

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS
FACULTE DE SCIENCES APPLIQUEES



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT
D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN
BETON ARME (Cas du marché Alanine)**

Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du
Diplôme de Bachelor en Sciences de l'ingénieur

Par : **DIVINE MALERE**

Mention : **Génie civil**

Directeur : **Prof. BISHWEKA Chérif**

Encadreur : **Ir CIRHUZA BADESIRE Paterne**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2022 - 2023

Epigraphe

« Le motif le plus important du travail à l'école, à l'université, dans la vie est le plaisir de travailler et d'obtenir, de ce fait des résultats qui serviront à la communauté. »

Albert Einstein

Dédicaces

A mes très chers parents Martin MALERE et Viviane MWAYUMA.

DIVINE MALERE

Remerciements

L'accomplissement de ce travail résulte de la combinaison d'effort et il sied de remercier les différentes personnes pour l'intérêt qu'ils ont pu porter à ce travail :

Premièrement, nous remercions Dieu le père tout puissant pour son amour et sa grâce envers nous, chaque jour et chaque instant de notre vie.

Nous remercions chaleureusement le Professeur **BISHWEKA Chérif** et à l'ingénieur **CIRHUZA BADESIRE Paterne**, pour la direction et l'encadrement afin que ce travail soit au bout.

Nous tenons à remercier nos autorités académiques et scientifique de l'ULPGL/GOMA, en particulier, celle de la faculté des sciences appliquées pour leur formation de qualité qu'elles nous ont fournie.

Nos sincères remerciement à nos chers parents Martin MALERE et Viviane MWAYUMA pour leurs amours, leur sacrifice, leur soutien et tout ce qu'ils ne cessent de faire dans nos vies. A nos chers frères et sœurs, notamment : Éric Ntwali MALERE, Fabiola MALERE, Liliane MALERE, Ivan MALERE, Steffi MALERE, Melisa MALERE, Emmanuella MALERE, Sue MALERE mais aussi à mon beau-frère Paulin MUGISHO, pour leurs amours et leurs soutiens.

Nous ne saurions terminer sans toutefois remercier tous les camarades étudiants pour leur parfaite collaboration, notamment : TSONGO MUSUBYO Divin, LUTOMBO MUKAMBA Moise, KAMBALE BEGHENE Christian, UWEZO BUNDUKU Vertu, MUSHOBORA BINJA Emilie, MAFUTARA Osias, MUHINDO MUSITU Timothee,...

Que toutes les connaissances qui n'ont pas été citées ne se sentent pas oublier pour leurs apports de tout genre qu'ils ont eu à notre égard, qu'ils trouvent ici l'expression de nos profondes gratitude.

DIVINE MALERE

Résumé

Le présent travail porte sur la conception et le dimensionnement d'un bâtiment commercial en béton armé de trois étages, appliqué au cas du marché Alanine. Pour atteindre l'objectif de ce travail, une approche de conception architecturale conformément aux directives de Neufert a été adoptée, suivie du dimensionnement des divers éléments structuraux selon la norme BAEL 91, modifiée en 99. À la suite du pré-dimensionnement et du dimensionnement de la structure, les caractéristiques suivantes ont été retenues : une épaisseur de dalle de 15 cm a été choisie avec des armatures supérieures et inférieures de 25HA14. Pour la poutre la plus chargée, une section de 30*40 cm² a été adoptée, avec des armatures longitudinales comprenant 9HA12, et des armatures transversales de 12HA6. Quant au poteau le plus sollicité, une section de 35*35 cm² a été retenue, avec des armatures longitudinales de 10HA14 et des armatures transversales de 20HA6. Ces résultats garantissent la capacité de la structure à supporter tant les charges ultimes que les charges de service.

Mots clés : Analyse structurale, bâtiment, béton armé, Commercial, Dimensionnement.

Abstract

This work concerns the design and sizing of a three-story reinforced concrete commercial building, applied to the case of the Alanine market. To achieve the objective of this work, an architectural design approach in accordance with the Neufert guidelines was adopted, followed by the sizing of the various structural elements according to the BAEL 91 standard, amended in 99. Following the pre-sizing and sizing of the structure, the following characteristics were retained: a slab thickness of 15 cm was chosen with upper and lower reinforcements of 25HA14. For the most loaded beam, a section of 30*40 cm² was adopted, with longitudinal reinforcements including 9HA12, and transverse reinforcements of 12HA6. As for the most stressed post, a section of 35*35 cm² was retained, with longitudinal reinforcements of 10HA14 and transverse reinforcements of 20HA6. These results guarantee the capacity of the structure to support both ultimate loads and service loads.

Keywords: Structural analysis, building, reinforced concrete, Commercial, Sizing.

