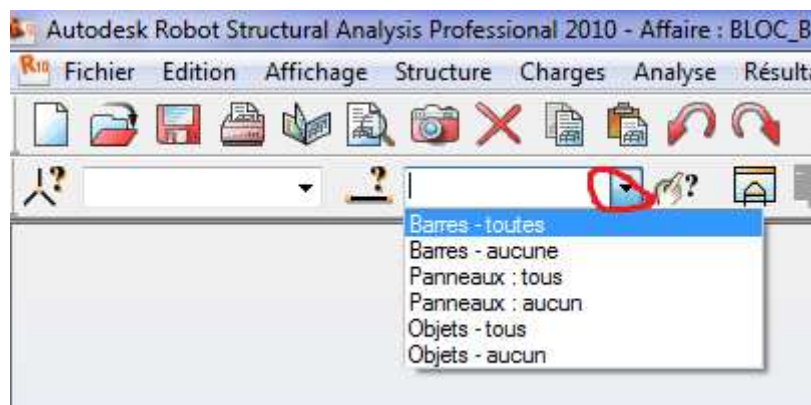


Par la même méthode on va dessiner tous les voiles, les dalles pleines et les escaliers du RDC. Lorsqu'on termine les voiles et on entame les dalles pleines on doit d'abord aller à la boîte de dialogue (Epaisseur EF) et à la boîte de dialogue (Type de ferrailage des plaques et coque) et on doit changer le type par défaut (décocher (voile) et cocher (dalle pleine)). Nous aurons :

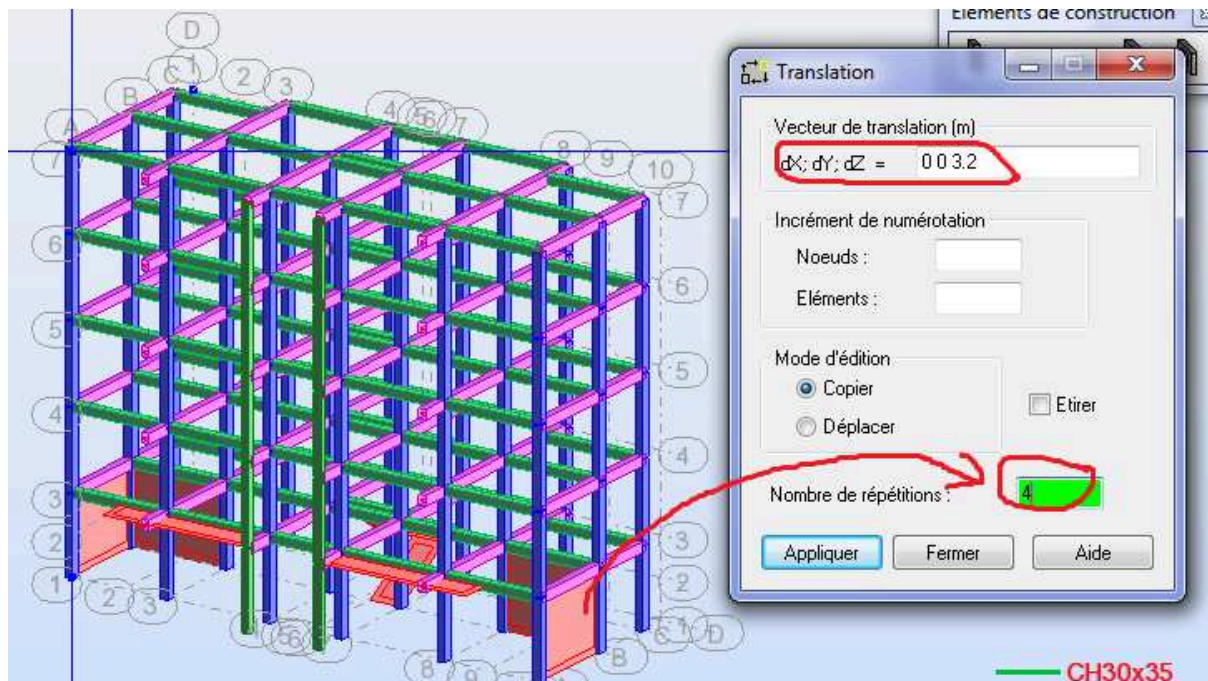


Maintenant nous allons copier les voiles, les dalles pleines et les escaliers du RDC vers le 1er et 2èm et 3èm étage.

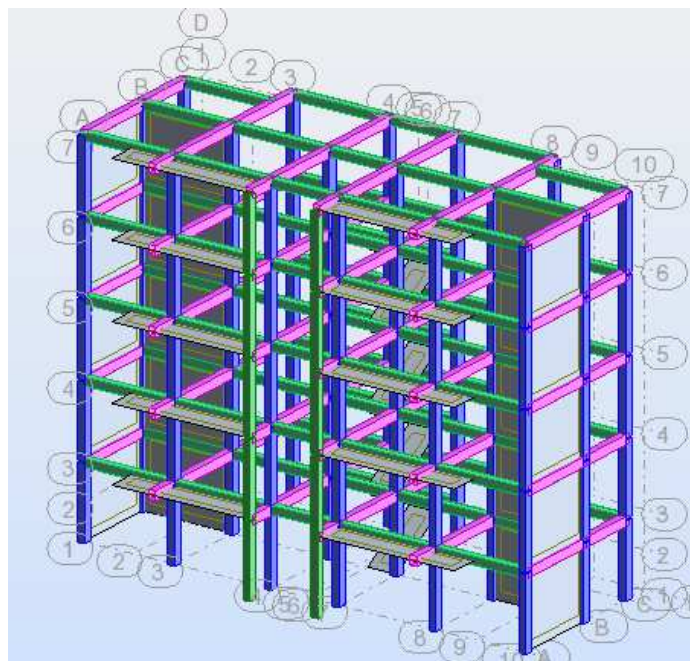
Pour cela, procédant à une sélection rapide de tous ces éléments : Cliquez sur l'icône de sélection (voir la figure ci-dessous) et cliquez sur (panneaux : tous) :



Par la suite on va utiliser la commande translation pour copier vers les étages supérieurs :



et nous obtenons le modèle géométrique final de notre bâtiment:



Notre conception étant faite, procédons maintenant au chargement de notre structure.

III.4 Chargement

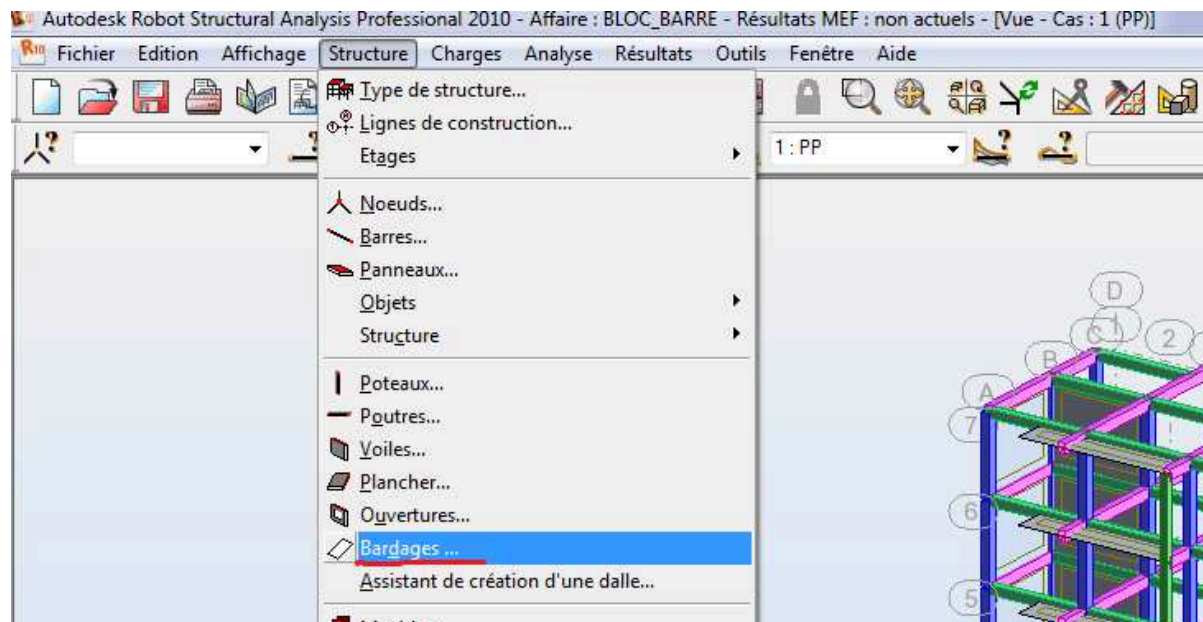
Cliquez sur le menu déroulant (Chargement -- Cas de charge), vous aurez la boîte de dialogue (Cas de charge). Dans cette boîte de dialogue on va définir deux types de cas de charge (Charge permanente G et charge d'exploitation Q) :



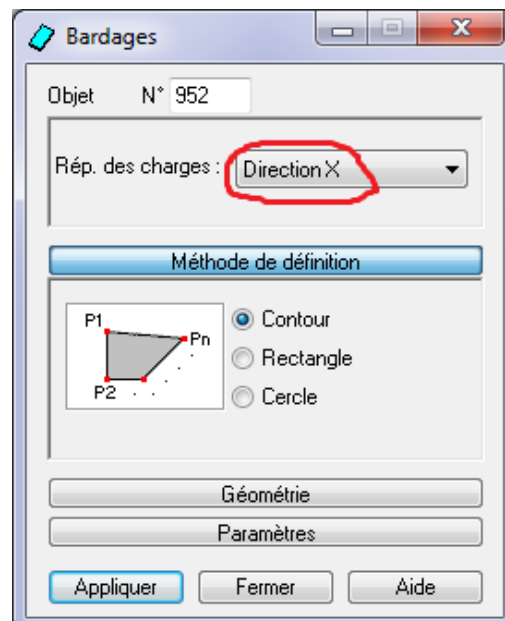
Le poids propre sera pris en compte avec la charge permanente G. Pour les charges sismiques, elles seront générées automatiquement par le logiciel. Les autres charges (vent, neige) seront négligées.

4.1 Définition des Bardages

Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Bardage :

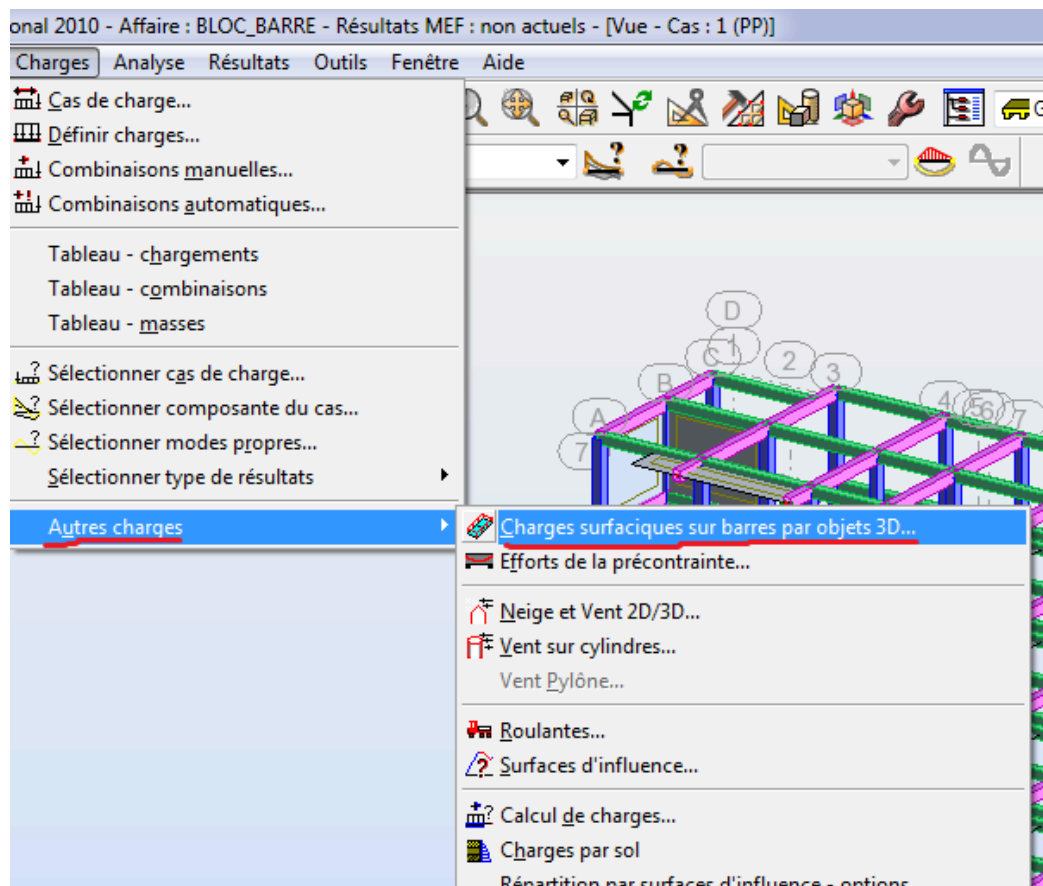


Dans la boîte de dialogue (Bardage) définissez le numéro, le sens du bardage et enfin cliquez sur appliquer :

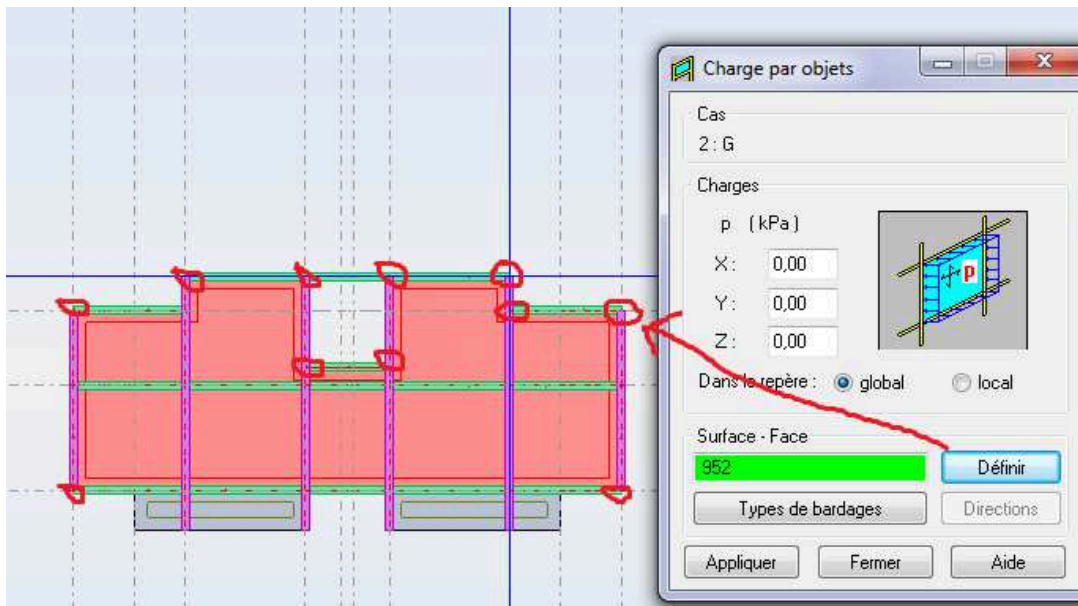


4.2 Assignation des charges

Dans le plan (XY) niveau 3.20, aller au menu déroulant Chargement -- autres charges -- Charge surfacique sur barre par objet 3D :



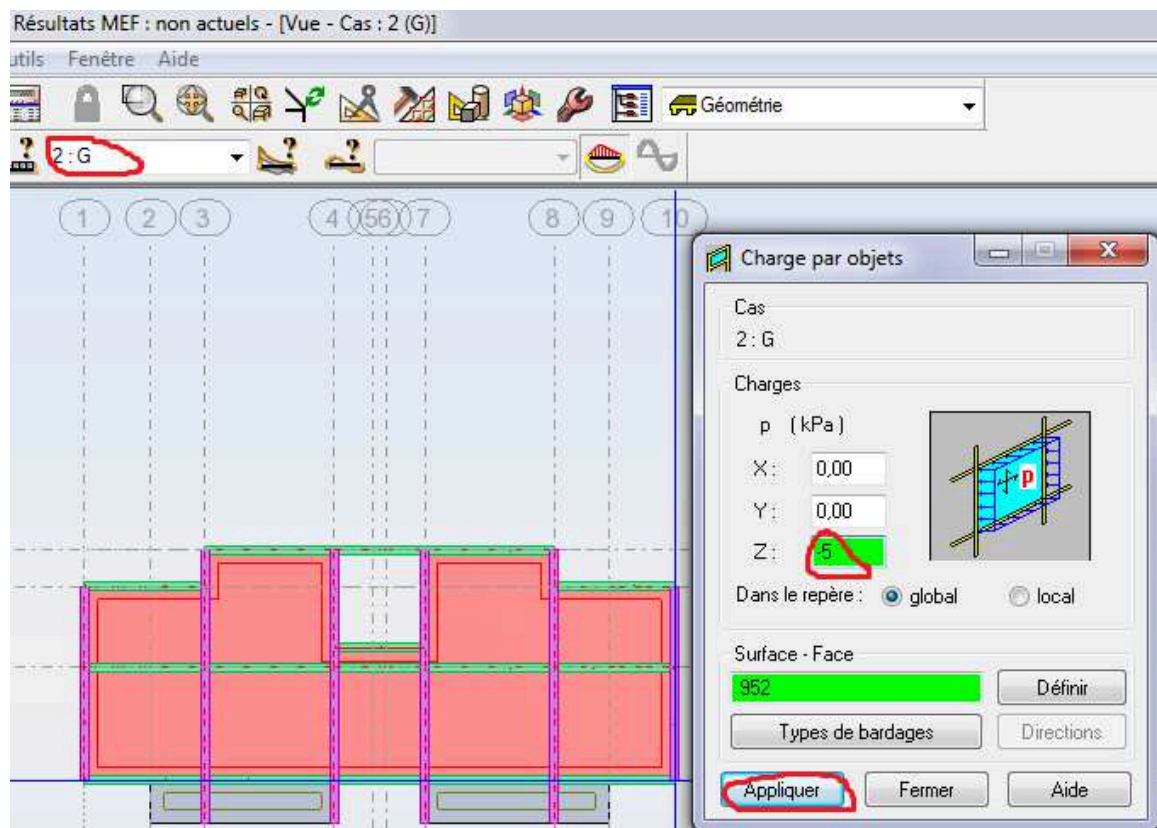
Dans la boîte de dialogue (Charge par objet) cliquez sur (définir) et dessinez le contour qui représente le plancher :



Remarque

Pour éviter les erreurs dans le sens du bardage, il faut que le premier vecteur du contour (la ligne 1-2) soit parallèle à l'axe X globale.

Dans la zone (cas de charge) choisir G et entrez la valeur (-5.0 Kpa) dans le champ Z de la boîte de dialogue (charge par objet) puis cliquez sur (appliquer).

