# **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





### 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 dune 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).

🖌 Au	todes	Robo	t Struct	ural A	nalysis P	rofes	sional 20	10-N	Ion enre	egîstrê	e - Aff	faire : Structure - Résultats MEF : absents - [Vue]	
R10 F	ichier	Editi	ion Af	fichag	je Stru	cture	Charg	es /	Analyse	Rési	ultats	Outils Fenêtre Aide	
 ,₹	2		ا 🔔	•	<u>)</u> 	)	× 🖻	•	ן מי			<ul> <li>Cotations</li> <li>Mode d'accrochage du pointeur</li> <li>Unités et formats</li> </ul>	1
- 22	æ	d. R	-14,0	1	-12,0	1	-10,0	1	-8,0	1	-6,0	Co <u>o</u> rdonnées du point	1
4.8	12	.39	2	14	22	8	2	12	6	12	20	Devis	
6,0	<b>8</b>	*	6	40	*	s:	*:	84	ħ	82	#1	Définir <u>s</u> ection III <u>B</u> ase de profilés	
<u> </u>	÷	27	÷	4	÷	84	1	4	10	14	23	Gestionnaire de labels Sols constructibles - calculette	
4,0,	*	-	*	2	*	1	*	×	*	24	ţ.	Traitement de texte	
	÷.		÷	8	с.	8	45	14	15	87	13	Modules •	
2,0	e,	8			(t)	2	10		5	a.	19	Protection par mot de passe	•
	÷	÷	÷	34	\$P	10	÷	÷	Ŷ	94	¥.	an Préférences □ Préférences de l'affai <u>r</u> e	
-0,0	0	2	e.		e.	2	::	3	10	12	5	Préférences des <u>n</u> otes de calcul <u>P</u> ersonnaliser	•
	ж.	5	32	14	30	2	48		Ŷ	19	÷	Modules <u>c</u> omplémentaires	

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:

					X 8 ×
					_
1	) 16,0	!	18,0		07
81	23	AVA	NT	-	m
3.	ti.		÷.	-	$\bigcirc$
34	¥.	94	¥:		P

La boite de dialogue suivante s'ouvre :

Norn :	Lignes de construc	otion
Cartésie	en Cylindriqu	e 🛛 Lígnes arbitraire
	Paramètres av	ancés
X Y	z	
Position : 2,00	Répéter x : (m) 0 ÷	Espacement :
Libellé	Position	
		Insérer
		Supprimer
		Supprimer tout
		Gras
•		
Libellé :	123	•
Nouveau	Ges	ionnaire de lignes
Hourcau		the second se

Dans le champ (répéter) on doit saisir toujours la valeur 1 puisqu'on na 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 cliquez 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 boite 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 boite de dialogue (lignes de construction).

iom:		2
Cartésien	Cylindrique	Lignes arbitraires
	<sup>o</sup> aramètres avanc	cés
X Y	z	
Position : R	épéter x : 0 +	Espacement :
Libellé P	osition	
		Insérer
		Supprimer
		Supprimer tout
		Gras
4	10	
Libellé : 1	23 💌	
-	A State of the sta	

