

Université Abdelhamid Ibn Badis

Mostaganem

Département de Génie Civil Faculté
de science et technologie



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Recueil TP « Calcul Assisté par Ordinateur »

Logiciel : ETABS

3^{ème} année licence

Génie Civil

Etablie par : Dr. ACHOUR Aida (MCB)

Expertisé par :

Pr BENSOULA mohamed et Dr ZELMAT yassine

Année universitaire 2024-2025

Résumé:

Le polycopié "Calcul Assisté par Ordinateur avec le logiciel ETABS" s'adresse aux étudiants en 3eme année licence Génie Civil. Il vise à familiariser les étudiants avec les logiciels de calcul en génie civil et à leur apprendre à dimensionner les éléments d'une structure soumise à plusieurs sollicitations. Il est important pour les étudiants de comprendre les caractéristiques essentielles d'un logiciel de calcul, de maîtriser son interface, de saisir correctement les données et de récupérer les résultats nécessaires. Les prérequis recommandés sont les cours d'informatique 1 et 2. Les premiers travaux pratiques aideront les étudiants à comprendre les bases des logiciels de calcul, les différentes méthodes utilisées, les logiciels fermés et ouverts, ainsi que les avantages et limites. Ils utiliseront notamment ETABS pour apprendre l'interface, le travail avec les données, les options, les résultats et l'interprétation, avant d'analyser un projet concret.

Mots clés : Calcul Assisté par Ordinateur, Etabs, logiciels de calcul, interface

Abstract :

The handout 'Computer-aided calculation with ETABS software' is intended for students of 3rd year bechelor Civil Engineering. It aims to familiarise students with civil engineering calculation software and to teach them how to dimension the elements of a structure subject to several stresses. It is important for students to understand the essential features of calculation software, to master its interface, to enter data correctly and to retrieve the necessary results. The recommended prerequisites are Computer Science 1 and 2. The first practical exercises will help students to understand the basics of calculation software, the different methods used, closed and open software, as well as the advantages and limitations. Students will use ETABS to learn about the interface, working with data, options, results and interpretation, before analysing a concrete project.

Key words: Computer-aided calculation, Etabs, interface

ملخص

هذا العمل يشمل ملخص دروس الأعمال التطبيقية الخاصة بالحساب بمساعدة الحاسوب باستخدام برنامج إتابس، وهو مخصص لطلاب السنة الثالثة ليسانس هندسة مدنية. وتهدف إلى تعريف الطلاب ببرمجيات حسابات الهندسة المدنية وتعليمهم كيفية تحديد أبعاد عناصر الهيكل الخاضع لعدة ضغوطات. من المهم للطلاب فهم الميزات الأساسية للبرامج الحاسوبية وإتقان واجهتها وإدخال البيانات بشكل صحيح واسترجاع النتائج اللازمة. المتطلبات الأساسية الموصى بها هي علوم الحاسوب 1 و2. ستساعد التمارين العملية الأولى الطلاب على فهم أساسيات البرامج الحاسوبية، والطرق المختلفة المستخدمة، والبرامج المغلقة والمفتوحة، بالإضافة إلى المزايا والقيود. وعلى وجه الخصوص، سوف يستخدمون برنامج إتابس للتعرف على الواجهة والتعامل مع البيانات والخيارات والنتائج والتفسير، قبل تحليل مشروع بلموس.

الكلمات المفتاحية: الحساب بمساعدة الحاسوب، إتابس، الواجهة

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : boutons des fichiers.....	4
Figure 2: boutons d'affichage.....	4
Figure 3: Boutons de dessin.....	4
Figure 4: Exemple de modélisation des structures.....	5
Figure 5: Démarrer le programme et changer les unités par défaut en (kn-m).....	6
Figure 6: Nouveau modèle.....	6
Figure 7: Définition des grilles.....	7
Figure 8: spécification des étages et grouper les niveaux similaires.....	7
Figure 9 : modèle vide.....	8
Figure 10: règlement par défaut.....	8
Figure 11: Définition des matériaux.....	9
Figure 12: Modifier le matériau BETON.....	10
Figure 13 : Définir les sections des poutres et des poteaux.....	11
Figure 14: définir les sections.....	11
Figure 15: Frame Section.....	12
Figure 16: Section Designer.....	12
Figure 17: Section Designer a.....	13
Figure 18: Section Designer b.....	13
Figure 19: Section Designer c.....	13
Figure 20: Définir la section du plancher.....	14
Figure 21: Définir les sections des voiles.....	14
Figure 22: Définir les cas de chargement.....	15
Figure 23: Définir les combinaisons de charges.....	15
Figure 24: vue en plan de la TERRASSE.....	15
Figure 25: poutres principales et secondaires.....	16
Figure 26: Diviser Les poutres.....	16
Figure 27: poteaux du niveau TERRASSE.....	16
Figure 28: planchers corps creux.....	17
Figure 29: visualiser les dalles.....	17
Figure 30: Sélectionner tous les éléments du plancher.....	18
Figure 31: Modifier les sections des poteaux.....	18
Figure 32: modéliser le voiles de contreventement a.....	19
Figure 33: nœud de départ et d'arriver.....	19
Figure 34: mêmes étapes pour tous les voiles.....	19
Figure 34: mêmes étapes pour tous les voiles.....	19
Figure 35: sélectionner tous les voiles.....	20
Figure 36: créer un maillage.....	20
Figure 37: Sélectionner et Encastrer toutes les nœuds de la base.....	21
Figure 38: Diaphragme pour tous les planchers.....	21
Figure 39: Affecter le diaphragme.....	22
Figure 40: Affecter le diaphragme.....	22
Figure 41: Chargement du plancher terrasse.....	23
Figure 42: charge de l'acrotère.....	23
Figure 43: Introduire le spectre.....	25
Figure 44: Cas des charges sismiques Ex et Ey.....	26
Figure 45: Définir les combinaisons.....	28
Figure 46: Définir la masse source.....	28

Figure 47: Spécifier le nombre de mode.....	29
Figure 48: Lancer les analyses.....	29
Figure 49: afficher les déformations de la structure.....	30
Figure 50: Voir plus de détail sur chaque élément.....	30
Figure 51: Exploiter les résultats d'analyse.....	31
Figure 52: Copier et coller les données du tableau.....	31
Figure 53: Ferrailage.....	31
Figure 54: Choisir les combinaisons.....	31
Figure 55: Calcul du ferrailage.....	32
Figure 56: Exploitation des résultats du ferrailage graphiquement.....	32
Figure 57: Exploitation des résultats du ferrailage à partir des tableaux des résultats.....	32

LISTE DES TABLEAUX

Table 1: spectre de reponse.....	24
Table 2: Paramètre sismique.....	24
Table 3: copier du tableau vers un fichier texte.....	25

Sommaire

<i>Introduction</i>	1
2. Concept de base sur les logiciels de calcul CAO.....	1
2.1. Définition du logiciel de calcul ETABS	1
2.2 .Modélisation	1
3. Étapes de modélisation	2
4. Exemple :.....	5
Sections :.....	5
Matériau :.....	5
Charges :.....	5
4.3. Modélisation de la structure.....	16
4.4. Appliquer les charges statiques.....	23
4.5. Chargement dynamique.....	25
4.6. Analyse et exploitation des résultats.....	28
4.7. Ferrailage.....	31
<i>Références</i>	33

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent polycopié intitulé Calcul Assisté par Ordinateur «Calcul Assisté par Ordinateur avec le logiciel ETABS», s'adresse aux étudiants de troisième année LMD en Génie Civil. Il met l'accent sur le dimensionnement des éléments d'une structure soumise à plusieurs sollicitations.

Objectifs de l'enseignement consiste à familiariser les étudiants avec les logiciels de calcul utilisés en génie civil. Il est nécessaire pour l'étudiant de comprendre les caractéristiques essentielles d'un logiciel de calcul, en se basant sur un projet existant, et de maîtriser l'interface du logiciel, de saisir correctement les données et de récupérer les résultats demandés. Recommandations de connaissances préalables : 1 et 2 Informatique et informatique

Au cours des premiers travaux pratiques, les étudiants acquerront les concepts fondamentaux des logiciels de calcul, ainsi que le fonctionnement et les méthodes de calcul utilisés. Ils étudieront les logiciels fermés, les logiciels ouverts, ainsi que les avantages et les limites des logiciels. Ensuite, arrive l'étape de la L'utilisation d'un logiciel disponible (comme ETABS) implique la présentation de l'interface, de l'environnement de travail, des données, des options, des résultats (numériques et graphiques), ainsi que l'interprétation. Et enfin, l'analyse et le suivi d'un projet concret.

1. Introduction

La conception assistée par ordinateur ou **CAO** (en anglais, computer aided design ou CAD) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, de tester virtuellement – à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique –

ETABS est l'un des logiciels de calcul conçu exclusivement pour le calcul des bâtiments. Il permet de modéliser facilement et rapidement tous types de bâtiments grâce à une interface graphique unique. Il offre de nombreuses possibilités pour l'analyse statique et dynamique. Ce logiciel permet la prise en compte des propriétés non-linéaires des matériaux, ainsi que le calcul et le dimensionnement des éléments structuraux suivant différentes réglementations en vigueur à travers le monde (Euro code, UBC, ACI..etc).

2. Concept de base sur les logiciels de calcul CAO

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) est l'ensemble des outils logiciels et des techniques informatiques qui permettent d'assister les concepteurs dans la conception et la mise au point d'un produit.

2.1. Définition du logiciel de calcul ETABS

ETABS est l'abréviation de «**Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems**», c'est un logiciel intégré ultime pour l'analyse structurelle et la conception de bâtiments. Il offre des outils de modélisation et de visualisation 3D inégalés, une puissance analytique linéaire et non linéaire incroyablement rapide, des capacités de conception sophistiquées et complètes pour une large gamme de matériaux, et des affichages graphiques, des rapports, et des dessins schématiques qui permettent aux utilisateurs de déchiffrer et de comprendre rapidement et facilement les résultats de l'analyse et de la conception.

De plus de part sa spécificité pour le calcul des bâtiments, ETABS offre un avantage certain par rapport au codes de calcul à utilisation plus étendue. En effet, grâce à ces diverses fonctions il permet une décente de charge automatique et rapide, un calcul automatique du centre de masse et de rigidité, ainsi que la prise en compte implicite d'une éventuelle excentricité accidentelle. Il permet également le transfert de donnée avec d'autres logiciels (AUTOCAD, SAP2000 et SAFE).

2.2 .Modélisation

Le but de la modélisation est de développer des modèles capables de décrire

approximativement le comportement d'une structure dans différentes conditions.

Actuellement, il existe un certain nombre de programmes basés sur la méthode des éléments finis (FEM) qui permettent le calcul automatique de diverses structures.

Les ingénieurs peuvent donc ignorer le principe MEF. Il suffit de savoir utiliser le programme de calcul et de connaître la réglementation applicable. Cet utilisateur ne peut cependant pas modifier les résultats fournis par l'ordinateur.

Par conséquent, il est essentiel que tous les ingénieurs comprennent les bases de la FEA et comprennent le processus de la phase de résolution. Cette compétence ne peut être acquise que par l'étude analytique des concepts MEF et la connaissance des techniques associées à l'utilisation de ces outils informatiques.

3. Étapes de modélisation

1. Initialiser le modèle (unités, grilles, niveaux).
2. Définir les paramètres de l'analyse (matériaux, sections, cas et combinaisons de chargements)
3. Modéliser la structure
5. Appliquer les charges statiques
6. Chargement dynamique
7. Analyse et exploitation des résultats (visualisation graphique, tableaux, exportation des résultats)
8. Ferrailage.

Solution :

1. Choisir le type d'analyse (statique, dynamique...)
2. Construire la matrice et le vecteur élémentaire $[] , \{ fe \}$
3. Assembler $[]$ et $\{ \}$ dans $[K]$ et $\{F\}$
4. Prendre en compte les conditions aux limites
5. Résoudre le système d'équations $[K] \{U\} = \{F\}$
6. Calculer les variations additionnelles (réactions, σ , ϵ ...)

Post-processing:

1. Présenter les résultats sous forme numérique ou graphique
2. Effectuer des fonctions complémentaires : combinaisons, interpolations, animation ...

Description de l'outil ETABS : Le programme ETABS (Extended Three-dimensional Analysis of Building Systems) est un logiciel leader en ingénierie des structures, créé en 1984 et édité par Computers & Structures Inc. Ce logiciel est fréquemment utilisé par les ingénieurs civils pour le calcul tridimensionnel par éléments finis de bâtiments et des ouvrages de génie civil.

Les principales raisons d'utilisation de ce programme comme un outil de calcul de structures, sont qu'il est utilisé pour analyser les structures en béton armé, charpente métallique ou autres matériaux de construction et sous n'importe quelle forme de chargement (ponctuel,

linéaire, surfacique... etc.).

Le logiciel traite plusieurs types de chargement statique (poids propre de la structure et charges d'exploitation) ou dynamique (séisme).

BOUTONS DES FICHIERS:

1. Créer un nouveau modèle.
2. Ouvrir un modèle existant.
3. Enregistrer un modèle dans un fichier.
4. Annuler une action.
5. Reprendre une action.
6. Refranchir la fenêtre.
7. Verrouiller le modèle après l'analyse.
8. Lancer les calculs.



Figure 1: boutons des fichiers

BOUTONS D’AFFICHAGE:

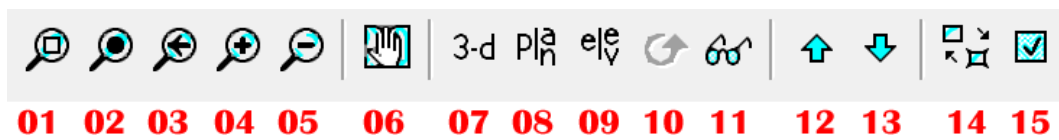


Figure 2: boutons d'affichage

1. Zoom fenêtre.
2. Zoom étendu.
3. Zoom précédent.
4. Zoom avant.
5. Zoom arrière.
6. Panoramique dynamique : sert à déplacer la vue de dessin.
7. Permet l'affichage de notre structure en trois dimensions.
8. Affichage du plan XY.
9. Affichage de l'élévation selon XZ Ou YZ.
10. Manipule la vue de la structure.
11. Offre la perspective de notre structure.
12. Changer la vue 2D (plan ou élévation) vers le haut.
13. Changer la vue 2D (plan ou élévation) vers le bas.
14. Rétrécir les éléments de model visuellement.
15. Définir les options de vue du la structure.

