

**Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf –MILA-
Institut des Sciences de la Technologie
Département De Génie Civil et hydraulique**



Licence Génie Civil

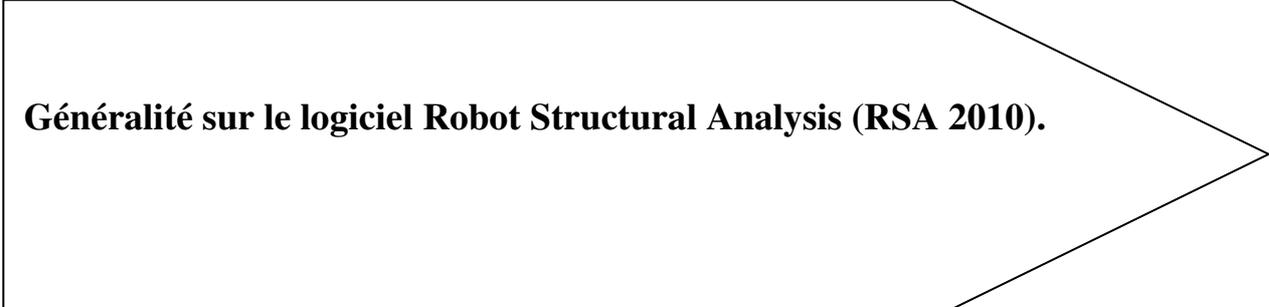
Module : TP Calcul Assisté Par Ordinateur

**Cours de modélisation des structures par
Logiciel Autodesk Robot.**

Enseignant : Dr. Sami ZIANE

Année Universitaire 2021/2022

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 :

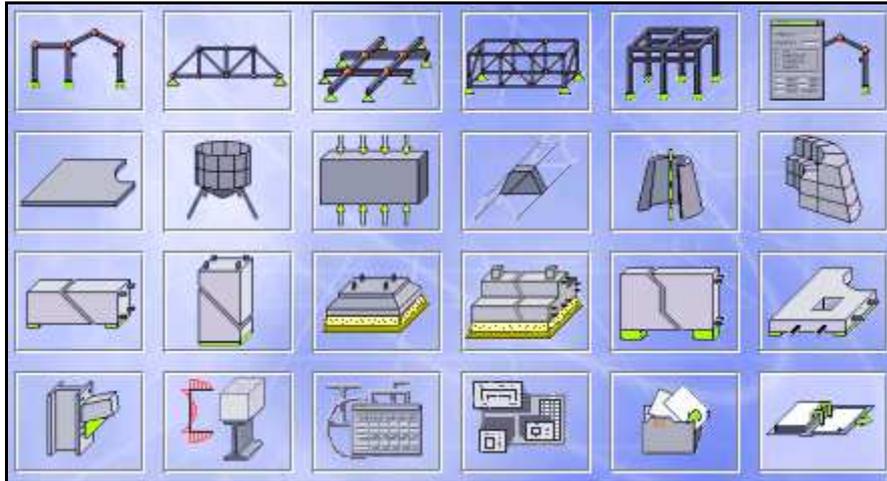


Figure I.1 : Différentes applications du logiciel Robot Bat.

- 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.

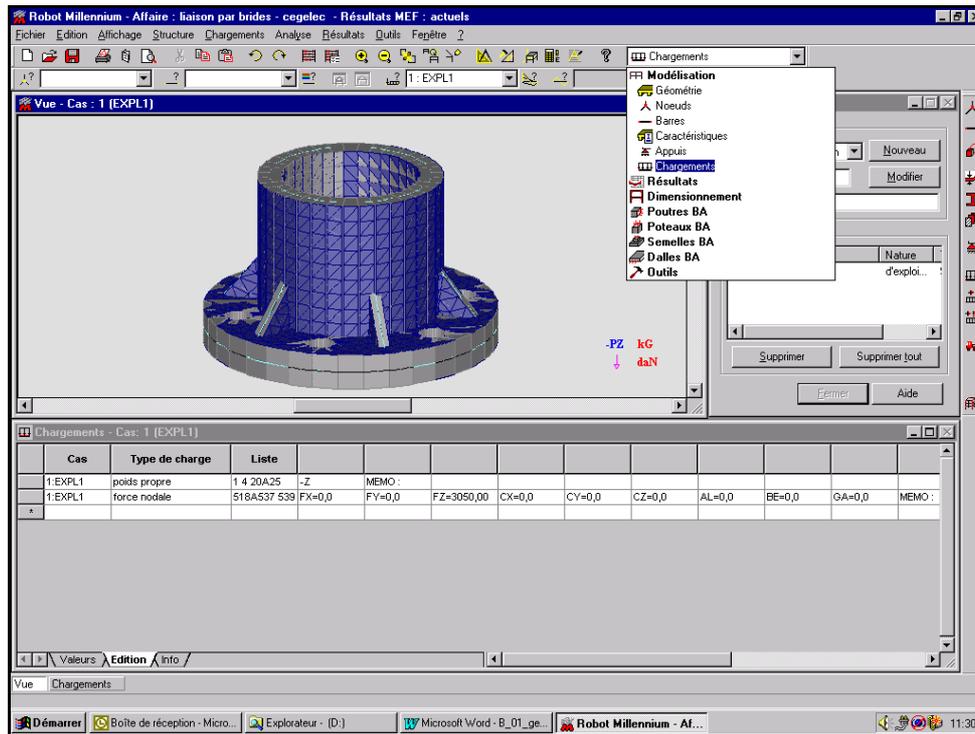


Figure I.2 : Interface graphique du logiciel RobotBat.

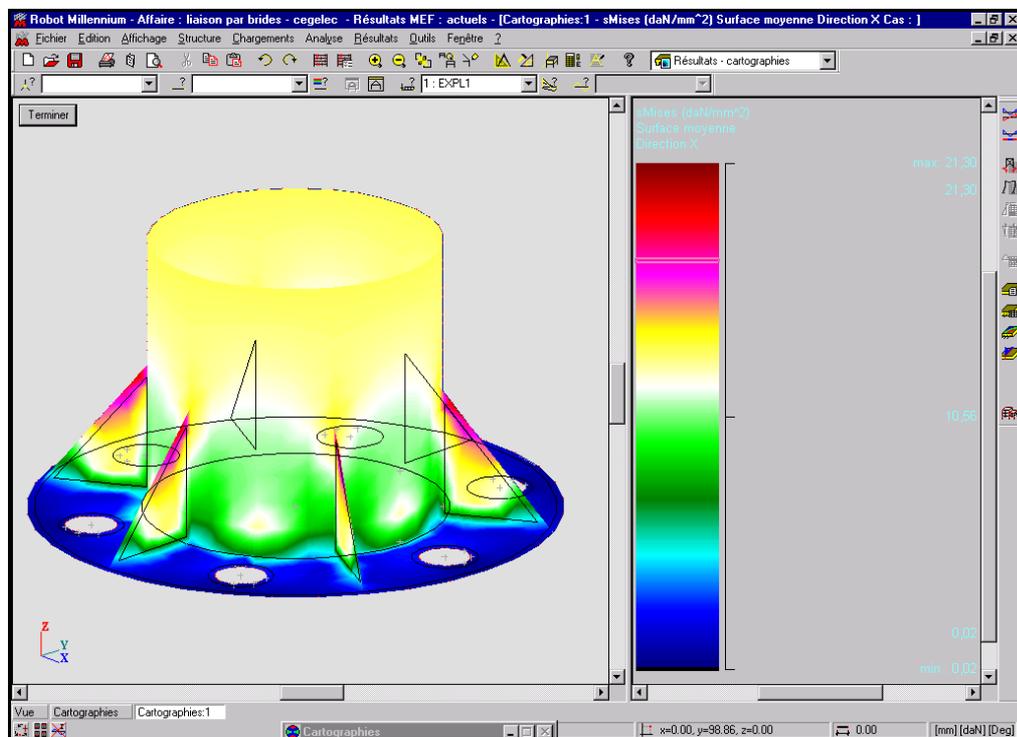


Figure I.3 : Représentation graphique des résultats.

- ✓ 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,

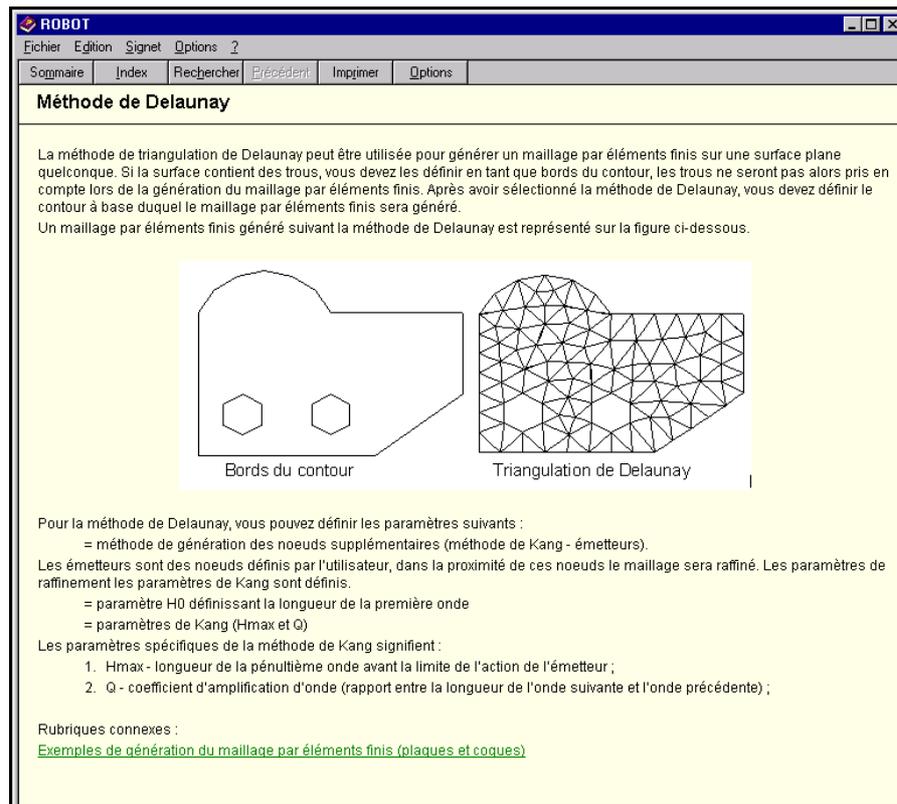
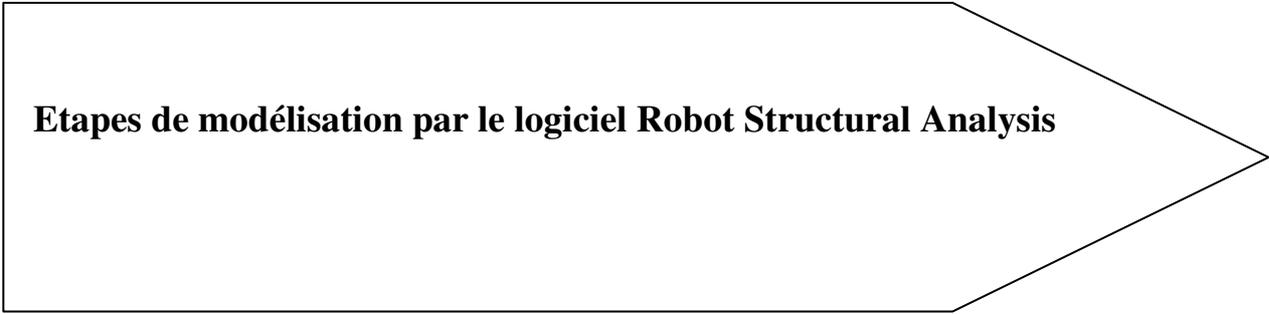


Figure I.5 : Rubrique d'aide du logiciel.

- ✓ 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).

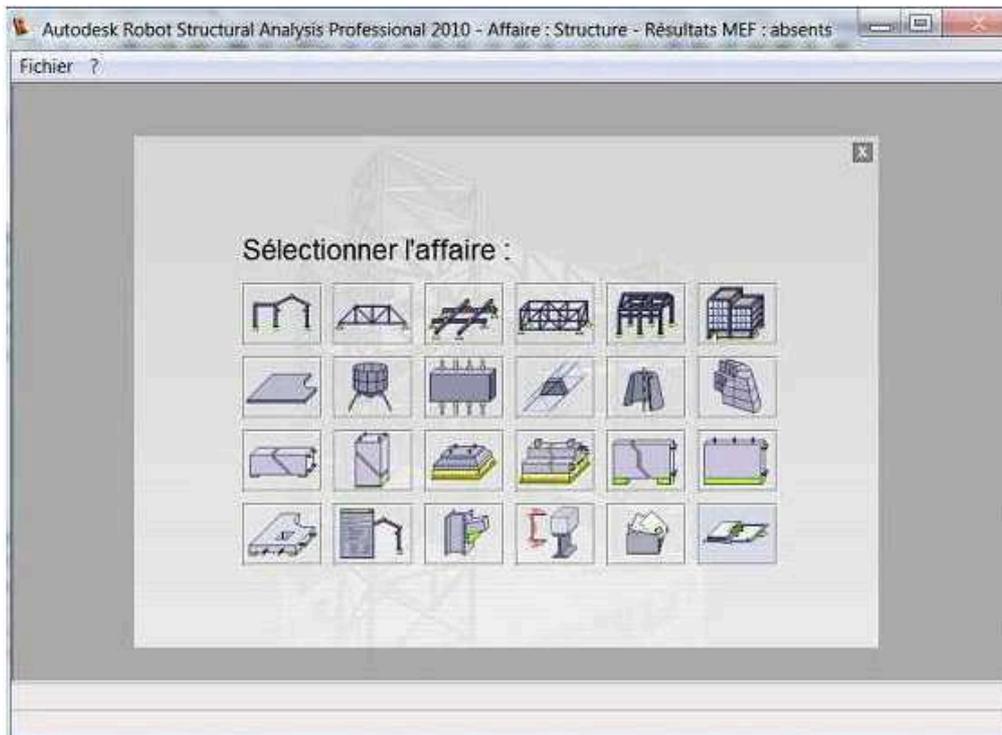
Chapitre II



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.

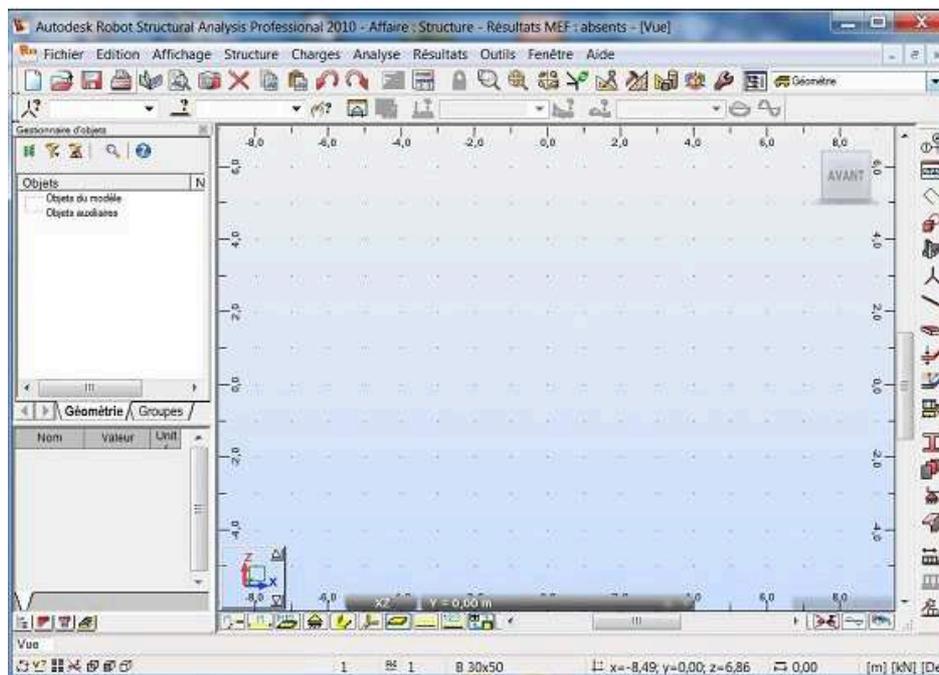
-  **Etude d'un portique plan.**
-  **Etude d'un treillis spatial.**
-  **Etude d'une coque.**
-  **Conception d'un bâtiment.**

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.



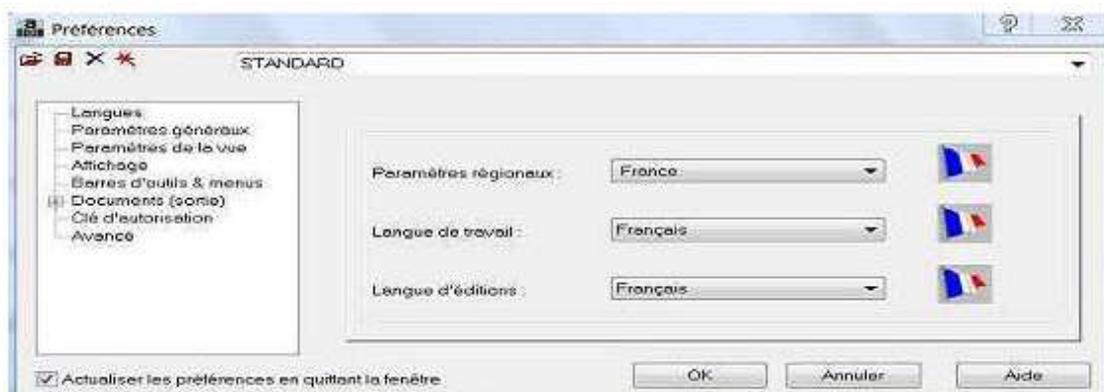
- **Etude d'une coque.**

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.

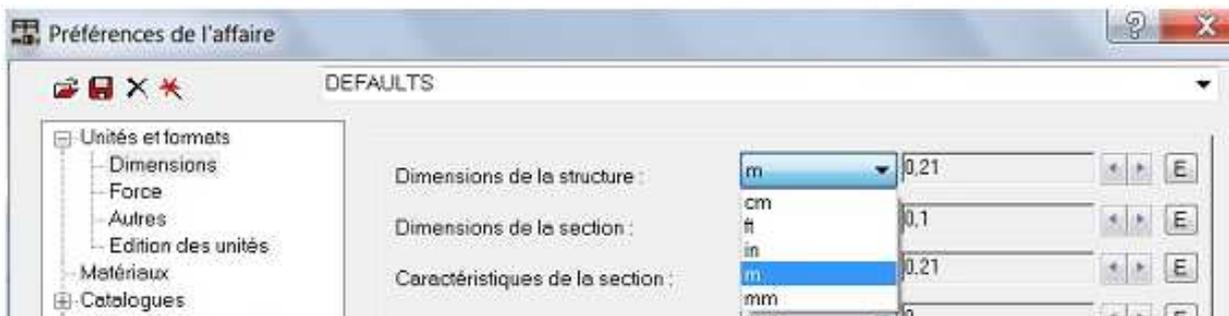


Outils ► Préférences de l'affaire

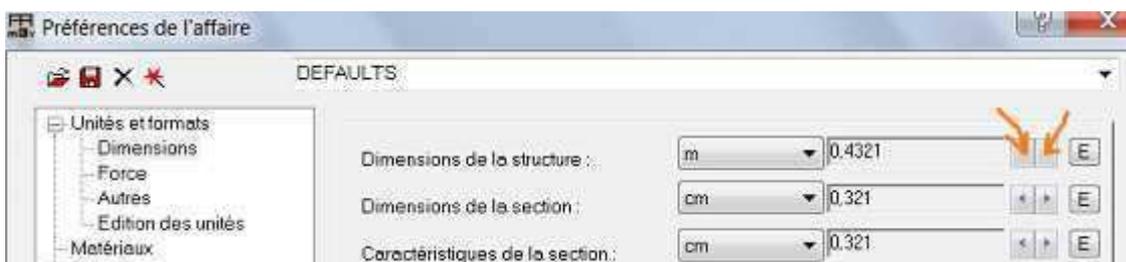


II.2.1 Unités et formats

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

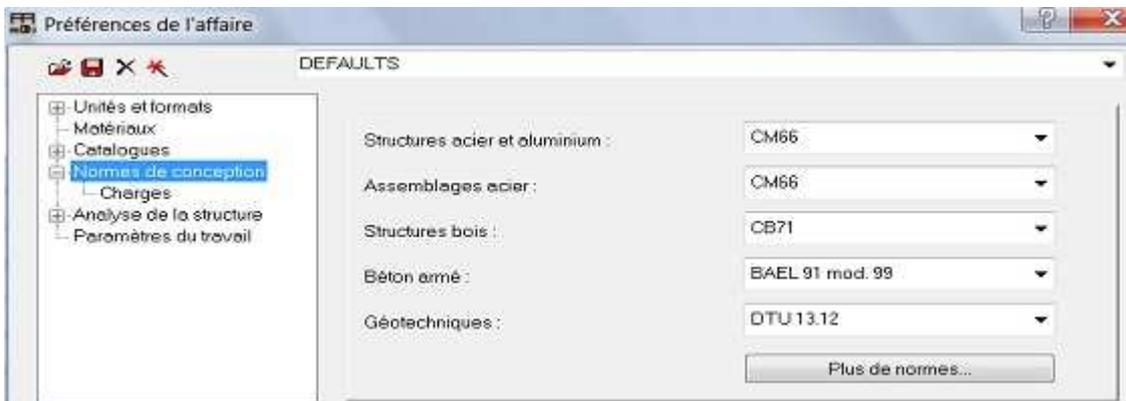


On peut modifier aussi le nombre de chiffre à prendre après la virgule pour les décimales en cliquant sur les flèches :

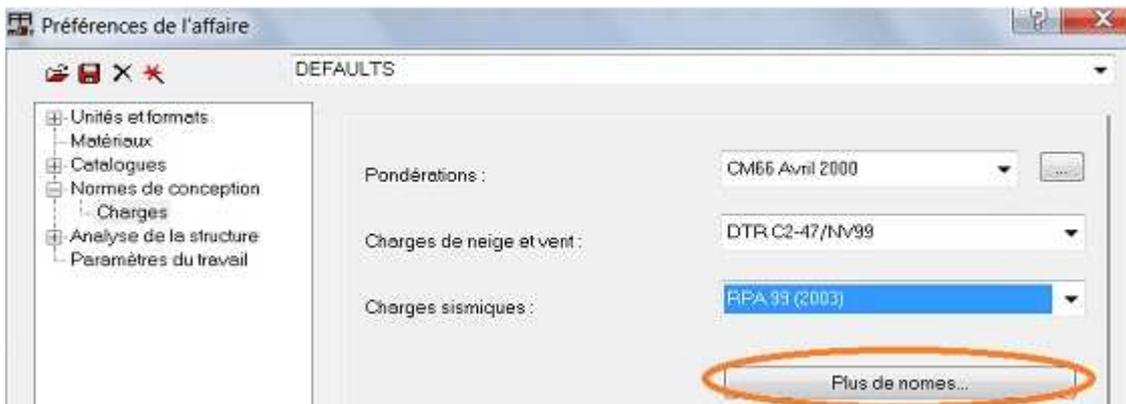


II.2.2 Normes de conception

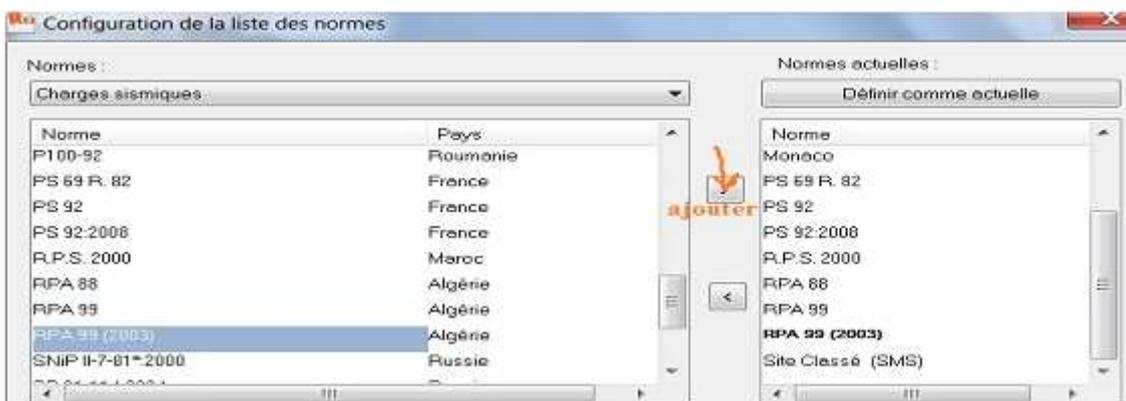
Robot contient plusieurs règlements et on peut choisir la norme utilisée dans notre pays par le menu déroulant :



La même chose pour les charges sismiques et climatiques :

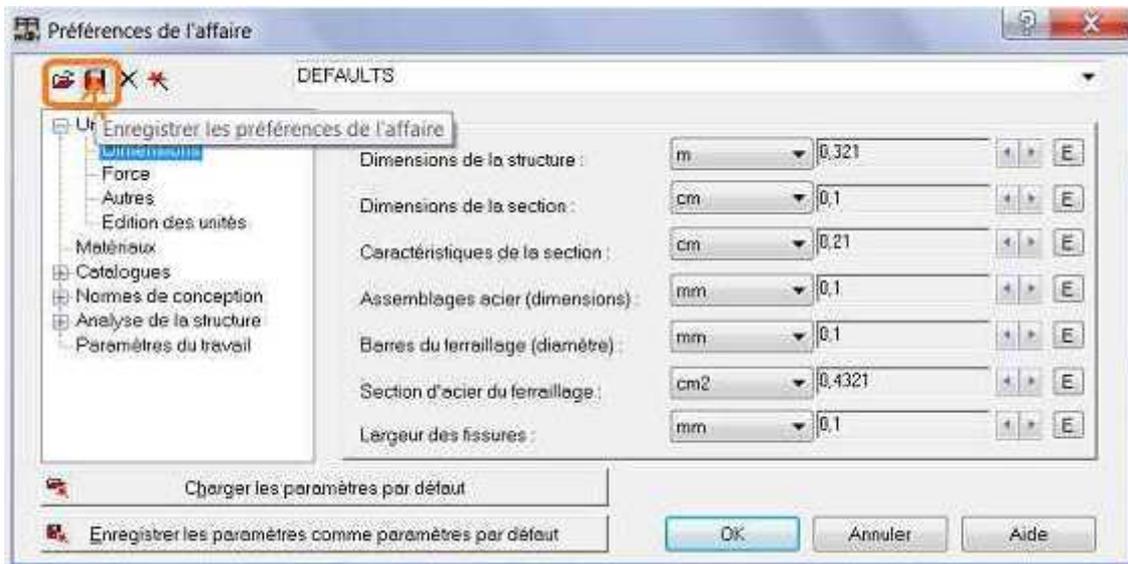


Si la norme qu'on cherche non pas dans le menu déroulant on peut l'ajouter de la liste des normes dans le menu en cliquant sur plus de normes :



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.