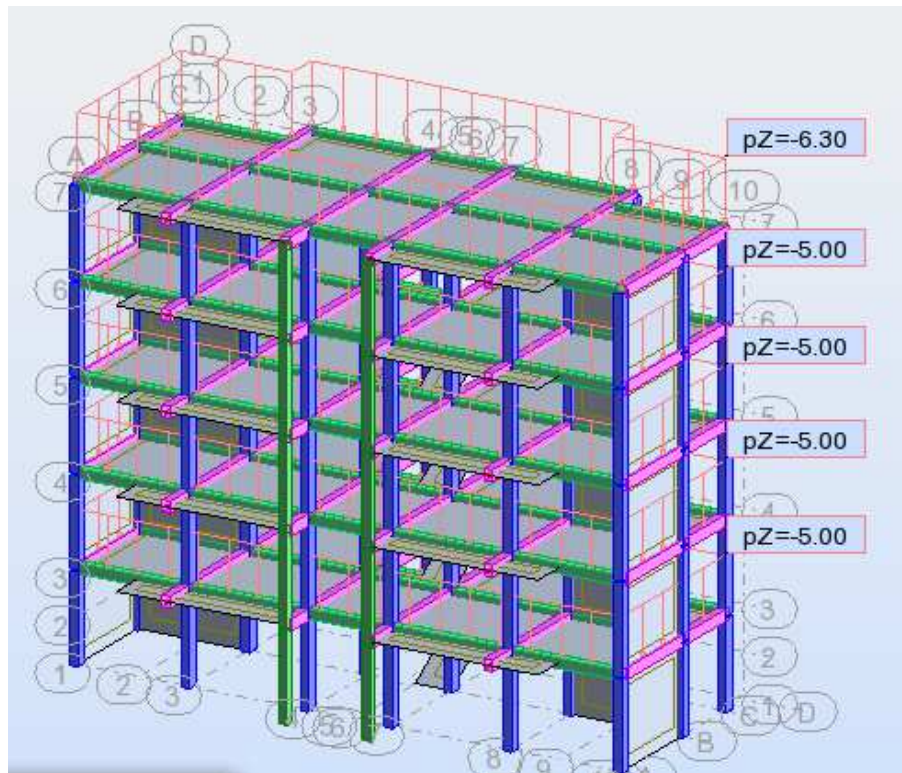


Refaire la même opération avec le cas de charge Q en entrant la valeur (-1.5 KPa).

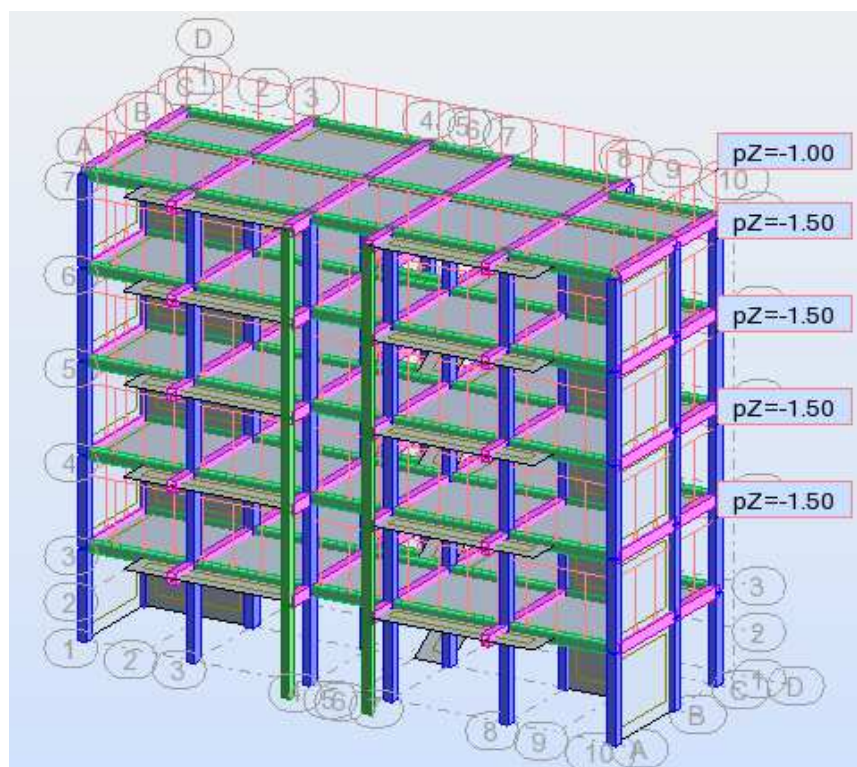
On doit refaire la même opération pour tous les autres niveaux sauf pour le niveau 16.00 (terrasse inaccessible), ou on doit remplacer la valeur (-5.0) par (-6.30) pour la charge G et la valeur (-1.5) par (-1.0) pour la surcharge Q.

Nous obtenons ainsi :

Pour la charge permanente G :

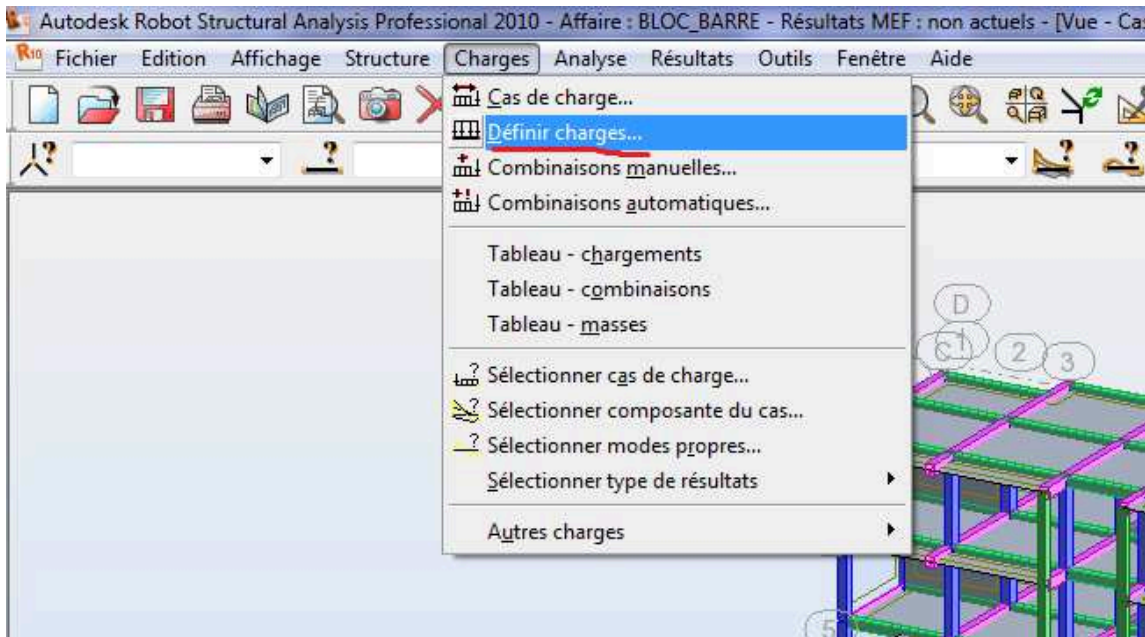


Pour la charge d'exploitation Q :

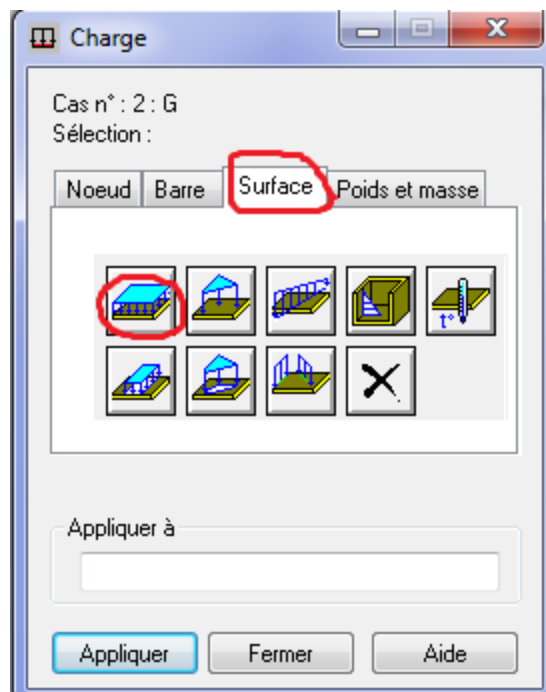


4.3 Charge sur les dalles pleines et les escaliers

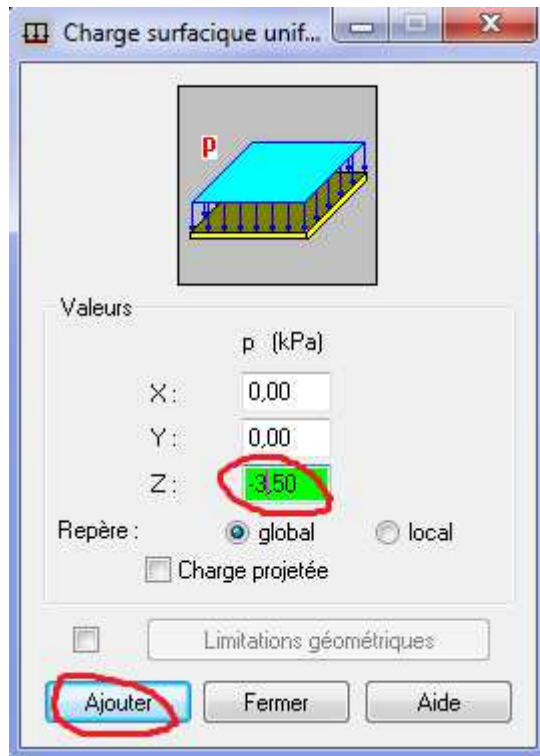
Pour les dalles pleines et les escaliers on doit utiliser la boîte de dialogue (définir charge). Cliquez sur le menu déroulant Chargement -- définir charge :



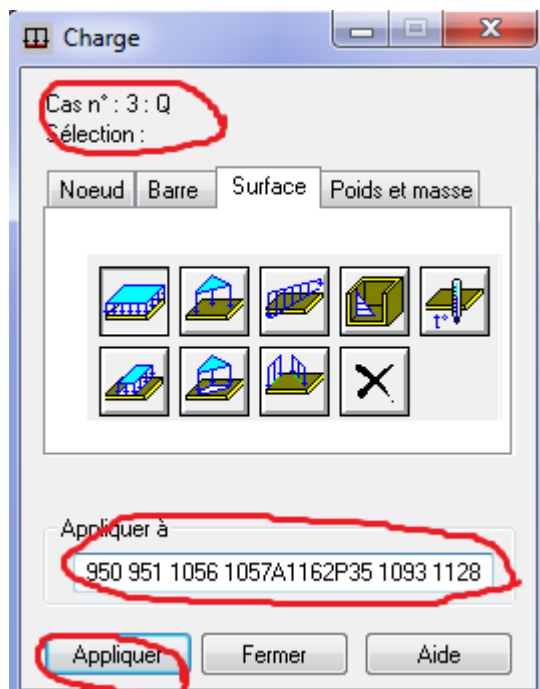
Dans la boîte de dialogue (charge) cliquez sur (surfacique) puis cliquez sur (charge surfacique uniforme) :



Dans la boîte de dialogue (charge surfacique uniforme) saisir la valeur (-3.5 KPa) qui représente la charge d'exploitation sur les balcons. Cliquez sur (ajouter) :



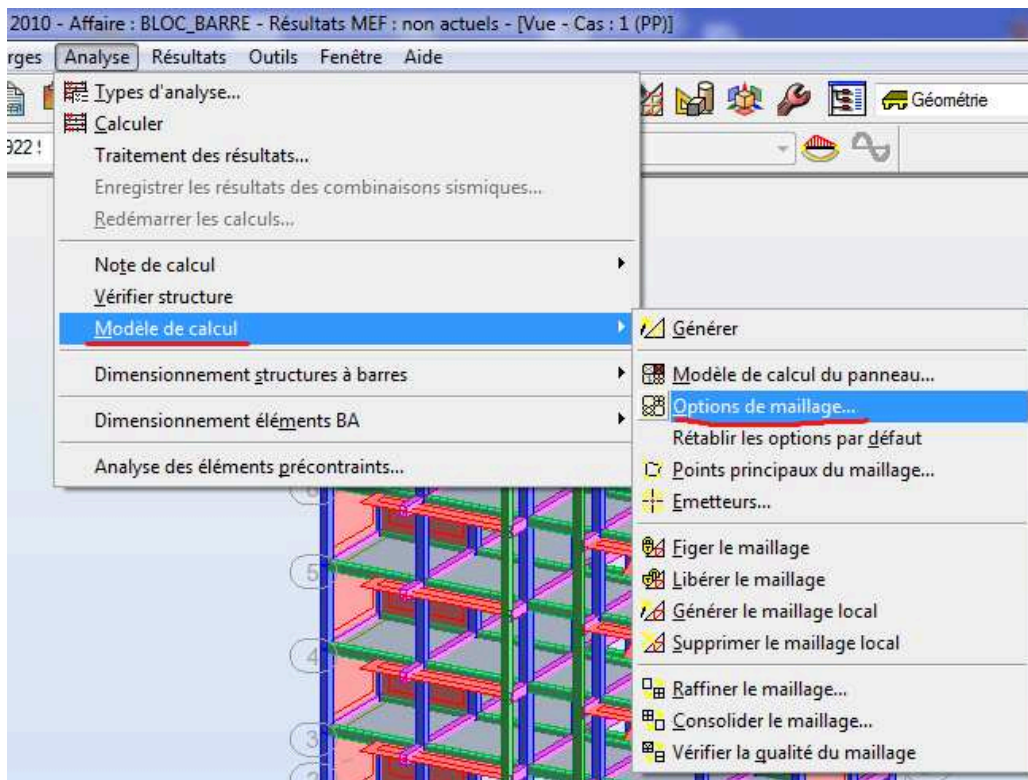
Maintenant, dans la zone (cas de charge), sélectionnez le cas de charge Q et dans le champ (appliquer à) de la boîte de dialogue (charge) saisir le nom de tous les panneaux qui représentent les balcons et cliquez sur appliquer :



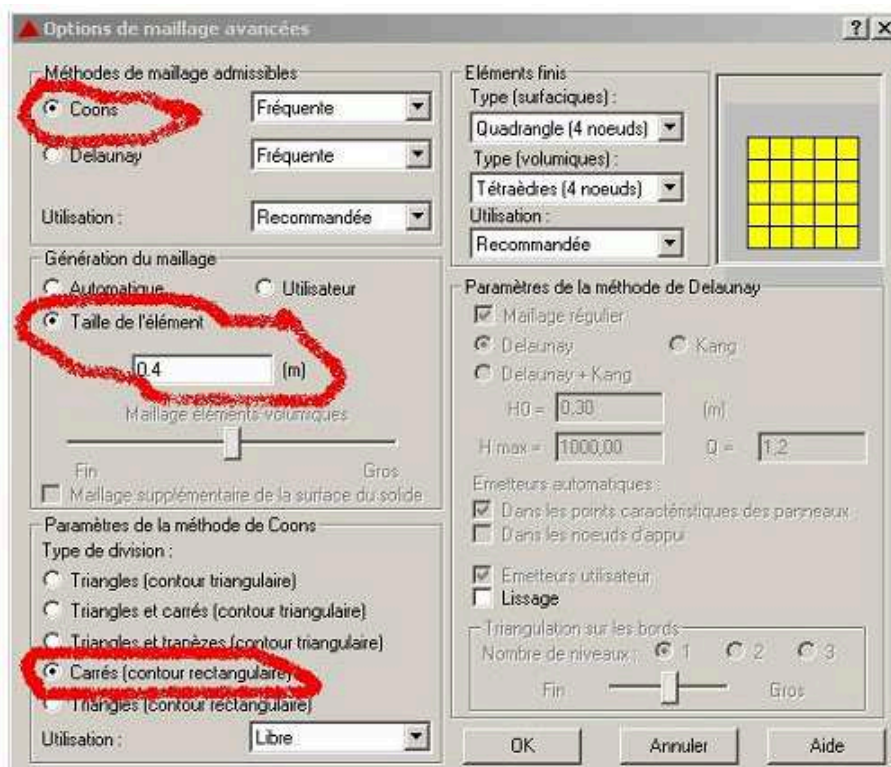
On doit refaire la même chose pour définir les charges sur toutes les dalles pleines et escalier.

III.5 Génération du maillage

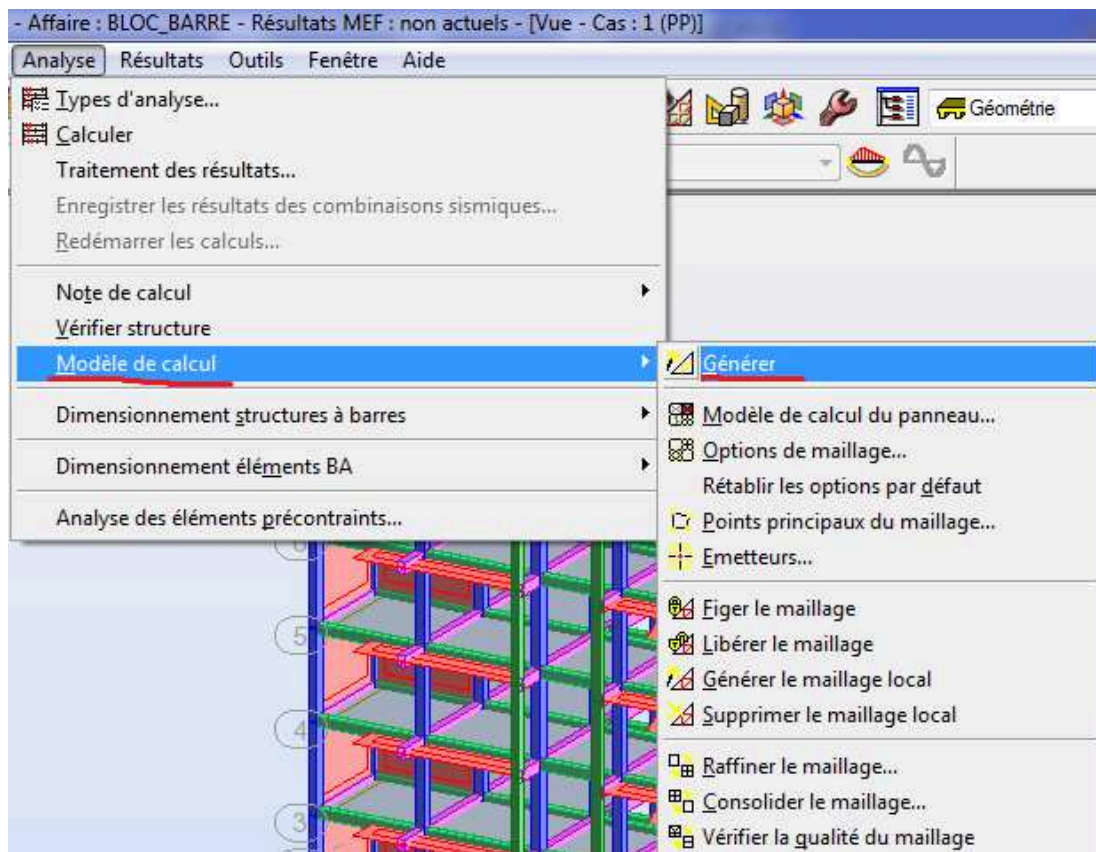
Sélectionner tous les panneaux puis allez au menu déroulant (Analyse -- Modèle de calcul -- Option de maillage) :



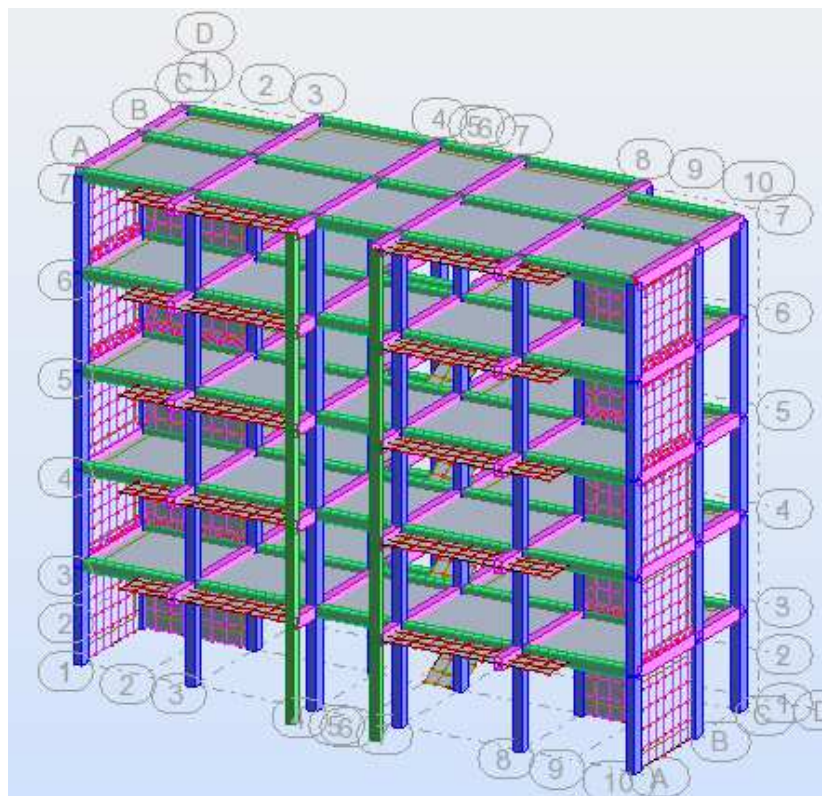
Dans la boîte de dialogue (option de maillage) faire les réglages suivants :



