

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.

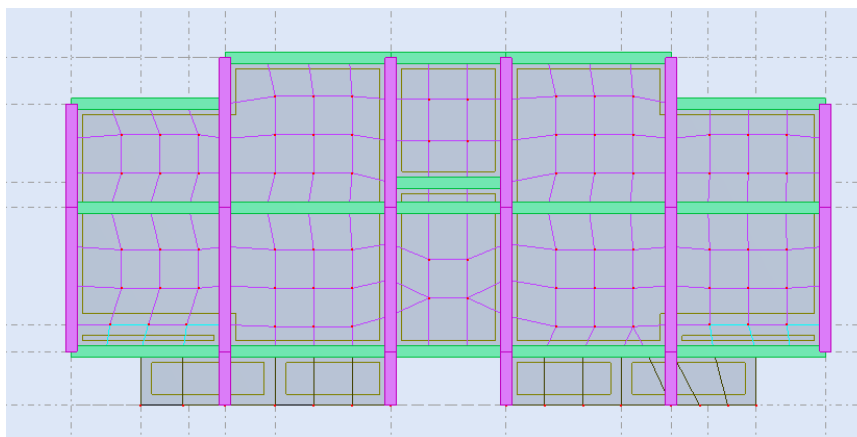
III.2 Présentation de l'ouvrage

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).

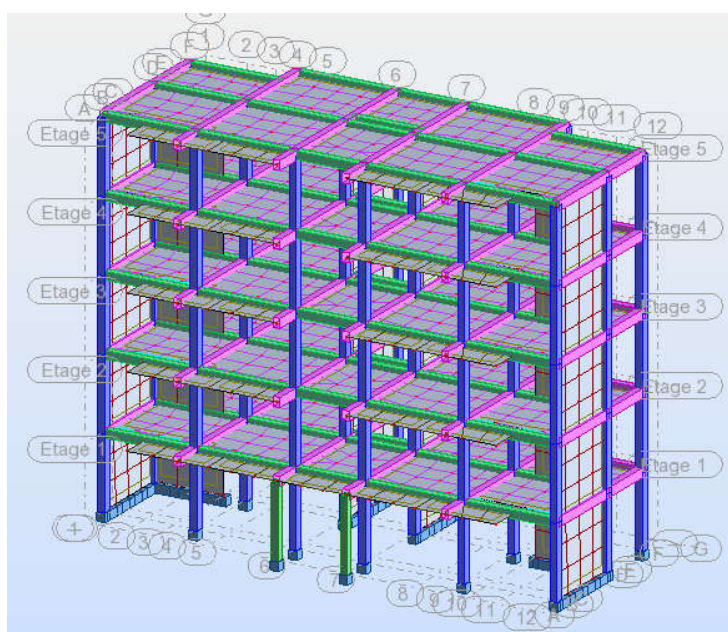
Nombre d'étage : R+4

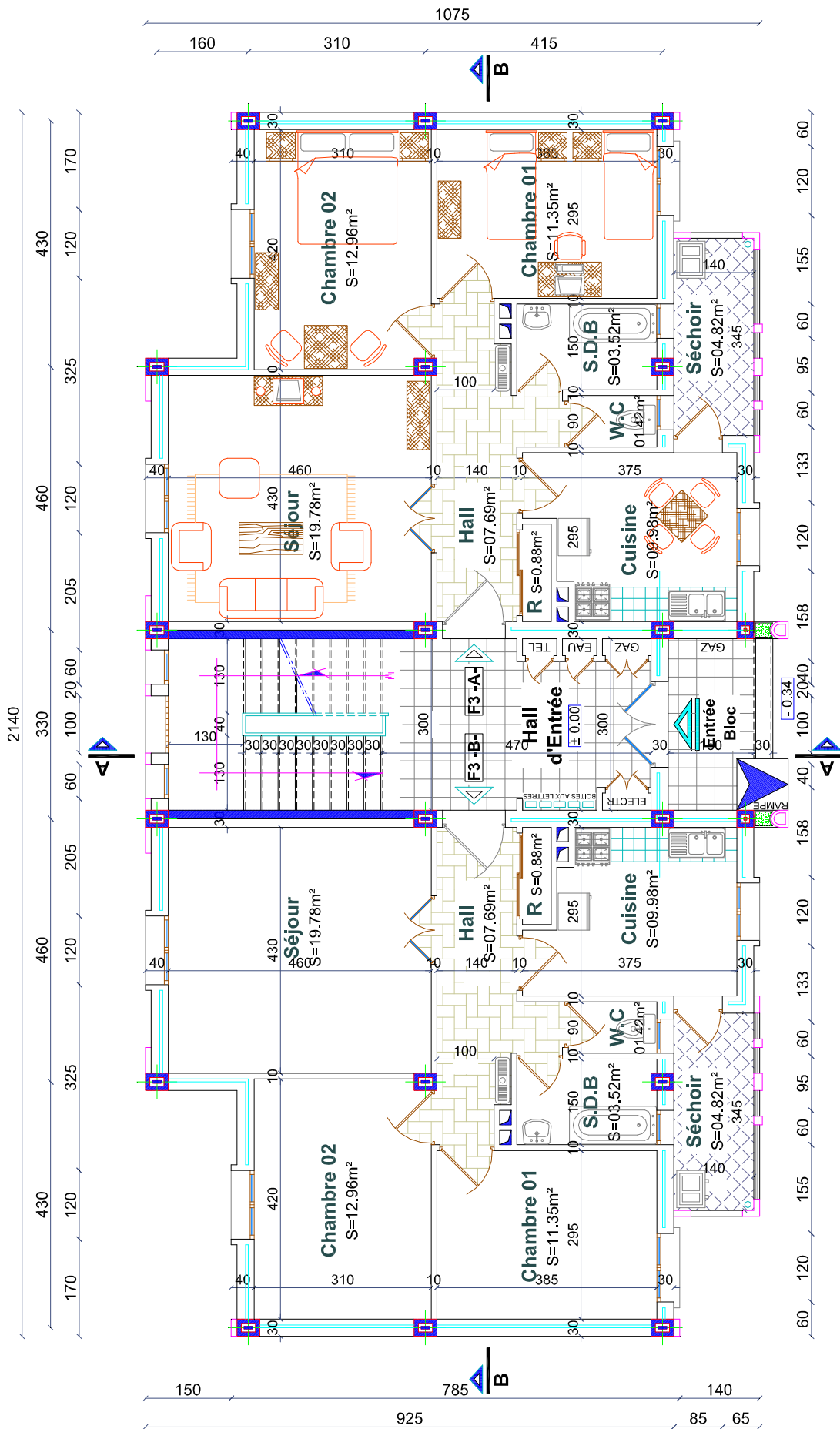
Hauteur d'étage: 3.20 m pour tous les niveaux.

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

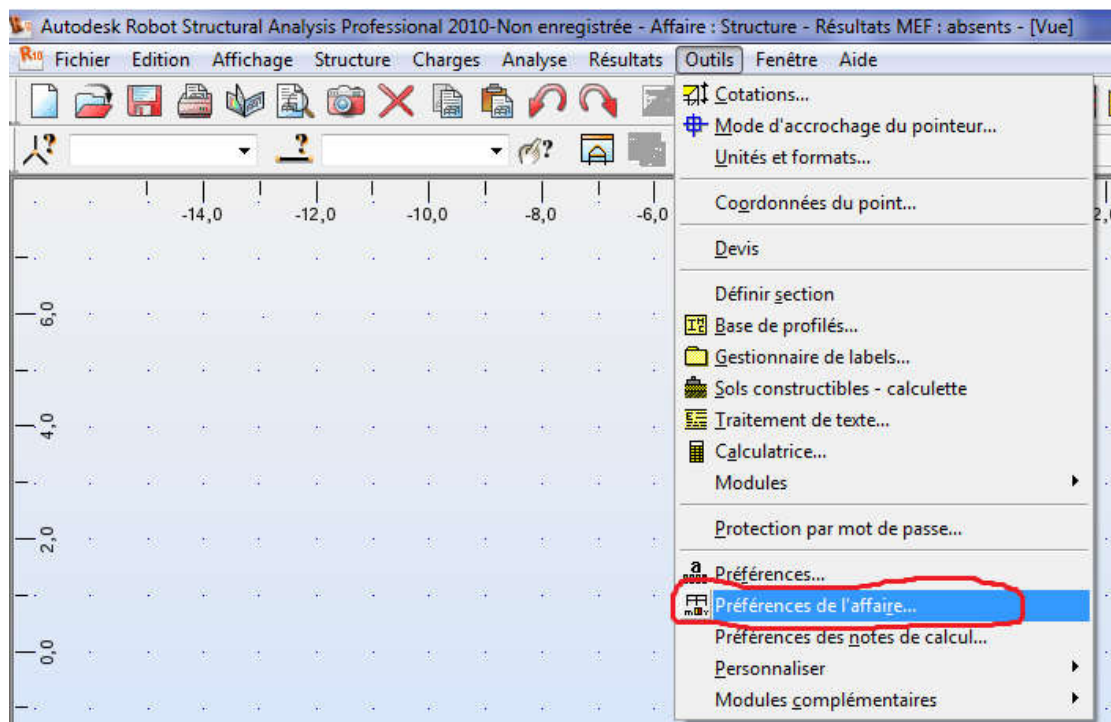
3.1 Lancement du projet

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

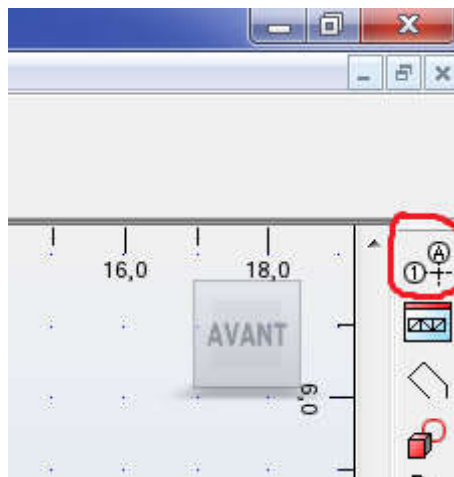
Avant d'entamer la modélisation il faut régler les préférences (langue, affichage,) et préférences de l'affaire (Unités, Matériaux, Normes,). Pour cela, cliquez sur le menu déroulant outils/préférences (ou outils/préférences d'affaire).



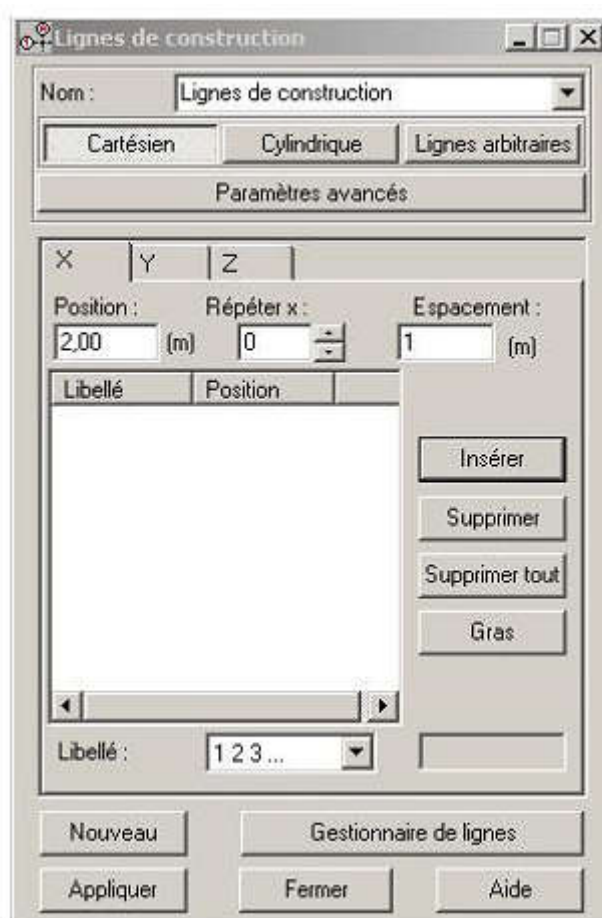
Remarque : Cette procédure se fait une seule fois lorsque vous installez le logiciel.

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:



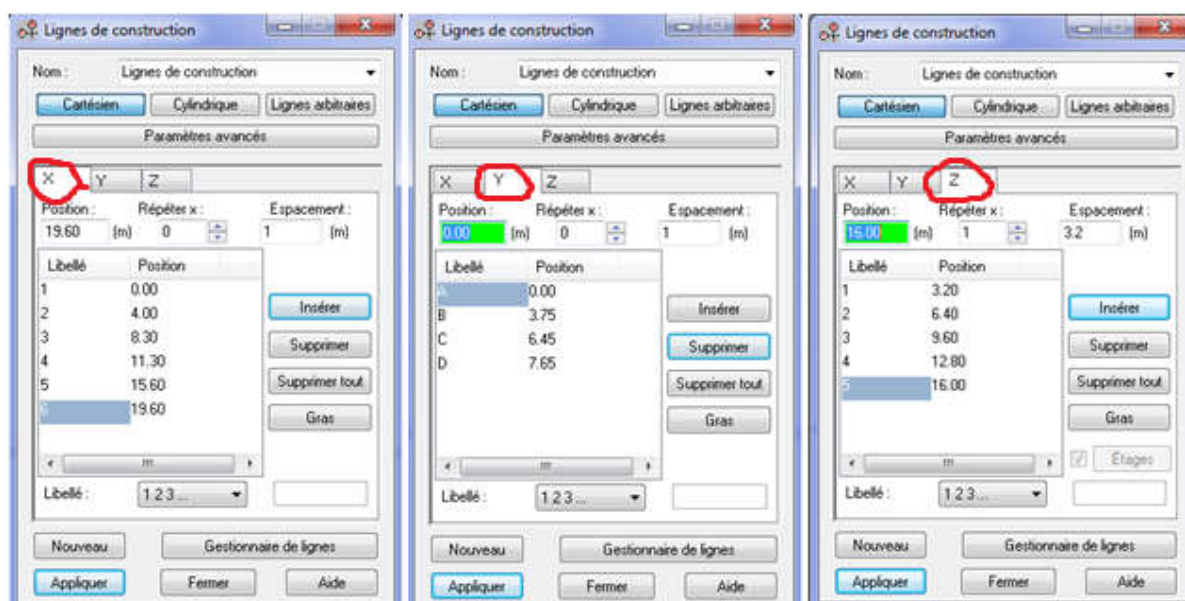
La boîte de dialogue suivante s'ouvre :



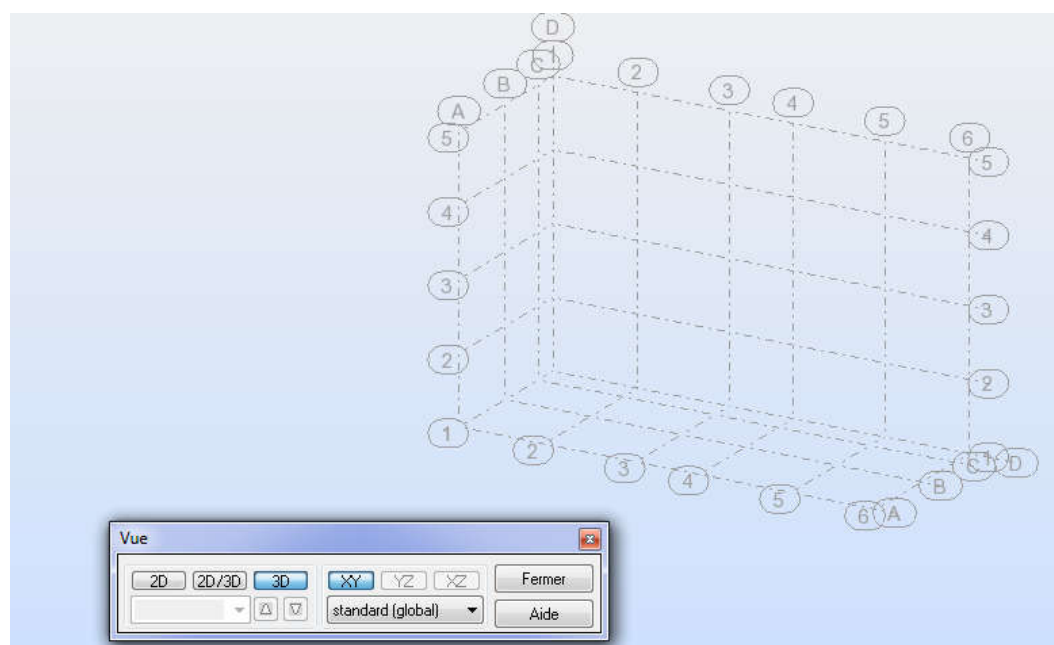
Dans le champ (répéter) on doit saisir toujours la valeur 1 puisqu'on ne pas des valeurs entraxe qui se répètent (sauf pour l'axe Z ou on peut répéter 4 fois 3.20).