Table des matières

Epigraphe	i
Dédicaces	ii
Remerciements	iii
Résumé.....	iv
Abstract	v
Table des matières.....	vi
Sigles et abréviations	ix
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures	xii
Introduction générale	1
Chapitre 1 : GENERALITES.....	3
I.1 Introduction du chapitre.....	3
I.2 Notion sur le marché.....	3
I.2.1 Différentes formes de commerce.....	4
I.2.1.1 Les étalages.....	5
I.2.1.2 Les boutiques	5
I.2.1.3 Les magasins.....	5
I.2.1.4 Commerce liés à une unité de production.....	5
I.2.1.5 Les marchés	5
I.3 Structures	7
I.3.1 Système porteur	8
I.3.2 Système non porteur	8
I.4 Caractéristiques mécanique des matériaux	9
I.4.1 Généralité sur le béton armé	9

I.4.2 caractéristiques mécanique du béton	10
I.4.2.1 Résistance caractéristique à la compression	10
I.4.2.2 Résistance caractéristique à la traction	11
I.4.2.3 Déformations et modules de déformations longitudinales du béton	11
I.4.3 caractéristiques mécanique de l'acier	14
I.4.3.1 Module d'élasticité de l'acier	14
I.4.3.2 Limite d'élasticité garantie des aciers.....	14
I.5 Localisation du marché Alanine	15
I.6 Conclusion partielle	16
Chapitre 2 : METHODOLOGIE.....	17
II.1 Introduction du chapitre	17
II.2 Norme de conception du marché.....	17
II.2.1 Norme de conception architecturale.....	17
II.2.2 Norme de conception structural	17
II.3 Dimensionnement des éléments structuraux	18
II.3.1 Principe des justifications.....	18
II.3.2 Actions et sollicitations	19
II.3.2.1 Action	19
II.3.1.2 Sollicitations	21
II.4 Pré-dimensionnement des éléments en béton armé.....	22
II.4.1 Dalle	22
II.4.2 Poutre.....	23
II.4.3 Poteau	24
II.4.3.1 Vérification du poteau au flambement	26
II.5 Présentation des logiciels	28
II.5.1 Robot Structural Analysis Professional.....	28
II.5.2 Archcad	28
II.6 Conclusion.....	29
Chapitre 3 : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....	30
III.1 Introduction	30

III.2 Présentation du projet.....	30
III.2.1 Vue en perspective	30
III.2.2 Hypothèses des calculs.....	31
III.2.2.1 Caractéristiques mécaniques du béton	31
III.2.2.2 Caractéristiques mécaniques de l'acier	31
III.3 Dimensionnement des éléments porteurs.....	31
III.3.1 Pré-dimensionnement.....	31
III.3.1.1 Pré-dimensionnement de la dalle	32
III.3.1.2 Pré-dimensionnement de la poutre	32
III.3.1.3. Pré-dimensionnement du poteau	33
III.3.2 Descente des charges	35
III.4 Présentation et interprétation des résultats.....	36
III.4.1 Résultat de dimensionnement dalle.....	36
III.4.1 Résultat du dimensionnement des poutres	37
III.4.3 Résultat de dimensionnement du poteau.....	40
III.5 Conclusion partielle	40
Conclusion générale.....	41
Bibliographie.....	42
ANNEXE	43

Sigles et abréviations

CAO	: Conception Assisté à l'Ordinaire
DAO	: Dessin Assisté à l'Ordinaire
BA	: Béton Armé
Fe	: limite d'élasticité de l'acier
G	: Charge permanente
Q	: Charge d'exploitation
ELU	: Etat Limite Ultime
ELS	: Etat Limite de Service
<i>f</i>c28	: Résistance caractéristique à la compression du béton âgé de 28jours
I_x,I_y	: Moment d'inertie
h	: hauteur
b	: base
i_x,i_y	: Rayon de giration
L_f	: Longueur de flambement
L_x	: La portée du petit côté de la dalle
L_y	: La portée du grand côté de la dalle
L_{max}	: Portée maximale entre deux appuis
HA	: Haute adhérence

N	: Newton, unité de force
γ	: Poids volumique
m	: Mètre
m²	: Mètre carré
m³	: Mètre cube
Fe400	: Nuances utilisées avec une limite élastique de 400MPa
RPA	: Règlementation Parasismique Algérienne
Zone 1	: Sismicité faible
Zone 2	: Sismicité moyenne

Liste des tableaux

Tableau 1 :Présentation de la résistance du béton en fonction de son âge	11
Tableau 2 : Module de déformation instantanée (ELU)	12
Tableau 3 Limite d'élasticité garantie des aciers pour béton armée	15
Tableau 4: Charges d'exploitation des bâtiments	21
Tableau 5 : Les charges gravitaires pour une dalle courante	36
Tableau 6: Ferrailage pour un panneau de dalle	36
Tableau 7. Moments fléchissant et effort tranchant dans les poutres à l'ELU	37
Tableau 8 Moments fléchissant et d'effort tranchant dans la poutre en ELS	38
Tableau 9 : Ferrailage de la poutre continue	39
Tableau 10 : Ferrailage du poteau	40

Liste des figures

Figure 1: Diagramme Contraintes – Déformations Expérimental et de Calcul	12
Figure 2: Diagramme Contraintes – Déformations à long terme.....	13
Figure 3: Diagramme expérimental des contraintes-déformation en traction simple	14
Figure 4 Situation géographique du site	16
Figure 5: Dimension de poutre.....	24
Figure 6 :Longueur de flambement d'un poteau.....	27
Figure 7 : Vue en perspective	30
Figure 8 Diagramme de Moments fléchissant est d'effort tranchant dans la poutre en ELU..	37
Figure 9: Diagramme de Moments fléchissant, d'effort tranchant et de déformation dans la poutre en ELS	38

Introduction générale

Le développement de la ville de Goma, comme c'est le cas ailleurs dans le monde, est confronté à une croissance démographique rapide. Cette croissance engendre un besoin accru d'activités commerciales pour une population en quête de sources de revenus face à un taux de chômage élevé. Le commerce apparaît alors comme une réponse essentielle pour répondre aux besoins financiers. Cependant, cette expansion économique est confrontée à des défis majeurs. La ville manque d'espaces dédiés pour accueillir efficacement les commerçants, tandis que les zones commerciales existantes sont caractérisées par des constructions anciennes inadaptées, notamment en termes d'aménagement architectural. Ces difficultés se traduisent par une occupation anarchique des espaces publics, provoquant des embouteillages et des risques d'accidents, observables dans des zones comme le marché pirate à des endroits spécifiques de la ville tels que le centre-ville, le rond-point Birere, le rond-point Signers, le marché Alanine, la rue Felix Antoine TSHISEKEDI, et le terminus [1].