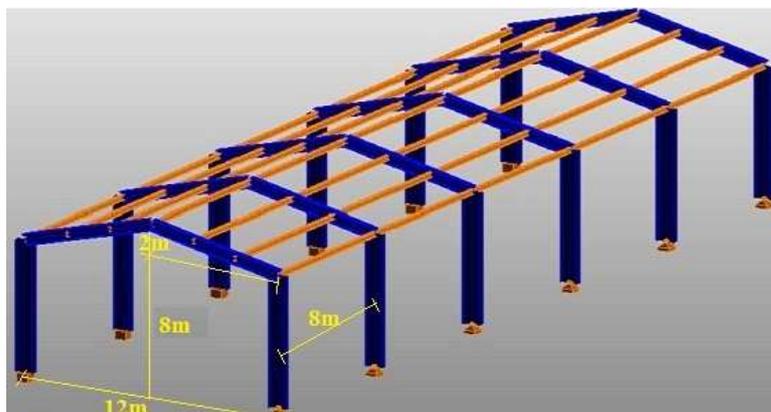


II.3 Modélisation des structures par le logiciel RSA

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



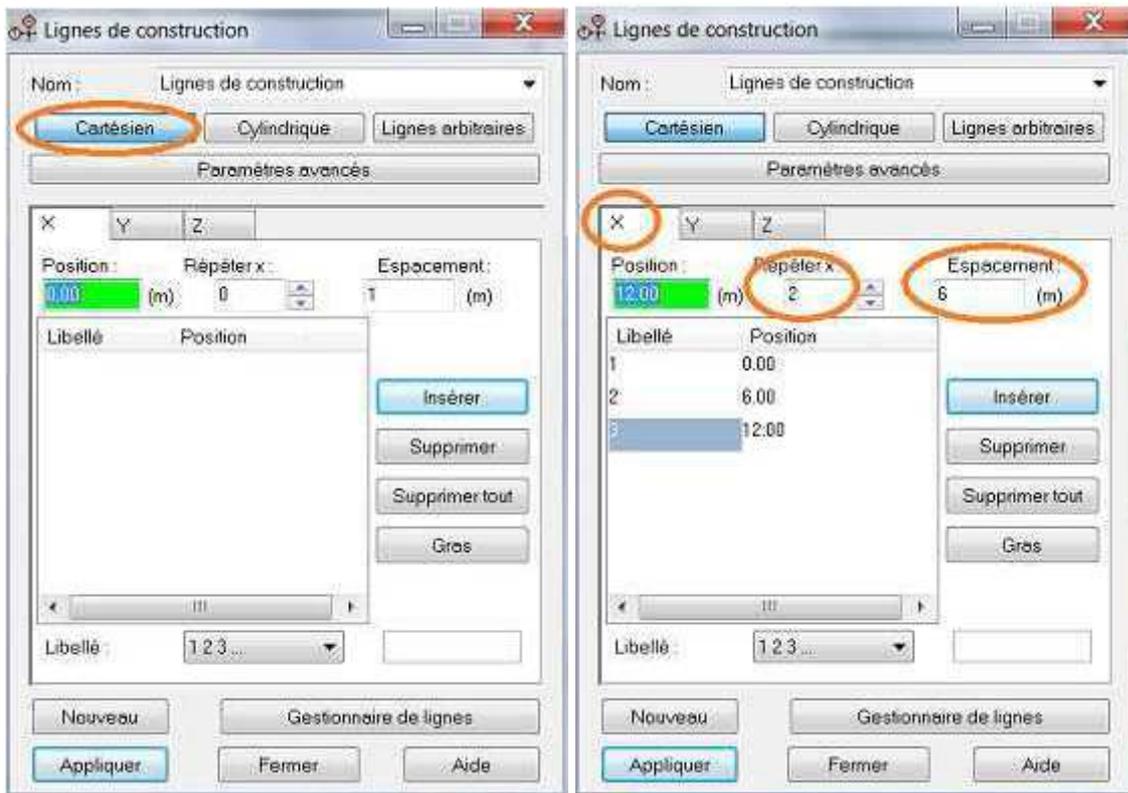
Au démarrage du logiciel Robot 2010 on sélectionne le module **Etude d'un portique spatial**

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)

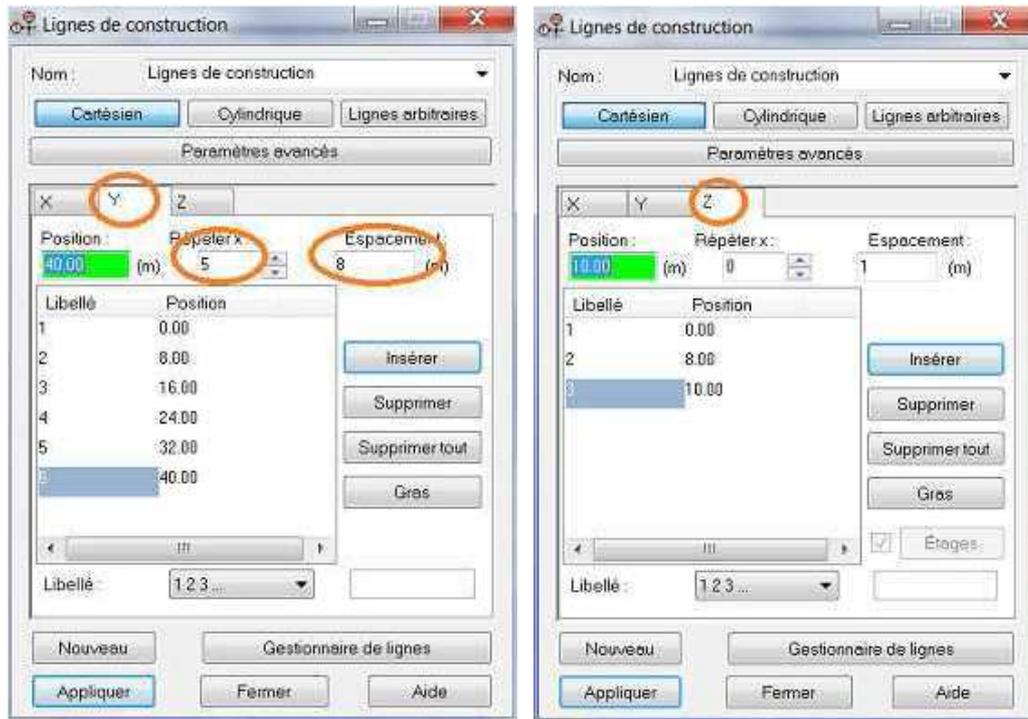
Pour notre exemple on doit insérer la série des valeurs suivante :

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 :

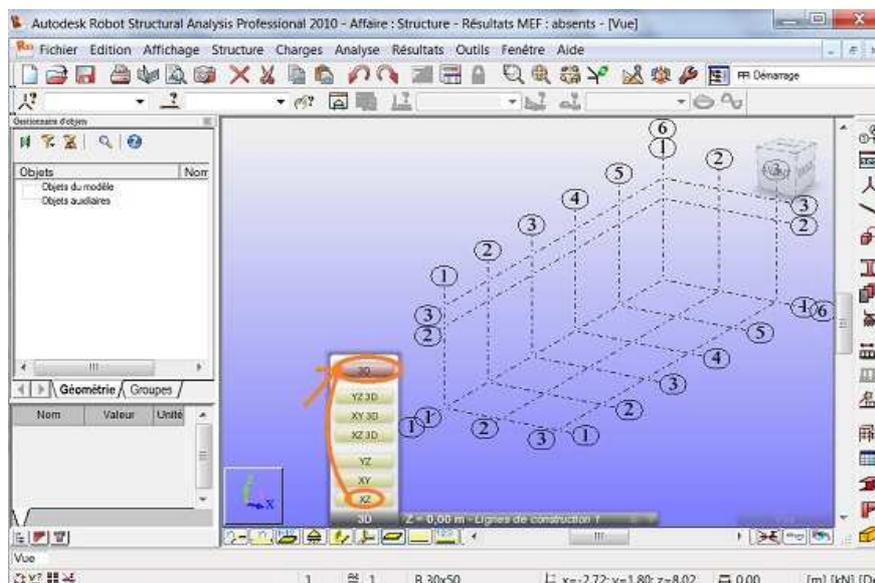


Remarque

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**.

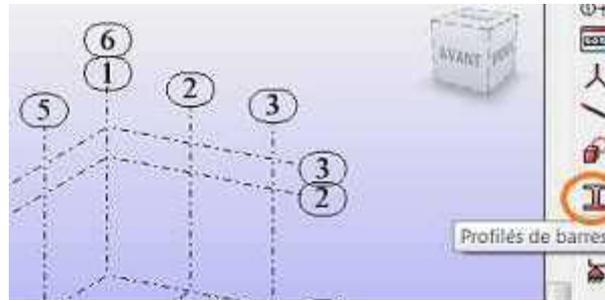
On peut définir dans la même affaire plusieurs lignes de construction en utilisant l'option **Nouveau** dans la boîte de dialogue lignes de construction

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 ...



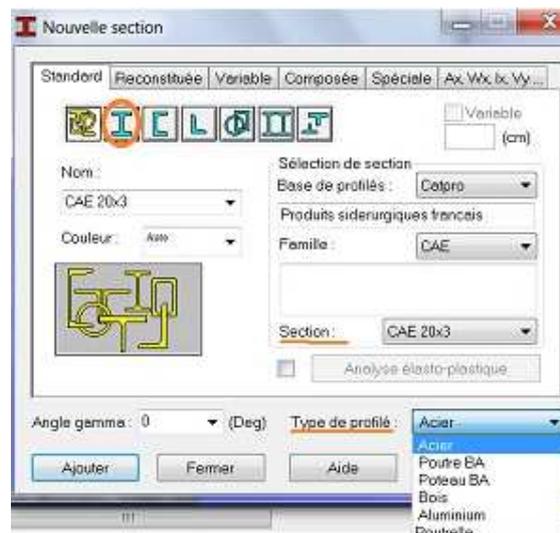
En cliquant sur l'icone la boîte suivante s'ouvre et à l'aide de l'option supprimer tous les sections non utilisées on supprime les sections données par défaut du logiciel.



On obtient



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

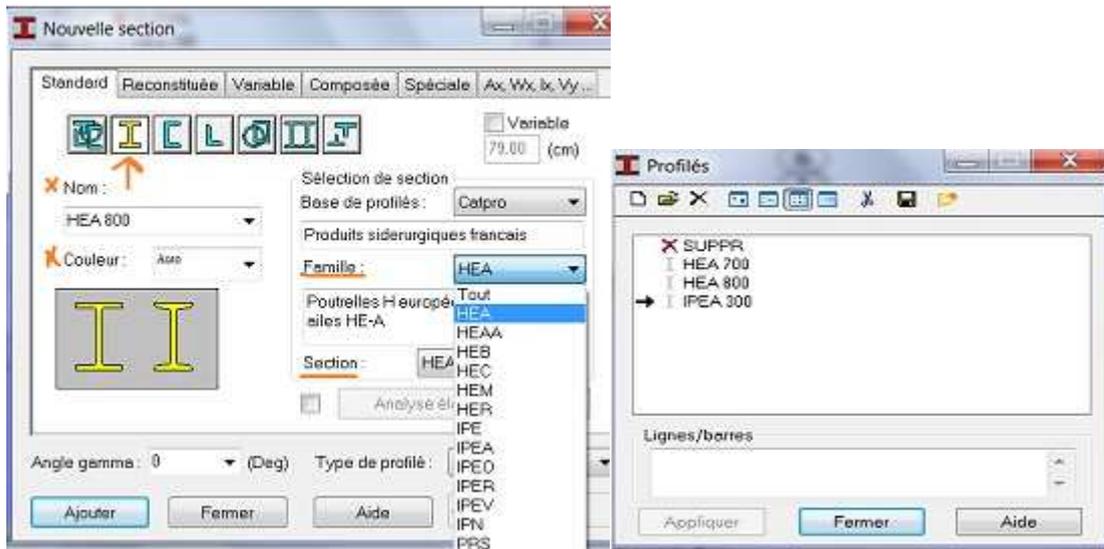


On choisit le **Type de profilé** selon le cas acier, poutre BA, poteau BA ...

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 :

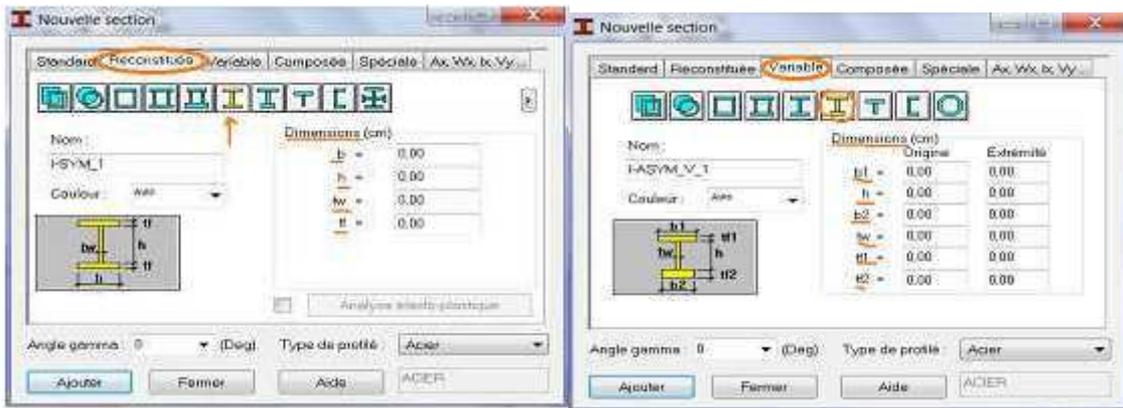


On peut donner le nom qu'on veut à la nouvelle section et choisir la couleur du profilé sinon le logiciel les prend par défaut.

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.

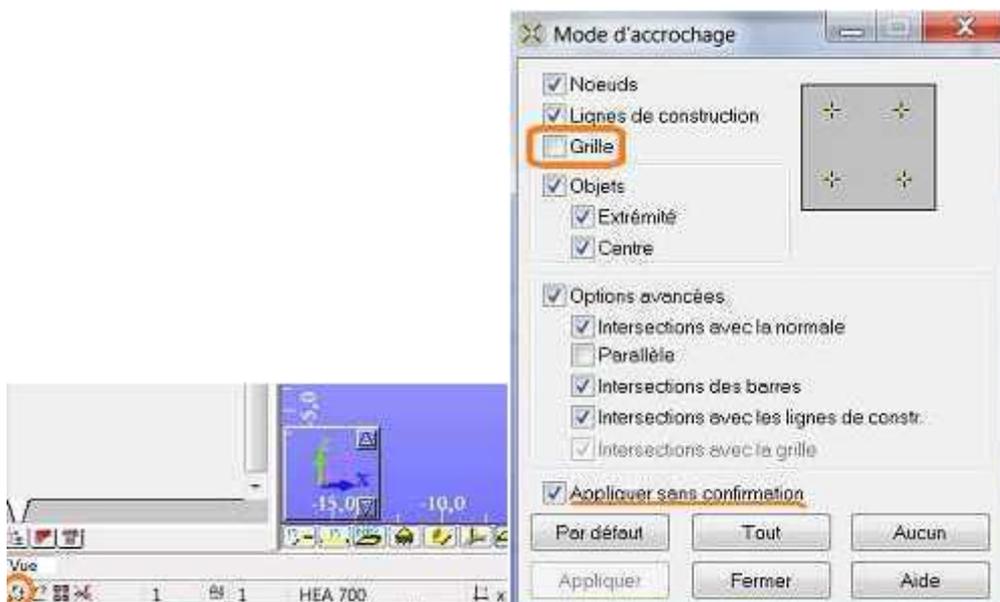


II.3.3 Définition de la structure

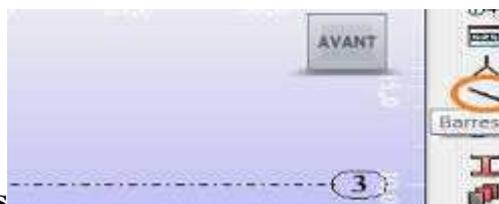
Maintenant qu'on a défini les lignes de construction et les sections des éléments de la structure, on commence à dessiner notre structure à l'aide des lignes de construction réalisées précédemment.

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.

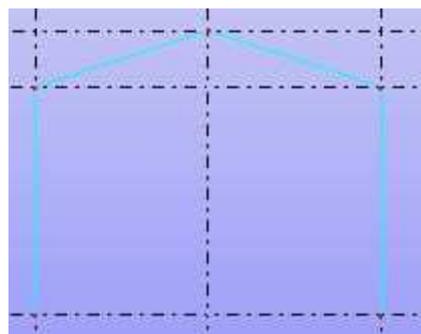
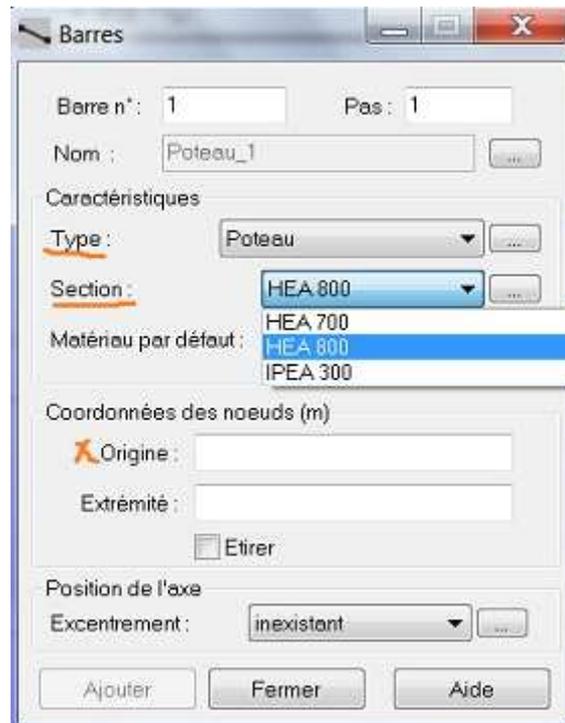
On passe au dessin des poutres inclinées par le même principe Type poutre Section HEA700.

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



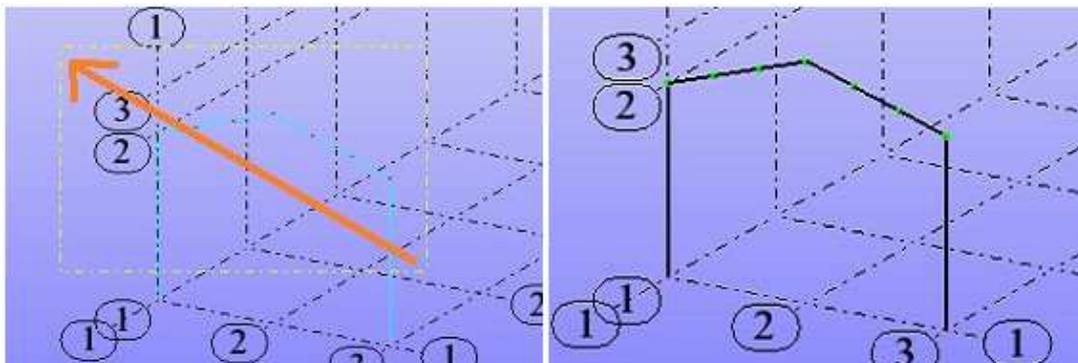
Retour à notre exemple, on sélectionne les poutres et on clique sur  **Diviser barres** la boîte de dialogue suivante s'ouvre :



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

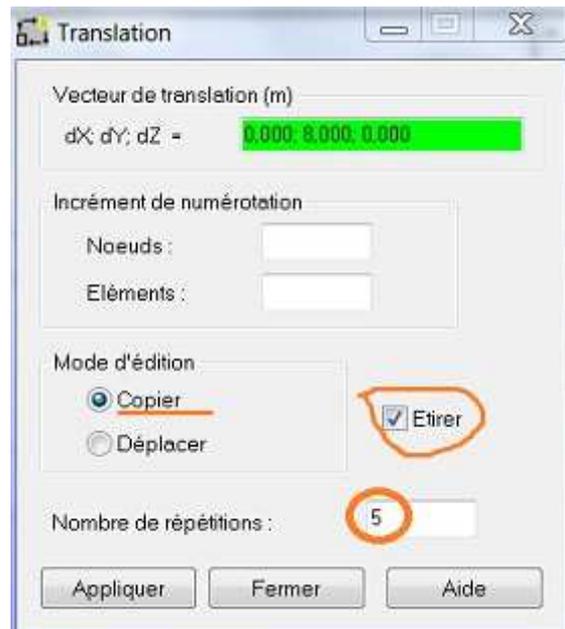


Après la sélection on clique sur  **Translation** et sur  **Profils de barres** pour sélectionner le profilé IPEA300.