Cliquez sur ok puis allez au menu déroulant (Analyse -- modèle de calcul -- Générer) :

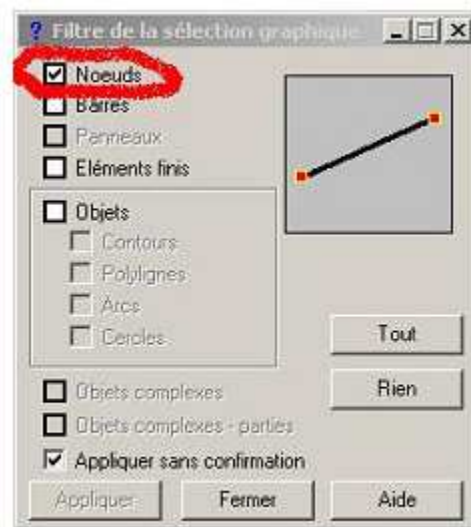


La génération du maillage prend quelques temps et vous aurez, à la fin, le résultat suivant:

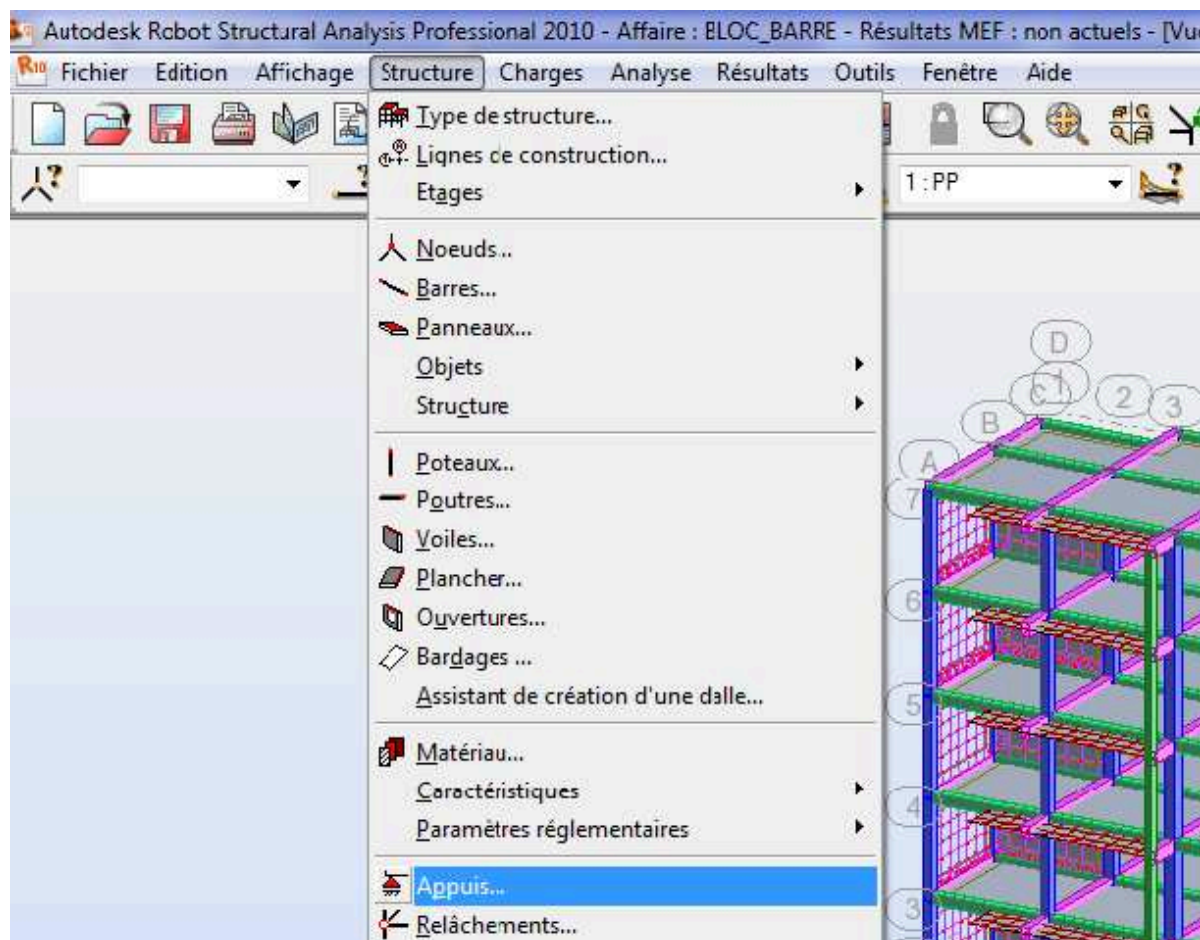


III.6 Définition des appuis

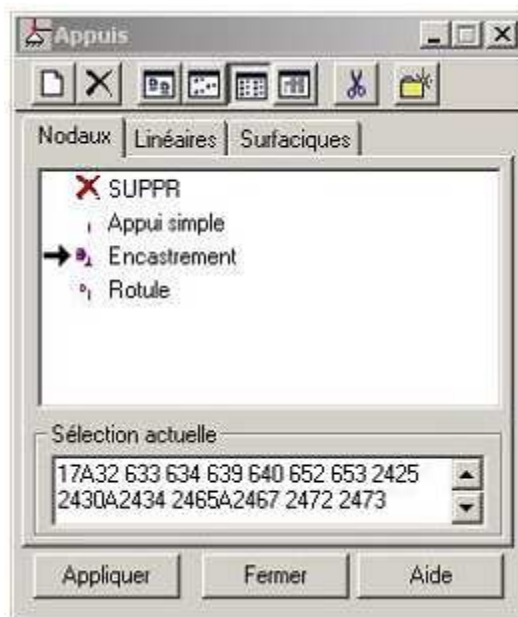
Pour éviter des erreurs liées à la définition des appuis, il faut désactiver la sélection de tous les objets et de ne laisser que la sélection des nœuds activée :



Cliquez sur le menu déroulant (Structure -- Appuis) :

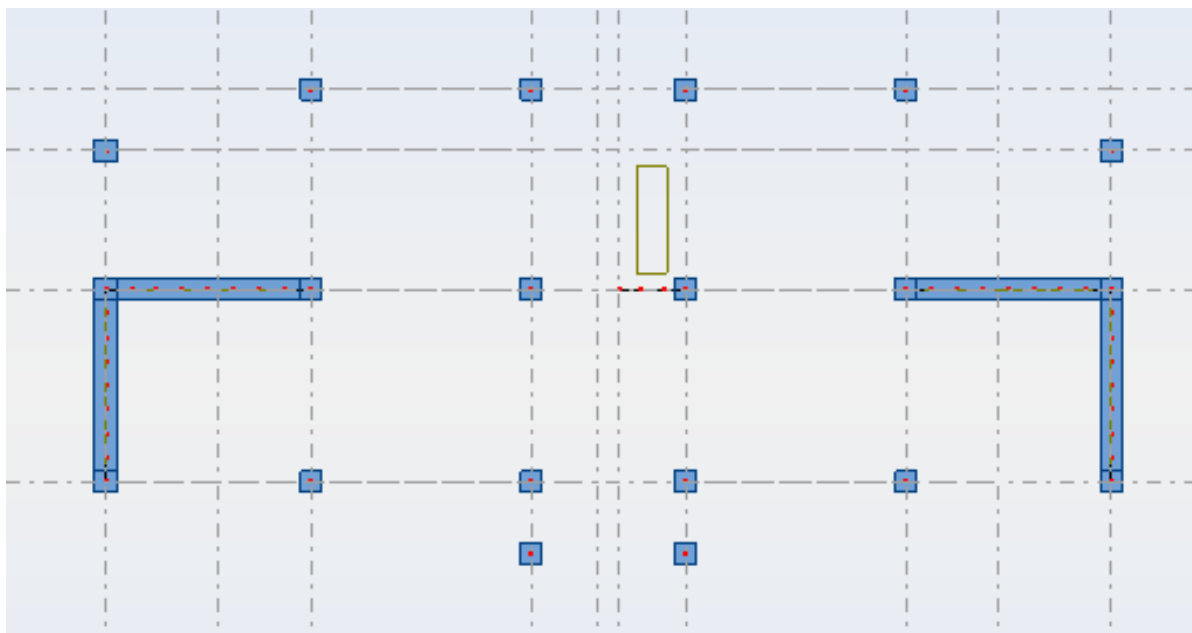


Dans la boîte de dialogue (Appuis) faire les réglages suivants :



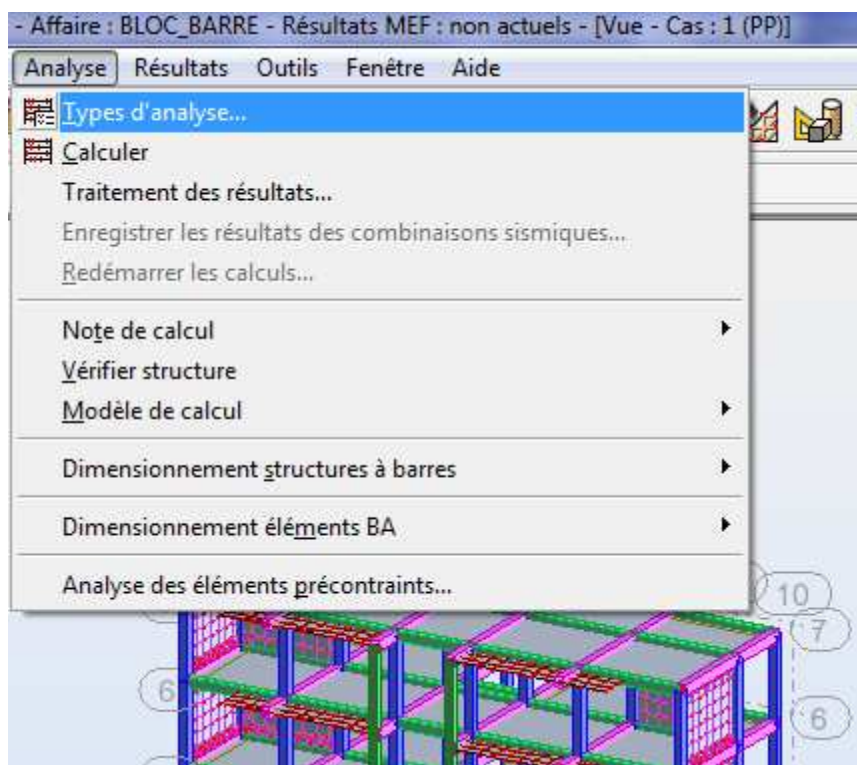
Il faut vérifier que pour le type d'appuis (encastrement) tous les déplacements et les rotations sont bloqués.

Dans la zone (Sélection actuelle) sélectionner tous les nœuds du niveau 0.00 et cliquez sur (Appliquer). Vous allez constater que le symbole d'encastrement sera affiché sur tous les nœuds du niveau 0.00.

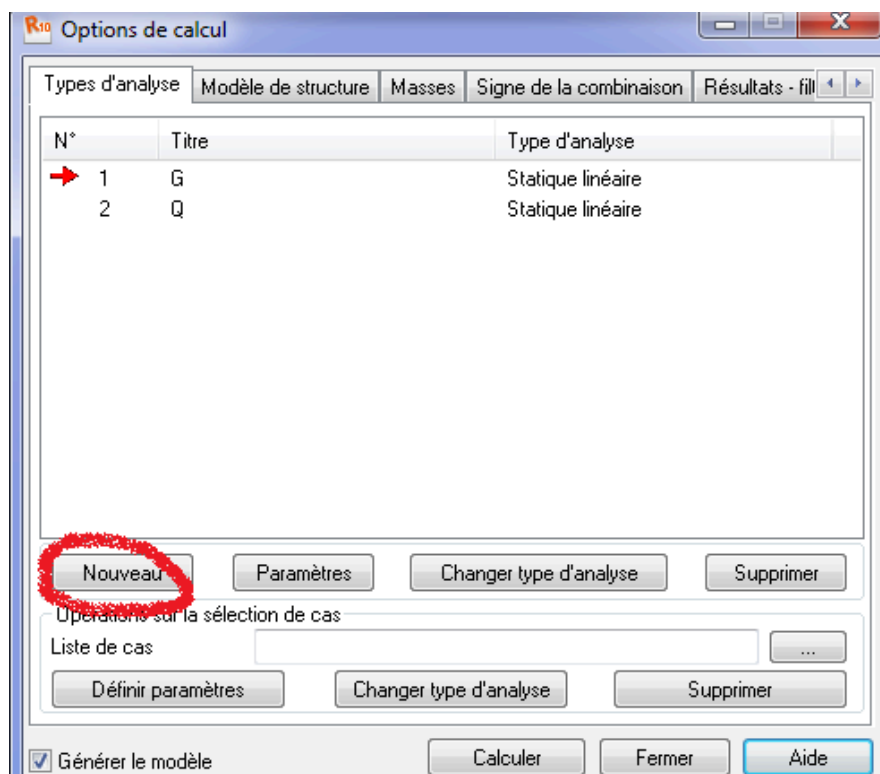


III.7 Etude modale et sismique

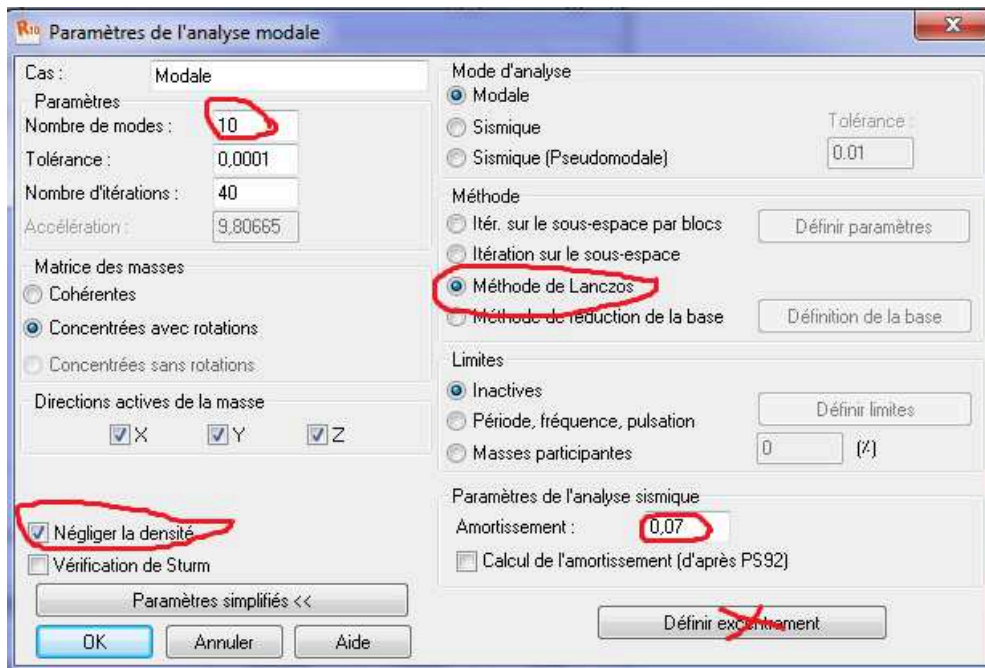
Afin de déclarer une analyse modale, vous devez cliquer sur le menu déroulant analyse, puis types d'analyse pour faire apparaître la boîte de dialogue de définition des options de calcul:



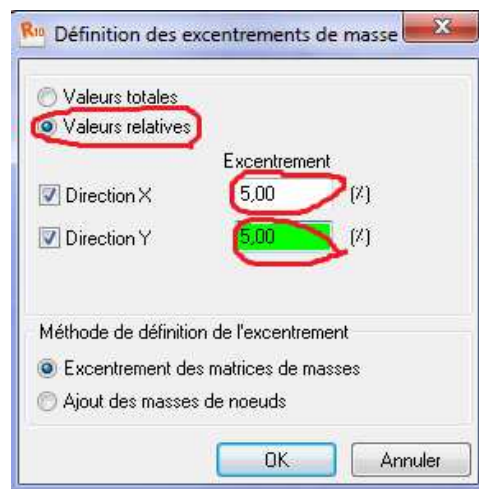
Dans la boîte de dialogue (option de calcul) cliquez sur nouveau :



Sélectionnez (type d'analyse modale) et cliquez sur ok. Dans la boîte de dialogue (Paramètres de l'analyse modale), faire les réglages suivants :

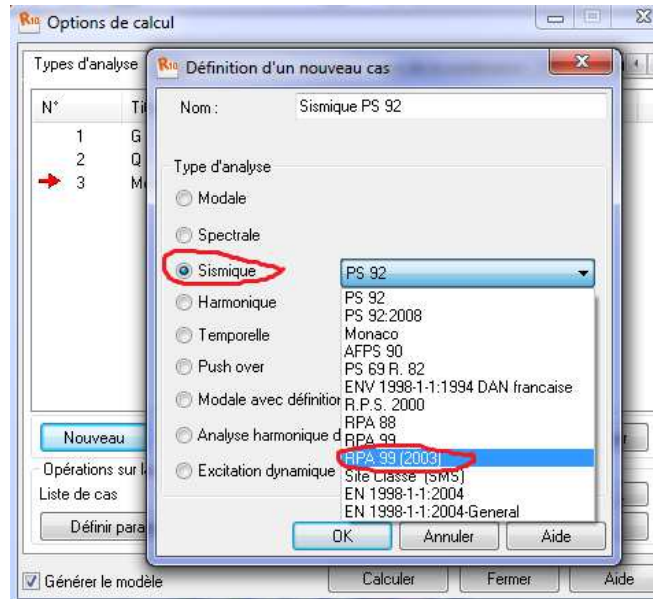


Avant de quitter la boîte de dialogue (Paramètres de l'analyse modale) cliquez sur (excentrement) et saisissez les valeurs suivantes :

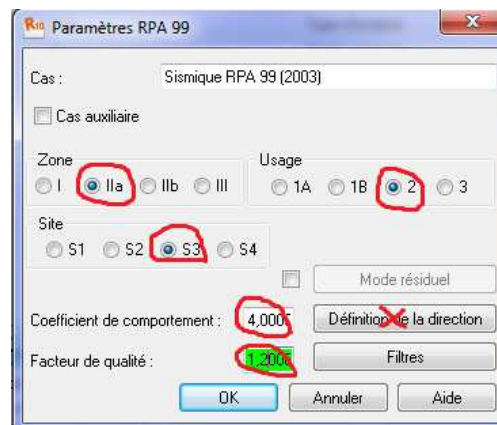


Cliquez sur ok et vous allez remarquer l'affichage d'un nouveau cas de charge appelé « modale ».