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

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

<b>R</b> 10 F	ichier	Editi	on A	fficha	ige	Structure Charges Analyse Résultats	Outi	ls Fené	tre A	lide						
				4		∰ Iype de structure ⊕ <sup>©</sup> . Lignes de construction			Q	<b>Q</b>		¥ 1	8	24 😼	1 😰	1
~				1	-	Et <u>ag</u> es	×									
- bt	×		-14,0	8	e.	★ Noeuds ► Barres		4,0	1	-2,0		0,0	1	2,0	ļ	4,0
	9	÷	9	89		<u>P</u> anneaux			94	÷.	•	10	38	•<	9	8
-0'9	3	20	22	82		<u>O</u> bjets Stru <u>c</u> ture	*	10	12	20	3	23	2	2)	2	55
	a.		95	89		Poteaux		÷.					3	<b>1</b> 5	9	
- <sup>4</sup>	4	2	4	8.		── Poutres ♥oiles		- 5	-14	2	3		3	2	2	.0
	÷	<b>1</b> 5	a,	20		Plancher Ouvertures		•	•	15	a.		,	15	30	÷
2,0	i.	13	a.	84		Bardages <u>A</u> ssistant de création d'une dalle		12	14	13	3	1	ä	23	4	2
	3	<u>*</u> 1	3	1		Matériau		*:	12	<u>t</u> 11	1	<b>*</b> 5	35	<b>t</b> ii	8	•
	6	23	6	1		<u>C</u> aractéristiques	•	Prof	ilés de	barres.						
0						<u>P</u> aramètres réglementaires	×	🕻 Ang	le gam	ma						
	÷	*	4	2		▲ Appuis		<mark>y∕</mark> Orie [Ⅲ] Câ <u>b</u> l	ntation les	du rej	père <u>l</u> o	cal des l	barre	5		•
2,0	4	20	4	S.		Caractéristiques additionnelles	2	Epai	sseur E	F	a. 7					

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

Profilés	
▲ SUPPH	
  -Lignes/barres	6
	-

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

Nom:	Sélection de section Base de profilés : Catpro
Couleur : Anto	Produits siderurgiques francais Famille : Tout
Facility	
-	Analyse élasto-plastique

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

			ali.	
Nom :	PP 30x40			
Courcal	Vagendauronn	-		1
		Dime	nsions (cha	
Réduction o	lu moment d'ine	rtie b: 3	0	
Appliquer se	ction variable		CONSISTER OF	
1	• (Dec)	Tune de pro	filé · Poutre B	Δ 7

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

T Profilés		[ <u>11</u> ]	X
	¥		Þ
X SUPPR			
CH 30x35			
P0230x30			
L FRISON40			
Lignes/barres			
			* -
	6	A: 1	
Appliquer		Ald	

### 3.5 Définition de la structure

Activez la boite 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) :

( <u>B</u> )			
A	Vue		8
	2D (2D/3D) 3D XY 3,20 ▼ △ ♡ stand	] YZ XZ [ lard (global) →	Fermer Aide
			AT .
<u>,                                    </u>			

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

Lignes de c	onstruction	
I Extrémité	5	
Centre		
Options ava	incées	
Internet	ions avec la norm	ale
Iv intersect	ione area is nom	
Parallèle		
Parallèle	ions des barres	
Parallèle	ions des barres ions avec les lign	es de constr.
Paralièle Paralièle I Intersect I Intersect I Intersect I Intersect I Intersect	ions des barres ions avec les lign ions avec la grile	es de constr.
Parallèle     Parallèle     Intersect     Intersect     Intersect     Intersect     Appliquer sa	ions des barres ions avec les lign ions avec la grille ans confirmation	es de constr.
Paralièle ✓ Intersect ✓ Intersect ✓ Intersect ✓ Intersect ✓ Appliquer sa Par défaut	ions des barres ions avec les lign ions avec la grille ans confirmation Tout	es de constr. Aucun

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

Barres		_0
Barre n* : 1	Pas :	1
Nom : Pout	re BA_1	
Caractéristiques	AND STATEMENT OF THE OWNER	A COLORING COLORING
Type:	Poutre BA	
Section :	PP 30x40	-
Matériau par dé	taut : TBE FUR	
Matériau par dé Coordonnées de Origine :	s noeuds (m)	
Matériau par dé Coordonnées de Origine : 11 Extrémité :	taut : BETUP is noeuds (m)	
Matériau par dé Coordonnées de Origine : 11 Extrémité : 7	taut : BETUP is noeuds (m) 2000: 3.24 Etirer	•
Matériau par dé Coordonnées de Origine : 11 Extrémité : 1 Position de l'axe	taut : BETUP	
Matériau par dé Coordonnées de Origine : 11 Extrémité : Position de l'axe Excentrement :	taut : BETUP is noeuds (m) 2000 3.24 Etirer inexistant	

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



Cliquez sur appliquer et fermer.

Dans la boite 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).