Cette étude se concentre spécifiquement sur le marché Alanine, où la congestion résulte du trafic intense des véhicules, du flux important de piétons et de marchands, du stationnement des véhicules des acheteurs en bordure de route, ainsi que de l'exposition des produits par les commerçants sur la voie publique. La problématique s'articule autour de la conception et de la planification d'un marché moderne répondant aux besoins des commerçants tout en assurant la sécurité des usagers, visant à résoudre le problème de l'insuffisance d'espace marchand ainsi que les problèmes de congestion [2].

Pour mieux mener cette étude, la question suivante constitue l'objet de la problématique afin d'aboutir à un bon résultat à savoir, comment réduire la congestion et optimiser l'espace au marché Alanine pour résoudre les problèmes de trafic et de manque de places, réduisant ainsi le phénomène de marché pirate dans la ville de Goma ?

Une conception architecturale et structurelle adéquate est impérative pour atténuer les problèmes de congestion et garantir la sécurité des usagers du marché. Dans cette perspective, les bâtiments jouent un rôle essentiel en abritant les individus, les espaces de travail, ainsi que les autres espaces d'activités, entre autres. La diversité des matériaux utilisés, la localisation

géographique, la fonction du bâtiment et le niveau de développement de la société influencent les modes de conception et de construction. Tant lors de la phase de construction que durant l'exploitation, les édifices doivent résister à leurs charges propres ainsi qu'aux contraintes extérieures. Par conséquent, l'évaluation minutieuse de la qualité des matériaux et un dimensionnement précis des éléments structuraux deviennent des aspects cruciaux pour assurer la solidité et la durabilité des bâtiments.

L'objectif global de cette étude est d'élaborer la conception et le dimensionnement d'un bâtiment à usage commerciale (cas du marché Alanine) afin de remédier à l'insuffisance d'espace marchand et aux problèmes de congestion, assurant ainsi un fonctionnement optimal et une sécurité accrue pour ses usagers.

Les objectifs spécifiques associés à cette étude consistent à mener une analyse architecturale et structurelle approfondie du marché Alanine. De plus, une attention particulière sera portée à la réalisation d'un dimensionnement précis visant à garantir la sécurité des usagers fréquentant ce marché.

Pour atteindre ces objectifs, cette étude utilisera des ressources documentaires pour rassembler des informations essentielles pour le dimensionnement des structures en béton armé. De plus, les logiciels ArchiCad et Robot Structural Analysis Professional seront employés pour l'élaboration des plans en 2D et 3D, ainsi que pour l'analyse structurelle.

Ce travail va se limiter à la conception et au dimensionnement ; cependant l'étude géotechnique, le dimensionnement de la fondation, le devis et le planning du travail ne font pas objet de ce travail et peuvent être développés dans des travaux ultérieurs.

Hormis l'introduction et la conclusion générale, le présent travail comporte trois chapitres. Le premier chapitre présente les généralités ; il s'agit ici d'une brève revue de la littérature sur le béton armé mais aussi une description de la conception et du site sera aussi fait. Le deuxième chapitre aborde la méthodologie du travail ; ici il est question de présenter de manière détaillé les procédés adoptés pour atteindre les objectifs fixés. Quant au troisième, il est consacré à la présentation des résultats.

Chapitre 1 : GENERALITES

I.1 Introduction du chapitre

Ce chapitre présente les généralités sur le marché en premier point où on aura à définir le marché mais aussi répondre à la question « pourquoi avoir des nouveaux marché » ; en deuxième point on parlera de la structure où donnera les éléments du système porteur et non porteur d'un bâtiment, en troisième point on donnera les caractéristiques mécaniques des matériaux notamment du béton et l'acier ; et en dernier point on parlera de la présentation du site de notre projet.

I.2 Notion sur le marché

Le marché est une institution sociale, qui assure la possibilité d'une rencontre entre des offreurs (qui détiennent un bien ou un service) et des demandeurs (qui souhaitent acheter un bien ou un service). A ce titre, le marché est la condition de la possibilité du commerce [3].

Deux conditions importantes au bon fonctionnement d'un marché sont la liberté commerciale et la participation de plusieurs vendeurs et plusieurs acheteurs :

- La liberté commerciale permet que les échanges commerciaux ne soient pas dirigés par une autorité publique. Cependant, les échanges peuvent être limités par le dirigisme économique. Sous un régime politique collectiviste ou totalitaire, la répression de la liberté civile, dont fait partie la liberté commerciale, tend à la disparition du commerce légal et au développement du marché noir.
- La participation de plusieurs vendeurs et plusieurs acheteurs favorise l'exercice de la concurrence commerciale. Cependant, la concurrence peut être affaiblie ou quasiment absente dans un marché oligopolistique, monopolistique.

Pourquoi améliorer les marchés existants et en construire des nouveaux ?