BOUTONS DE DESSIN:



Figure 3: Boutons de dessin

1. Pointeur utilisé pour une sélection d'un élément en cliquant dessus ou par une fenêtre desélection.
2. Éditeur d'objet.
3. Créer un point.
4. Dessiner un élément unidimensionnel (Poutre ou poteau) (Plan, Elev, 3D)
5. Créer des éléments unidimensionnels par un clic (Plan, Elev, 3D)
6. Créer des poteaux par un clic (Plan)
7. Créer des poutres secondaires par un clic (Plan)
8. Créer des contreventements par un clic (Elev)
9. Dessiner des éléments bidimensionnels (Plan, Elev, 3D)
10. Dessiner des éléments bidimensionnels de forme rectangulaires (plan, élévation)
11. Créer des éléments bidimensionnels par un clic (Plan, Elev)
12. Dessiner des murs (plan)
13. Créer des murs par un clic (Plan)
14. Créer des fenêtres dans les voiles (Elev)
15. Créer des portes dans des voiles (Elev)

4. Exemple :

Modélisation d'une Structure béton armée en R+7 à usage habitation. La hauteur de tous les niveaux est : 3.06m

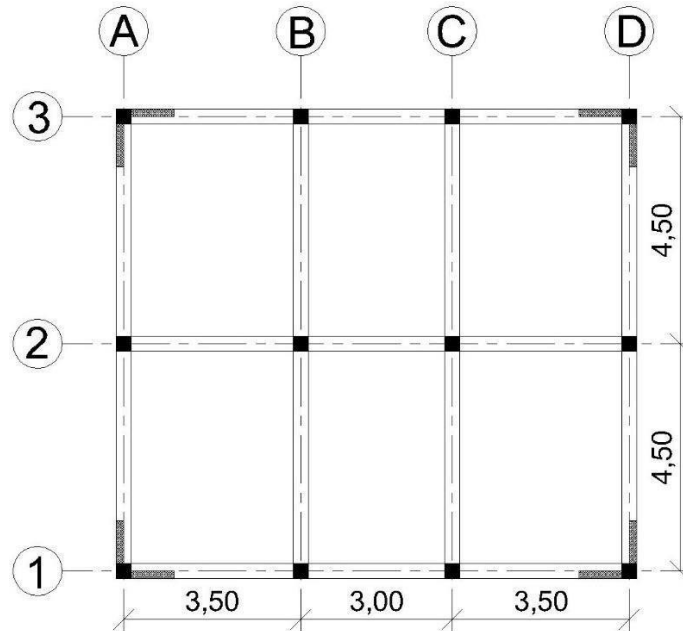


Figure 4: Exemple de modélisation des structures

Sections :

- Poutres Principale : 35x30 cm
- Poutres secondaire : 30x30 cm
- Poteaux : 30x30 cm (6eme étage & Terrasse)
- Poteaux : 35x35 cm (4eme étage & 5eme étage)
- Poteaux : 40x40 cm (2eme étage & 3eme étage)
- Poteaux : 45x45 cm (RDC & 1eme étage)
- Planchers en Corps Creux 16+4 : 20 cm
- Voile de contreventement : 15cm
- Mur : 25 cm

Matériau :

- Béton : $f_{c28} = 25\text{MPa}$; $E=32164\text{MPa}$; $\rho = 23500\text{ kg/m}^3$
- Acier : FeE400 (longitudinales) ; FeE215 (Transversales)

Charges :

- Charge permanente :
 - $G_{\text{etage}} = 5.16\text{ kN/m}^2$
 - $G_{\text{Terrasse}} = 6.10\text{ kN/m}^2$
- Charge d'exploitation :
 - $Q_{\text{etage}} = 1.50\text{ kN/m}^2$
 - $Q_{\text{Terrasse}} = 1.00\text{ kN/m}^2$

4.1. Initialisation du modèle

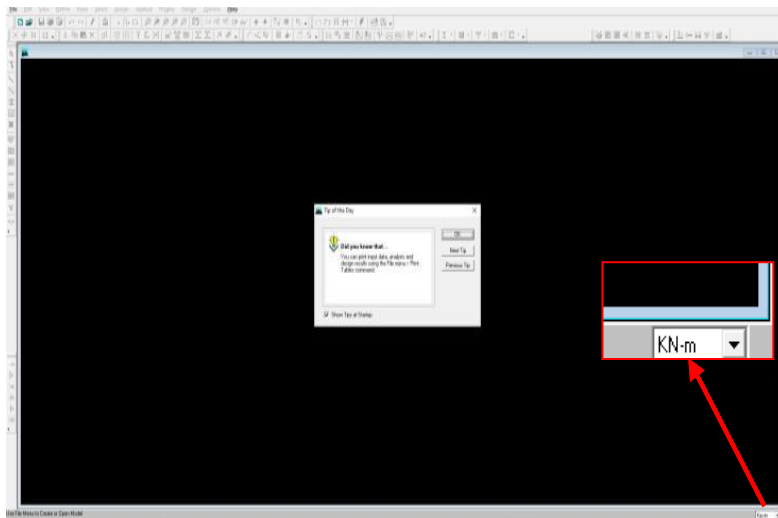


Figure 5: Démarrer le programme et changer les unités par défaut en (kn-m) (kn-m) par défaut en (kn-m)

4.2. Commencer un nouveau modèle (File _ New model) :

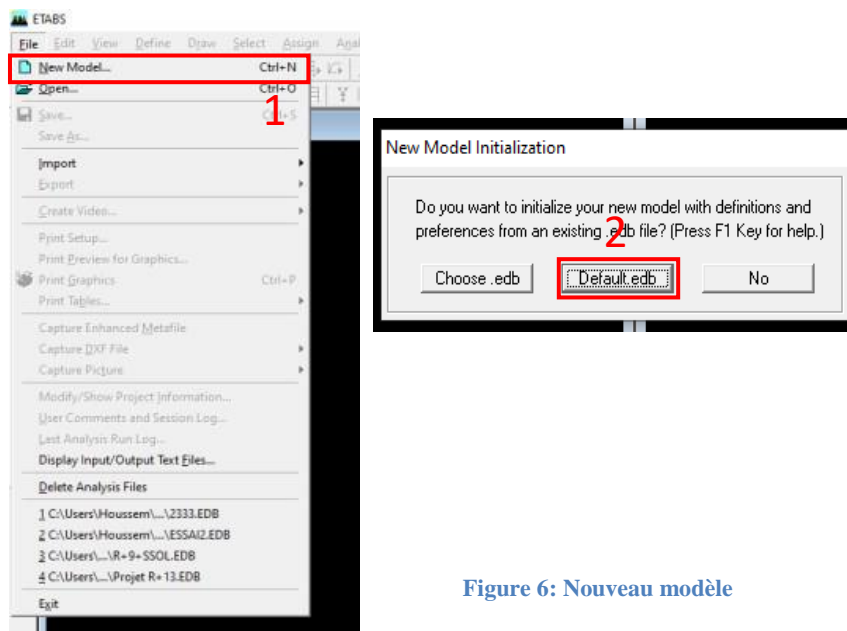


Figure 6: Nouveau modèle

4.3. Définir la grille horizontale (Custom grid spacing , Edit Grid) :

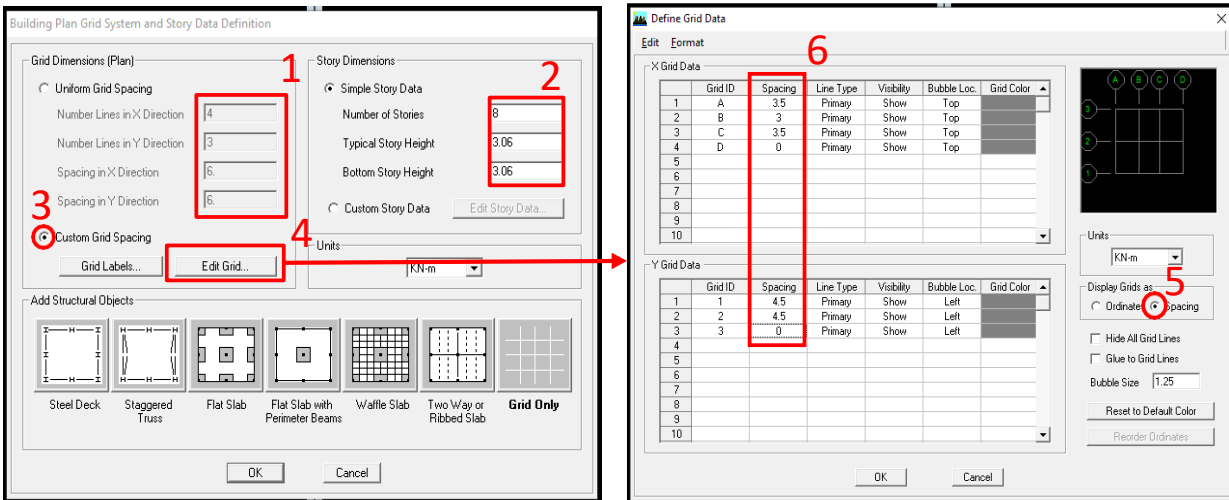


Figure 7: Définition des grilles

4.4. Entrer les distance des travées après avoir sélectionné l'option (Spacing)

4.5. Spécifier le nom et la hauteur des étages et Grouper les niveaux similaires (Assigner la similarité aux 7 premiers niveaux) :

TERRASSE - MASTER STORY _ NO
 RDC - MASTER STORY _ YES
 H-1ER à H-6EME _ Similar to RDC

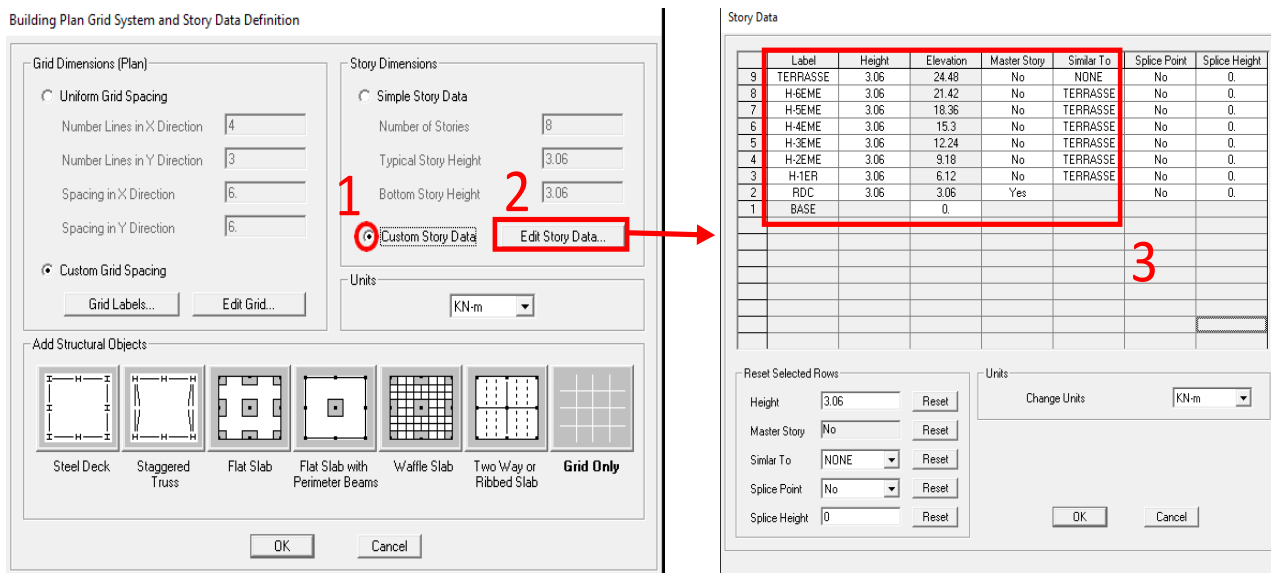


Figure 8: spécification des étages et grouper les niveaux similaires

4.6. Commencer avec un modèle vide (cliquer sur Grid only _ OK) :

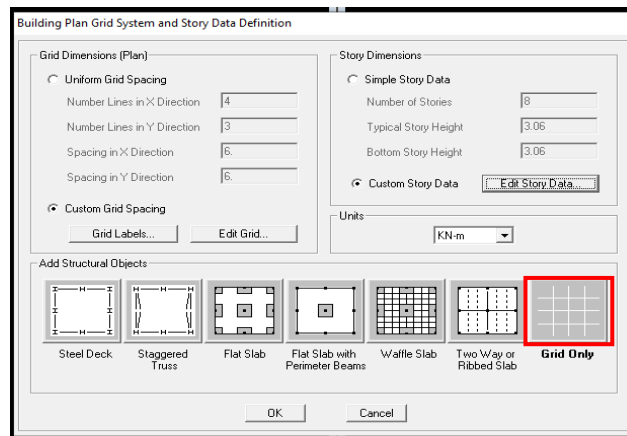


Figure 9 : modèle vide

4.7. Changer le règlement par défaut :

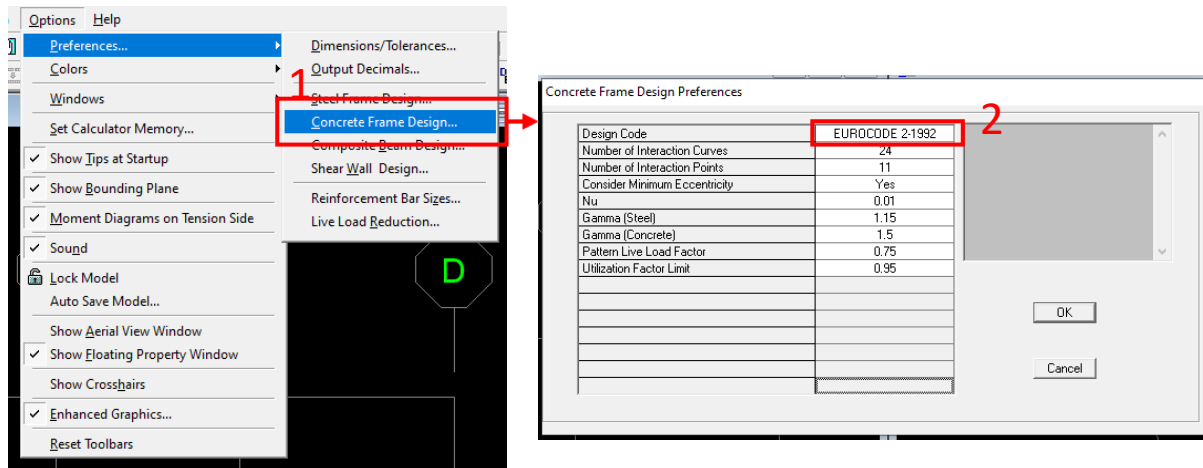


Figure 10: règlement par défaut

4.8. Définition des paramètres du modèle

Définition des propriétés de matériaux :

- On définit les propriétés des matériaux avec Define > Material Properties. Visualisation des systèmes de coordonnées local :
- Les systèmes de coordonnées local des éléments de barre peuvent être visualisés avec la commande de menu View > Set Building View Options, dans le panneau Object View Options de la boîte de dialogue Set Building View Options, on coche l'option Line Local Axes.
- Les systèmes de coordonnées local des éléments de plaque peuvent être visualisés en utilisant la commande de menu View > Set Building View Options, dans le panneau Object View Options de la boîte de dialogue Set Building View Options, on coche l'option Area Local Axes.

Définition des propriétés de la section:

- La définition d'une section de barre s'effectue avec la commande de menu Define > Frame Sections. Dans la boîte de dialogue Define Frame Section, on choisit le type de section dans la boîte à liste déroulante Add.
- Pour importer une section d'un tel fichier on utilise la commande de menu Define > Frame Sections. dans la boîte de dialogue Define Frame Sections, on choisit le type de section dans la boîte a liste déroulante Import.
- Pour définir un type de section de plaque, on utilise la commande de menu Define > Wall/Slab/Deck Sections et dans la boîte de dialogue Define Shell Sections, qui apparait, on clique sur la boîte a liste déroulante Add New ... et on choisit le type de section désire.