Autodes	c Robot Structural Analysis Professio	onal 2010 -	Affaire	: BLOC_	BARRE - I	Résultats I	MEF : no	on act	uels -	Vue	- Cas :	1 (PP)]
R Fichier	Edition Affichage Structure	Charges	Analyse	Résul	tats Ou	tils Fen	être A	ide				
	<u>Annuler</u> <u> </u>	CTRL+Z CTRL+Y	0				Q	•	40 0 1 1 1 1	¥°	2	2
D C	<ul> <li>✗ Couper</li> <li>☑ Copier</li> <li>☑ Coller</li> <li>✗ Supprimer</li> <li>Sélectionner</li> <li>Sélection précédente</li> <li>Sélection spéciale</li> </ul>	CTRL+X CTRL+C CTRL+V SUPPR CTRL+A				■ 1:PP						
B	Transformer         Editer objets         Transformation multiple         ✓         Copier les propriétés         Modifier sous-structure         →         Diviser barres         →         Intersection         →         Prolongement         ◇         Corriger         Correction détaillée         Correction du modèle de dess	in	<ul> <li>↓</li> <li>↓</li></ul>	Translat Rotation Miroir <u>v</u> Miroir p Symétri <u>H</u> omotl Transfo	ion n ertical orizontal er glan e axiale nétie rmation o	 du repère.						

Allez au menu déroulant Edition transformation -- translation :

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

n)
.20
ion
Etirer
1
er Aide



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

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

Translation		
Vecteur de transl	ation (m)	
dX; dY; dZ =	0.0.3.2	>
Incrément de nur	nérotation	
Noeuds :	1	
Eléments :	1	
Mode d'édition		
Opier		Etirer
🔘 Déplacer		Euro
Nombre de répétit	ions :	
Appliquer	Fermer	Aide

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 :



→ <i>Ø</i> EP30_BE1	T	
Panneaux		

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

Nouvelle	eépaisseur	
Uniforme	Orthotrope	
	h	
	t <b>r</b>	
	<u> </u>	
Nom :	Voile 15 Couleur	Auto -
•	iniforme Ep = 15	(cm)
C v	ariable par 2 point	MACTING MARKING
C v	ariable par 3 points	
	Coordonnées du point	Epaisseur
	(m)	(cm)
P1 :	0.00,0.00;0.00	10,0
P2 :	0,00; 0,06; 0,00	0,0
P3 :	0,00; 0,00; 0,00	0.0
Γ	Réduction du moment 1.00	۳lg
	Réduction du moment 1.00 d'inertie Paramètres de l'élasticue	*lg
T Matériau	Réduction du moment 1.00 d'inertie Paramètres de l'élastique	*lg
T Matériau	Réduction du moment d'inettie Paramètres de l'élasticat BETO	*lg detel.ve

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

) X 🖬 🖬 📰 🚍	¥	P	
× SUPPR			
🖉 Escalier 16			
🛷 dalle 14			
+ @ voile 15			
+ 2 vole 15			
Panneaux			
Panneaux			
Panneaux			*

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



Vous aurez la boite de dialogue suivante :

	MER type de ferraillage
Dalle	×
Ø Voile	
Panneaux	
Panneaux	

De la même manière que pour les épaisseurs, on doit définir deux types de ferraillage (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 boite 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 allez à la boite de dialogue (Epaisseur EF) et à la boite de dialogue (Type de ferraillage 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 boite de dialogue (Cas de charge). Dans cette boite de dialogue on va définir deux types de cas de charge (Charge permanente G et charge d'exploitation Q) :

	d'exploitation	Nouveau
Numéro :	2 Pre	éfixe : 🛛 🛛
Nom:	Q	
1	G Q	permane d'exploit
4		

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

### 4.1 Définition des Bardages

Cliquez sur le menu déroulant Structure -- Bardage :