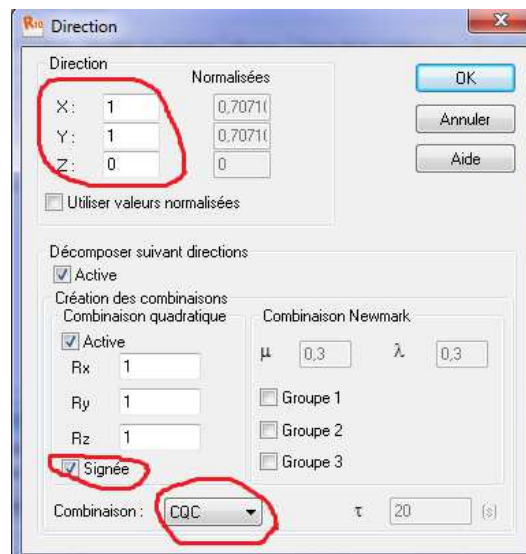
Cliquez une autre fois sur (nouveau) choisir (sismique) et sélectionnez (RPA 99 (2003) (Algérie)) :



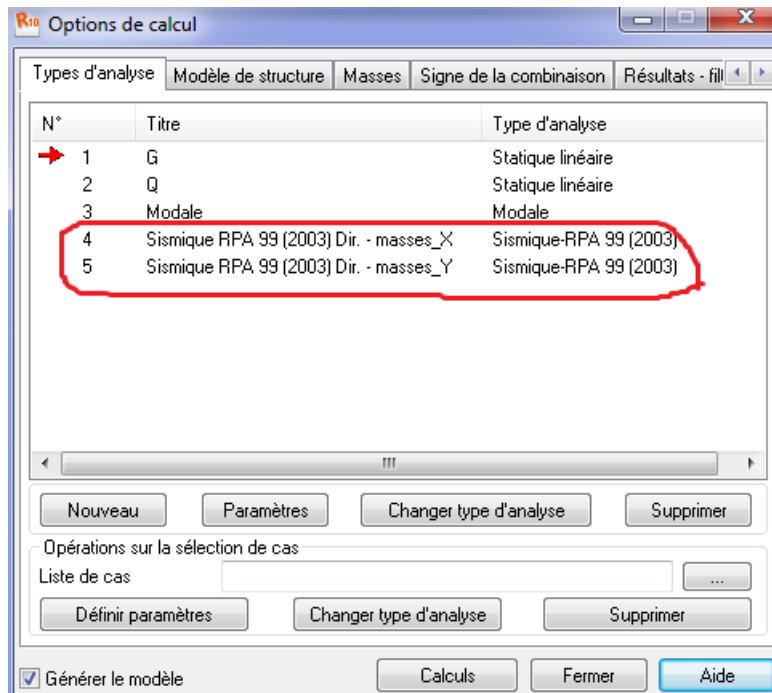
Dans la boîte de dialogue (paramètres RPA99) sélectionnez les options suivantes :



Avant de quitter la boîte de dialogue (paramètres RPA99) cliquez sur (Définition de la direction) et faire les réglages suivants :



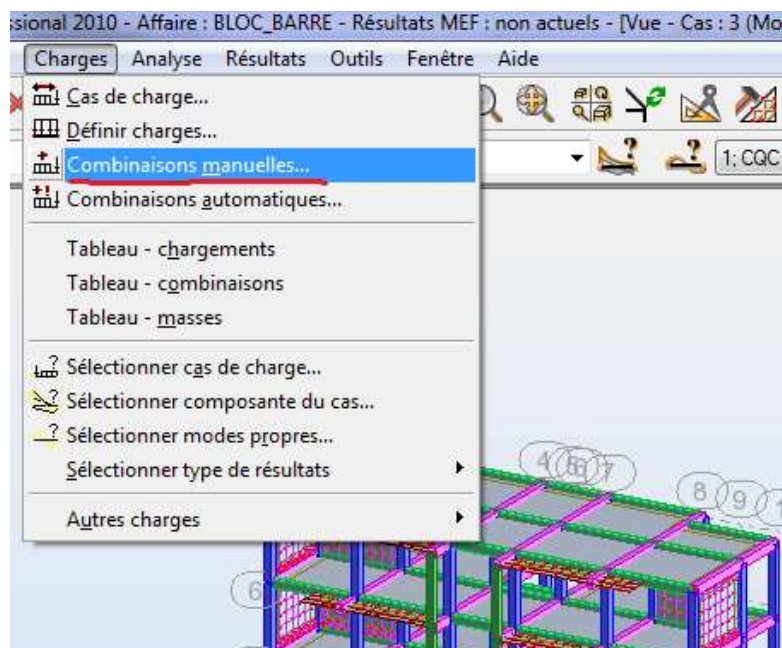
Cliquez sur ok et vous allez remarquer l'affichage de 2 cas de charges sismiques, une composante selon l'axe X et l'autre sur l'axe Y :



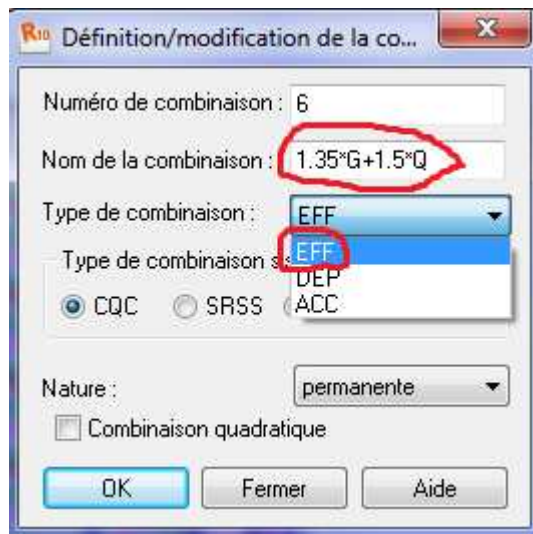
III.8 Combinaisons des cas de charges

Pour notre exemple on va définir la combinaison à l'état limite ultime $1,35 G + 1,5 Q$ et la combinaison à l'état limite de service $G + Q$.

Pour définir les combinaisons des cas de charges, vous cliquez sur le menu déroulant Charges puis Combinaisons manuelles:

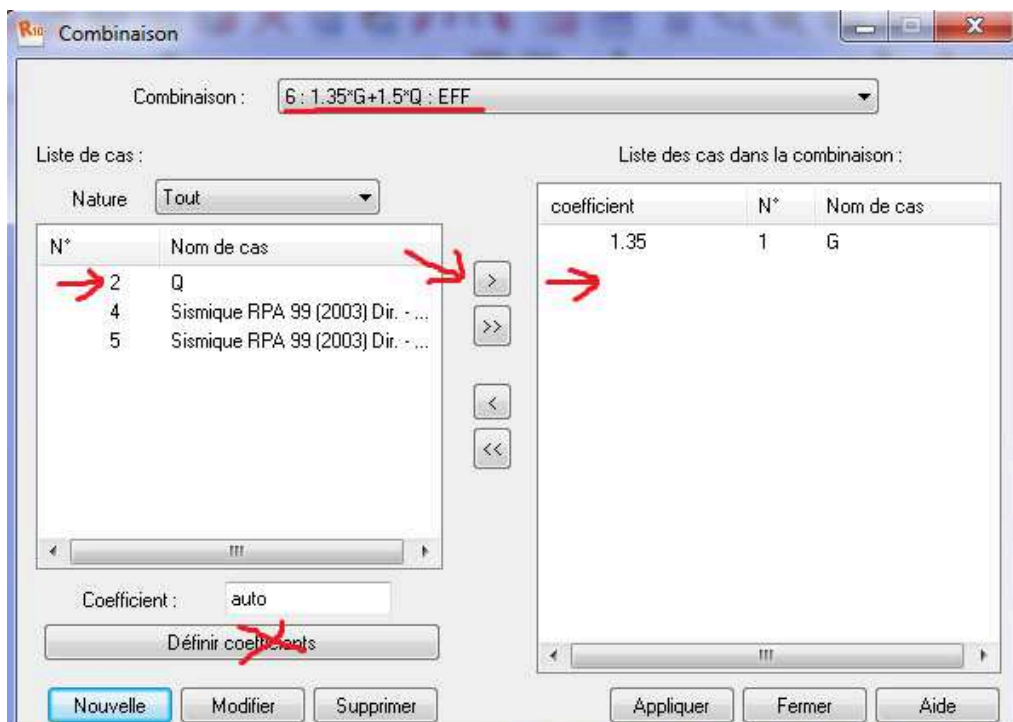


La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

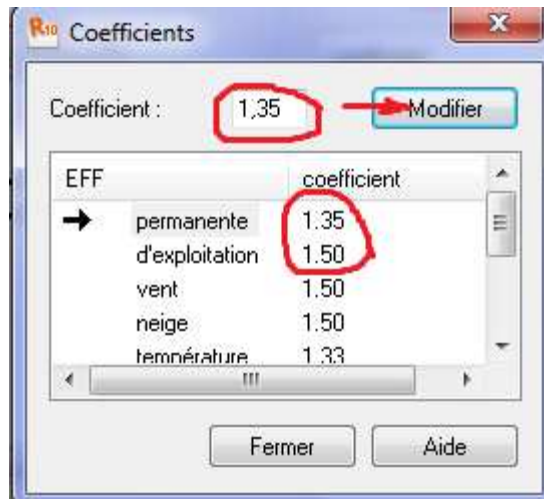


On choisit le **Type de combinaison** et on donne le nom qu'on veut à la combinaison qu'on va définir, Par exemple le nom 1,35 G + 1,5 Q et on clique sur ok.

Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre on va définir notre combinaison en utilisant les cas de charges définis précédemment.



Si les coefficients qu'on veut appliquer ne sont pas les mêmes que les coefficients automatiques de la combinaison définie, on peut les définir en cliquant sur **Définir coefficients**.



Dans le champ **Coefficient** on met la valeur voulue et on clique **Modifier**.

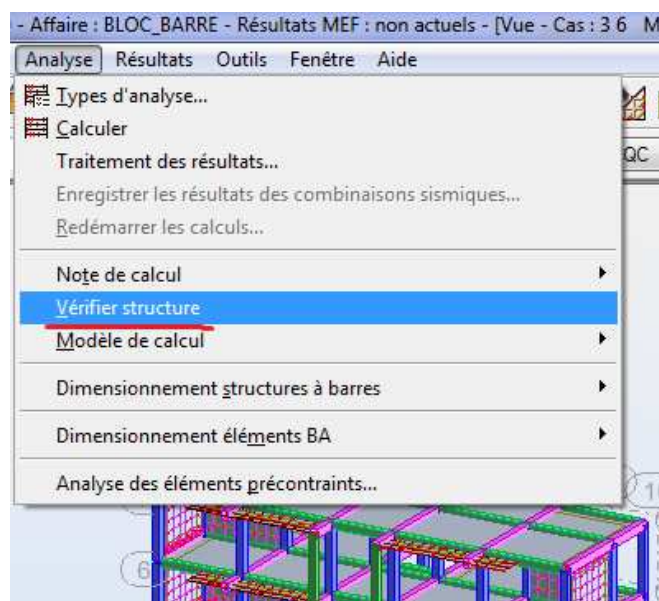
À la fin de cette opération on clique sur **Appliquer** pour sauvegarder la combinaison. On peut définir une autre combinaison en cliquant sur **Nouvelle** et répétant les mêmes étapes, en changeant les coefficients pour chaque combinaison.

III.9 Analyse et résultats d'analyse

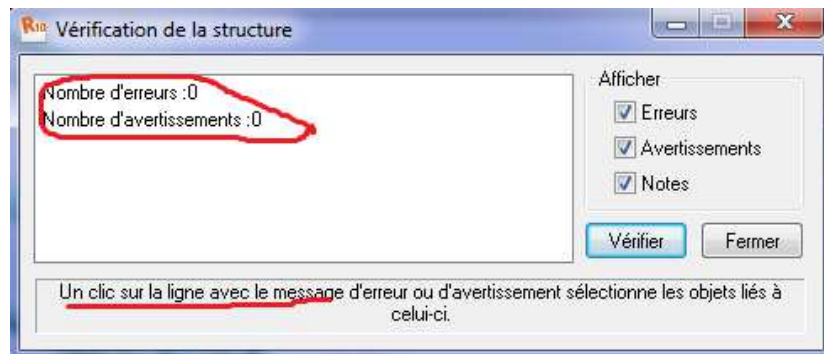
9.1 Calcul et analyse

Maintenant qu'on a fini avec la modélisation de notre structure, on passe au calcul et analyse de cette structure sous l'effet du chargement qu'on a défini.

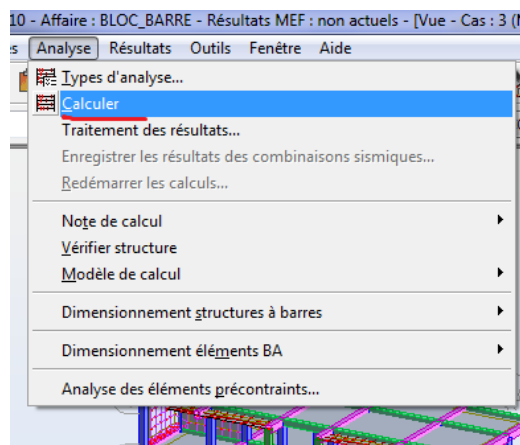
Avant de lancer le calcul, il faut d'abord vérifier la structure si il y a des erreurs de modélisation et des barres disjointes. Pour cela, on clique sur le menu **Analyse ► Vérifier structure**.



Dans la boîte de dialogue le message d'erreur nous indique l'erreur et l'objet lié à cette erreur comme montré sur la figure ci-dessous:

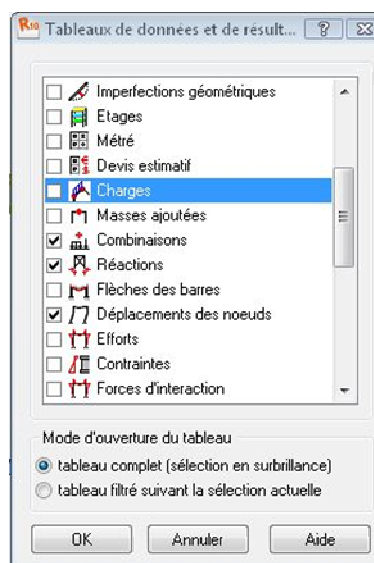


Pour lancer le calcul, on clique sur le menu Analyse puis Calculer: (**Analyse ► Calculer**)



9.2 Résultats d'analyse

Pour afficher les différents résultats qu'on veut (diagrammes, réactions, flèches, contraintes, déplacements,...) on clique sur le menu « **résultat** », et si on veut un affichage sous forme des tableaux il suffit de cliquer sur le bouton droit de la souris et on choisit « **tableaux** ».



a. Vérification des résultats

On clique sur le bouton droit de la souris et puis sur « **tableau** », on coche la case « mode propre » et les résultats concernant l'analyse modale s'affichent.

Cas/Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]	Tot.mas.UX [kg]	Tot.mas.UY [kg]	Tot.mas.UZ [kg]
4/ 1	2,59	0,39	63,88	0,00	0,00	63,88	0,00	0,00	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 2	3,77	0,27	63,88	68,97	0,01	0,01	68,97	0,01	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 3	4,69	0,21	72,25	68,98	0,01	8,37	0,01	0,00	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 4	9,84	0,10	90,31	68,98	0,02	18,06	0,00	0,00	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 5	13,34	0,07	90,31	73,20	22,00	0,00	4,22	21,99	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 6	13,55	0,07	90,41	73,20	22,03	0,10	0,00	0,03	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 7	14,52	0,07	90,41	89,76	27,39	0,00	16,56	5,36	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 8	16,06	0,06	91,90	89,76	27,39	1,49	0,00	0,00	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 9	16,43	0,06	91,91	89,80	34,41	0,00	0,04	7,02	1277887,15	1277887,15	1277887,15
4/ 10	16,75	0,06	91,91	89,91	49,57	0,01	0,11	15,16	1277887,15	1277887,15	1277887,15

b. Vérification des réactions

Même opération précédentes en cochant « **Réaction.**

	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	184,47	131,78	1510,58	31,63	56,13	0,52
Noeud	3	35	33	15	1095	19
Cas	15 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	15 (C) (CQC)	7 (C)	15 (C) (CQC)	15 (C) (CQC)
Mode						
MIN	-184,45	-120,54	-621,52	-33,37	-56,07	-0,52
Noeud	33	19	33	3	1112	13
Cas	16 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)	16 (C) (CQC)	16 (C) (CQC)	16 (C) (CQC)	16 (C) (CQC)
Mode						

des déplacements des nœuds

Même opération précédentes en cochant « **déplacements des nœuds** ».

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]	RX [Rad]	RY [Rad]	RZ [Rad]
MAX	0,7	0,3	0,1	0,001	0,001	0,000
Noeud	550	741	1967	527	1053	746
Cas	15 (C) (CQC)	15 (C) (CQC)	5	7 (C)	7 (C)	15 (C) (CQC)
Mode			CQC			
MIN	-0,7	-0,4	-0,4	-0,001	-0,001	-0,000
Noeud	536	352	1069	1717	1046	726
Cas	16 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	16 (C) (CQC)
Mode						

d. Vérifications de la flèche

Même opération précédentes en cochant « **Flèche des barres** ».

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]
MAX	0,0	0,0	0,1
Barre	5	324	255
Cas	5	16 (C) (CQC)	16 (C) (CQC)
Mode	CQC		
MIN	-0,0	-0,0	-0,1
Barre	5	329	449
Cas	16 (C) (CQC)	15 (C) (CQC)	7 (C)
Mode			

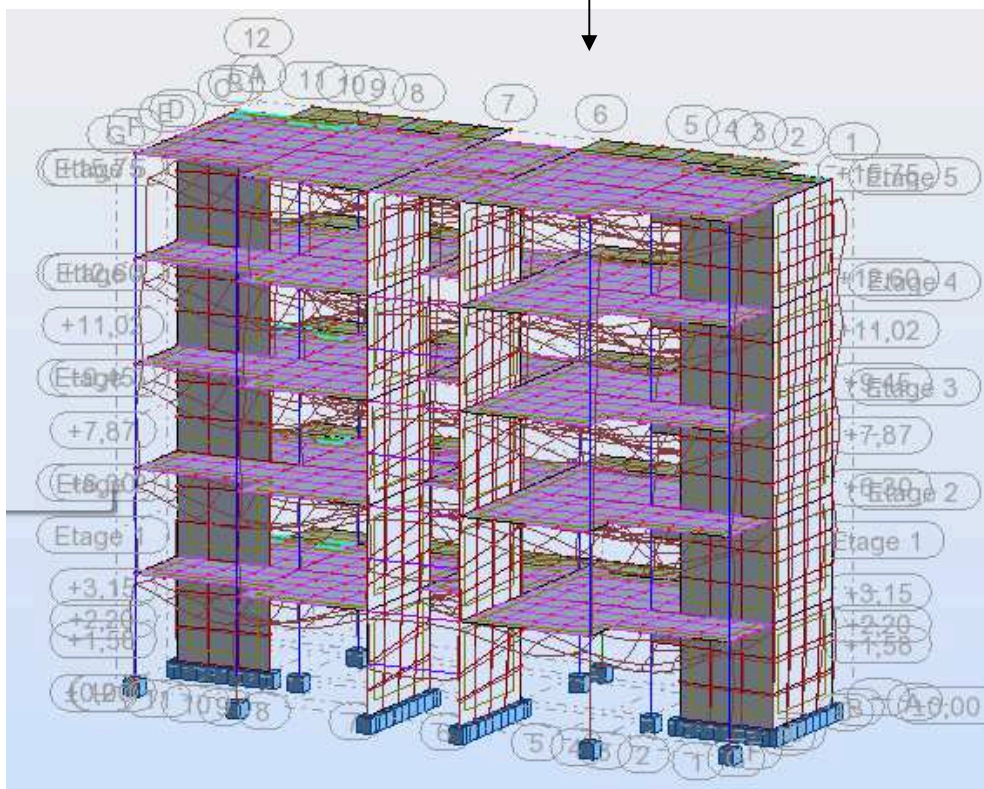
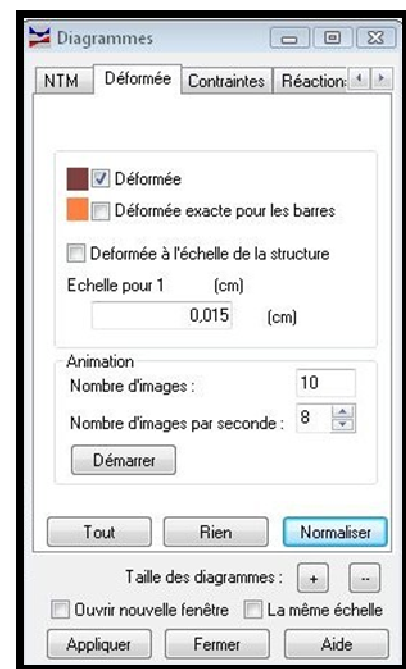
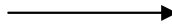
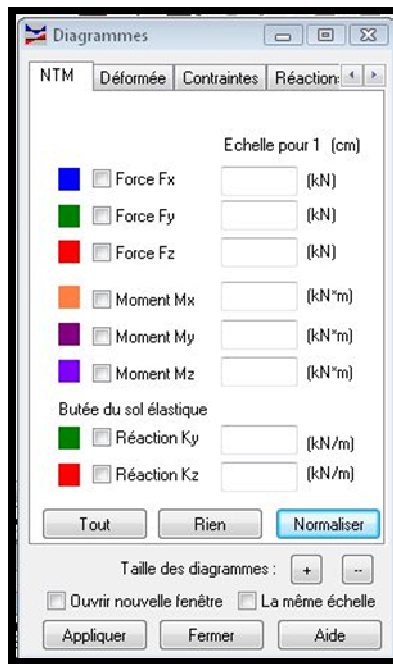
e. Vérification des efforts dans les barres

Si on veut afficher les efforts internes dans les poteaux on les sélectionne et on choisit la combinaison avec laquelle on veut avoir les résultats.