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**



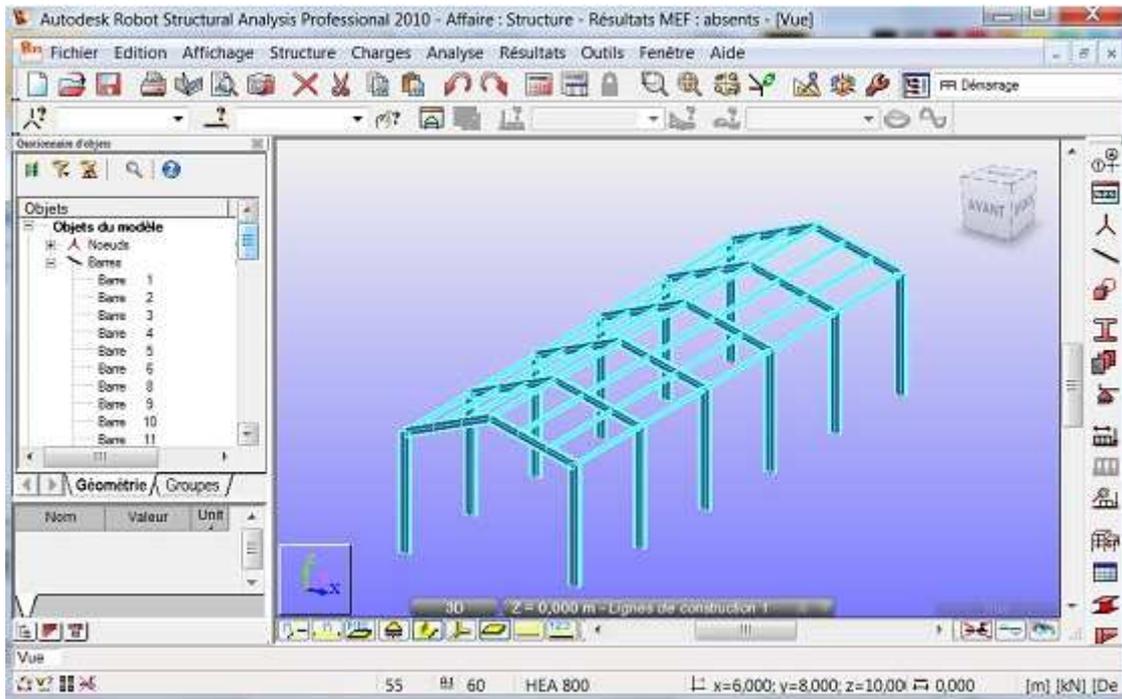
Pour annuler l'affichage des lignes de construction, on clique par la souris sur la droite et on clique **Attributs**, dans la boîte qui s'ouvre on clique sur **Structure** et on décoche la case des lignes de construction



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

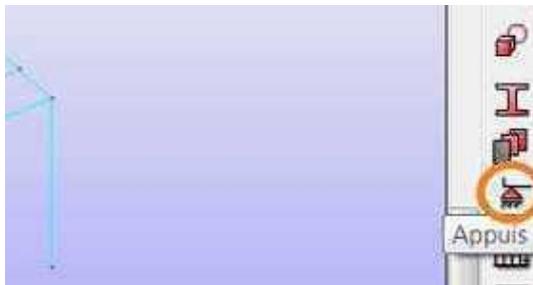


On aura la vue en 3D suivante :



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 :



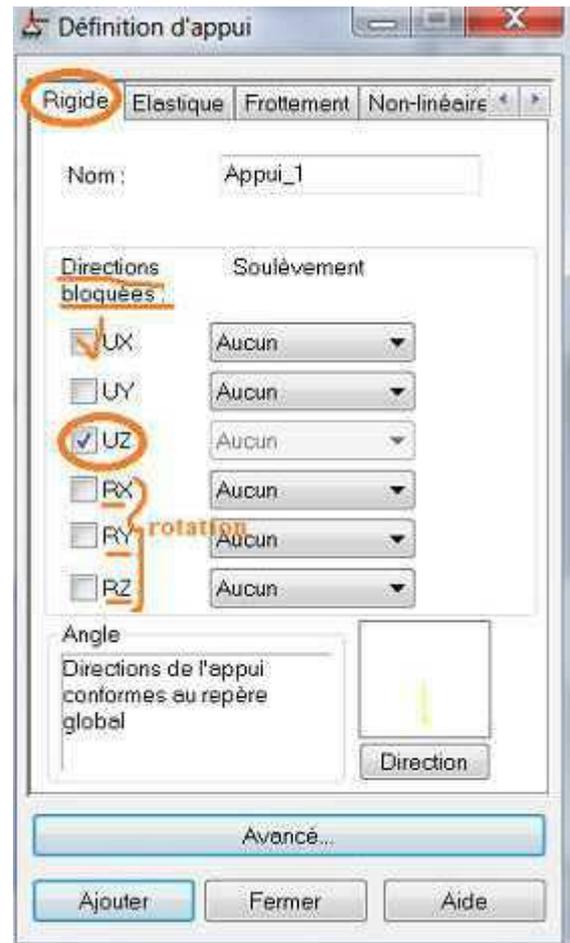
Par la boîte de dialogue **Définition d'appui** on peut définir les direction à bloquer en cochant les cases des déplacements suivant les axes comme illustré sur la figure quel soit des déplacements linéaires (UX, UY, UZ) ou angulaires (RX, RY, RZ).

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.

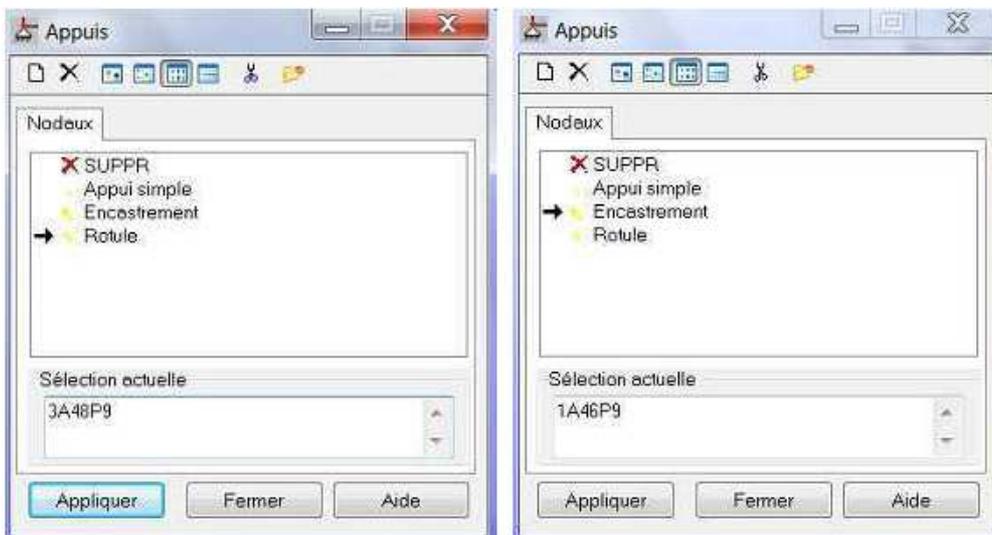
Pour notre exemple la structure métallique on choisit de mettre le type d'appui **Rotule** pour l'un des nœuds situés à la base des poteaux et le type d'appui **Encastrement** pour l'autre nœud.

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

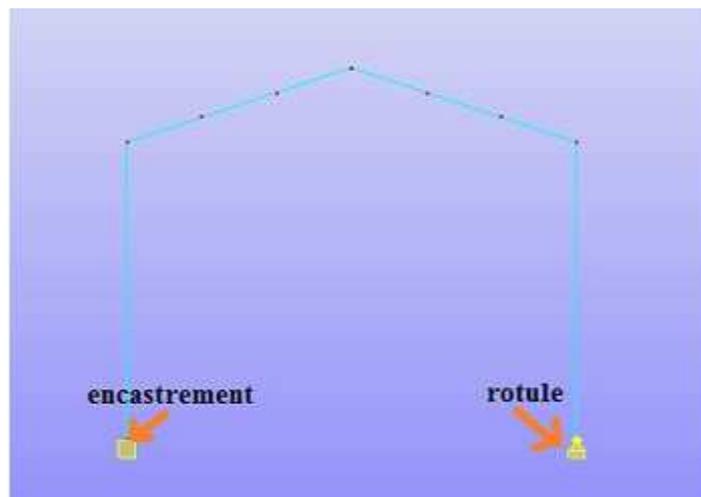


Pour cela on choisit **Rotule** dans la boîte **Appuis** et on clique dans le champ **Sélection actuelle** et après on sélectionne tous les nœuds de la base des poteaux du première rangée et on clique sur **Appliquer**.

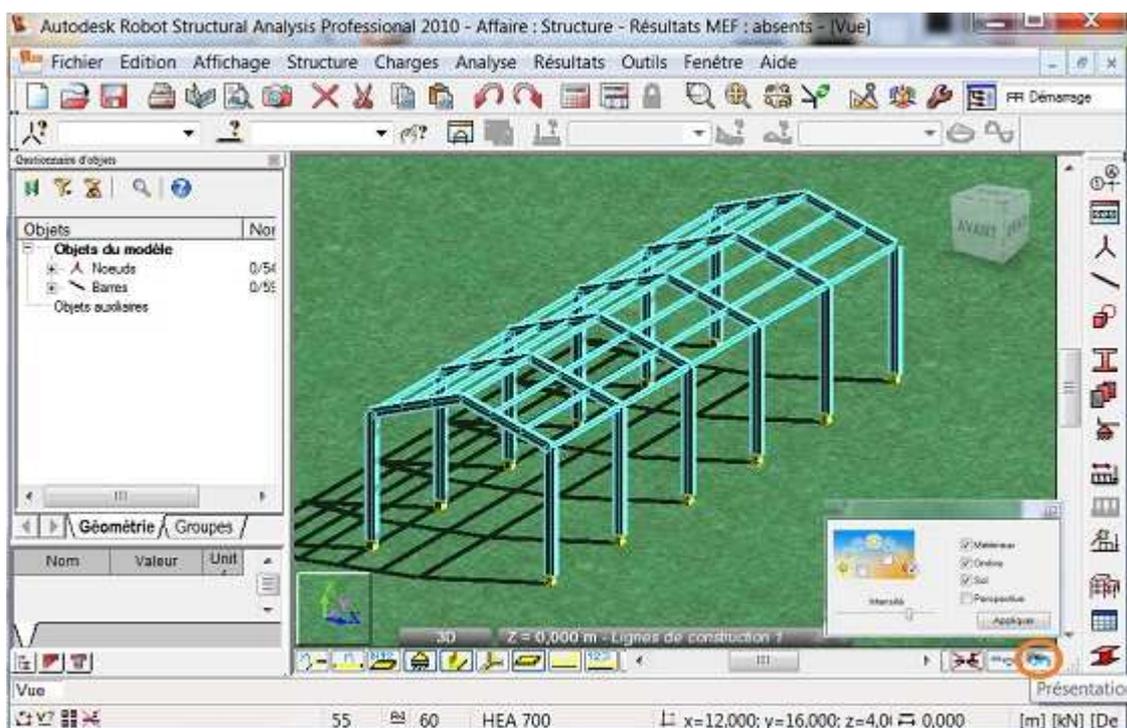
On répète la même opération pour la deuxième rangée en choisissant le type d'appui **Encastrement**.



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

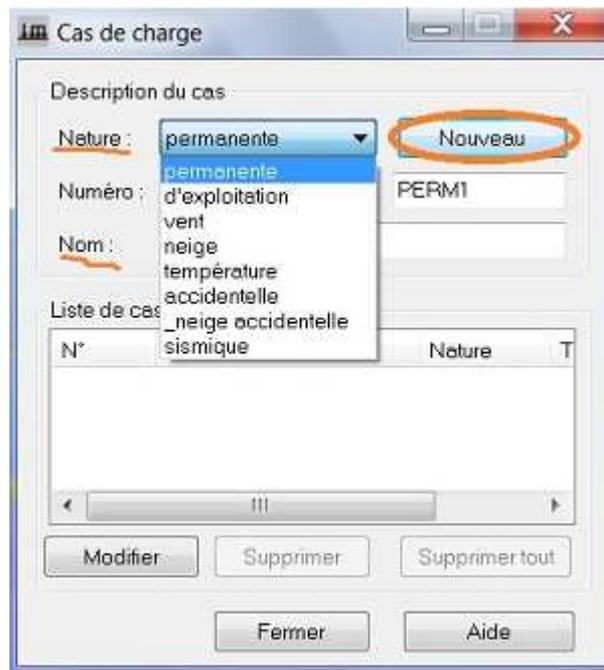
Le chargement d'une structure consiste à définir les cas de charge selon la nature des charges (permanente, exploitation, sismique ...) et ensuite l'application des charges (charges sur barres, charges surfaciques ...) sur la structure pour les cas de charge créés et enfin la définition des combinaisons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

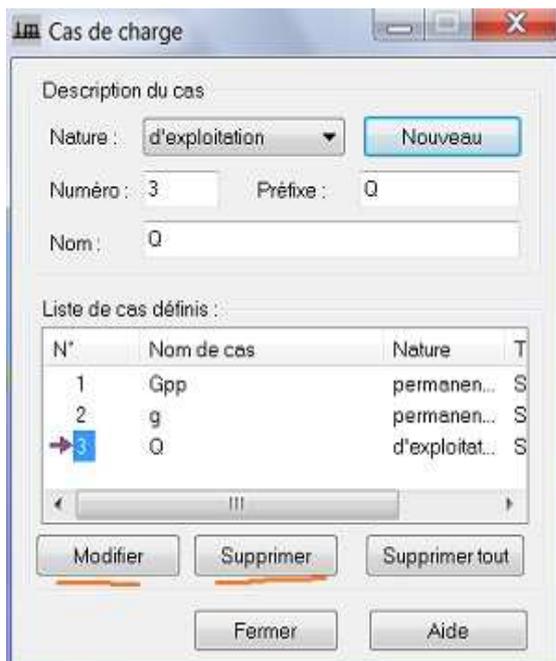


Dans le champ **Nom** on peut donner un nom pour le cas de charge ou on prend le nom par défaut proposé par le logiciel.

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.

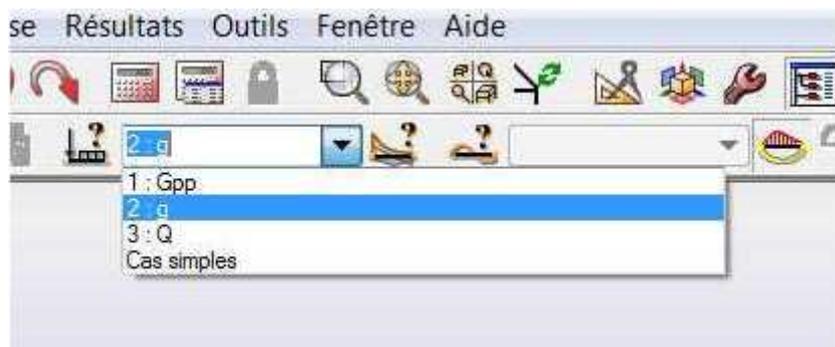
On va donner le nom pp pour le poids propre de la structure entière et on clique sur Nouveau, le logiciel prend le premier cas de charge permanente défini comme poids propre de la structure par défaut.



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.

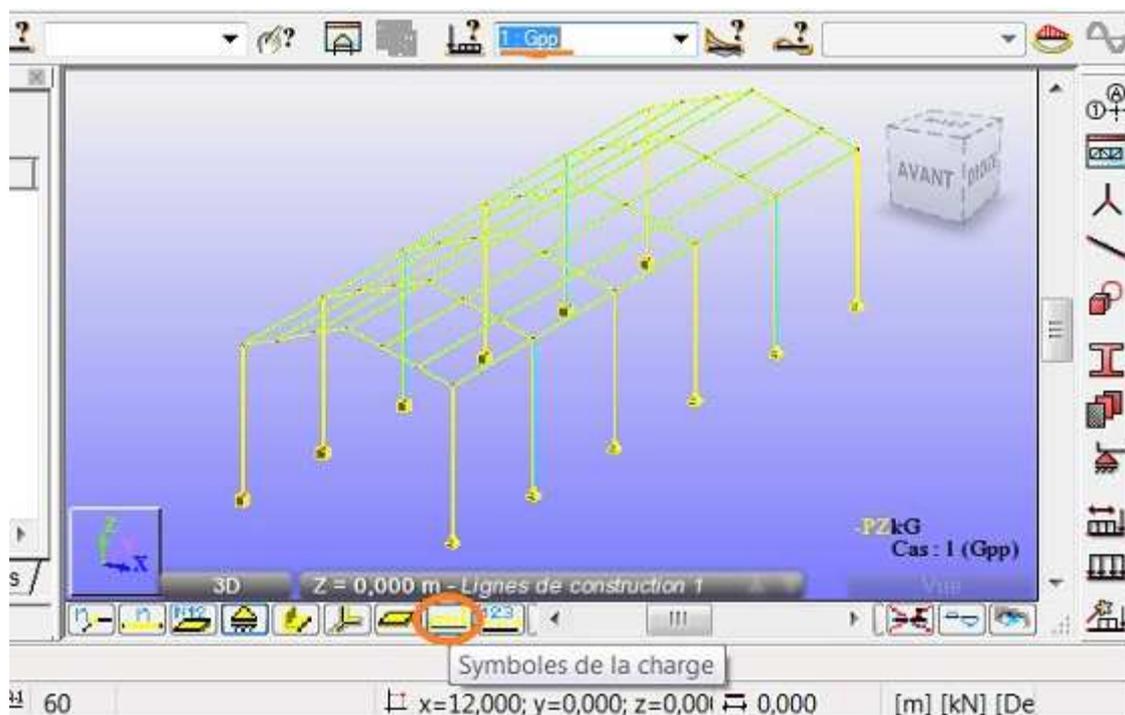


b- Charges

Pour notre exemple on a 3 charges :

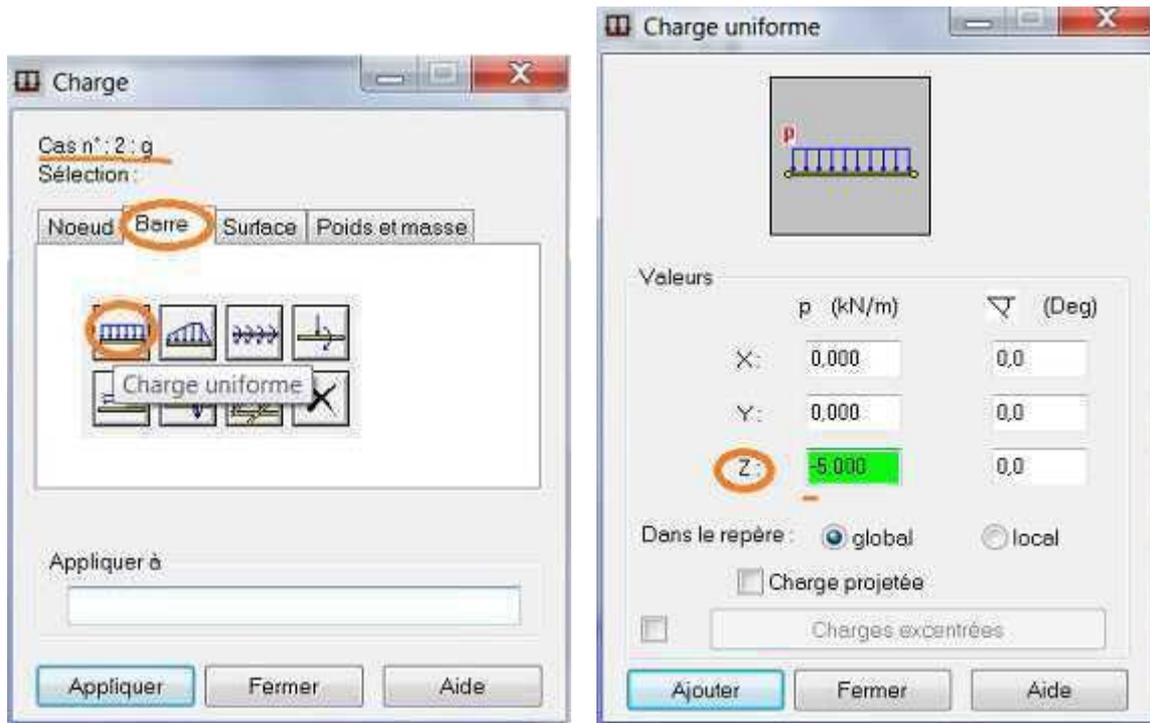
- Poids propre de la structure PP calculé automatiquement par logiciel Robot 2010;
- Une charge permanente $G = 5 \text{ kN/m}$ répartie sur les pannes IPEA300;
- Une charge d'exploitation $Q = 1 \text{ kN/m}$ répartie sur les pannes IPEA300;

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



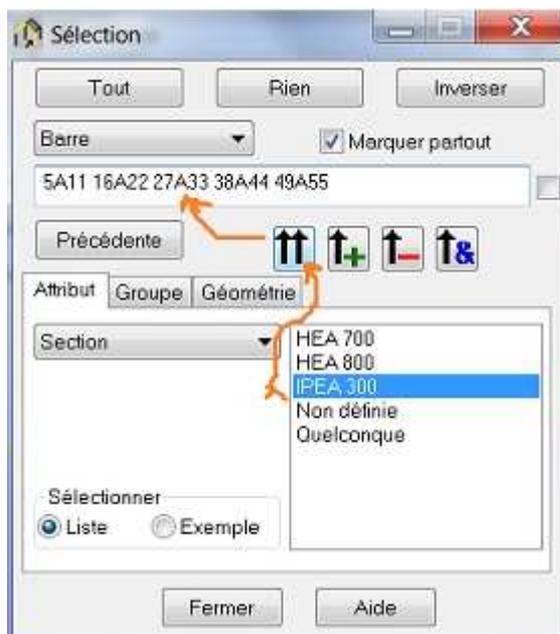
Pour définir la charge permanente G on choisit dans la liste des cas le cas G et on clique sur la commande  **Définir charges** :

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**.

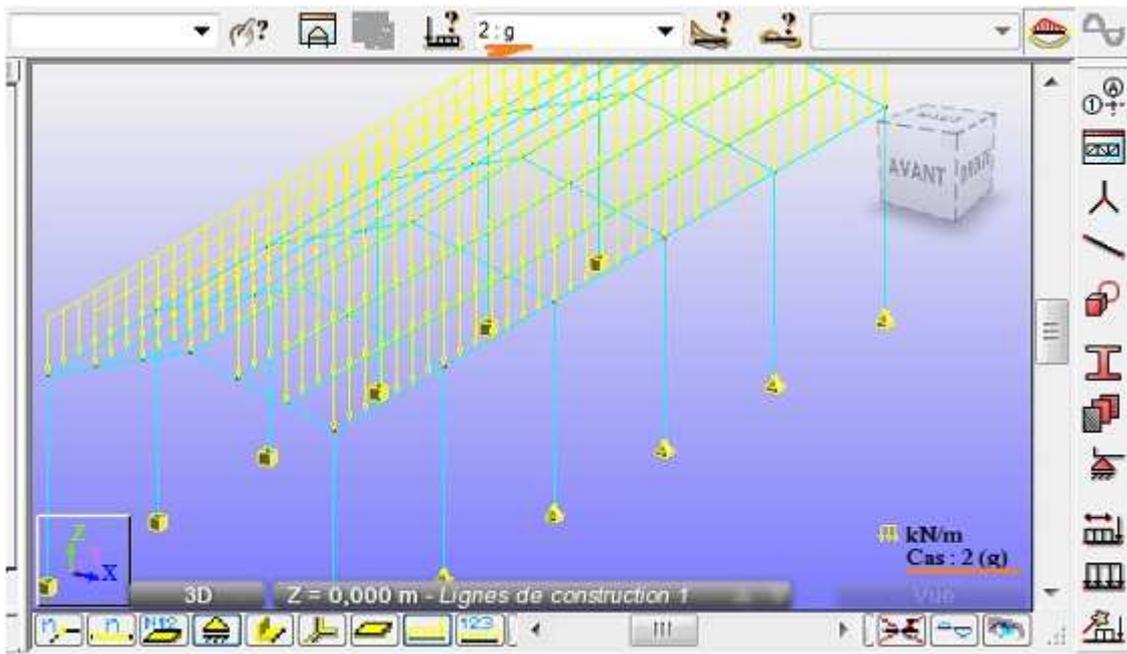
Maintenant et à l'aide de l'outil **Sélectionner barres**



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



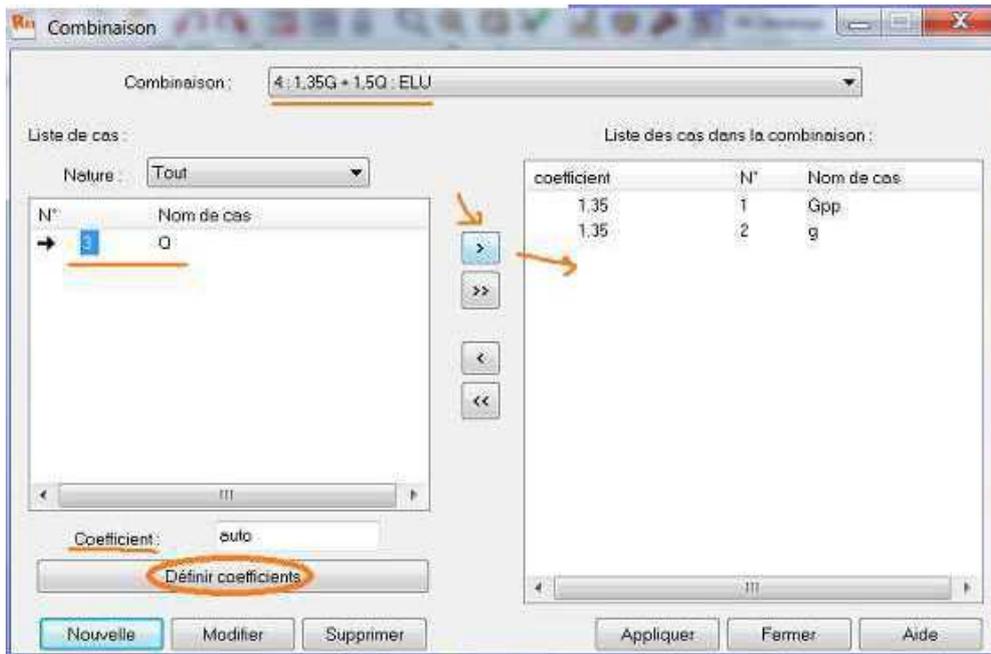
Combinaisons manuelles qui se trouve sur le menu **Charges ► Combinaisons manuelles**. La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

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**.