4.8.1. Définir les matériaux (Define _ Material properties) :

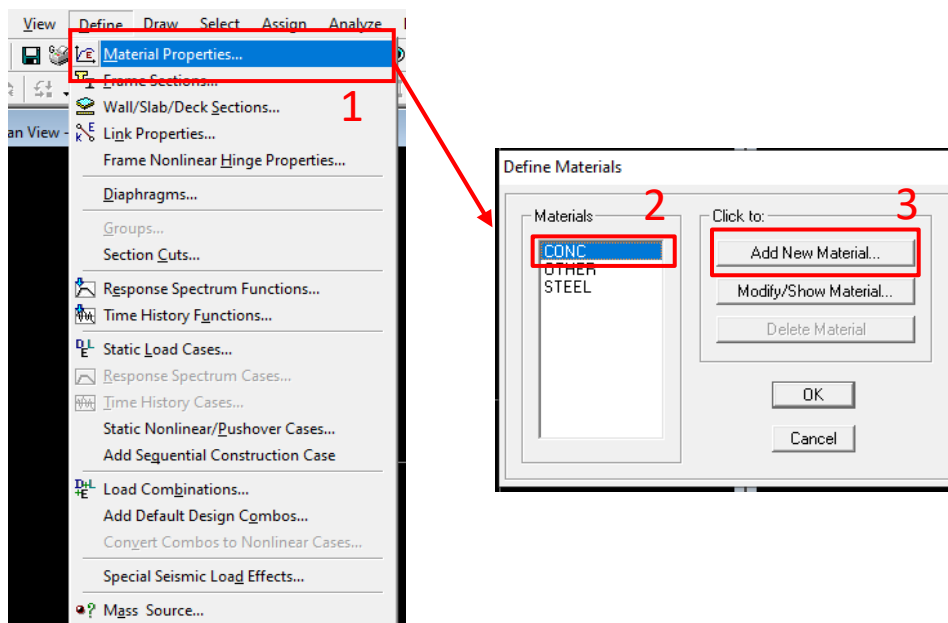


Figure 11: Définition des matériaux

4.8.2. Modifier le matériau BETON par les propriétés suivantes ($E_i=32164$ Mpa;poids volumique 25kN/m3)

Material Property Data

Material Name

Display Color
Color

Type of Material
 Isotropic Orthotropic

Type of Design
Design

Analysis Property Data

Mass per unit Volume	<input type="text" value="2.55"/>
Weight per unit Volume	<input type="text" value="25"/>
Modulus of Elasticity	<input type="text" value="32164000"/>
Poisson's Ratio	<input type="text" value="0.2"/>
Coeff of Thermal Expansion	<input type="text" value="9.900E-06"/>
Shear Modulus	<input type="text" value="10342136.8"/>

Design Property Data (EUROCODE 2:1992)

Charact. Conc Cyl Strength, fck	<input type="text" value="25000"/>
Bending Reinf. Yield Stress, fyk	<input type="text" value="400000"/>
Shear Reinf. Yield Stress, fywk	<input type="text" value="215000"/>

Lightweight Concrete
Shear Strength Reduc. Factor

OK Cancel

Figure 12: Modifier le matériau BETON

4.8.3. Définir les sections des poutres et des poteaux (Define _Frame sections) :

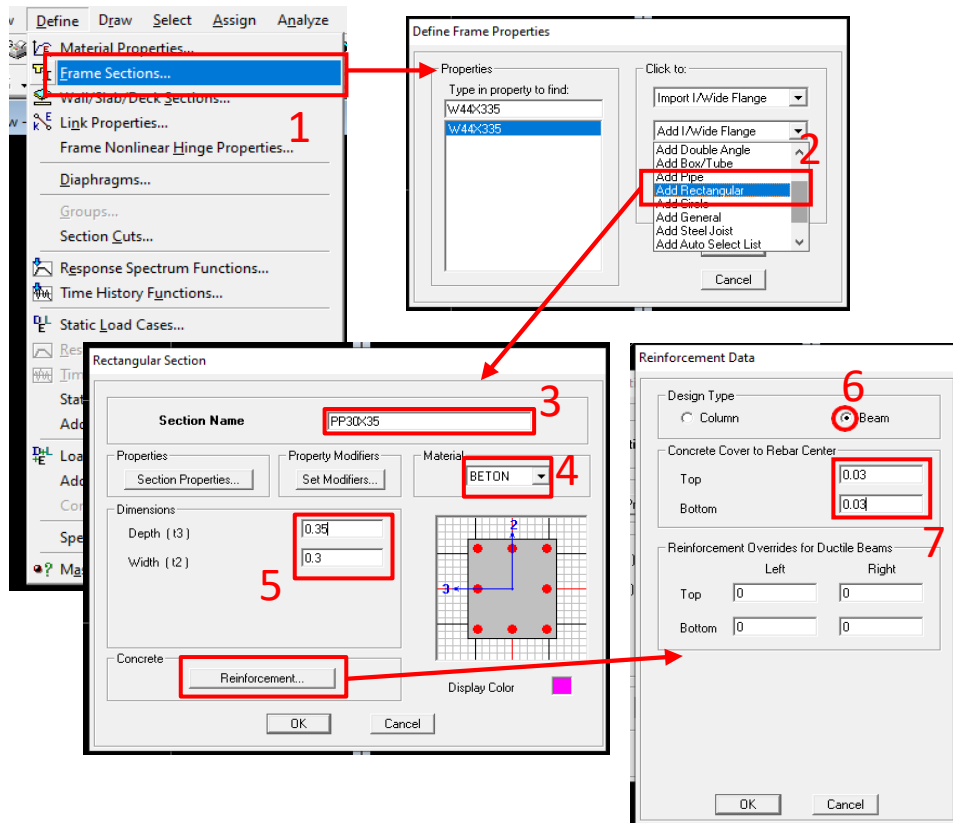


Figure 13 : Définir les sections des poutres et des poteaux

Remarque : le paramètre « **Concrete Cover to Rebar center** » c'est la distance entre le coffrage et le centre des armatures, et c'est ce qu'on appelle **l'enrobage des armatures**, ce dernier a pour but de protéger les armatures contre les intempéries.

4.8.4. Commencer par définir les sections des poutres principales et secondaires

4.8.5. Puis définir les sections des poteaux :

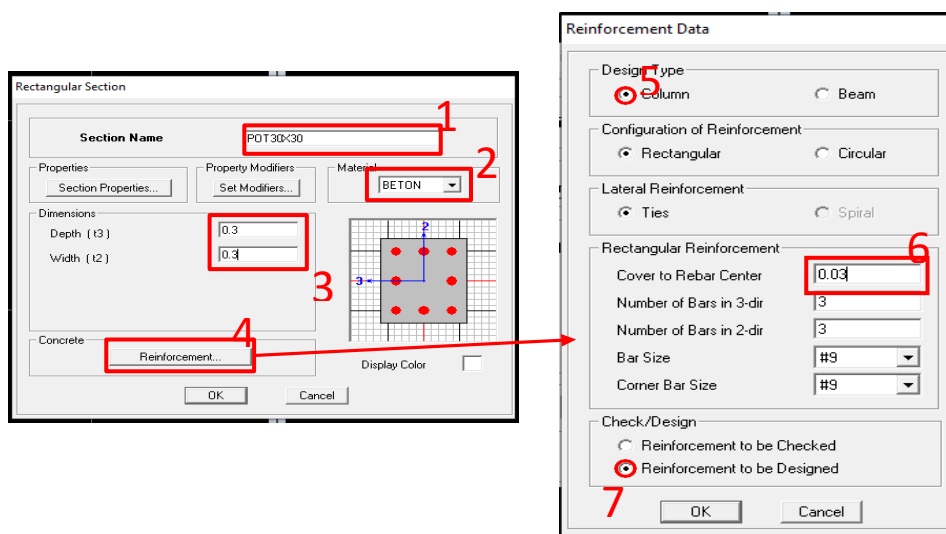


Figure 14: définir les sections

Remarque 01 : on peut choisir entre une section du poteau rectangulaire ou bien circulaire sur la fenêtre « **Reinforcement Data** » (Données du ferrailage), on peut également choisir le type des armatures transversales «**Lateral Reinforcement** » entre les cadres « Ties » ou bien les cerces « Spiral »).

On choisit l'option « Reinforcement to be Designed » pour laisser le logiciel calcule la section des armatures correspondante.

Remarque 02 : On peut également définir une section spécifique à l'aide de la fenêtre « Section Designer », soit une poutre en béton armée sous forme de (I) :

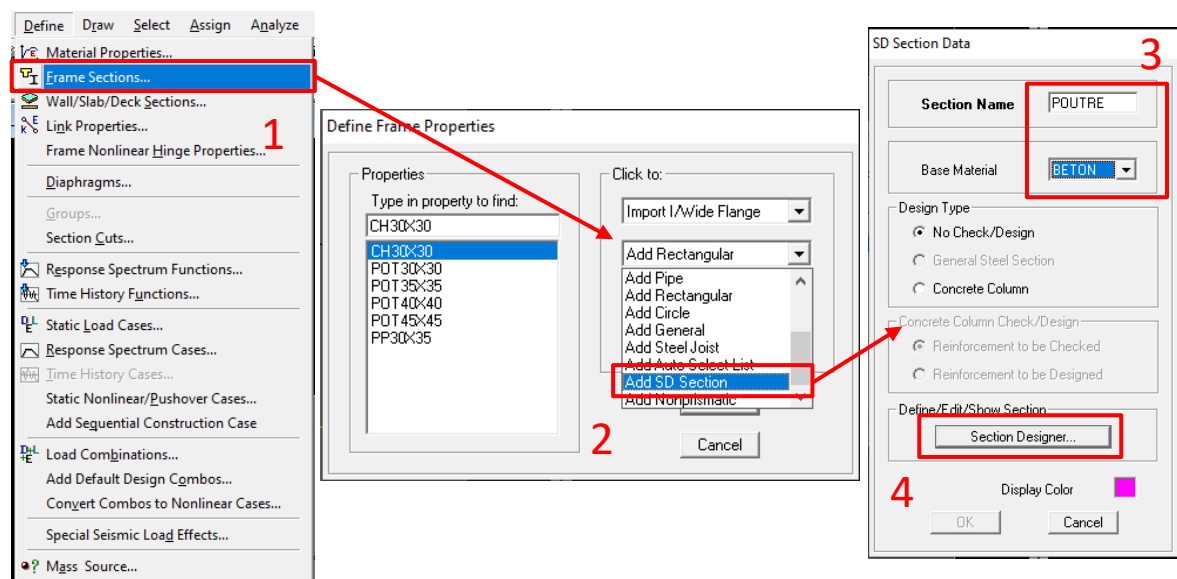


Figure 15: Frame Section

4.8.6. Puis on va avoir la fenêtre « Section Designer » ci-dessous :

Figure 16: Section Designer

Pour créer une section il suffit juste de choisir la forme correspondante dans les outils de dessin (exemple poutre en I) :

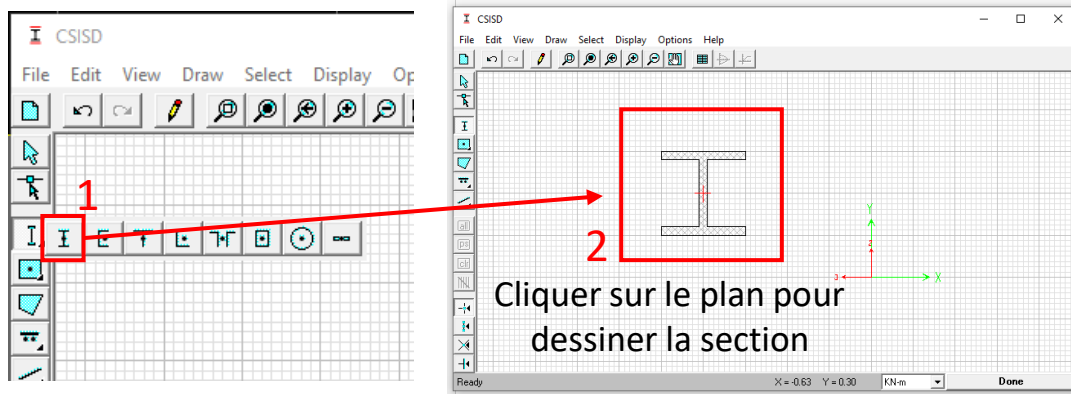


Figure 17: Section Designer a

Nous pouvons maintenant modifier les paramètres de la forme en cliquant dessus avec le bouton droit de la souris :

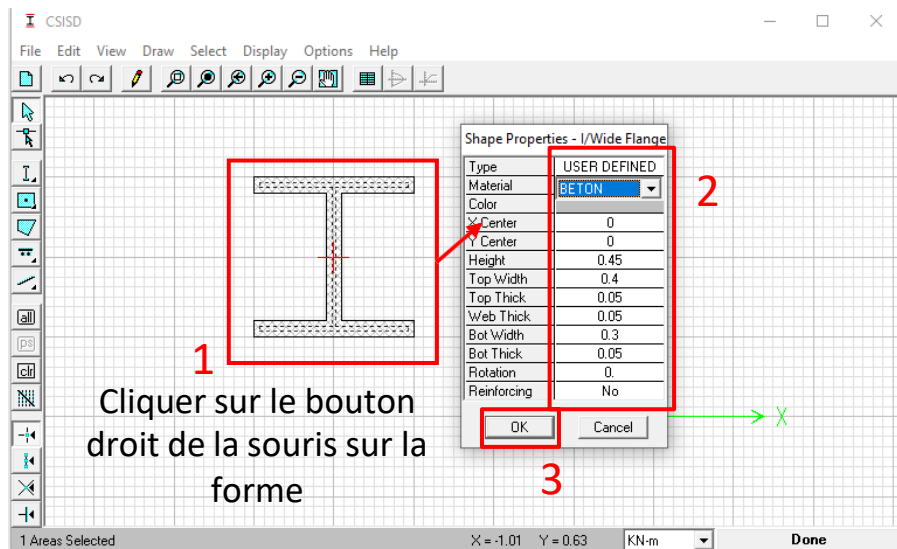


Figure 18: Section Designer b

On va avoir une forme comme celle-ci :

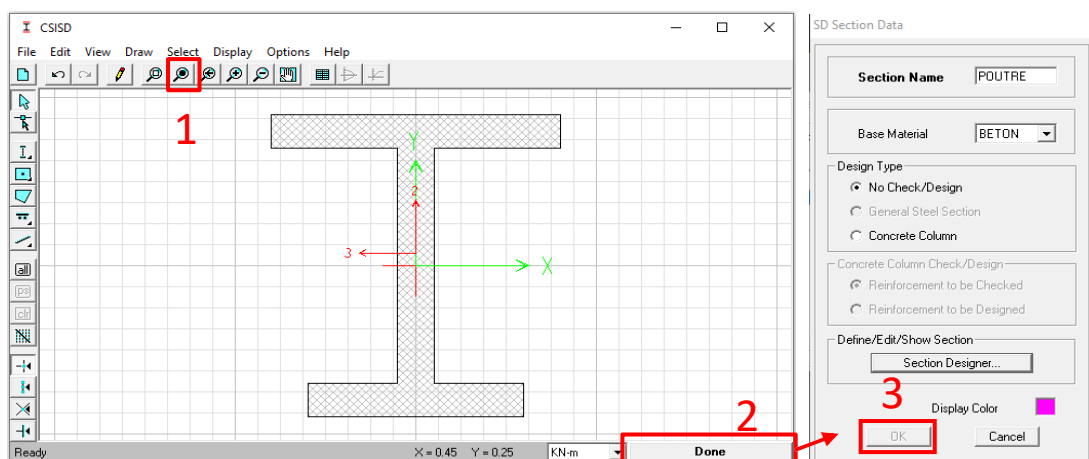


Figure 19: Section Designer c

Remarque : On peut ajouter des armatures sur la section soit automatiquement (sur la fenêtre des paramètres de la section) ou bien manuellement à partir de la commande « Ferrailage ».