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 :

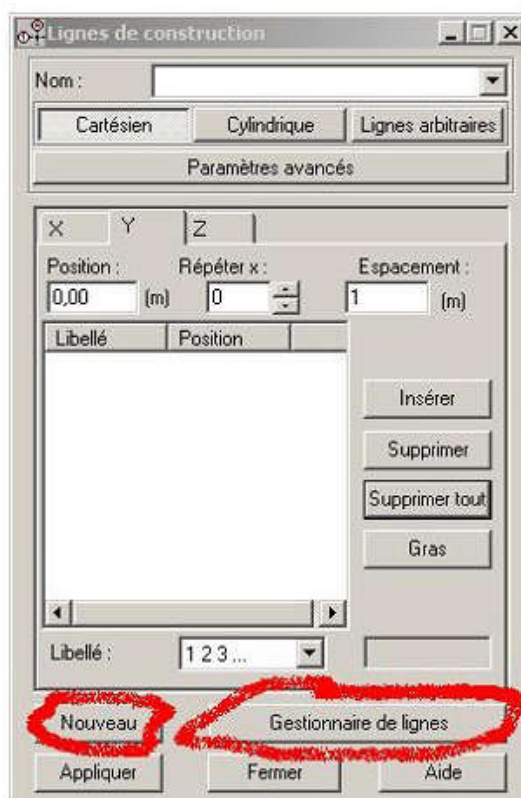


Cliquez sur (appliquer) et activez la vue en 3D, on aura le résultat suivant :



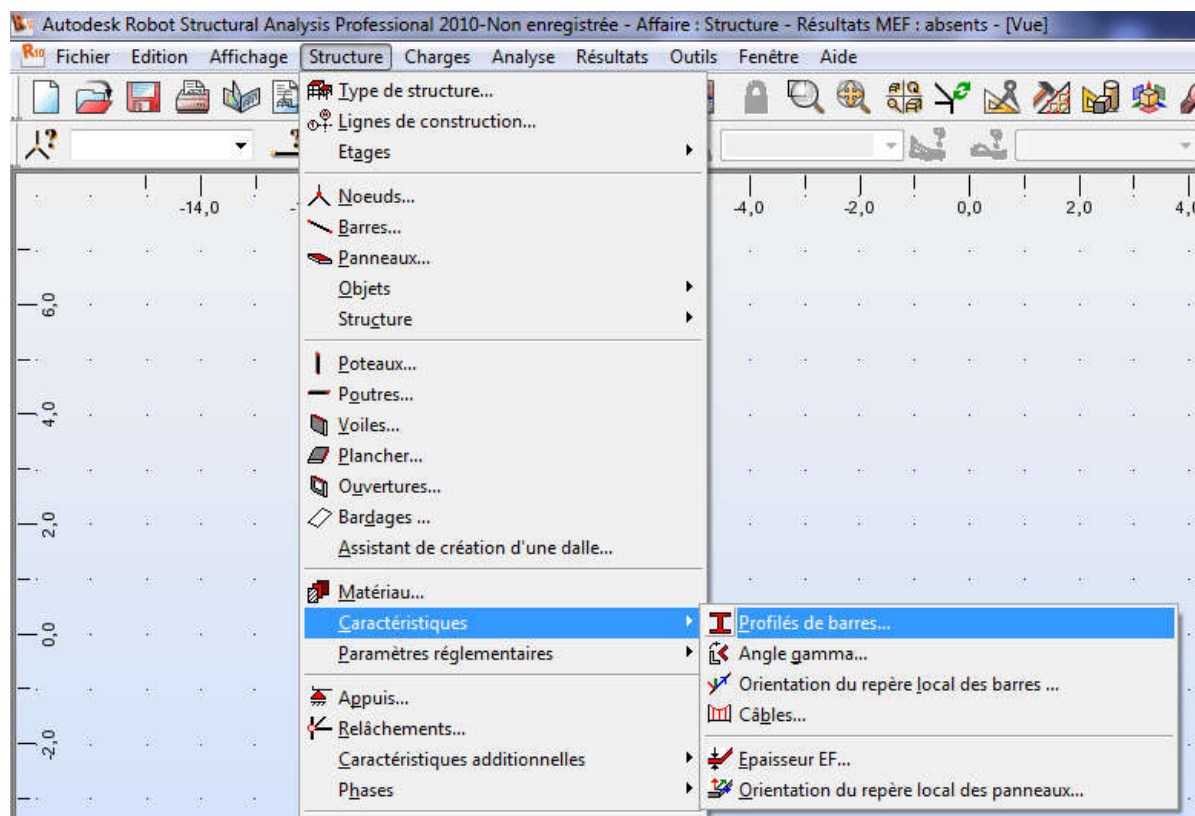
Note:

- 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).

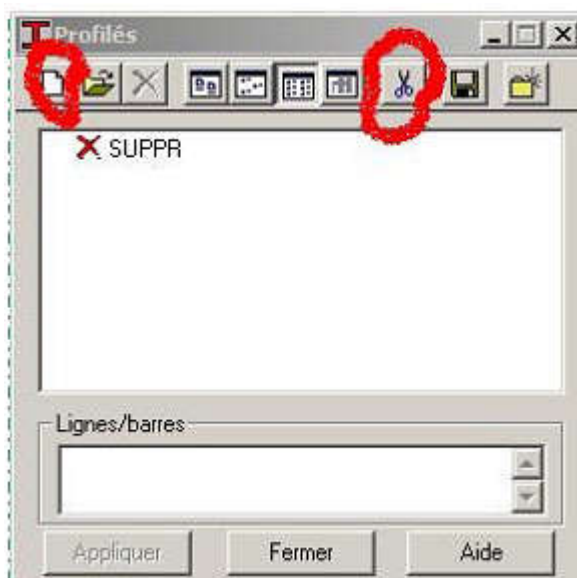


3.4 Définition des sections pour les éléments barres (poteaux et poutres)

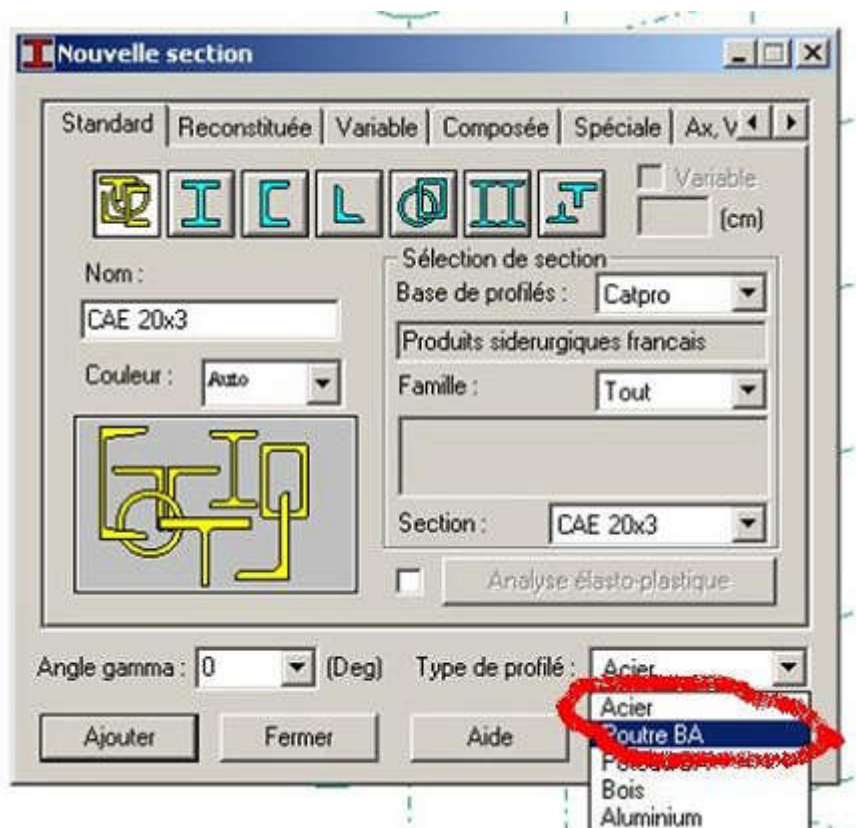
Cliquez sur menu déroulant Structure -- caractéristique -- profils de barre :



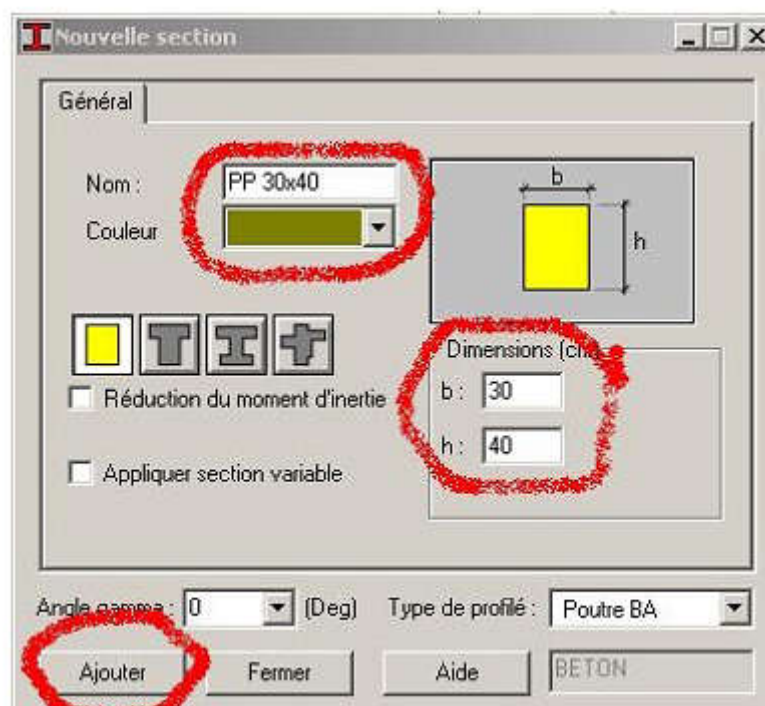
Dans la boîte de dialogue (profilés) cliquez sur (supprimer toutes les sections non utilisées) puis cliquez sur (nouveau) :



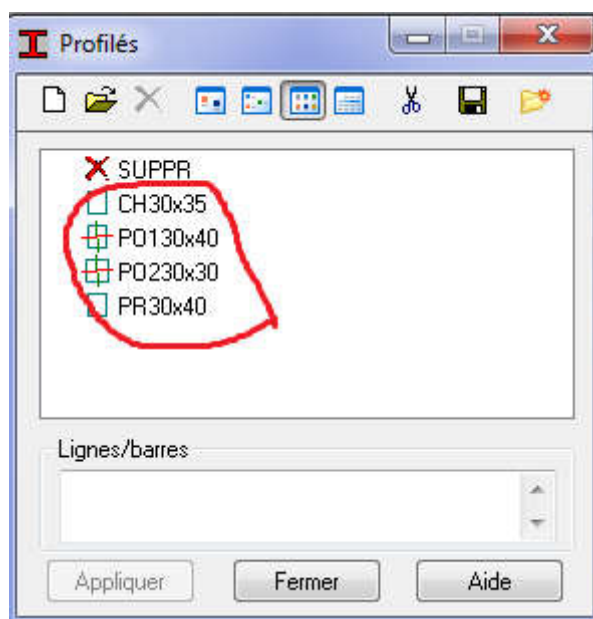
Dans la boîte de dialogue (nouvelle section) cliquez sur le champ (type de profilés) et sélectionnez (poutre BA) :



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

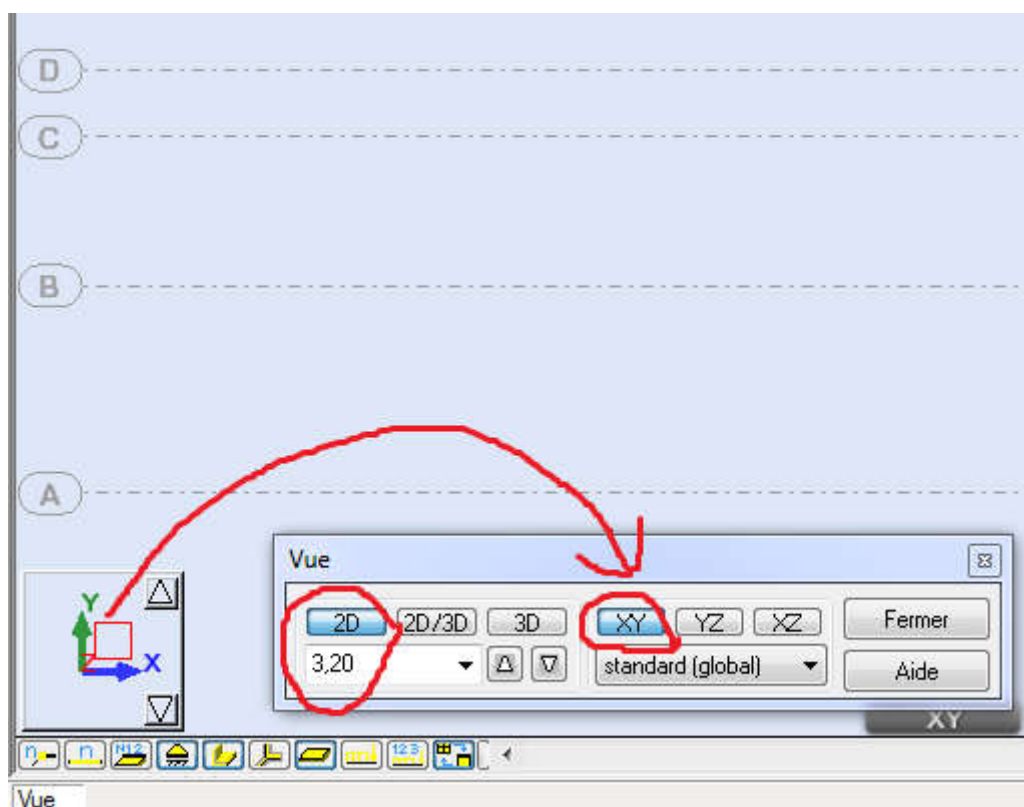


Refaire la même opération pour définir les autres sections des poutres et des poteaux (PS 30x35) et (poteaux 30x40).

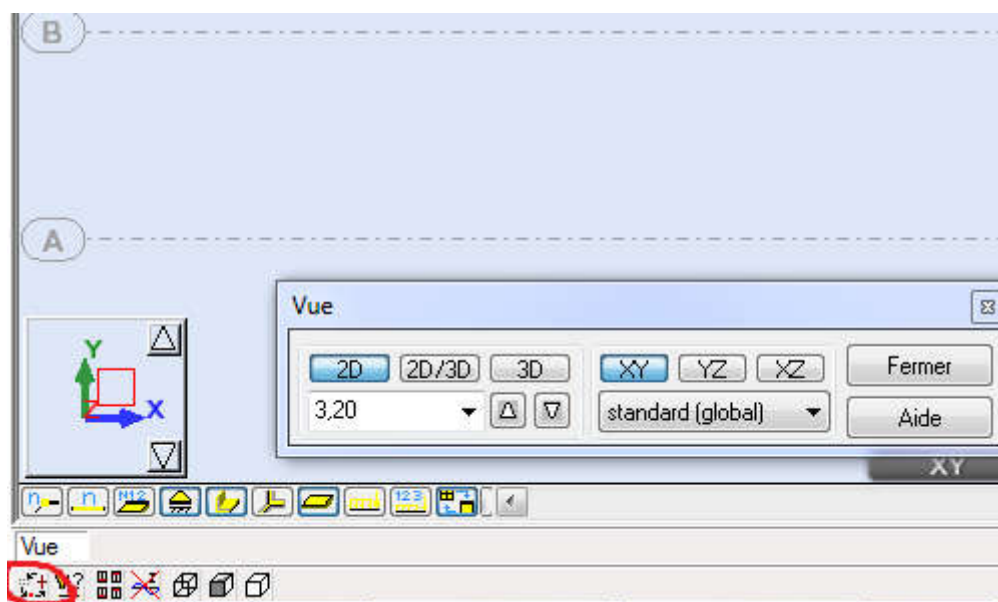


3.5 Définition de la structure

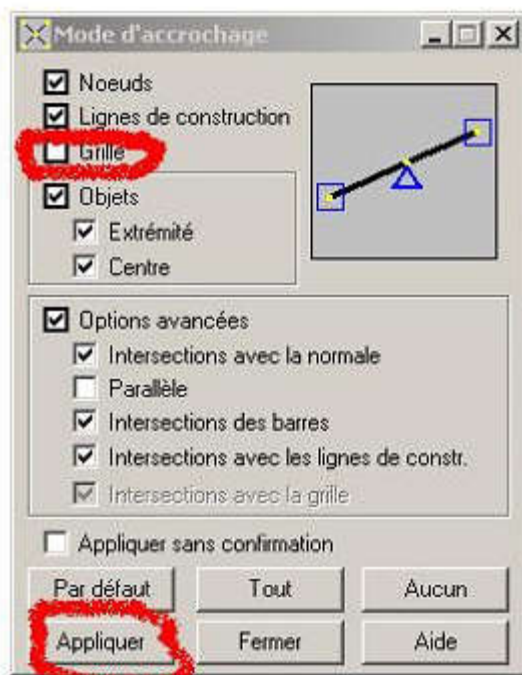
Activez la boîte de dialogue (gestion des vues) et allez au niveau 3.20 plan XY :



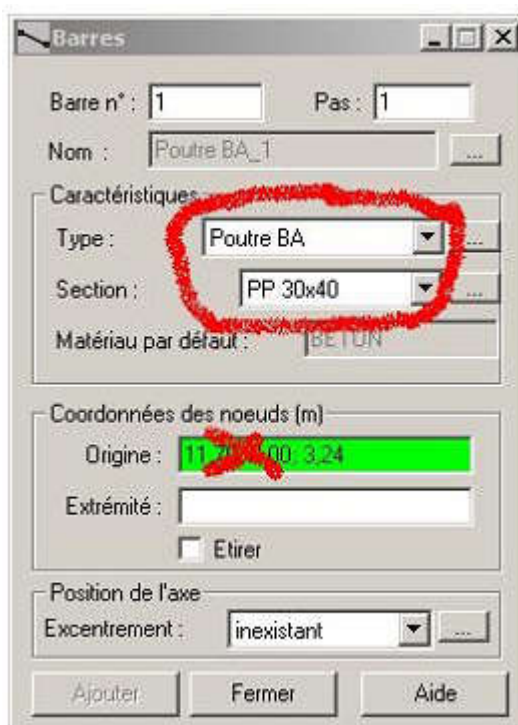
Pour éviter des erreurs de modélisation, désactiver l'accrochage de la grille, pour cela, Cliquez sur l'icône mode d'accrochage (se trouvant sur l'extrémité gauche en bas de la fenêtre) :