Améliorer les marchés existants et en construire de nouveaux revêt une grande importance pour plusieurs raisons :

Faciliter la distribution : En général, les acheteurs préfèrent s'approvisionner en produits alimentaires et autres nécessités en un seul lieu et sous un même toit. Les marchés jouent un rôle essentiel dans la chaîne de distribution, reliant les producteurs aux consommateurs. Si les marchés de vente au détail ne sont pas efficaces, les efforts déployés pour améliorer la production ou réduire les pertes après la récolte risquent de ne pas se traduire en bénéfices pour les consommateurs [4].

Stimulation de la production : Un bon réseau de vente au détail, qu'il s'agisse de magasins ou de marchés ambulants, encourage la production chez les agriculteurs. Les détaillants sont en contact direct avec les consommateurs et comprennent leurs besoins. En proposant des articles adaptés aux possibilités financières des consommateurs, ils favorisent à la fois leurs propres profits et la production agricole.

Économie d'échelle : Améliorer les marchés existants et en créer de nouveaux permet de réaliser des économies d'échelle sur les frais fixes. De plus, diversifier géographiquement les sources de revenus réduit les risques liés à la dépendance vis-à-vis d'un seul territoire.

Valeur du patrimoine de l'entreprise : Être présent dans plusieurs marchés élargit le réseau et améliore les perspectives de croissance et de financement d'une entreprise. Pour les acheteurs d'entreprises, cela a une valeur considérable.

En somme, l'amélioration des marchés existants et la création de nouveaux marchés contribuent à une distribution plus efficace, stimulent la production et renforcent la stabilité économique. Ces efforts sont essentiels pour le développement durable et la prospérité des communautés locales [5].

I.2.1 Différentes formes de commerce

Dans la ville, le commerce prend plusieurs formes et peut aller du petit étalage à un grand équipement marchand urbain. Ces formes de commerce se distinguent par rapport à certains critères : les produits de vente, la taille et la surface d'action de leurs espaces et par leurs caractéristiques physiques.

I.2.1.1 Les étalages

Les étalages sont définis comme étant des expositions des marchandises offertes à la vente ; lieu où l'on expose ses marchandises [6]. C'est un agencement de plusieurs mobiliers (fixes ou mobiles) de taille et de commodité variées mis en place pour maximiser la visibilité des produits à vendre

I.2.1.2 Les boutiques

Ce sont des bâtiments ou des espaces dans un bâtiment pour la vente des marchandises ou la fourniture des services (prêt à porter, merceries ou des quincailleries qui sont placés le long des rues des villes ou dans des centres commerciaux, elles proposent au client un assortiment choisi des produits et surtout des prestations des conseils.

I.2.1.3 Les magasins

Ce sont des lieux de commerce de détail, généralement en grande distribution. Ils sont organisés dans un espace fermé ayant des conditions de sécurité et d'hygiène nécessaires pour faciliter l'accès et le stationnement aux abords de ces magasins. Ils sont généralement situés au centre ou à des points secondaires de la zone d'habitation et desservis par des grandes voies.

I.2.1.4 Commerce liés à une unité de production

Il s'agit souvent des commerces de type artisanal ou professionnel, et qui vendent des produits maîtrisés du fait de la fabrication, de la préparation, de la conservation et/ou de la compétence professionnelle qu'il représente : boulangerie, pâtisserie, boucherie, fromage, fleuriste, etc [7].

I.2.1.5 Les marchés

C'est la plus importante forme de commerce qu'on peut avoir dans la ville. Il s'agit d'un petit ou grand espace de rassemblement dans les rues ou des places couvertes avec des étalages pour la vente des biens et des produits. On peut aussi trouver à l'intérieur des marchés plusieurs types d'équipements marchands cités précédemment. Ils sont l'endroit où s'approvisionne la très grande majorité de la population urbaine d'une ville

Dans presque tous les projets de marchés, le principe de base est de trouver une solution qui ait un bon rapport qualité/prix. Il faut toutefois respecter différents autres principes ayant trait à la

conception des infrastructures. Parmi ces principes, citons : l'espace nécessaire, le choix des matériaux et des ossatures et l'impact climatique (précipitations, température, vent).

- Utilisation de l'espace

L'utilisation de l'espace dépend bien sûr des fonctions que le marché doit assurer. Toutefois, au niveau de l'étude de conception détaillée, il faut développer une description plus précise des différentes portions du marché, en faisant une distinction entre les aires de :

- Vente de fruits et de légumes frais ;
- Vente de viande, poisson, volaille et œufs ;
- Vente de céréales et d'épices ;
- Vente de plats cuisinés ;
- Vente d'articles non alimentaires (habillement, quincaillerie) ;
- Cheminements internes et extérieurs ;
- Autres utilisations (entreposage, bureaux administratifs, toilettes publiques, etc.).

Les stands dont les marchands de fruits et de légumes ont besoin (et qu'ils peuvent se permettre) sont infiniment plus simples que ceux destinés aux marchands d'articles plus précieux, comme l'habillement par exemple, lesquels doivent obligatoirement pouvoir se fermer. Toutefois, même pour une même catégorie de marchandises, les besoins peuvent différer, soit par une question de taille, soit par une question de commodité ou d'agrément du stand.