4.8.6. Définir la section du plancher (Define Wall/Slab/Deck Sections...) :

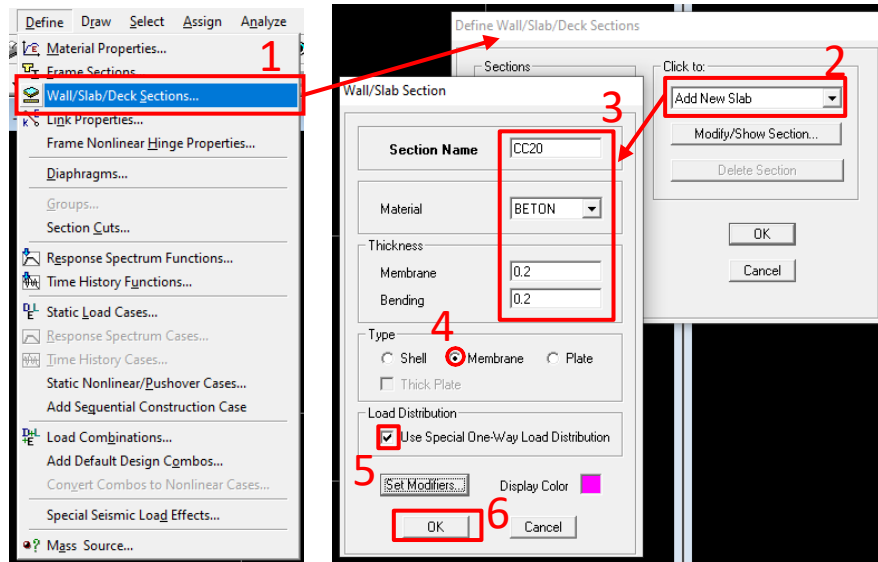


Figure 20: Définir la section du plancher

Remarque : la section « **Thickness** » signifie l'épaisseur de l'élément (poutre, plancher, voile...) dans les 2 cas de sollicitation et de déformation :

- Membrane (Membrane) : c'est un élément qui travaille à la traction ou bien à la compression dans le plan seulement.
- Bending (Flexion) : c'est un élément qui travaille à la flexion.

4.8.7. Définir les sections des voiles (Define _ Wall/Slab/Deck Sections...) :

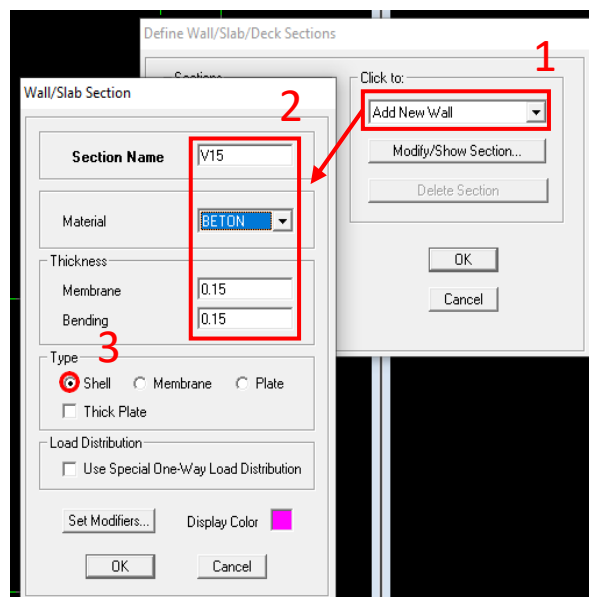


Figure 21: Définir les sections des voiles

4.8.7. Définir les cas de chargement (Define _ Static Load Cases...) Charge permanente G Charge D'exploitation Q

4.8.7.1. Ajouter le poids des éléments structuraux à la charge permanente

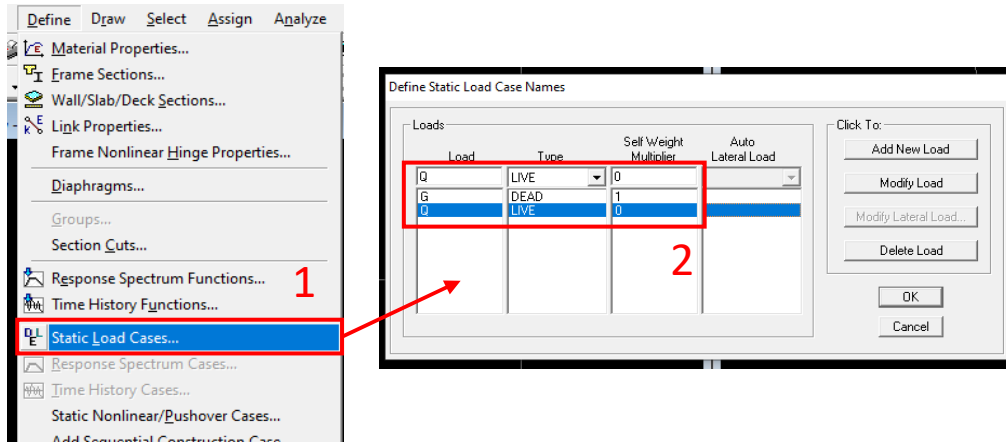


Figure 22: Définir les cas de chargement

4.8.8. Définir les combinaisons de charges (Define _ Load Combinations Add New Combo) :

exemple : ELU = 1,35G + 1,5Q ; ELS = G + Q

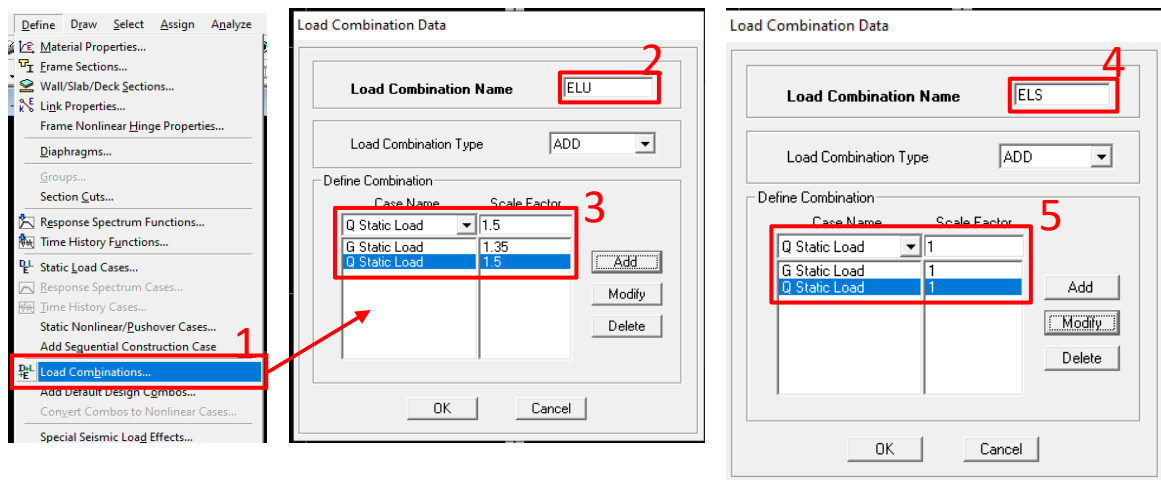


Figure 23: Définir les combinaisons de charges

4.3. Modélisation de la structure

4.3.1. Sélectionner la vue en plan de la TERRASSE :

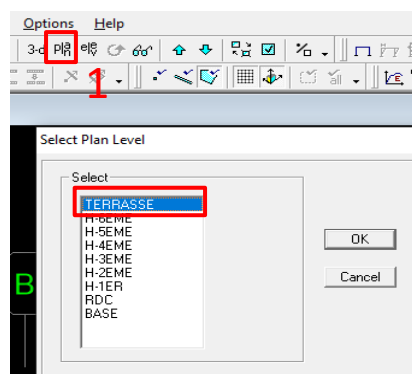


Figure 24: vue en plan de la TERRASSE

4.3.2. Modéliser les poutres principales et secondaires :

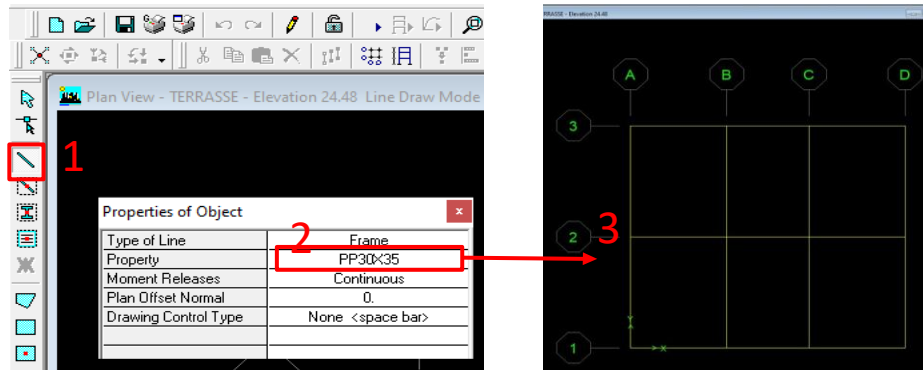


Figure 25: poutres principales et secondaires

4.3.3. Sélectionner toutes les poutres puis diviser les à l'intersection des lignes :

Figure 26: Diviser Les poutres

4.3.4. Modéliser les poteaux du niveau TERRASSE (30X30)cm :

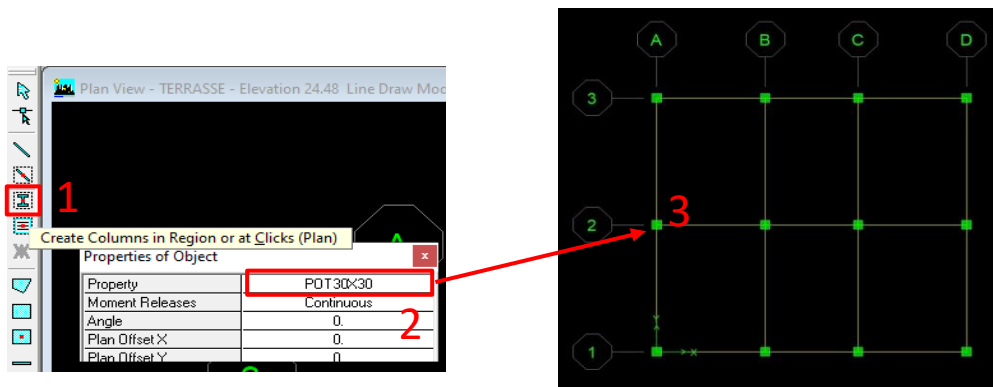


Figure 27: poteaux du niveau TERRASSE

- 4.3.5. On modifie la section des poteaux des niveaux inférieur ultérieurement
 4.3.6. Ajouter les planchers corps creux 20cm :

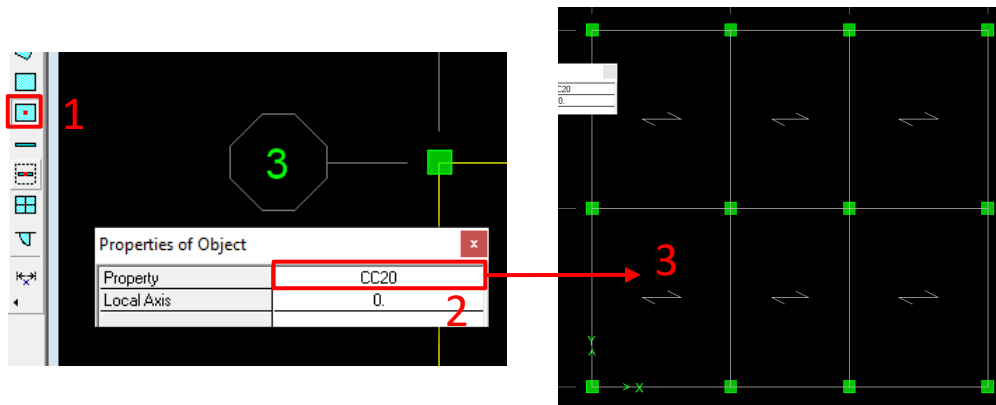


Figure 28: planchers corps creux

- 4.3.7. Pour bien visualiser les dalles suivre les étapes suivant :

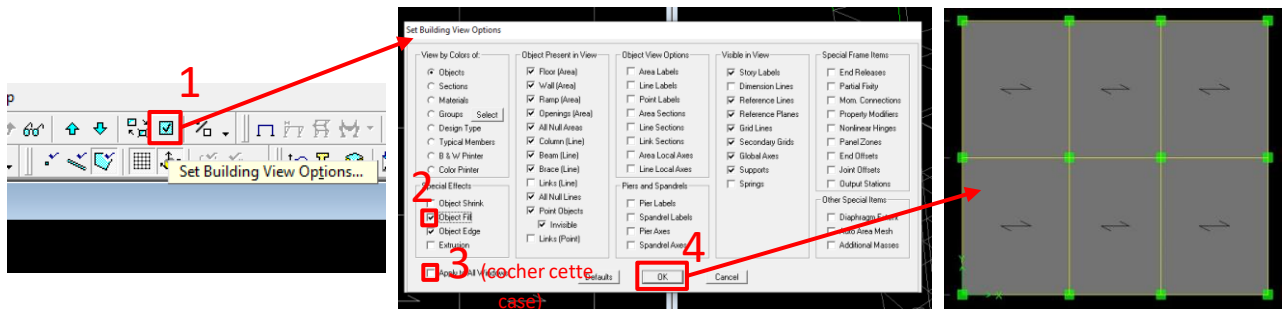


Figure 29: visualiser les dalles

Remarque : la flèche dans la dalle représente l'orientation des poutrelles (le sens de transmission des charges), elle doit être parallèle au sens des chainages (poutres secondaires).

Le sens porteur (poutres principales) est le sens du portique qui contient la plus longue travée (L_{max}), dans notre exemple le sens porteur est suivant l'axe **Y**.