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

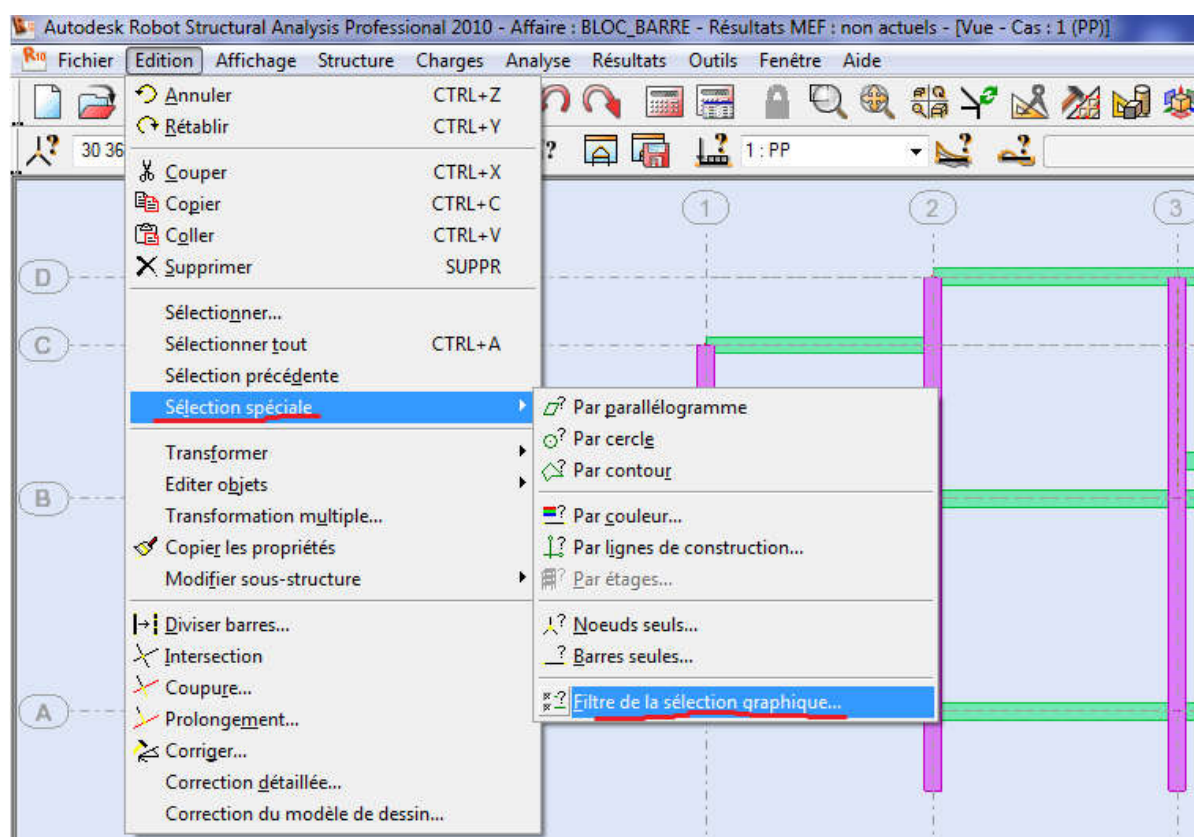


Maintenant, cliquez sur le menu déroulant structure -- barres. La boîte de dialogue ci-dessous s'ouvre :

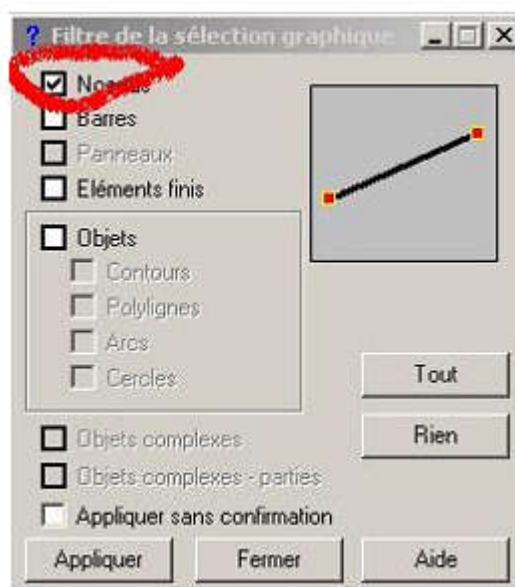


Dans le champ (type) sélectionnez poutre BA, dans le champ (section) sélectionnez (PP 30x40). Cliquez sur le champ (origine) et commencez le dessin des poutres principales. Par le même principe on peut dessiner toutes les poutres principales et secondaires du plancher niveau 3.20.

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 :



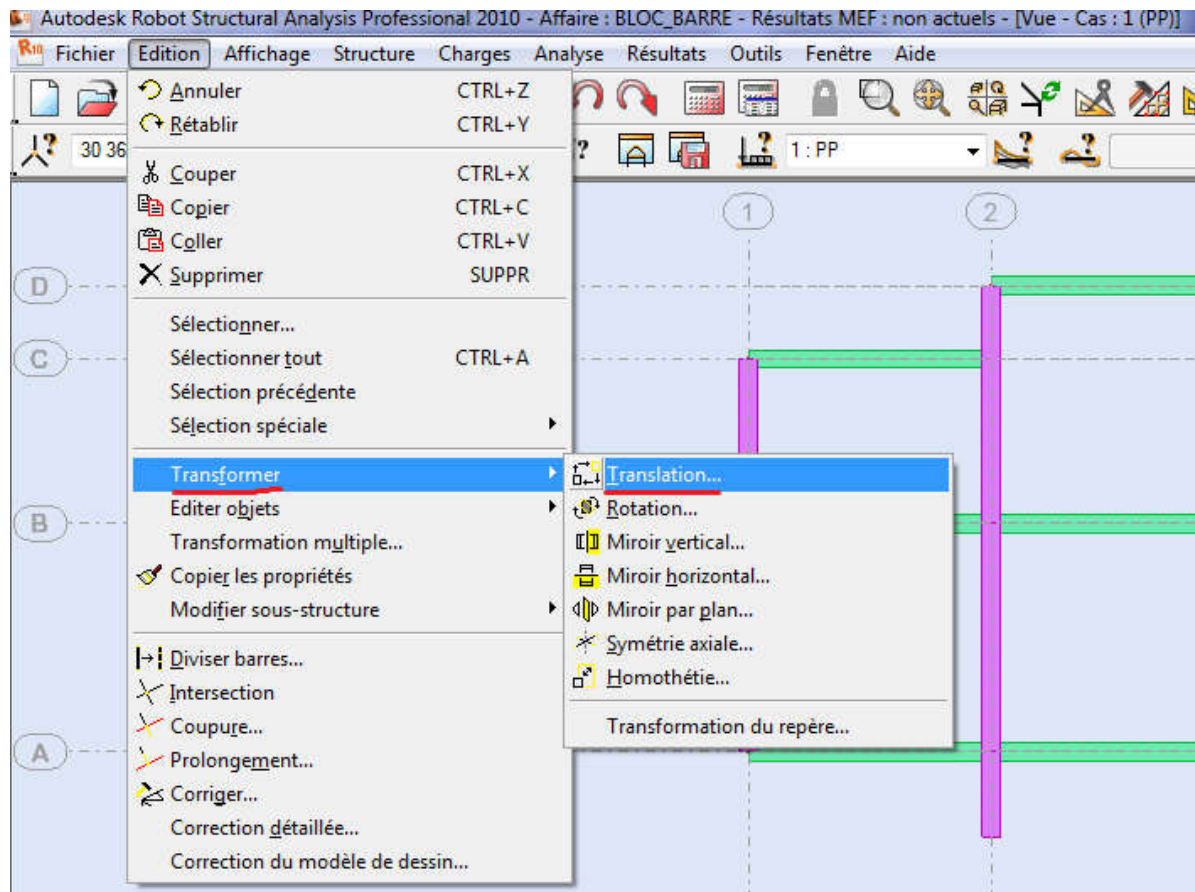
Dans la boîte de dialogue (Filtre de la sélection graphique) désactivez toutes les cases sauf la case (nœud):



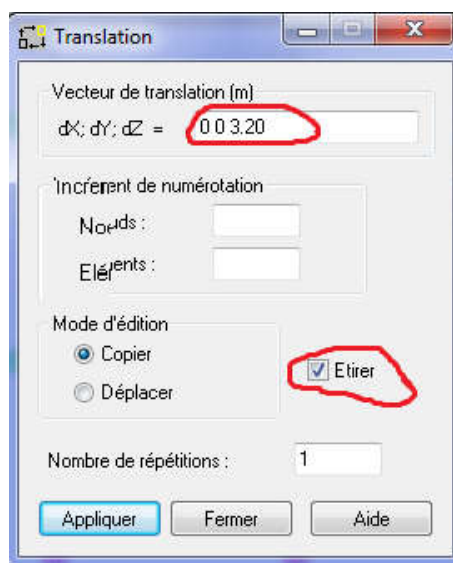
Cliquez sur appliquer et fermer.

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).

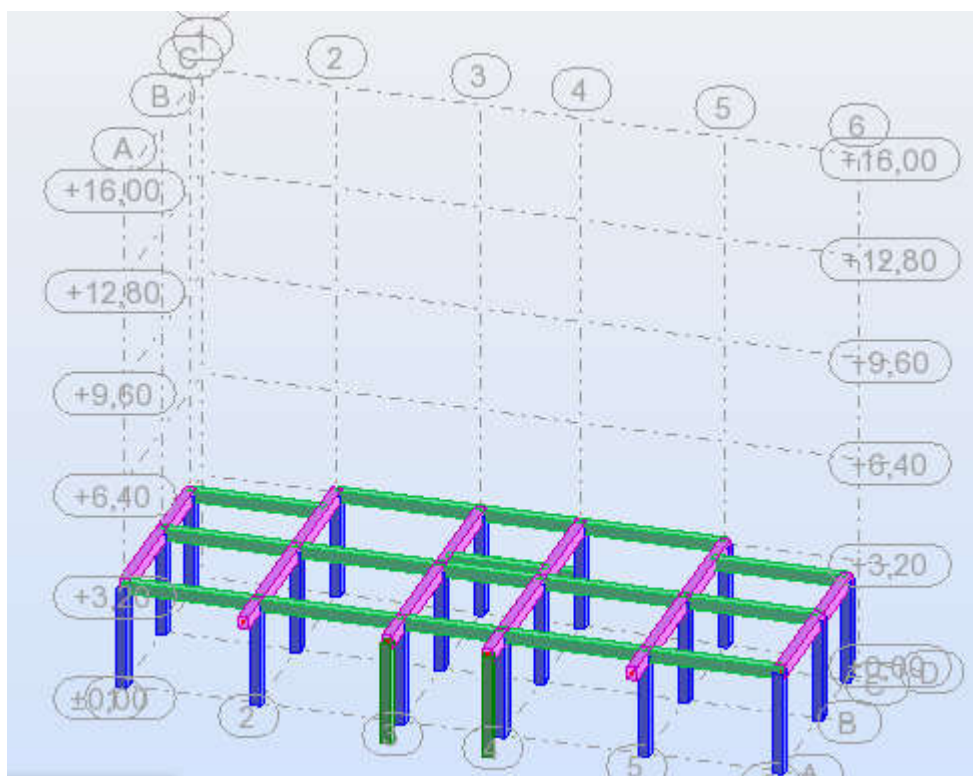
Allez au menu déroulant Edition transformation -- translation :



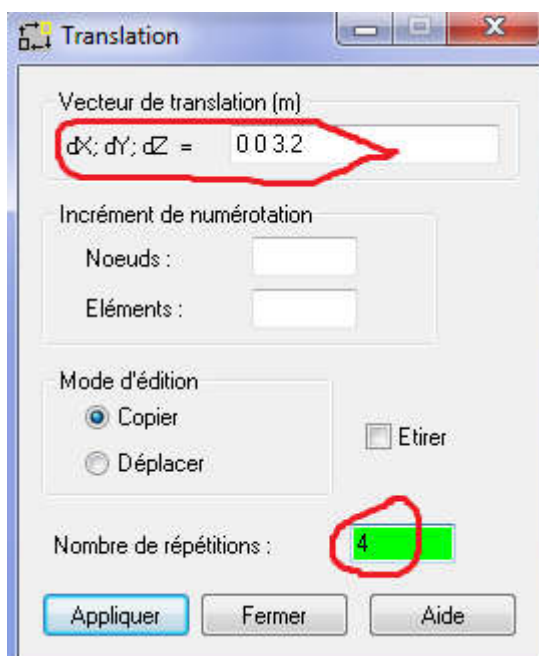
Activer la vue 3D et saisir dans la boîte de dialogue (translation) la valeur (0 ; 0 ; -3.20). En activant l'option (étiré) :



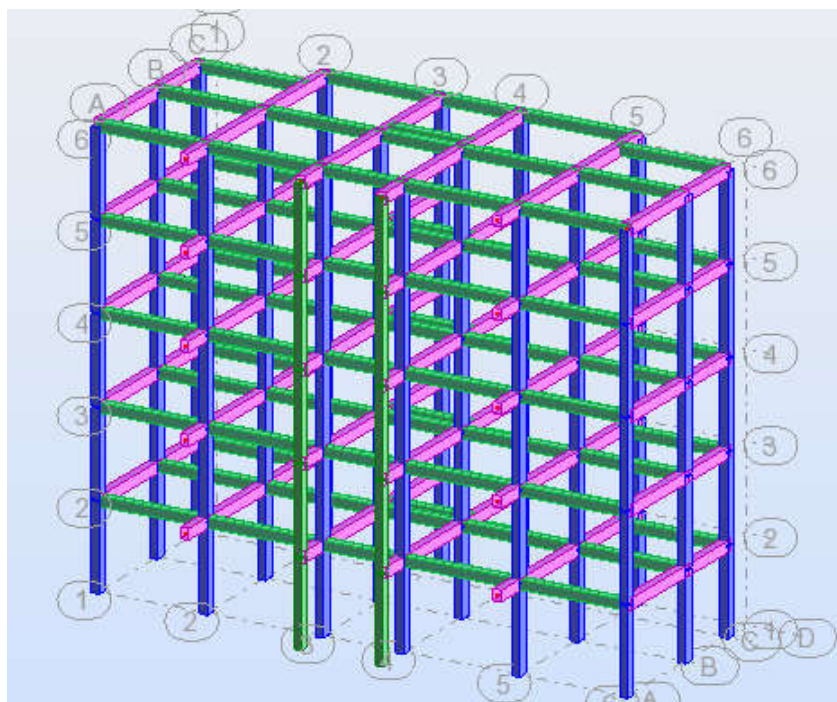
Cliquez sur (appliquer) et vous aurez le résultat suivant :



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 :

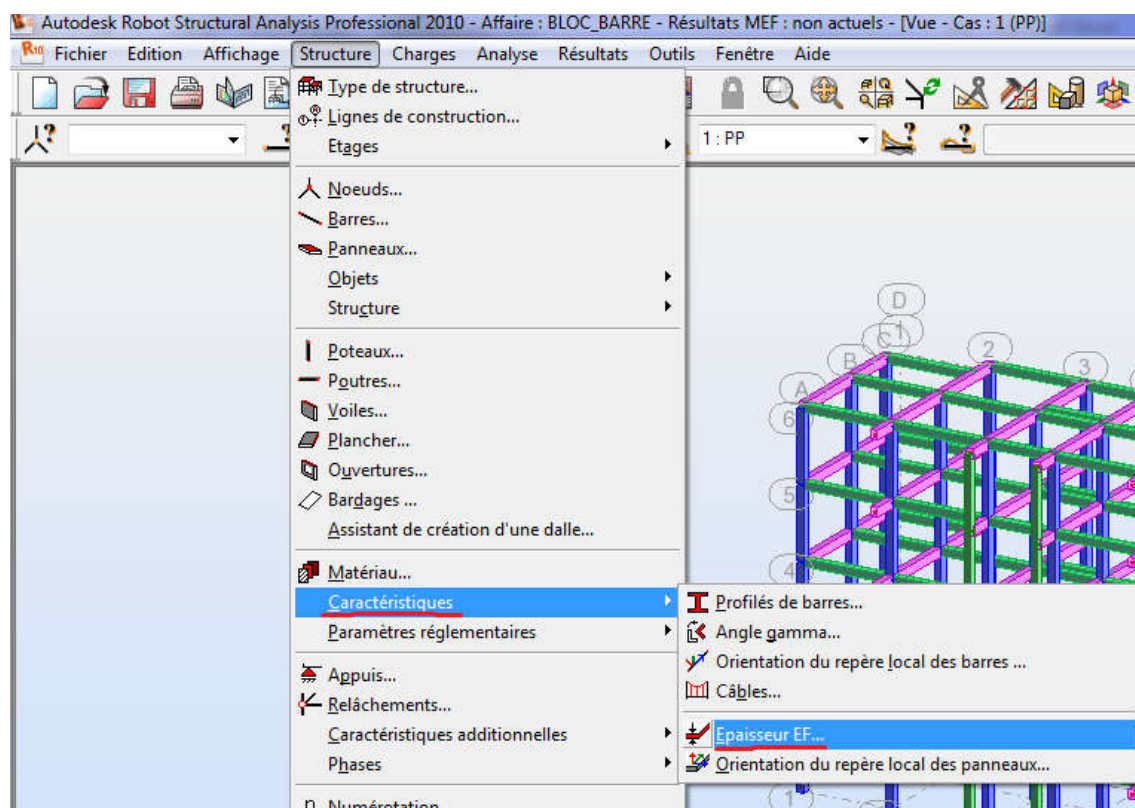


Et vous aurez le résultat suivant :