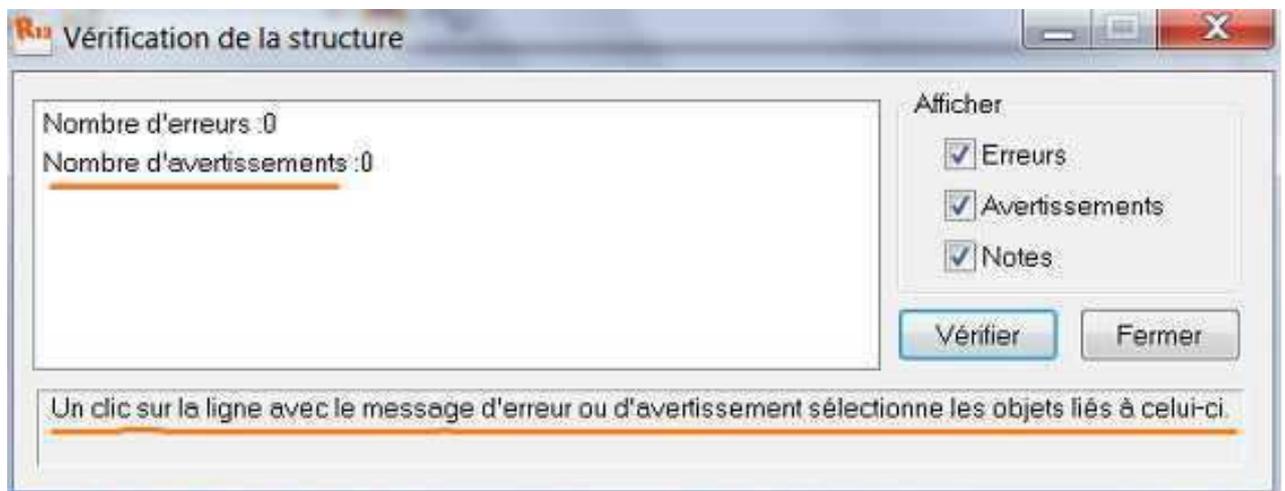
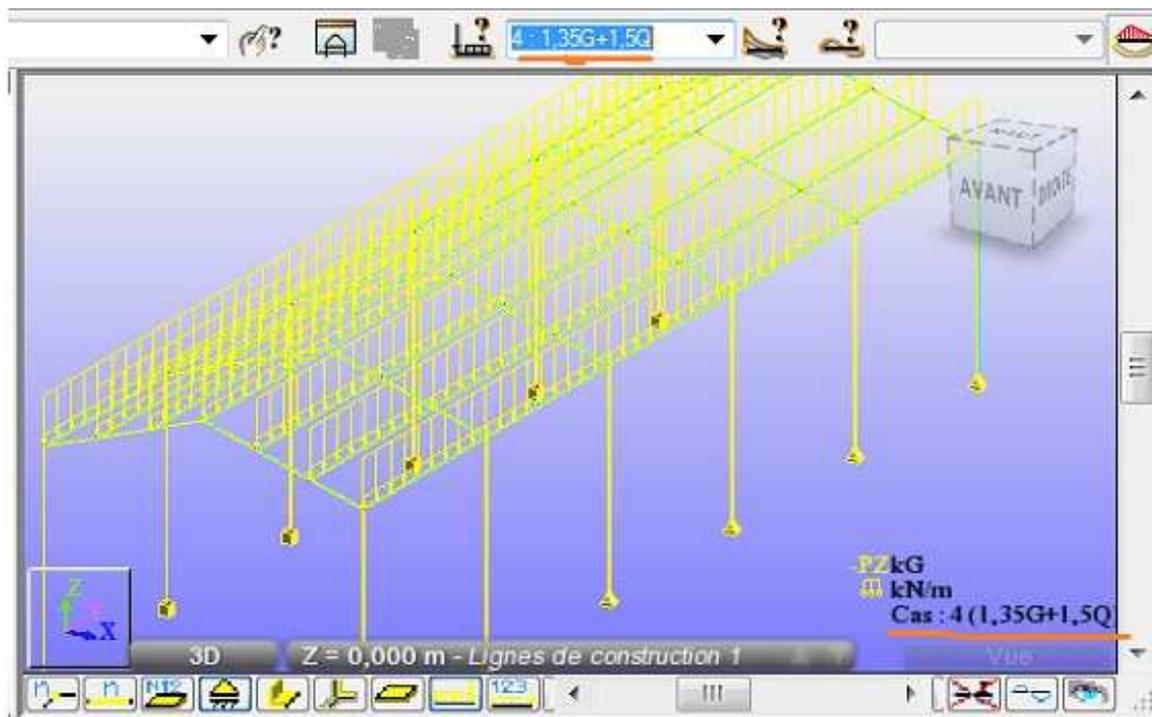
À la fin de cette opération on clique sur **Appliquer** pour sauvegarder la combinaison.



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.

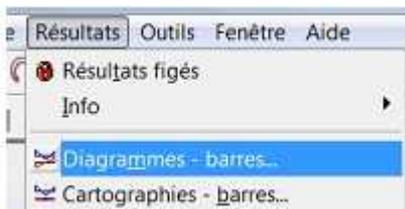
Pour lancer le calcul on clique sur la commande  **Calculer (Analyse ► Calculer)**

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.

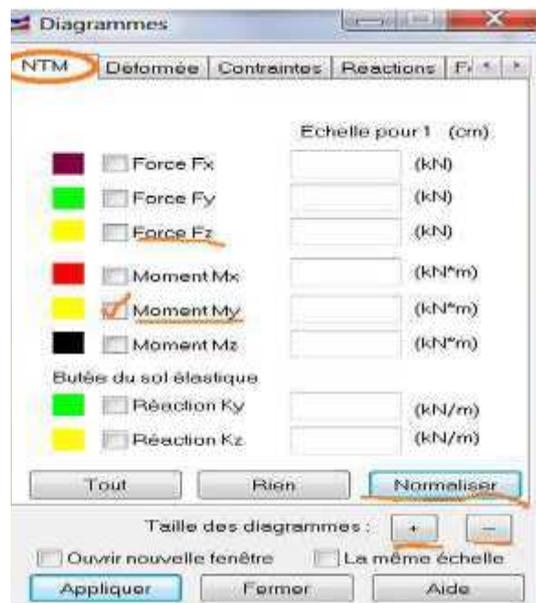


On peut aussi afficher les diagrammes des résultats directement par **Résultats** ► **Diagrammes-barres**



La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

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

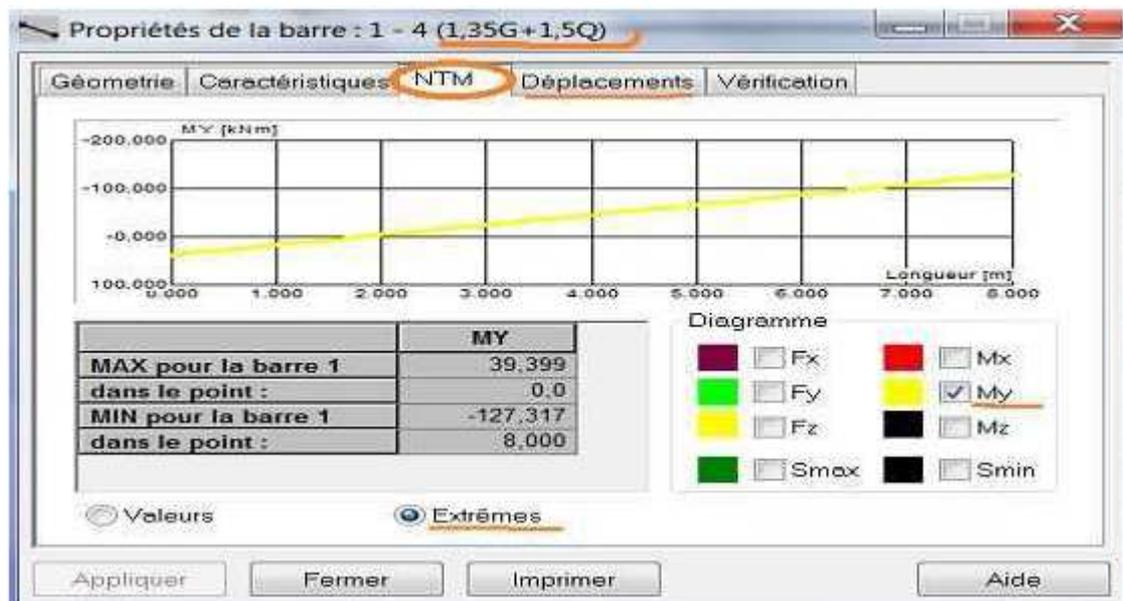
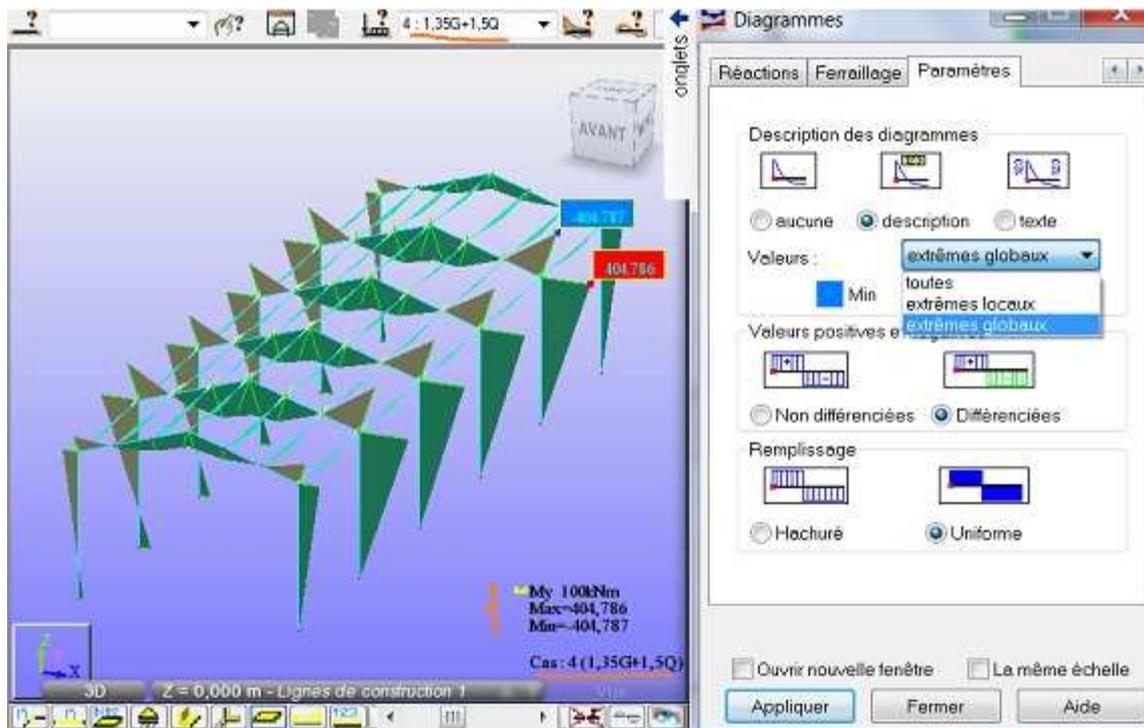


Si la forme du diagramme est mal présentée on clique sur **Normaliser** pour régler la taille du diagramme

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

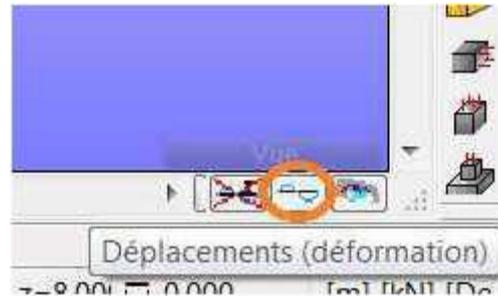
On peut aussi modifier les paramètres des diagrammes pour afficher les valeurs des

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**.



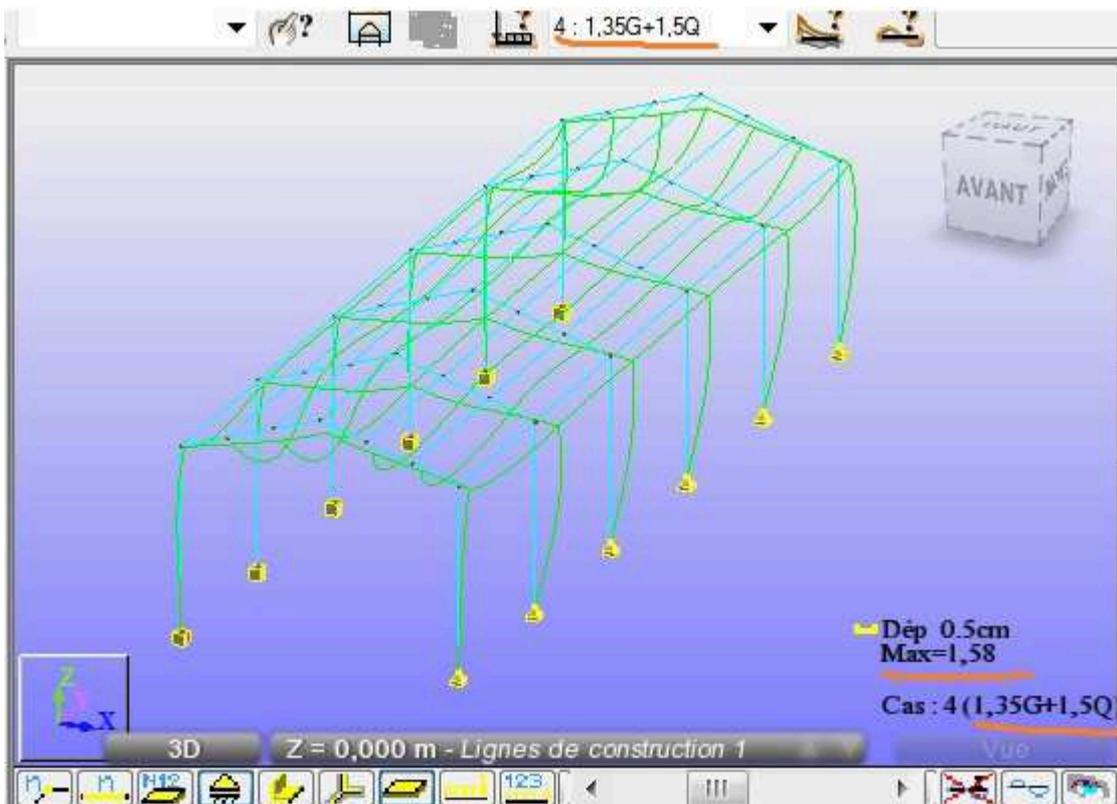


Pour afficher la déformée de la structure on clique sur l'icône **Déplacements** qui se trouve sur l'extrémité droite en bas de la fenêtre



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.

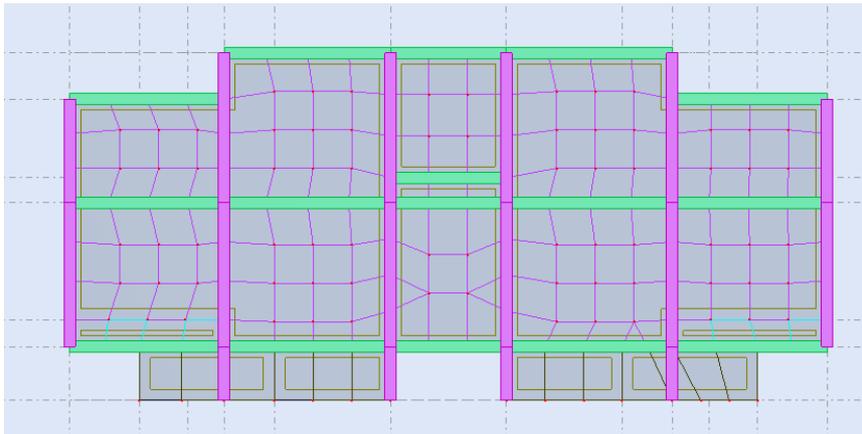
III.2 Présentation de l'ouvrage

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).

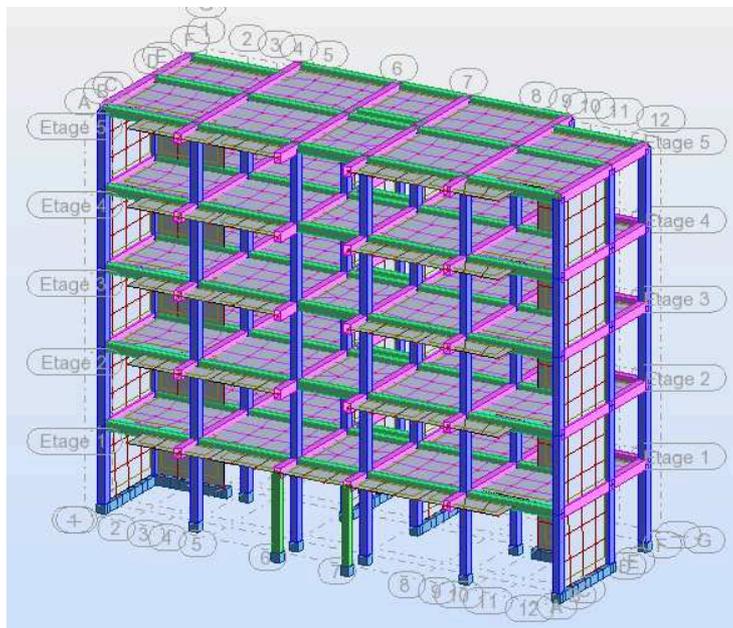
Nombre d'étage : R+4

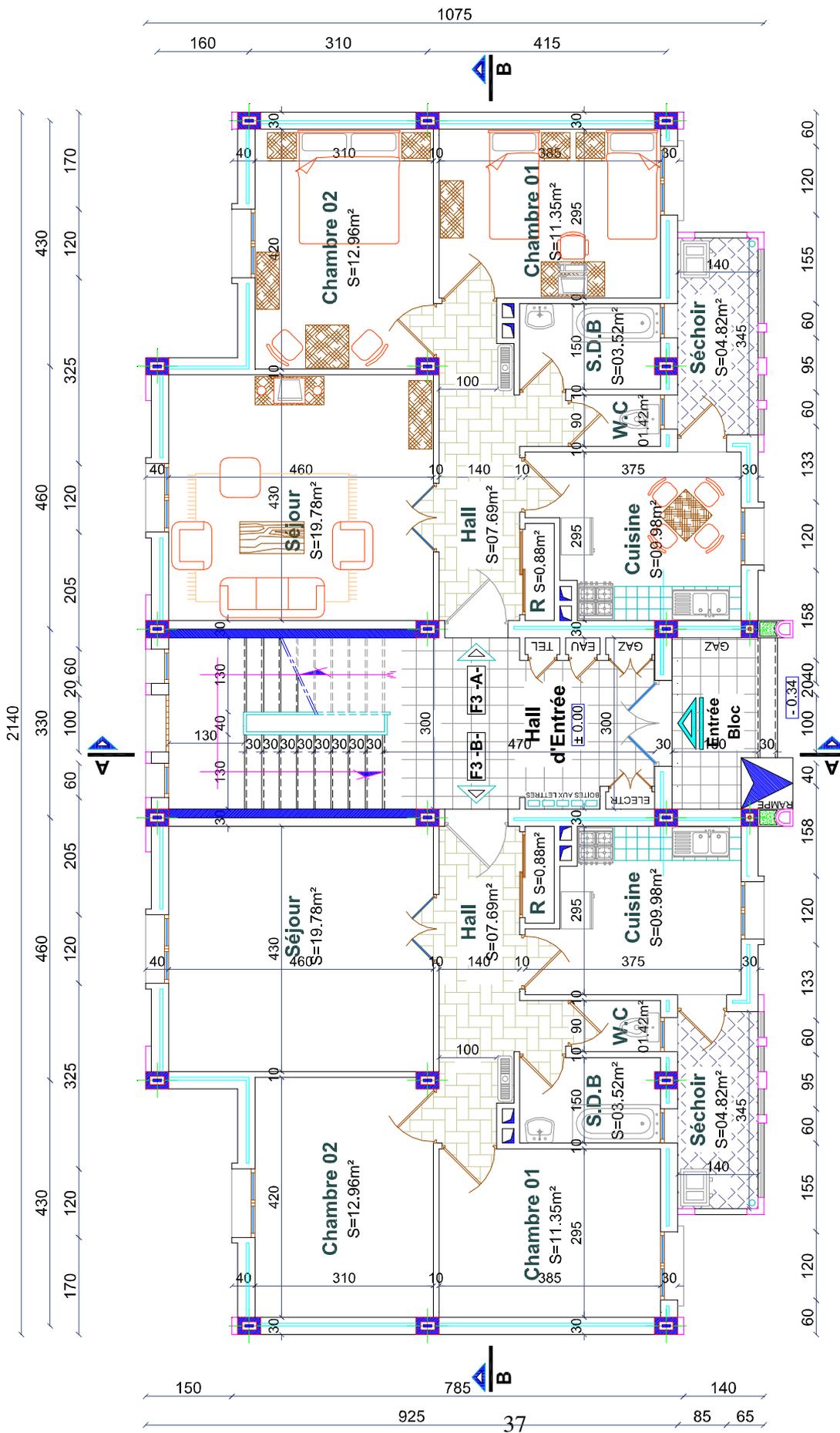
Hauteur d'étage: 3.20 m pour tous les niveaux.

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

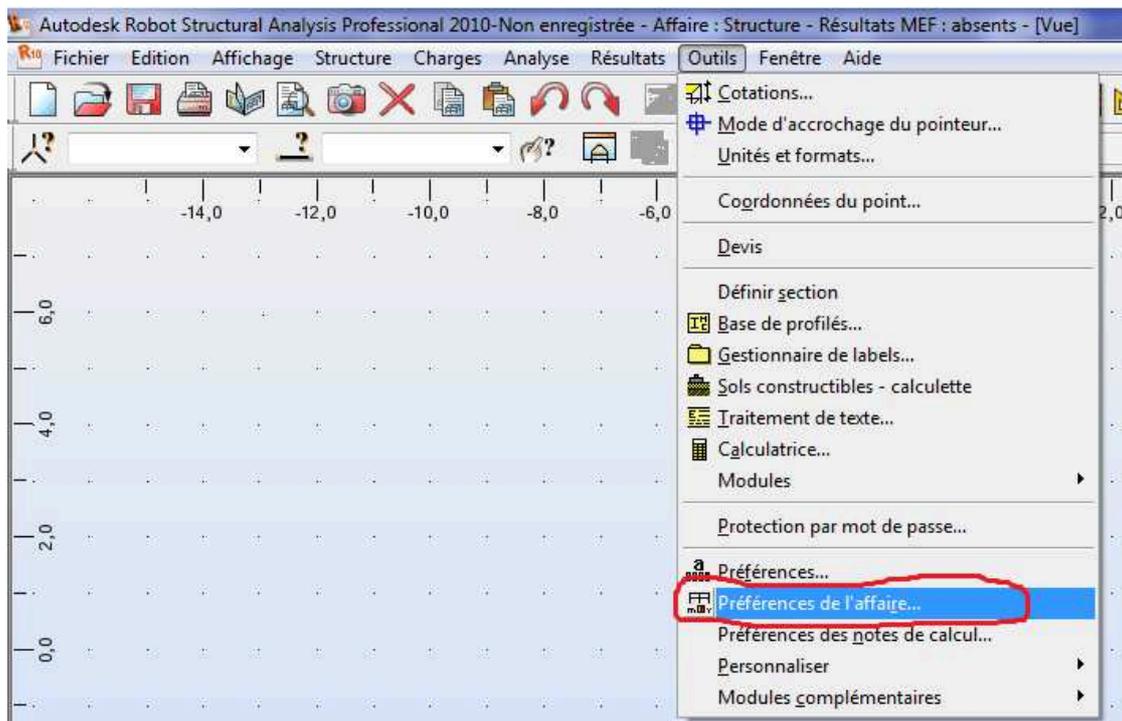
3.1 Lancement du projet

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

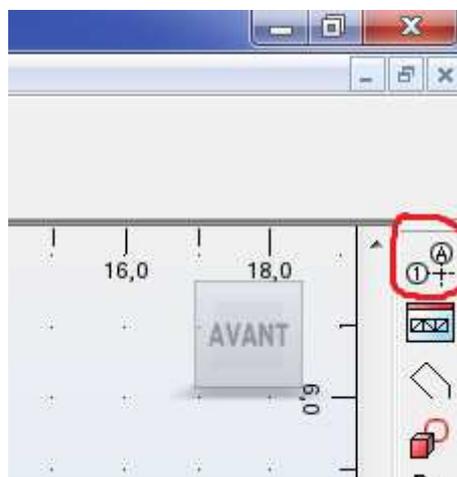
Avant d'entamer la modélisation il faut régler les préférences (langue, affichage,) et préférences de l'affaire (Unités, Matériaux, Normes,). Pour cela, cliquez sur le menu déroulant outils/préférences (ou outils/préférences d'affaire).