Autodesk Robot Structural Ar	alysis Professional 2010 - Affaire : BLOC_BAR	RE - Rés	sultats MEF : non actuels - [Vue - Cas : 1 (PP)]
Regeneration Affichage	Structure Charges Analyse Résultats	Outils	Fenêtre Aide
	Imp Iype de structure ⊕ <sup>⊕</sup> Lignes de construction Et <u>ag</u> es	•	<ul> <li>■ Q @ # ¥ ≥ 2</li> <li>1:PP</li> <li>■ ≥ 2</li> </ul>
	<ul> <li><u>▶</u> <u>N</u>oeuds</li> <li><u>▶</u> <u>B</u>arres</li> <li><u>₽</u> anneaux</li> <li><u>O</u> bjets</li> <li>Stru<u>c</u>ture</li> </ul>	•	
	<ul> <li>▶ Poteaux</li> <li>→ Poutres</li> <li>♥ Voiles</li> <li>♥ Plancher</li> <li>♥ Ouvertures</li> </ul>		
	Assistant de création d'une dalle		

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

baruages	
)bjet N* 952	2
Rép. des charge	s: Direction X 🔹
Mél	hode de définition
P1 P	<ul> <li>Contour</li> </ul>
	Rectande
P2	Cercle
P2	Géométrie
P2	Géométrie Paramètres

#### 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 boite 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 boite 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 boite de dialogue (définir charge). Cliquez sur le menu déroulant Chargement -- définir charge :

Reg Fichier Edition	on Affichage Structu	re Charges Analyse Résultats Outils Fenêt	re Aide
		Cas de charge     Définir charges     Définir charges     Combinaisons <u>m</u> anuelles     Combinaisons <u>a</u> utomatiques     Tableau - c <u>h</u> argements     Tableau - c <u>o</u> mbinaisons     Tableau - <u>m</u> asses	
		<ul> <li>Sélectionner c<u>a</u>s de charge</li> <li>Sélectionner composante du cas</li> <li>Sélectionner modes p<u>r</u>opres</li> <li>Sélectionner type de résultats</li> </ul>	
		A <u>u</u> tres charges	

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

Cas n° : 2 : G Sélection : Noeud Barre	urface	'oids et mas	se
		<b>S</b>	
Appliquer à			

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

Charge surface	cique unif
Valeurs	p (kPa)
X: Y:	0,00
Z : Repère : E Ch	● global
Ajouter	Limitations géométriques

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

Sélection Noeud	: Barre	Surface	Poids e	t masse
<u>_</u>	<b>B</b>	2		
	▶ 2		×	
Applique	erà 951 1056	1057A11	62P35 10	93 1128

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) :

Analyse Résultats Outils Fenêtre Aide	
<ul> <li>Iypes d'analyse</li> <li>Calculer</li> <li>Traitement des résultats</li> <li>Enregistrer les résultats des combinaisons sismiques</li> <li><u>R</u>edémarrer les calculs</li> </ul>	A Géométrie
No <u>t</u> e de calcul <u>V</u> érifier structure	•
Modèle de calcul	🕐 💋 <u>G</u> énérer
Dimensionnement <u>s</u> tructures à barres	• 🔀 Modèle de calcul du panneau
Dimensionnement éléments BA	🖌 🔠 Options de maillage
Analyse des éléments précontraints	Rétablir les options par <u>d</u> éfaut <u>Points principaux du maillage</u> <u>Emetteurs</u>
	<ul> <li>∰ Eiger le maillage</li> <li>∰ Libérer le maillage</li> <li>1/2 Générer le maillage local</li> <li>2/2 Supprimer le maillage local</li> </ul>
	P∰ <u>R</u> affiner le maillage ₱ <u>Consolider le maillage</u> ₱ <u>L</u> Vérifier la qualité du maillage