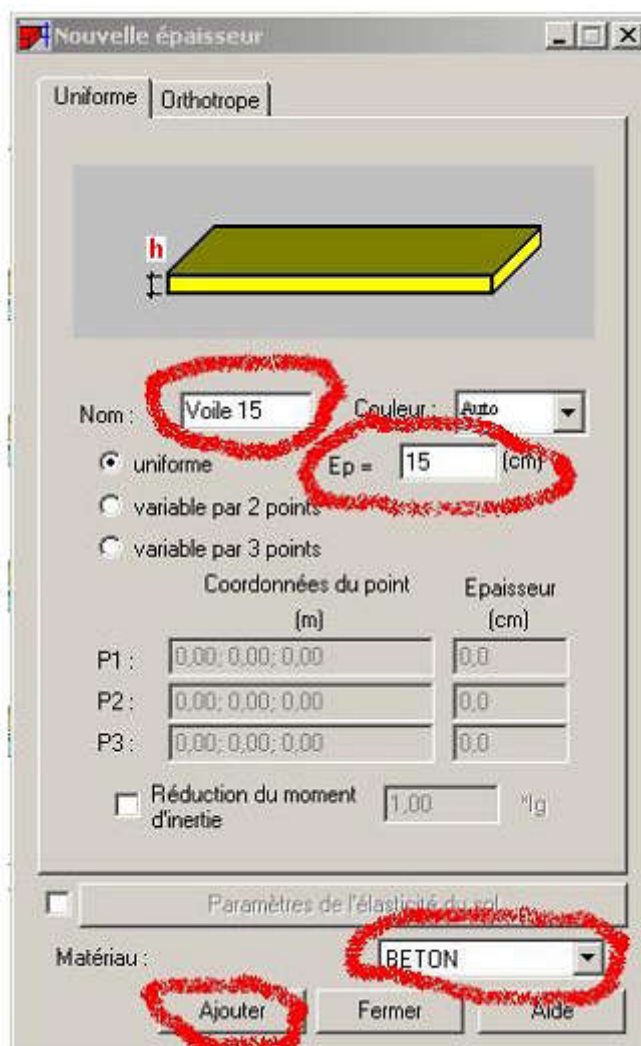
3.6 Modélisation des voiles, escaliers et dalles pleines

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

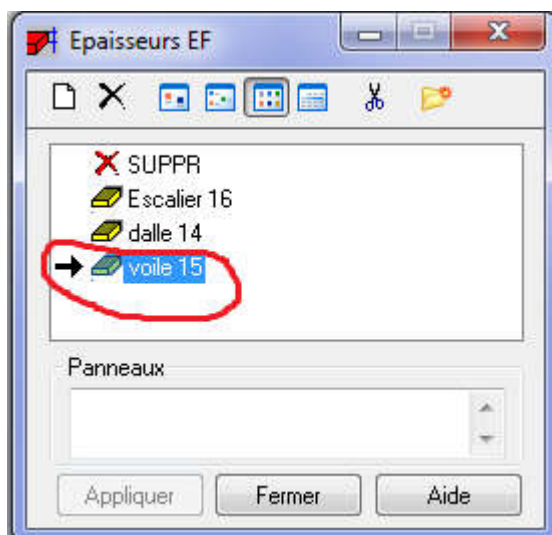




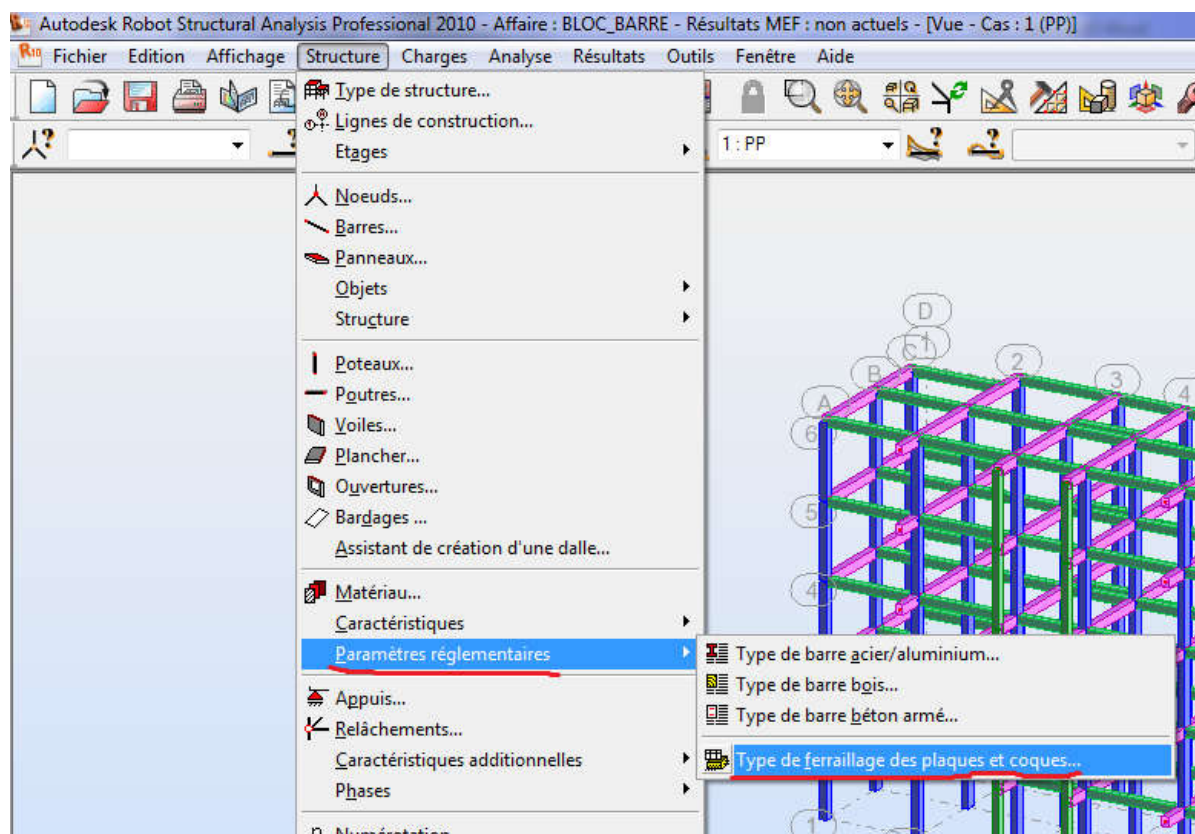
Cliquez sur (Définir nouvelle épaisseur) et saisissez le nom, l'épaisseur et le matériau puis cliquez sur ajouter :



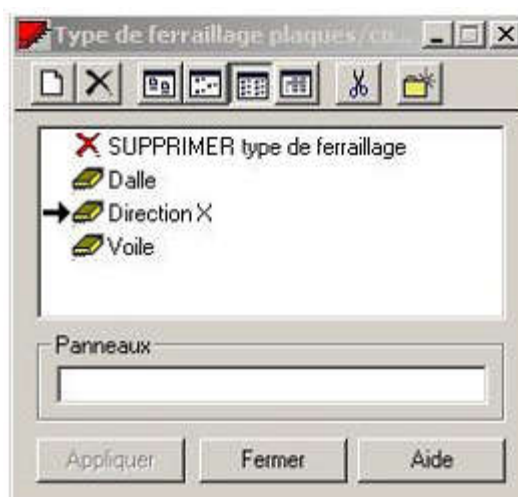
Refaire la même procédure pour définir les dalles pleines d'épaisseur 14cm et les escaliers d'épaisseur 16cm. Sélectionner (voile 15) et fermer :



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



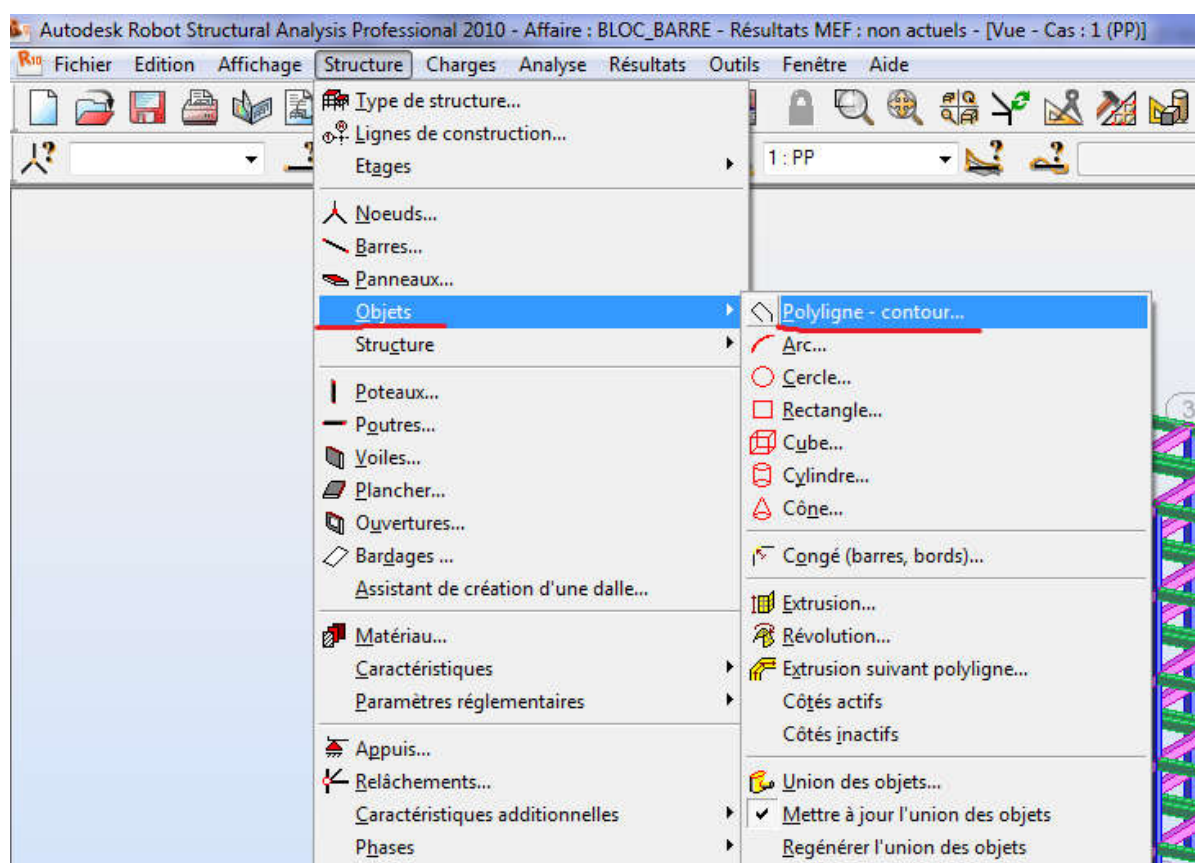
Vous aurez la boîte de dialogue suivante :



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.

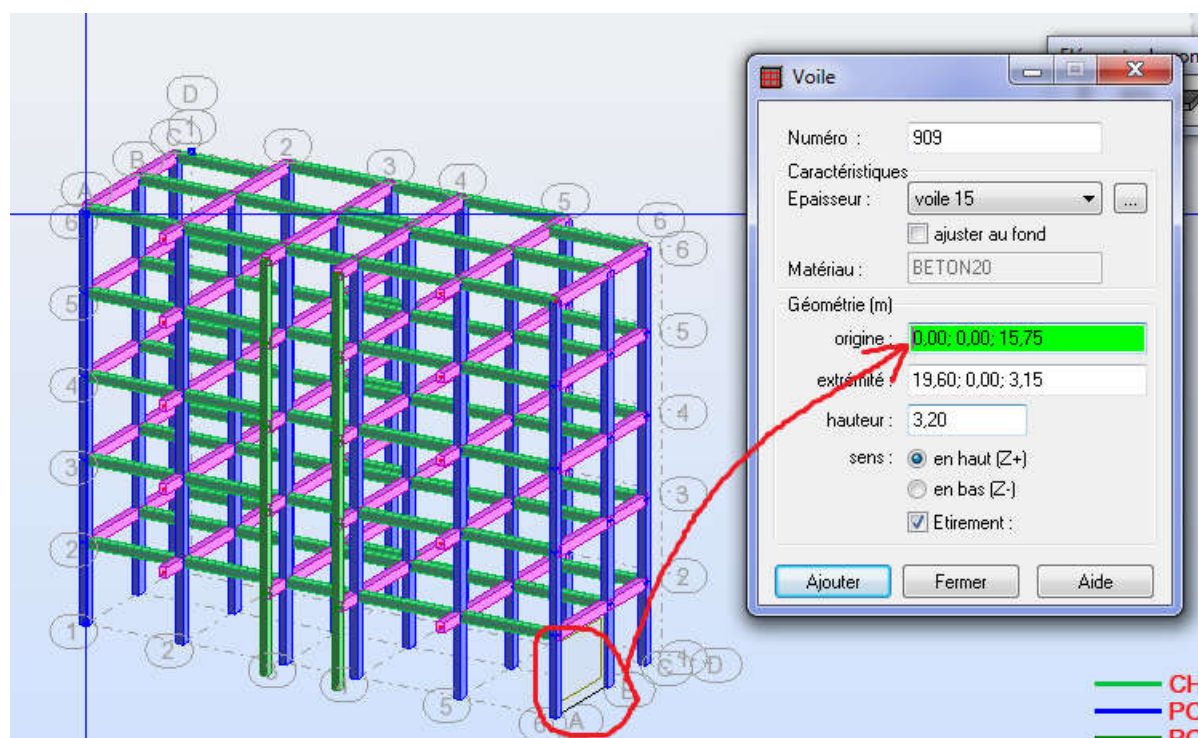
a. Dessin des voiles

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



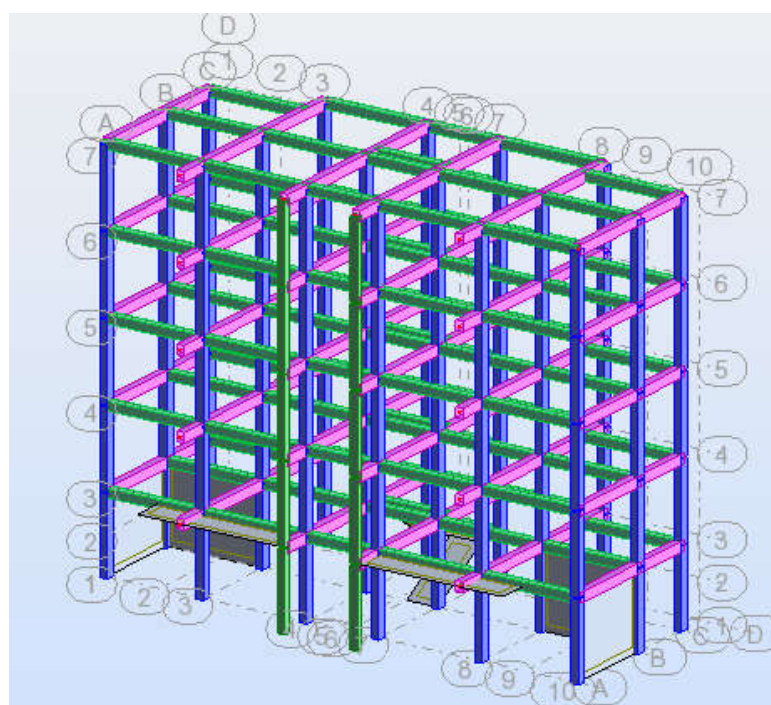
Dans la boîte de dialogue (Poly ligne-contour) cliquez sur (paramètre) et cocher le champ (Panneau) puis cliquez sur géométrie et ensuite sur le champ de saisie des coordonnées se trouvant à coté du champ (Ajouter) :

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



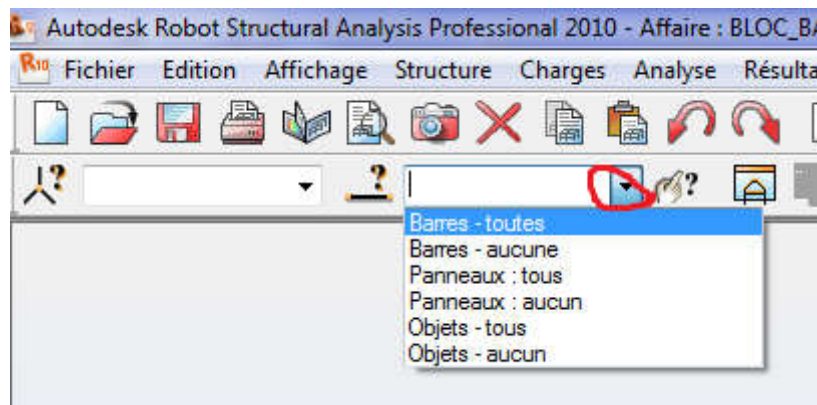
Par la même méthode on va dessiner tous les voiles, les dalles pleines et les escaliers du RDC.