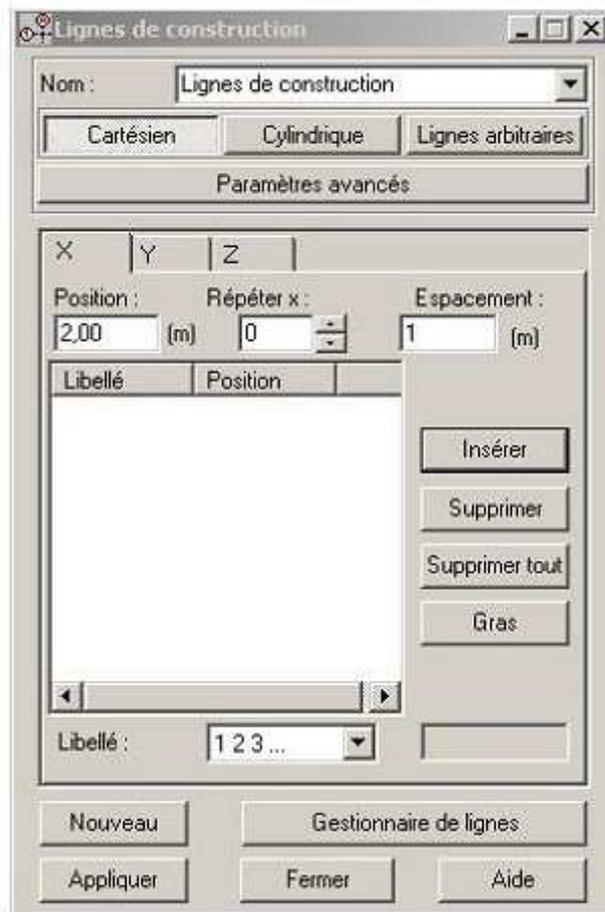
Remarque : Cette procédure se fait une seule fois lorsque vous installez le logiciel.

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:



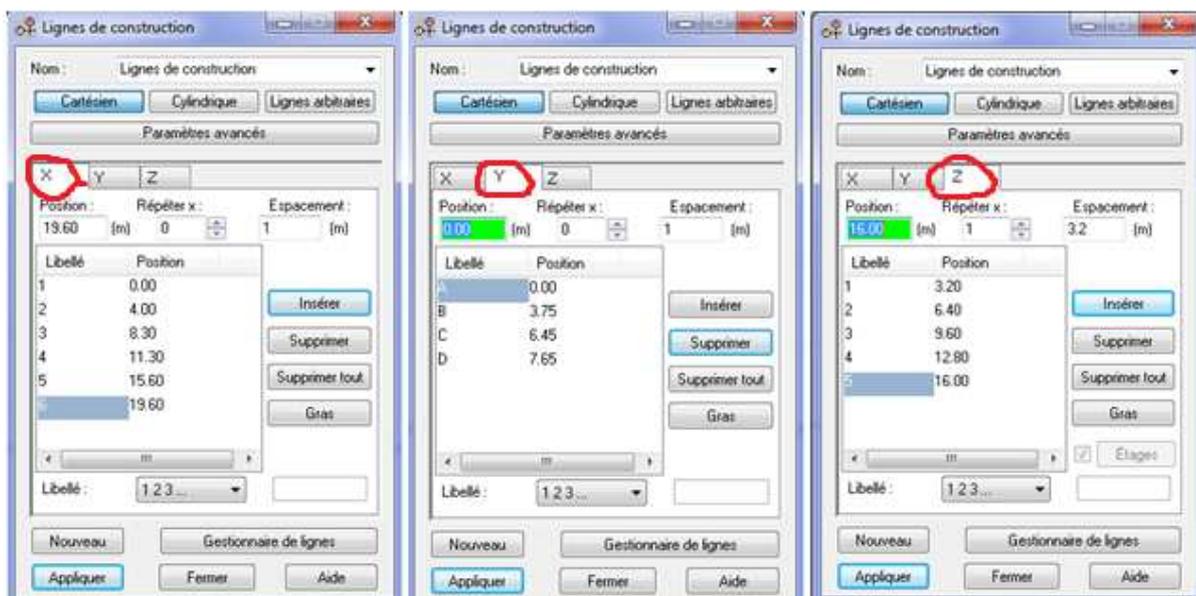
La boîte de dialogue suivante s'ouvre :



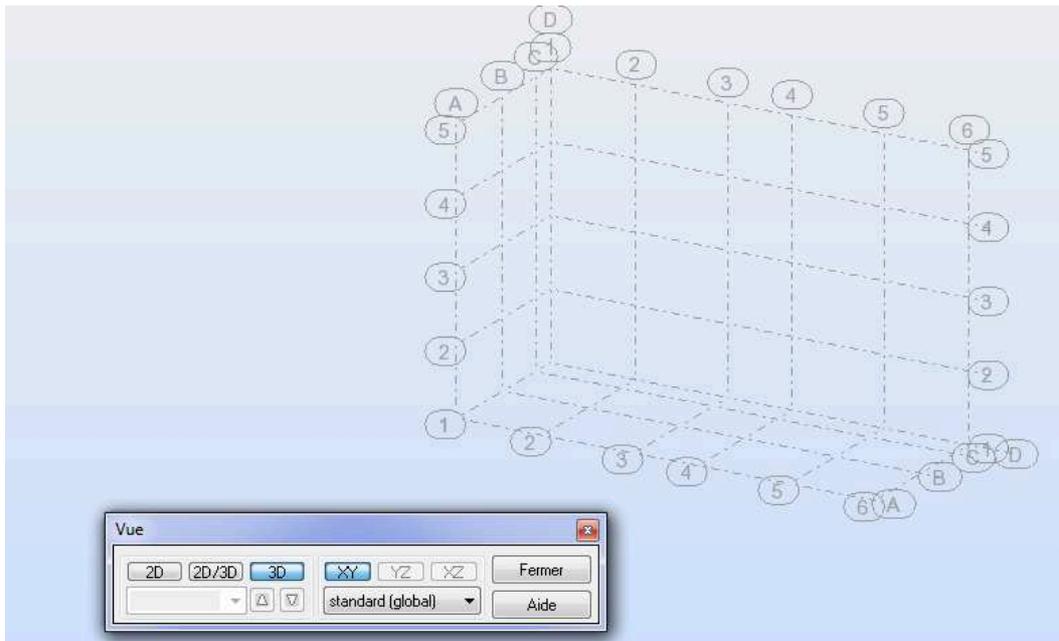
Dans le champ (répéter) on doit saisir toujours la valeur 1 puisqu'on ne pas des valeurs entraxe qui se répètent (sauf pour l'axe Z ou on peut répéter 4 fois 3.20).

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 :

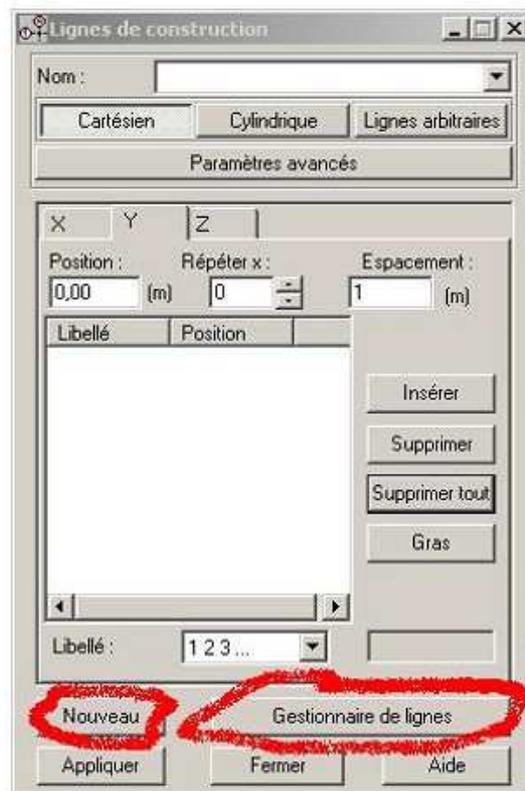


Cliquez sur (appliquer) et activez la vue en 3D, on aura le résultat suivant :



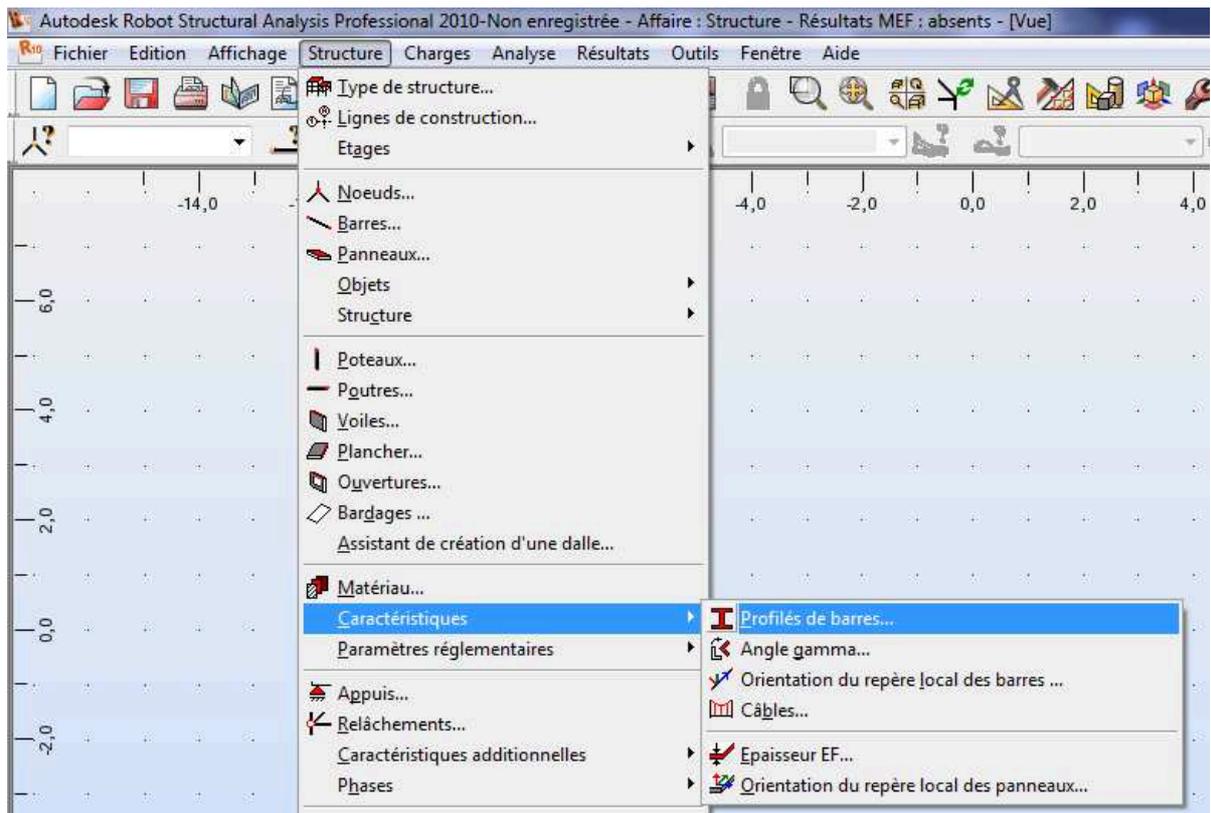
Note:

- 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)

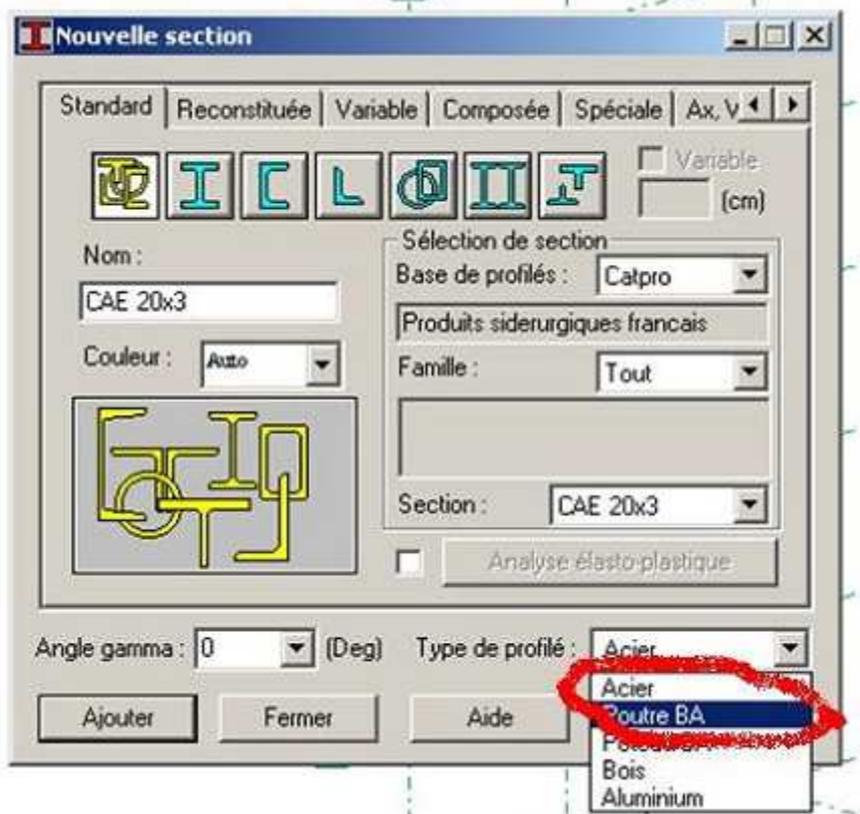
Cliquez sur menu déroulant Structure -- caractéristique -- profils de barre :



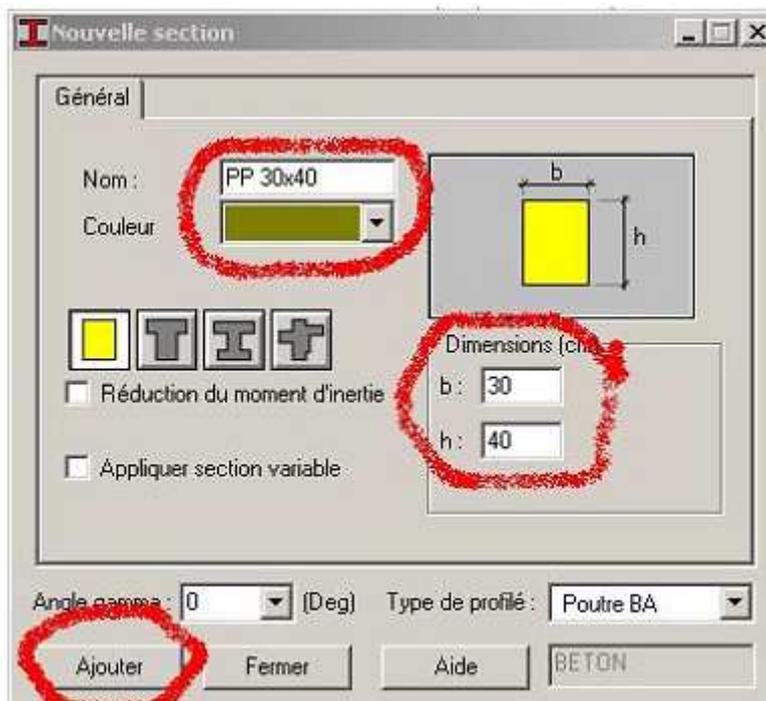
Dans la boîte de dialogue (profilés) cliquez sur (supprimer toutes les sections non utilisées) puis cliquez sur (nouveau) :



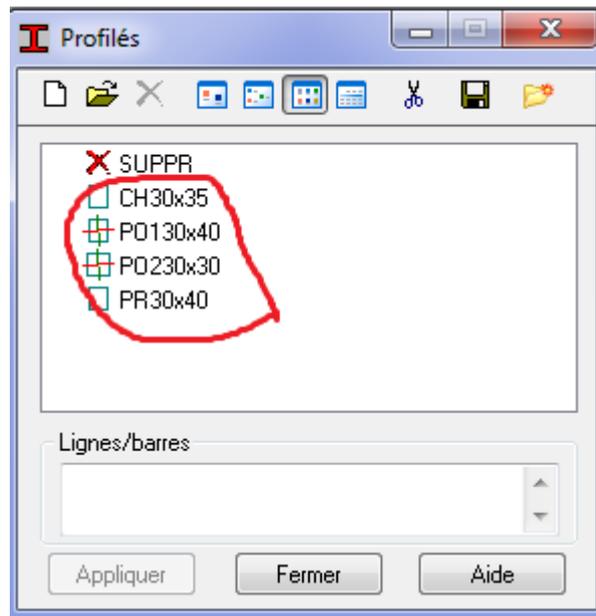
Dans la boîte de dialogue (nouvelle section) cliquez sur le champ (type de profilés) et sélectionnez (poutre BA) :



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

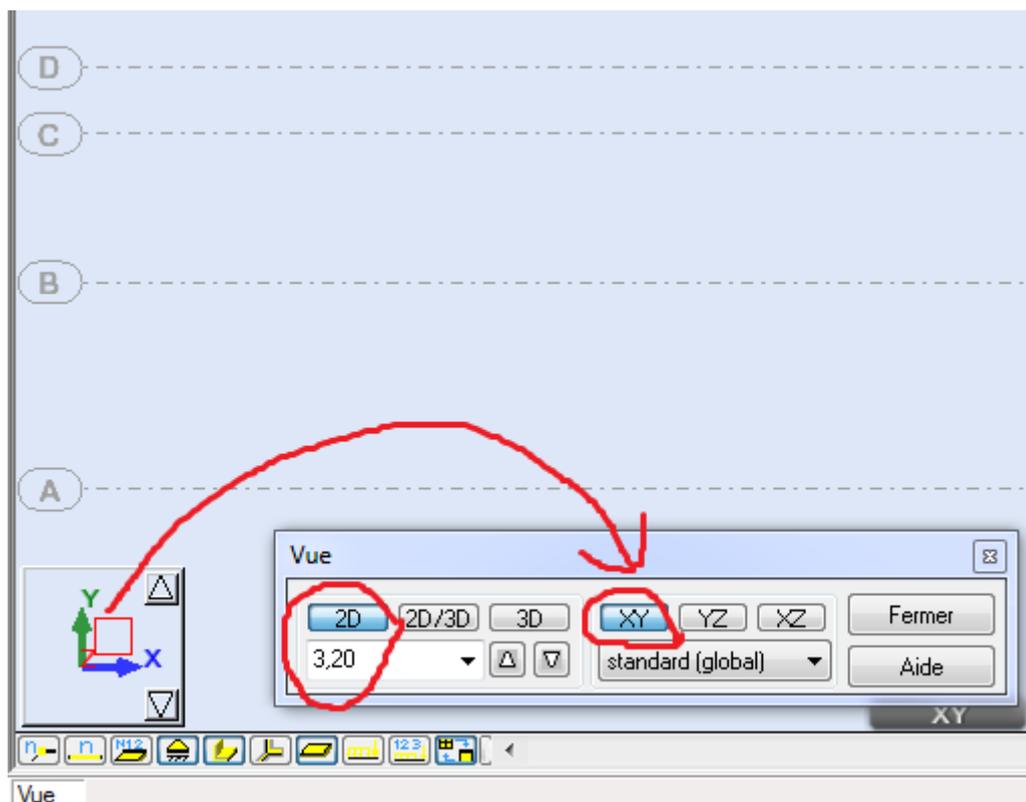


Refaire la même opération pour définir les autres sections des poutres et des poteaux (PS 30x35) et (poteaux 30x40).

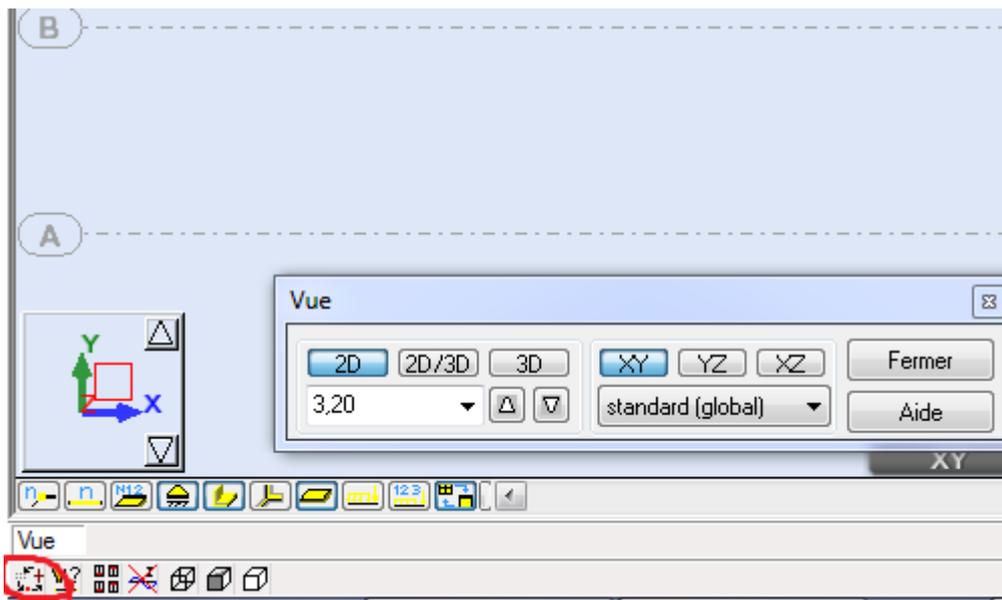


3.5 Définition de la structure

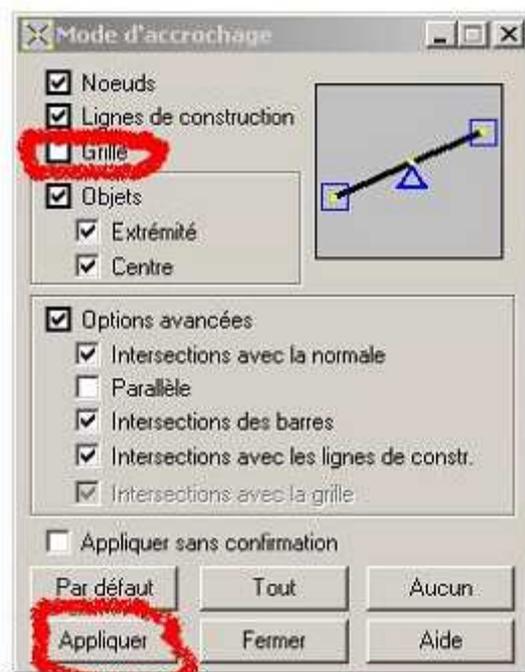
Activez la boîte de dialogue (gestion des vues) et allez au niveau 3.20 plan XY :



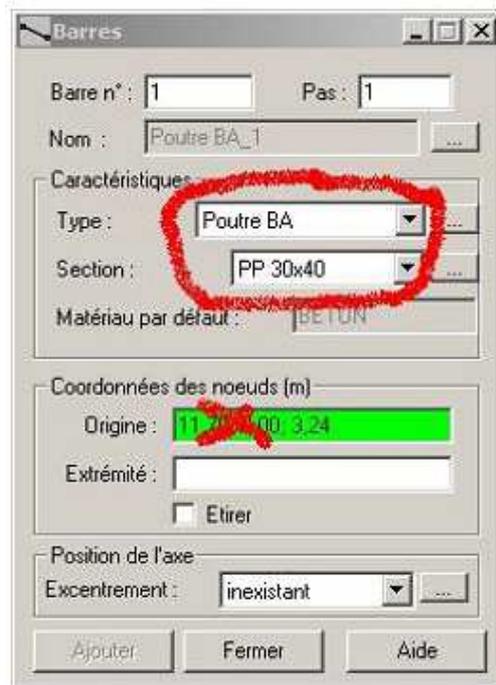
Pour éviter des erreurs de modélisation, désactiver l'accrochage de la grille, pour cela, Cliquez sur l'icône mode d'accrochage (se trouvant sur l'extrémité gauche en bas de la fenêtre) :