	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	925,98	14,01	31,66	0,70	14,46	22,13
Barre	15	304	10	18	77	289
Noeud	29	142	19	36	50	127
Cas	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)
MIN	23,43	-9,66	-3,83	-0,49	-26,74	-14,99
Barre	293	289	9	3	86	304
Noeud	131	127	17	6	26	142
Cas	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)	13 (C) (CQC)

f. Affichage des diagrammes des efforts dans les barres

Dans le menu « **résultat** » on sélectionne « **diagramme** » et on clique sur la case « **paramètre** » pour régler l'affichage des diagrammes, puis on fait notre choix sur les différents onglets (NTM, déformée, contraintes, réactions,)



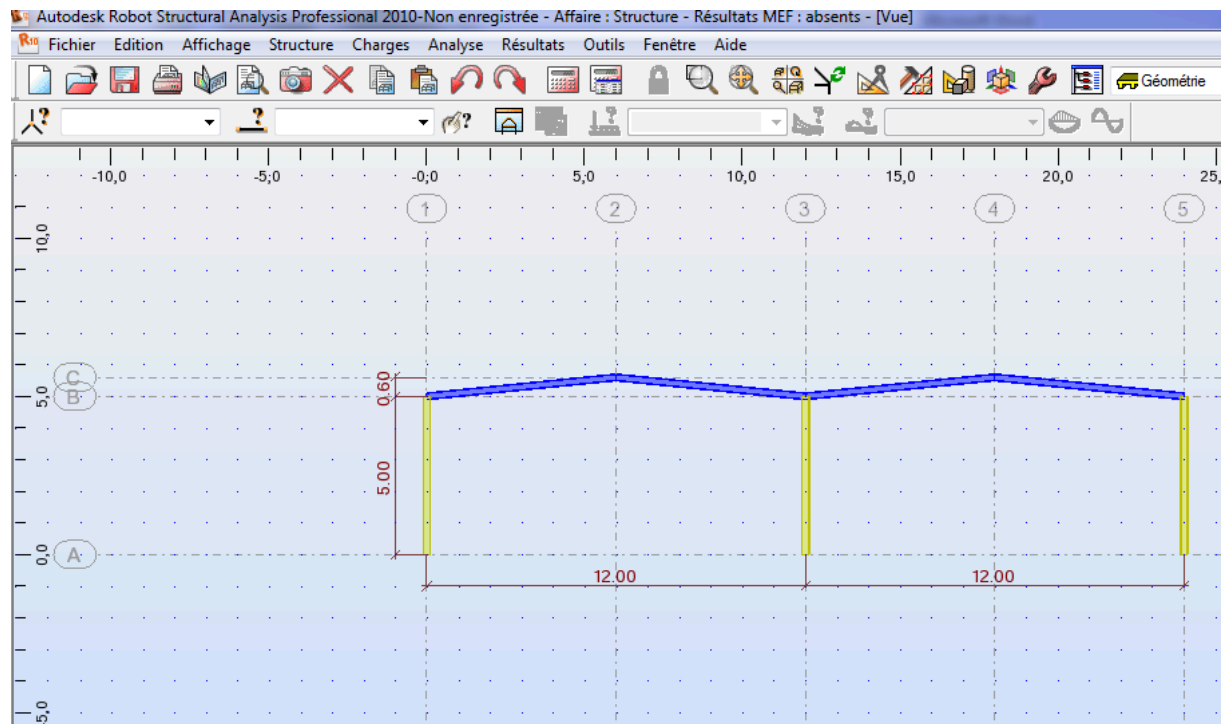
Chapitre IV



Modélisation d'une structure en charpente métallique par le logiciel RSA 2010

IV.1 Présentation

Ce chapitre présente la définition, l'analyse et le dimensionnement d'un portique représenté sur la figure ci-dessous. Il doit permettre de comprendre les mécanismes de dimensionnement sous le logiciel **Robot Structural Analysis** et non d'assister le projeteur dans la modélisation de la structure. Néanmoins, au cours de cet exemple, quelques « astuces » de modélisation seront exposées afin de faciliter la démarche de l'utilisateur face aux multiples choix offerts par le logiciel.



IV.2 Paramètres de l'étude

2.1. Unité de données : les dimension sont en m et les charges en daN

2.2. Géométrie :

Largeur du bâtiment : 24,00 m (2 nefs symétriques de 12,00 m de largeur)

Longueur du bâtiment : 30,00 m

Largeur entre portique : 6,00 m (constante)

Hauteur des poteaux : 5,00 m (versants symétriques)

Pentes : 10% (soit flèche 0,60 m)

Jarret de traverse : 1,20 m

Pied de poteaux : articulés.

2.3. Sections : (première estimation)

Poteaux : IPE 240

Traverses : IPE 220

2.4. Charges :

*Permanentes

Poids propres

Toiture multicouche : 27 daN/m²

Bardage de long pan : 10 daN/m²

*Exploitation

Palan : 800 daN (placée à 2,00 m du poteau de rive droit)

*Neige et vent

Département quelconque

Région : vent 2, neige 1 B

Altitude de la construction : <200 m

Norme : NV65 modifié 99+ carte 96 modifié 2000.

Perméabilité : porte de 20% d'ouverture sur le portique pignon.

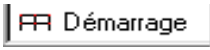
Vent : type normal (site exposé).


IV.3 Modélisation de la structure

Pour commencer la définition de la structure, lancez le système **RSA** (clic sur l'icône correspondant).

Dans la fenêtre de l'assistant affiché par Robot, sélectionnez le premier icône du premier rang (**Etude d'un portique plan**).

3.1 Lignes de constructions

→ Assurez-vous d'être dans le bureau initial Démarrage 

→ Sélectionnez l'icône de définition de lignes de construction 

→ Définissez les lignes de construction afin de vous faciliter la mise en place des barres.

Lignes verticales :

Onglet X : position 0, répétition 4, écartement 6 (insérer)

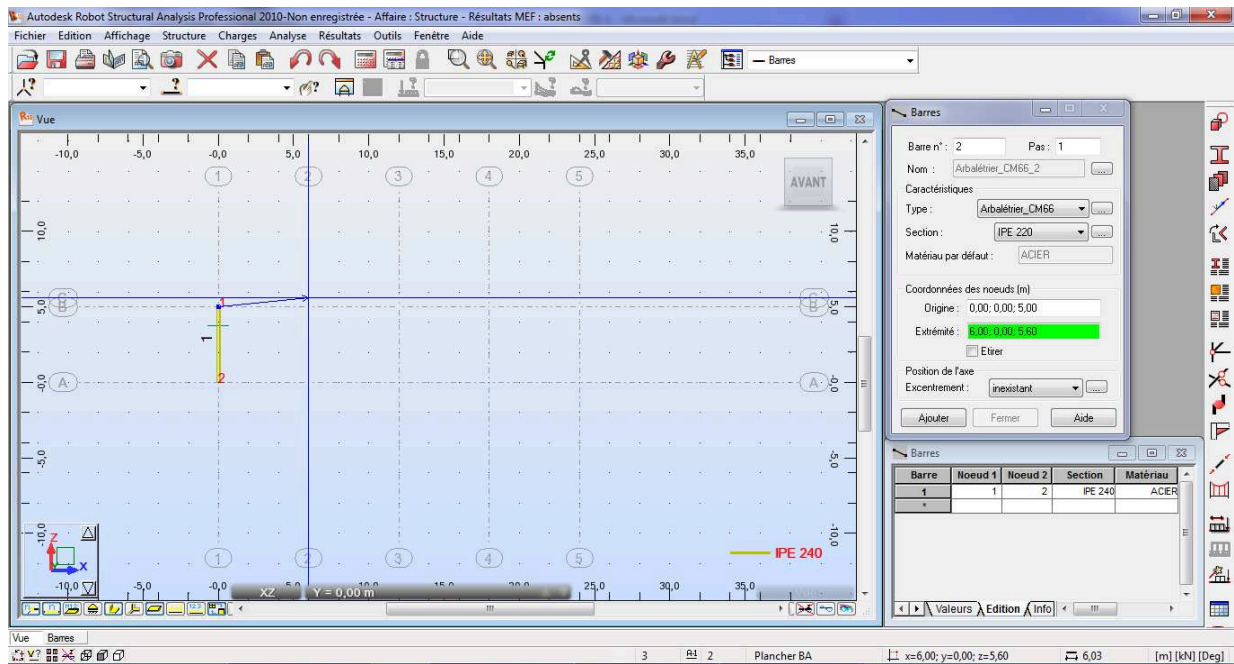
Lignes horizontales :

Onglet Z : position 0, répétition 1, écartement 5 (insérer)

Position 5, répétition 1, écartement 0.6 (insérer)

Changer ensuite le libellé en A, B, C (appliquer)

3.2 Barres



→ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner le bureau Barres



→ Dans la fenêtre **Barres**, sélectionner la section qui correspond à la barre que vous souhaitez modéliser (poteau : IPE 240, traverse : IPE 220).

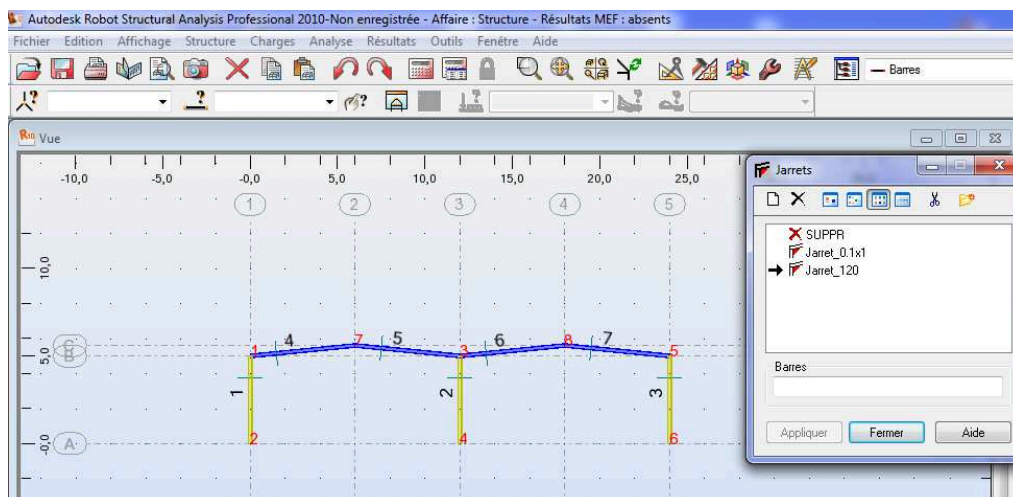
Si le profilé n'est pas disponible, cliquez sur les 3 points (...) à côté du champ **Section** et ajoutez le nouveau profilé.

→ Définition des barres dans la structure étudiée. Clic dans le champ Origine (le champ devient vert), puis définition des barres à l'aide de la souris et des lignes de construction.

Poteaux : (A1-B1), (A3-B3) et (A5-B5)

Arbalétrier : (B1-C2), (C2 -B3), (B3-C4) et (C4-B5)

3.3 Jarrets



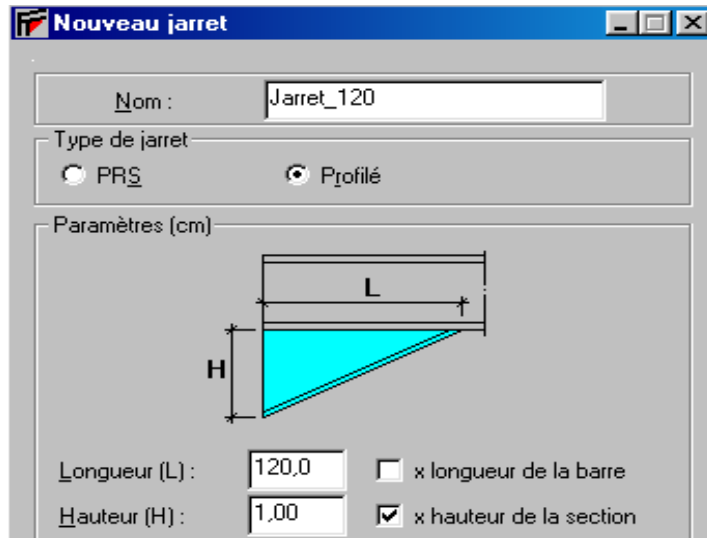
→ Définition des jarrets : Clic sur l'icône Jarret



→ Définition d'un nouveau jarret : Clic sur l'icône Nouveau

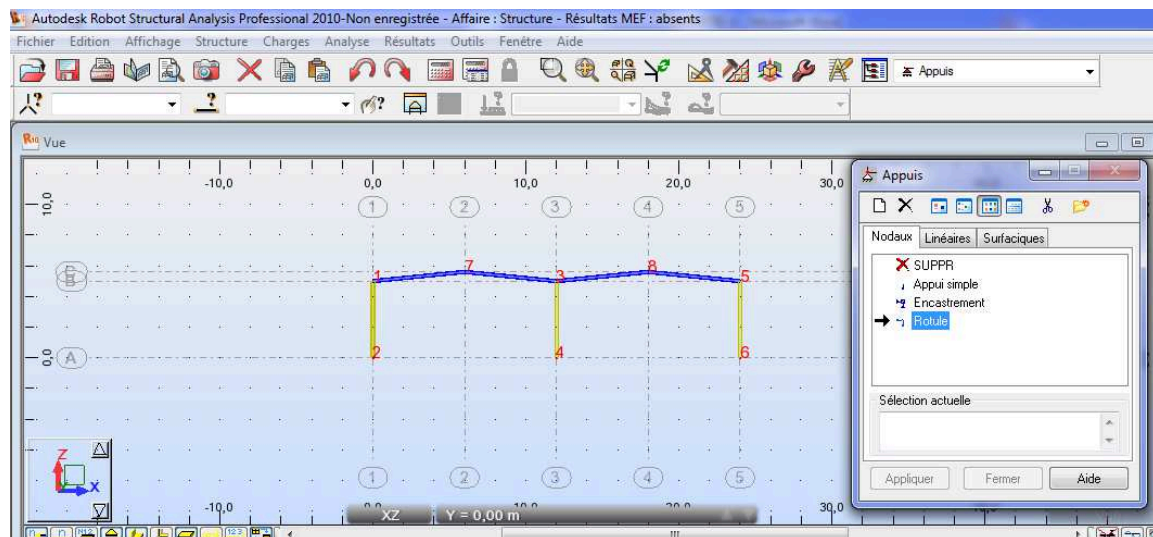


→ Définir un jarret de type profilé avec une longueur réelle du jarret de 120 cm ; et une hauteur de 1 H (attention aux unités).



→ Clic sur Ajouter, puis Clic sur les deux arbalétriers dans la zone de position finale des jarrets.

3.4 Appuis



→ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionnez le bureau Appuis



→ Dans la fenêtre Appui, sélectionnez ROTULE

Imposer l'appui en cliquant sur les nœuds concernés (bases des poteaux).

IV.4 Définition des charges

4.1 Poids propre

→ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner **Chargements**



→ Définition d'un nouveau cas de charge (nature : permanente, nom : poids propre).

→ Clic sur le bouton **Nouveau** dans la boîte de dialogue **Cas de charge**.

Remarque : Dans la première ligne, le logiciel a appliqué de façon automatique le poids propre à toutes les barres de la structure (en direction - Z).



4.2 Charge permanente due à la toiture multicouche

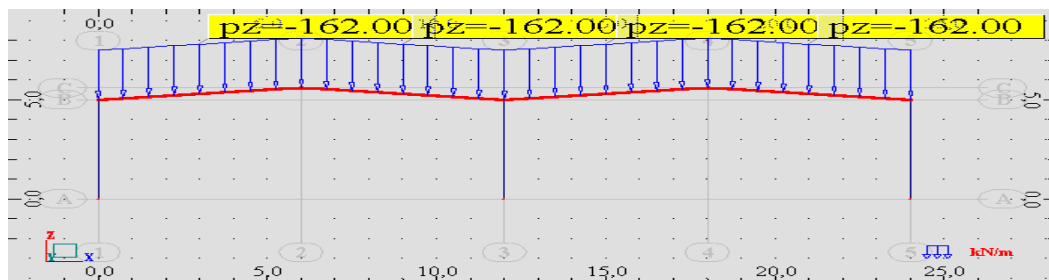
→ Définition d'un nouveau cas de charge (nature : permanente, nom : Toiture multicouche).

→ Clic sur le bouton **Nouveau** dans la boîte de dialogue **Cas de charge**.

→ Clic sur l'index **Barres** puis sur **Charges uniformes**

Paramètres de la charge : Clic dans le champ intersection de la colonne «F» et de la ligne Z et saisir la valeur -162 (daN/m), puis Appliquer.

→ Sélectionner les deux barres composant l'arbalétrier et **Appliquer**



4.3 Charge permanente due au bardage de long pan

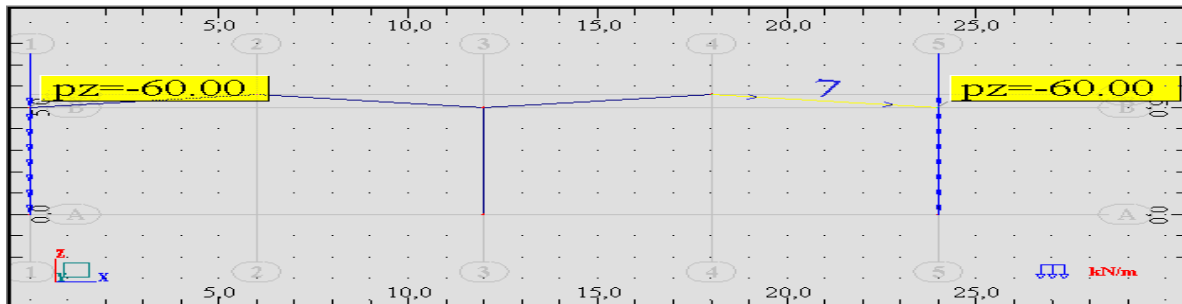
→ Définition d'un nouveau cas de charge (nature : permanente, nom : Bardage long pan).

→ Clic sur le bouton **Nouveau** dans la boîte de dialogue **Cas de charge**.

→ Clic sur l'index **Barres** puis sur **Charge uniformes**

Paramètres de la charge : Clic dans le champ intersection de la colonne «F» et de la ligne Z et saisir la valeur -60 (daN/m), puis **Appliquer**.

→ Sélectionner les deux poteaux de rive et **Appliquer**.