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 :

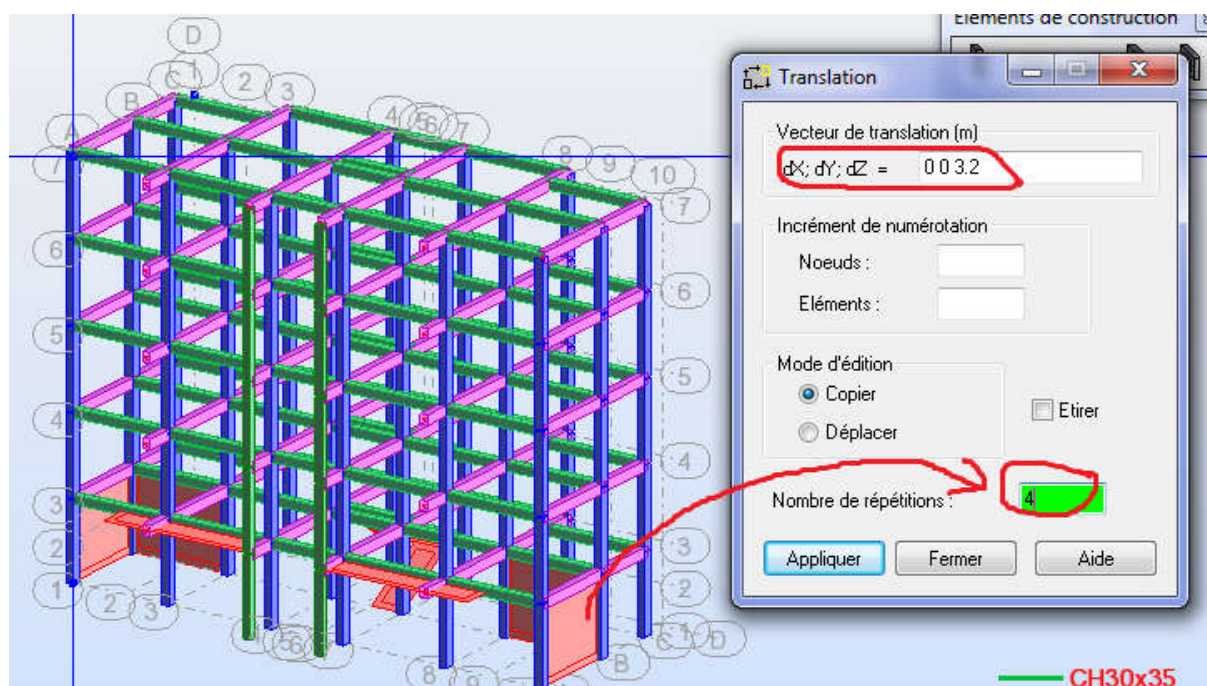


Maintenant nous allons copier les voiles, les dalles pleines et les escaliers du RDC vers le 1er et 2èm et 3èm étage.

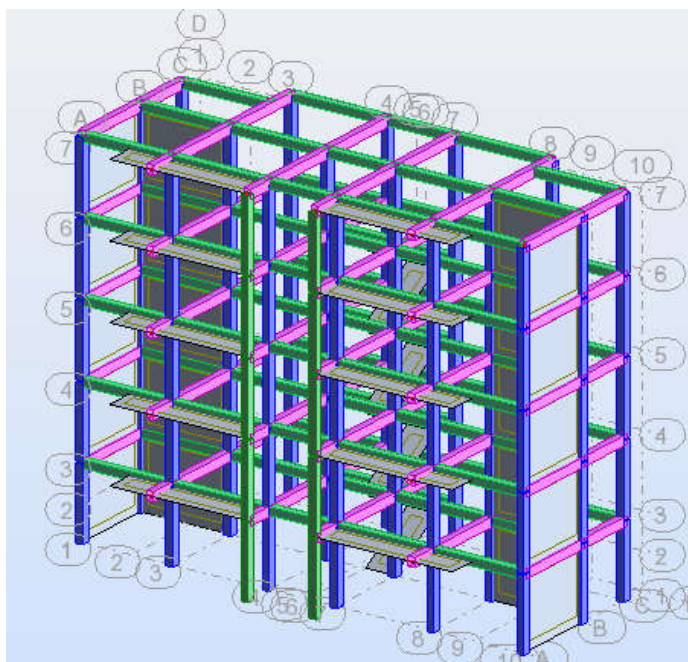
Pour cela, procédant à une sélection rapide de tous ces éléments : Cliquez sur l'icône de sélection (voir la figure ci-dessous) et cliquez sur (panneaux : tous) :



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

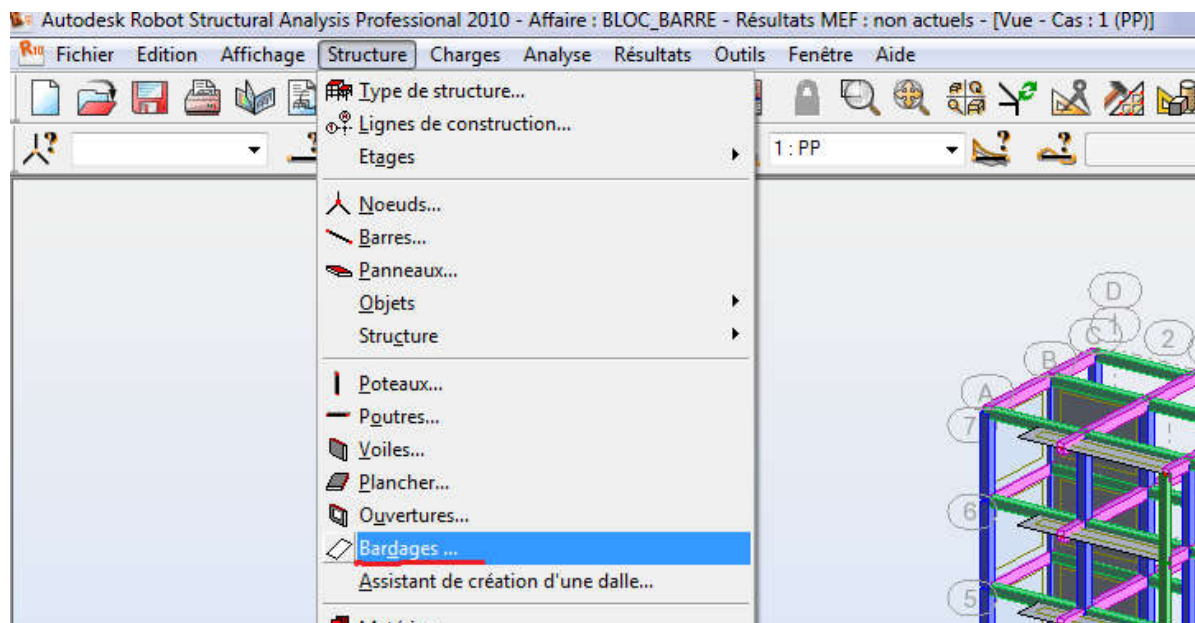
Cliquez sur le menu déroulant (Chargement -- Cas de charge), vous aurez la boîte de dialogue (Cas de charge). Dans cette boîte de dialogue on va définir deux types de cas de charge (Charge permanente G et charge d'exploitation Q) :



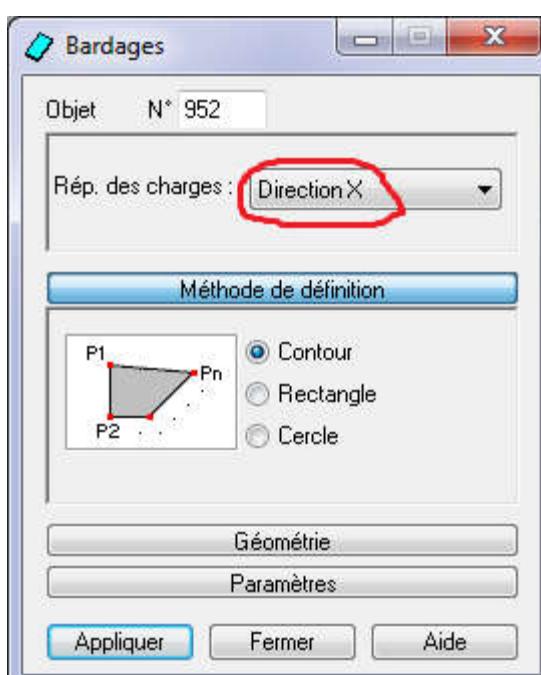
Le poids propre sera pris en compte avec la charge permanente G. Pour les charges sismiques, elles seront générées automatiquement par le logiciel. Les autres charges (vent, neige) seront négligées.

4.1 Définition des Bardages

Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Bardage :

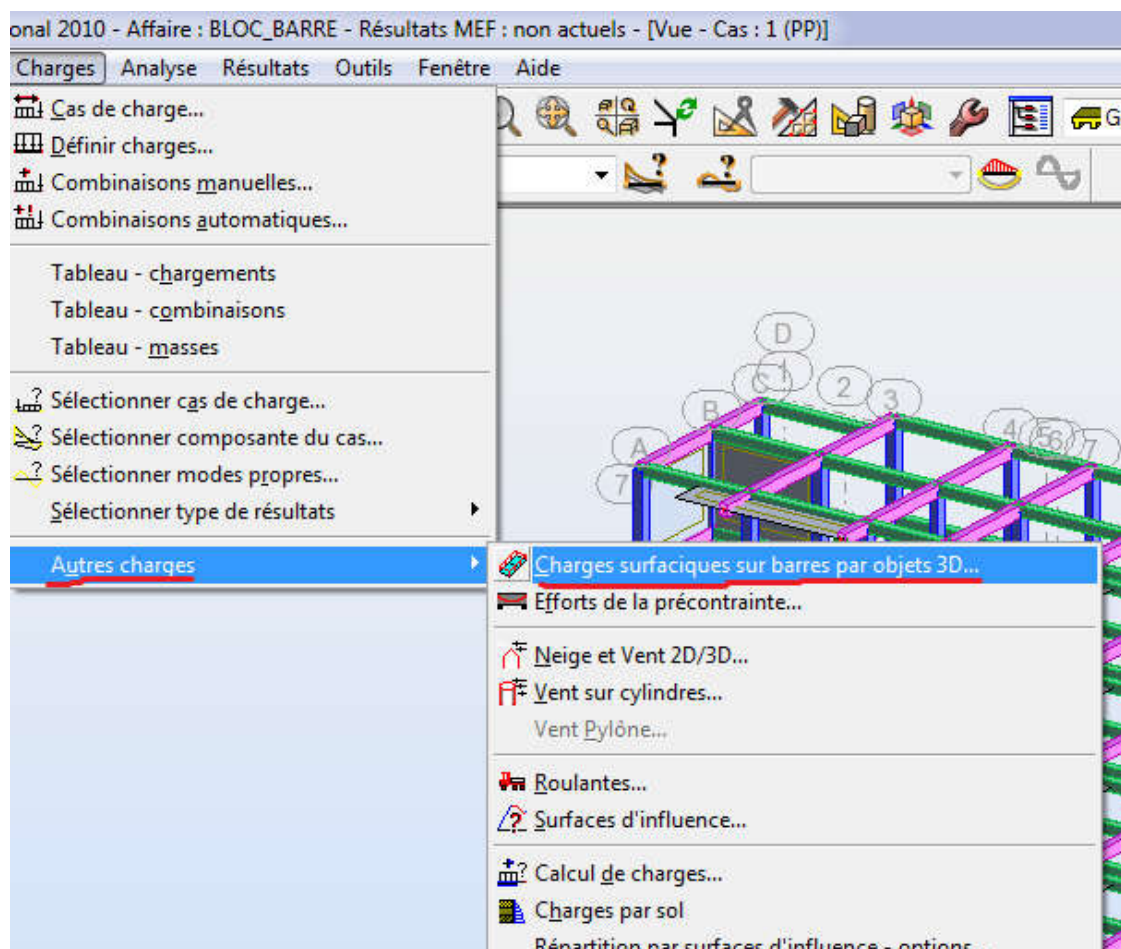


Dans la boîte de dialogue (Bardage) définissez le numéro, le sens du bardage et enfin cliquez sur appliquer :

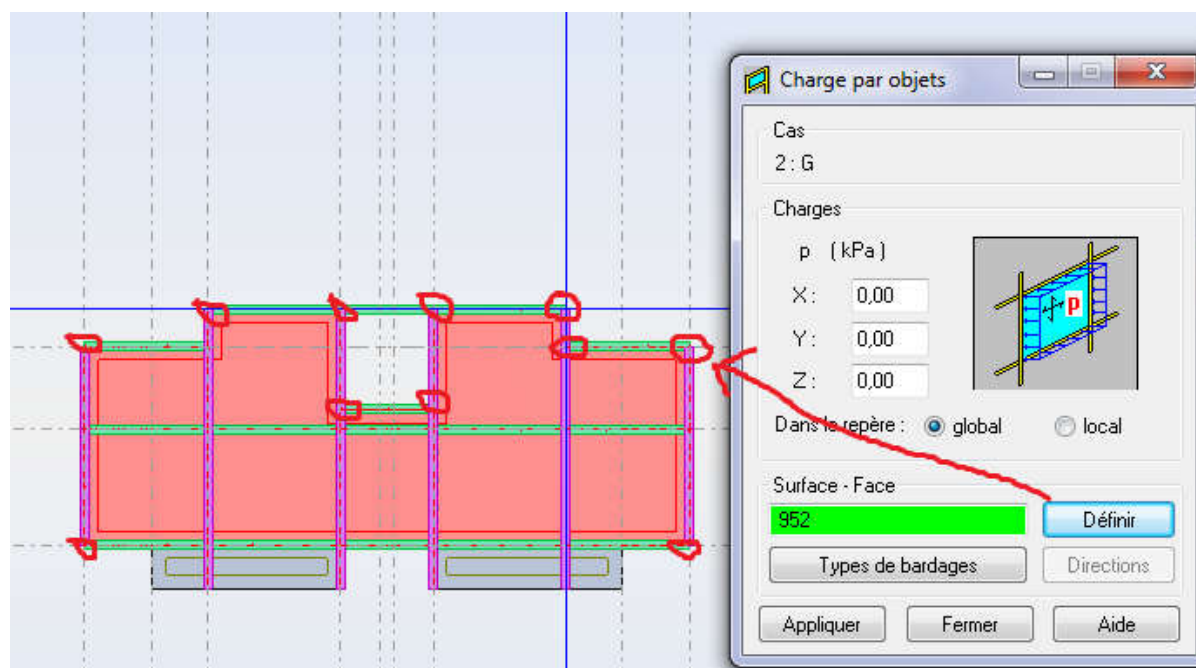


4.2 Assignment des charges

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



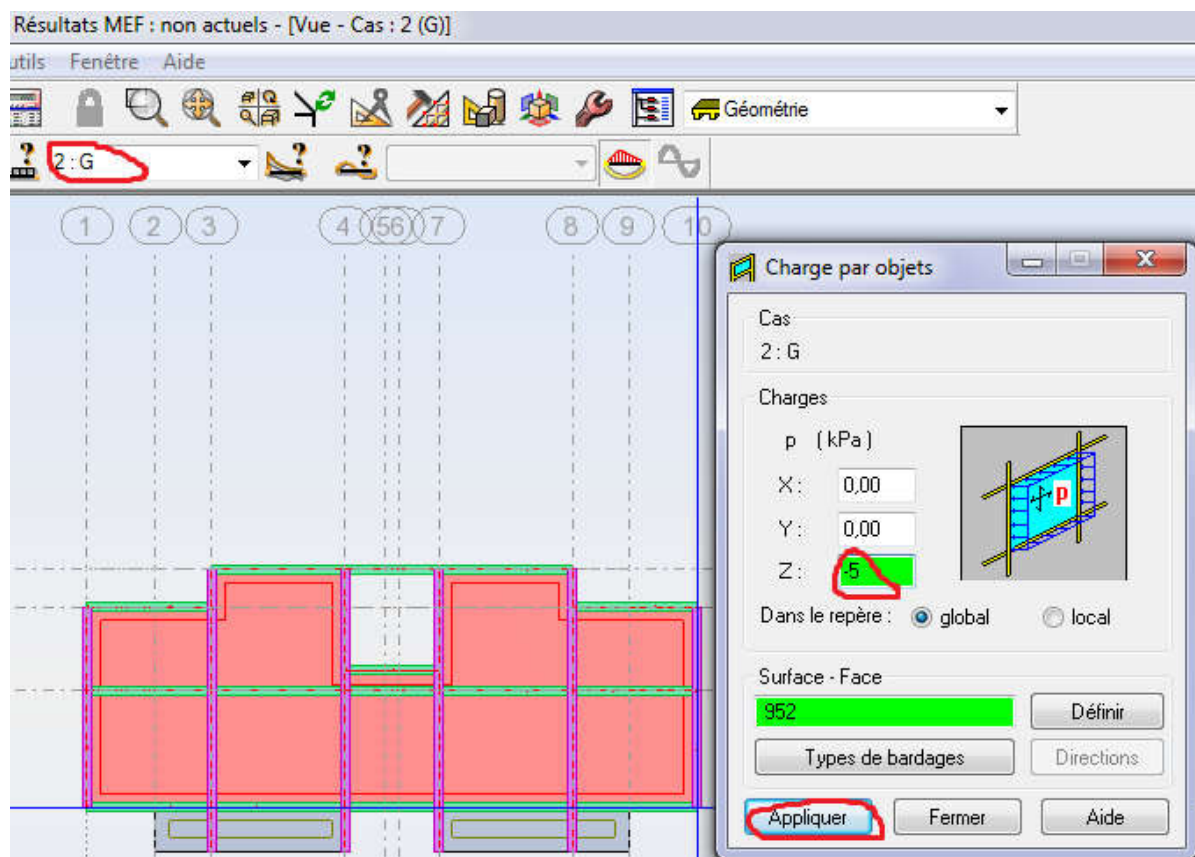
Dans la boîte de dialogue (Charge par objet) cliquez sur (définir) et dessinez le contour qui représente le plancher :



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).