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

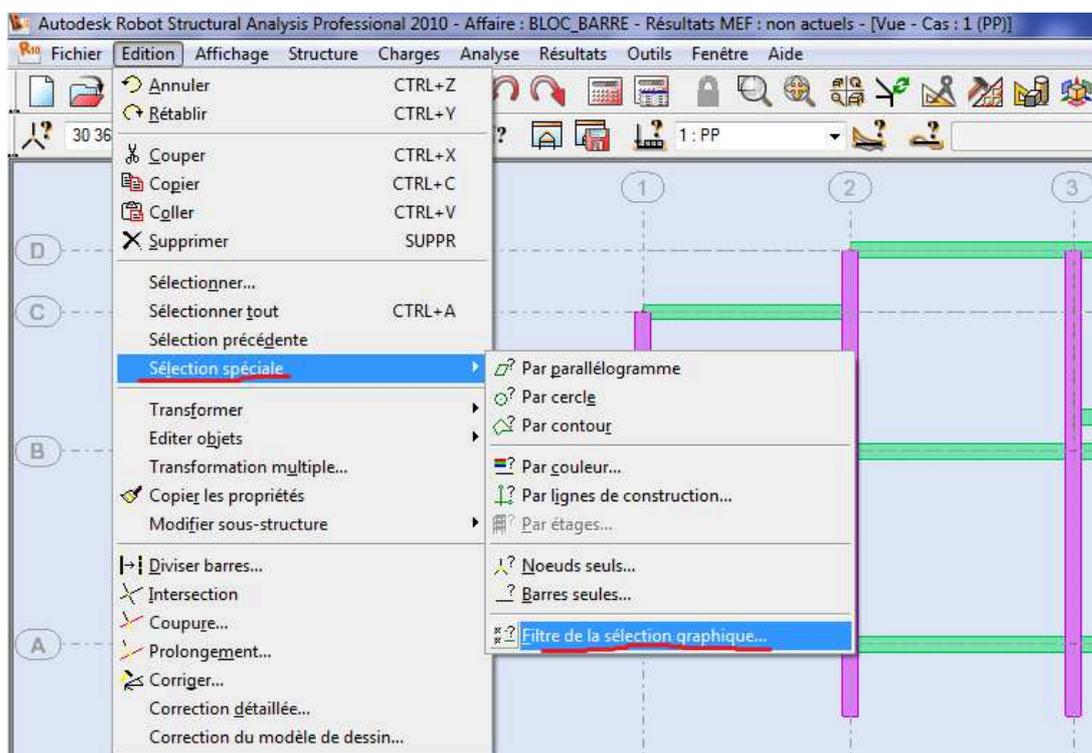


Maintenant, cliquez sur le menu déroulant structure -- barres. La boîte de dialogue ci-dessous s'ouvre :

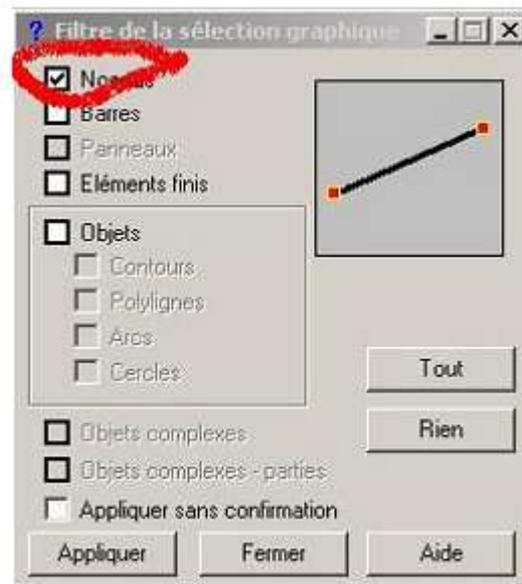


Dans le champ (type) sélectionnez poutre BA, dans le champ (section) sélectionnez (PP 30x40). Cliquez sur le champ (origine) et commencez le dessin des poutres principales. Par le même principe on peut dessiner toutes les poutres principales et secondaires du plancher niveau 3.20.

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 :



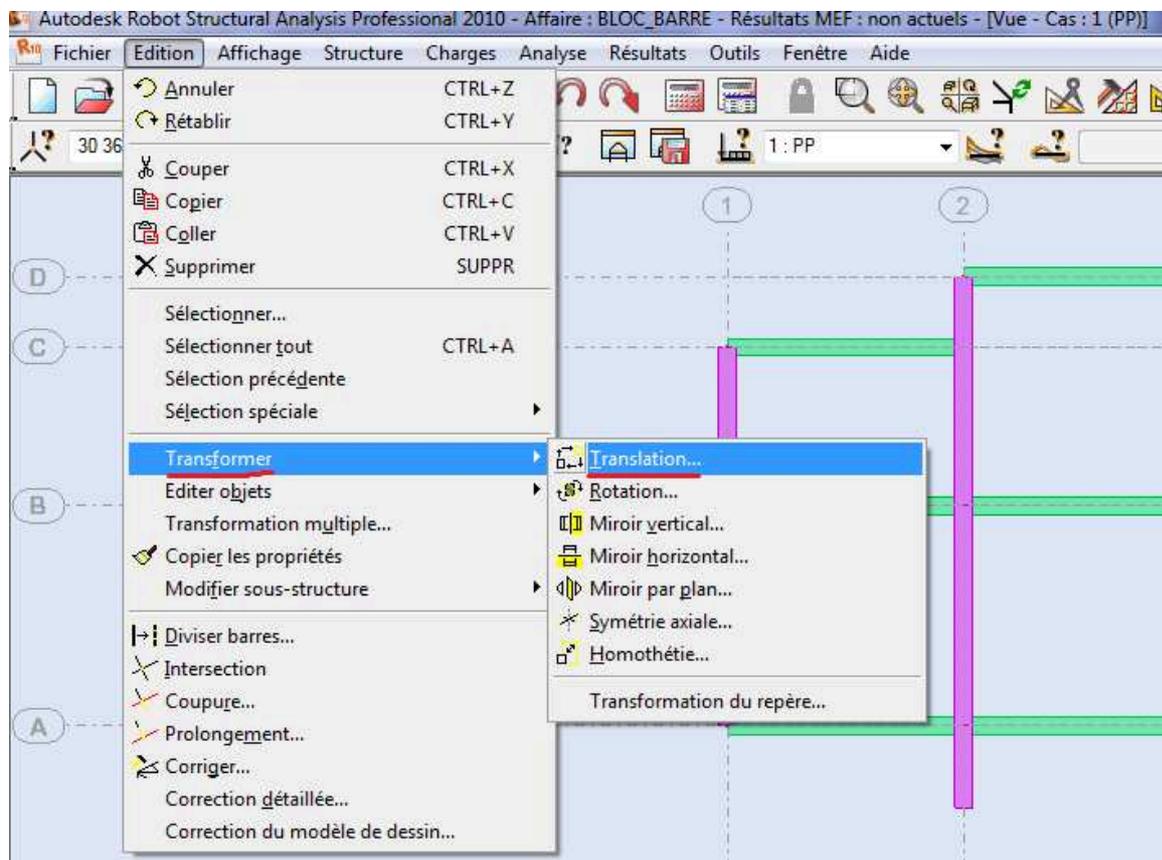
Dans la boîte de dialogue (Filtre de la sélection graphique) désactivez toutes les cases sauf la case (nœud):



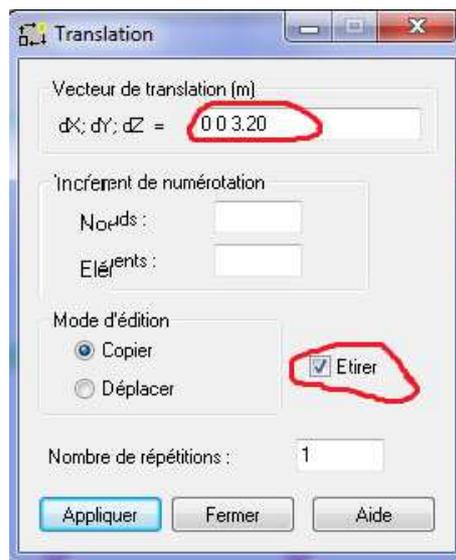
Cliquez sur appliquer et fermer.

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).

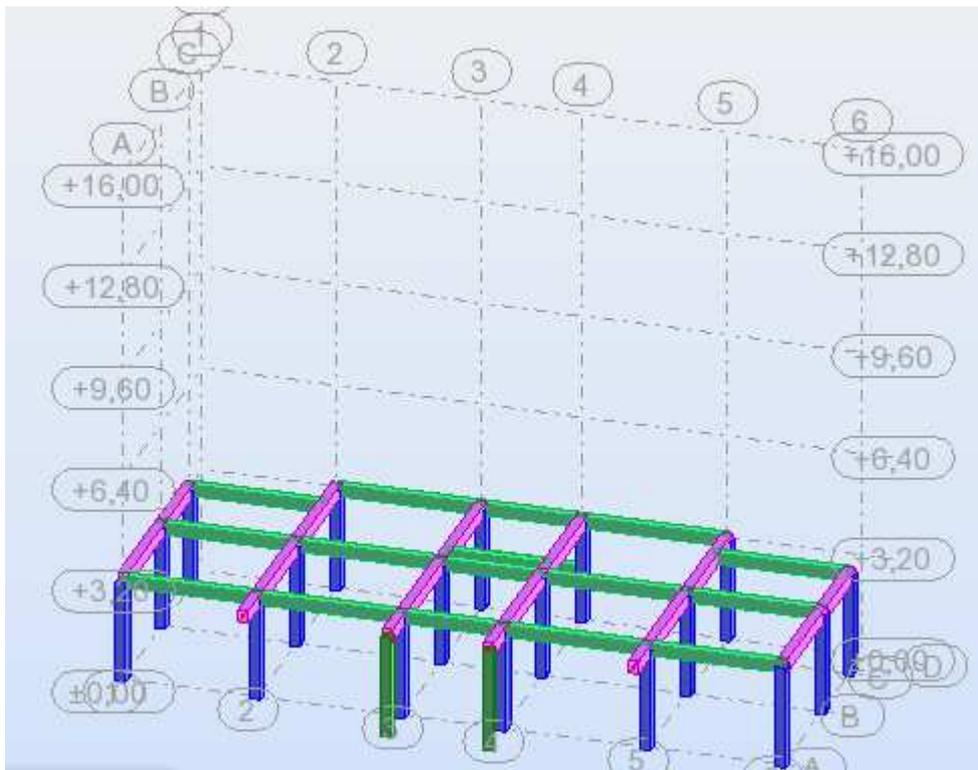
Allez au menu déroulant Edition transformation -- translation :



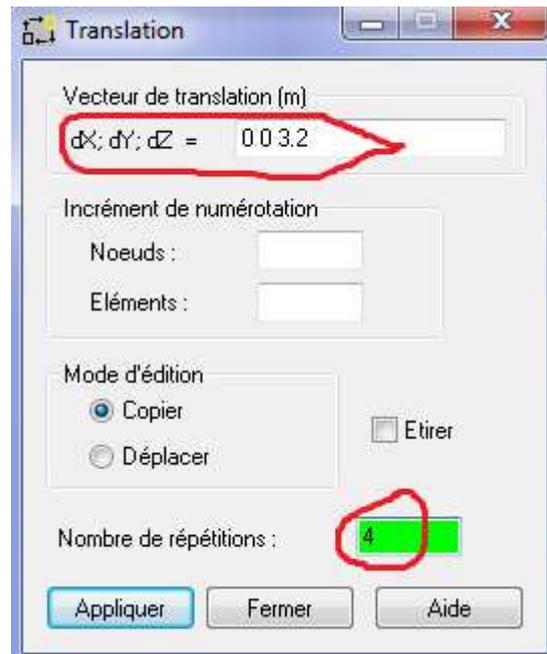
Activer la vue 3D et saisir dans la boîte de dialogue (translation) la valeur (0 ; 0 ; -3.20). En activant l'option (étiré) :



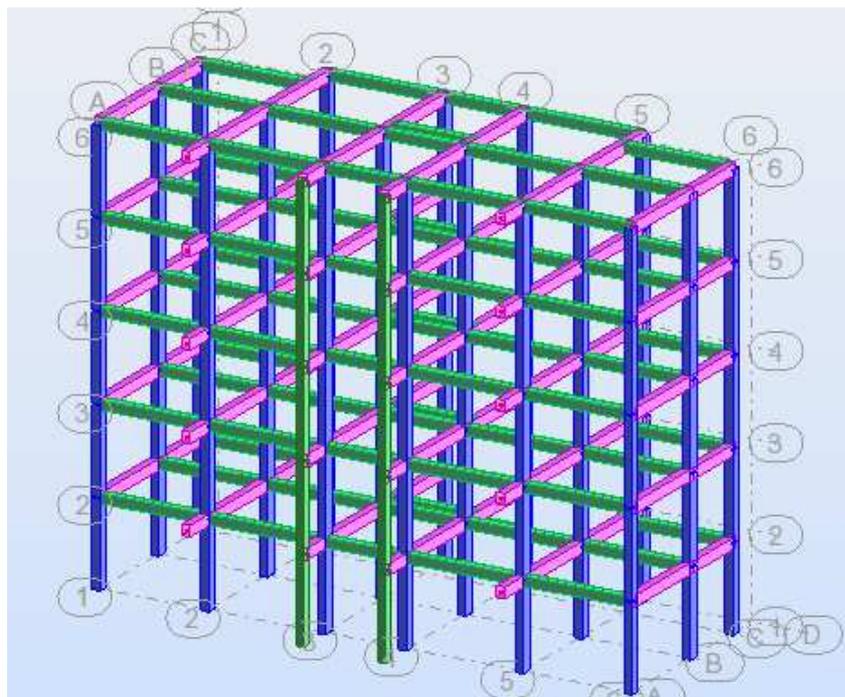
Cliquez sur (appliquer) et vous aurez le résultat suivant :



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 :

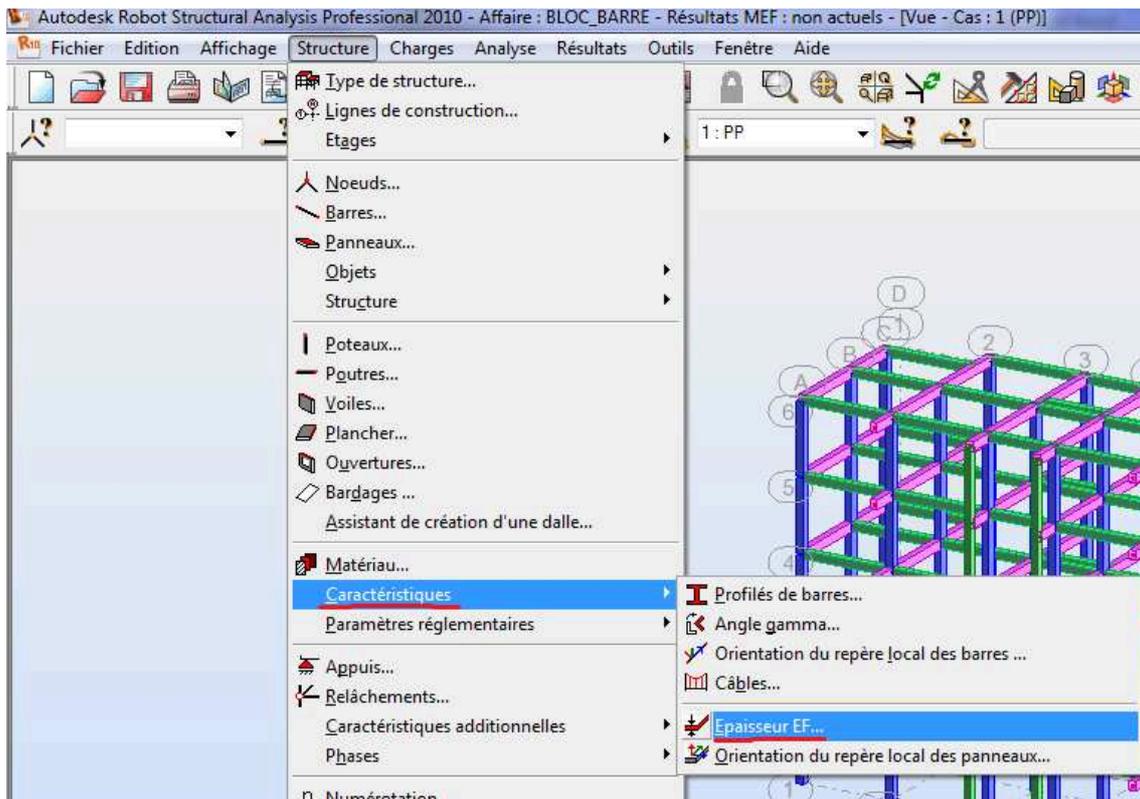


Et vous aurez le résultat suivant :

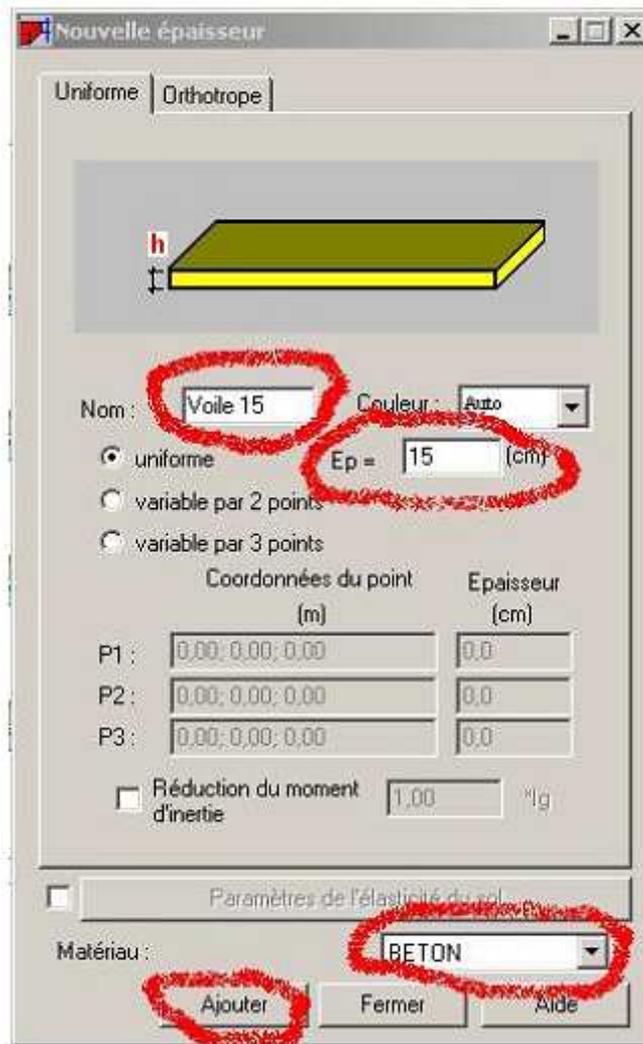


3.6 Modélisation des voiles, escaliers et dalles pleines

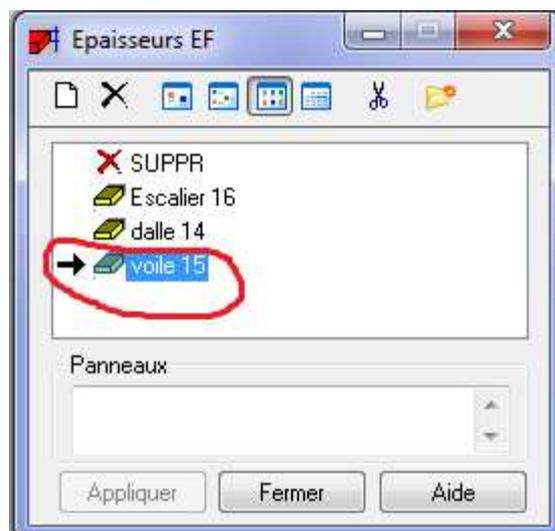
Définition des épaisseurs : Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Caractéristique -- Epaisseur EF :



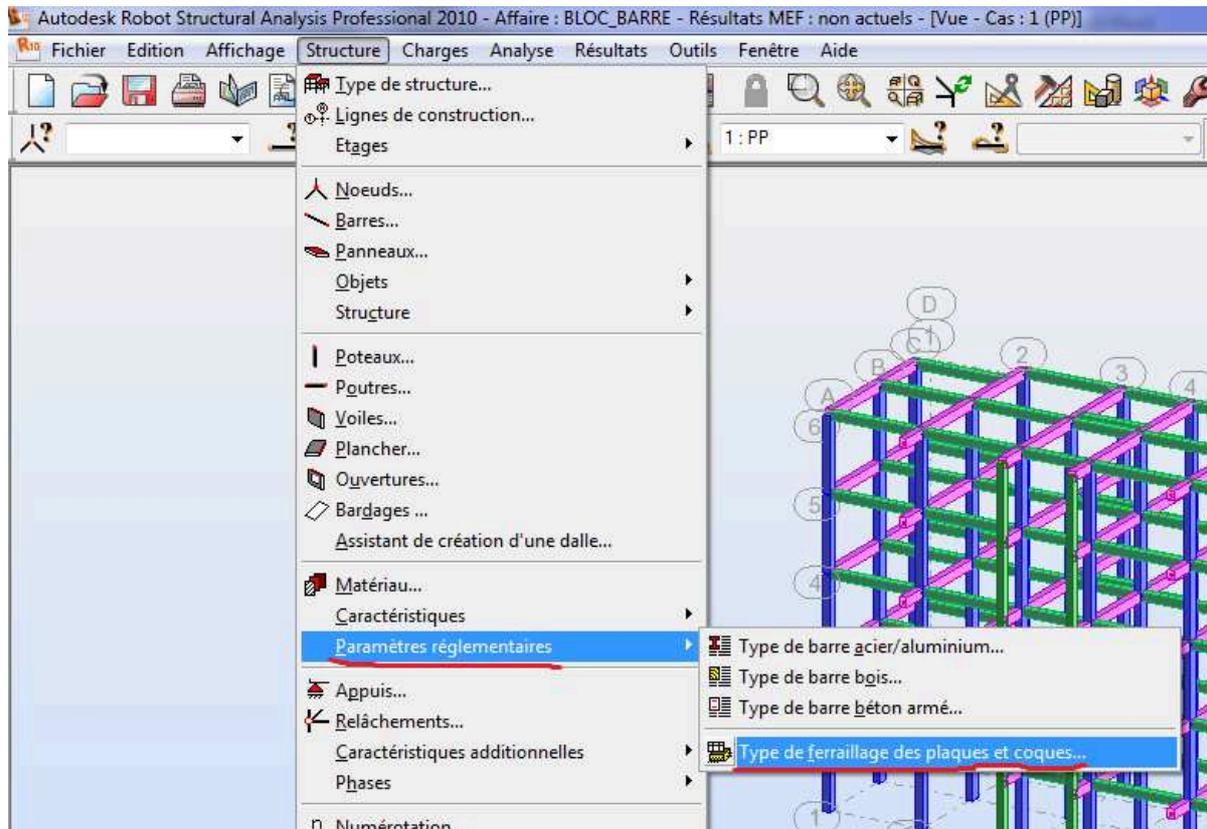
Cliquez sur (Définir nouvelle épaisseur) et saisissez le nom, l'épaisseur et le matériau puis cliquez sur ajouter :



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 :



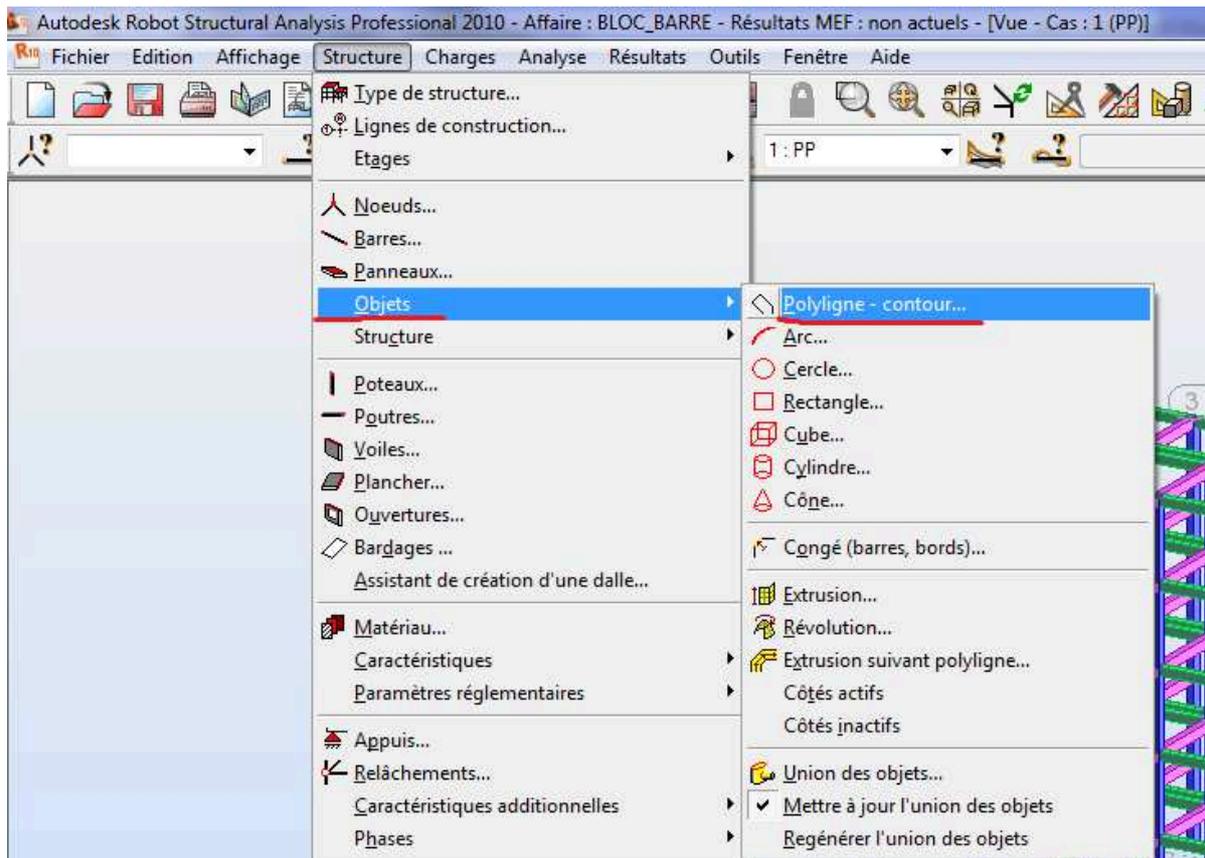
Vous aurez la boîte de dialogue suivante :



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.