4.4 Charge d'exploitation due au palan

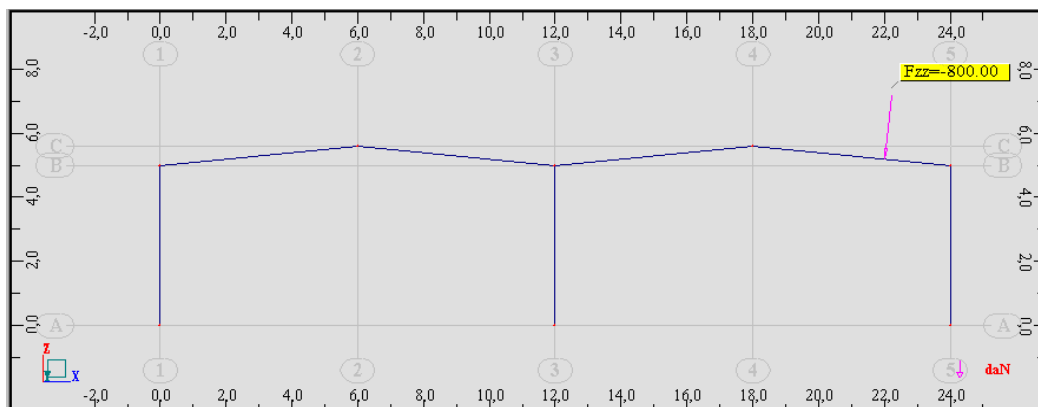
→ Définition d'un nouveau cas de charge (nature : exploitation, nom : Palan).

→ Clic sur le bouton **Nouveau** dans la boîte de dialogue **Cas de charge**.

→ Clic sur l'index **Barres** puis sur force et/ ou **Moment sur barre**.

Paramètres de charge : Clic dans le champ intersection de la colonne «F» et de la ligne Z et saisir la valeur -800 (daN). Définir la coordonnée de la charge en **absolue** (2 m), puis **ajouter**.

→ Sélectionner l'arbalétrier de droite de la deuxième traverse puis **Appliquer**.



4.5 Charge de neige et de vent

→ Définition des charges de Neige et vent. Clic sur l'icône :



→ Définition des caractéristiques géométriques du bâtiment.

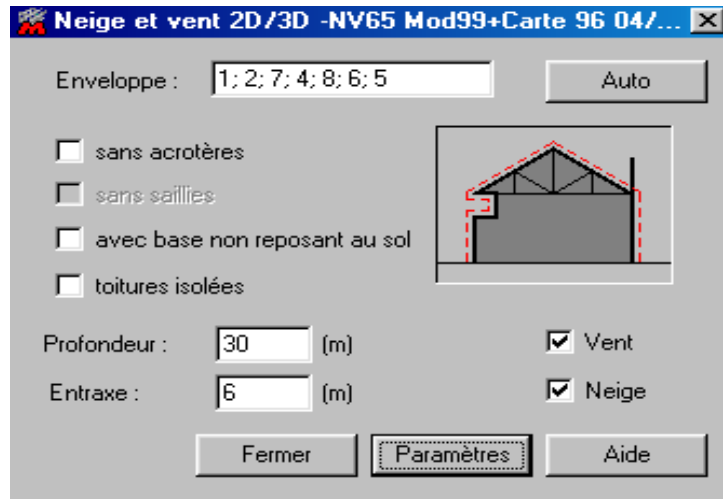
Pour définir l'enveloppe, Clic sur **Auto**, puis renseigner les champs **Profondeur** et **Entraxe** (30 m et 6 m)

→ Définition des paramètres globaux : Clic sur Paramètres. Choisir le lot et Garonne comme région.

Toutes les autres valeurs par défaut restent correctes. Clic sur l'onglet vent, puis définir le site comme normal.

→ Calcul des charges de neige et vent : Générer.

Les notes de calcul concernant les paramètres de neige et vent apparaissent afin que vous puissiez contrôler les différents coefficients. Après vérification, vous pouvez refermer ces fichiers.



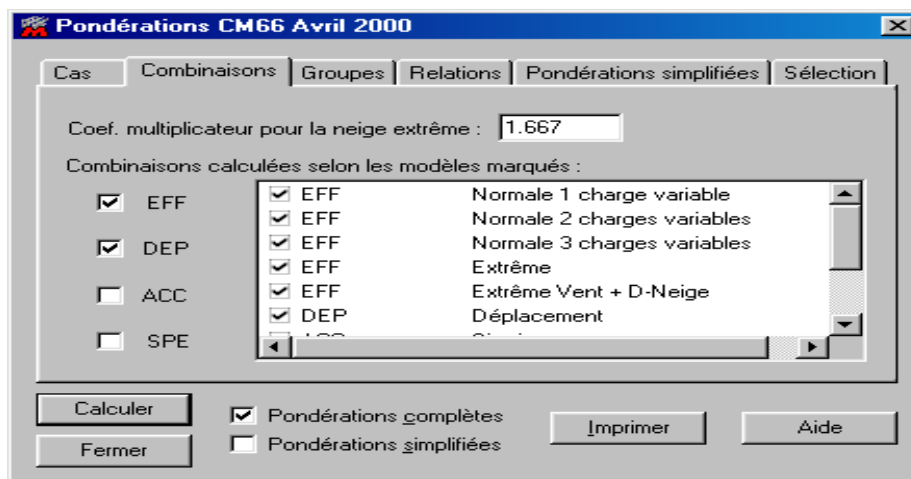
4.6 Calcul des pondérations

→ Activation du module pondération : Clic sur l'icône pondération.



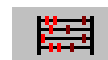
→ Désactivation des pondérations accidentelles. Clic sur la case située devant ACC.

→ Calcul des pondérations : **Calculer**



IV.5 Calcul

Clic sur l'icône « calculer » de la barre d'outils standard

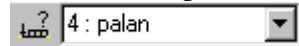


IV.6 Analyse des résultats

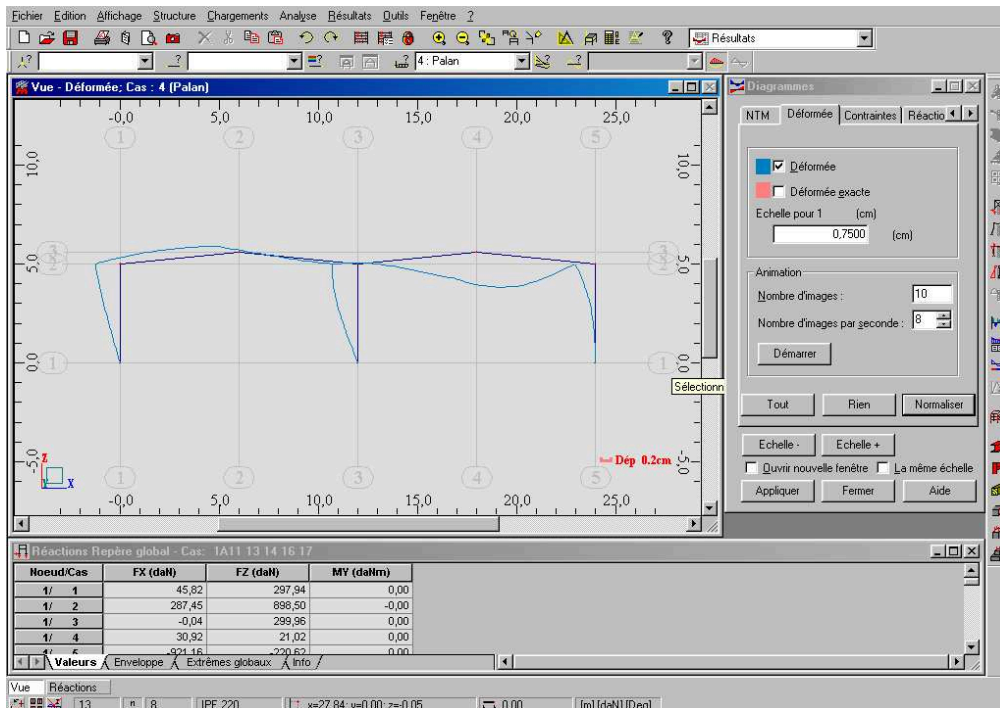
6.1 Visualisation de la déformée de la structure

→ Sélection des résultats concernant un cas de charge de vent.

Dans le champ relatif au cas de charge, sélectionner la charge « Palan »



→ Visualisation de la déformée de la structure sous le chargement de vent. Dans la fenêtre **Diagrammes**, clic sur l'onglet **Déformée** et activer l'option **Déformée**, puis **Appliquer**.



→ Désactivation des diagrammes

Il est préférable ensuite de désactiver l'option **Déformée** pour éliminer des diagrammes parasites lors de l'exploitation d'autres résultats.

6.2. Tableau des résultats

→ Modification du tableau des résultats concernant les réactions. Clic BD dans le tableau **Réactions** (appel du menu contextuel par BD de la souris).

→ Ajout du nom du cas de charge. Sélection de l'option **Colonnes**, une boîte de dialogue s'ouvre alors. Clic dans l'onglet **Cas de charge**. Puis clic sur **Nom du cas**.

→ Opération de filtrage sur les résultats.

Sélection des cas de charge simples. Clic BD dans le tableau **Réactions** puis **Filtre**, remplacer **Nœud** par le mot **Cas**, puis sélectionner un par un tous les cas simples, à l'aide d'un clic sur

les doubles flèches.

→ Capture et enregistrement du tableau de résultats pour la future note de calcul.

Clic BD dans le tableau Réactions, puis Capture d'écran. Donner un nom à cette capture d'écran puis OK

The screenshot shows the RSA 2010 software interface. On the left, there is a table with columns: Noeud/Cas, FX (daN), FZ (daN), and MY (daNm). The table lists reaction values for various nodes and cases. On the right, a dialog box titled 'Sélection des valeurs pour les noeuds' is open, showing options for selecting reaction components (FX, FY, FZ, MX, MY, MZ) and information (valeurs des réactions, somme des forces appliquées, précision de l'équilibre, résidu, réactions sous le format Robot DDC). The dialog also has options for the reference system (local or global) and whether to add or replace existing reactions.

Noeud/Cas	FX (daN)	FZ (daN)	MY (daNm)
1/ 1	45,82	297,94	0,00
1/ 2	287,45	898,50	-0,00
1/ 3	-0,04	299,96	0,00
1/ 4	30,92	21,02	0,00
1/ 5	-921,16	-220,62	0,00
1/ 6	231,93	145,89	0,00
1/ 7	155,84	-1276,86	0,0
1/ 8	20,76	-52,70	0,0
1/ 9	370,77	1158,94	0,00
1/ 10	370,77	1158,94	0,00
1/ 11	847,48	2649,00	-0,00
3/ 1	-0,00	495,24	-0,00
3/ 2	-0,00	2110,40	-0,00
3/ 3	0,00	0,08	-0,00
3/ 4	106,40	92,62	0,00
3/ 5	-333,81	-182,44	-0,00
3/ 6	333,81	-182,44	0,00
3/ 7	0,00	-2637,20	-0,00
3/ 8	0,00	-113,02	0,00
3/ 9	-0,00	2722,13	-0,00
3/ 10	-0,00	2722,13	-0,00
3/ 11	-0,00	6222,00	-0,00
5/ 1	-45,82	297,94	-0,00
5/ 2	-287,45	898,50	0,00
5/ 3	0,04	299,96	-0,00
5/ 4	-137,32	686,36	0,00
5/ 5	-231,93	145,89	-0,00
5/ 6	921,16	-220,62	0,00
5/ 7	-155,84	-1276,86	0,0
5/ 8	-20,76	-52,70	0,0
5/ 9	-370,77	1158,94	0,00
5/ 10	-370,77	1158,94	0,00
5/ 11	-847,48	2649,00	-0,00
Cas 1	Poids Propre		
Somme totale	-0,00	1091,11	-0,00

IV.7 Dimensionnement

7.1 Avant – propos

Dans la partie précédente, nous avons étudié le comportement de la structure sous diverses sollicitations. Maintenant nous passons à l'étape de dimensionnement, où nous allons vérifier les différentes pièces de la structure en tenant compte de la norme **CM66**.

Aussi, avant de continuer, il est important de s'arrêter sur les notions de **barre**, **type de barre**, **pièce** et **famille** afin d'expliciter ces différents termes :

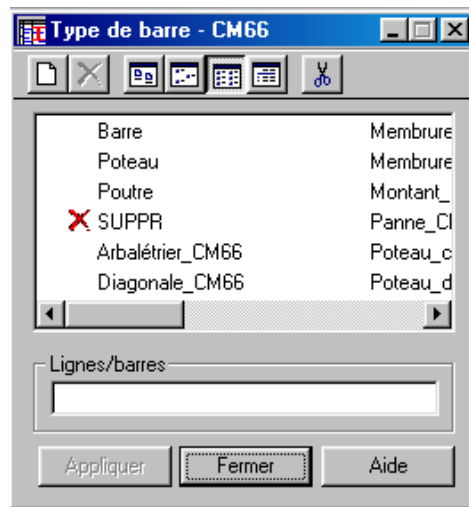
- **Barre** : Les paramètres de définition des barres sont relatifs à la géométrie(position, dimensions, sections), ainsi qu'au matériau. Ces paramètres sont nécessaires pour le calcul RDM.
- **Type de barre** : Les paramètres de définition des types de barres sont relatifs au flambement, au déversement et à la limitation de service. Ces paramètres sont nécessaires pour le dimensionnement par rapport aux normes.
- **Pièces** : Une pièce est définie pour chaque barre (ou plusieurs barres dans le cas d'une super-pièce) et intègre de ce fait les paramètres concernant la géométrie et le dimensionnement.

- **Famille** : Une famille regroupe une ou plusieurs pièces. Par exemple pour une table, nous pourrions considérer la famille Pied. Ainsi, la modification d'une pièce appartenant à la même famille se rapportera sur les autres pièces de la famille.

Pour débiter le dimensionnement de notre portique, il nous faut maintenant définir les types de barres, les pièces et les familles relatives à la traverse et aux poteaux de notre structure. Pour cela, dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner **Dimensionnement/Dimensionnement acier**.

7.2 Création du type de barre pour la traverse

→ Activation de la fenêtre **Type de barre** sur la barre d'outils de droite.



→ Création d'un nouveau type.



→ Définir le nom (**TRAV**), les paramètres de flambement et de service (voir figure ci-dessous).

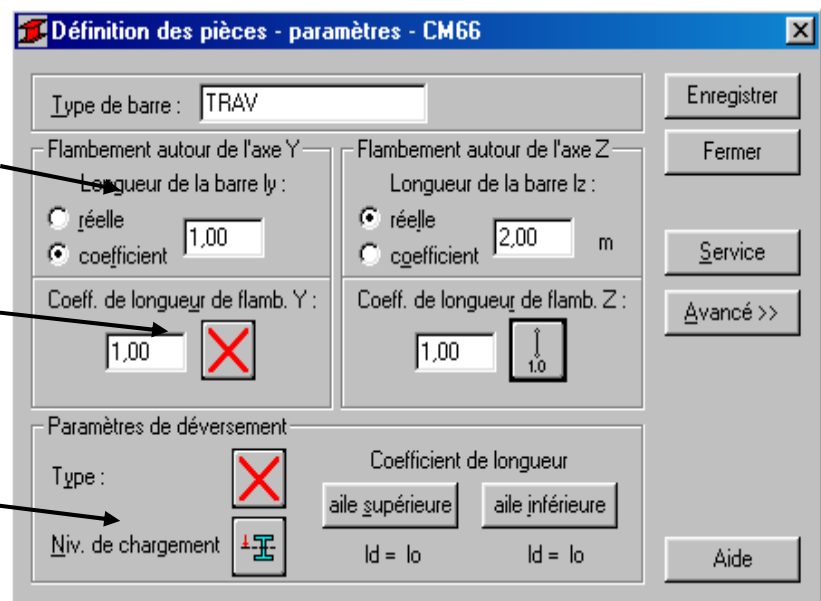
Flambement :

Défini par l'Utilisateur

Calculé par Robot

Déversement :


Pannes posées sur l'arbalétrier



NOTA :

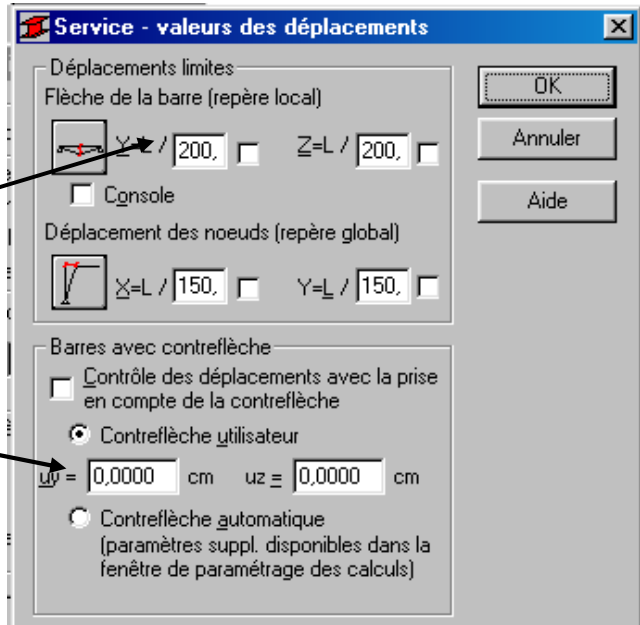
La valeur de la longueur de flambement autour de l'axe Z (inertie petite) est la distance entre pannes contreventées (ici nous imposons 2.00 m).

Ne pas oublier d'**enregistrer** les modifications (dans la fenêtre Définition des pièces et dans celle de Définition CM66).

→ clic sur l'icône 

Déplacement vertical de la poutre
Attention : Ce déplacement est défini par rapport au repère local de la barre

On peut définir une contre flèche de fabrication, cette valeur viendra en soustraction de la flèche maximale sous combinaison ELS (DEP)



7.3 Création de la super-pièce Traverse

→ Activation de l'onglet Pièces dans la fenêtre Définition-CM66

→ Création d'une nouvelle pièce : Cliquer sur **Nouveau**.

Remarque : Le logiciel crée par défaut une pièce pour chaque barre définie.

→ Définir la liste des barres (numéro des deux arbalétriers : 4 et 5), le nom de la pièce (traverse) et affecter le type de barre précédemment défini (TRAV) puis **Enregistrer**.

Remarque : Le nom de la pièce est facultatif, puisqu'on peut ou ne pas la nommer.





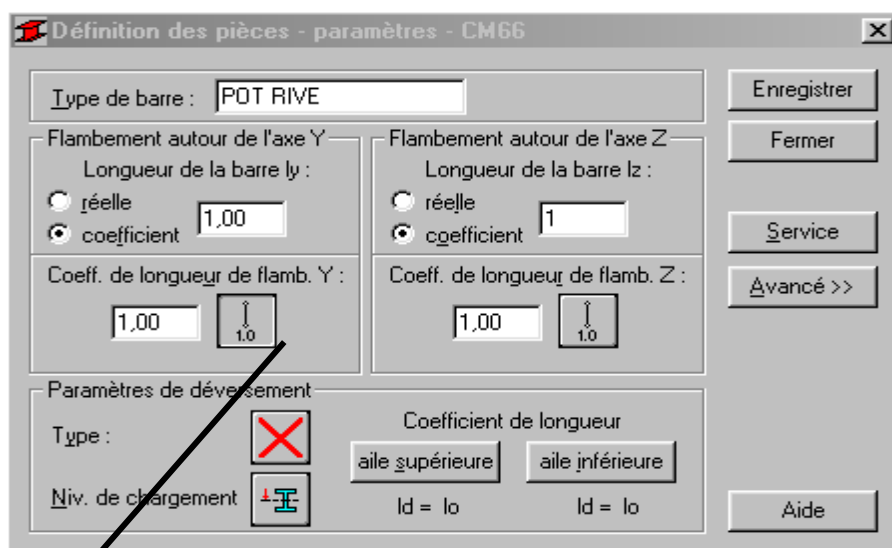
→ Création d'une nouvelle pièce : Cliquer sur **Nouveau**

.→ Définir la liste des barres (numéro des deux arbalétriers : 6 et 7), le nom de la pièce (traverse) et affecter le type de barre précédemment définie (TRAV) puis **Enregistrer**.