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

Méthodes de maila	ge admissibles	Eléments finis Type (surfaciques) :
• Loons	Frequence	Quadrangle (4 noeuds)
C Delaunay	Fréquente	Type (volumiques) :
Utilisation :	Recommandée	▼ Utilisation :
Génération du mail		Recommandée 💌
Automatique     Taille de l'éléme	C Utilisateur	Paramètres de la méthode de Delaunay
Matter 0.4 Mailage	(m)	C Delaunay + Kang H0 = 0.30 (m)
Fin	Gros	H max = 1800.00 0 = 1.2 Emetteurs eutomatiques :
Paramètres de la m Type de division :	éthode de Coons	Image: Second state         Image: Second state
<ul> <li>Triangles (conto</li> <li>Triangles et car</li> </ul>	ur triangulaire) és (contour triangulaire)	Emetteurs utilisateur.
<ul> <li>Triangles et tran</li> <li>Carrés (contour</li> <li>I nangles (contour</li> </ul>	èzes (contour triangulaire) rectangulaire, ur rectangulaire)	Fin Fin Groc
in the second	1.7	

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

Analyse Résultats Outils Fenêtre Aide	
Iypes d'analyse Galculer Traitement des résultats Enregistrer les résultats des combinaisons sismiques <u>R</u> edémarrer les calculs	A Géométrie
Note de calcul	A Générer
Dimensionnement <u>s</u> tructures à barres  Dimensionnement élé <u>m</u> ents BA Analyse des éléments <u>précontraints</u>	<ul> <li>Modèle de calcul du panneau</li> <li>Options de maillage</li> <li>Rétablir les options par défaut</li> <li>Points principaux du maillage</li> <li>Emetteurs</li> </ul>
	<ul> <li>€ Eiger le maillage</li> <li>€ Libérer le maillage</li> <li>✓ Générer le maillage local</li> <li>✓ Supprimer le maillage local</li> <li>□ Raffiner le maillage</li> <li>□ Consolider le maillage</li> <li>≅ Vérifier la qualité du maillage</li> </ul>

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 :

Noeuds     Barres     Permeaux     Eléments fin	is .	/
Objets     Contours     Polyligne     Arcs     Cetcles	\$	Tout
<ul> <li>Objets comp</li> <li>Objets comp</li> </ul>	l ilexes ilexes - parties	Rien
Appliquer sa	ns confirmation	
the state of the second s	and the second se	

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

Autodesk Robot Structural Ana	lysis Professional 2010 - Affaire : BLOC_BARRE -	Résultats MEF : non actuels - [Vue
Regulation Affichage	Structure Charges Analyse Résultats O	utils Fenêtre Aide
	🛱 Iype de structure ॡऀ. Lignes de construction Etages	, 1:PP → 😂
	<ul> <li>★ Noeuds</li> <li>★ Barres</li> <li>★ Panneaux</li> <li>Objets</li> <li>Structure</li> </ul>	B B 23
	<ul> <li>Poteaux</li> <li>Poutres</li> <li>Voiles</li> <li>Plancher</li> <li>Ouvertures</li> <li>⊘ Bardages</li> <li>Assistant de création d'une dalle</li> </ul>	
	<ul> <li>Matériau</li> <li><u>Caractéristiques</u></li> <li><u>Paramètres réglementaires</u></li> <li>Appuis</li> <li><u>R</u>elâchements</li> </ul>	

Appuls		ناتا۔ ا <del>ند</del> (ا
Nodaux Linéair X SUPPR → Appuisim → A Encastrer ∘ Rotule	es Surfaciques ple ment	1
- Sélection actue 17A32 633 634 243042434 24	ille 4 639 640 652 65 6542467 2472 2	i3 2425
Appliquer	Fermer	Aide

Dans la boite 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 cliquez sur le menu déroulant analyse, puis types d'analyse pour faire appaître la boite de dialogue de définition des options de calcul:

罷 Types d'analyse	
🛱 <u>C</u> alculer	
Traitement des résultats	
Enregistrer les résultats des combinaisons sismiqu	es
<u>R</u> edémarrer les calculs	
Note de calcul	•
<u>V</u> érifier structure	
<u>M</u> odèle de calcul	•
Dimensionnement <u>s</u> tructures à barres	•
Dimensionnement élé <u>m</u> ents BA	•
Analyse des éléments précontraints	10
	The second

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



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

Rue Paramètres de l'analyse modale	×
Cas : Modale Paramètres Nombre de modes : 10 Tolérance : 0,0001	Mode d'analyse Modale Sismique Sismique (Pseudomodale) 0.01
Nombre d'itérations : 40 Accélération : 9,80665	Méthode O Itér. sur le sous-espace par blocs Définir paramètres
Matrice des masses Cohérentes Concentrées avec rotations	Méthode de Lanczos Méthode de la base Définition de la base
<ul> <li>Concentrées sans rotations</li> <li>Directions actives de la masse</li> <li>X</li> <li>Y</li> <li>Z</li> </ul>	Limites  Inactives  Période, fréquence, pulsation  Masses participantes  (/)
Végliger la densité	Paramètres de l'analyse sismique Amortissement : 0,07 Calcul de l'amortissement (d'après PS92)
Paramètres simplifiés <<	Définir excentrement

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

<ul> <li>Valeurs totales</li> <li>Valeurs relative:</li> </ul>	)
✓ Direction X	5,00 (%)
Direction Y	<b>5.00</b> (/)
Méthode de définit	ion de l'excentrement
Excentrement d	les matrices de masses
🖱 Ajout des masse	es de noeuds

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)) :

Types d'analyse	Re Définition	d'un nouveau cas	1
N* Ti 1 G 2 Q ➡ 3 M	Nom : Type d'analys Modale Spectrale Sismique Harmoniq Temporel	Sismique PS 92 se PS 92 que PS 92 ps 93 PS 89 PS 85 PS 82 PS 83 PS 83	
Nouveau Opérations sur l Liste de cas Définir para	© Modale a ⊙ Analyse h © Excitation	vec définition R.P.S. 2000 RPA 88 narmonique d RPA 99 1983 1984 1998 1-1:2004 EN 1998-1-1:2004 EN 1998-1-1:2004 EN 1998-1-1:2004 EN 1998-1-1:2004 EN 1998-1-1:2004 EN 1998-1-1:2004	and the second s

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

Cas :	Sismique	e RPA 99 (2003	)
📰 Cas auxili	aire		
Zone		Usage III 💿 1A	🔘 1B 💽 🔿 3
Site	52 💿 53	© \$4	$\bigcirc$
Site	s2 💽 S3	© \$4	Mode résiduel
Site	) S2 💽 S3	© S4	Mode résiduel

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

Jirection	Normalisées	ОК
X: 1	0,7071(	Appule
Y: 1	0,7071(	
Z: 0	0	Aide
Utiliser valeurs	normalisées	
Création des col Création des col	vant directions mbinaisons uadratique Combinaiso	n Newmark
✓ Active       Création des coi       Combinaison q       ✓ Active       Rx     1       Ry     1       Rz     1	mbinaisons uadratique Combinaiso µ 0,3 Groupe Groupe	n Newmark λ 0,3 1 2
Active     Création des coi     Combinaison q     Active     Rx 1     Ry 1     Rz 1     V     Signée	vant directions mbinaisons μadratique Combinaiso μ 0.3 Groupe 2 Groupe 2	n Newmark λ 0,3 1 2 3

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 :

Types d'analyse Modèle de s			èle de structure	Masses	Signe d	e la combinaison	Résultats - fill 🔨
N*	N* Titre					Type d'analyse	
+	1	G				Statique linéaire	e i
	2	Q				Statique linéaire	e
2	3	Modale				Modale	100
ſ	4	Sismiqu	e RPA 99 (2003)	Dir - mas:	ses X	Sismique-BPA	99 (2003)
_	5 Sismique RPA 99 (2003) Dir masses Y					oronnedere i u i i i	
l	5	Sismiqu	e RPA 99 (2003)	Dir mas	ses_Y	Sismique-RPA	99 (2003)
•	5	Sismiqu	e RPA 99 (2003)	Dir mas	ses_Y	Sismique-RPA	39 (2003)
< [	5	Sismiqu	e RPA 99 (2003) Paramètres	Dir mas III	ses_Y	Sismique-RPA	39 (2003) 99 (2003)
< []	5 Nouveau	Sismiqu	e RPA 99 (2003) Paramètres	Dir ması III Ch	ses_Y anger typ	Sismique-RPA :	39 (2003) 99 Supprimer
<	5 Nouveau érations su	Sismiqu ( r la séle	e RPA 99 (2003) Paramètres ction de cas	Dir. • mass	anger lyp	Sismique-RPA : e d'analyse	99 (2003) Supprimer
<	5 Nouveau érations su e de cas	Sismiqu ( r la séle	Paramètres	Dir mas III Ch	anger typ	Sismique-RPA : e d'analyse	99 (2003) Supprimer

# 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 boite de dialogue suivante s'ouvre :

luméro de combinaiso	on: 6
lom de la combinaisor	n: 1.35*G+1.5*Q
ype de combinaison :	EFF
Type de combinaisor	n s
💿 CQC 🛛 🔘 SRSS	G (ACC
atura :	nermanente
	perindriente

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

ste de cas :		Liste	des cas dans la c	ombinaison :
Nature	Tout 💌	coefficient	N*	Nom de cas
٧*	Nom de cas 🔍 🔪	1.35	1	G
4 5	Sismique HPA 99 (2003) Dir Sismique RPA 99 (2003) Dir	>> <<		
	4			

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**.

Coeffic	cient : 1,3	5) <del>– M</del>	odifier
EFF		coefficient	-
+	permanente d'exploitation	1.35 1.50	E
	neige	1.50	
•	temnérature III	1.33	+

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  $\triangleright$  Vérifier structure.



Dans la boite 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)

	「 麗 Types d'analyse
	alculer
	Traitement des résultats
	Enregistrer les résultats des combinaisons sism
	<u>R</u> edémarrer les calculs
×	No <u>t</u> e de calcul
	Vérifier structure
×	<u>M</u> odèle de calcul
×	Dimensionnement <u>s</u> tructures à barres
×	Dimensionnement élé <u>m</u> ents BA
	Analyse des éléments précontraints
	Vérifier structure         Modèle de calcul         Dimensionnement structures à barres         Dimensionnement éléments BA         Analyse des éléments grécontraints

#### 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** ».

T 🖬 Etages	
] 🗊 Métré	
] 📲 Devis estimatif	
🛛 🗖 Charges	
Masses ajoutées	=
🛽 🏦 Combinaisons	1.000
🛛 🧖 Réactions	
🗌 🎦 Flèches des barres	
🛛 🞵 Déplacements des noeuds	
Efforts	
🗌 🔏 🔲 Contraintes	
Try Forces d'interaction	-

## 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/I	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)					
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)					

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, ....)

Diagrammes 🗖 🗃 🖾	1	Diagrammes
NTM Déformée Contraintes Réaction		NTM Déformée Contraintes Réaction
Echelle pour 1 (cm)		
Force Fx (kN)		
Force Fy (kN)		Deformee exacte pour les barres
Force Fz (kN)		Deformée à l'échelle de la structure
Moment Mx (kN*m)	<b>→</b>	0.015 (cm)
Moment My (kN*m)		Autoration
Moment Mz (kN*m)		Nombre d'images : 10
Butée du sol élastique		Nombre d'images par seconde : 8 🚔
Réaction Ky (kN/m)		Démarrer
Réaction Kz [kN/m]		
Tout Rien Normaliser		Tout Rien Normaliser
Taille des diagrammes : + 🗔		Taille des diagrammes : + 🗔
🔲 Ouvrir nouvelle fenêtre 📄 La même échelle		🔲 Ouvrir nouvelle fenêtre 📗 La même échelle
Appliquer Fermer Aide		Appliquer Fermer Aide
	$\downarrow$	
(12) (A) (16)(5)	_	
A D C C U G G		
( <u>G</u> h)	514302	
(Hange 5		(1Etage)5)
	A REAL	₩.
Euge		HISEBOLA)
		TIETANGO 4
+11.9		(+11,02)
(Etage5)		( 195thand 3 )
(+7.87)		+7-87
(Etage State The The State		treated 2
		Etage 1
(+3,1)		+++15)
(-2.2(3) <b>1</b>		1+2:20
		+1:58
COLD TO TO THE T		RTAD.00