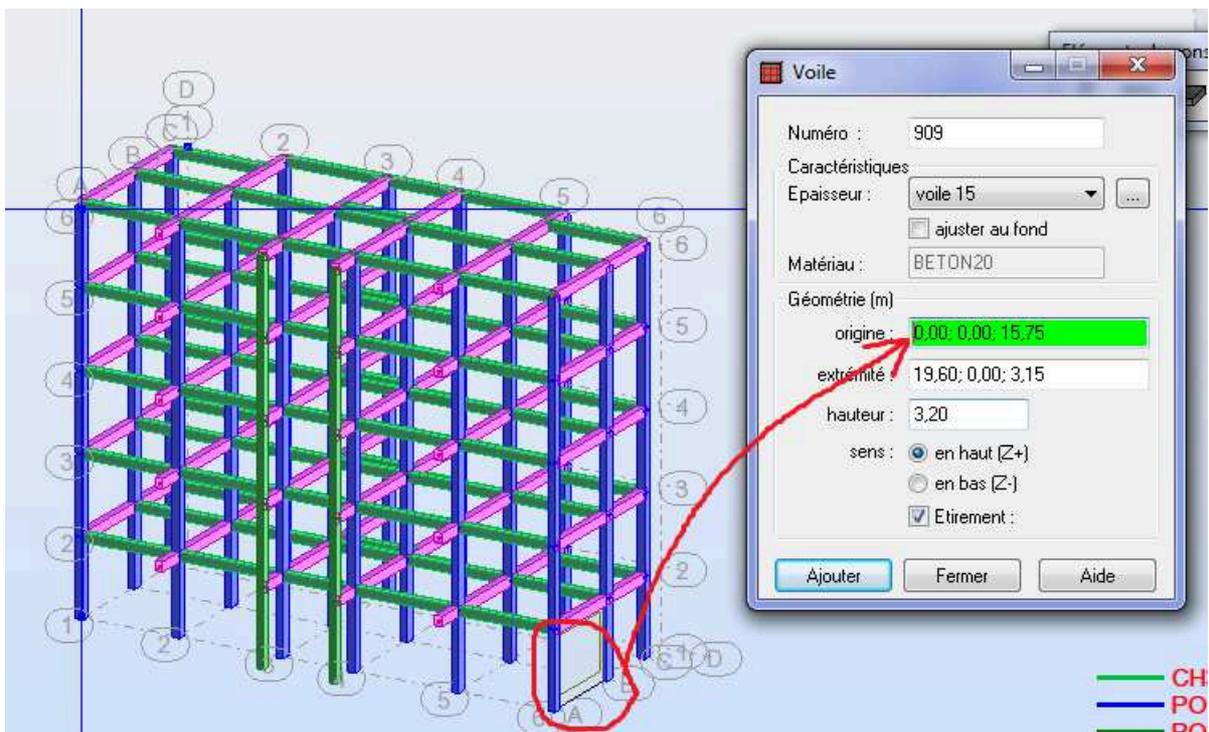
a. Dessin des voiles

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

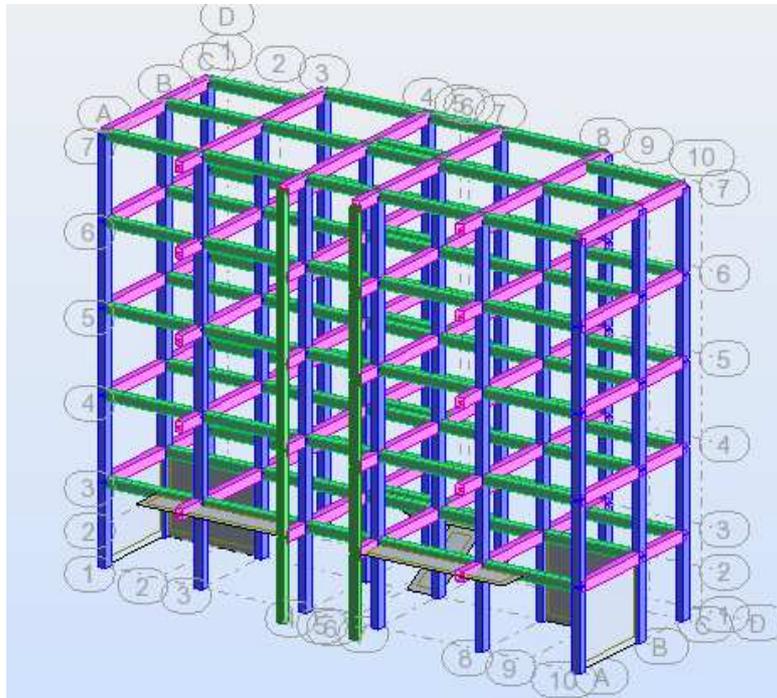


Dans la boîte de dialogue (Poly ligne-contour) cliquez sur (paramètre) et cocher le champ (Panneau) puis cliquez sur géométrie et ensuite sur le champ de saisie des coordonnées se trouvant à coté du champ (Ajouter) :

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

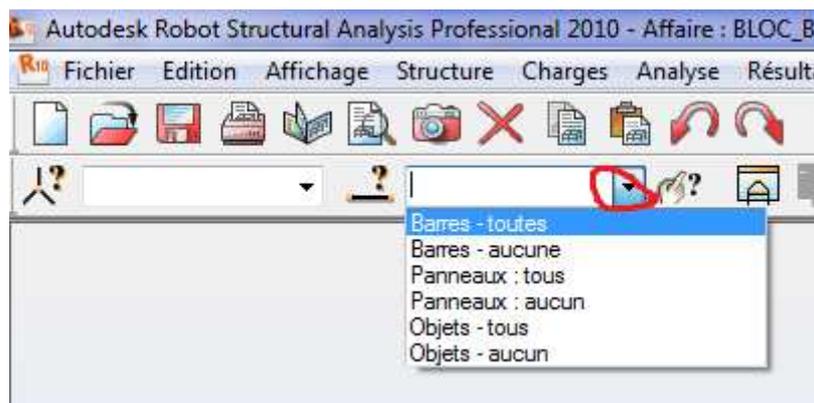


Par la même méthode on va dessiner tous les voiles, les dalles pleines et les escaliers du RDC. Lorsqu'on termine les voiles et on entame les dalles pleines on doit d'abord aller à la boîte de dialogue (Epaisseur EF) et à la boîte de dialogue (Type de ferrailage des plaques et coque) et on doit changer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

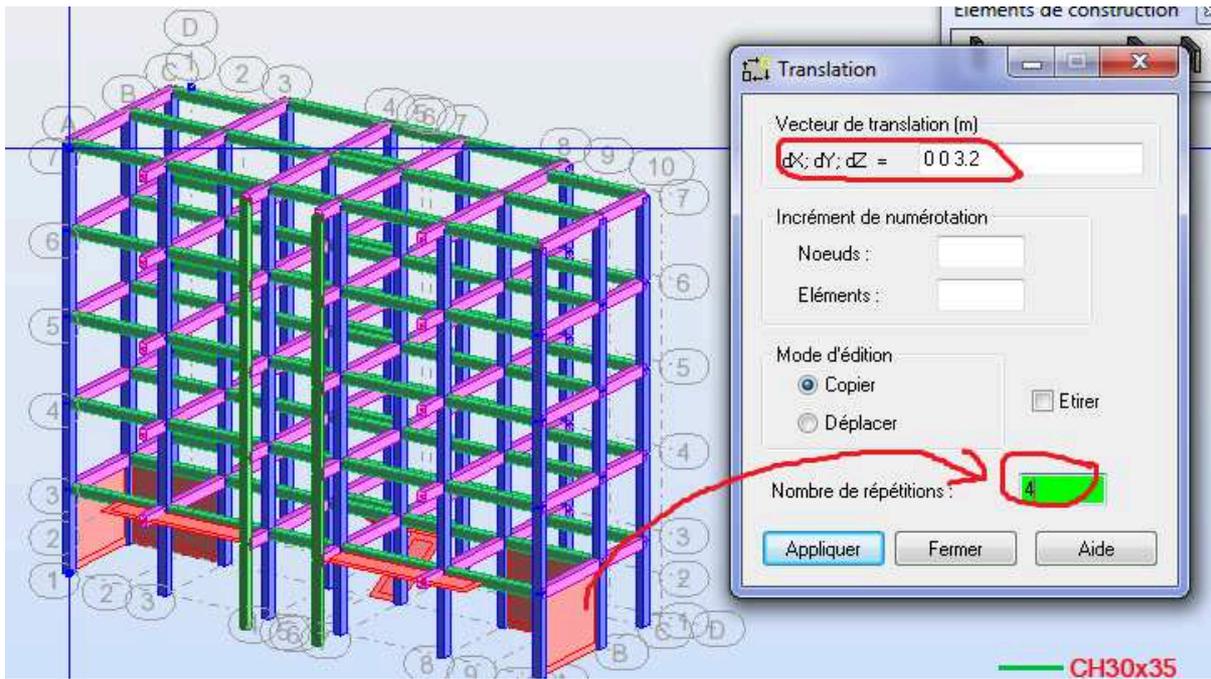


Maintenant nous allons copier les voiles, les dalles pleines et les escaliers du RDC vers le 1er et 2èm et 3èm étage.

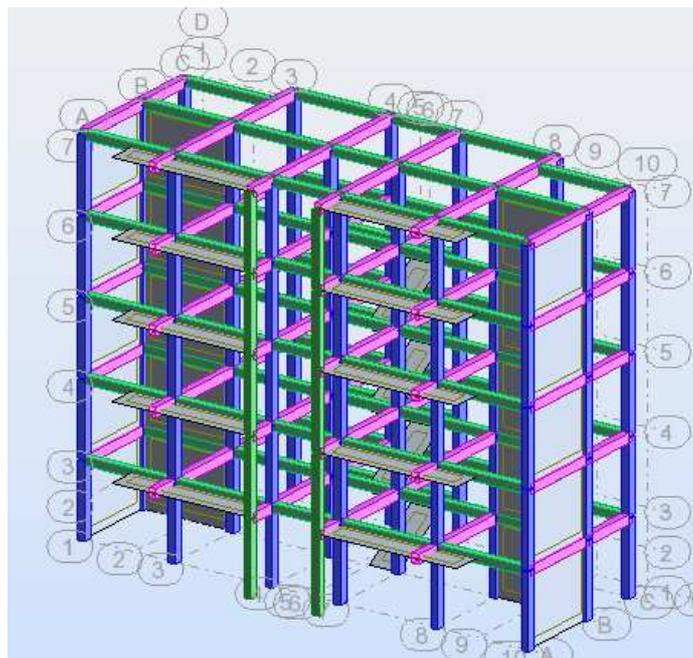
Pour cela, procédant à une sélection rapide de tous ces éléments : Cliquez sur l'icône de sélection (voir la figure ci-dessous) et cliquez sur (panneaux : tous) :



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

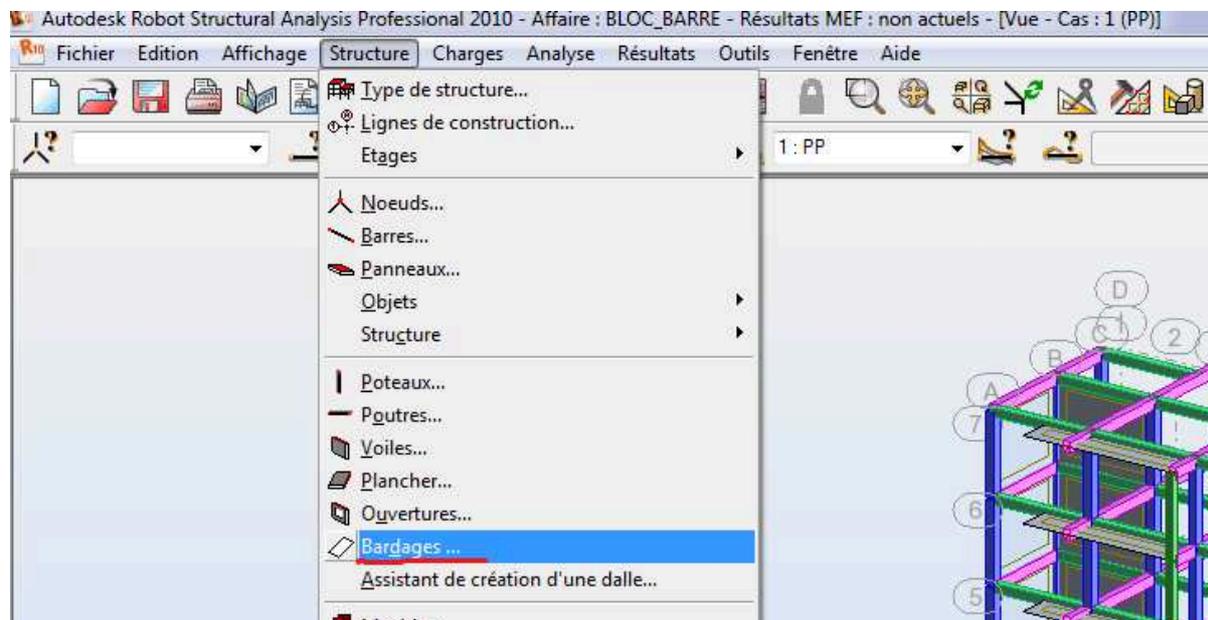
Cliquez sur le menu déroulant (Chargement -- Cas de charge), vous aurez la boîte de dialogue (Cas de charge). Dans cette boîte de dialogue on va définir deux types de cas de charge (Charge permanente G et charge d'exploitation Q) :



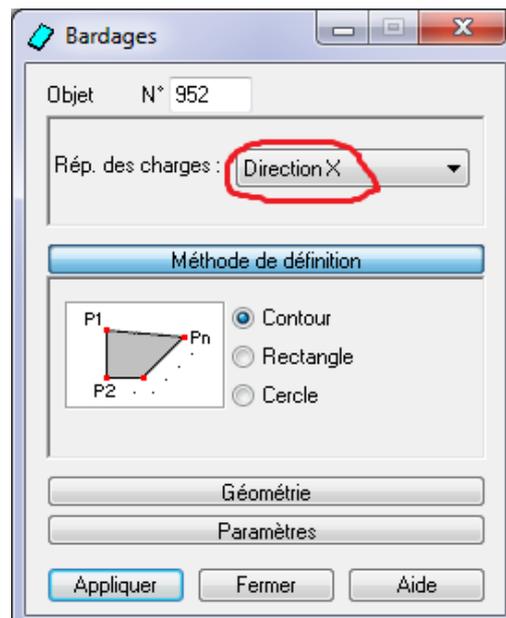
Le poids propre sera pris en compte avec la charge permanente G. Pour les charges sismiques, elles seront générées automatiquement par le logiciel. Les autres charges (vent, neige) seront négligées.

4.1 Définition des Bardages

Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Bardage :

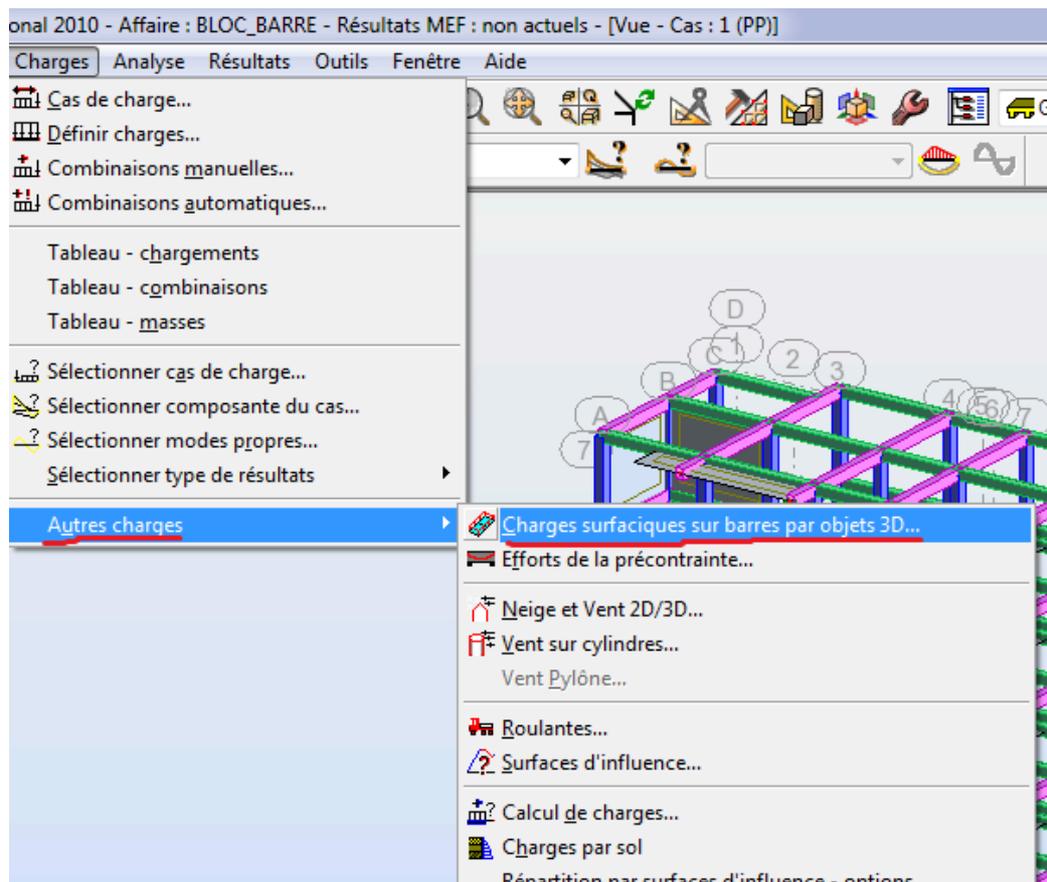


Dans la boîte de dialogue (Bardage) définissez le numéro, le sens du bardage et enfin cliquez sur appliquer :

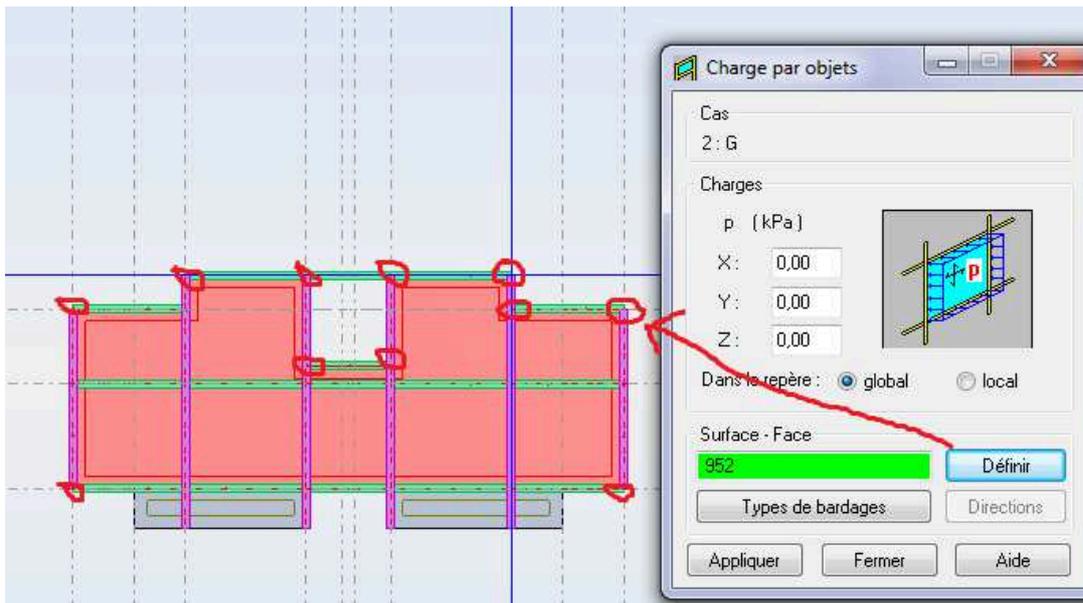


4.2 Assignation des charges

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



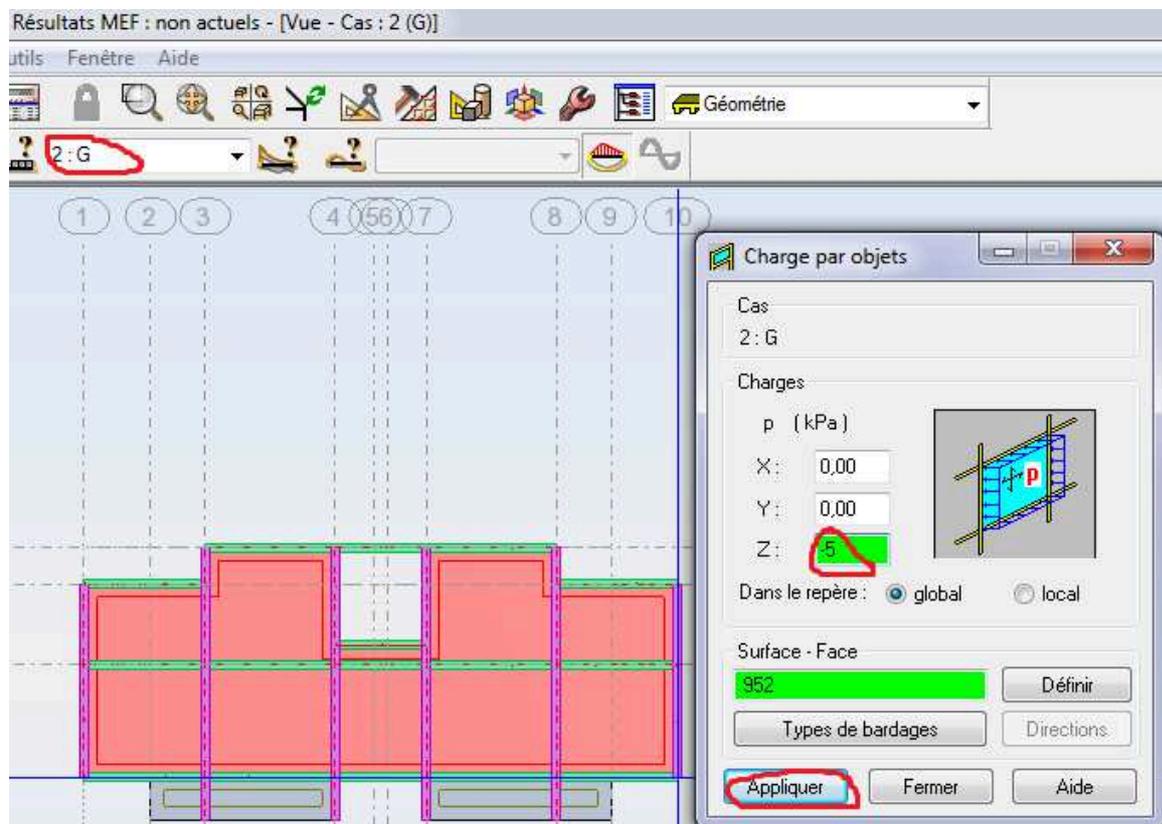
Dans la boîte de dialogue (Charge par objet) cliquez sur (définir) et dessinez le contour qui représente le plancher :