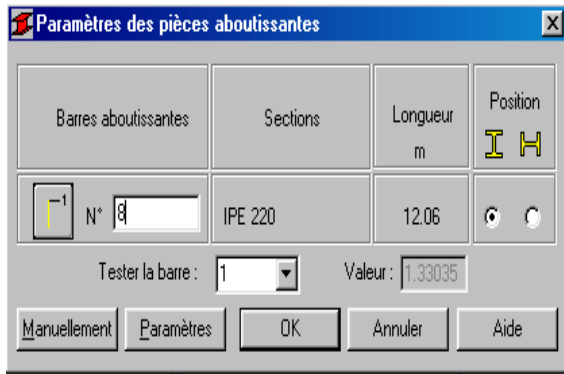


7.4 Création du type de barre pour les poteaux de rive

- Activation de la fenêtre **Type de barre**. 
- Création d'un nouveau type 
- Définir le nom (POT RIVE), les paramètres de flambement et de service (voir figure ci-dessous).



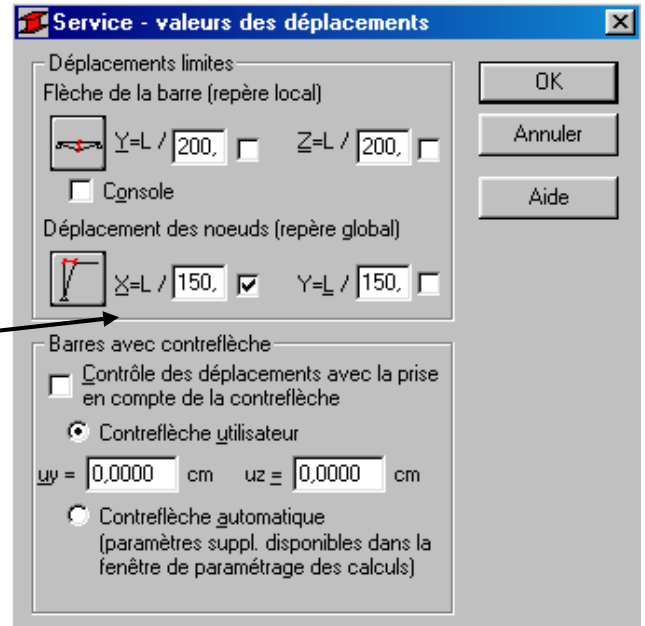
*Double clic
sur l'icône*



Remettre le numéro de la super-pièce
 Dans ce cas, on va prendre la pièce 8

On peut vérifier le coef de flambement en plaçant dans le champ « tester la barre » le numéro du poteau (ici $L_{fy} = 0.938 \times L_0$)


→ Clic sur l'icône 



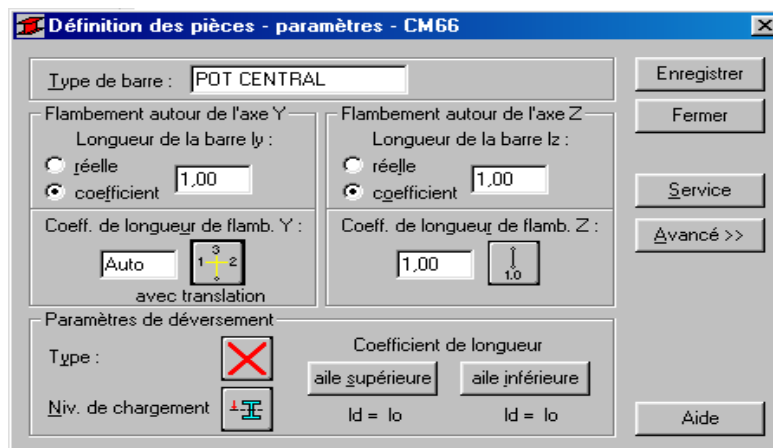
Déplacement horizontal de la tête du poteau
Attention : Ce déplacement est défini
 Par rapport au repère global

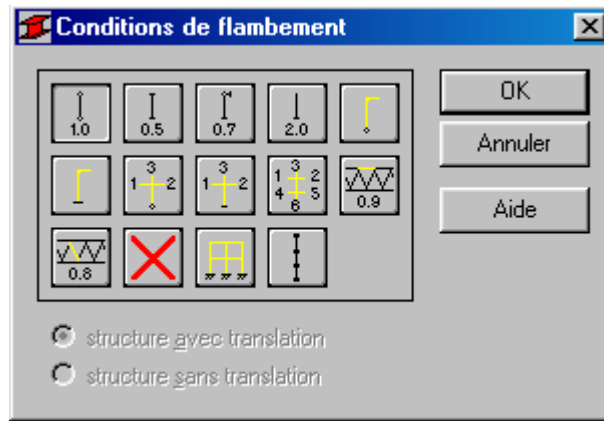
7.5 Création du type de barre pour les poteaux centraux

→ Activation de la fenêtre **Type de barre** 

→ Création d'un nouveau type. 

→ définir le nom (POT CENTRAL), les paramètres de flambement et de service (voir figure ci-dessous).

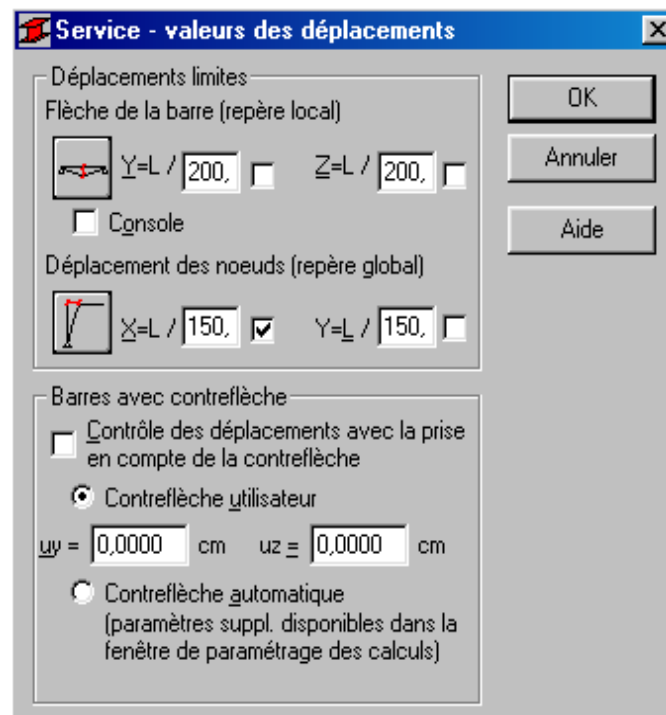
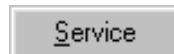




Dans le champ « Tester la barre », on met le numéro de la barre 2 c'est le numéro du poteau central

$$L_{fy} = 0.631 L_0$$

→ Clic sur l'icône



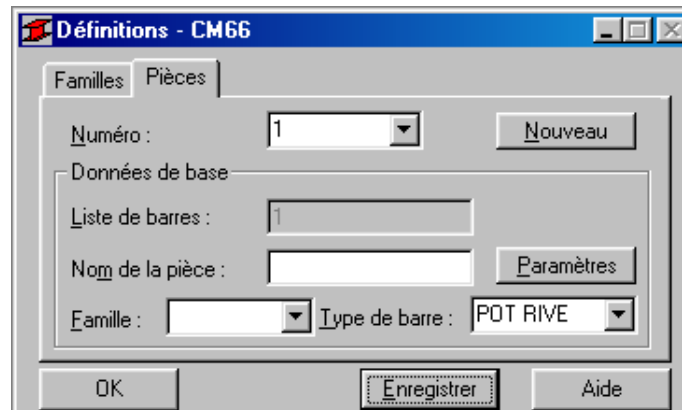
7.6 Définition des pièces Poteaux

Pour la définition des pièces poteaux, il suffit d'affecter aux barres 1 et 3 le type de pièce POT RIVE, et la barre 2 le type POT CENTRAL précédemment défini.

→ Activation de l'onglet Pièces dans la fenêtre **Définitions-CM66**.

→ Afficher la barre numéro 1 et affecter le type de pièce POT RIVE puis **Enregistrer**. Réaliser la même opération pour la barre 3.

→ Afficher la barre numéro 2 et affecter le type POT CENTRAL puis **Enregistrer**.



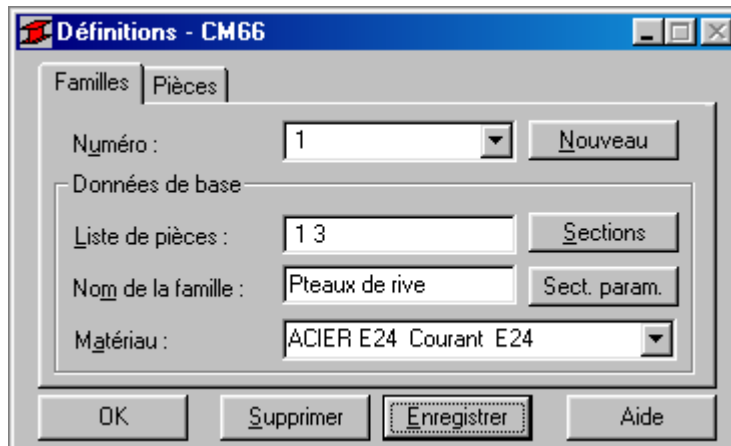
7.7 Création de la famille Poteaux de rive

→ Activation de l'onglet **Familles** dans la fenêtre **Définition-CM66**.

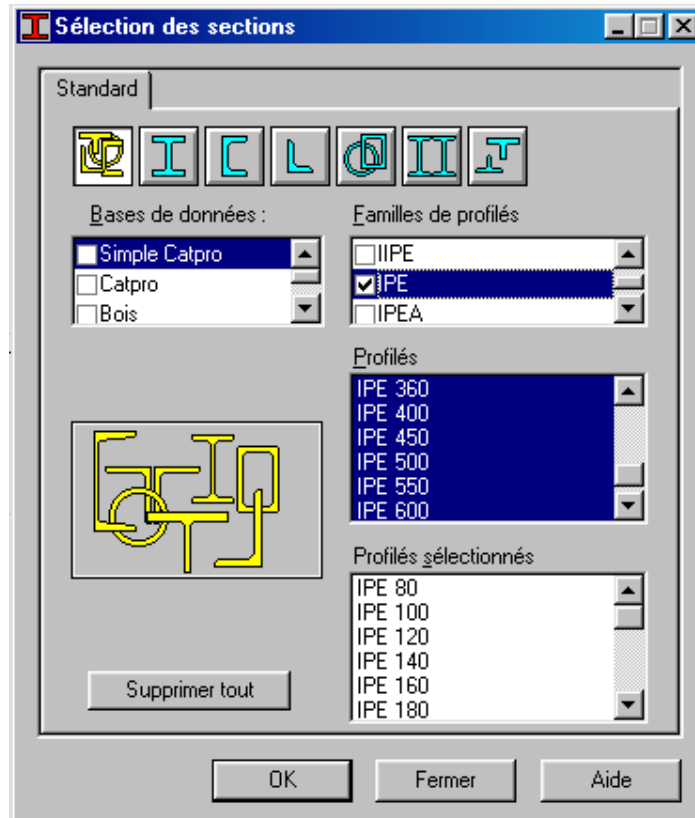
→ Définir une nouvelle famille. Clic sur **Nouveau**.

→ Définir le nom de la famille (Poteaux de rive) et les numéros des pièces formant cette famille

(1) et (3).



→ Définir les sections susceptibles d'être utilisées dans cette famille. Clic sur **Section** puis sélectionner les profils de type IPE et HEA



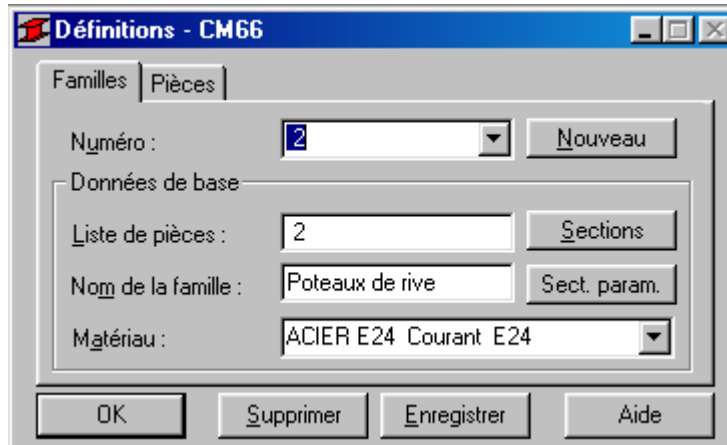
→ Terminer par **Enregistrer**.

7.8 Création de la famille Poteaux centraux

Opérer de la même manière que pour la famille Poteaux de rive.

→ Définir une nouvelle famille. Clic sur **Nouveau**.

→ Définir le nom de la famille (Poteaux centraux) et le numéro de la pièce formant cette famille (2).



→ Définir les sections susceptibles d'être utilisées dans cette famille. Clic sur Sections puis sélectionner les profilés de type IPE et HEA.

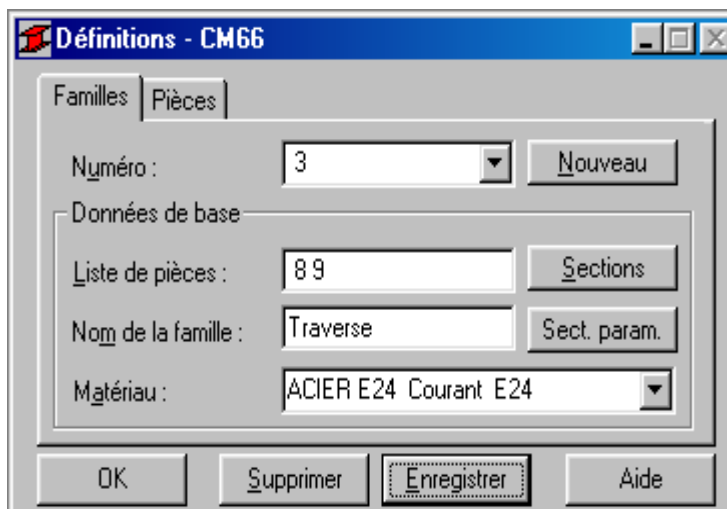
→ Terminer par **Enregistrer**.

7.9 Création de la famille Traverse

→ Définir une nouvelle famille, clic sur **Nouveau**.

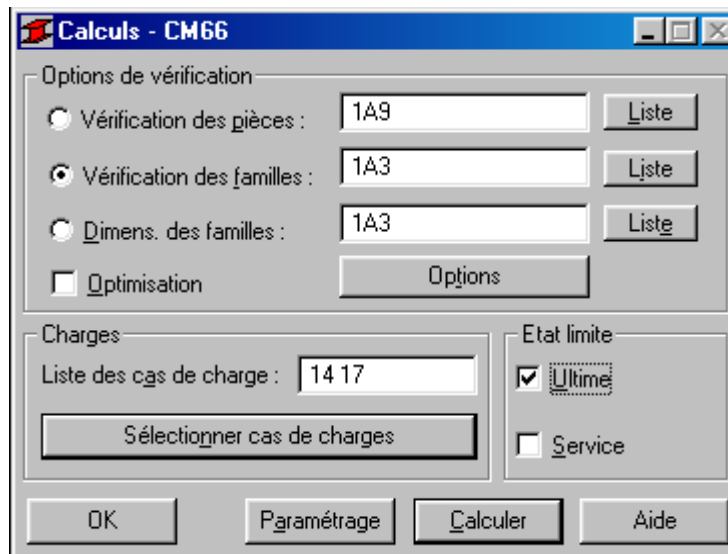
→ Définir le nom de la famille (Traverses) et les numéros des pièces de type traverse (8 et 9).

→ Définir les sections susceptibles d'être utilisées dans cette famille. Clic sur **Sections** puis sélectionner les profilés de type IPE.



→ Terminer par **Enregistrer**.

7.10 Vérification des familles en contrainte



- Sélectionner Vérification des familles et saisir les familles 1, 2 et 3.
- Dans Sélectionner cas de charges, sélectionner les combinaisons EFF et DEP, c'est à dire les cas 14 et 17.

Pour la vérification en contrainte, cocher Etat limite **Ultime** et lancer **Calculer**.

Résultats :

Les deux profilés sont correct vis-à-vis de la contrainte (ok) mais on bénéficie d'une réserve de résistance (ratio << 1).

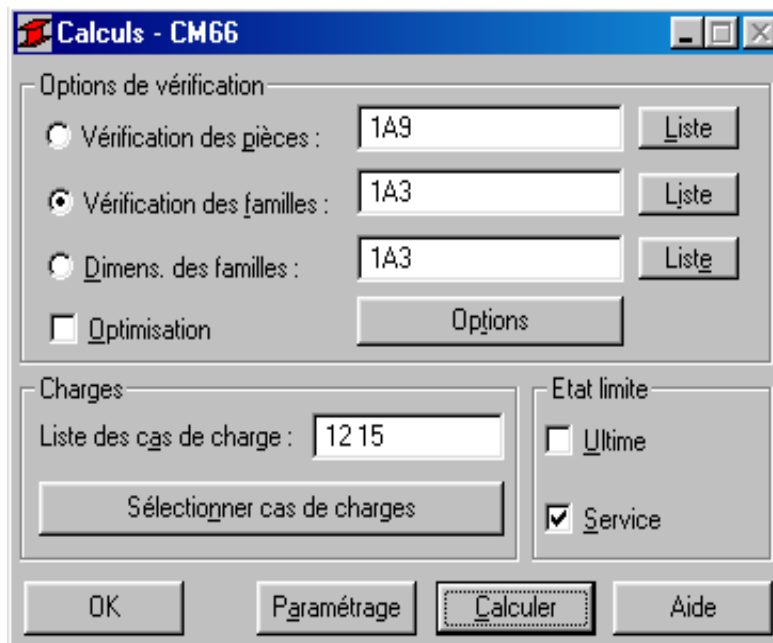
Remarque : Le ratio définit le rapport de la contrainte de calcul sur la contrainte ultime du matériau (235 Dan/cm² pour l'acier).

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
Famille : 1 Poutres de rive						
3	OK IPE 240	ACIER E24	66.69	185.68	0.84	12 EFF /25/
Famille : 2 Poutres centrales						
2	OK IPE 240	ACIER E24	123.51	185.68	0.57	12 EFF /74/
Famille : 3 Traverse						
9 Traverse2	OK IPE 220	ACIER E24	121.12	80.59	0.86	12 EFF /25/

Points de calcul
 division : n = 3
 extrêmes : aucun
 additionnels : aucun

7.11 Vérification des familles en flèche

- Pour la vérification en flèche, cocher Etat limite **Service** et lancer **Calculer**.

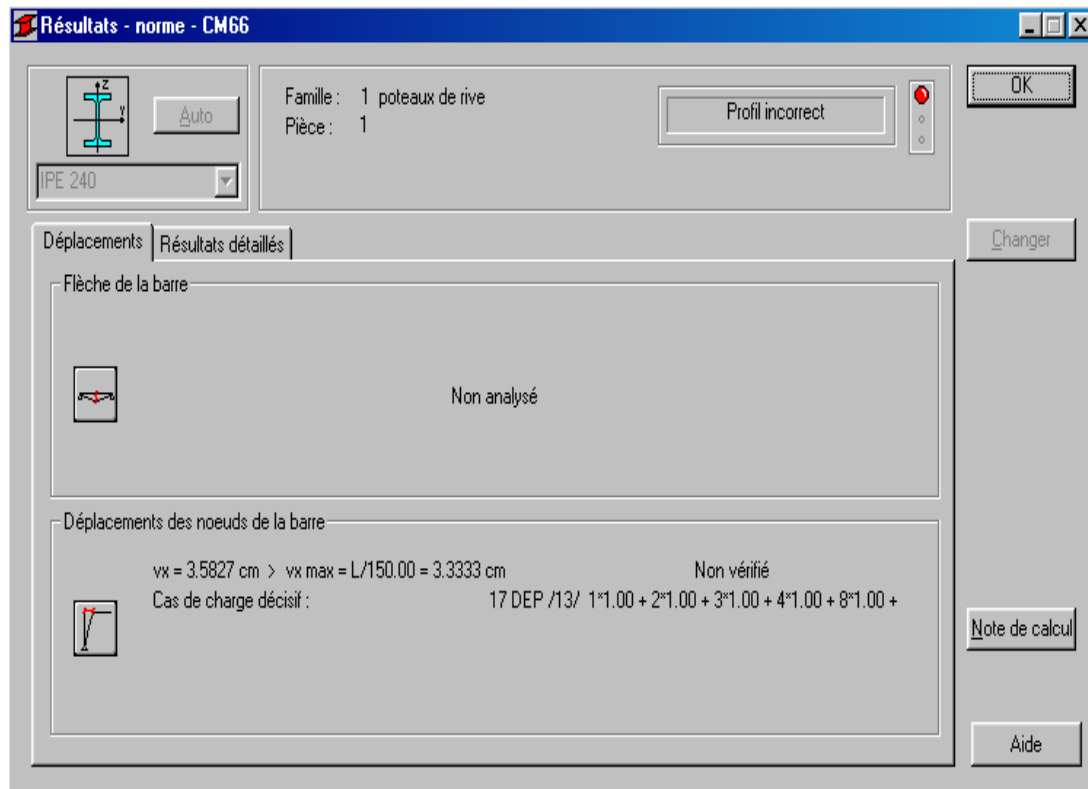


Résultats :

Pièce	Profil	Matériau	Ratio(uz)	Cas (uz)	Ratio(vx)	Cas
Famille : 3 Traverses						
9 Traverce2	✓ IPE 220	ACIER	0.66	17 DEP /8/	-	-
Famille : 1 poteaux de rive						
1	✗ IPE 240	ACIER	-	-	1.07	17 DE
Famille : 2 poteaux centraux						
2	✓ IPE 240	ACIER	-	-	0.96	17 DE


La famille Traverse est correcte mais pas celles de Poteaux de rive.