4.3.8. Sélectionner tous les éléments du plancher TERRASSE et les copier dans les niveaux au-dessous par la commande « Replicate » :

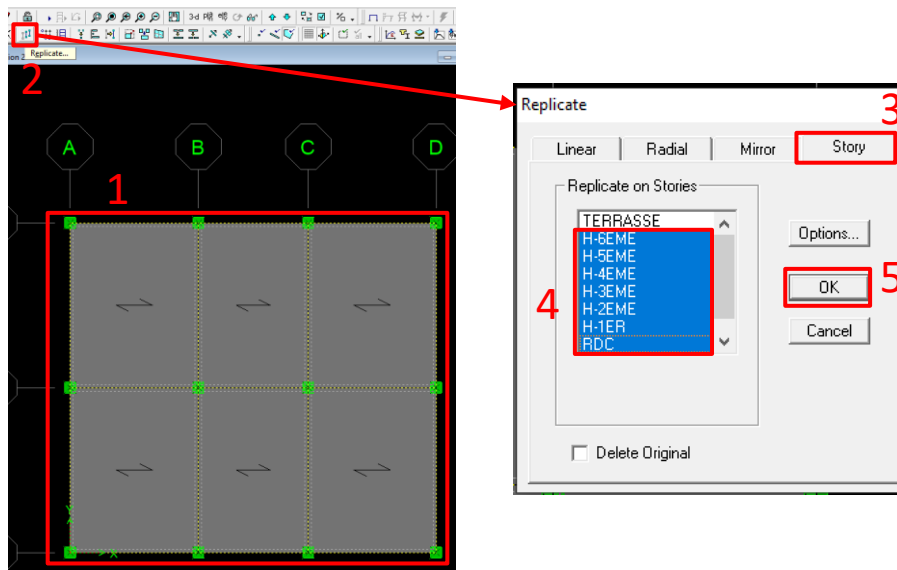


Figure 30: Sélectionner tous les éléments du plancher

4.3.9. Modifier les sections des poteaux pour les 6 premiers niveaux :

4.3.10. Pour faciliter la sélection choisir la vue en élévation puis activer la vue en perspective, changer l'orientation de la vue à l'aide du clavier (les flèches).

Figure 31: Modifier les sections des poteaux

4.3.11. Modéliser les voiles de contreventement avec « Fixed length » pour fixer la longueur du voile à 1m :

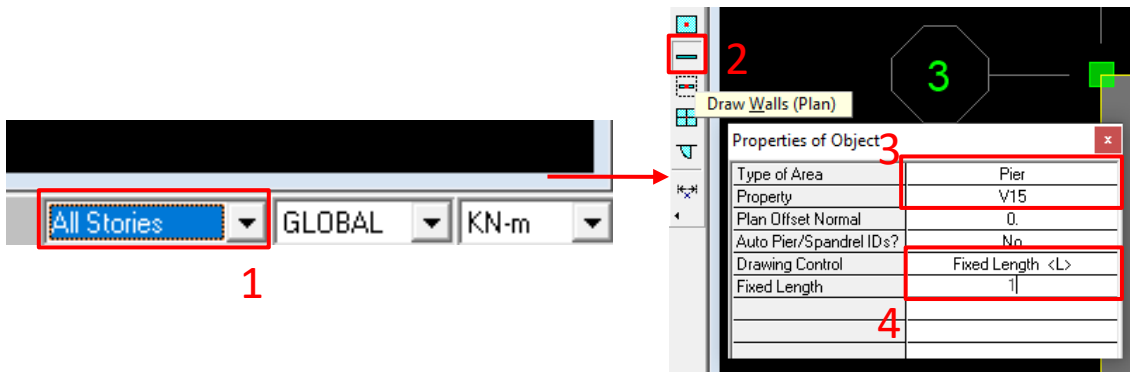


Figure 32: modéliser les voiles de contreventement a

4.3.12. Sélectionner le nœud de départ et d'arriver du voile :

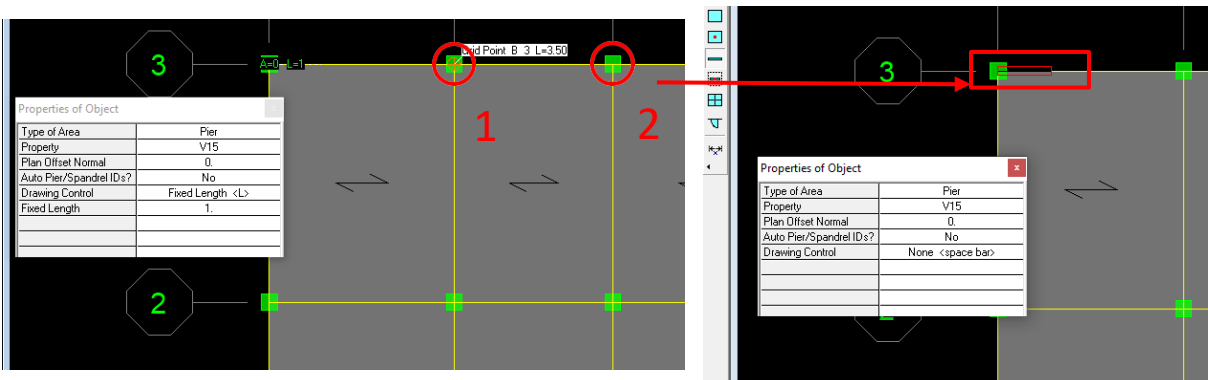


Figure 33: nœud de départ et d'arriver

4.3.13. Refaire les mêmes étapes pour tous les voiles qui restent, sachant qu'il faut refaire l'option « Fixed length » pour chaque voile :

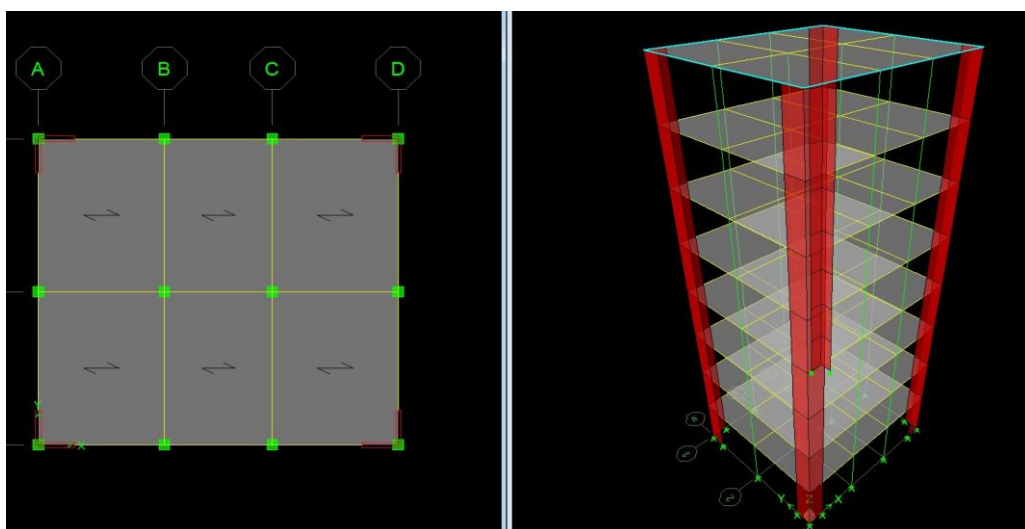


Figure 34: mêmes étapes pour tous les voiles

4.3.14. Mailler les voiles horizontalement et verticalement si nécessaire, dans notre exemple on va mailler les voiles verticalement seulement parce que la longueur du voile n'est pas très importante (l'intervalle des mailles est compris entre 0.80m et 1.10m environ)

4.3.15. Tout d'abord sélectionner tous les voiles qui se ressemblent vis-à-vis la géométrie (dans notre cas on va les sélectionner tous) :

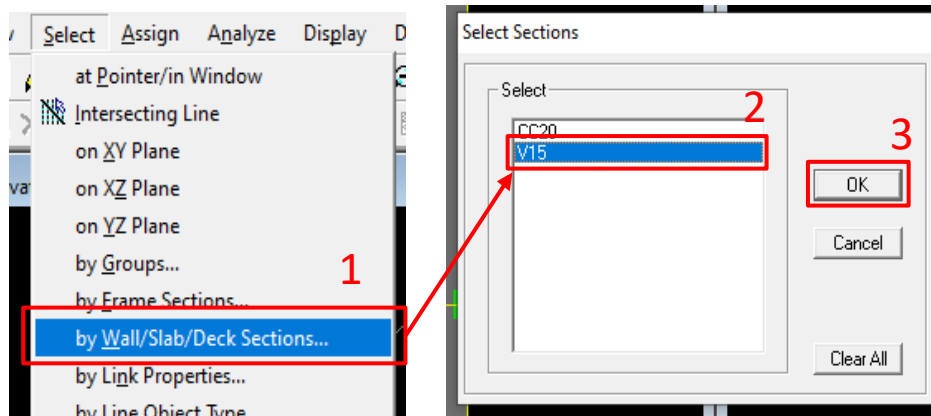


Figure 35: sélectionner tous les voiles

4.3.16. Aller vers le menu EDIT pour créer un maillage :

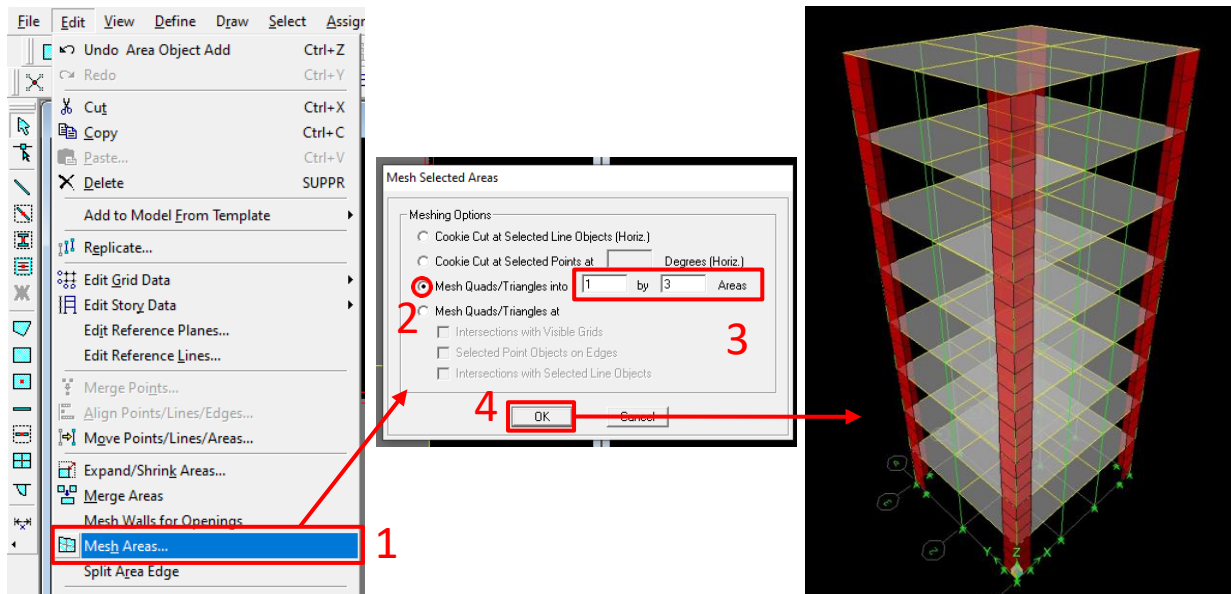


Figure 36: créer un maillage

4.3.17. Sélectionner et Encastrer toutes les nœuds de la base (Sélectionner **One story** au coin inférieur droit de la fenêtre pour ne pas appliquer l'encastrement dans tous les nœuds de la structure) :

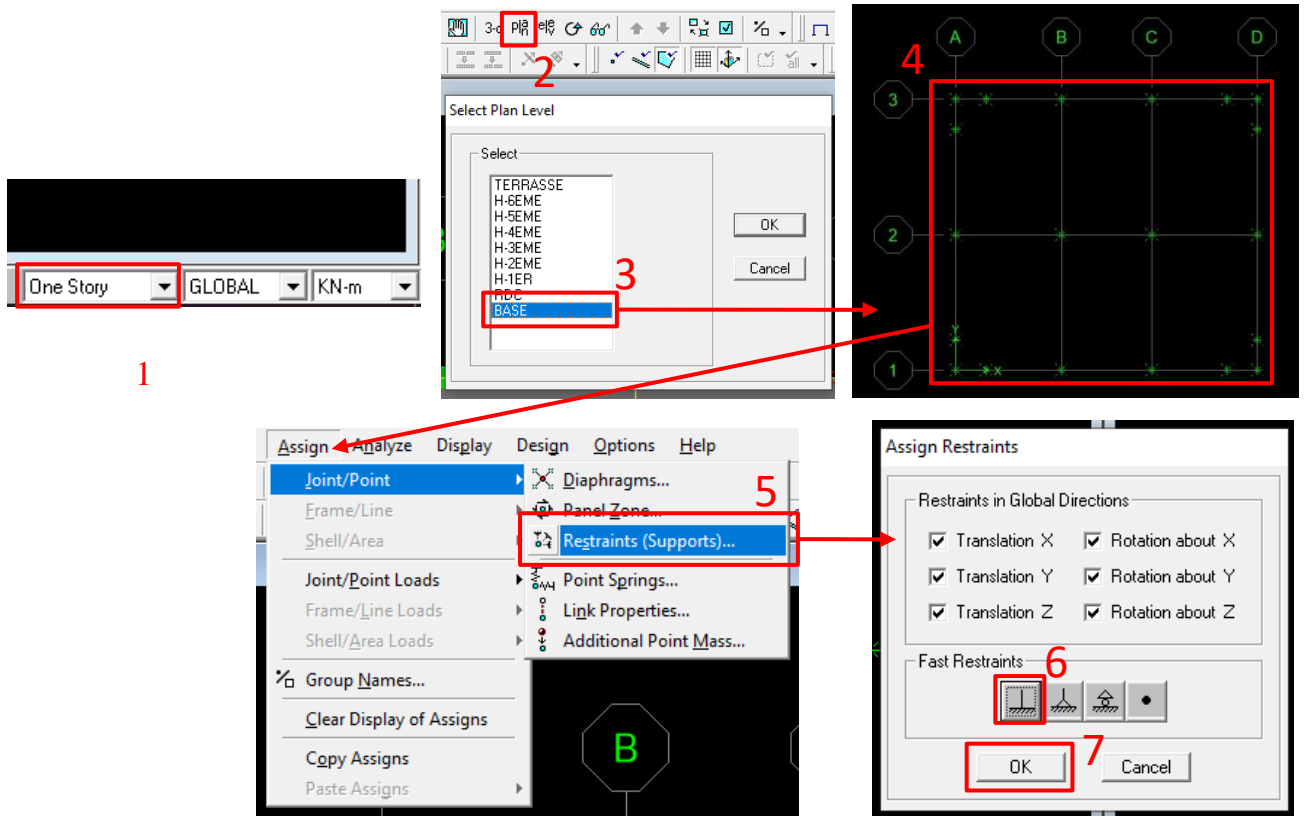


Figure 37: Sélectionner et Encastrer toutes les nœuds de la base

4.3.18. Appliquer le diaphragme pour tous les planchers :

4.3.19. Sélectionner les plancher un par un en commençons par le 1^{er} niveau (Haut RDC) jusqu'au dernier (TERRASSE)

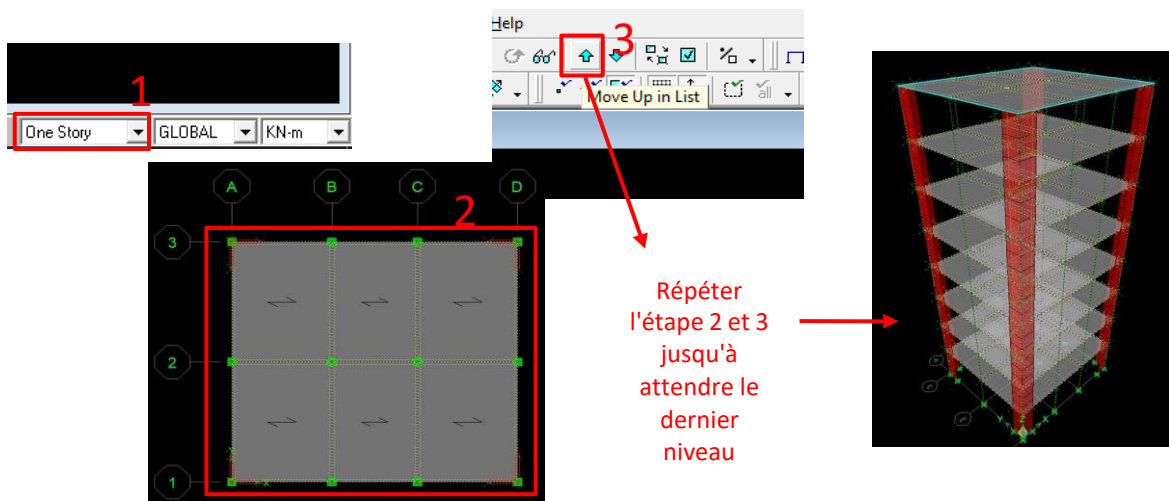


Figure 38: Diaphragme pour tous les planchers

4.3.20. Affecter le diaphragme D1 :

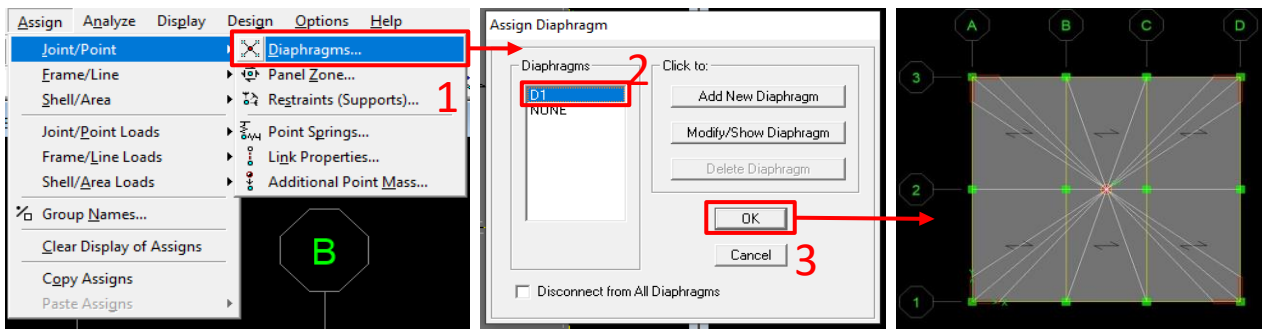


Figure 39: Affecter le diaphragme

4.3.20. Vérifier le model s'il y a des erreurs de modélisation :

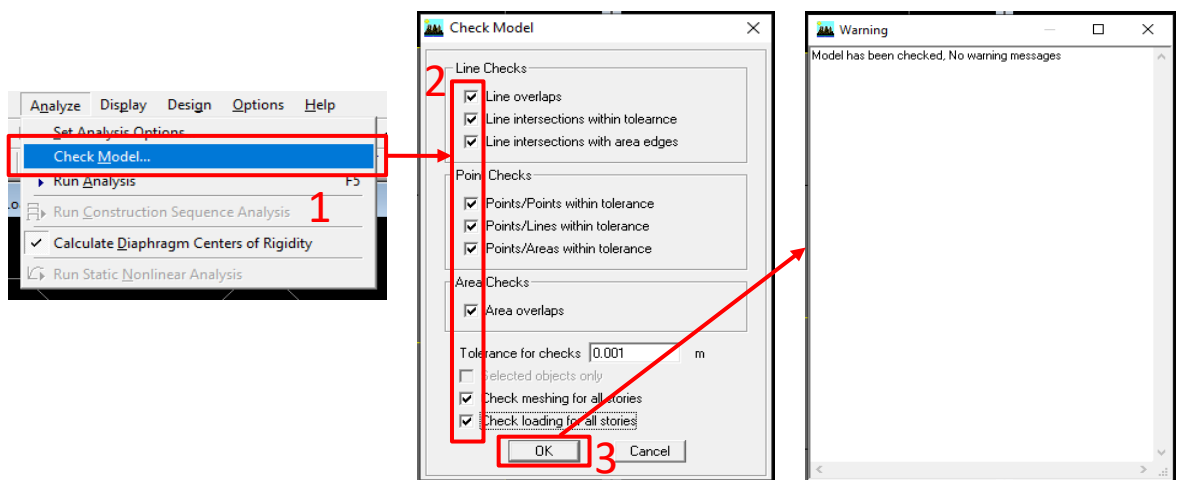
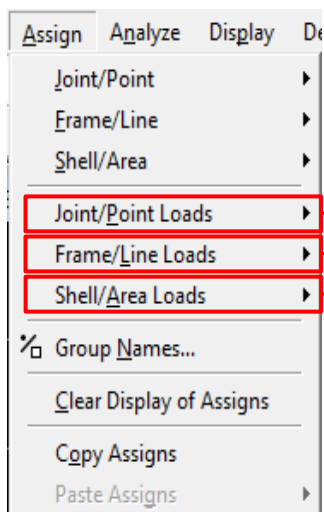


Figure 40: Vérifier le model

Pour appliquer les charges, on choisit les éléments où ils sont appliqués (nœuds, éléments linéiques, éléments surfaciques).

Pour appliquer une charge qui se retrouve sur plusieurs étages similaires, il faut s'assurer qu'on a choisi l'option **Similar Stories** en bas à droite dans la fenêtre principale :

4.4.1. Une fois l'élément sélectionné on choisit le type de charge à appliquer (dans le menu Assign)



Chargement des nœuds
 (ex : Action du séisme ou du vent ...)
Chargement des éléments linéiques (ex : Poutre, poteau ...)
Chargement des éléments surfaciques
 (ex : Dalle, Voile ...)

4.4.2. Chargement du plancher terrasse (élément surfacique) par la charge G_{Terrasse} (choisir l'option One Story) :

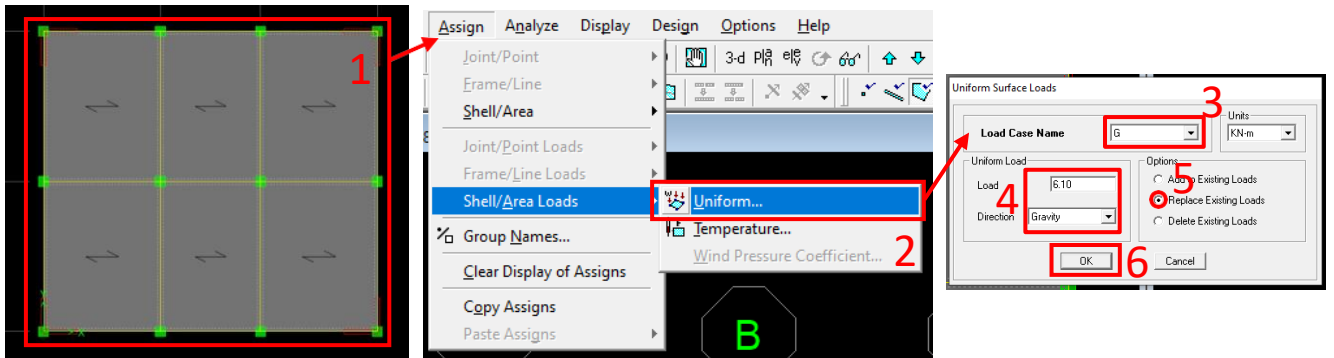
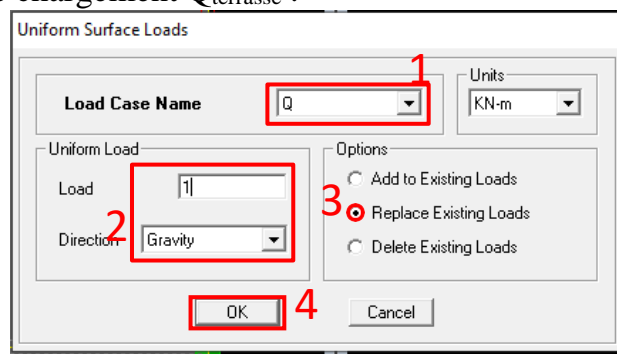


Figure 41: Chargement du plancher terrasse

- Idem pour le chargement Q_{terrasse} :



4.4.3. Application de la charge de l'acrotère sur la périphérie de la structure :

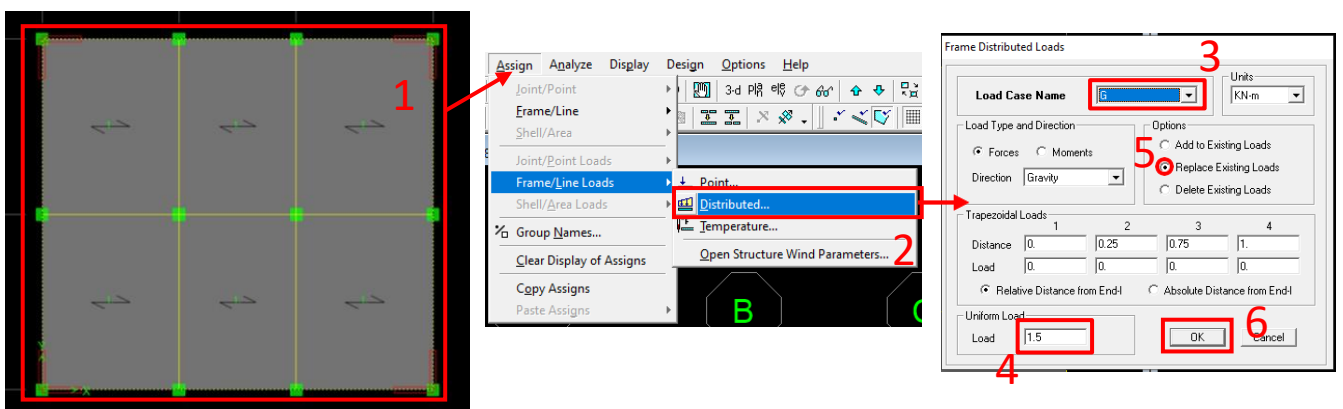
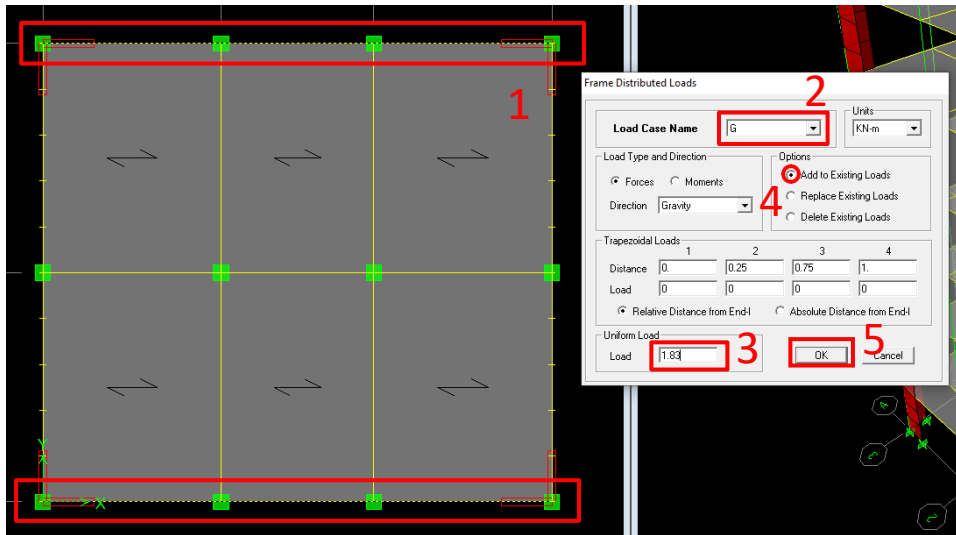


Figure 42: charge de l'acrotère

- Idem pour le chargement des chainages ($0.3 \cdot G_{\text{terrasse}}$ pour les chainages de rive et $0.6 \cdot G_{\text{terrasse}}$ pour les chainages intermédiaires)
- **Remarque** : les éléments sélectionné si dessous ont déjà été chargé sous G, pour ajouter une autre charge sur les mêmes éléments il faut sélectionl’option « Add to existing Loads » :



4.4.4. Refaire les mêmes étapes du chargement pour les autres niveaux(sélectionné l’option « Similar Stories » pour faciliter l’opération).

4.5. Chargement dynamique

Table 1: spectre de reponse

Pour le chargement dynamique (sismique) on va adopter la méthode spectrale modale, à l’aide de la feuille de calcul (excel) du spectre de réponse.

SPECTRE DE REPONSE DE CALCUL RPA99 VERSION 2003											
ZONE						Site					
Groupe	I	Ia	Ib	III		S1	S2	S3	S4		
1A	0.15	0.25	0.30	0.40		Rocueux	Ferme	Meuble	Tras		
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	T1 (sec)	0.10	0.16	0.16	0.16		
2	0.10	0.16	0.20	0.25	T2 (sec)	0.3	0.4	0.5	0.7		
3	0.07	0.10	0.14	0.18							
Dr. ABBAD HICHEM						Coefficient d'accélération de zone					
Maitre de conférences						T1= 0.15					
université Djillal Liabes						T2= 0.5					
Sidi Bel Abbès						ξ = 10					
						Pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau: 4,5,6,7,10					
NB ! les cellules grises sont						Q= 1.1					
protégées, vous ne pouvez						Facteur de qualité Q = (1,1;0,5;1,10;1,15;1,20;1,25;1,3;1,35					
pas les modifier						Facteur de comportement de la structure					
Tapez les valeurs de A,T1,2,						η= 0.76376262					
Q et R.											
T	Sa/g	Sa/g	Sa/g	Sa	SPECTRE DE REPONSE_RPA 99						
0	0.188	0.188	1.8387		Sa/ε						
0.01	0.183	0.183	1.7887		0.200						
0.02	0.178	0.178	1.7407		0.180						
0.03	0.173	0.173	1.6916		0.160						
0.04	0.168	0.168	1.6426		0.140						
0.05	0.163	0.163	1.5936		0.120						
0.06	0.158	0.158	1.5445		0.100						
0.07	0.153	0.153	1.4955		0.080						
0.08	0.148	0.148	1.4465		0.060						
0.09	0.143	0.143	1.3974		0.040						
0.1	0.138	0.138	1.3484		0.020						
0.11	0.133	0.133	1.2994		0.010						
0.12	0.128	0.128	1.2503		0.005						
0.13	0.123	0.123	1.2013		0.000						

Table 2: Paramètre sismique

4.5.1. Déterminer les paramètres sismique de la structure (A,T2, , Q , R) voir le RPA 99 version 2003.

Dans notre cas on va adopter les paramètres suivants :

A = 0.15
T1 = 0.15
T2 = 0.4
ξ = 10 (%)
Q = 1.25
R = 3.5
η = 0.76376262

4.5.2. Copier les 2 premières colonnes du tableau (voir la fig ci-dessous) et les mets dans un fichier texte :

Table 3: copier du tableau vers un fichier texte

T	Sa/g	Sa/g	Sa
0	0.188	0.188	1.8387
0.01	0.184	0.184	1.7995
0.02	0.180	0.180	1.7603
0.03	0.176	0.176	1.7211
0.04	0.172	0.172	1.6818
0.05	0.168	0.168	1.6436
0.06	0.164	0.164	1.6044
0.07	0.160	0.160	1.5651
0.08	0.156	0.156	1.5259
0.09	0.152	0.152	1.4877
0.1	0.148	0.148	1.4484
0.11	0.144	0.144	1.4092
0.12	0.140	0.140	1.3700
0.13	0.136	0.136	1.3317

Sauvegarder et fermer le fichier texte.

4.5.3. Introduire le spectre (fichier texte) sur ETABS :

Figure 43: Introduire le spectre

Remarque : si le message d'erreur « Running out of memory » s'affiche, il faut exécuter ETABS de nouveau et refaire l'opération.

4.5.4. Définir les Cas des charges sismiques Ex et Ey :

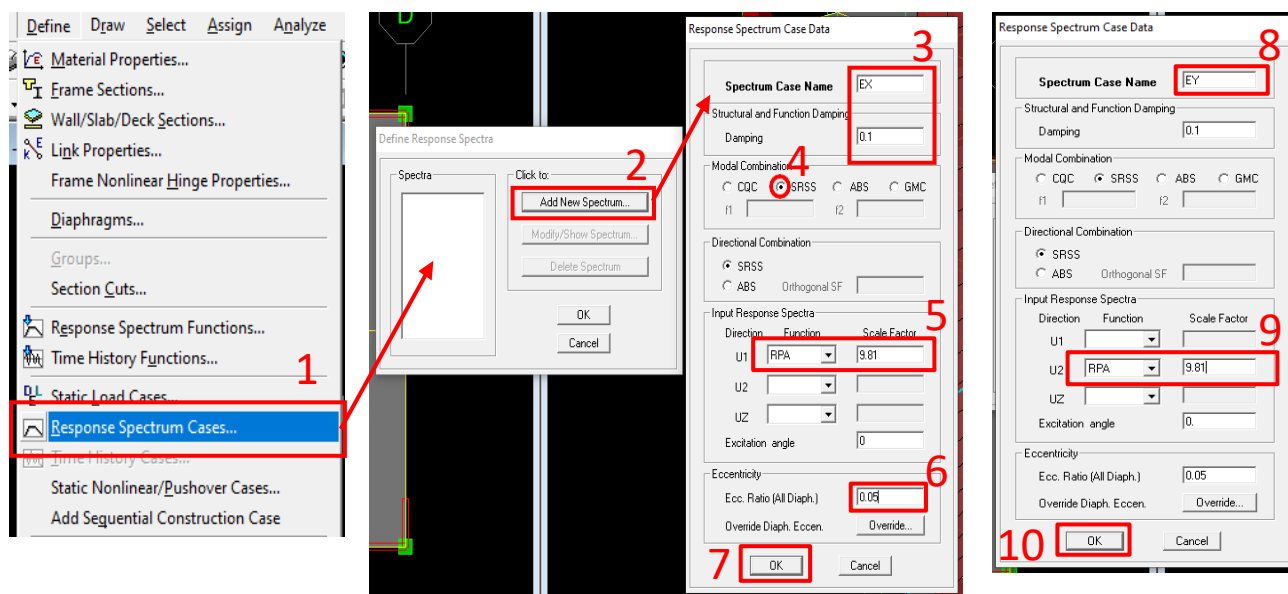


Figure 44: Cas des charges sismiques Ex et Ey

4.5.5. Définir les combinaisons suivant :

0.8G+Ex

0.8G+Ey

G+Q+Ex

G+Q+Ey

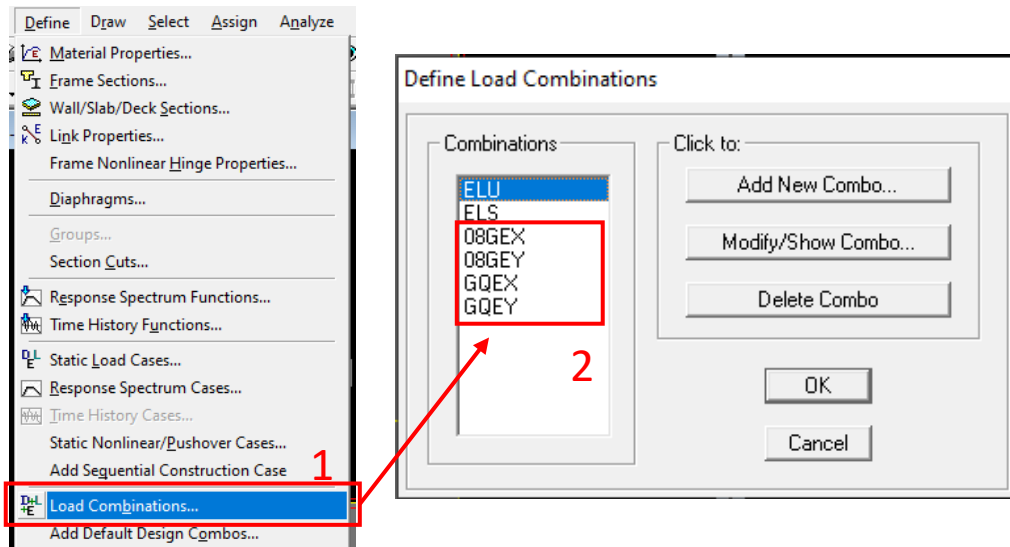


Figure 45: Définir les combinaisons

4.5.6. Définir la masse source pour l'analyse modale (on choisit la source de la masse et on ajoute les cas de charge à prendre en compte avec leurs facteurs de pondération) :

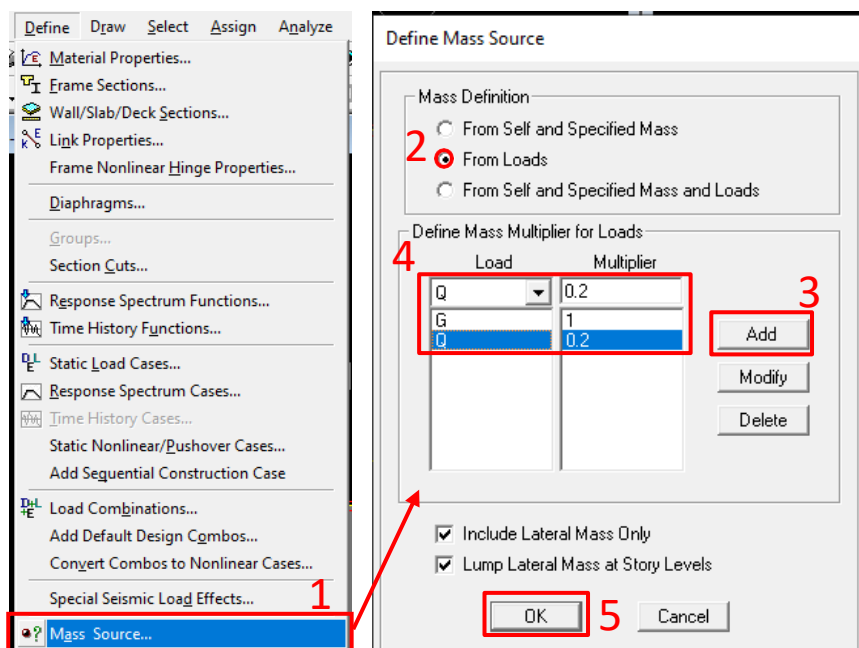


Figure 46: Définir la masse source

4.6. Analyse et exploitation des résultats

4.6.1. Spécifier le nombre de mode (généralement le nombre de mode égal au nombre de niveau de la structure) :

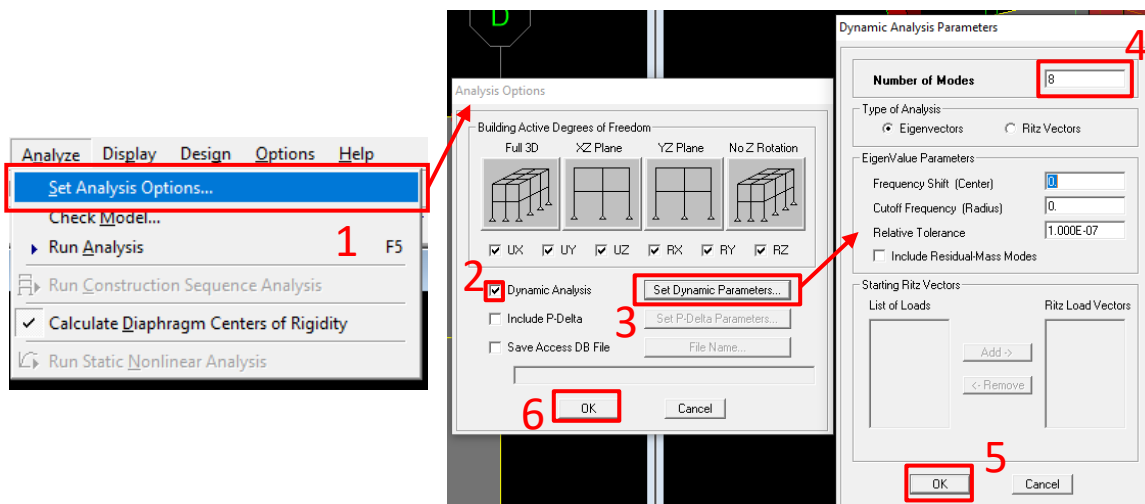


Figure 47: Spécifier le nombre de mode

4.6.2. Lancez les analyses de la structure (bouton F5) :

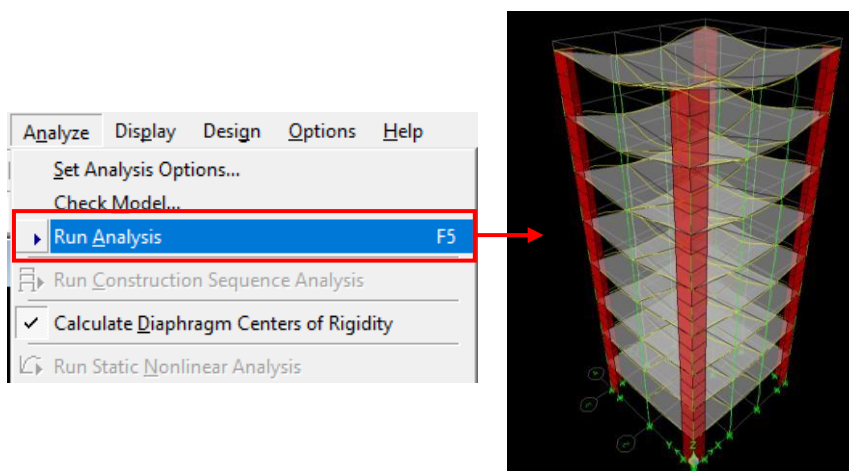


Figure 48: Lancer les analyses

4.6.3. Une fois l'analyse terminée, on peut afficher les déformations de la structure pour chaque cas de charge appliqué (Il est préférable de sélectionner une Vue d'élévations) :

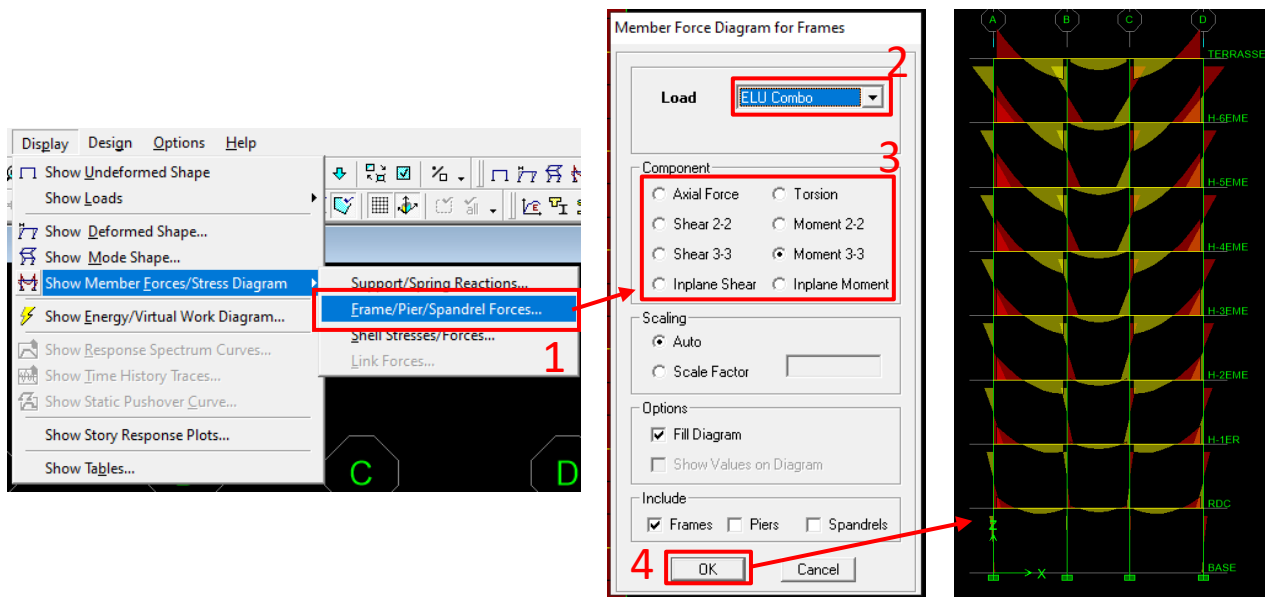


Figure 49: afficher les déformations de la structure

4.6.4. On peut voir plus de détail sur chaque élément en le cliquant comme ci-dessus par le bouton droit de la souris :

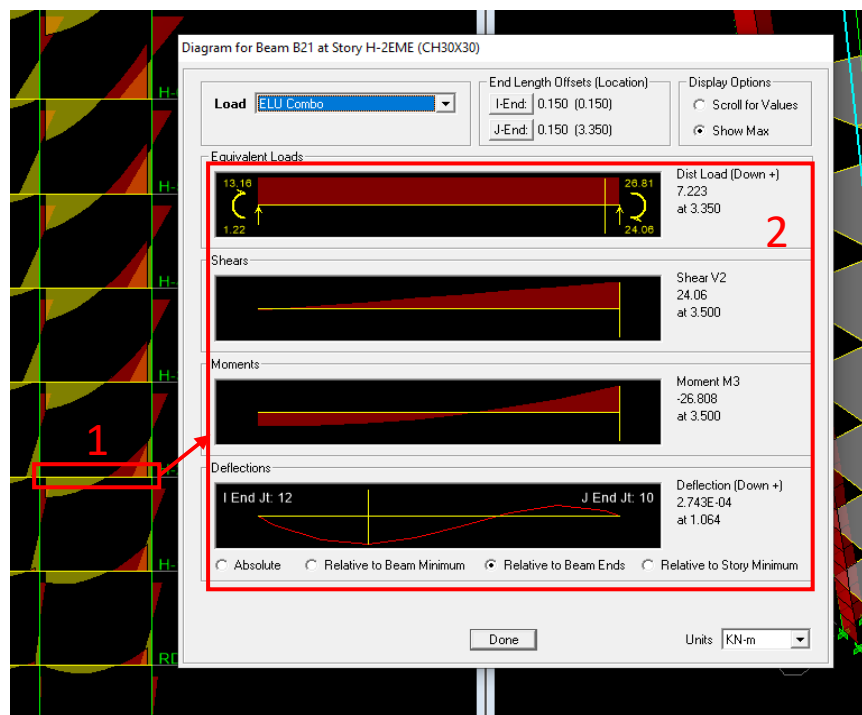


Figure 50: Voir plus de détail sur chaque élément

4.6.5. On peut aussi exploiter les résultats d'analyse et toutes les informations de la structure à partir de tableaux créés par ETABS, tout en choisissant les résultats qu'on veut affichée, les cas de charges et les combinaisons.