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 :

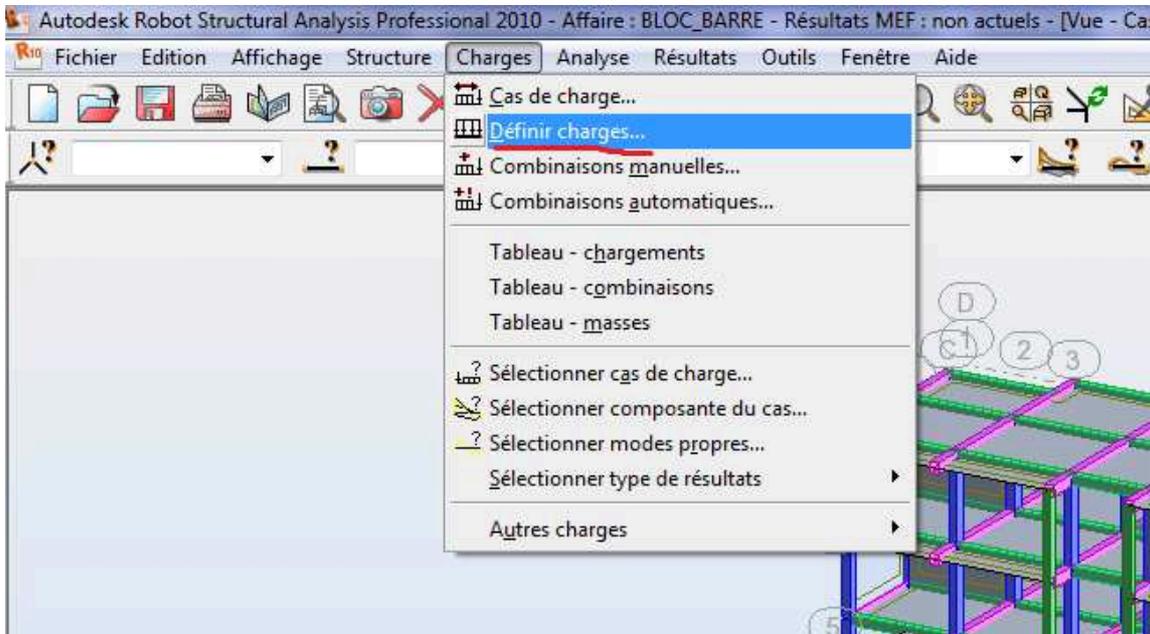


Pour la charge d'exploitation Q :

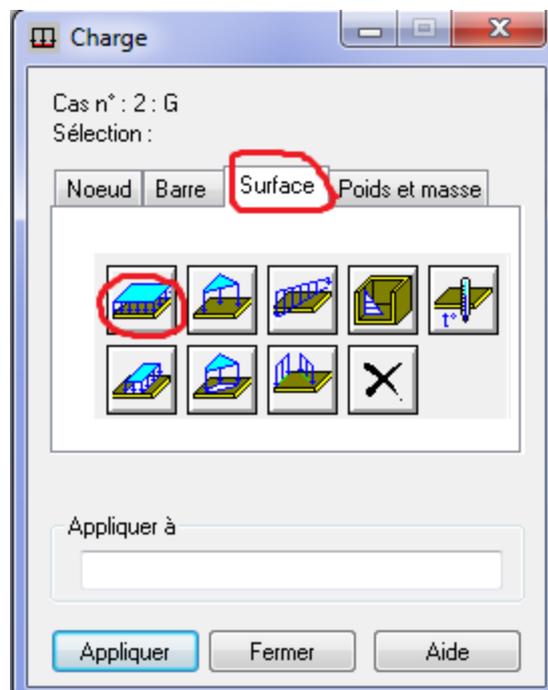


4.3 Charge sur les dalles pleines et les escaliers

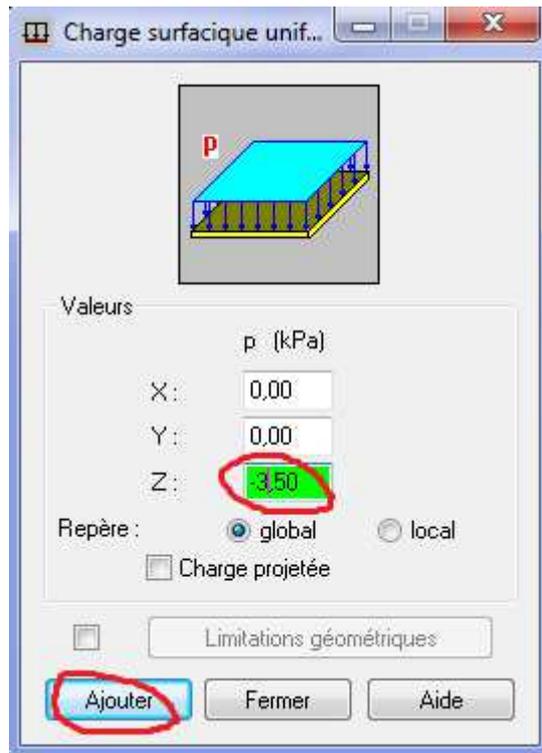
Pour les dalles pleines et les escaliers on doit utiliser la boîte de dialogue (définir charge). Cliquez sur le menu déroulant Chargement -- définir charge :



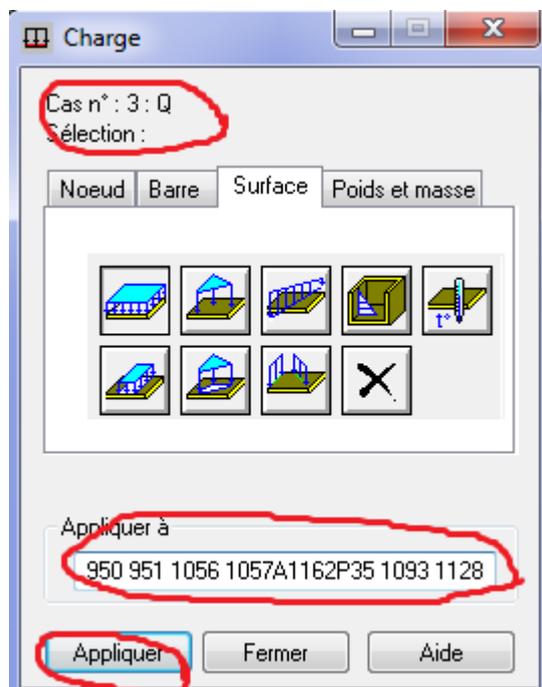
Dans la boîte de dialogue (charge) cliquez sur (surfacique) puis cliquez sur (charge surfacique uniforme) :



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) :



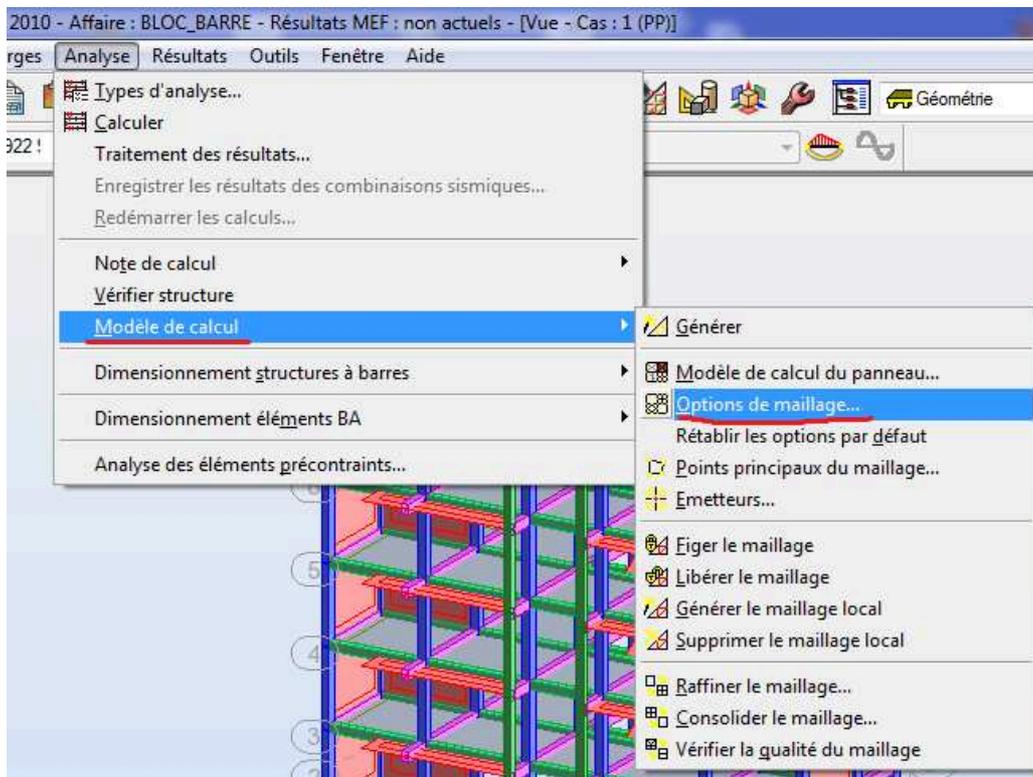
Maintenant, dans la zone (cas de charge), sélectionnez le cas de charge Q et dans le champ (appliquer à) de la boîte de dialogue (charge) saisir le nom de tous les panneaux qui représentent les balcons et cliquez sur appliquer :



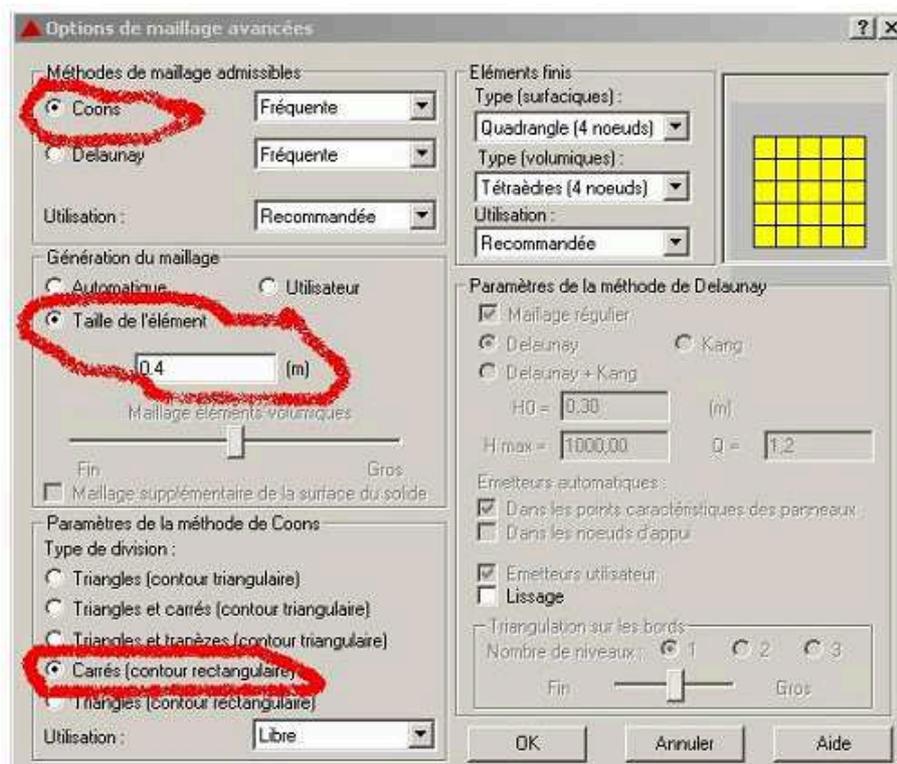
On doit refaire la même chose pour définir les charges sur toutes les dalles pleines et escalier.

III.5 Génération du maillage

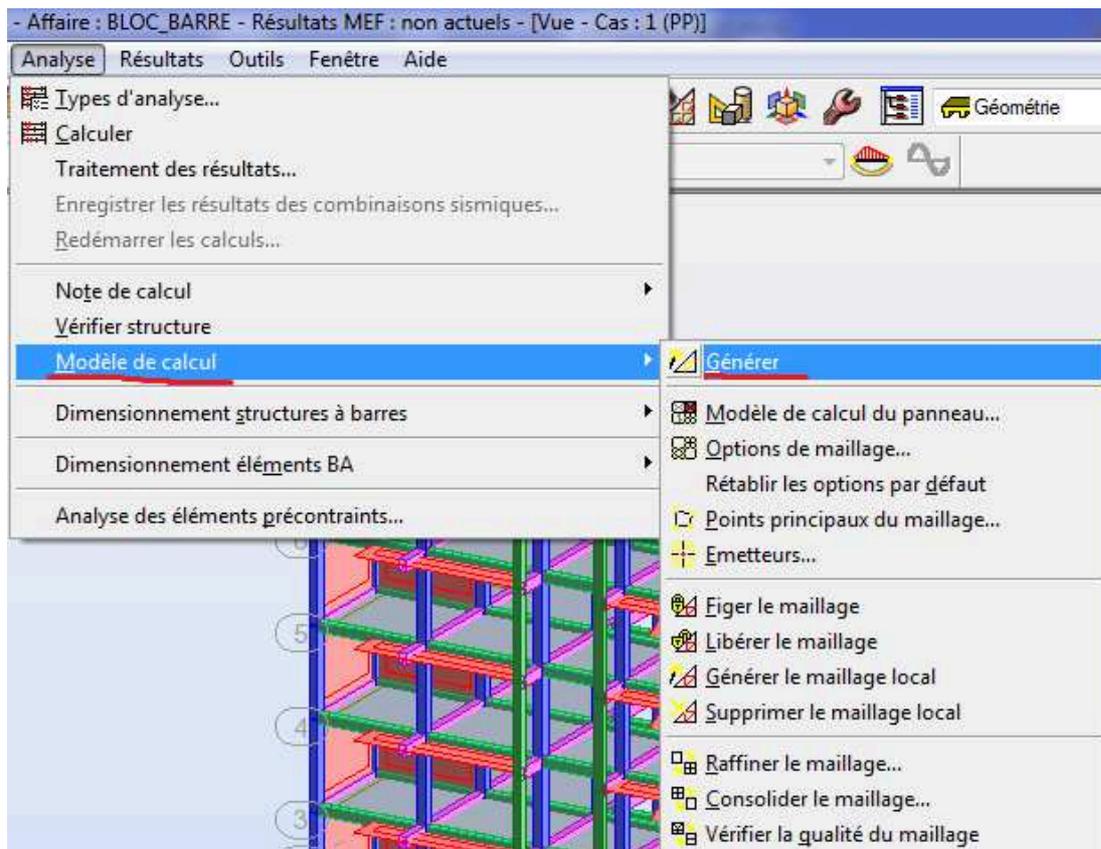
Sélectionner tous les panneaux puis allez au menu déroulant (Analyse -- Modèle de calcul -- Option de maillage) :



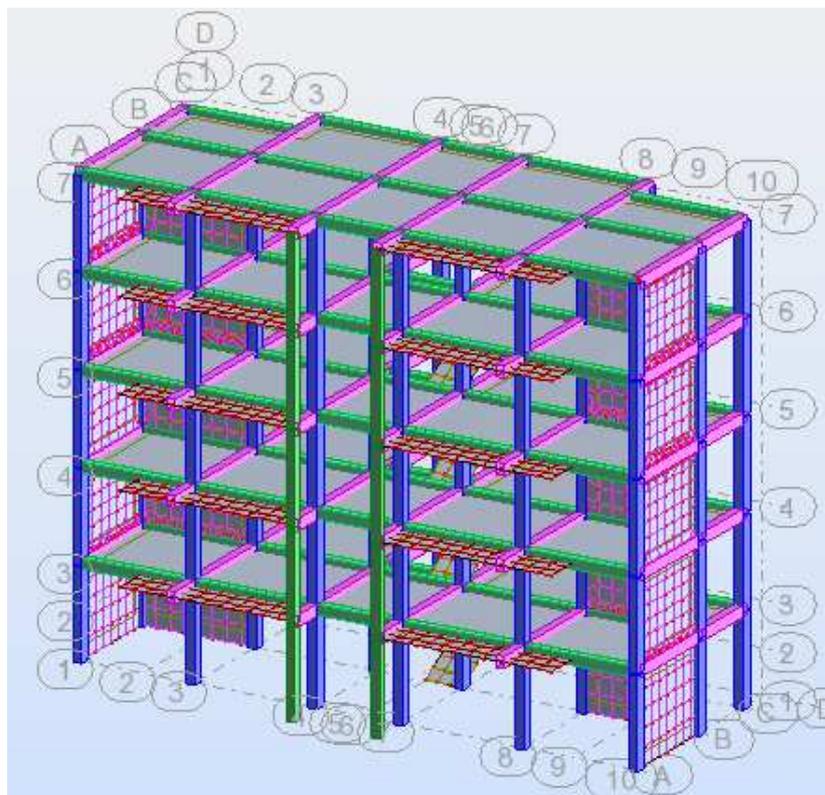
Dans la boîte de dialogue (option de maillage) faire les réglages suivants :



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

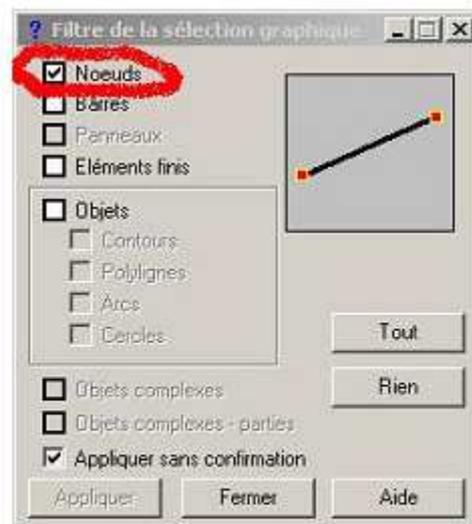


La génération du maillage prend quelques temps et vous aurez, à la fin, le résultat suivant:

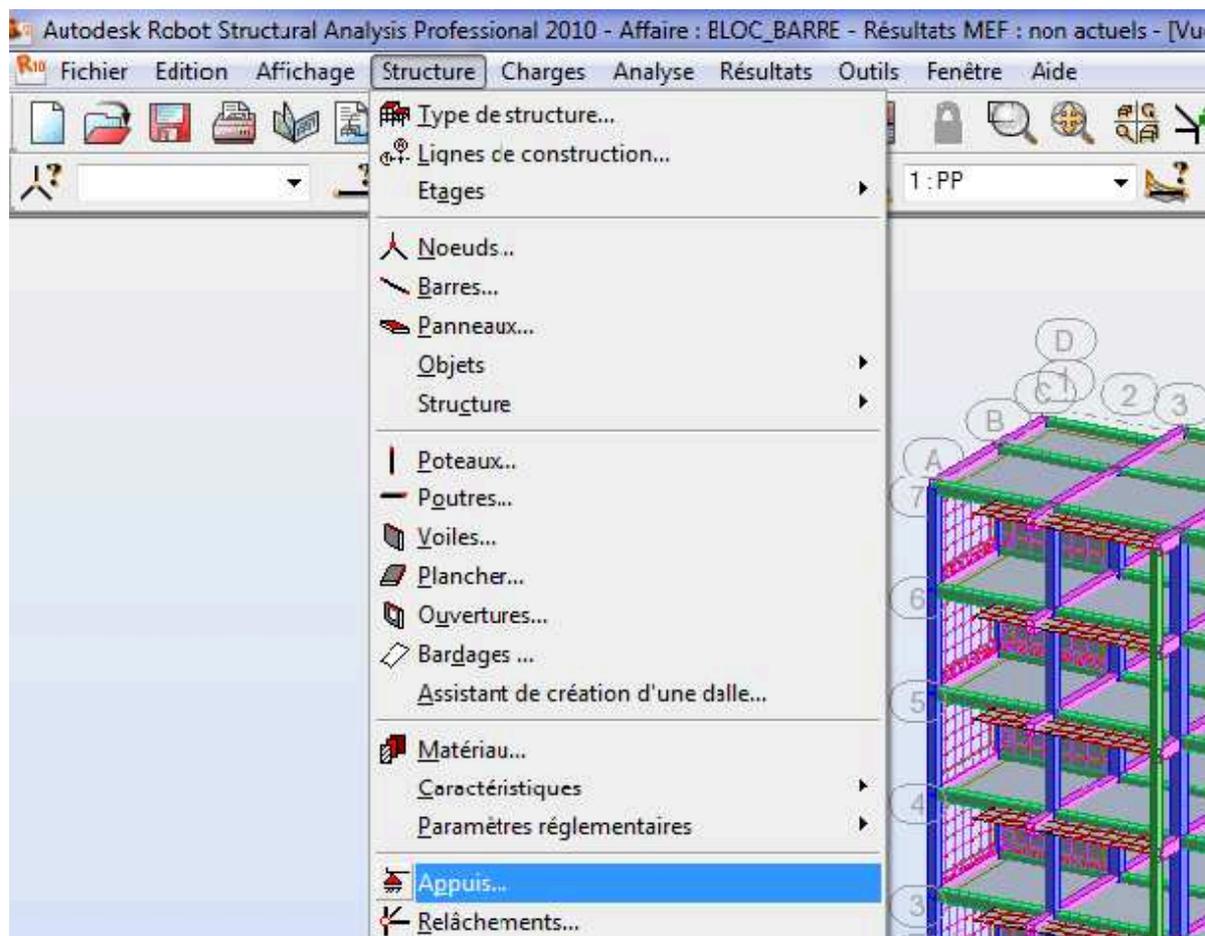


III.6 Définition des appuis

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) :

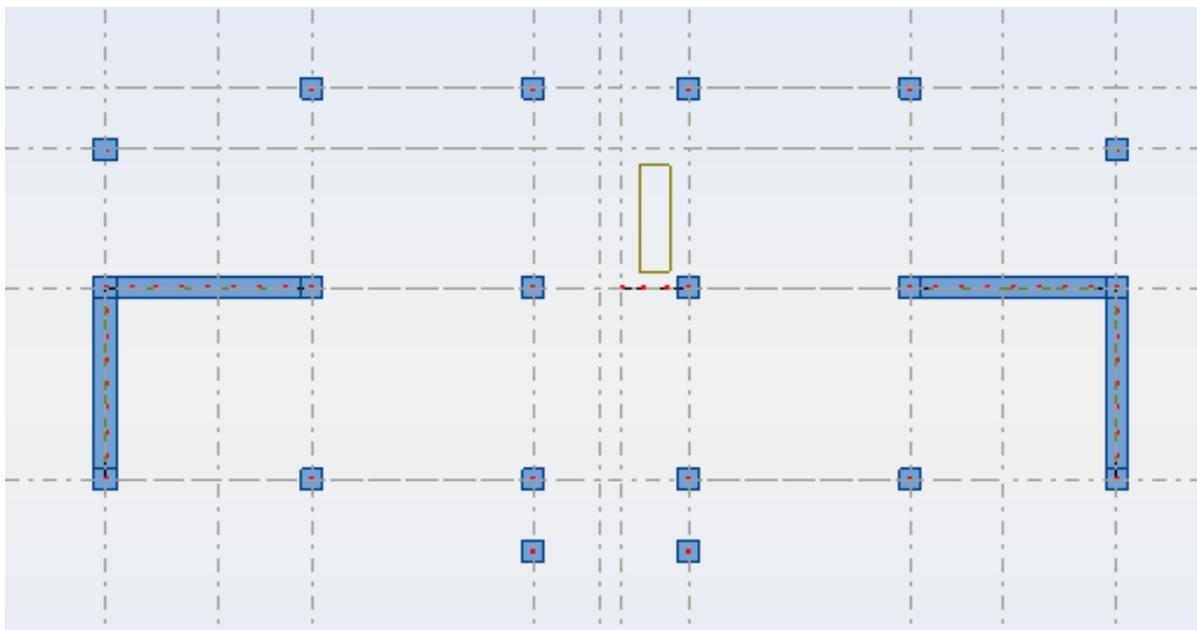


Dans la boîte de dialogue (Appuis) faire les réglages suivants :



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: