

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique



POLYCOPIE:

Travaux pratiques de modélisation des structures

Niveau : 1 Master Voies et Ouvrages D'Art

Préparé par : Dr.YAGOUB Mohamed

Année 2023/2024



Table des matières

Liste des figures	4
Liste des tableaux	4
Avant-propos	5
Objectifs de l'enseignement:	6
PARTIE -1	
1. Initiation aux documents nécessaires pour la modélisation :	8
2. Introduction des exemples de structures simples	9
3. Introduction des différentes charges	15
4. Modélisation et analyse des structures	17
5. Exploitation et interprétation des résultats.....	19
6. Dessins d'exécution et notes de calculs.....	21
PARTIE -2	
1. L'introduction :	24
2. Présentation du logiciel	25
3. Les conventions de signes	25
4. Logiciels de Calcul de Structures	26
5. Raccourcis clavier :	27
6. Domaines d'Utilisation.....	28
7. Les différentes étapes d'utilisation du logiciel	29
8. Déterminé le type de structure à calculer	30
9. Sélectionner les paramètres de votre projet	31
10. Créé les lignes de construction.....	33
11. Défini les propriétés de tous les éléments de la structure	34
12. La modélisation des éléments	36
13. Les conditions limites ou les appuis.....	36
14. Chargement.....	37
15. Les combinaisons de charges	38
16. La vérification de la structure	39
17. Type d'étude.....	40
18. Diaphragmes rigides	42
19. Méthode de calcul modale	43
20. Méthode de calcul sismique	44
21. Lancement des calculs.....	44
22. Les différents diagrammes	46
23. Les modes propres	47
24. Note de calcul et les plans d'exécutions :	49
25. Conclusion	50
PARTIE -3	
1. Etapes de modélisation des structures.....	52
2. Exemple -01- Structure 2D	62
3. Exemple-02- Structure 3D	63
4. Exemple -03- Structure 3D (R+1)	65
5. Projets modélisée avec le logiciel	67
Références bibliographiques	68

Liste des figures

Figure 1	9
Figure 2	10
Figure 3	10
Figure 4	11
Figure 5	12
Figure 6	13
Figure 7	14
Figure 8	17
Figure 9	18
Figure 10	19
Figure 11	22
Figure 12	25
Figure 13	26
Figure 14	29
Figure 15	30
Figure 16	31
Figure 17	32
Figure 18	32
Figure 19	33
Figure 20	34
Figure 21	35
Figure 22	36
Figure 23	37
Figure 24	37
Figure 25	38
Figure 26	38
Figure 27	39
Figure 28	40
Figure 29	41
Figure 30	41
Figure 31	42
Figure 32	43
Figure 33	44
Figure 34	45
Figure 35	46
Figure 36	48
Figure 37	49
Figure 38	67
Figure 39	67
Figure 40	67

Liste des tableaux

Tableau 1	27
Tableau 2	52
Tableau 3	62
Tableau 4	63

Avant-propos

Chers étudiants en première année de Master VOA,

*Il me fait plaisir de vous présenter ce polycopié qui accompagnera vos travaux pratiques de **modélisation des structures**. Ce support écrit a été conçu dans le but de vous offrir une référence claire et concise pour approfondir vos connaissances et vous accompagner tout au long de ce cours essentiel.*

La modélisation des structures est un domaine fondamental de l'ingénierie civile et de l'architecture. Ce cours vise à vous fournir les outils théoriques et pratiques nécessaires pour comprendre et analyser le comportement des structures dans diverses conditions.

*Ce polycopié a été élaboré avec soin, en prenant en compte les besoins spécifiques des étudiants en première année de **Master VOA**. Il contient des explications détaillées, des exemples concrets, ainsi que des exercices pour vous permettre de mettre en pratique les concepts abordés en cours.*

*Ce polycopié de cours sur les travaux pratiques de la matière "**Projet Ouvrages en béton armé**" est conçu pour guider les étudiants à travers trois parties distinctes. La première partie comprend plusieurs TP, notamment l'initiation aux documents nécessaires, l'introduction des exemples de structures simples, l'introduction des différentes charges, la modélisation et l'analyse des structures, ainsi que l'exploitation et l'interprétation des résultats, les dessins d'exécution et les notes de calculs. La deuxième partie est consacrée aux guides d'utilisation des logiciels tels que Robot Structural Analysis. Enfin, la troisième partie propose des exemples pratiques pour mettre en application les connaissances acquises. Ce polycopié vise à offrir aux étudiants une formation complète et pratique dans le domaine du génie civil, en mettant l'accent sur la conception et l'analyse des ouvrages en béton armé.*

*Je vous encourage à l'utiliser comme un guide précieux tout au long de vos travaux pratiques. N'hésitez pas à poser des questions, à explorer les différents sujets abordés et à approfondir votre compréhension de la modélisation des structures avec le logiciel **Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019**.*

Je vous souhaite à tous un semestre fructueux et enrichissant, et j'espère que ce polycopié contribuera à votre réussite dans ce cours passionnant.

Bien à vous,

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est de permettre à l'étudiant de mener une étude complète des ouvrages en béton armé dans le domaine du génie civil. Cela inclut les aspects de calcul, de dimensionnement et de vérification des structures en béton armé. L'étudiant apprendra à appliquer les principes de conception et les normes de sécurité pour garantir la résistance, la durabilité et la fiabilité des ouvrages en béton armé. Ce cours vise à fournir aux étudiants les compétences nécessaires pour concevoir et évaluer des structures en béton armé dans le cadre de **TP Projet**

Ouvrages en béton armé

Les objectifs de ces travaux pratiques sont d'initier les étudiants à l'utilisation de différents logiciels de modélisation des structures simples en génie civil, tels que Robot Structural Analysis, SAP, ETABS, et d'autres encore. Cette étape vise à leur fournir les compétences nécessaires pour modéliser des ouvrages d'art et des structures complexes par la suite. L'objectif est de familiariser les étudiants avec ces outils de modélisation afin de les préparer à des projets de génie civil plus avancés.

PARTIE -1

1. Initiation aux documents nécessaires pour la modélisation :

1) Plans d'architecture :

Les plans d'architecture sont des documents essentiels qui décrivent la conception d'un bâtiment ou d'une structure. Ils comprennent des vues en plan, des coupes transversales et longitudinales, des élévations, ainsi que des détails spécifiques à la construction.

2) Études du sol :

Les études du sol sont réalisées pour évaluer la capacité portante du sol et son comportement face aux charges. Elles comprennent des rapports géotechniques, des profils de sondage, des analyses de la composition du sol, et des recommandations pour les fondations.

3) Plans de structure :

Les plans de structure détaillent les éléments en béton ou de la charpente, y compris les poutres, les colonnes, les fondations, et les éléments de contreventement. Ils indiquent les dimensions, les matériaux, les connexions, et les charges supportées.

4) Fonctionnalités du logiciel :

a-Modélisation 3D : Les logiciels de modélisation permettent de créer des représentations virtuelles des structures en trois dimensions, facilitant la visualisation et l'analyse des éléments de construction.

b-Analyse de structure : Ces logiciels permettent de simuler le comportement des structures sous différentes charges, de calculer les déformations, les contraintes, et les efforts internes, et d'optimiser la conception en conséquence.

c-Gestion de projet : Certains logiciels intègrent des fonctionnalités de gestion de projet, permettant de suivre l'avancement des tâches, de gérer les ressources, et de collaborer avec d'autres intervenants.

2. Introduction des exemples de structures simples

1) Une structure en poutre et en colonne :

Une structure en poutre et en colonne est un système de support couramment utilisé dans la construction. Les poutres, qui sont des éléments horizontaux, supportent les charges verticales et les transmettent aux colonnes, qui sont des éléments verticaux. Les colonnes supportent à leur tour les poutres et transfèrent les charges verticales au sol.

Ce type de structure est largement utilisé dans la construction de bâtiments, de ponts et d'autres structures. Les poutres et les colonnes sont souvent fabriquées en acier, en béton armé ou en bois, en fonction des exigences de la structure. Elles sont conçues pour résister aux charges permanentes et d'exploitation, ainsi qu'aux charges sismiques et climatiques, afin de garantir la stabilité et la sécurité de la structure.

a-Poutre : Une poutre est un élément horizontal qui supporte la charge d'un bâtiment ou d'une structure. Les poutres sont souvent utilisées pour soutenir les planchers, les toits ou les ponts. Elles peuvent être en bois, en acier, en béton armé ou en d'autres matériaux, et leur forme peut varier en fonction des besoins de la structure.

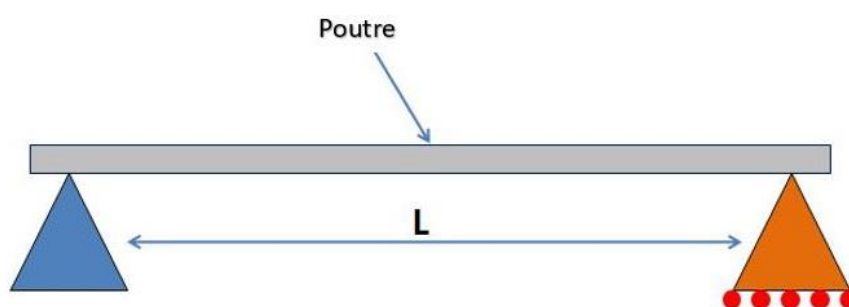


Figure 1

b-Colonne : Une colonne est un élément vertical qui supporte également la charge d'un bâtiment ou d'une structure. Les colonnes sont souvent utilisées pour soutenir les poutres, les planchers ou les toits. Elles peuvent être cylindriques, carrées ou de formes plus complexes, et sont généralement fabriquées en béton armé, en acier ou en d'autres matériaux de construction.

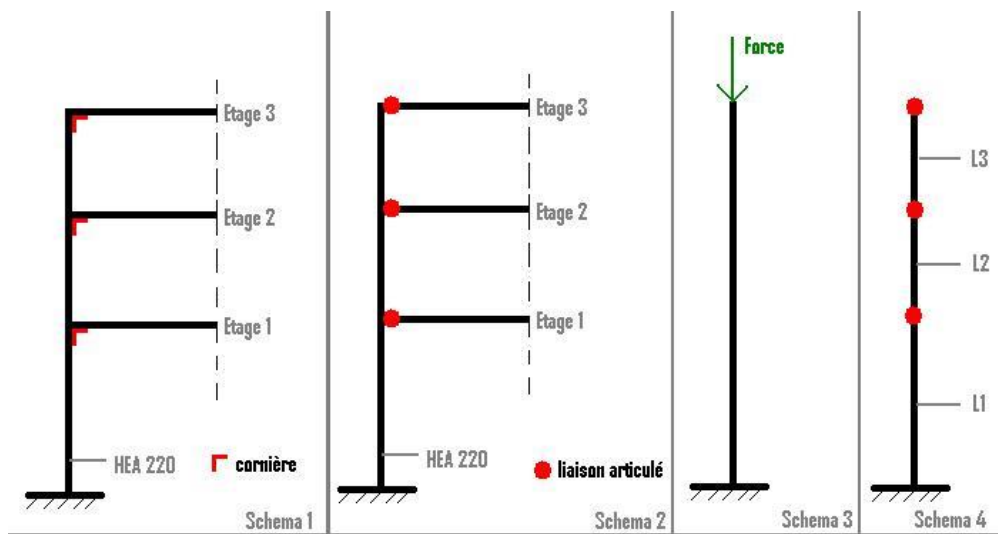


Figure 2

Ensemble, les poutres et les colonnes forment un système de support essentiel pour de nombreux types de bâtiments, assurant la stabilité et la résistance structurelle nécessaires pour supporter les charges verticales et horizontales.

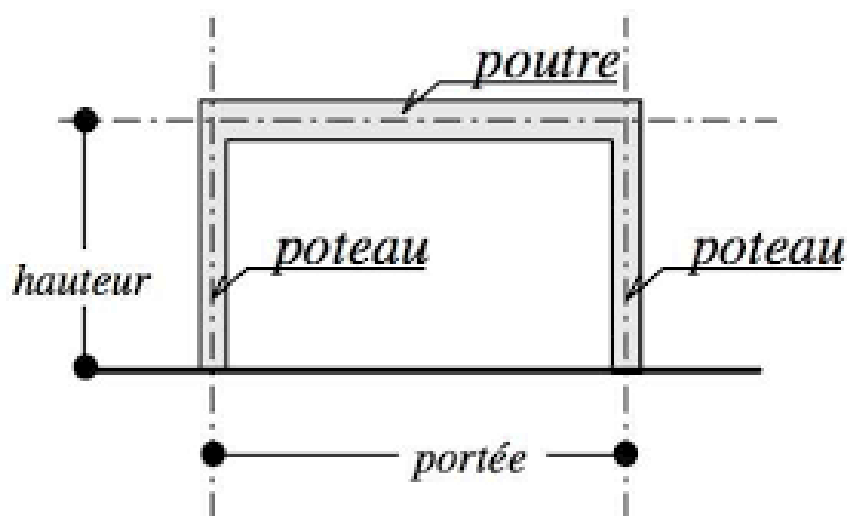


Figure 3

2) Une structure en treillis pour soutenir une passerelle piétonne :

est un assemblage de poutres et de montants interconnectés qui forment un réseau triangulé. Ce type de structure est souvent utilisé pour les passerelles piétonnes en raison de sa capacité à supporter des charges importantes tout en restant relativement légère.

Les treillis sont constitués de membres droits reliés par des nœuds aux intersections, formant ainsi un réseau de triangles. Cette conception permet de répartir efficacement les charges et de minimiser la déformation de la structure sous contrainte.

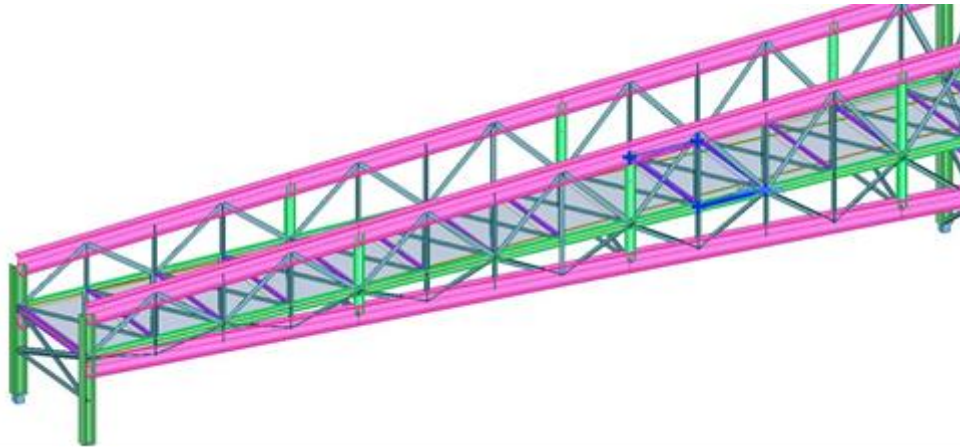


Figure 4

Les avantages d'une structure en treillis pour une passerelle piétonne incluent sa légèreté, sa résistance et sa capacité à couvrir de grandes portées sans nécessiter de supports intermédiaires. Cela permet de créer des passerelles aériennes qui offrent une vue dégagée et un passage sûr pour les piétons.

3) Une structure en arc pour un pont :

est une conception courante qui utilise la forme d'un arc pour supporter la charge du pont. Les arcs sont des éléments courbés qui transmettent les charges du pont vers les extrémités, où elles sont ensuite transférées au sol. Cette conception permet de franchir des distances importantes tout en supportant des charges lourdes.

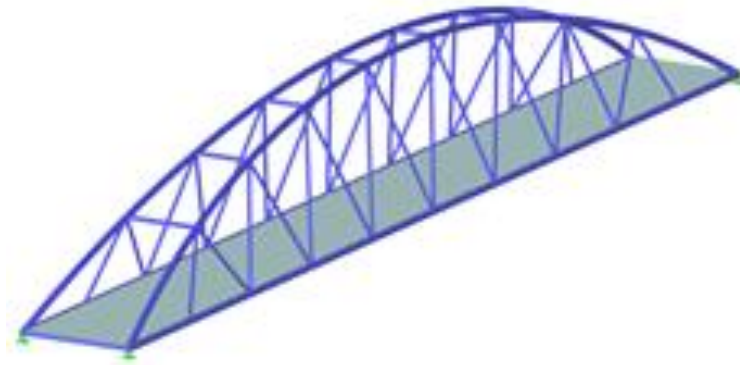


Figure 5

Les avantages d'une structure en arc pour un pont incluent sa capacité à résister à la compression, sa stabilité et sa capacité à couvrir de grandes portées sans nécessiter de supports intermédiaires. De plus, les ponts en arc ont souvent une esthétique attrayante et peuvent devenir des éléments emblématiques du paysage.

Les inconvénients potentiels comprennent la complexité de la construction et la nécessité de disposer d'un espace de dégagement suffisant sous le pont en raison de la forme courbée de l'arc. Cependant, dans de nombreux cas, les avantages structurels et esthétiques l'emportent sur ces inconvénients, ce qui fait des ponts en arc un choix populaire pour de nombreuses applications.

4) Une structure en dôme pour un bâtiment circulaire :

est une conception architecturale qui utilise un dôme comme élément de toiture pour couvrir un espace circulaire. Les dômes sont des structures courbées en forme de demi-sphère ou de forme similaire qui offrent une résistance structurelle tout en créant un espace intérieur spacieux et ouvert.

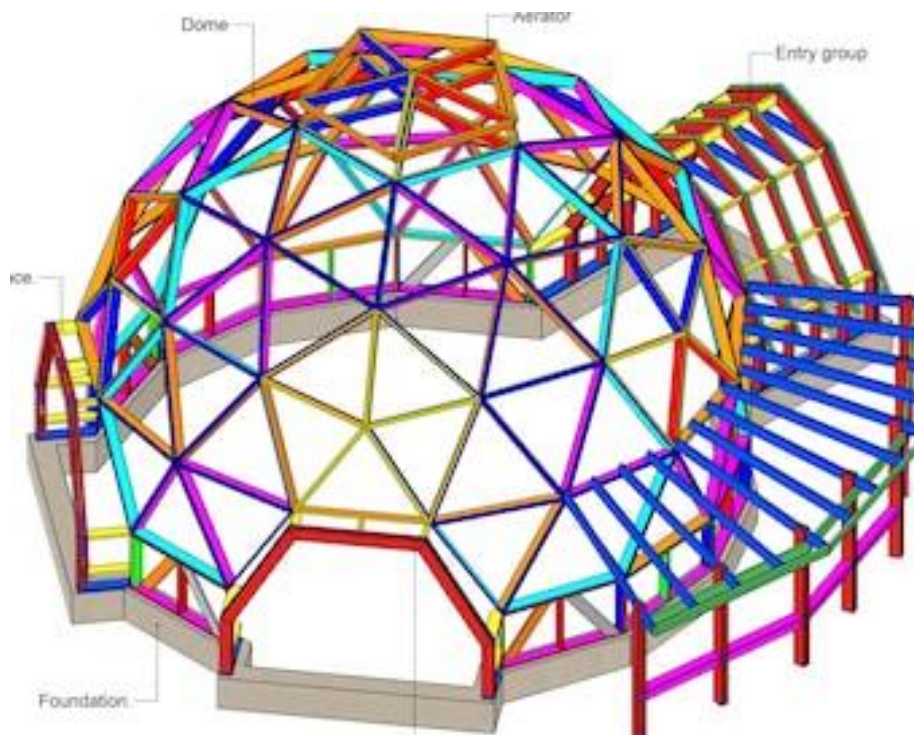


Figure 6

Les avantages d'une structure en dôme pour un bâtiment circulaire incluent sa capacité à couvrir de grandes surfaces sans nécessiter de supports intermédiaires, sa résistance aux charges de vent et de neige, ainsi que son esthétique distinctive. Les dômes peuvent également offrir une efficacité énergétique en raison de leur forme qui minimise la surface exposée aux éléments extérieurs.

Les inconvénients potentiels comprennent la complexité de la construction et la nécessité de concevoir des systèmes de support adaptés pour maintenir la forme du dôme. Cependant, les

dômes sont souvent choisis pour leur attrait visuel et leur capacité à créer des espaces intérieurs uniques et impressionnants.

5) Une structure en cadre pour une maison ou un bâtiment à plusieurs étages :

est une méthode de construction qui utilise des poutres horizontales et des colonnes verticales pour soutenir les planchers, les murs et le toit. Cette méthode de construction est couramment utilisée pour les bâtiments de plusieurs étages en raison de sa capacité à supporter des charges verticales importantes et à offrir une flexibilité dans la disposition des espaces intérieurs.

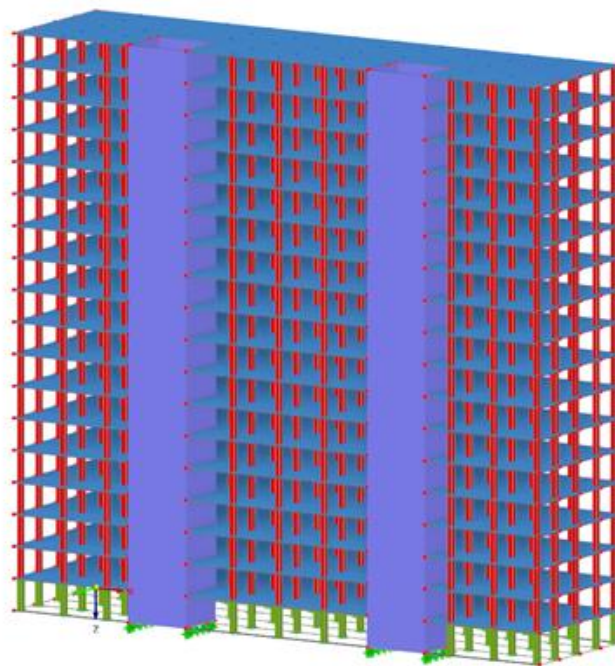


Figure 7

Les avantages d'une structure en cadre pour une maison ou un bâtiment à plusieurs étages incluent sa capacité à supporter des charges importantes, sa flexibilité dans la conception des espaces intérieurs et sa capacité à permettre de grandes ouvertures pour les fenêtres et les portes. De plus, les structures en cadre peuvent être construites de manière efficace et économique.

Les inconvénients potentiels comprennent la nécessité de concevoir soigneusement les connexions entre les poutres et les colonnes pour assurer la stabilité de la structure, ainsi que la possibilité de résonance sismique dans certaines conditions. Cependant, avec une

conception et une construction appropriées, les structures en cadre offrent une solution robuste et polyvalente pour les maisons et les bâtiments à plusieurs étages.

3. Introduction des différentes charges

Les structures sont soumises à différentes charges qui peuvent affecter leur comportement et leur stabilité. Voici une introduction aux principales charges auxquelles les structures peuvent être exposées :

1) La charge permanente,

également connue sous le nom de charge morte, représente le poids propre des éléments de construction d'une structure tels que les murs, les planchers, les poutres, les fondations, etc. Cette charge est constante et ne varie pas dans le temps, et elle doit être prise en compte lors de la conception et de l'analyse des structures pour assurer leur stabilité et leur résistance à long terme.

2) La charge d'exploitation,

également appelée charge vive, fait référence aux charges dues à l'utilisation normale d'une structure, telles que le poids des personnes, du mobilier, des équipements, etc. Cette charge peut varier en fonction de l'usage de la structure et doit être prise en compte lors de la conception pour garantir que la structure puisse supporter ces charges en toute sécurité. .

3) La charge climatique

englobe les effets des conditions météorologiques sur une structure, tels que le vent, la neige, la pluie et les variations de température. Ces charges sont importantes à prendre en compte lors de la conception des structures pour assurer leur résistance aux conditions climatiques et garantir la sécurité des occupants.

4) La charge sismique

est la force exercée sur une structure en raison de l'activité sismique, telle qu'un tremblement de terre. Cette charge peut provoquer des mouvements horizontaux et

verticaux dans la structure et doit être prise en compte lors de la conception pour garantir la résistance sismique de la structure et la sécurité des occupants en cas de séisme.

5) La charge accidentelle

fait référence aux charges imprévues telles que les explosions, les impacts, les accidents, etc. Ces charges doivent être prises en compte lors de la conception des structures pour garantir la sécurité des occupants et la résilience de la structure face à des événements inattendus.

6) Les combinaisons de charge

sont des scénarios dans lesquels différentes charges agissent simultanément sur une structure. Elles sont utilisées pour évaluer la capacité de la structure à résister à des conditions de charge variées. Les normes de conception structurelle définissent des combinaisons spécifiques de charges permanentes, d'exploitation, climatiques, sismiques et accidentelles à prendre en compte pour garantir la sécurité et la durabilité des structures. Ces combinaisons de charge permettent d'assurer que la structure est capable de résister à toutes les conditions de charge possibles auxquelles elle pourrait être soumise.

4. Modélisation et analyse des structures

1) La modélisation des structures

Un processus essentiel dans le domaine de l'ingénierie civile et de la construction. Elle implique la représentation mathématique ou informatique d'une structure, en prenant en compte les matériaux, les charges, les connexions et d'autres paramètres importants. La modélisation des structures peut être réalisée à l'aide de logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) ou de logiciels de modélisation par éléments finis. Ces outils permettent aux ingénieurs de créer des représentations virtuelles détaillées des structures, en prenant en compte les matériaux, les charges, les connexions et d'autres paramètres importants. Une fois la structure modélisée, des analyses peuvent être effectuées pour évaluer le comportement de la structure sous différentes charges et conditions. L'objectif de la modélisation des structures est de garantir que les structures conçues sont sûres, durables, économiques et conformes aux normes et réglementations en vigueur.

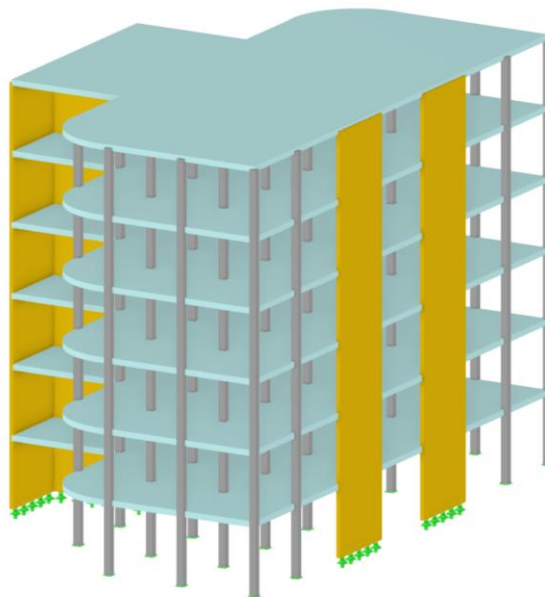


Figure 8

2) L'analyse des structures

Un processus essentiel dans le domaine de l'ingénierie civile et de la construction. Elle consiste à évaluer le comportement d'une structure sous différentes charges et conditions, telles que les charges permanentes, les charges d'exploitation, les charges climatiques, les charges sismiques, etc.

L'objectif de l'analyse des structures est de s'assurer que la structure est capable de supporter ces charges de manière sûre et efficace, tout en respectant les normes et réglementations en vigueur.

Pour réaliser une analyse des structures, les ingénieurs utilisent des outils tels que les logiciels de modélisation par éléments finis, qui leur permettent de simuler le comportement de la structure et d'évaluer sa résistance, sa rigidité, sa stabilité et d'autres aspects importants. Ces analyses sont essentielles pour garantir la sécurité, la durabilité et la performance des structures construites.

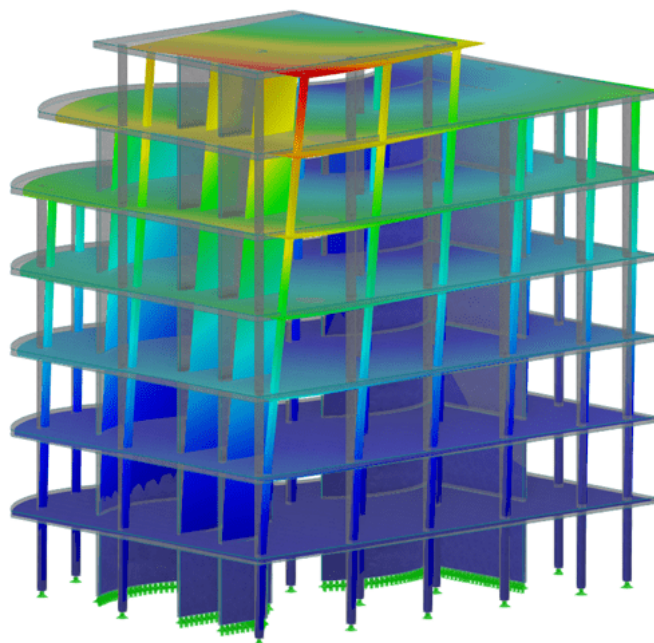


Figure 9

5. Exploitation et interprétation des résultats

L'exploitation et l'interprétation des résultats dans le domaine de la modélisation et de l'analyse des structures sont des étapes cruciales pour comprendre le comportement d'une structure sous différentes charges et conditions. Une fois les analyses effectuées, les résultats doivent être interprétés pour ... évaluer la performance de la structure et prendre des décisions éclairées concernant sa conception et sa construction.



Figure 10

L'exploitation des résultats implique l'extraction d'informations pertinentes à partir des données générées par les analyses. Cela peut inclure des données sur les contraintes, les déformations, les déplacements, les facteurs de sécurité, ... les modes de défaillance potentiels, etc. Ces informations sont essentielles pour évaluer la performance de la structure dans des conditions de charge spécifiques.

L'interprétation des résultats consiste à analyser et à comprendre les implications des données extraites. Cela peut impliquer de comparer les résultats aux critères de conception, aux normes de sécurité, aux ... réglementations en vigueur, et de prendre des décisions quant aux ajustements nécessaires à la conception ou à la construction de la structure.

En fin de compte, l'exploitation et l'interprétation des résultats permettent aux ingénieurs et aux concepteurs de structures de s'assurer que les structures sont conçues pour être sûres, durables et ... capables de résister aux charges prévues. Ces étapes sont donc essentielles pour garantir la qualité et la fiabilité des infrastructures construites.

6. Dessins d'exécution et notes de calculs.

1) **Les dessins d'exécution** : sont des représentations graphiques détaillées de la structure à construire. Ils comprennent des plans, des coupes, des élévations et d'autres vues qui montrent les dimensions, les matériaux, les connexions et d'autres détails nécessaires à la construction. Ces dessins sont généralement produits à l'aide de logiciels de CAO (conception assistée par ordinateur) et sont utilisés par les entrepreneurs et les ouvriers sur le chantier pour guider la construction. Les dessins d'exécution sont essentiels pour assurer que la structure est construite conformément aux spécifications de conception et aux normes de qualité.

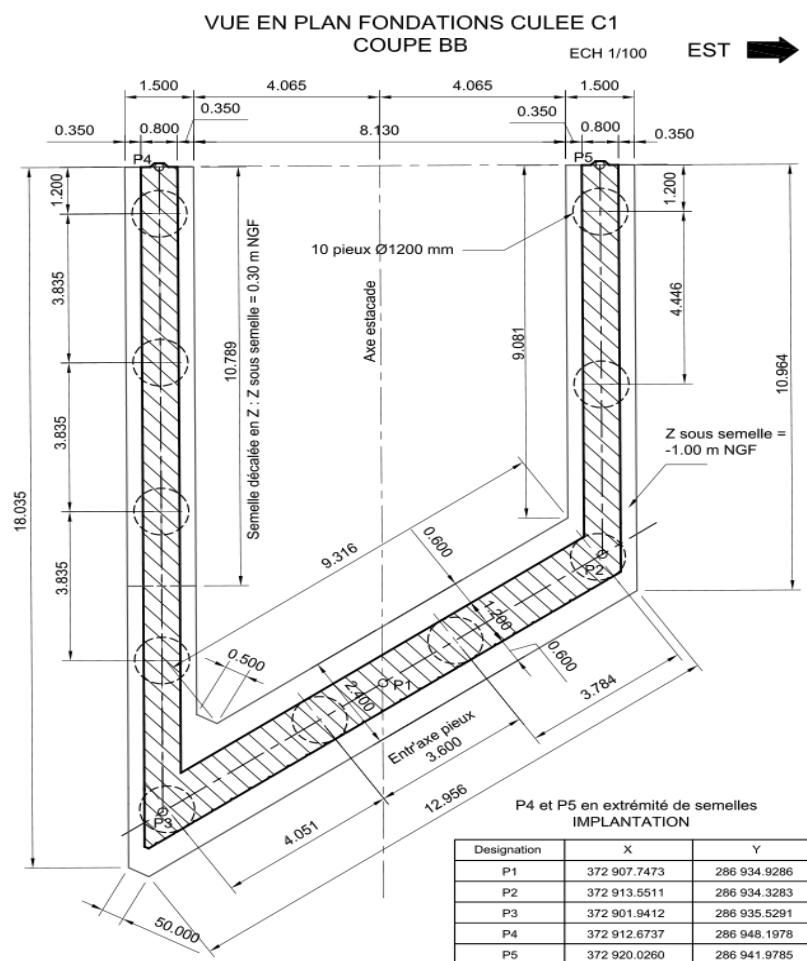


Figure 11

2) **Les notes de calcul :** sont des documents écrits qui détaillent les analyses, les hypothèses, les méthodes et les résultats des calculs effectués pour évaluer la résistance, la stabilité et d'autres aspects de la structure. Elles fournissent une justification technique des décisions de conception et des choix de matériaux, et sont souvent utilisées pour obtenir des approbations réglementaires. Les notes de calcul sont essentielles pour assurer la qualité, la sécurité et la conformité réglementaire des structures construites.

PARTIE -2

1. L'introduction :

La modélisation des structures est une étape cruciale dans le processus de conception et d'analyse des bâtiments, des ponts et d'autres ouvrages. Le logiciel offre aux ingénieurs et aux concepteurs un outil puissant pour modéliser, analyser et simuler le comportement des structures en béton, en acier et en d'autres matériaux.

En utilisant ce logiciel, les professionnels de l'ingénierie peuvent créer des modèles numériques précis des structures, en tenant compte de leur géométrie, de leurs matériaux, de leurs charges et de leurs conditions limites. Ces modèles permettent d'évaluer la résistance, la stabilité et la performance sismique des structures, tout en facilitant l'optimisation de leur conception.

Grâce à ses fonctionnalités avancées, permet de prendre en compte les normes de conception et les réglementations en vigueur, tout en offrant une interface conviviale et des outils de visualisation puissants pour interpréter les résultats des analyses.

Dans cette introduction, nous explorerons les différentes étapes de la modélisation des structures à l'aide de Robot Structural Analysis Professional, en mettant l'accent sur les bonnes pratiques, les considérations importantes et les avantages de l'utilisation de ce logiciel pour la conception et l'analyse des structures."

Cette introduction pourrait servir de point de départ pour un document plus détaillé sur la modélisation des structures avec ce logiciel.

2. Présentation du logiciel

Robot Structural Analysis Professional d'un logiciel de calcul des structures en béton armé, en charpente métallique ou en bois, communément appelé "logiciel de calcul de structure", est essentielle pour comprendre son importance dans le domaine de l'ingénierie civile et de la construction. Ces logiciels sont des outils informatiques spécialisés qui jouent un rôle crucial dans la conception, l'analyse et la modélisation des structures complexes. Dans cette introduction, nous allons présenter ce type de logiciel, expliquer leur utilité, et mettre en lumière leurs domaines d'application variés.

3. Les conventions de signes

Dans le logiciel, la convention de signes pour les éléments barres est basée sur la convention des forces sectorielles. Suivant cette règle, le signe des efforts sectoriels est le même que celui des forces nodales positives appliquées à l'extrémité de l'élément produisant les mêmes effets (il s'agit des efforts dont l'orientation est conforme à l'orientation des axes du système local). Par conséquent, les efforts de compression sont positifs et les efforts de traction sont négatifs. Les moments fléchissants positifs M_Y provoquent la traction des fibres de la poutre se trouvant du côté négatif de l'axe local z . Les moments fléchissants positifs M_Z provoquent la traction des fibres de la poutre se trouvant du côté positif de l'axe local « y ».

Pour la convention de signes décrite, les sens positifs des efforts sont représentés de façon schématique sur la figure ci-dessous.

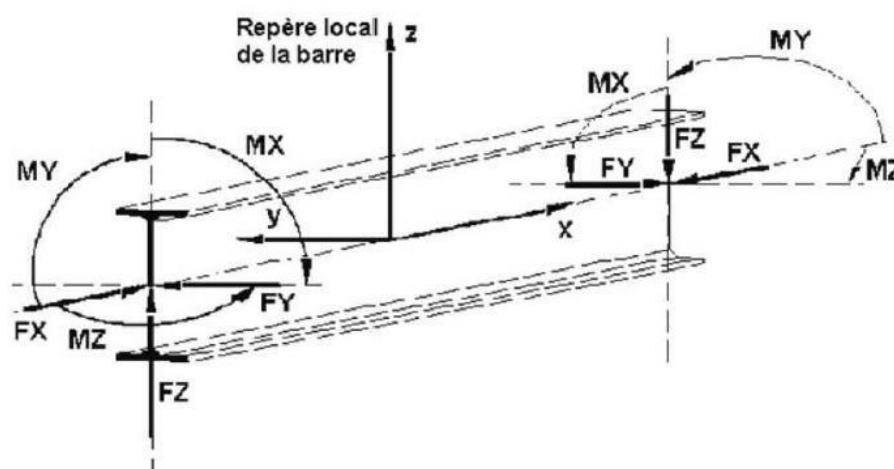


Figure 12

4. Logiciels de Calcul de Structures

Les logiciels de calcul de structures sont des programmes informatiques sophistiqués conçus spécifiquement pour aider les ingénieurs et les architectes à concevoir des bâtiments et des ouvrages de génie civil solides, sûrs et fonctionnels. Ils permettent de réaliser des simulations et des analyses numériques complexes pour déterminer comment une structure réagira aux forces externes telles que les charges gravitationnelles, les vents, les séismes, et bien d'autres encore. Ces logiciels sont devenus des outils indispensables dans le processus de conception et de construction de structures modernes, offrant une précision et une efficacité inégalées par rapport aux méthodes de calcul manuelles traditionnelles.



Figure 13

5. Raccourcis clavier :

Tableau 1

sélectionner tout	Ctrl + A
copier du texte ou une image	Ctrl + C
ouvrir un nouveau projet	Ctrl + N
ouvrir un projet existant	Ctrl + O
lancer l'impression	Ctrl + P
enregistrer le projet	Ctrl + S
couper du texte ou une image	Ctrl + X
répéter l'opération	Ctrl + Y
coller du texte ou une image	Ctrl + V
annuler l'opération	Ctrl + Z
afficher la vue axonométrique de la structure (3D XYZ)	Ctrl + Alt + 0
projeter la structure sur le plan XZ	Ctrl + Alt + 1
projeter la structure sur le plan XY	Ctrl + Alt + 2
projeter la structure sur le plan YZ	Ctrl + Alt + 3
faire un zoom avant sur la structure affichée à l'écran	Ctrl + Alt + A
revenir à la vue initiale (l'échelle et les angles initiaux sont utilisés)	Ctrl + Alt + D
activer/désactiver l'éclatement de la structure	Ctrl + Alt + E
faire un zoom défini par fenêtre	Ctrl + Alt + L
activer/désactiver la présentation des croquis des profilés sur la vue de la structure	Ctrl + Alt + P
faire un zoom arrière sur la structure affichée à l'écran	Ctrl + Alt + R
activer/désactiver la présentation des symboles des profilés sur la vue de la structure	Ctrl + Alt + S
effectuer une rotation continue de la structure autour de l'axe X	Ctrl + Alt + X
effectuer une rotation continue de la structure autour de l'axe Y	Ctrl + Alt + Y
effectuer une rotation continue de la structure autour de l'axe Z	Ctrl + Alt + Z
supprimer du texte ou une image	Suppr
obtenir de l'aide à propos de l'option activée dans la boîte de dialogue	F1
appeler le traitement de texte	F9
réduire la taille des attributs de la structure affichés à l'écran (appuis,numéros de noeuds, barres, charges)	PgSuiv
agrandir la taille des attributs de la structure affichés à l'écran (appuis,numéros de noeuds, barres, charges)	PgPréc

6. Domaines d'Utilisation

Les logiciels de calcul de structures trouvent leur application dans un large éventail de domaines de l'ingénierie et de la construction, notamment :

1. **Bâtiments Commerciaux et Résidentiels** : Ces logiciels sont utilisés pour concevoir des bâtiments de toutes tailles, des maisons individuelles aux gratte-ciels, en garantissant qu'ils résistent aux charges imposées par leur usage et l'environnement.
2. **Ponts et Structures de Transport** : Les ingénieurs utilisent ces logiciels pour concevoir des ponts, des tunnels, des autoroutes et des chemins de fer, en assurant leur stabilité et leur sécurité.
3. **Énergie et Industrie** : Dans le secteur de l'énergie, les logiciels de calcul de structures sont employés pour concevoir des plates-formes pétrolières, des centrales électriques, et d'autres installations industrielles robustes.
4. **Ouvrages d'Art** : Ils sont également utilisés dans la conception de barrages, de digues, de réservoirs, de tours de communication, et d'autres ouvrages d'art nécessitant une structure solide et résistante.
5. **Constructions Spatiales** : Dans l'industrie aérospatiale, ces logiciels sont utilisés pour concevoir des structures de satellites, de stations spatiales et de véhicules spatiaux, en tenant compte des conditions extrêmes de l'espace.
6. **Rénovation et Réhabilitation** : Ils sont également utiles pour évaluer la sécurité et la viabilité des bâtiments anciens et pour planifier leur rénovation ou leur réhabilitation.

En somme, les logiciels de calcul de structures jouent un rôle fondamental dans la réalisation de projets de construction modernes et complexes. Ils permettent aux ingénieurs de modéliser avec précision le comportement des matériaux tels que le béton armé, l'acier et le bois, tout en optimisant l'efficacité des conceptions et en garantissant la sécurité des structures. Ces outils sont donc essentiels pour assurer la durabilité et la fiabilité des infrastructures qui façonnent notre monde moderne.

7. Les différentes étapes d'utilisation du logiciel

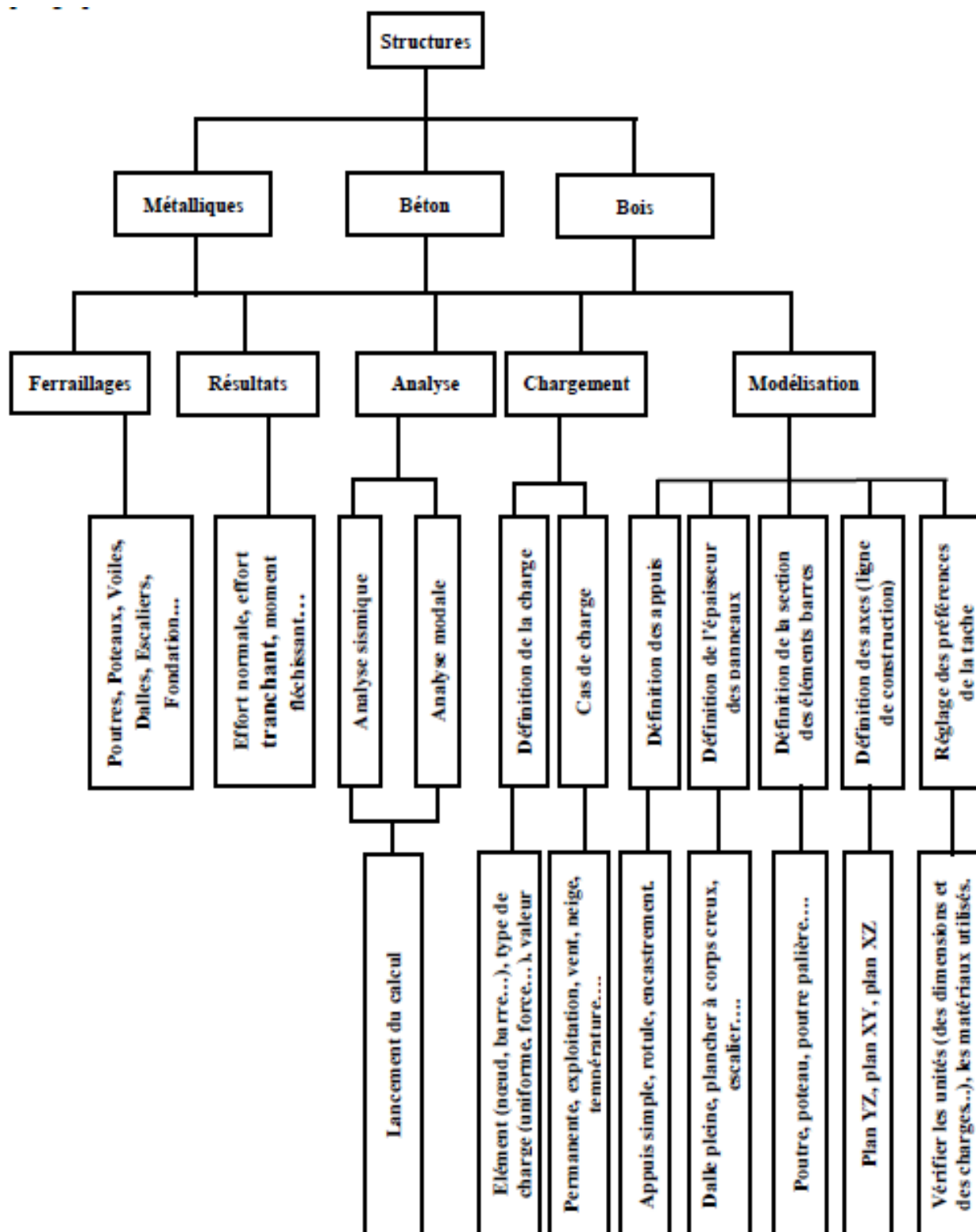


Figure 14

8. Déterminé le type de structure à calculer

Avant de commencer la modélisation dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, il est essentiel de choisir le type de structure à calculer, que ce soit en 2D ou 3D, en fonction des besoins de votre projet.

Si vous choisissez de modéliser en 2D, vous travaillerez dans un plan bidimensionnel, ce qui peut être approprié pour des structures simples ou des éléments spécifiques d'une structure plus complexe.

Si vous optez pour la modélisation en 3D, vous pourrez prendre en compte les effets de la troisième dimension, ce qui est souvent nécessaire pour des structures plus complexes ou pour une analyse plus approfondie du comportement global de la structure.

Il est également possible de choisir d'autres types de modélisation en fonction des besoins spécifiques de votre projet, tels que la modélisation de coques ou d'éléments finis spécifiques.

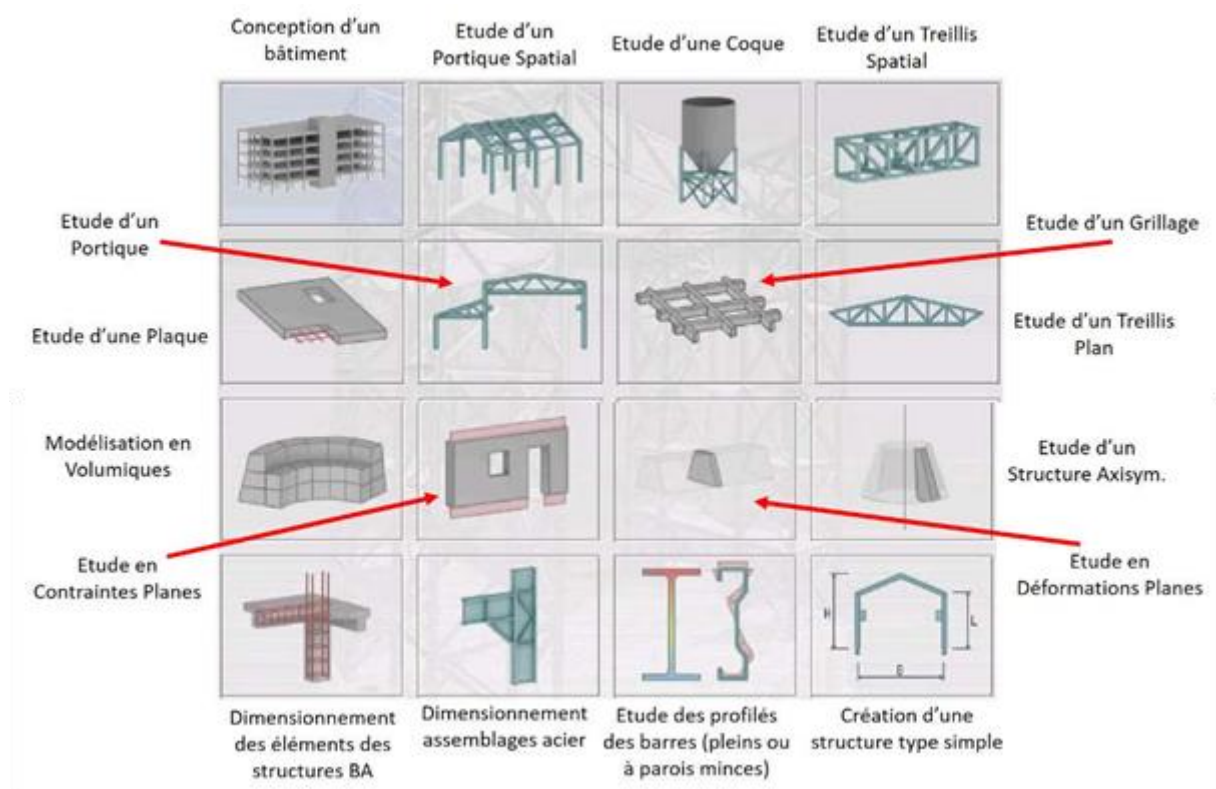


Figure 15

Après avoir sélectionné un type de structure, vous accédez à l'écran ci-dessous qui présente plusieurs zones importantes à connaître pour mener à bien la modélisation et l'analyse des résultats.



Figure 16

9. Sélectionner les paramètres de votre projet

Pour commencer, une fois que vous avez ouvert le logiciel, vous devriez sélectionner les paramètres de votre projet. Cela inclut le choix de la norme, tel que EC (Eurocode), RPA ou RNV. Ensuite, vous devrez spécifier le type de béton que vous utilisez ainsi que sa résistance. Pour choisir la norme, vous devrez accéder aux paramètres du projet et sélectionner la norme appropriée dans les options disponibles. Ensuite, pour spécifier le type de béton et sa résistance, vous devrez accéder aux propriétés des matériaux et entrer les valeurs correspondantes pour le béton que vous utilisez.

Une fois que ces paramètres sont configurés, vous pourrez commencer à modéliser votre structure en béton en utilisant les outils et fonctionnalités disponibles dans le logiciel.

a. Les préférences

Les **Préférences** a contrario des **Préférences de l'affaire** vous permettront de changer les paramètres gérant la forme du logiciel : couleur, polices, tailles des icônes, etc.

Dans la boîte de dialogue **Préférences** représentée sur la figure ci-dessous, vous pouvez définir les paramètres de base du logiciel. Afin d'ouvrir la boîte de dialogue, vous pouvez sélectionner dans le menu déroulant **Outils** puis **Préférences**.

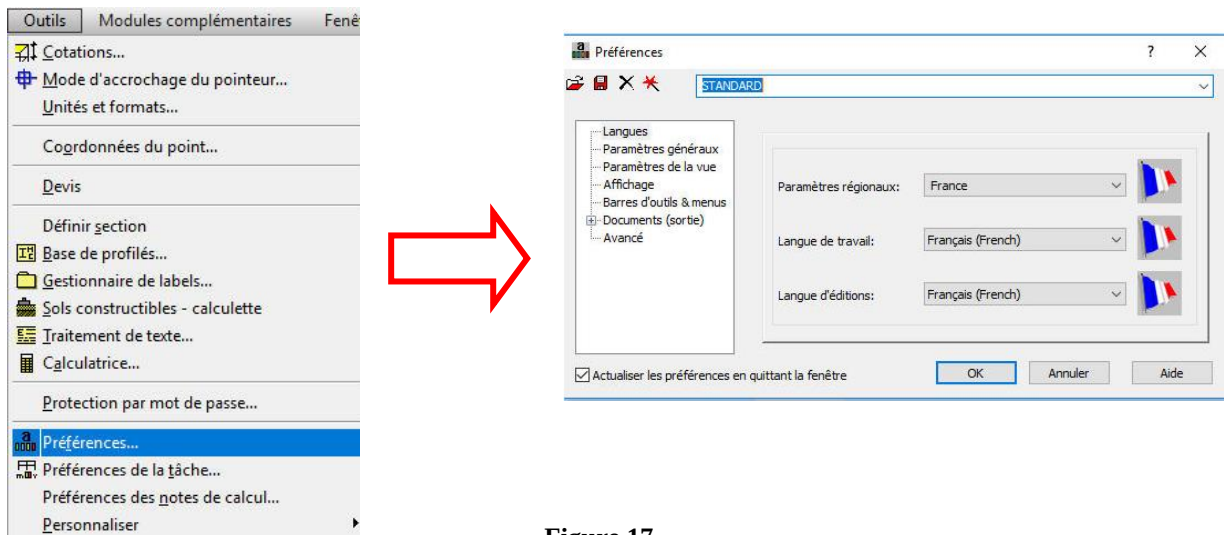


Figure 17

b-Les préférences de l'affaire Les préférences de l'affaire vous permettent de changer le fond de votre étude à savoir les unités, les matériaux, les normes, etc.

Tout comme les Préférences, vous y accéder dans le menu déroulant Outils. Vous naviguez dans l'arborescence de **ROBOT** afin de régler les différentes unités de Forces, Dimensions, matériaux et Normes.

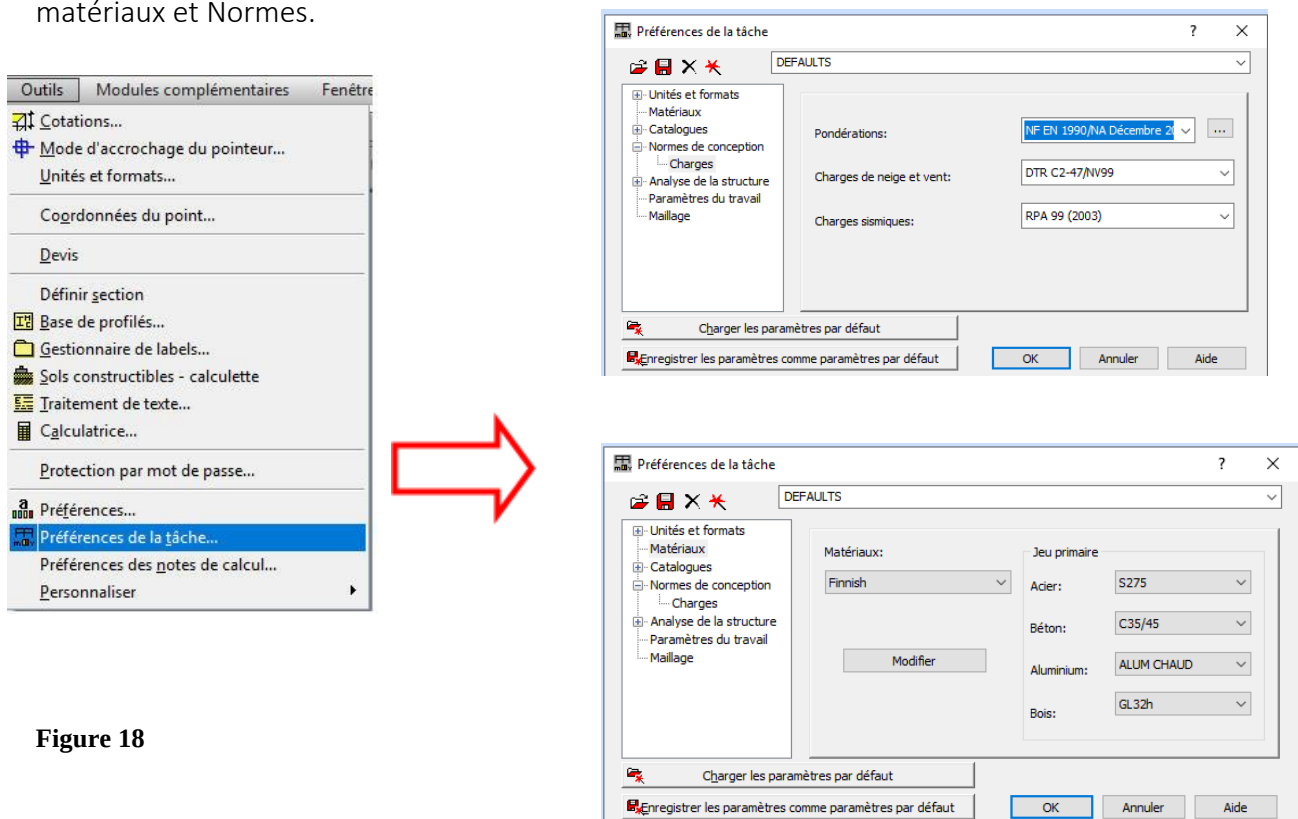


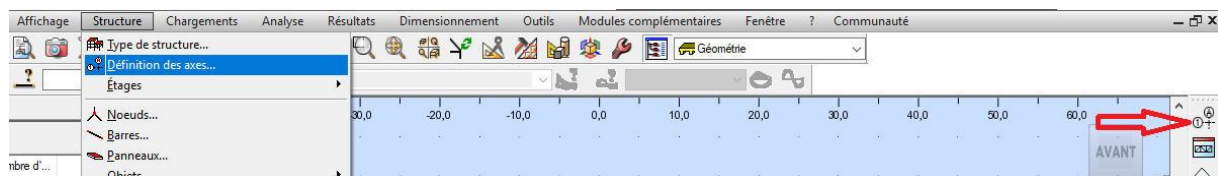
Figure 18

10. Créé les lignes de construction

Une fois que vous avez choisi le type de structure à calculer (**2D ou 3D**), l'étape suivante consiste à créer les lignes de construction de la structure en tenant compte des dimensions dans les sens **XX** et **YY**, ainsi que de la hauteur de chaque étage de la construction.

Pour ce faire, vous utiliserez les outils de modélisation disponibles dans le logiciel pour dessiner les éléments de la structure, tels que les poutres, les colonnes, les dalles, etc. Vous devrez spécifier les dimensions dans les sens **XX** et **YY** en fonction des exigences de votre projet, ainsi que la hauteur de chaque étage de la construction.

En utilisant les fonctionnalités de modélisation, vous pourrez définir les dimensions et les hauteurs de manière précise, en tenant compte des normes et des spécifications de votre projet. Il est important de veiller à ce que les dimensions et hauteurs soient correctement définies pour assurer une modélisation précise de la structure.



Cartésien

Cylindrique

Lignes arbitraires

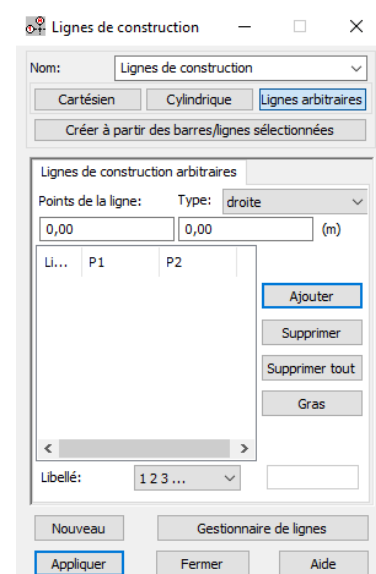
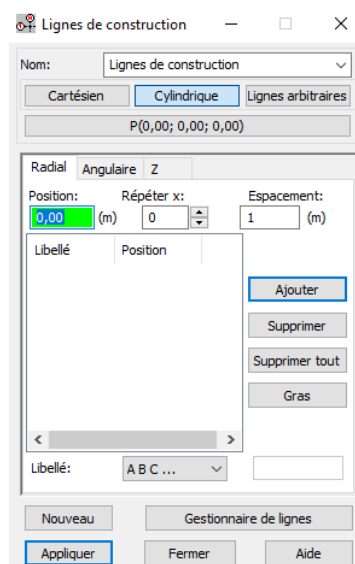
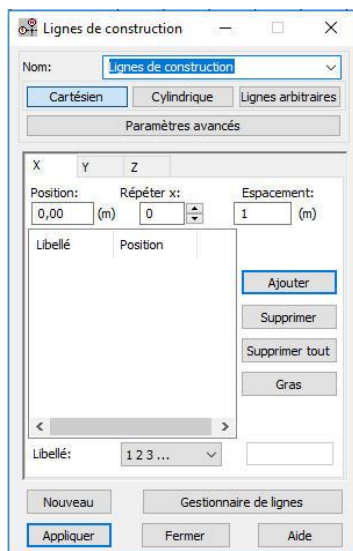


Figure 19

11. Défini les propriétés de tous les éléments de la structure

Une fois que vous avez créé les lignes de construction de la structure dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, l'étape suivante consiste à créer et définir les propriétés des éléments tels que les poteaux, poutres, planchers, voiles, escaliers, etc. Cela inclut la définition de la section, du matériau et de la destination de chaque élément.

Pour chaque élément de la structure, vous devrez spécifier la section transversale appropriée en fonction de sa forme et de ses dimensions. Ensuite, vous devrez attribuer le matériau approprié à chaque élément, en tenant compte des propriétés mécaniques du matériau utilisé dans la réalité. Enfin, vous devrez définir la destination de chaque élément, par exemple s'il s'agit d'un pilier, d'une poutre, d'un plancher, etc.

En utilisant les outils de modélisation et de définition des propriétés disponibles dans le logiciel, vous pourrez spécifier avec précision les caractéristiques de chaque élément de la structure. Il est important de veiller à ce que les propriétés soient correctement définies pour garantir des résultats précis lors de l'analyse de la structure.

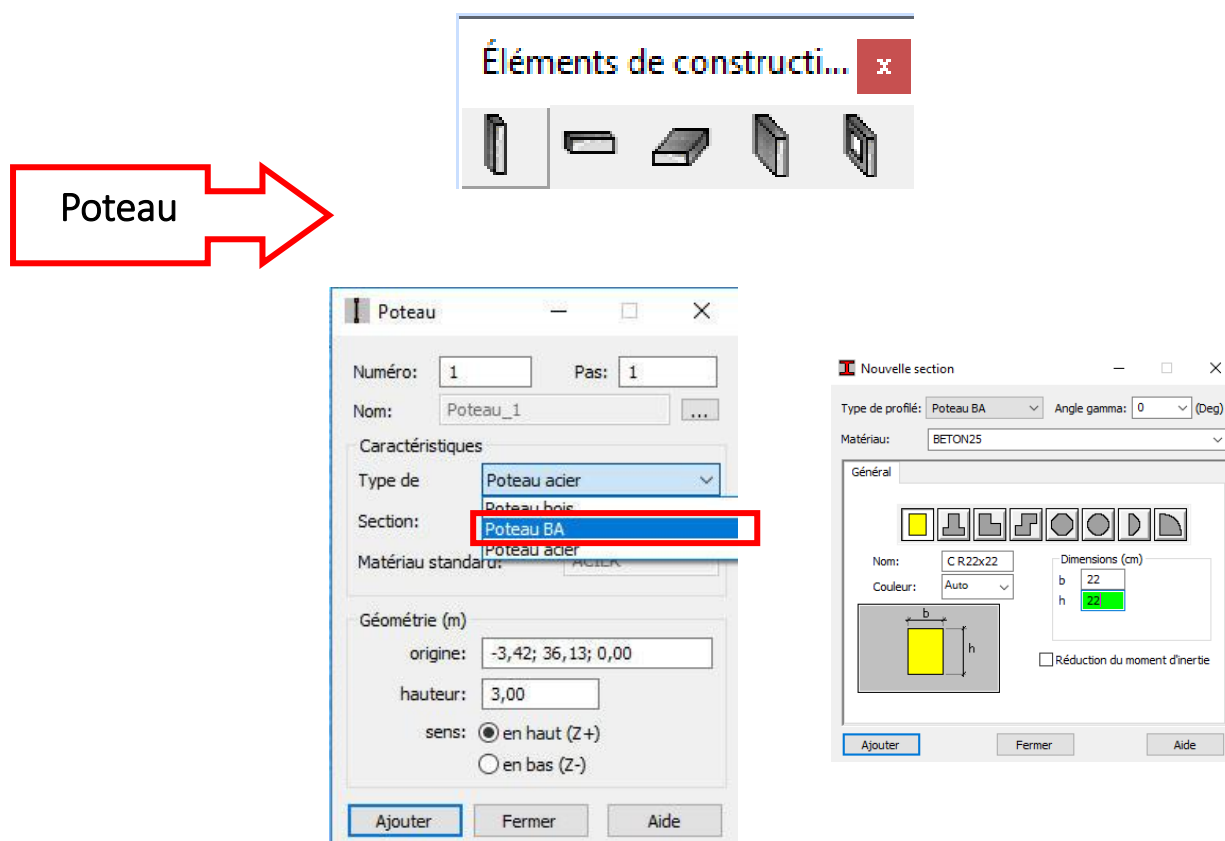


Figure 20

Poutre

Poutre

Número : 7 Pas : 1

Nom : Poutre_7

Caractéristiques

Type de : Poutre BA

Section : Poutre BA

Matériau par défaut : BETON

Géométrie (m)

origine : -9,71; 11,31; 0,00

extrémité :

☒ Poutres horizontales

☐ Étirement

Ajouter Fermer Aide

Nouvelle section

Type de profilé : Poutre BA Angle gamma : 0 (Deg)

Matériau : BETON25

Général

Nom : BR22x30

Couleur : Auto

Dimensions (cm)

b : 22

h : 30

☐ Réduction du moment d'inertie

☐ Appliquer section variable

Ajouter Fermer Aide

Plancher

Plancher

Objet N° 15

Caractéristiques

Épaisseur : EP30_BET

Matériau : BETON

Modèle : coque

Méthode de définition

P1 P2 P3

☐ Contour

☒ Rectangle

☐ Cercle

☒ Dalle horizontale

Géométrie

Paramètres

Appliquer Fermer Aide

Voile

Voile

Número : 16

Caractéristiques

Épaisseur : EP15

☐ ajuster au fond

Matériau : BETON25

Géométrie (m)

origine : 0,00; 3,00; 0,00

extrémité : 0,00; 7,00; 0,00

hauteur : 3,20

sens : ☒ en haut (Z+)

☐ en bas (Z-)

☒ Étirement

Ajouter Fermer Aide

Figure 21

12. La modélisation des éléments

L'étape suivante consiste à modéliser ces éléments sur les lignes de construction que vous avez précédemment créées.

Vous utiliserez les outils de modélisation disponibles dans le logiciel pour placer et configurer les éléments de la structure, tels que les poteaux, les poutres, les planchers, les voiles, les escaliers, etc., le long des lignes de construction que vous avez définies. Vous devrez vous assurer que chaque élément est correctement positionné et aligné selon les spécifications de votre projet.

En modélisant les éléments de la structure sur les lignes de construction, vous créez une représentation virtuelle précise de la structure dans le logiciel. Cette modélisation servira de base pour l'analyse et la simulation du comportement de la structure sous différentes charges et conditions.

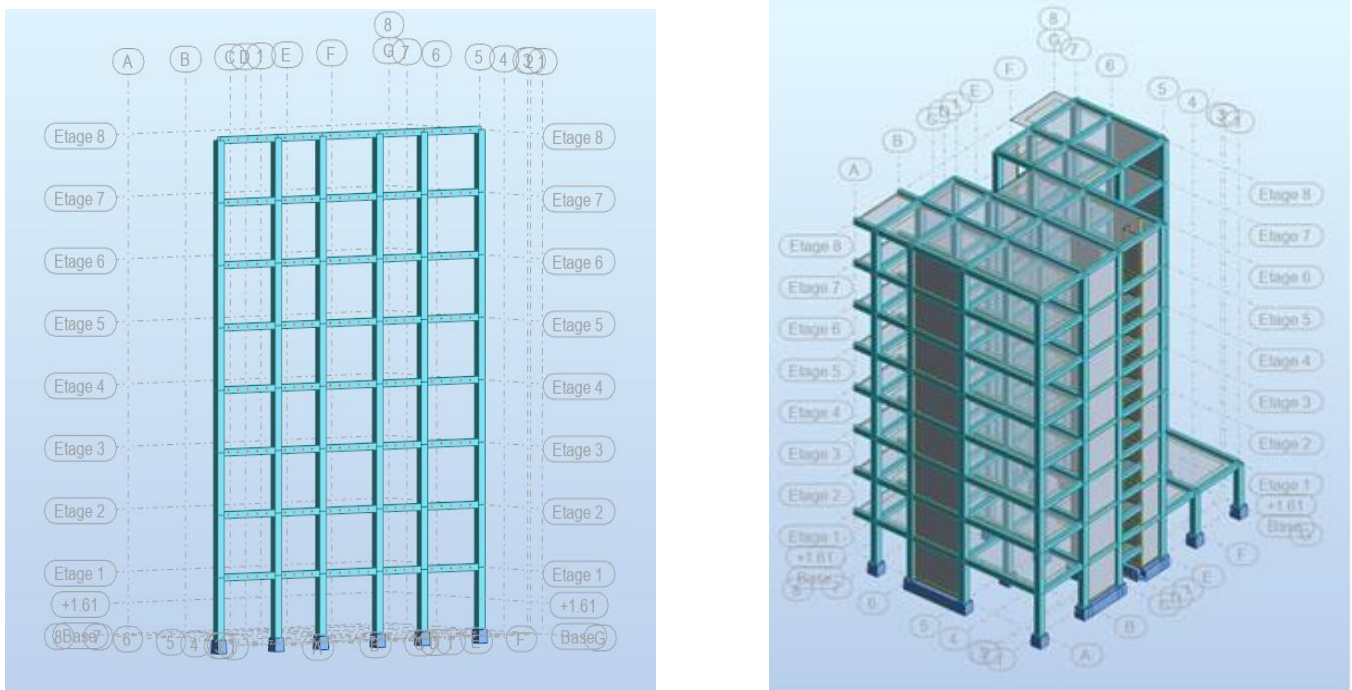


Figure 22

13. Les conditions limites ou les appuis

Les conditions limites ou les appuis sont des éléments essentiels dans la modélisation des structures en béton ou en charpente métallique. Ces conditions limites définissent les interactions de la structure avec son environnement et sont cruciales pour obtenir des résultats précis lors de l'analyse de la structure.

Dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, vous devrez définir les conditions limites appropriées pour chaque modèle de structure que vous créez. Cela inclut la spécification des appuis, des liaisons, des conditions de chargement, des conditions de déformation, etc.

Pour une structure en béton, par exemple, vous devrez définir les conditions limites pour les fondations, les appuis des poteaux, les liaisons entre les éléments structuraux, etc. De même, pour une charpente métallique, vous devrez spécifier les conditions limites pour les appuis des poutres, les connexions entre les éléments métalliques, etc.

En définissant correctement les conditions limites dans votre modèle, vous pourrez simuler de manière plus précise le comportement réel de la structure sous différentes charges et conditions. Cela est essentiel pour garantir la sécurité et la fiabilité de la structure une fois construite.

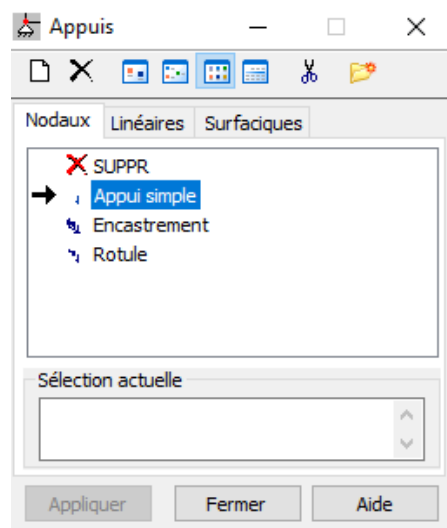


Figure 23

14. Chargement

Vous devrez spécifier les charges telles que le poids propre, les charges permanentes, les charges d'exploitation, les charges thermiques ou sismiques, en fonction de la nature de la charge et de son impact sur la structure. Ces charges peuvent être appliquées de manière centrée, uniformément répartie, surfacique ou selon d'autres schémas de répartition, en fonction des spécifications de votre projet.

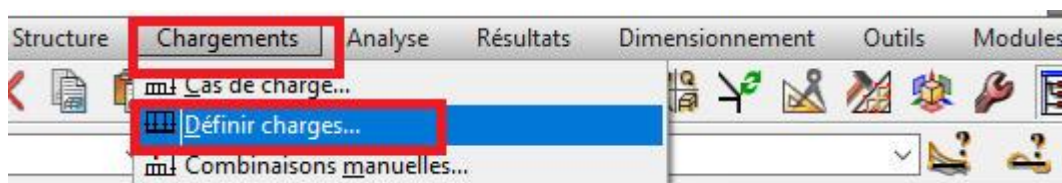


Figure 24

De plus, vous devrez également tenir compte de l'axe de chargement, en spécifiant si la charge est appliquée selon l'axe **XX**, **YY** ou **ZZ**, en fonction de l'orientation et de la disposition des éléments de la structure.

En définissant avec précision les différentes charges appliquées à la structure, vous pourrez évaluer de manière plus réaliste la réponse de la structure sous différentes conditions de chargement. Cela est essentiel pour garantir que la structure est conçue pour résister aux charges prévues et pour assurer sa sécurité et sa durabilité.

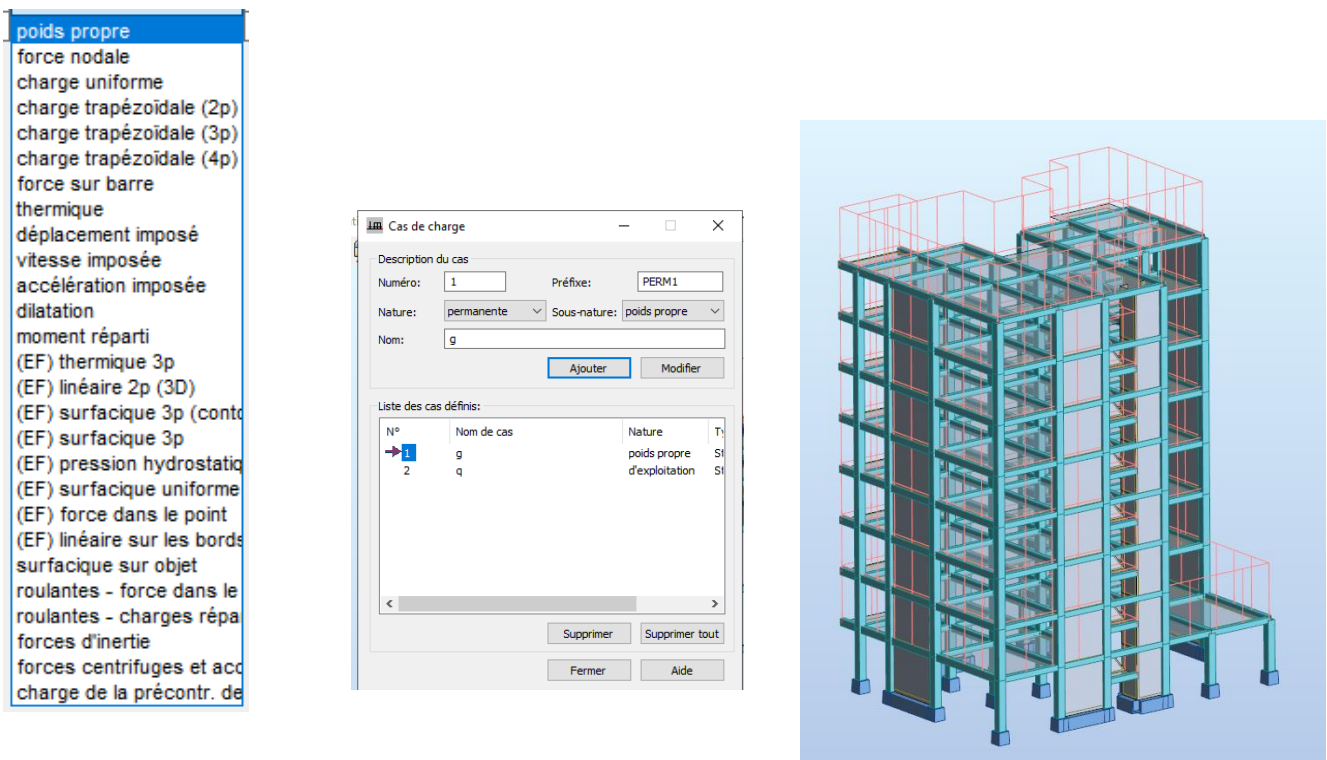


Figure 25

15. Les combinaisons de charges

Ces combinaisons de charges peuvent inclure une charge, deux charges ou plus, et peuvent être pondérées avec des coefficients de pondération pour refléter la probabilité d'occurrence de chaque charge.

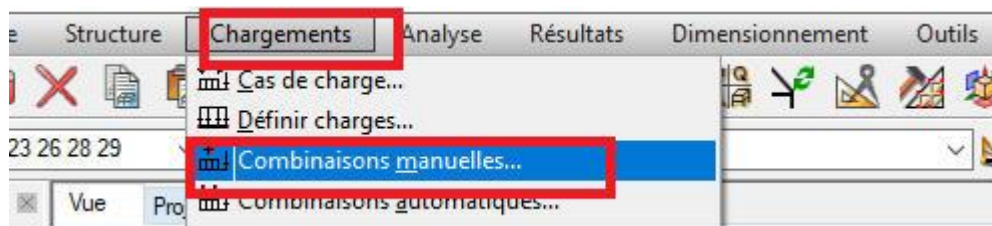
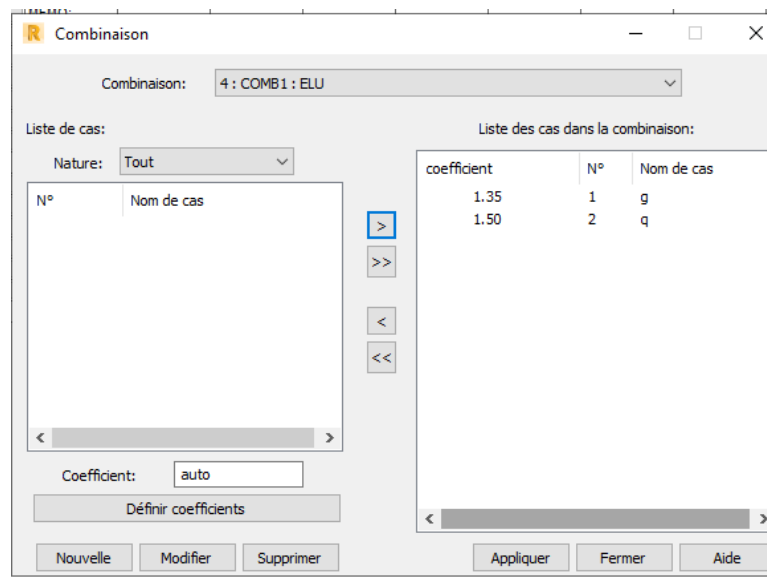


Figure 26

Les combinaisons de charges sont utilisées pour évaluer la résistance et la stabilité de la structure sous des conditions de chargement diverses, telles que les charges permanentes, les charges d'exploitation, les charges climatiques, les charges sismiques, etc. Les coefficients de pondération sont appliqués pour tenir compte de la probabilité d'occurrence simultanée de différentes charges.

Dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, vous pourrez définir et analyser différentes combinaisons de charges pour évaluer le comportement de la structure dans des situations réalistes. Ces combinaisons de charges sont essentielles pour garantir que la structure est conçue pour résister à des conditions de chargement variées et pour assurer sa sécurité et sa fiabilité dans des scénarios réels.



Combinaison	Nom	Type d'analyse	Type de la	Nature du cas	Définition
4 (C)	COMB1	Combinaison lin	ELU	poids propre	

Figure 27

16. La vérification de la structure

Cette étape vise à s'assurer que la modélisation de la structure est correcte, que les conditions limites sont bien définies, que les charges sont appliquées de manière appropriée, et que les combinaisons de charges sont adéquates.

La vérification de la structure permet de détecter d'éventuelles erreurs ou incohérences dans le modèle, de s'assurer que la structure est correctement soutenue et de confirmer que les

charges sont appliquées conformément aux spécifications du projet. Cela garantit que les résultats des calculs qui seront effectués par la suite seront fiables et précis.

En procédant à une vérification minutieuse de la structure, on s'assure également que les normes de conception et les réglementations en vigueur sont respectées, ce qui est crucial pour la sécurité et la fiabilité de la structure une fois construite.

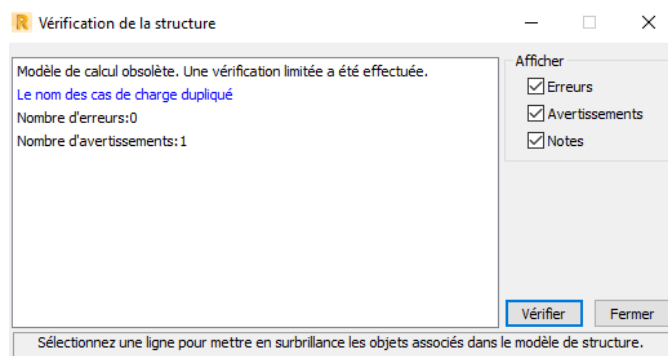
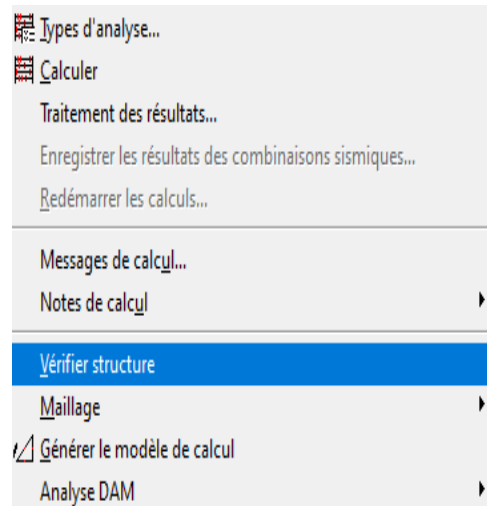


Figure 28

17. Type d'étude

Tout à fait, le choix du type d'étude, qu'il s'agisse d'une étude modale, sismique ou autre, est essentiel tout au long du processus de calcul des structures. Chaque type d'étude a ses propres implications et objectifs spécifiques, et le choix ... approprié dépend des caractéristiques de la structure, de son emplacement, de son environnement et des exigences du projet.

Une étude modale, par exemple, est utilisée pour déterminer les fréquences naturelles de vibration et les modes de vibration de la structure, ce qui ... est crucial pour évaluer sa réponse dynamique à des charges telles que le vent ou les mouvements sismiques. D'autre part, une étude sismique est spécifiquement conçue pour évaluer la capacité de la structure à résister aux forces sismiques potentielles.

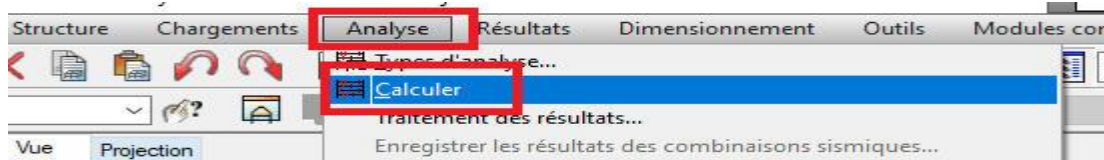


Figure 29

Le choix du type d'étude ... dépendra donc des objectifs de l'analyse, des conditions environnementales et des réglementations en vigueur. Il est important de sélectionner le type d'étude approprié afin d'obtenir des résultats précis et pertinents pour la conception et l'analyse de la structure.

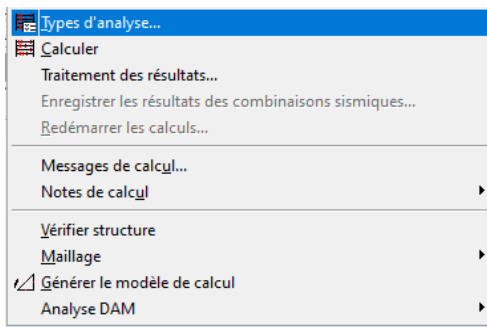
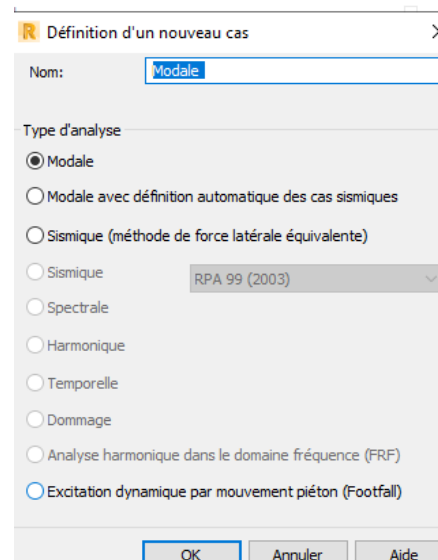


Figure 30



18. Diaphragmes rigides

Il est crucial de choisir la norme appropriée, telle que la RPA99 version 2003, de sélectionner le site, les coefficients de qualité, les coefficients de comportement et le type d'usage de la structure à étudier. De plus, déclarer que les déformations horizontales des planchers sont négligeables et que les planchers sont des diaphragmes rigides et indéformables est une étape importante pour une analyse sismique précise. Ces informations sont essentielles pour prendre en compte les effets sismiques appropriés dans la modélisation et l'analyse de la structure

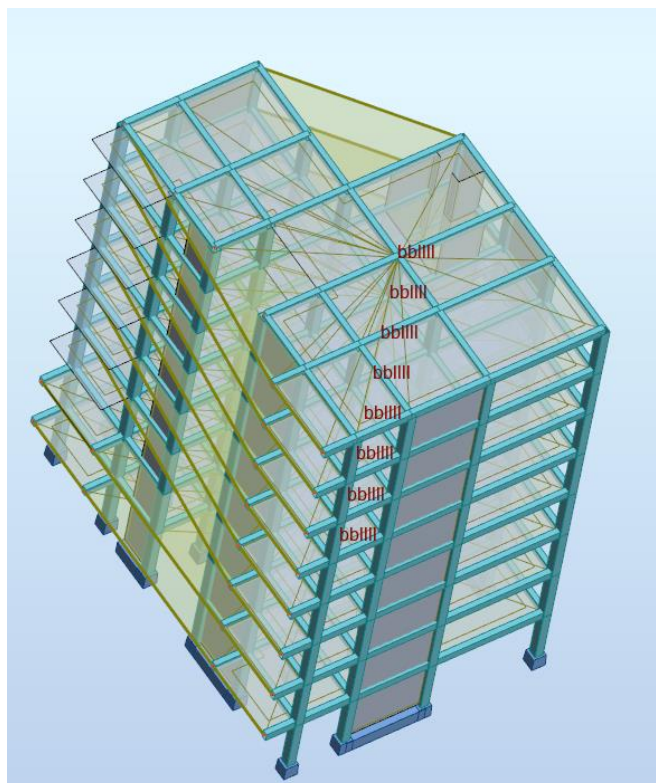
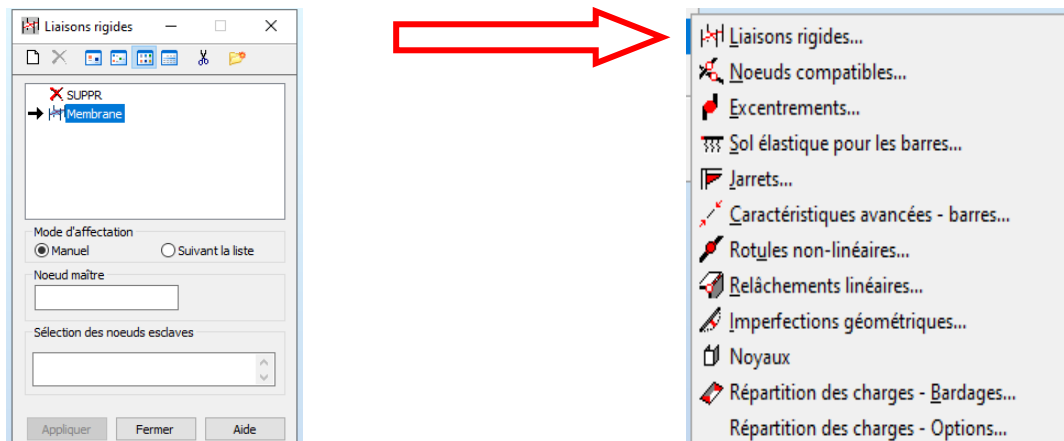


Figure 31

19. Méthode de calcul modale

Tout à fait, avant d'entamer l'étude modale dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, il est nécessaire de définir le nombre de modes à considérer et le type de méthode de calcul modale à utiliser.

Le nombre de modes à considérer détermine le nombre de modes propres de vibration qui seront pris en compte dans l'analyse. Ce nombre doit être choisi avec soin pour s'assurer que les modes les plus significatifs sont inclus dans l'analyse, tout en évitant une surcharge d'informations inutiles.

Quant au type de méthode de calcul modale, il peut s'agir par exemple de la méthode de la matrice de rigidité ou de la méthode de la matrice de masse. Chaque méthode a ses propres avantages et limitations, et le choix dépendra des caractéristiques de la structure et des objectifs de l'analyse.

En définissant avec précision le nombre de modes et le type de méthode de calcul modale, vous pourrez obtenir des résultats pertinents pour évaluer le comportement dynamique de la structure et sa réponse aux vibrations.

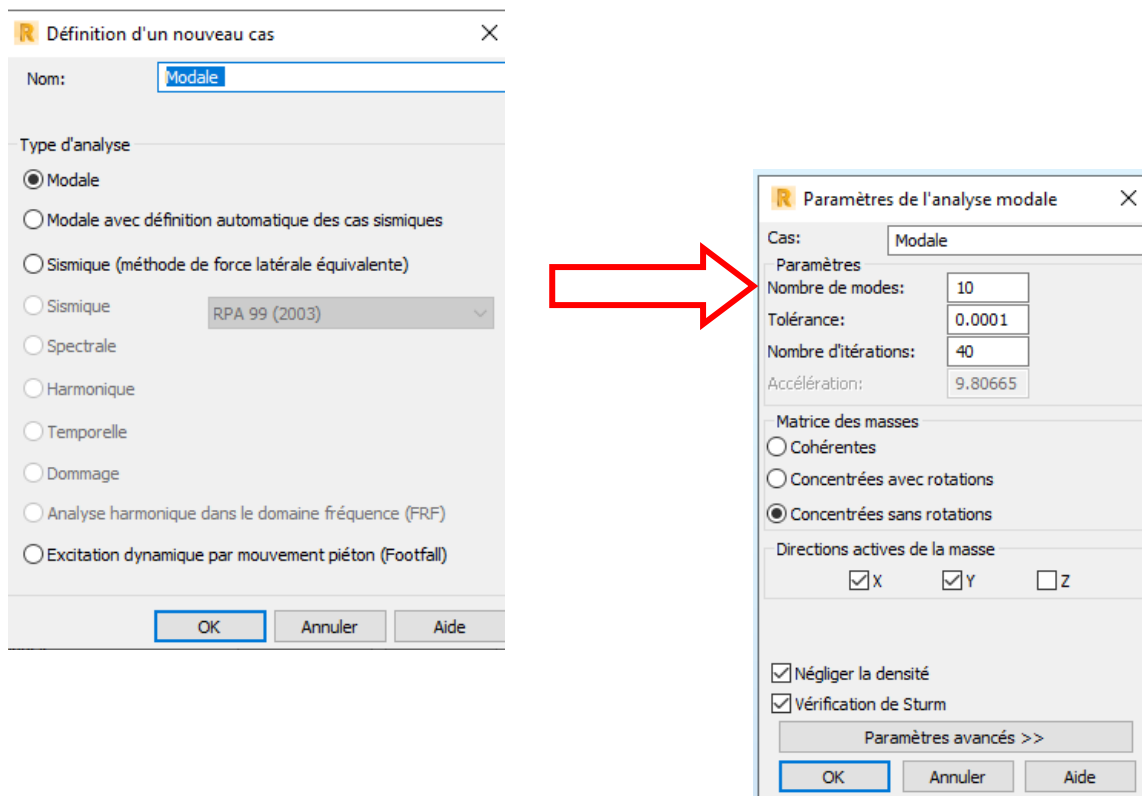


Figure 32

20. Méthode de calcul sismique

Avant de lancer une étude sismique dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, il est crucial de choisir la norme appropriée, telle que la RPA99 version 2003, de sélectionner le site, les coefficients de qualité, les coefficients de comportement et le type d'usage de la structure à étudier. De plus, déclarer que les déformations horizontales des planchers sont négligeables et que les planchers sont des diaphragmes rigides et indéformables est une étape importante pour une analyse sismique précise. Ces informations sont essentielles pour prendre en compte les effets sismiques appropriés dans la modélisation et l'analyse de la structure.

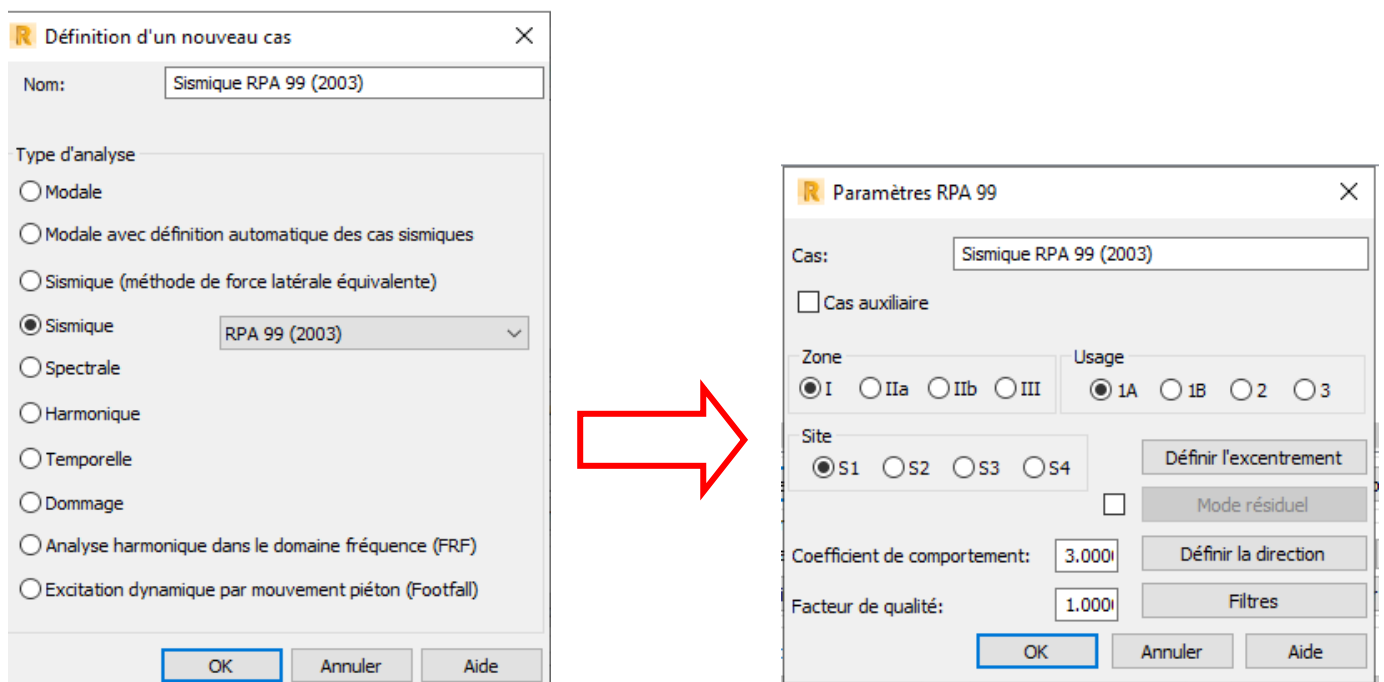


Figure 33

21. Lancement des calculs

Une fois que vous avez effectué le réglage, la modélisation, le chargement, les combinaisons de charges et choisi le type d'étude approprié, vous pouvez procéder au lancement des calculs de la structure dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019.

Le logiciel effectuera alors les calculs nécessaires pour évaluer la réponse de la structure aux charges appliquées, en tenant compte des conditions limites, des combinaisons de charges et du type d'étude sélectionné. Une fois les calculs terminés, vous pourrez analyser les résultats

pour évaluer la performance de la structure et identifier toute zone nécessitant des ajustements ou des améliorations.

Il est important de vérifier attentivement les résultats des calculs pour s'assurer que la structure répond de manière adéquate aux exigences de conception et aux normes en vigueur. Si nécessaire, des itérations supplémentaires de modélisation et d'analyse peuvent être effectuées pour affiner la conception de la structure.

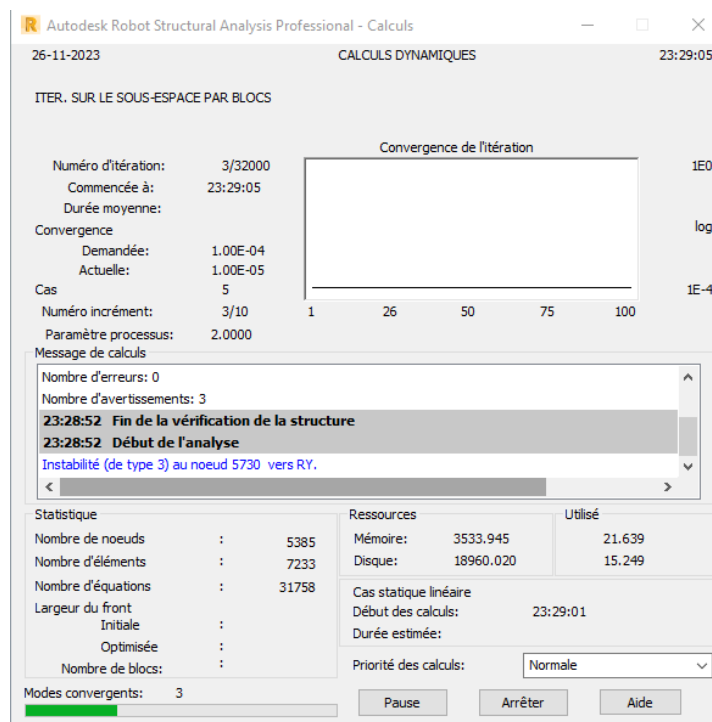
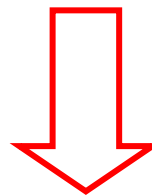
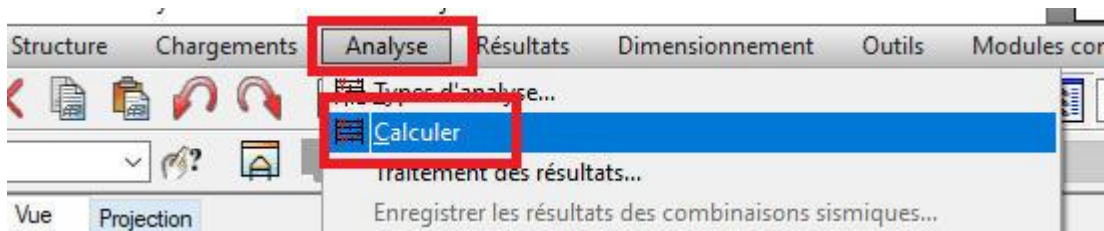


Figure 34

22. Les différents diagrammes

Vous pourrez visualiser les différents diagrammes des moments, des efforts normaux et des efforts tranchants pour les différents éléments de la structure. Ces diagrammes sont essentiels pour comprendre la répartition des forces à l'intérieur de la structure et pour évaluer sa réponse aux charges appliquées.

Les diagrammes des moments vous montreront les variations des moments fléchissants le long des poutres et des éléments de la structure, ce qui est crucial pour dimensionner correctement ces éléments. Les diagrammes des efforts normaux indiqueront les variations des forces de compression et de traction, tandis que les diagrammes des efforts tranchants montreront les variations des forces de cisaillement le long des éléments de la structure.

En examinant ces diagrammes, vous pourrez identifier les zones de la structure qui sont soumises à des contraintes élevées et prendre des décisions informées pour renforcer ou ajuster la conception de la structure si nécessaire.

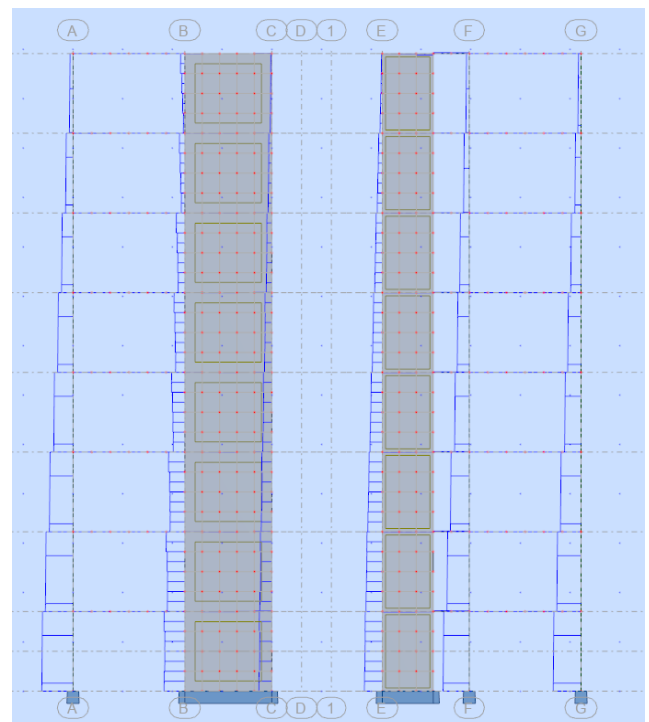
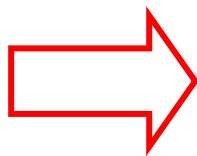
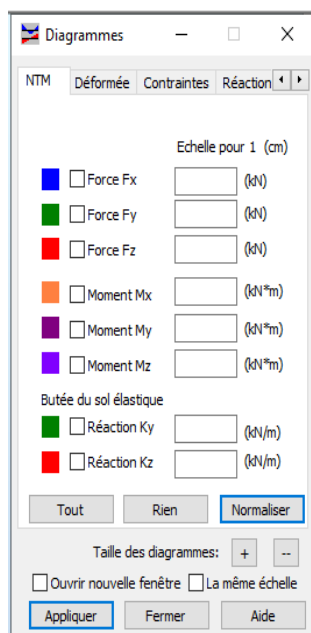


Figure 35

a-NTM (Diagrammes) : Dans cet onglet vous pouvez sélectionner les grandeurs dont les diagrammes seront affichés. Les forces (FX, FY et FZ), les moments (MX, MY et MZ) et les réactions du sol (Butée du sol).

b-Déformée (Diagrammes) : Dans cet onglet vous pouvez sélectionner la présentation de la déformation de la structure due aux charges appliqués.

c-Contraintes (Diagrammes) : Dans cet onglet vous pouvez sélectionner les grandeurs dont les diagrammes seront affichés (contrainte de flexion, contrainte de cisaillement et contrainte de torsion).

d-Réactions : Dans cette boîte de dialogue, vous pouvez sélectionner les valeurs suivantes qui seront affichées sur l'écran :

- Réactions** : forces de réaction - valeurs des forces de réaction aux appuis et moments de réaction - valeurs des moments aux appuis

- Résidu** : forces résiduelles - sommes des forces dans les noeuds respectifs de la structure (vérification de l'équilibre des forces dans les noeuds de la structure) et moments résiduels - sommes des moments dans les noeuds respectifs de la structure (vérification de l'équilibre des moments dans les noeuds de la structure)

- Forces pseudo statiques** — les forces dues à un cas de charge simple généré à partir du mode de l'analyse sismique ou spectrale.

23. Les modes propres

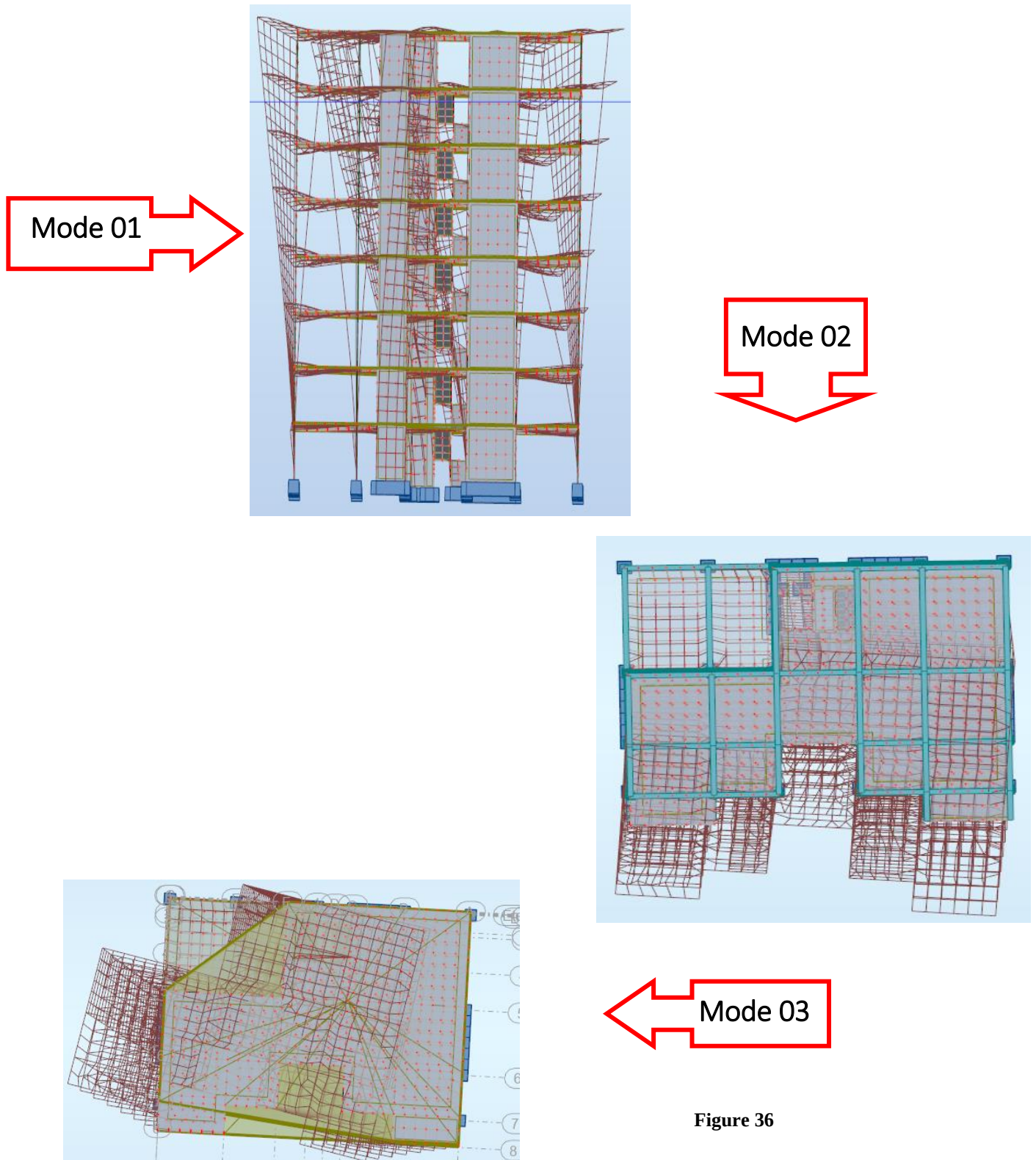
En plus des diagrammes des moments, des efforts normaux et des efforts tranchants, vous pourrez également visualiser d'autres types de résultats dans Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019. Cela inclut les modes propres de vibration de la structure, qui sont importants pour comprendre son comportement dynamique, ainsi que les déplacements, les réactions des appuis et les déformations des éléments.

Les modes propres de vibration vous permettent d'identifier les fréquences naturelles de vibration de la structure et les formes de vibration associées. Cela est crucial pour évaluer la réponse dynamique de la structure à des charges telles que le vent ou les séismes.

Les déplacements, les réactions des appuis et les déformations des éléments vous donnent des informations sur la manière dont la structure réagit aux charges appliquées et sur son

comportement sous contrainte. Cela est essentiel pour évaluer la sécurité, la stabilité et la performance de la structure dans des conditions réelles.

En examinant ces différents types de résultats, vous pourrez évaluer la performance globale de la structure, identifier les zones critiques et prendre des décisions pour optimiser sa conception et garantir sa fiabilité.



24. Note de calcul et les plans d'exécutions :

Cette étape implique de déterminer la disposition et les dimensions des armatures pour les éléments en béton armé, ainsi que de dimensionner les fondations en fonction des charges appliquées et des caractéristiques du sol.

Une fois le ferrailage et le dimensionnement des fondations réalisés, il est important de rédiger une note de calcul détaillée. Cette note de calcul doit contenir les données d'entrée, les résultats obtenus, les hypothèses de calcul prises en compte, ainsi que toute autre information pertinente liée à la conception et à l'analyse de la structure.

La note de calcul détaillée est un document essentiel qui permet de documenter et de justifier les choix de conception, les méthodes de calcul utilisées, et les résultats obtenus. Elle est également utile pour la communication avec les parties prenantes du projet, tels que les ingénieurs, les architectes, et les clients.

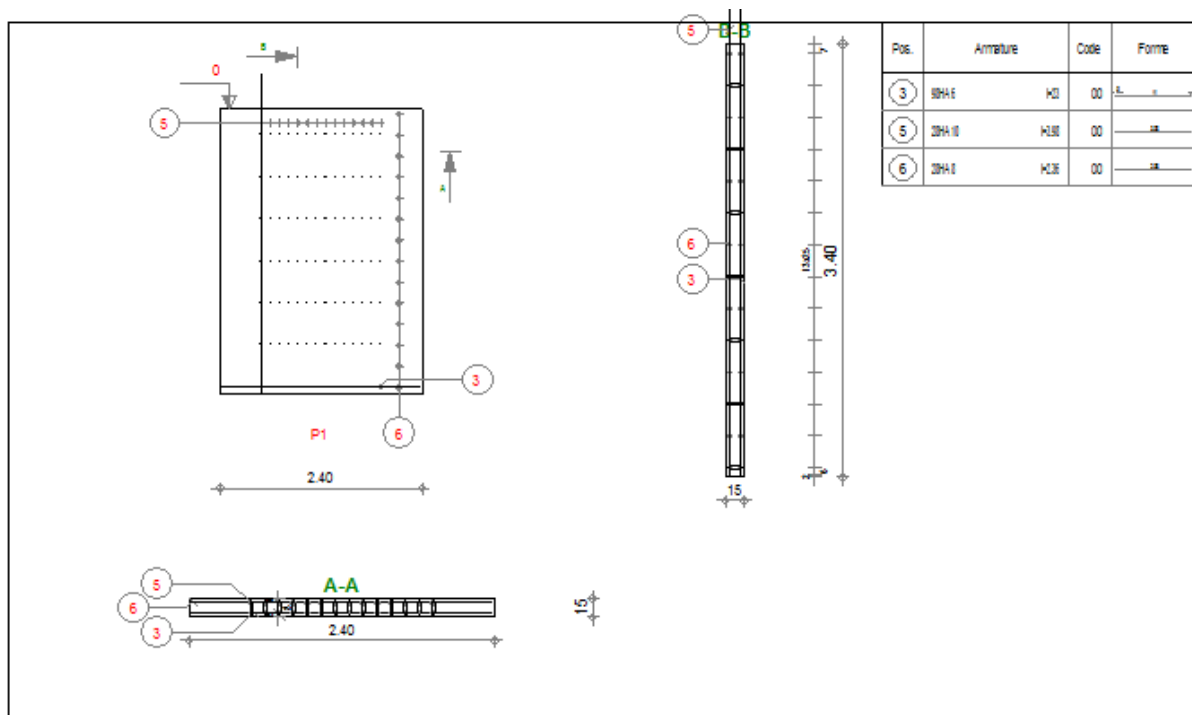


Figure 37

25. Conclusion

En conclusion, le processus de modélisation des structures avec Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019 est une étape essentielle dans la conception et l'analyse des ouvrages en béton, en acier et d'autres matériaux. Ce logiciel offre aux ingénieurs et aux concepteurs un ensemble complet d'outils pour créer des modèles numériques précis, analyser le comportement des structures sous différentes charges et conditions, et optimiser leur conception pour garantir leur robustesse et leur sécurité.

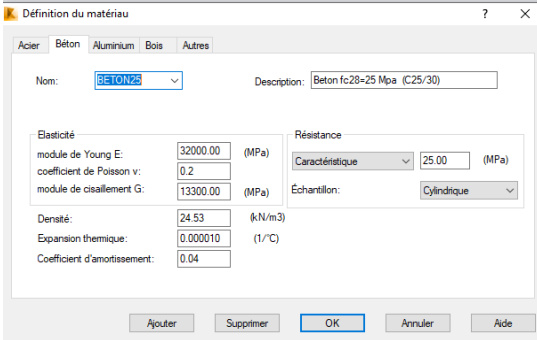
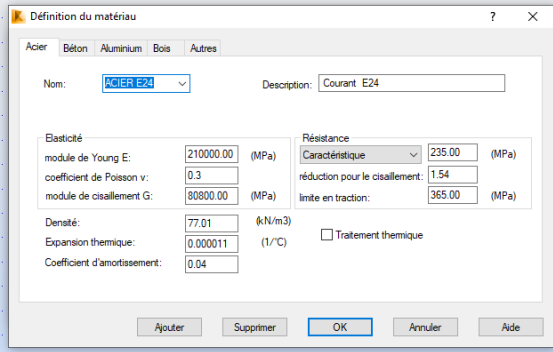
Les étapes de calcul, de réglage, de modélisation, de chargement, de combinaison des charges, de choix du type d'étude, de lancement des calculs, de vérification des résultats, de ferrailage des éléments et de dimensionnement des fondations sont autant d'étapes clés dans le processus de modélisation des structures. Chacune de ces étapes nécessite une compréhension approfondie des principes de l'ingénierie des structures, des normes de construction applicables et des bonnes pratiques de modélisation et d'analyse.

En suivant ces étapes avec rigueur et en utilisant les fonctionnalités avancées d'Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019, les professionnels de l'ingénierie peuvent obtenir des résultats précis et fiables pour la conception et l'analyse des structures, tout en respectant les normes et les réglementations en vigueur.

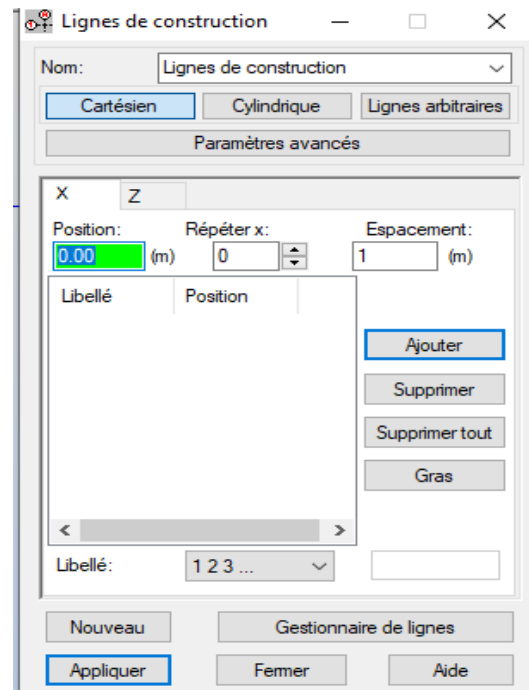
PARTIE -3

1. Etapes de modélisation des structures

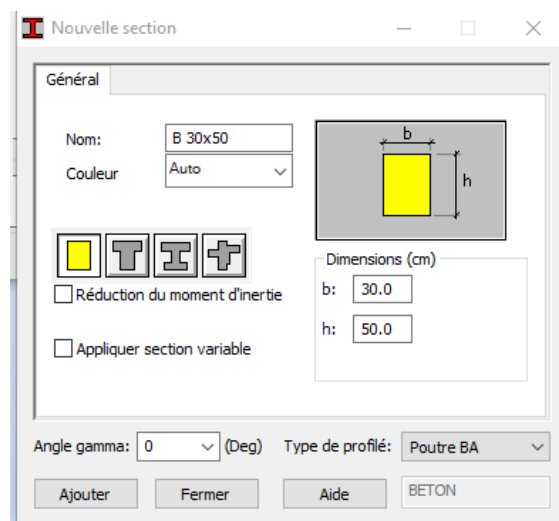
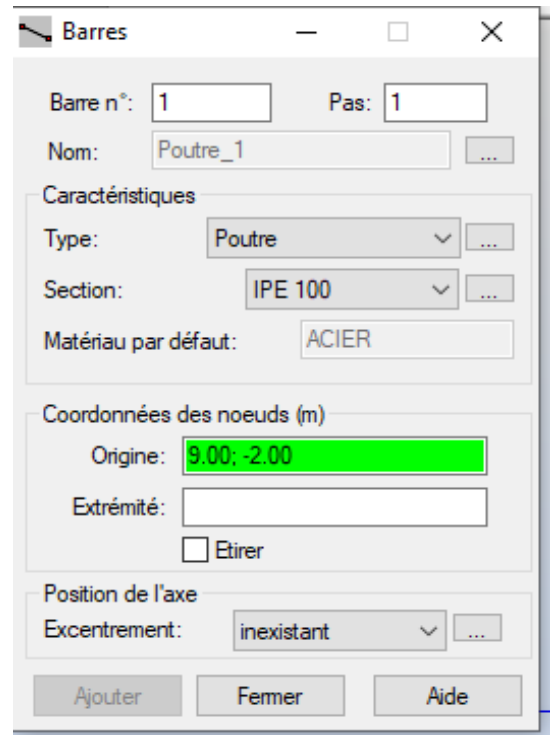
Tableau 2

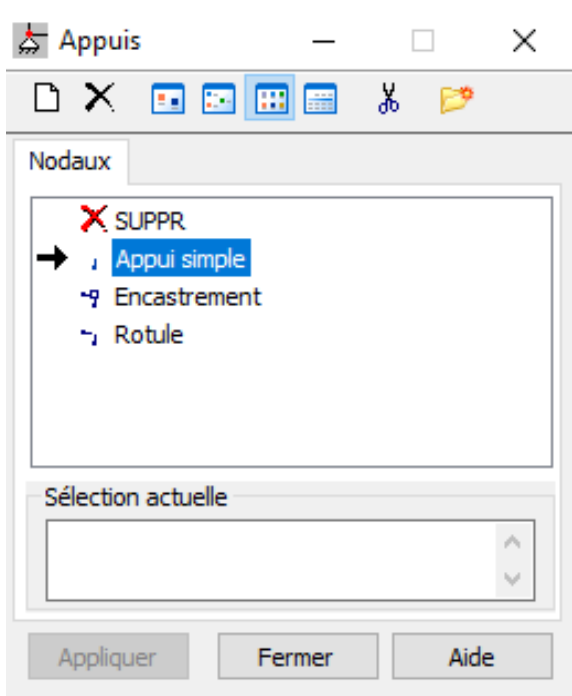
01	Pour commencer à créer un nouveau modèle dans Robot Structural Analysis et définir les propriétés du matériau pour le béton et l'acier d'armature, suivez ces étapes :
Création d'un nouveau projet : Lancez Robot Structural Analysis et créez un nouveau projet en spécifiant les paramètres de base tels que les unités de mesure et les normes de conception.	Sélectionner le projet: 
Définition des propriétés du matériau pour le béton : Dans l'interface du logiciel, accédez à la section de gestion des matériaux. Définissez les propriétés du matériau pour le béton, telles que la résistance à la compression, le module d'élasticité et la masse volumique.	
Définition des propriétés du matériau pour l'acier d'armature : De la même manière, définissez les propriétés du matériau pour l'acier d'armature, y compris la limite élastique, le module d'élasticité et la masse volumique.	
02	Pour créer des lignes de construction dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :

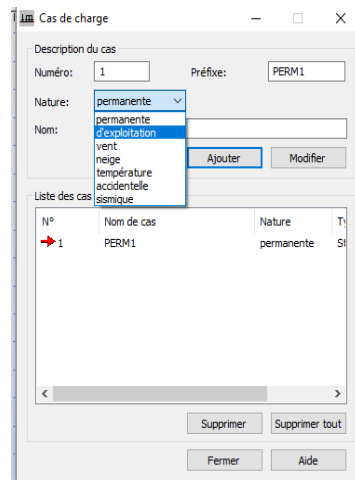
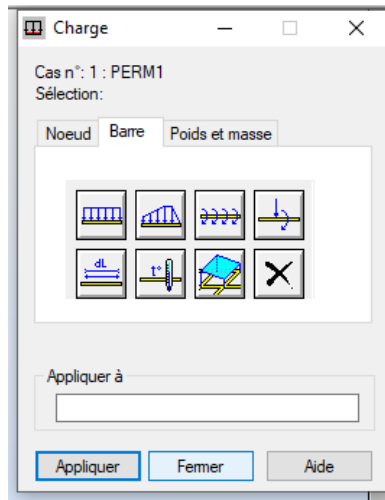
	Accédez à l'onglet "Modélisation" ou à l'outil de modélisation de la structure. Sélectionnez l'option pour créer des lignes de construction. Utilisez les outils de dessin pour tracer les lignes de construction selon les besoins de votre modèle. Les lignes de construction sont généralement utilisées pour guider la modélisation des éléments structuraux tels que les poutres, les colonnes, etc. Assurez-vous que les lignes de construction sont correctement positionnées et alignées par rapport à la géométrie de votre modèle.
03	Pour créer une poutre dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :



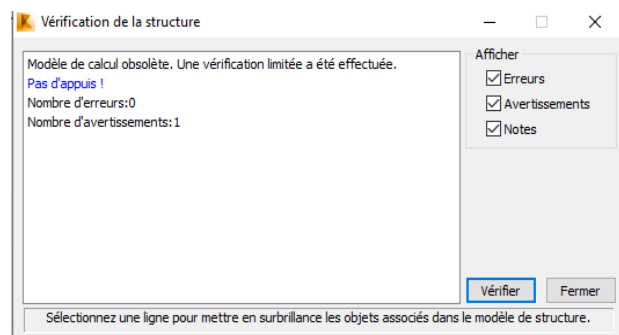
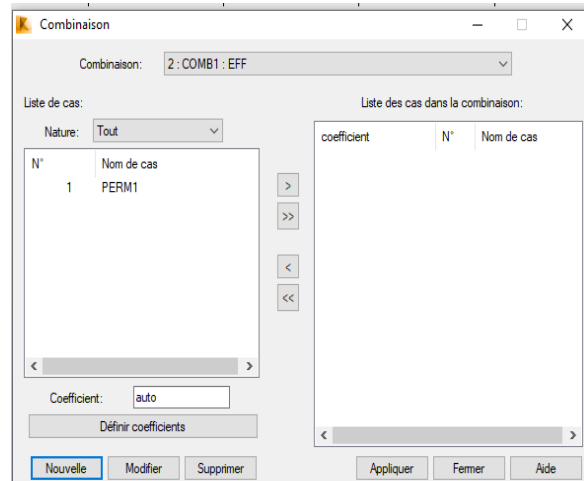
	Ouvrez votre modèle dans Robot Structural Analysis. Accédez à l'onglet "Modélisation" ou à l'outil de modélisation de la structure. Sélectionnez l'option pour créer une poutre. Utilisez les outils de dessin pour définir la géométrie de la poutre en spécifiant sa longueur, sa largeur et sa hauteur. Définissez la section transversale de la poutre en spécifiant les dimensions et l'emplacement des armatures. Assurez-vous que la poutre est correctement positionnée et alignée par rapport à votre modèle.
04	Pour créer la section transversale d'une poutre dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :
	Ouvrez votre modèle dans Robot Structural Analysis. Accédez à l'onglet "Modélisation" ou à l'outil de modélisation de la structure. Sélectionnez l'option pour définir la section transversale de la poutre. Utilisez les outils de dessin pour spécifier les dimensions de la section

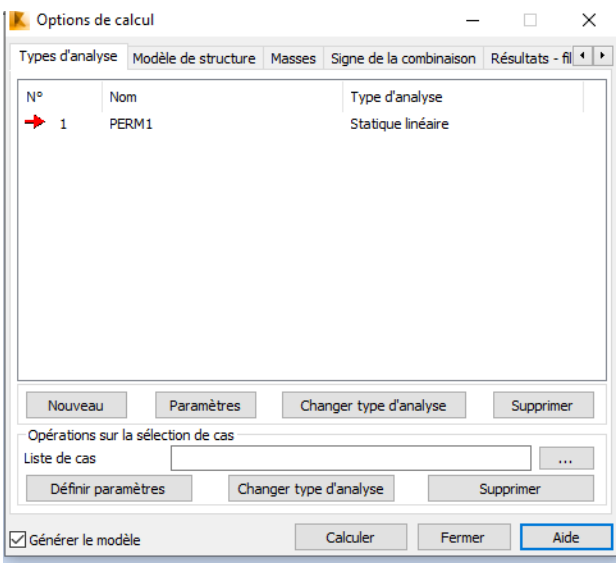


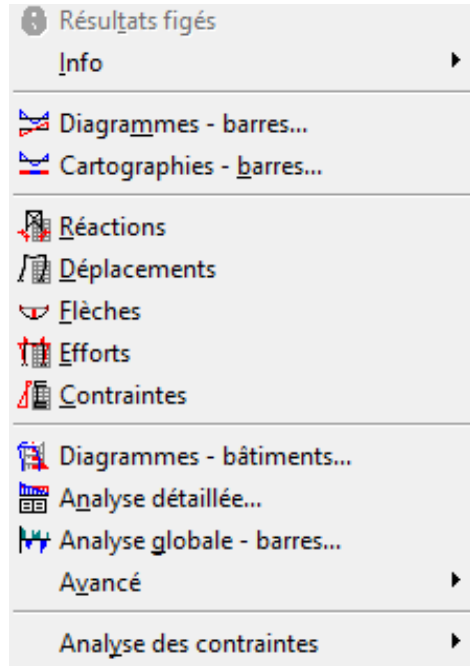
	transversale, telles que la largeur et la hauteur, ainsi que l'emplacement des armatures. Choisissez la forme de la section transversale parmi les options disponibles, telles que rectangulaire, en T, en L, etc. Assurez-vous que la section transversale est correctement définie et correspond aux spécifications de conception de votre poutre.	
05	Pour définir les conditions aux limites d'une poutre dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :	
	Ouvrez votre modèle dans Robot Structural Analysis. Accédez à l'onglet "Modélisation" ou à l'outil de modélisation de la structure. Sélectionnez l'option pour définir les conditions aux limites de la poutre. Spécifiez les appuis et les connexions de la poutre en fonction de son environnement de chargement. Cela peut inclure des appuis fixes, des appuis simples, des liaisons articulées, etc. Vérifiez que les conditions aux limites sont correctement définies pour représenter le comportement réel de	

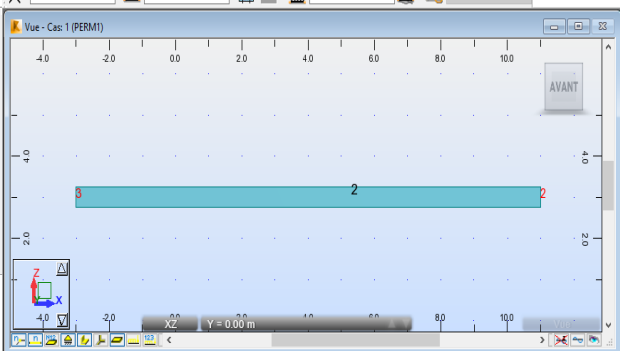
	la poutre sous chargement	
06	Pour appliquer les charges appropriées à une poutre dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :	
	Ouvrez votre modèle dans Robot Structural Analysis. Accédez à l'onglet "Charges" ou à l'outil de définition des charges. Sélectionnez l'option pour appliquer les charges à la poutre. Spécifiez les charges permanentes telles que le poids propre de la poutre, les revêtements, les équipements fixes, etc. Appliquez les charges d'exploitation telles que les charges de vent, les charges de neige, les charges sismiques, etc. Prenez en compte les charges climatiques telles que les variations de température, les effets d'humidité, etc. Vérifiez que les charges sont correctement appliquées à la poutre en fonction des normes de conception et des exigences du projet	 
07	Pour appliquer les combinaisons d'actions pour les charges appropriées à une poutre dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :	

	Ouvrez votre modèle dans Robot Structural Analysis. Accédez à l'onglet "Charges" ou à l'outil de définition des charges. Sélectionnez l'option pour définir les combinaisons d'actions. Créez les combinaisons d'actions en spécifiant les différentes charges à prendre en compte, telles que les charges permanentes, les charges d'exploitation, les charges climatiques, les charges sismiques, etc. Associez les combinaisons d'actions aux éléments structuraux appropriés, y compris les poutres, pour évaluer leur réponse sous divers scénarios de chargement.
08	Avant de lancer le calcul dans Robot Structural Analysis, vous pouvez effectuer une vérification préliminaire de la structure en suivant ces étapes : Assurez-vous que la géométrie de la structure est correctement modélisée, y compris les poutres, les colonnes, les poteaux, etc. Vérifiez que les matériaux et les propriétés associées, tels que le béton et l'acier d'armature, sont correctement définis pour chaque élément de la structure.



	Assurez-vous que les conditions aux limites, y compris les appuis et les liaisons, sont correctement appliquées à la structure. Vérifiez que les charges, y compris les charges permanentes, les charges d'exploitation, les charges climatiques, etc., sont correctement définies et appliquées à la structure. Assurez-vous que les combinaisons d'actions sont correctement spécifiées pour prendre en compte les différentes conditions de chargement.	
09	Pour lancer le calcul dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :	
	Assurez-vous que votre modèle est correctement configuré avec les propriétés des matériaux, les sections transversales, les conditions aux limites, les charges et les combinaisons d'actions. Une fois que votre modèle est prêt, accédez à l'onglet "Analyse" ou à l'outil d'analyse de la structure dans Robot Structural Analysis. Sélectionnez l'option pour lancer le calcul de la structure. Choisissez les paramètres d'analyse	

	appropriés, tels que le type d'analyse (statique, dynamique, non linéaire, etc.) et les méthodes de calcul. Lancez le calcul et attendez que Robot Structural Analysis génère les résultats de l'analyse	
10	Pour voir les résultats M (moment fléchissant), N (effort normal) et T (effort tranchant) dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :	
	1. Une fois le calcul terminé, accédez à l'onglet "Résultats" ou à l'outil de visualisation des résultats dans Robot Structural Analysis. 2. Sélectionnez les résultats de type "MNT" pour afficher les diagrammes de moments fléchissants, d'efforts normaux et d'efforts tranchants. 3. Choisissez les sections ou les points spécifiques de la structure pour lesquels vous souhaitez visualiser ces résultats. 4. Analysez les diagrammes générés pour évaluer la distribution des moments, des efforts normaux et des efforts tranchants le long de la	

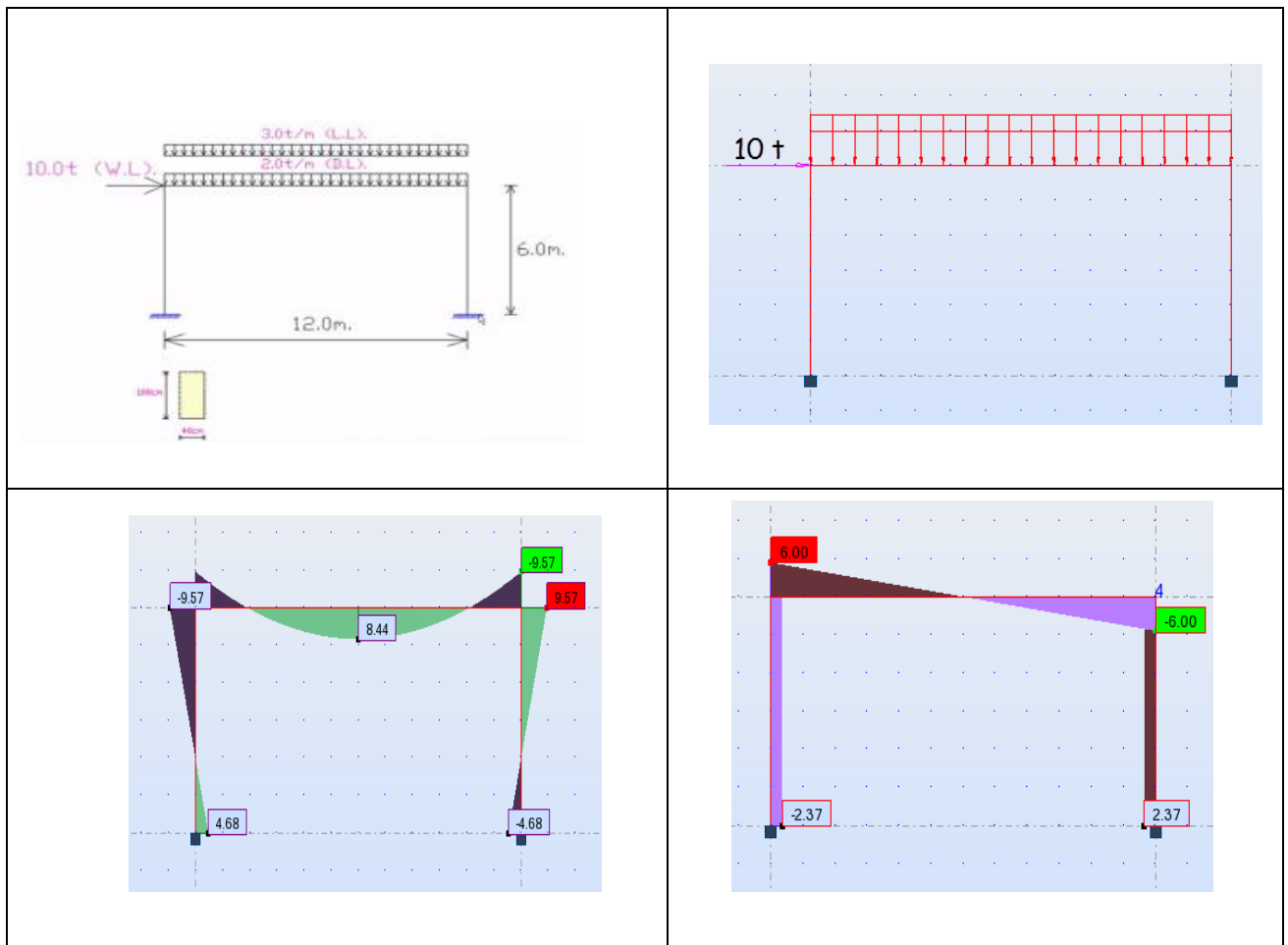
	structure.	
11	Le ferrailage d'une poutre en béton armé est une étape cruciale dans la conception de la structure. Pour réaliser le ferrailage d'une poutre dans Robot Structural Analysis, suivez ces étapes :	
	1. Une fois que vous avez terminé la modélisation de la poutre et que vous avez obtenu les charges et les combinaisons d'actions, accédez à l'onglet "Ferrailage" ou à l'outil de ferrailage dans Robot Structural Analysis. 2. Sélectionnez la poutre pour laquelle vous souhaitez réaliser le ferrailage. 3. Définissez les paramètres de ferrailage tels que le diamètre des barres d'acier, l'espacement, les recouvrements, etc. 4. Robot Structural Analysis peut générer automatiquement des propositions de ferrailage en fonction des charges et des combinaisons d'actions appliquées à la poutre. Vous pouvez également ajuster manuellement le ferrailage	

	proposé si nécessaire. 5. Une fois que le ferrailage est défini, vous pouvez visualiser les détails du ferrailage généré pour la poutre.	
--	--	--

2. Exemple -01- Structure 2D

Tableau 3

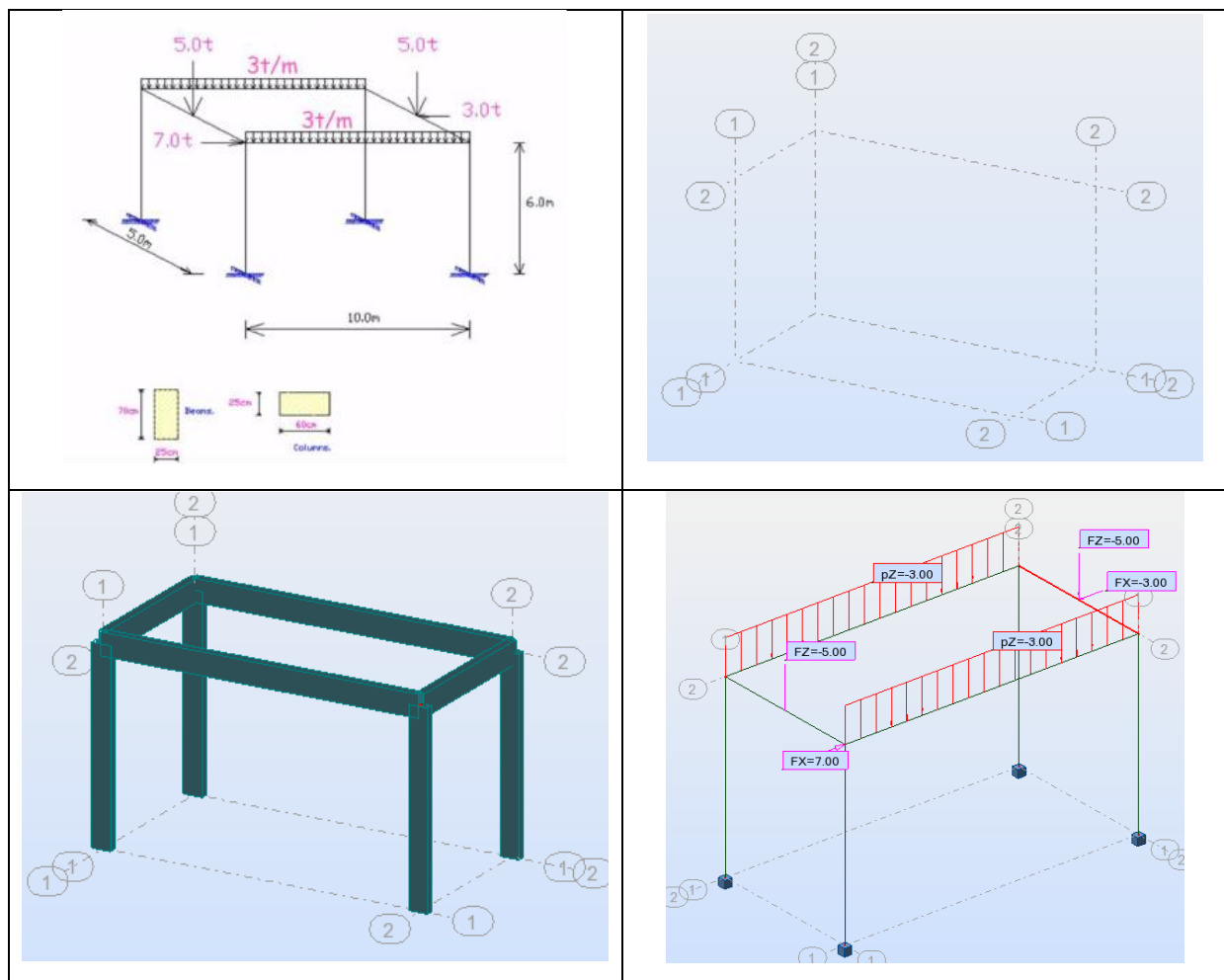
01	Ouvrir Robot
02	Après on choisit Etude portique 2D
03	Lignes de construction X= 0m, 12m, Z= 0m, 6m
04	Barre : La poutre (40*100), les poteaux (40*100)
05	Appuis : On choisit le type « encastrement ».
06	Cas de charge : On a le poids propre, la charge permanente, la charge d'exploitation et la charge du vent.
07	Définition des charges : On a les charges uniformément répartie et les charges ponctuelles. Dans le cas des charges « G » on a 2 t/m, le cas des charges « Q » on a 3 t/m et le cas des charges du vent on a 10 t
08	Calcul On clique sur « calcul » et en suite on va afficher les résultats.
09	Résultats : Le diagramme des moments My, T (Force Fz), N (effort normal Fx)...

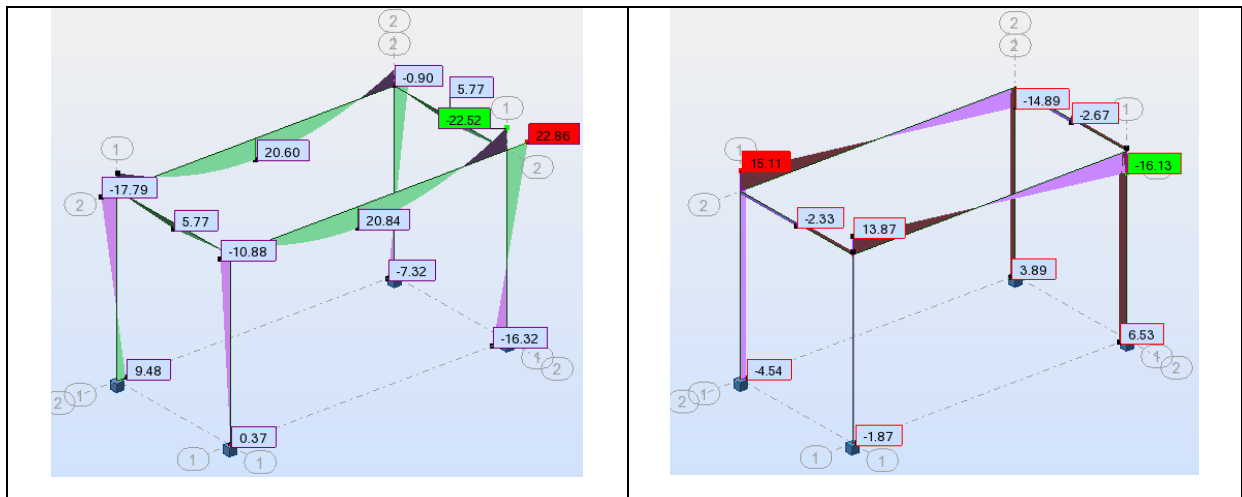


3. Exemple-02- Structure 3D

Tableau 4

01	Ouvrir Robot
02	Après on choisit Etude d'une coque
03	Lignes de construction X= 0m, 10m, Y= 0m, 5m et Z= 0m, 6m
04	La poutre (25*70) Les poteaux (25*60)
05	Cliqué Translation. (Cocher sur 'Etirer' pour dessiner les poutres suivant Y)
06	Appuis :On choisit le type « encastrement ».
07	Cas de charge : On a le poids propre et la charge permanente.
08	Définition des charges :On a les charges uniformément répartie et les charges ponctuelles.
09	Calcul :On clique sur « calcul » et en suite on va afficher les résultats.
10	Résultats : Le diagramme des moments My, T (Force Fz), N (effort normal Fx)...





4. Exemple -03- Structure 3D (R+1)

Voici un organigramme détaillé pour la modélisation d'une structure en béton armé sur le logiciel Robot Structural Analysis Professional pour un projet R+1 avec les spécifications fournies, y compris les charges sismiques et les paramètres de localisation :

1. Préparation du Projet

- Créer un nouveau projet dans Robot Structural Analysis Professional.
- Définir les unités de travail (mètres, kilonewtons, secondes) pour le projet.

2. Définition des Matériaux et des Normes

- Définir les propriétés du matériau pour le béton et l'acier conformément aux normes de conception en vigueur (par exemple RPA99V2003, RNV2013, BAEL91,...ect).

3. Création des Sections

- Définir les sections rectangulaires pour les poteaux, poutres, chaînages et dalles en fonction des dimensions fournies (poteaux : 30x30 cm, poutres : 30x35 cm, chaînage : 30x30 cm, type de plancher 16+4).

4. Création des lignes de construction

- Créez les lignes de construction pour délimiter les contours de la structure en fonction des dimensions du RDC et des étages.
- La hauteur de rez-de-chaussée de 4 mètres et une hauteur d'étage de 3.06 mètres. Vous mentionnez également la présence de deux travées dans le sens XX, chacune mesurant 4 mètres, et de deux travées dans le sens YY, chacune mesurant 3.5 mètres

5. Modélisation de la Structure

- Créer les poteaux en utilisant les sections définies et en les positionnant aux emplacements appropriés selon la configuration du R+1
- Créer les poutres, les chaînages et les dalles en utilisant les sections définies et en les positionnant entre les poteaux selon la configuration des travées.

6. Création des appuis :

- Définir les conditions aux limites et les appuis pour la structure.

7. Application des Charges

- Appliquer les charges permanentes, les charges d'exploitation, les charges climatiques et les charges sismiques selon les normes et les spécifications du projet.
- Dans notre cas appliquer les charges permanentes (g) et les charges d'exploitation (Q) sur les poutres et les dalles en fonction des valeurs fournies ($g = 580 \text{ kg/m}^2$, $Q = 150 \text{ kg/m}^2$).

8. Génération du maillage

- Créer un maillage fin pour les éléments de la structure afin de permettre une analyse précise.

9. Charges Sismiques

- Définir les paramètres sismiques selon la norme RPA99V2003, en prenant en compte la zone sismique I, le site de type S2 et le groupe d'usage 2, ainsi que l'accélération de base $R=3.5$.
- Définition Un diaphragme rigide est une partie d'une structure qui est conçue pour résister aux forces horizontale

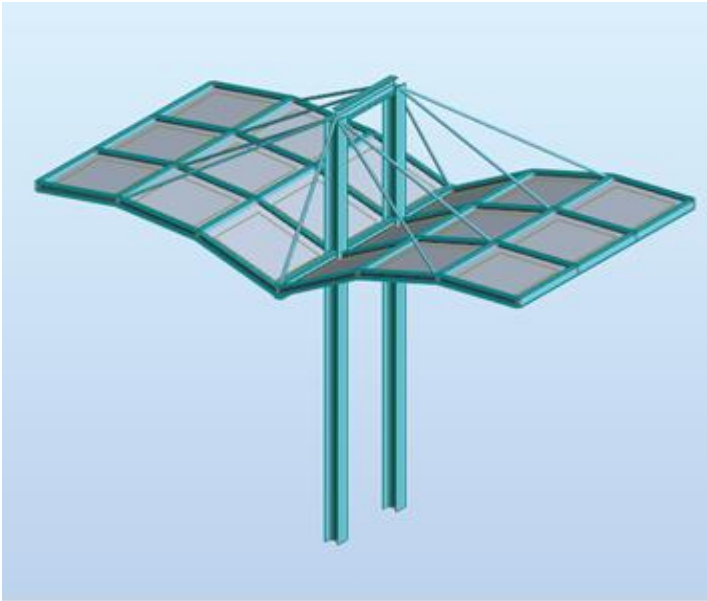
10. Analyse de la Structure

- Effectuer une analyse statique ou dynamique.
- Lancer l'analyse statique linéaire avec prise en compte des charges sismiques pour vérifier les déformations, les contraintes et les réactions aux appuis.

11. Vérification des Résultats

- Vérifier les résultats de l'analyse pour s'assurer que la structure répond aux critères de conception en termes de déformations, contraintes et déformations admissibles, y compris les effets sismiques.

5. Projets modélisée avec le logiciel

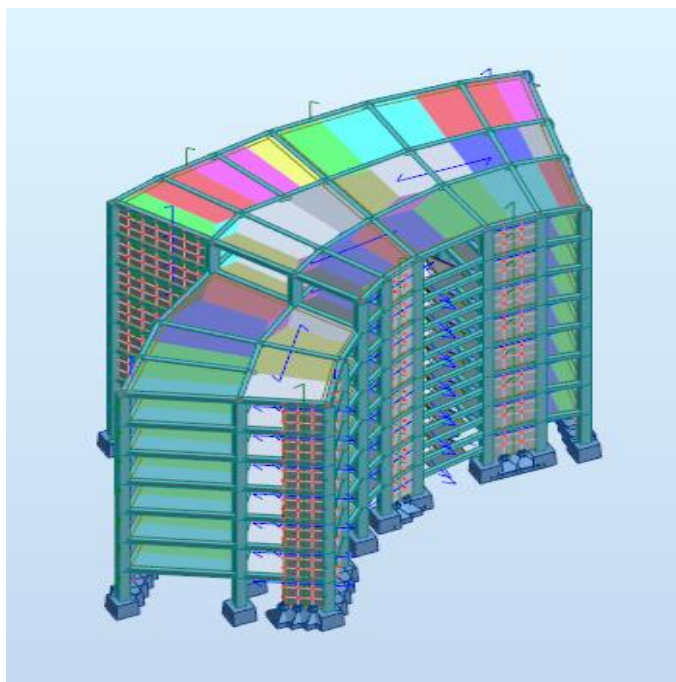
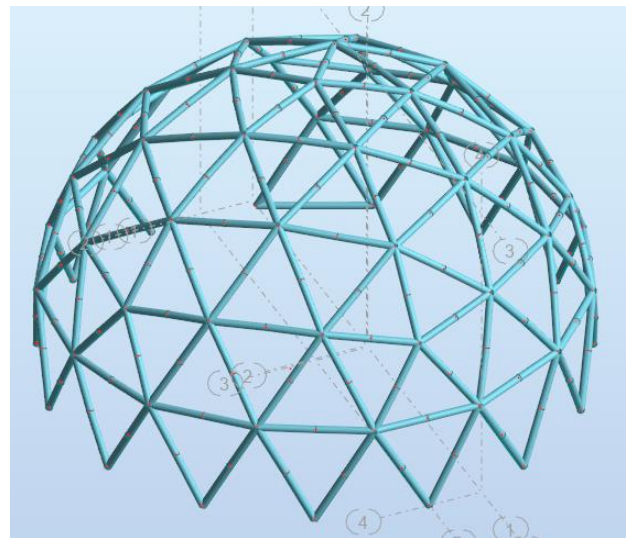


Abri - Structure métallique

Figure 38

Dôme géodésique - Structure en bois

Figure 39



Batiment à usage administratif- Structure béton

Figure 40

Références bibliographiques

- [1] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019 - Guide d'utilisation
- [2] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2017 - Nouvelles fonctionnalités du logiciel
- [3] Dimensionnement des structures en béton : bases et technologie, par René Walther & Manfred Miehlsbradt, 1990.
- [4] Traité de Béton armé, Tomes 1 à 12, F. Guerrin, Editions Eyrolles.
- [5] Traité de Béton Armé'; par R LACROIX, A.FUENTES et H THONIER; Editions Eyrolles,Paris.
- [6] Pratique du BAEL ;J.PERCHAT et J.ROUX ; Editions Eyrolles,Paris.