Il y a un besoin de stands plutôt grands dans un marché, mais d'une manière générale ils sont assez peu nombreux, c'est notamment le cas des marchands de céréales ou de légumes secs, lesquels ont besoin d'espace pour pouvoir entreposer leurs sacs. La façon la plus simple de résoudre ce problème est de prévoir des stands modulaires que l'on peut donc combiner entre eux pour former des stands plus grands. Voici une procédure type pour déterminer la répartition des espaces de vente dans les marchés de plein air comme dans les marchés couverts :

1. Estimation du nombre total de stands requis sur la base du chiffre d'affaires global estimé sur la base des projections effectuées, ainsi que des différents niveaux de chiffres d'affaires des marchands (bas, moyen ou gros) et les types d'articles vendus (fruits et légumes, viande, poisson, volaille, céréales, laitages, habillement, quincaillerie, etc.);
2. Pour chaque type d'utilisateur, décider leur répartition entre vente à l'air libre ou vente sous abri en se fondant pour ce faire sur un modèle d'utilisation supposée, dans le cas des marchés neufs, ou observée, dans le cas des marchés existants (par exemple : dans un marché rural hebdomadaire, 90% des stands sont à l'air libre, alors que dans un marché de centre-ville, 100% des stands sont sous abri) ;
3. Répartition des stands dans l'aire du marché, en se souvenant qu'il convient de faire des stands le plus petit possible afin de minimiser les redevances à percevoir ;
4. Répartition des cheminements (d'une largeur suffisante pour permettre le va-et-vient des clients sans gêne pour les chariots ou véhicules qui approvisionnent le marché) ;
5. Prévision d'une allée transversale tous les 12 m au maximum ;
6. Addition de tous les espaces prévus (vente et cheminements) et vérification du fait que le total correspond plus ou moins au total de l'aire disponible pour y installer le marché ;
7. Ajustements nécessaires pour tenir compte des éventuels équipements déjà existants ;
8. Programmation du développement du marché en fonction des besoins de première priorité et des besoins pouvant se réaliser à plus longue échéance ;
9. Exposition-débat de la solution envisagée avec les marchands pour s'assurer de leur adhésion, le cas échéant.

I.3 Structures

Un bâtiment est constitué de différents éléments structuraux qui assurent sa stabilité et sa capacité à supporter les charges. Parmi ces éléments, on distingue les systèmes porteurs et non porteurs qui jouent des rôles spécifiques dans la structure globale du bâtiment

I.3.1 Système porteur

Le système porteur d'un bâtiment consiste en l'ensemble des éléments structuraux conçus pour supporter les charges verticales et horizontales du bâtiment, assurant ainsi sa stabilité et sa résistance. Ces éléments sont responsables de transférer les charges de la structure vers le sol de manière sécurisée. Nous pouvons citer ;

a) Poutres : Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux qui servent souvent d'intermédiaire entre les planchers et les éléments porteurs verticaux (comme les poteaux). Elles sont élancées, avec une grande portée par rapport à leur hauteur et leur largeur. Les poutres travaillent en flexion et nécessitent des armatures pour résister à la traction.

b) Poteaux : Les poteaux sont des éléments porteurs verticaux en béton armé, leur rôle est de reprendre les efforts dus aux charges et surcharges ramenées par les poutres, et ensuite les transmettre aux fondations

c) Plancher : Les planchers sont des surfaces horizontales qui séparent les différents étages d'un bâtiment. Ils doivent être capables de supporter des charges d'utilisation, résister à la flexion et assurer l'étanchéité et la protection contre le feu et les effractions.

d) Les murs porteurs : Les murs porteurs sont des éléments verticaux qui supportent à la fois les charges verticales et horizontales du bâtiment. Ils peuvent être en maçonnerie, en béton armé ou en acier. Les murs porteurs offrent une grande stabilité structurale mais limitent la flexibilité dans la disposition des espaces intérieurs.

I.3.2 Système non porteur

Le système non porteur comprend les éléments qui ne supportent pas les charges structurelles principales du bâtiment, mais contribuent à son fonctionnement, son isolation, son esthétique et son confort intérieur.

a) Cloisons intérieures : Elles définissent les différents espaces intérieurs du bâtiment.

b) Revêtements de sol et de plafond : Ils ajoutent à l'esthétique et à l'isolation du bâtiment.

c) Portes et fenêtres : Ils offrent l'accès à l'intérieur du bâtiment et contribuent à l'éclairage naturel et à la ventilation.

d) Équipements mécaniques et électriques : Ils fournissent des commodités telles que le chauffage, la climatisation et l'électricité.

e) Isolation thermique et acoustique : Ils assurent le confort et l'efficacité énergétique du bâtiment.

En résumé, tandis que le système porteur assure la stabilité et la résistance du bâtiment, le système non porteur contribue à son fonctionnement et à son confort intérieur. Une conception équilibrée et efficace de ces deux systèmes est essentielle pour la construction d'un bâtiment sûr, fonctionnel et esthétiquement agréable.

I.4 Caractéristiques mécanique des matériaux

I.4.1 Généralité sur le béton armé

Le béton est un matériau complexe obtenu en mélangeant, dans des proportions convenables des granulats (sable, graviers, cailloux ou pierres concassées), un liant (généralement du ciment) et de l'eau (eau de mouillage des granulats et d'hydratation du ciment) ; ce mélange fait prise (il se solidifie) puis il durcit (il devient résistant).

a) Avantage

Dans le domaine du génie civil, le béton se révèle être un matériau :

- bon marché et durable,
- de préparation facile et rapide,
- facile à mouler (permet de réaliser des formes quelconques),
- de très bonne résistance à la compression (20 à 60 MPa)

b) Inconvénient majeur

Sa résistance à la traction est médiocre (résistance à la traction du béton = 1/10 de sa résistance en compression) ; pour pallier à cette insuffisance, deux solutions sont données :

- disposer dans les zones tendues des armatures d'acier qui ne deviennent efficaces que lorsque les charges extérieures commencent à agir (les armatures absorbent les efforts de traction et le béton absorbe les efforts de compression) ; c'est le cas du Béton Armé
- Pré-comprimer le béton par le jeu d'efforts intérieurs de manière à neutraliser les contraintes de traction qui seraient apparues sous l'effet des charges ; c'est le cas du Béton Précontraint

c) Causes de la réussite de l'association acier béton

L'acier adhère bien au béton, ce qui permet la transmission des efforts d'un matériau à l'autre ; il n'y a pas de réaction chimique entre le béton et l'acier ; le béton protège l'acier contre la corrosion ; le coefficient de dilatation thermique est sensiblement le même pour les deux matériaux.

I.4.2 caractéristiques mécanique du béton

Le béton est caractérisé par une bonne résistance à la compression f_{cj} et une résistance médiocre en traction f_{tj} . Un module de Young qui prend deux valeurs selon que l'on considère des déformations instantanées E_{ij} ou des déformations à long terme (déformations différées) E_{vj} [6].

I.4.2.1 Résistance caractéristique à la compression

La résistance caractéristique à la compression f_{ck} est déterminée après une série d'essais d'écrasement d'éprouvettes cylindrique normalisées âgées de 28 jours. Elle est exprimée en MPa. Cette résistance caractéristique du béton correspond dans la norme à la valeur de la résistance au-dessus de laquelle peuvent se situer au plus 5% de la population de tous les résultats des essais sur éprouvette 16x32. Cette résistance caractéristique est donc bien inférieure à la valeur moyenne des résultats d'essais.

Cette résistance varie en fonction de l'âge du béton et le règlement donne des lois d'évolution de f_{cj} (résistance en compression à j jours) en fonction de l'âge « j » en jours. Le **tableau1** représente la résistance du béton en fonction de son âge.

Tableau 1 :Présentation de la résistance du béton en fonction de son âge [6]

$j \leq 28$	$f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$	$f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$
	$f_{c28} > 40 \text{ MPa}$	$f_{cj} = j \cdot f_{c28} / (1.40 + 0.095j)$
$j = 28f_{cj}$	$f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$	$f_{cj} = f_{c28}$ pour les calculs de résistance
$28 < j \leq 60$		$f_{cj} = j \cdot f_{c28} / (4.76 + 0.83j)$ pour les calculs de déformation
$j > 60$		$f_{cj} = 1.1 * f_{c28}$ pour les calculs de déformation

I.4.2.2 Résistance caractéristique à la traction

Elle est désignée par f_{tj} (résistance à la traction à " j " jours) et est exprimée en MPa. Elle est conventionnellement définie à partir de la résistance à la compression par la relation (1):

$$f_{tj} = 0.6 + 0.06 * f_{cj} \quad (1)$$

I.4.2.3 Déformations et modules de déformations longitudinales du béton

- Déformations instantanées :

Le **figure 1**, présente le diagramme expérimental "contrainte - déformation" du béton à partir d'un essai de compression simple sur éprouvette 16x32. Réglementairement, on applique des coefficients de sécurité sur la résistance du béton et le diagramme qui sera utilisé pour les calculs à l'ELU (Etats Limites Ultimes de Résistance - Etats Limites Ultimes de Stabilité de Forme) sera le diagramme dit "de calcul". La résistance de calcul à la traction sera négligée.

Le béton est un matériau fragile (non ductile), il se déforme peu avant rupture. La loi de comportement fait apparaître une zone élastique (quasiment linéaire) et une zone plastique.

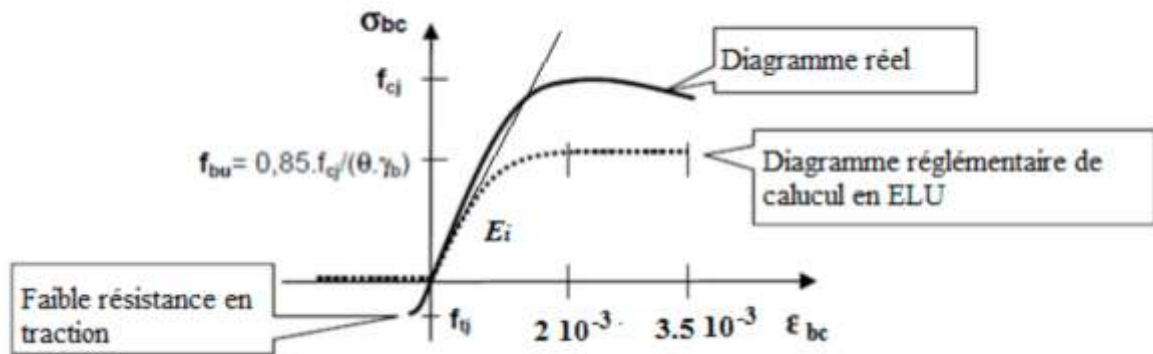


Figure 1: Diagramme Contraintes – Déformations Expérimental et de Calcul

- Module de déformations instantanées (ELU) :

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24 heures, on admet à l'âge de j jours, un module de déformation instantanée du béton est de:

$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} \quad (2)$$

Le module d'élasticité dépend, non seulement de la classe de résistance du béton, mais aussi des propriétés réelles des granulats utilisés. Les valeurs du **tableau 2** sont dressées pour un béton âgé de 28 jours.