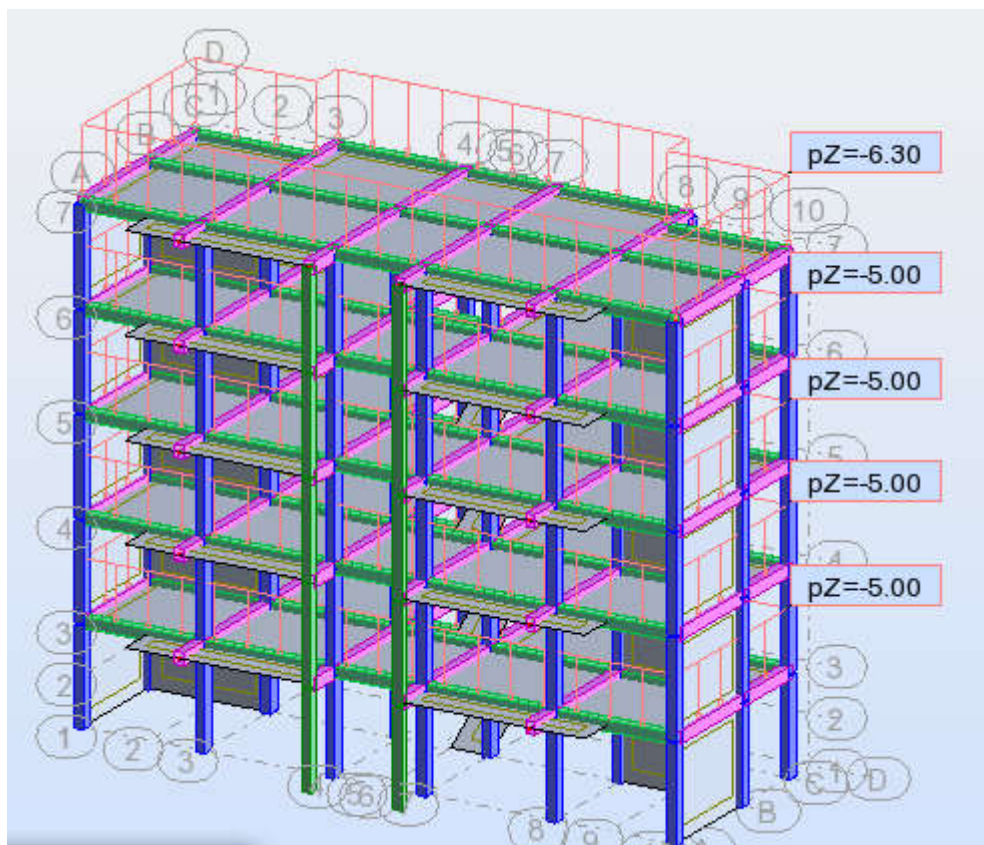


Refaire la même opération avec le cas de charge Q en entrant la valeur (-1.5 KPa).

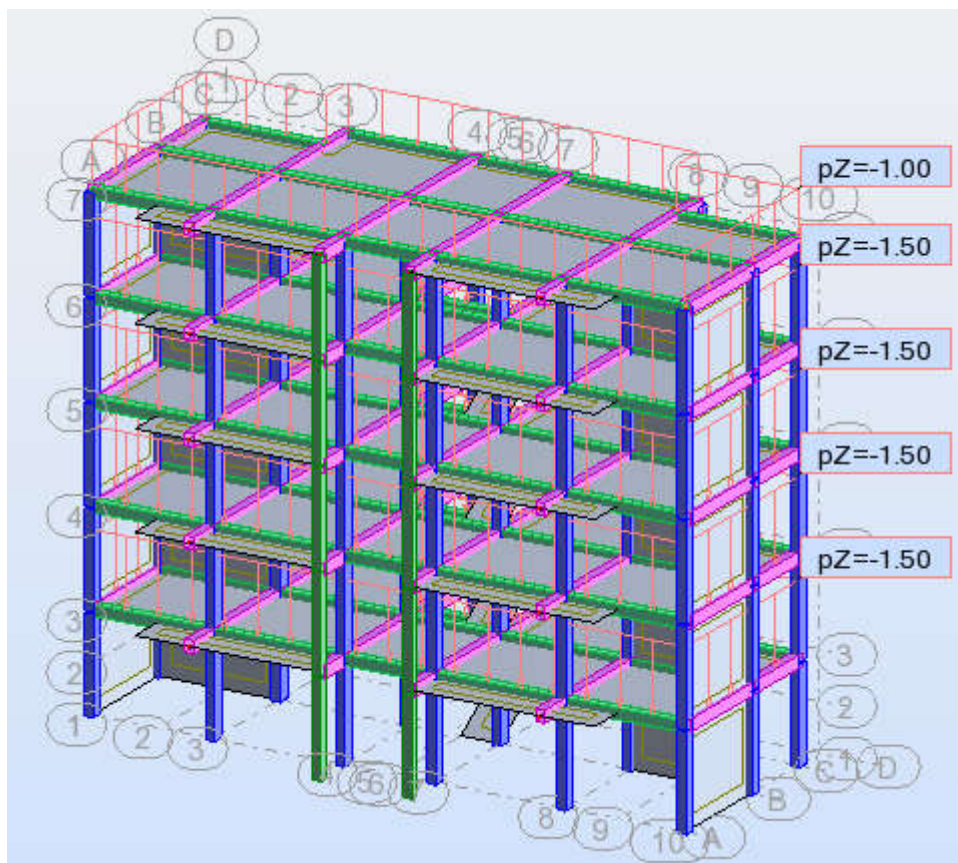
On doit refaire la même opération pour tous les autres niveaux sauf pour le niveau 16.00 (terrasse inaccessible), ou on doit remplacer la valeur (-5.0) par (-6.30) pour la charge G et la valeur (-1.5) par (-1.0) pour la surcharge Q.

Nous obtenons ainsi :

Pour la charge permanente G :

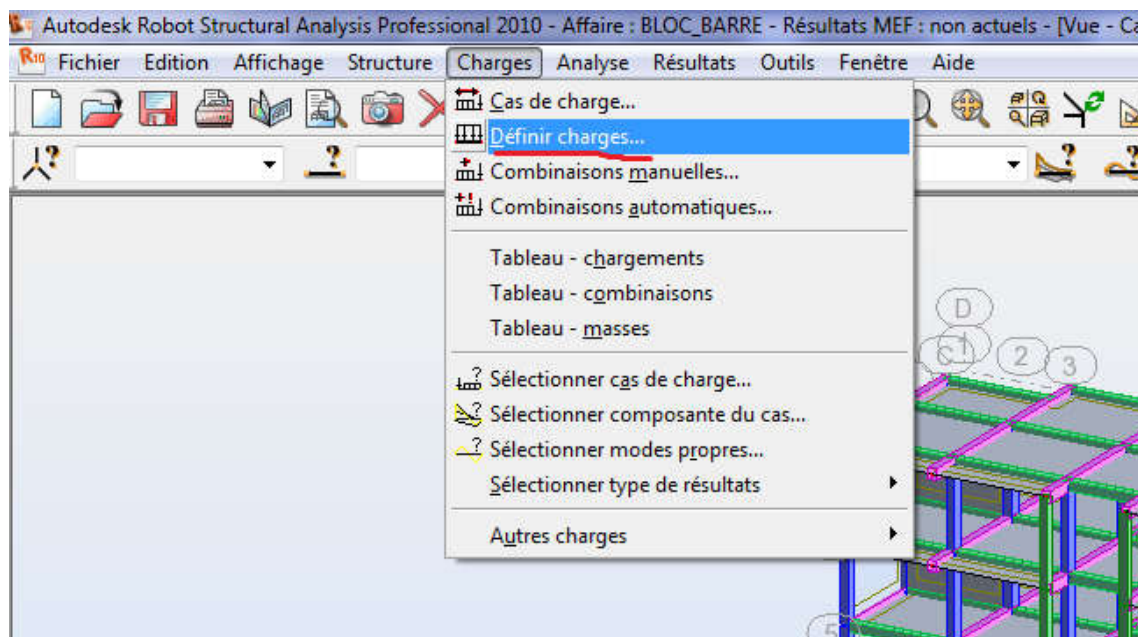


Pour la charge d'exploitation Q :

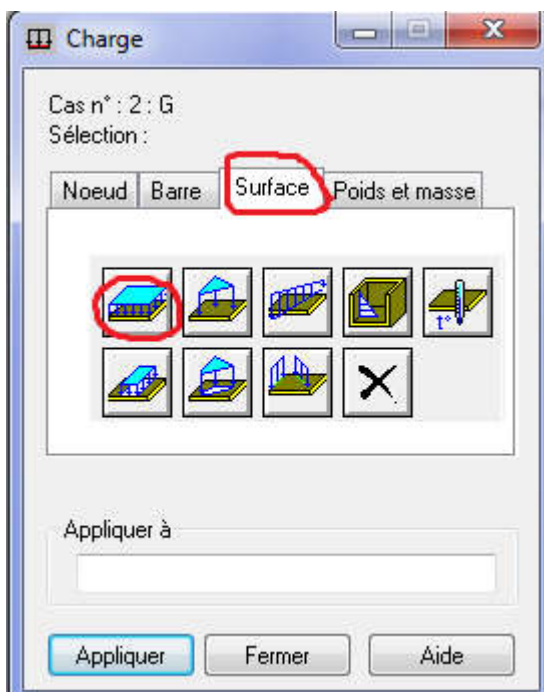


4.3 Charge sur les dalles pleines et les escaliers

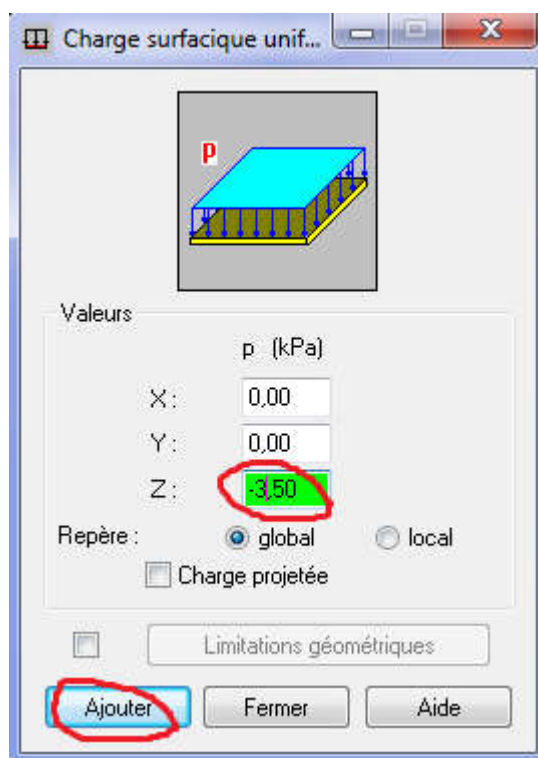
Pour les dalles pleines et les escaliers on doit utiliser la boîte de dialogue (définir charge). Cliquez sur le menu déroulant Chargement -- définir charge :



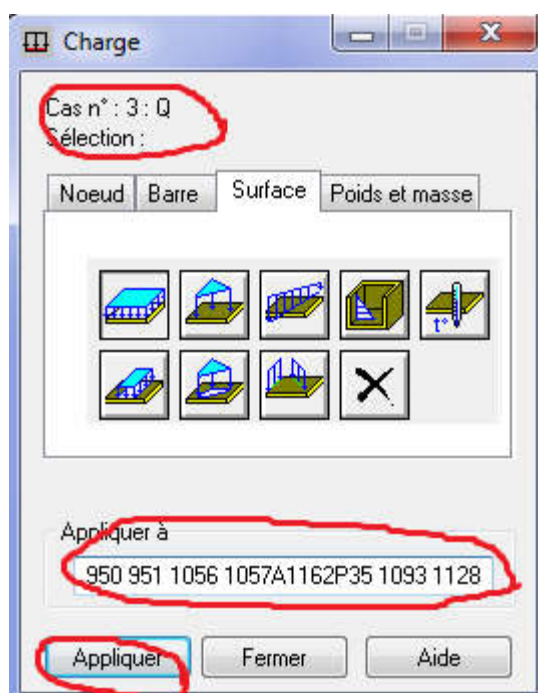
Dans la boîte de dialogue (charge) cliquez sur (surfacique) puis cliquez sur (charge surfacique uniforme) :



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) :



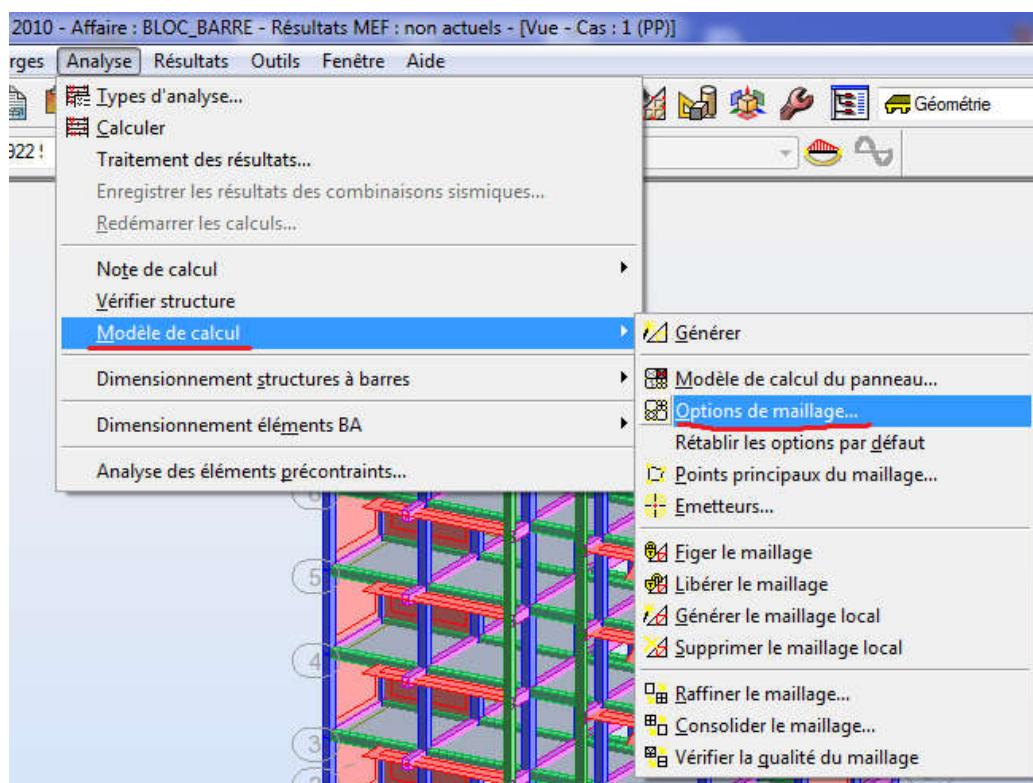
Maintenant, dans la zone (cas de charge), sélectionnez le cas de charge Q et dans le champ (appliquer à) de la boîte de dialogue (charge) saisir le nom de tous les panneaux qui représentent les balcons et cliquez sur appliquer :



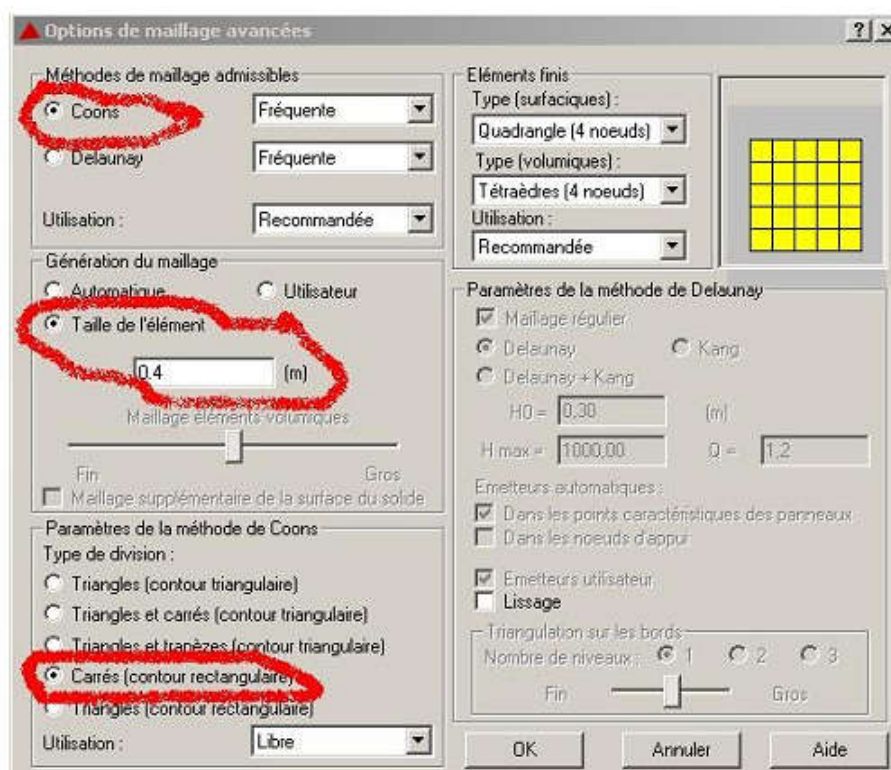
On doit refaire la même chose pour définir les charges sur toutes les dalles pleines et escalier.