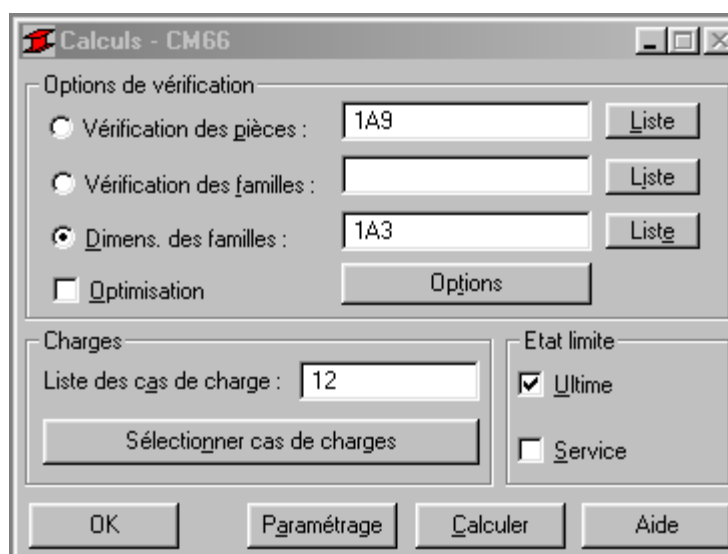
Il est possible d'examiner le détail des calculs (Clic sur la croix rouge, voir graphique ci-après) :



7.12 Dimensionnement de familles en contrainte

Nous allons maintenant utiliser l’outil de dimensionnement de familles en contrainte où Robot va faire une recherche automatique des profilés optimums parmi les types de sections que nous avons défini.

→ Cocher **dimensionnement de familles** et saisir les familles 1,2 et 3 en cliquant sur l’icône liste 



→ Dans **Sélectionner cas de charges**, sélectionner la combinaison **EFF**

→ Saisir Etat limite **ultime**, puis **Calculer**.

Résultats :

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
Famille : 1 Poutres de rive						
3	HEA 160	ACIER E24	152.23	125.48	1.41	12 EFF /25/
	HEA 180		134.28	110.61	0.99	
	HEA 200		120.75	100.38	0.73	
3	IPE 220	ACIER E24	109.72	201.79	1.34	12 EFF /25/
	IPE 240		100.26	185.68	0.96	
	IPE 270		89.08	165.40	0.68	
Famille : 2 Poutres centrales						
2	IPE 200	ACIER E24	60.54	223.65	1.08	12 EFF /74/
	IPE 220		54.86	201.79	0.77	
	IPE 240		50.13	185.68	0.57	
2	HEA 140	ACIER E24	87.19	142.03	1.09	12 EFF /74/
	HEA 160		76.12	125.48	0.75	
	HEA 180		67.13	110.61	0.56	
Famille : 3 Traverse						
9 Traverse2	IPE 200	ACIER E24	133.64	89.30	1.13	12 EFF /25/
	IPE 220		121.12	80.59	0.86	
	IPE 240		110.77	74.12	0.66	

Pour chaque famille de profilés, le logiciel affiche trois lignes.

Par exemple pour la famille Traverse, on a :

- IPE 200 : le profilé n'est pas satisfaisant (ratio>1)
- IPE 220 : le profilé est satisfaisant (en contrainte)
- IPE 240 : le profilé est trop performant.

Comme vous le remarquerez, pour les résultats dans les familles Poutres de rive et Poutres centrales, le logiciel affiche les résultats pour les IPE et les HEA car nous avons défini précédemment pour ces deux familles les deux catégories de profilés.

7.13 Dimensionnement de familles en contraintes avec optimisation sur le poids.

- cocher **dimensionnement de familles** 1 et 2.
- cocher Optimisation et cliquer sur **Options**.
- Sélectionner **Poids** et **Calculer**.

Résultats :

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
Famille : 1 Piteaux de rive						
3	HEA 160	ACIER E24	152.23	125.48	1.41	12 EFF /25/
	HEA 180		134.26	110.61	0.99	
	HEA 200		120.75	100.38	0.73	
3	IPE 220	ACIER E24	109.72	201.79	1.34	12 EFF /25/
	IPE 240		100.26	185.68	0.96	
	IPE 270		89.08	165.40	0.68	
Famille : 2 Piteaux centraux						
2	IPE 200	ACIER E24	60.54	223.65	1.08	12 EFF /74/
	IPE 220		54.86	201.79	0.77	
	IPE 240		50.13	185.68	0.57	
2	HEA 140	ACIER E24	87.19	142.03	1.09	12 EFF /74/
	HEA 160		76.12	125.48	0.75	
	HEA 180		67.13	110.61	0.56	

Nous retrouvons dans le tableau des résultats, les trois profilés proposés pour chaque famille.

IV.8 Assemblages

8.1 Avant propos

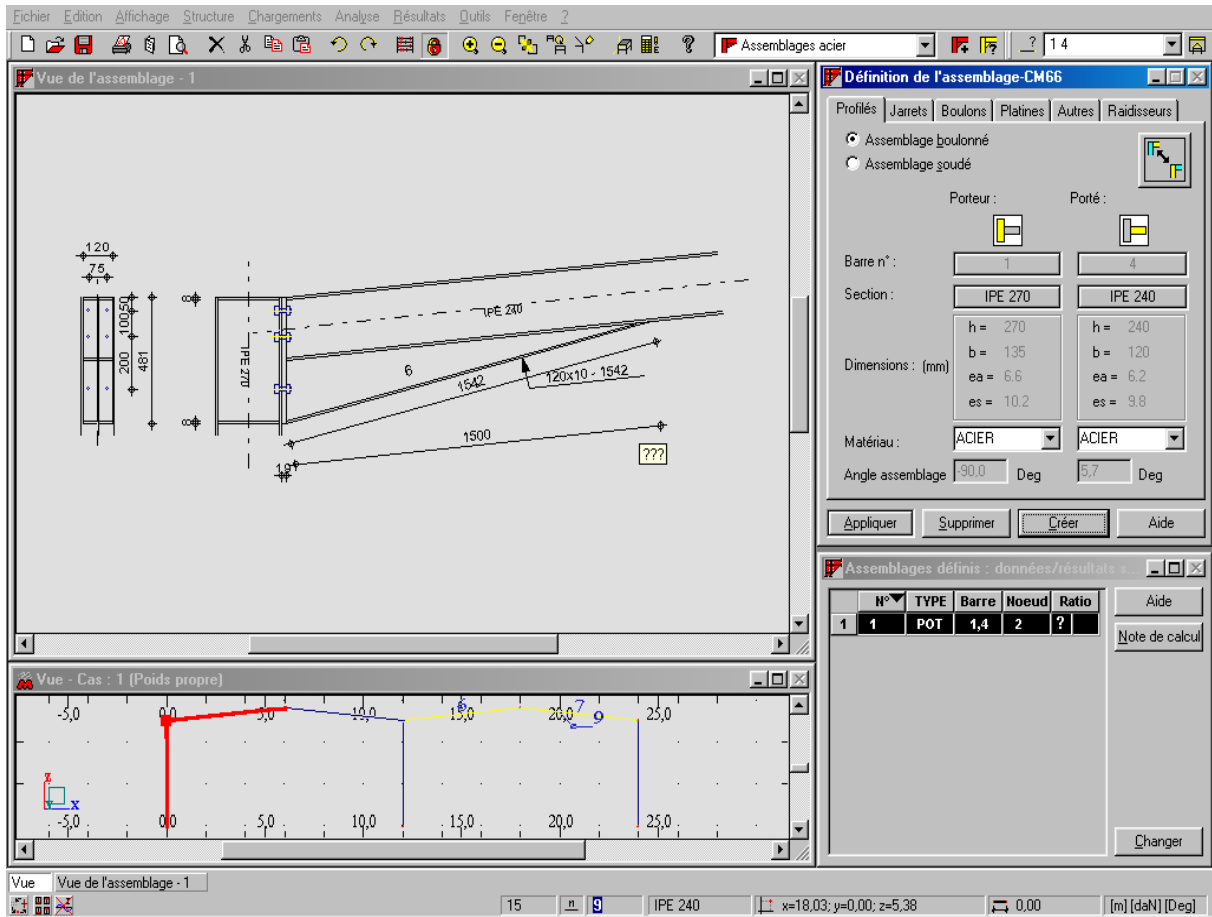
Dans la partie précédente, nous avons dimensionné la structure d'après la norme **CM66**. Maintenant, il nous reste à définir les assemblages entre les différents éléments. Nous nous concentrerons alors sur les assemblages poteau/traverse et pied de poteau.

8.2 Assemblage poteau/traverse

→ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner le bureau **Dimensionnement/assemblage acier**.

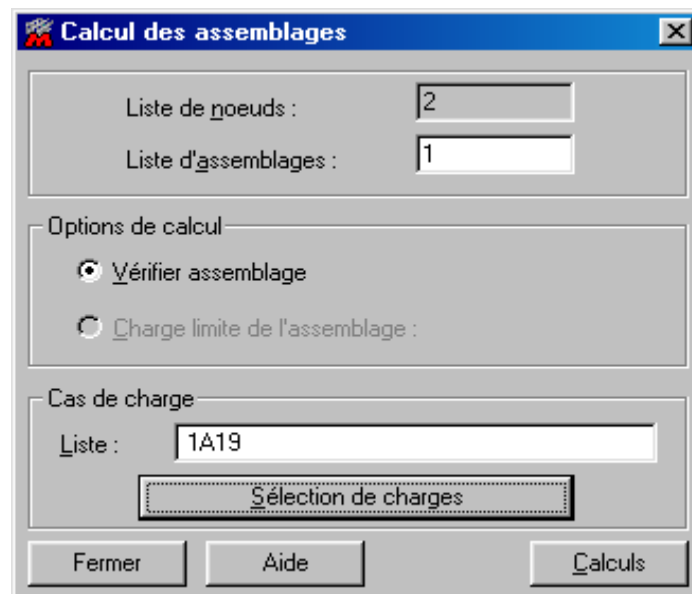
→ Dans la fenêtre **Vue**, sélectionner le poteau gauche extrême et la travée (sélection par capture) puis **Créer**. Il apparaît le dessin de l'assemblage défini ci-dessous.

→ Définir les différentes options pour l'assemblage dans la fenêtre **Définition de l'assemblage-CM66**.



→ Vérification de l'assemblage. Clic dans la fenêtre **Vue de l'assemblage**, puis **Analyse/Calcul** pour ouvrir la boîte de dialogue du calcul.

→ Dans le champ Liste relatif aux cas de charge, saisir **Tout**, puis **Calculs**.

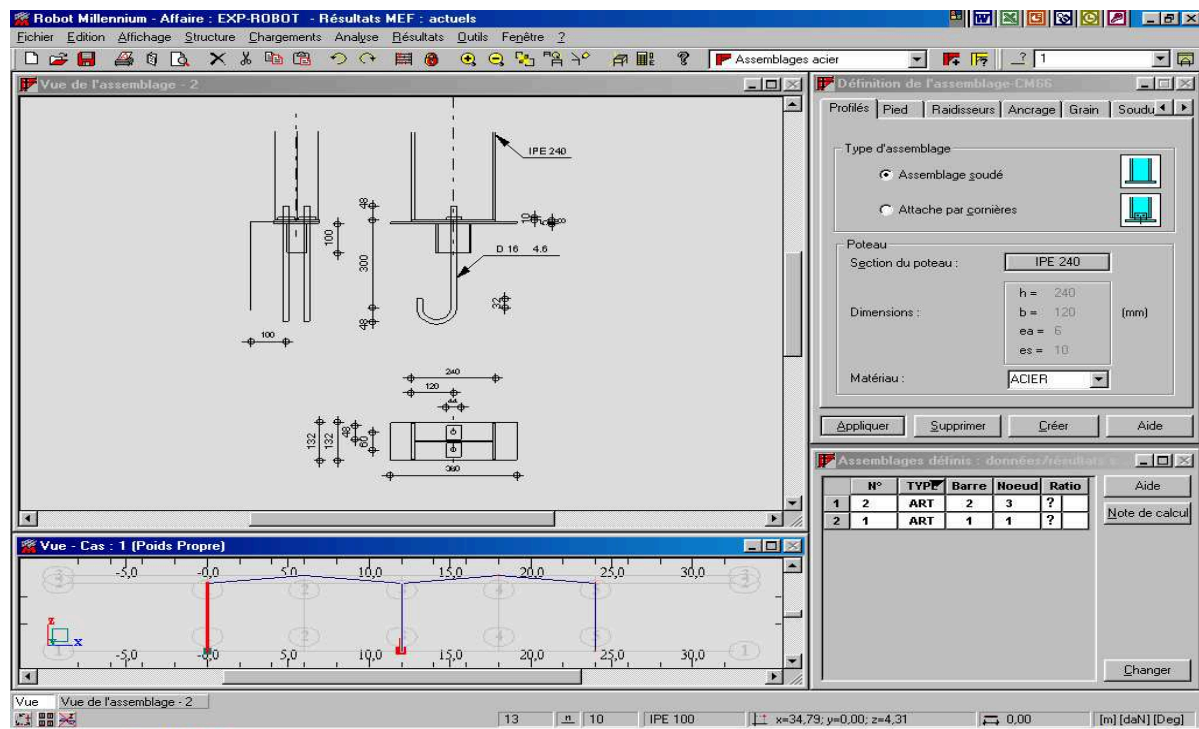


→ Dans la fenêtre **Assemblages définis**, clic sur le bouton **Note de calculs** afin de récupérer les différents éléments de calculs relatifs à l'assemblage défini.

8.3 Assemblage Pied de poteau

→ Pour l'assemblage pied de poteau central, il s'agit de réaliser la même démarche que celle présentée précédemment, en sélectionnant maintenant le poteau central et le nœud de pied associé (sélection par capture).

L'assemblage est présenté ci-dessous.



IV.9 Note de calcul

9.1 Avant-propos

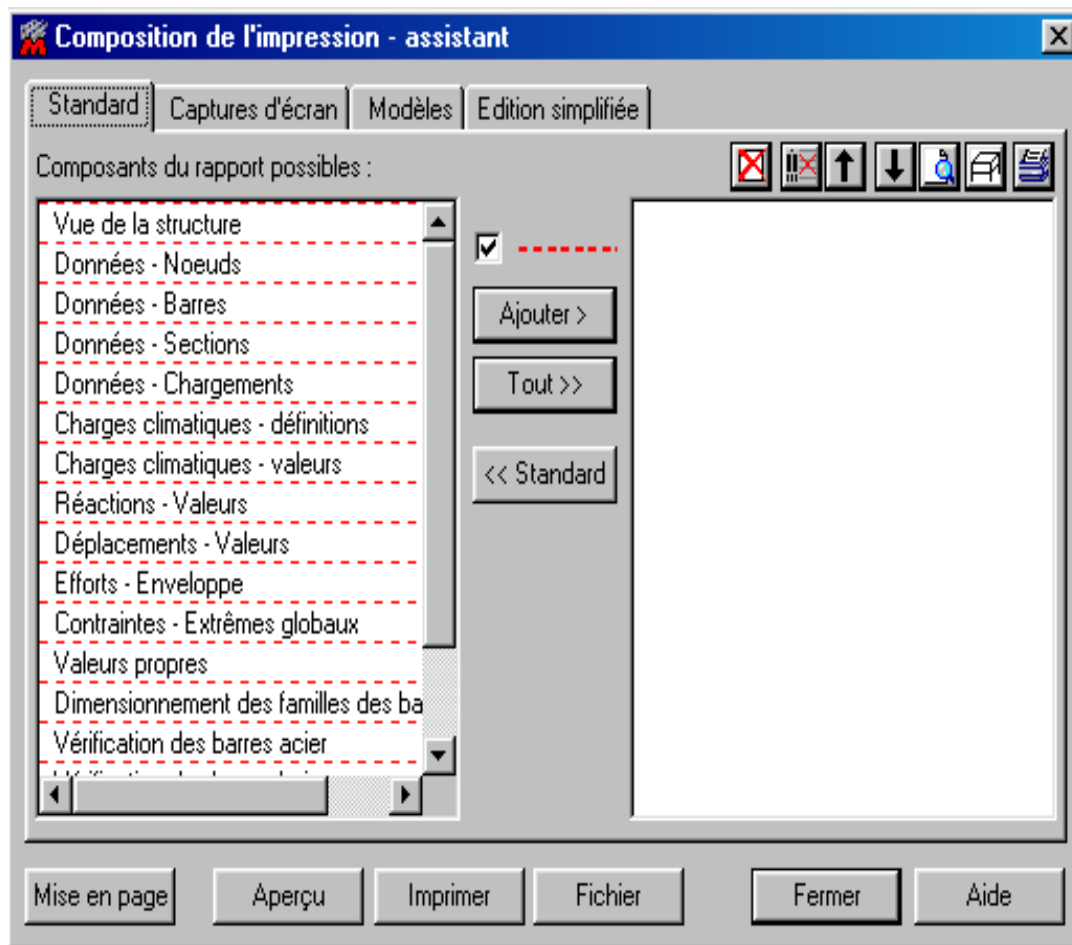
La création de la documentation pour le projet étudié est une étape importante. A l'issue de votre étude, **Robot** vous offre de nombreuses possibilités pour configurer la documentation afin qu'elle réponde à vos besoins.

Les notes de calcul regroupent toutes les informations saisies par l'utilisateur, les résultats des calculs ainsi que les résultats du dimensionnement. De plus, tous les graphiques, tableaux et vues issus de **Robot** peuvent être intégrés dans la note de calcul.

9.2 Composition de l'impression

Robot vous permet de composer librement vos impressions.

→ Sélectionner la commande **Fichier/Composer Impression**, le logiciel affiche la boîte de dialogue représentée sur la figure ci-dessous.



Dans cette boîte de dialogue, les éléments que vous avez créés en vue d'une impression future peuvent être utilisés pour composer une impression.

Bibliographie

- [1] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2010 - Guide d'utilisation.
- [2] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2010 - Nouvelles fonctionnalités du logiciel.
- [3] Béton armé B.A.E.L 91 modifié 99 D.T.U associés (JEAN-PIERRE MOUGIN édition EYROLLES, 2000).
- [4] Document technique réglementaire D.T.R BC 2 48. Règles parasismique algériennes RPA 99 /version 2003.
- [5] Document technique réglementaire (D.T.R. C 2-4.7). Règlement neige et vent "R.N.V.1999".
- [6] Document technique réglementaire (D.T.R. BC 2.2). Charges permanentes et charges d'exploitation.