Tableau 2 : Module de déformation instantanée (ELU)

Classes de résistance du béton	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
E_{ij} (MPa)	29859	32164	34180	35982	37619	39126

N.B : La classe de résistance du béton CA/B, correspond aux résistances caractéristiques suivantes :

C : classe du béton.

A : résistance caractéristique du béton obtenue par des essais établis sur des éprouvettes cylindriques.

B : résistance caractéristique du béton obtenue par des essais établis sur des éprouvettes prismatiques.

Un tel béton est de classe CA/B. Sa résistance caractéristique est de grandeur A.

- Déformation différée

Un élément de béton comprimé admet dès l'application de la charge une déformation instantanée. Si la charge demeure à être appliquée, cette déformation va continuer à croître du fait du fluage (déformation dans le temps sous charge constante) et sera même trois fois plus importante que la déformation instantanée. La **figure 2** présente le diagramme des contraintes-déformation à long terme.

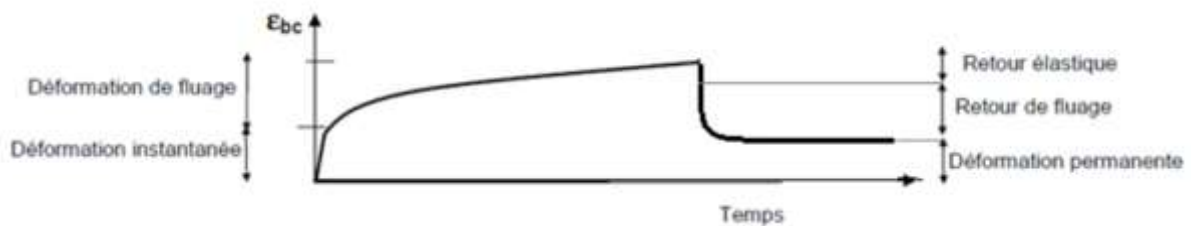


Figure 2: Diagramme Contraintes – Déformations à long terme [7]

- Module de déformations différées (ELS)

Le module de déformation différée dû aux déformations différées du béton, et qui correspond à des charges de longue durée d'application (réglementairement plus de 24 heures) et dont le symbole est E_{vj} se calcule par la formule :

$$E_{vj} = 3700^3 \sqrt{f_{cj}} \quad (3)$$

I.4.3 caractéristiques mécanique de l'acier

Les caractéristiques d'un acier sont déterminées après une série d'essais de traction directe. Elles sont valables pour les aciers en barres, en treillis soudés et les files livrés en couronnes. Les caractéristiques mécaniques servant de base aux calculs des éléments en béton armée, sont le module d'élasticité et la limite d'élasticité garantie des aciers.

I.4.3.1 Module d'élasticité de l'acier

A partir d'un essai de traction, le module d'élasticité de l'acier est pris égal à $E_s = 200000 \text{ MPa} = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$. Cette valeur est la même en traction et en compression. La **figure 3**, représente le diagramme expérimental des contraintes – déformation en traction simple

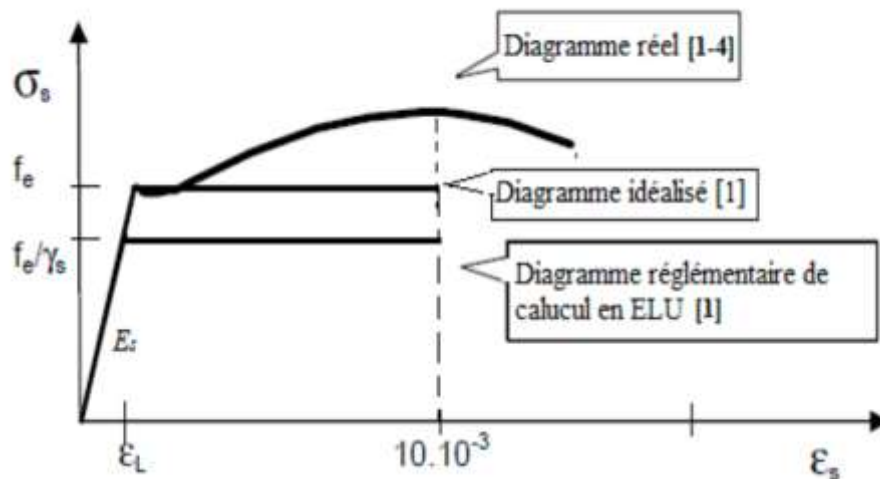


Figure 3: Diagramme expérimental des contraintes-déformation en traction simple [9]

I.4.3.2 Limite d'élasticité garantie des aciers

Les armatures pour le béton armé sont constituées par des aciers qui se distinguent par leurs nuances qui correspondent à leur limite élastique garantie d'une part, et d'autre part par leur état de surface lisse ou à haute adhérence. Le **tableau 3** présente les types d'acier pour béton armée.