III.5 Génération du maillage

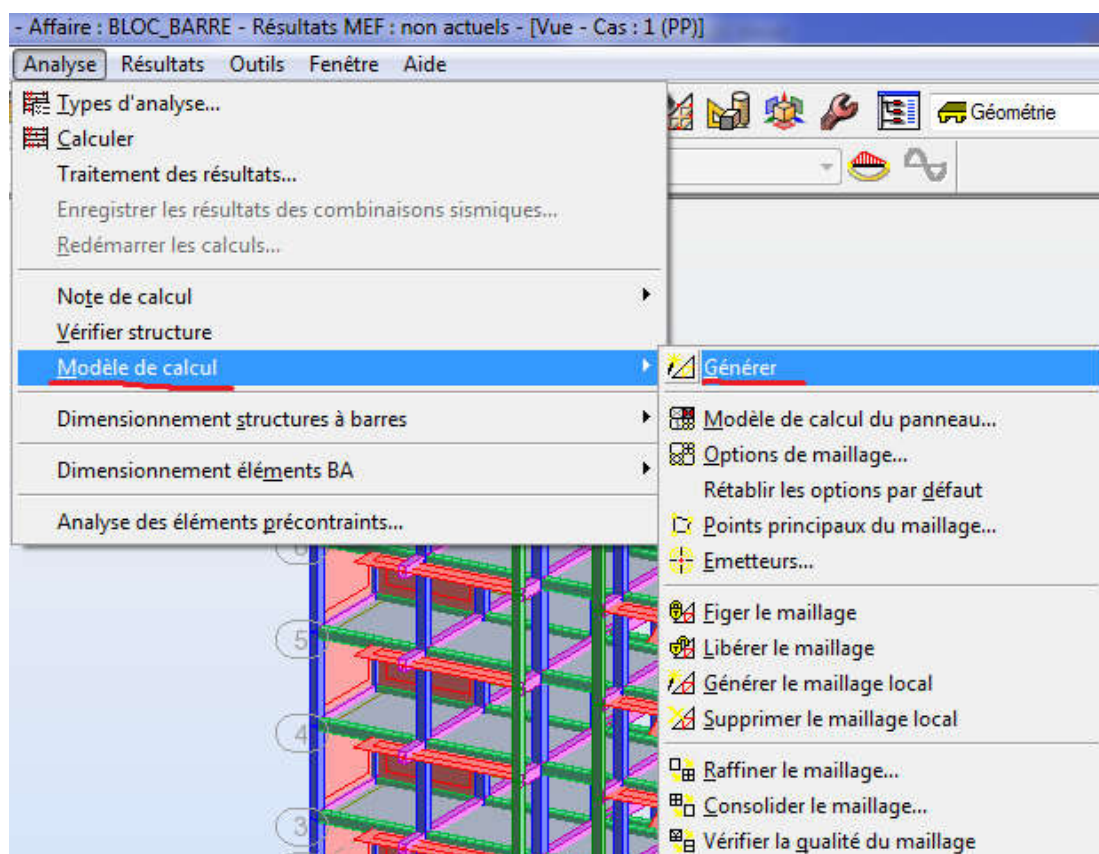
Sélectionner tous les panneaux puis allez au menu déroulant (Analyse -- Modèle de calcul -- Option de maillage) :



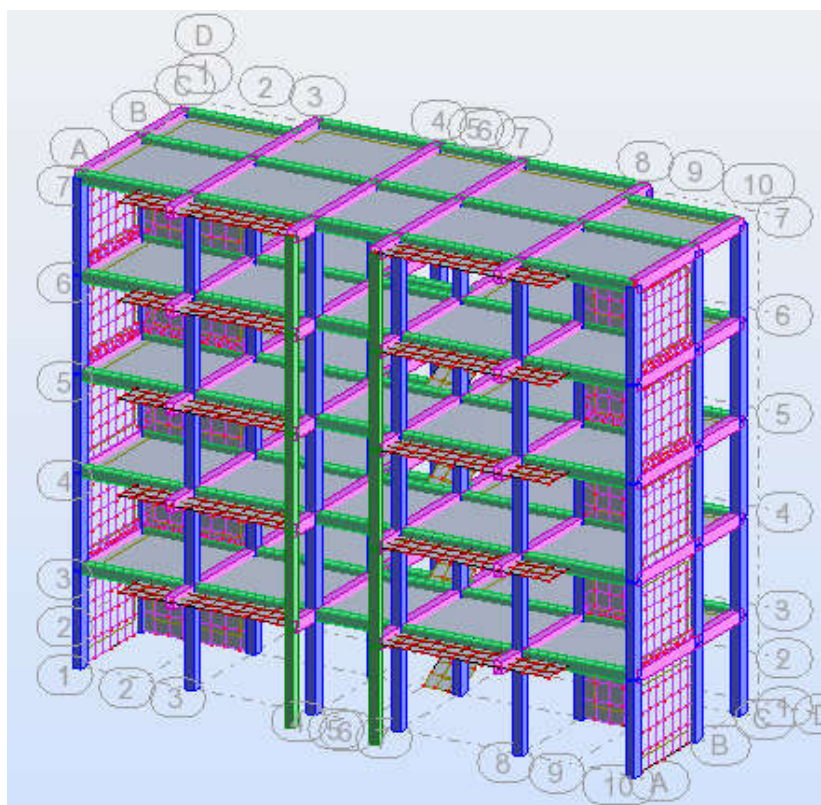
Dans la boîte de dialogue (option de maillage) faire les réglages suivants :



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

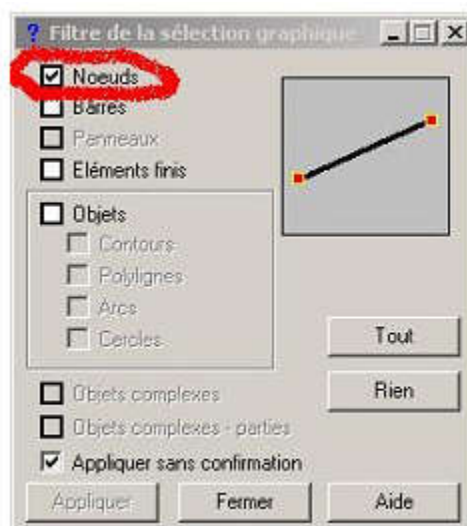


La génération du maillage prend quelques temps et vous aurez, à la fin, le résultat suivant:

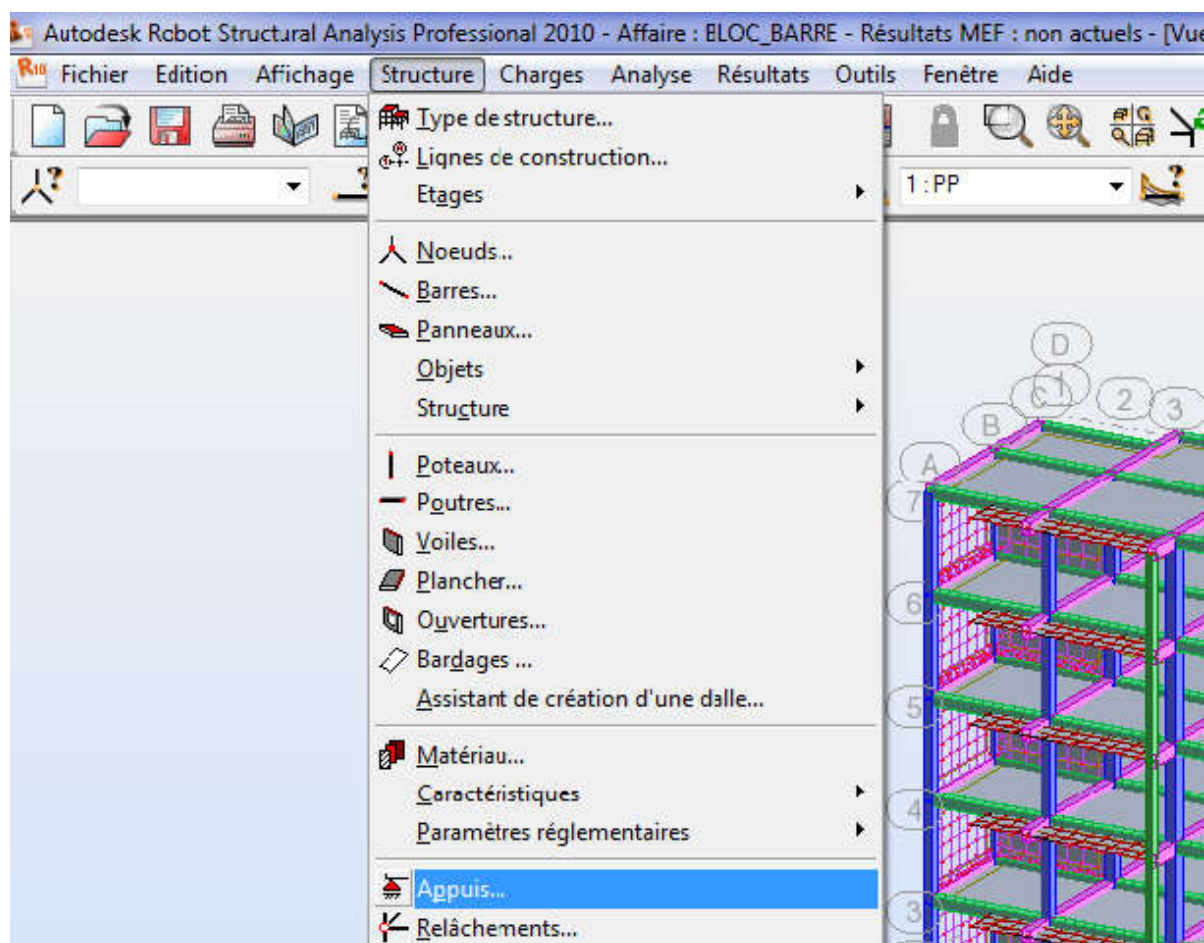


III.6 Définition des appuis

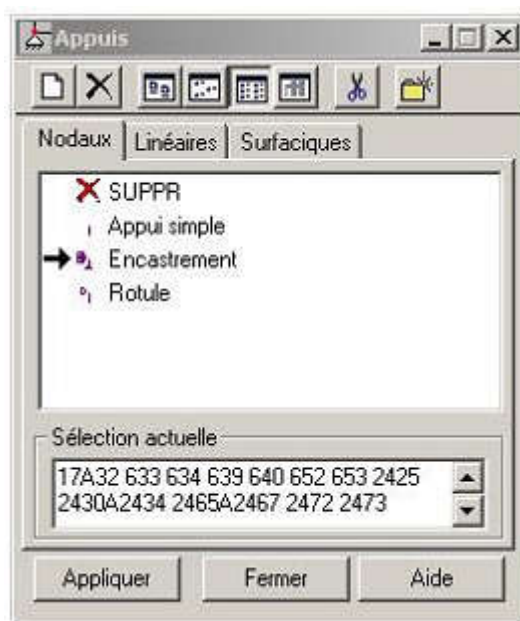
Pour éviter des erreurs liées à la définition des appuis, il faut désactiver la sélection de tous les objets et de ne laisser que la sélection des nœuds activée :



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

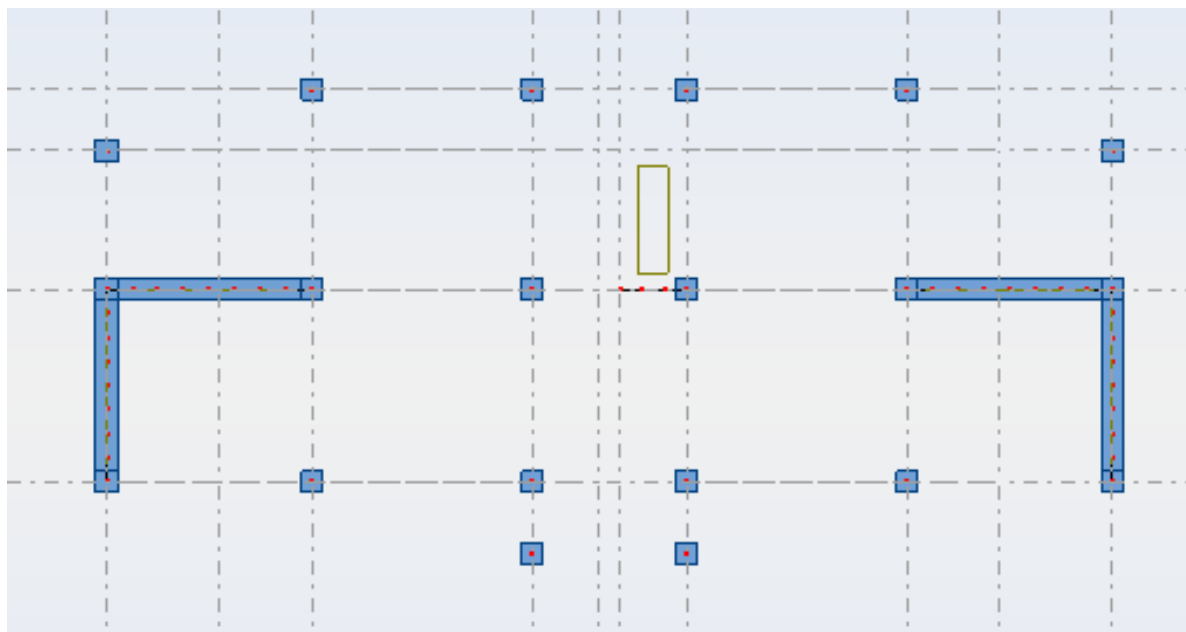


Dans la boîte de dialogue (Appuis) faire les réglages suivants :



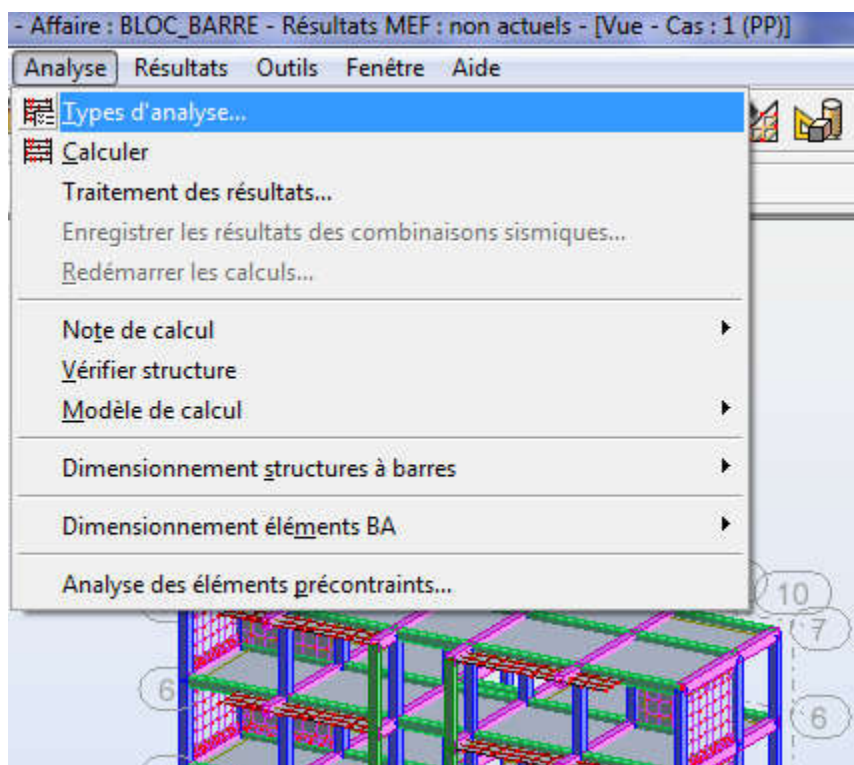
Il faut vérifier que pour le type d'appuis (encastrement) tous les déplacements et les rotations sont bloqués.

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.

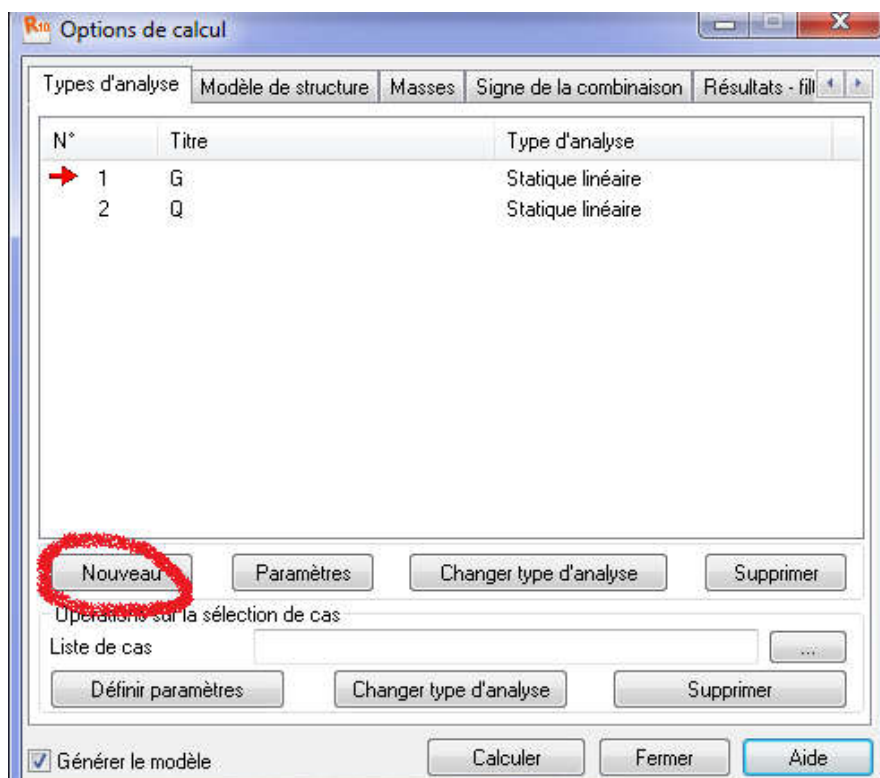


III.7 Etude modale et sismique

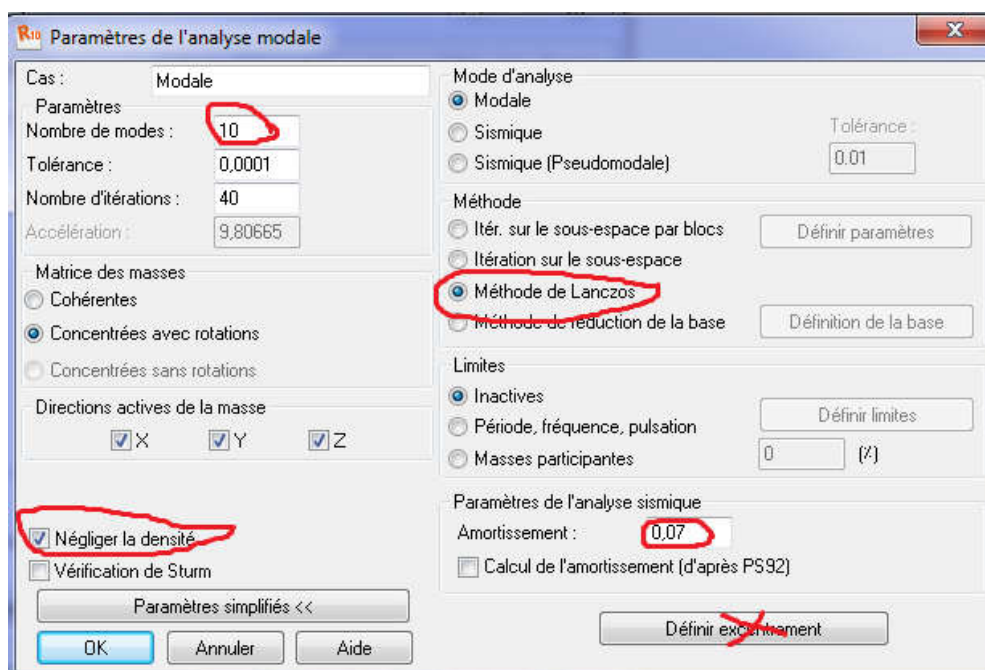
Afin de déclarer une analyse modale, vous devez cliquer sur le menu déroulant analyse, puis types d'analyse pour faire apparaître la boîte de dialogue de définition des options de calcul:



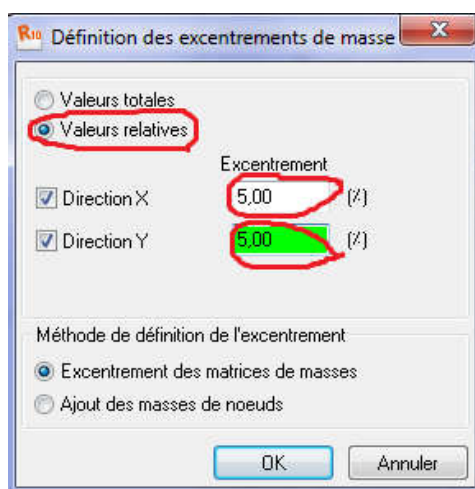
Dans la boîte de dialogue (option de calcul) cliquez sur nouveau :



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

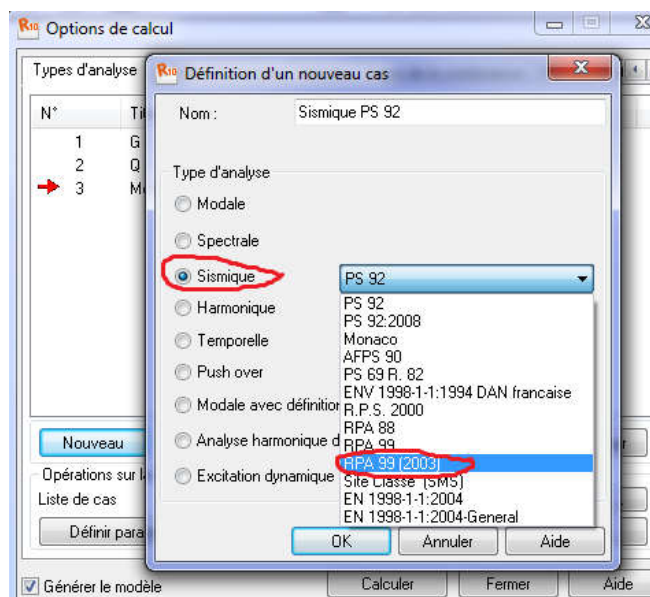


Avant de quitter la boîte de dialogue (Paramètres de l'analyse modale) cliquez sur (excentrement) et saisissez les valeurs suivantes :

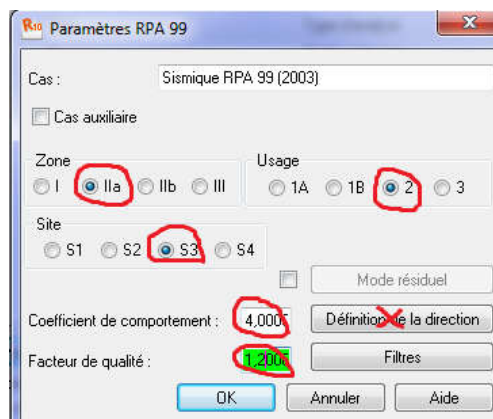


Cliquez sur ok et vous allez remarquer l'affichage d'un nouveau cas de charge appelé « modale ».

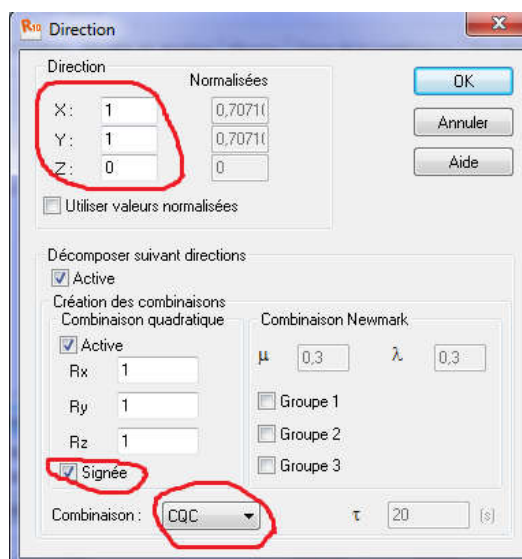
Cliquez une autre fois sur (nouveau) choisir (sismique) et sélectionnez (RPA 99 (2003) (Algérie)) :



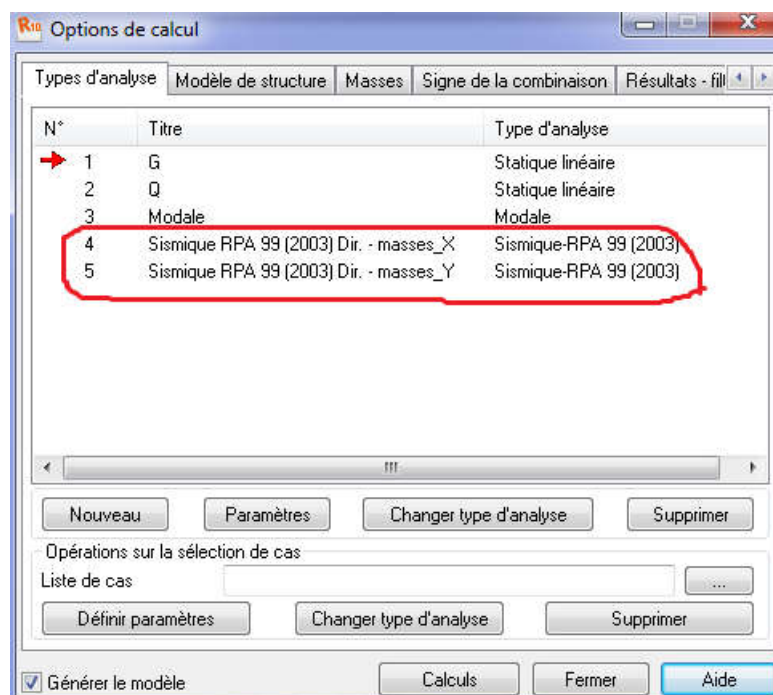
Dans la boîte de dialogue (paramètres RPA99) sélectionnez les options suivantes :



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



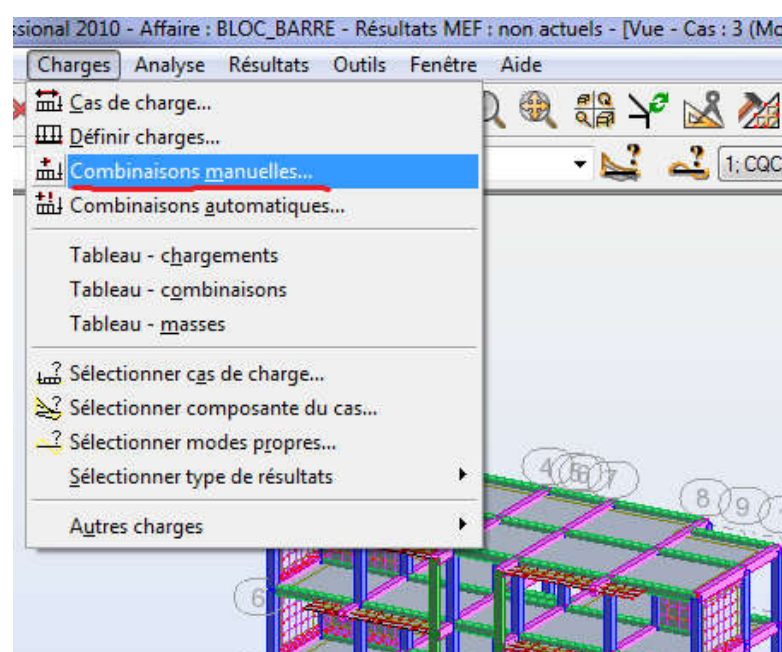
Cliquez sur ok et vous allez remarquer l'affichage de 2 cas de charges sismiques, une composante selon l'axe X et l'autre sur l'axe Y :



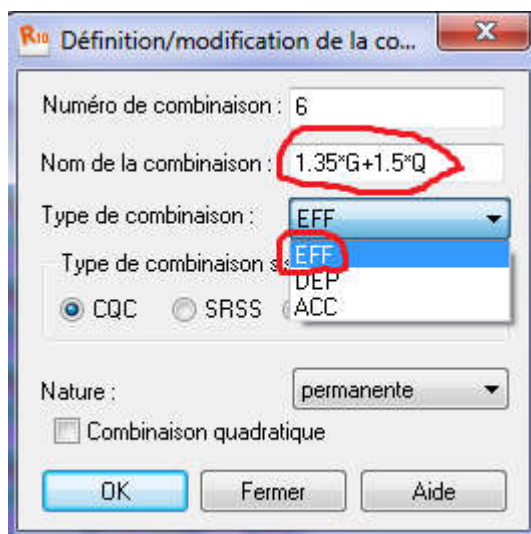
III.8 Combinaisons des cas de charges

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:

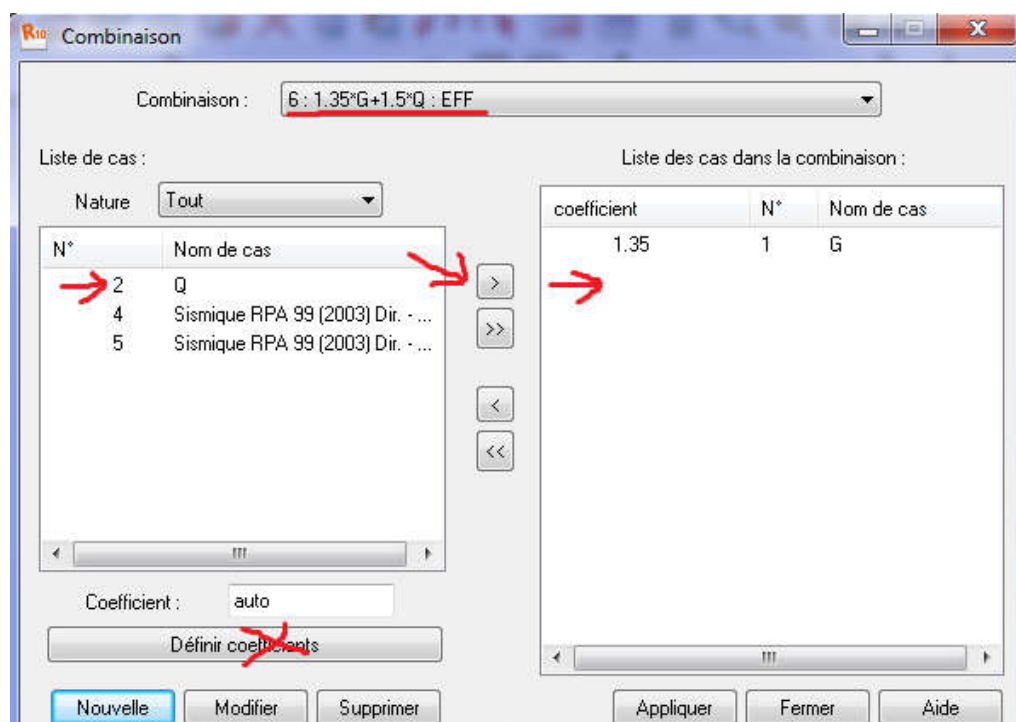


La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

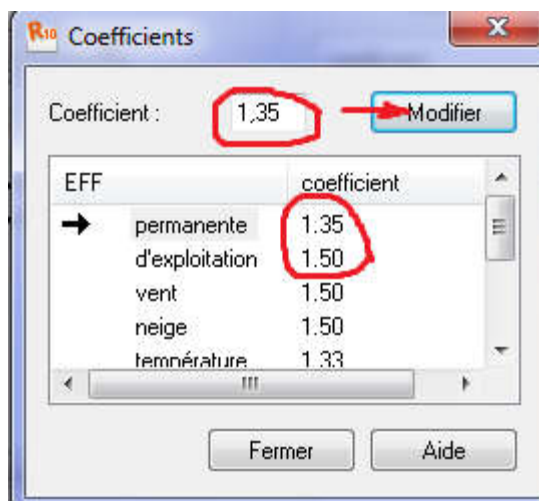


On choisit le **Type de combinaison** et on donne le nom qu'on veut à la combinaison qu'on va définir, Par exemple le nom 1,35 G + 1,5 Q et on clique sur ok.

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**.

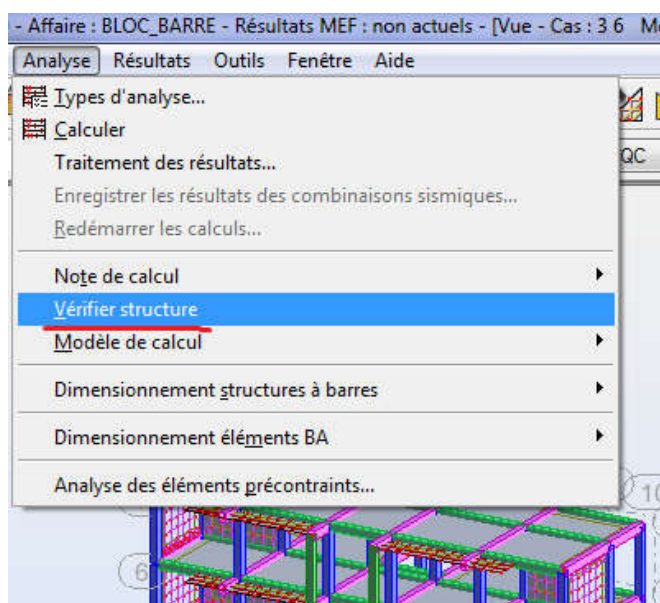
À la fin de cette opération on clique sur **Appliquer** pour sauvegarder la combinaison. On peut définir une autre combinaison en cliquant sur **Nouvelle** et répétant les mêmes étapes, en changeant les coefficients pour chaque combinaison.

III.9 Analyse et résultats d'analyse

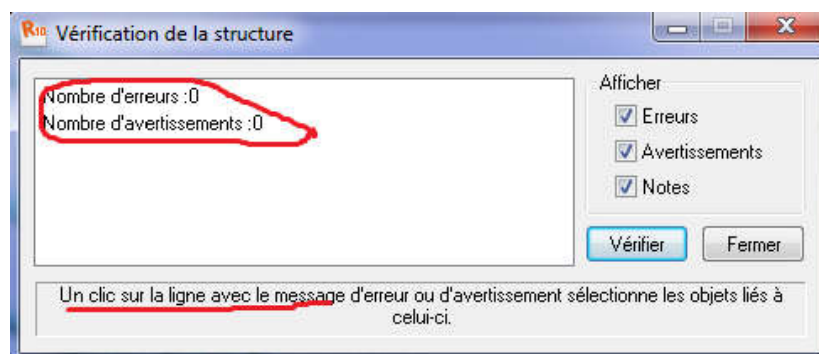
9.1 Calcul et analyse

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.

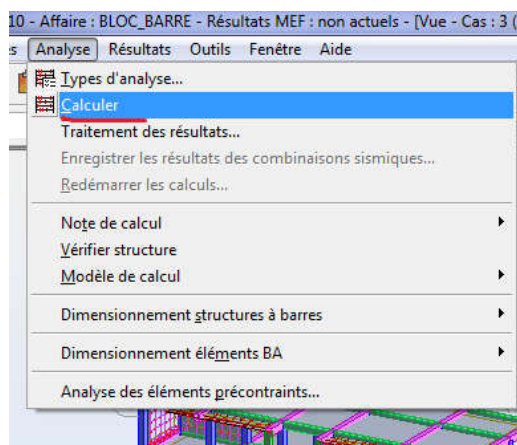
Avant de lancer le calcul, il faut d'abord vérifier la structure si il y a des erreurs de modélisation et des barres disjointes. Pour cela, on clique sur le menu **Analyse ► Vérifier structure**.



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:

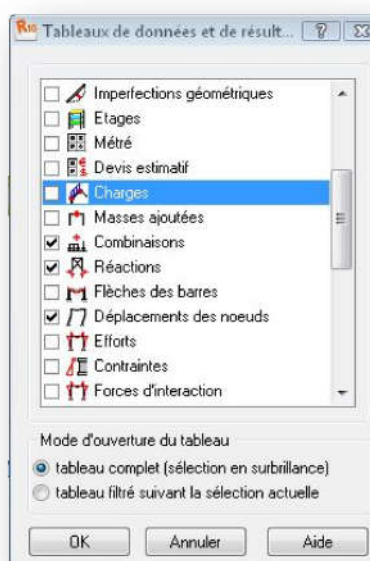


Pour lancer le calcul, on clique sur le menu Analyse puis Calculer: (**Analyse ► Calculer**)



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						

c. Vérification 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			

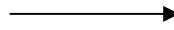
e. Vérification des efforts dans les barres

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,)



Appliquer