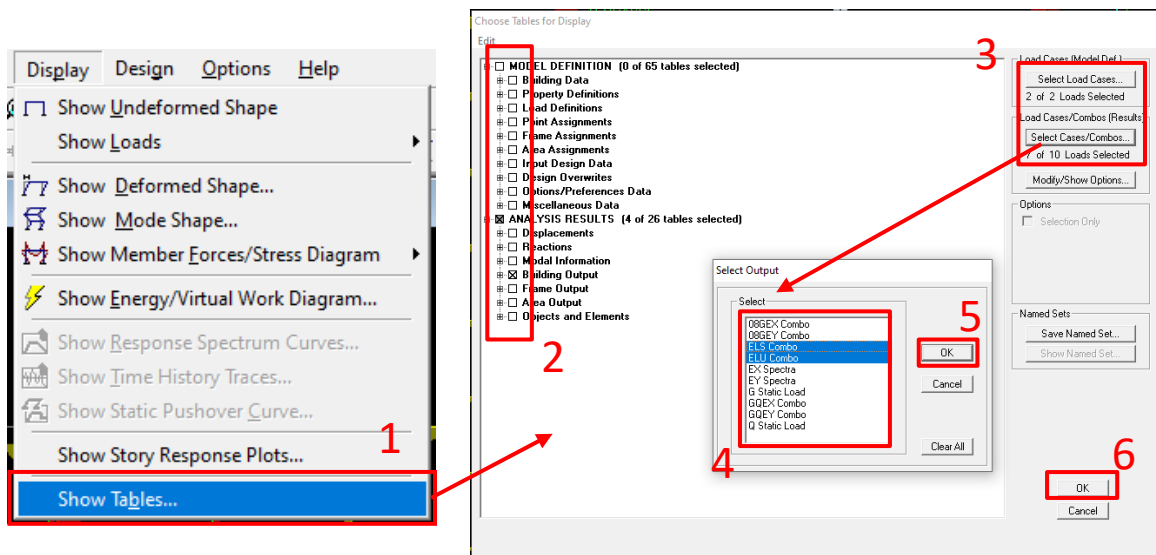


Figure 51: Exploiter les résultats d'analyse

4.6.6. **Remarque** : on utilise l'option « **Selected only** » lorsqu'on veut affichée les résultats des éléments sélectionnés sur le modèle seulement.

4.6.7. On peut copier et coller les données du tableau dans un fichier Excel pour traitement ultérieur simplement en cliquons sur le menu **Edit Copy entire table** :

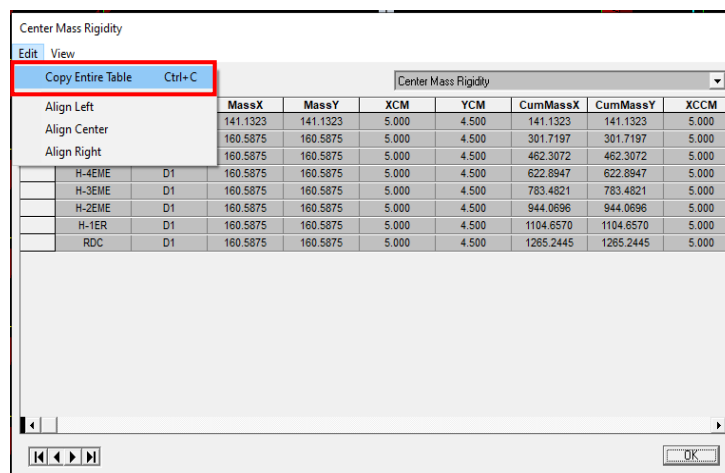


Figure 52: Copier et coller les données du tableau

4.6.8. Maintenant à l'aide de ces résultats vous pouvez faire les vérifications de stabilité nécessaire pour votre Project.

4.7. Ferrailage

4.7.1. Avant de démarrer le calcul du ferrailage il faut tout d'abord changer le règlement par défaut, puis lancer les analyses :

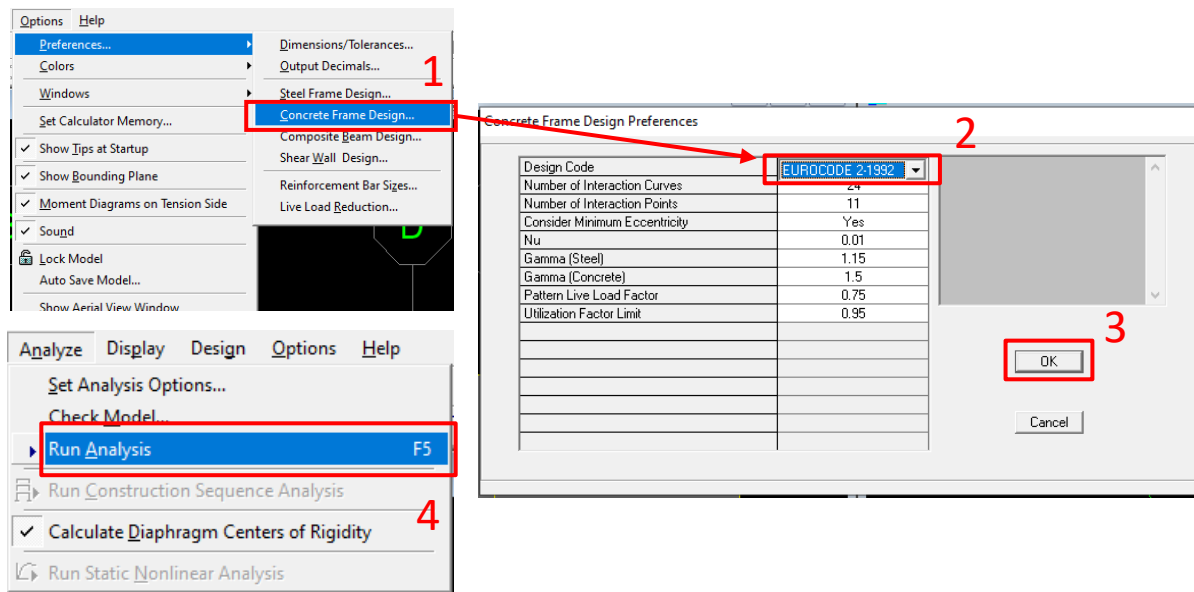


Figure 53: Ferrailage

4.7.2. Choisir les combinaisons correspondante au calcul du ferrailage selon le règlement BAEL, dans notre cas, nous n'avons besoin que de la combinaison 1.35G+1.5Q (ELU) :

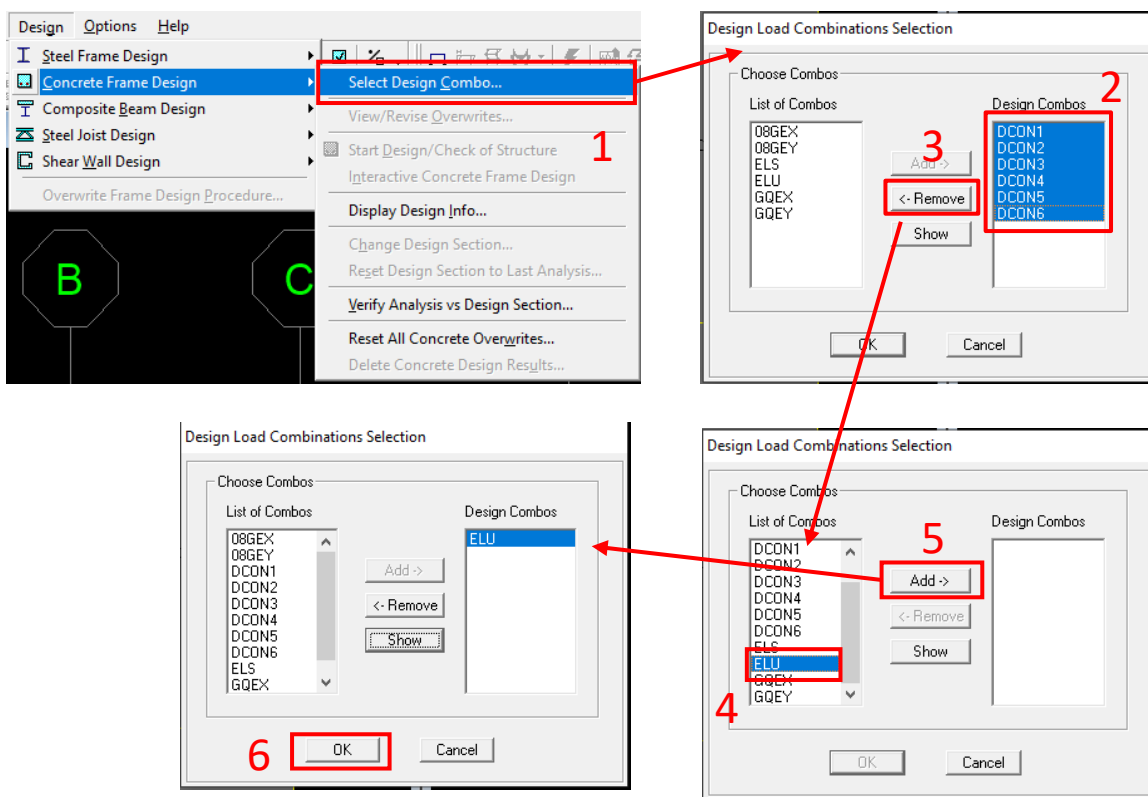


Figure 54: Choisir les combinaisons

4.7.3. Démarrer le calcul du ferrailage :

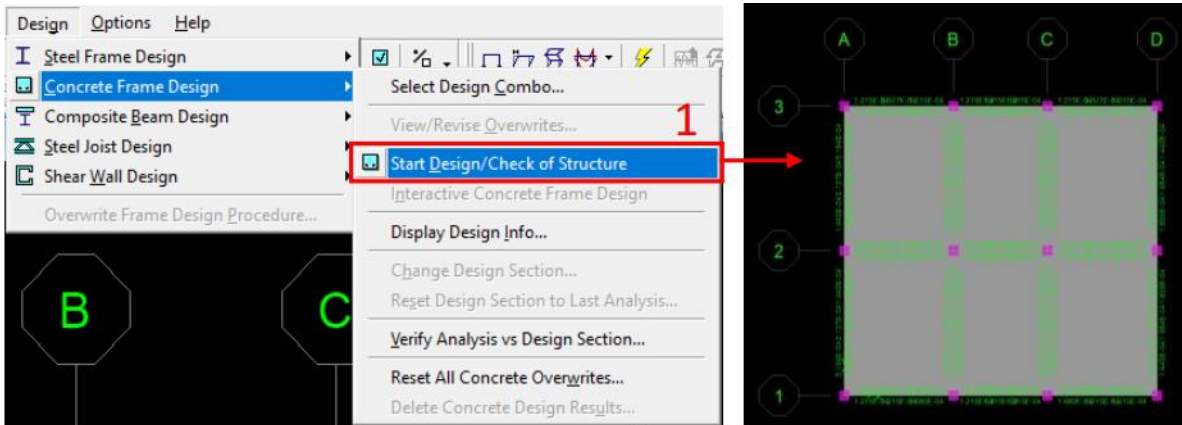


Figure 55: Calcul du ferrailage

4.7.4. Changer les unités en kN-cm (coin bas droite de la fenêtre) pour que les valeurs du ferrailage soient en cm².

4.7.5. Exploitation des résultats du ferrailage graphiquement tout en choisironsla

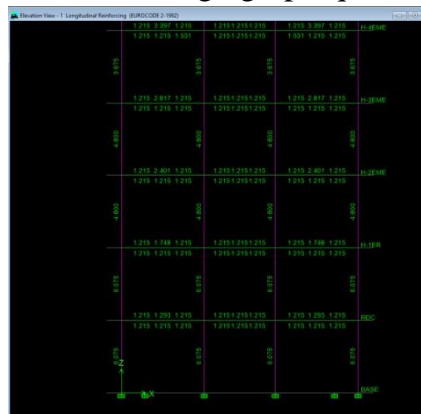


Figure 56: Exploitation des résultats du ferrailage graphiquement

vue en élévation pour mieux visualiser les valeurs :
Ou bien à partir des tableaux des résultats :

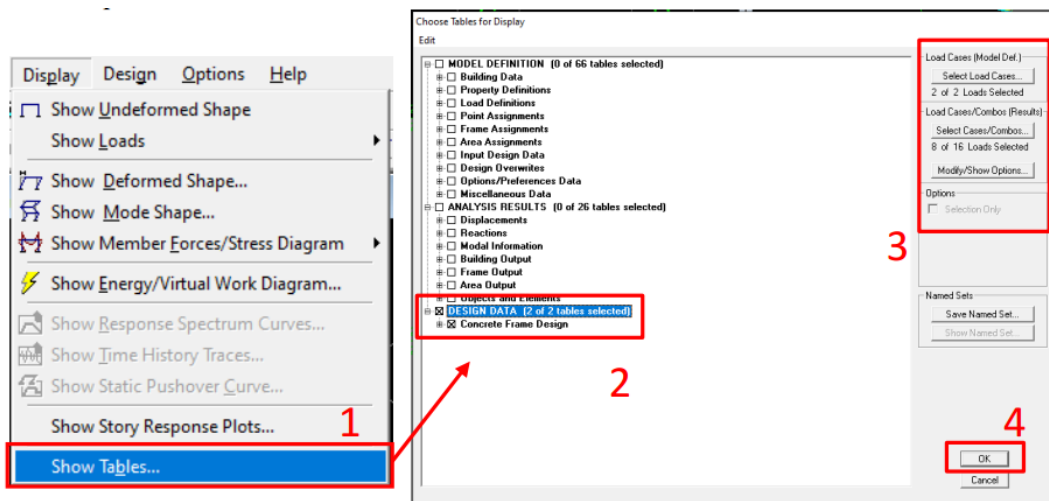


Figure 57: Exploitation des résultats du ferrailage à partir des tableaux des résultats

Références

1. Manuel d'utilisation du logiciel hôte.
2. Béton armée B.A.E.L 91 modifié 99 D.T.U associés (JEAN-PIERRE MOUGIN édition EYROLLES, 2000).
3. Document technique réglementaire D.T.R BC 2 48. Règles parasismique algériennes RPA 99 /version 2003.
4. Document technique réglementaire (D.T.R. C 2-4.7). Règlement neige et vent "R.N.V.1999".
5. Document technique réglementaire (D.T.R. BC 2.2). Charges permanentes et charges d'exploitation.

Logiciels techniques :

6. ETABS V 9.7
7. AUTOCAD v2016
8. Microsoft Excel 2013