Tableau 3 Limite d'élasticité garantie des aciers pour béton armée [9]

Barre lisse		
NF A 35-015		
Nuance FeE	215	235
Limite d'élasticité (MPa)	215	235
Résistance à la traction (MPa)	330/410	410/490
Allongement à la rupture en %	22	25
Barre a haute adhérence		
NF A 35-016 NF A 35-019	HA	
Nuance FeE	400	500
Limite d'élasticité (MPa)	400	500
Résistance à la traction (MPa)	480	550
Allongement à la rupture en %	14	12
Treillis soudés		
NF A 35-015	TS	
Nuance FeE	500	
Limite d'élasticité (MPa)	500	
Résistance à la traction (MPa)	550	
Allongement à la rupture en %	8	

I.5 Localisation du marché Alanine

Le marché Alanine se situe sur la Rue Mutete Mwenyemali N°1, Quartier Himbi 1, Commune de Goma, Ville de Goma dans République Démocratique du Congo, Il est situé sur la route National N°2 (RN2). Il peut être localisé grâce aux coordonnées se trouvant aux point suivant :

A (1°39'44''S 29°12'15''E)

B ($1^{\circ}39'47''$ S $29^{\circ}12'13''$ E)
C ($1^{\circ}39'46''$ S $29^{\circ}12'17''$ E)
D ($1^{\circ}39'49''$ S $29^{\circ}12'15''$ E)



Figure 4 Situation géographique du site [10]

I.6 Conclusion partielle

Dans ce premier chapitre, il a été question de présenter les notions sur le marché ; donner système porteur et non porteur du bâtiment ; donner les caractéristiques mécaniques des matériaux et enfin donner la localisation du projet.

Chapitre 2 : METHODOLOGIE

II.1 Introduction du chapitre

Ce présent chapitre présente les techniques et méthodes pour pouvoir mener à bien ce travail. Il présente en premier les normes de conception architecturale et structurale pour donner une idée sur comment s'est fait la conception de notre bâtiment. En second point le dimensionnement des éléments en béton armé où il sera question de donner le principe des justifications mais aussi les actions et sollicitation de la structure. Dans le troisième point, on donnera la marche à suivre pour faire le pré-dimensionnement de la structure afin d'avoir les dimensions des différents éléments de la structure. En dernier point, on présentera les différents logiciels utilisés dans ce projet.

II.2 Norme de conception du marché

II.2.1 Norme de conception architecturale

Comme norme de conception architecturale, on a eu à utiliser le livre neufert qui traite des fondamentaux de l'architecture, la conception et les éléments de construction ; on y trouve aussi des informations essentielles pour la planification et la conception de bâtiments.

II.2.2 Norme de conception structural

La norme structurale utilisée pour ce projet est BAEL (Béton Armé aux États Limites) qui est un ensemble de règles techniques utilisées pour la conception et le calcul des ouvrages en béton armé. Et qui a comme objectif :

- Garantir la sécurité et la fiabilité des structures en béton armé.
- Elle définit des méthodes de calcul et des dispositions constructives pour les éléments courants tels que les poutres, les dalles, les poteaux, etc.

- Application :

Les ingénieurs, les architectes et les constructeurs utilisent la norme BAEL pour concevoir des bâtiments en béton armé. Elle permet de déterminer les sections des éléments, les armatures nécessaires, et de vérifier la résistance et la stabilité des structures.

- Méthode des états limites :

La méthode des états limites est utilisée pour évaluer la sécurité et la durabilité des structures. Elle prend en compte les charges (poids propre, charges d'exploitation, etc.) et les contraintes (résistance du matériau, adhérence, etc.) [11].

II.3 Dimensionnement des éléments structuraux

Chaque matériau possède des méthodes de calcul retrouvées sous forme des normes ou abaques. Notre structure étant en béton armée, nous avons opté pour les méthodes de calcul basé sur les règles du BAEL 91 modifié 99. Pour les détails de calcul nous allons nous servir du calculateur Autodesk Robot Structural Analysis 2019.

II.3.1 Principe des justifications

Les calculs justificatifs sont conduits suivant la théorie des états limites. Un état limite est celui pour lequel une condition requise d'une construction est strictement satisfaite et cesserait de l'être en cas de modification défavorable d'une action.

On distingue les états limites ultimes (E.L.U.) et les états limites de service (E.L.S.)

Les états limites ultimes correspondent à la limite :

- Soit de l'équilibre statique ;
- Soit de la résistance de l'un des matériaux acier ou béton (E.L.U.R.);
- Soit de la stabilité de forme (E.L.U.S.F.)

Les états limites de service sont définis compte tenu des conditions d'exploitation ou de durabilité. On distingue :

- les états limites de service vis-à-vis de la durabilité de la structure : on a l'état limite de compression du béton et l'état limite d'ouverture des fissures.
- les états limites de service vis-à-vis des déformations.

La méthode de calcul aux états limites est une méthode de calcul semi-probabiliste avec coefficients de sécurité partiels. On applique des coefficients de sécurité aux valeurs

caractéristiques de résistance des matériaux ainsi qu'aux actions qui s'exercent sur la structure. Si l'on se limitait à des calculs à la rupture, en affectant des coefficients de sécurité aux actions, on ne pourrait se rendre compte du comportement de l'ouvrage en service vis-à-vis des déformations, de la contrainte maximale de compression du béton ou de l'ouverture des fissures. Il faut donc, en plus du calcul à la rupture, limiter les contraintes dans les éléments de la structure aux valeurs fixées par le règlement. Le mixage entre ces deux approches conduit à la méthode de calcul aux états limites [12].

II.3.2 Actions et sollicitations

II.3.2.1 Action

Les actions sont l'ensemble des charges (forces, couples, etc.) appliquées à la structure, ainsi que les conséquences des modifications entraînant des déformations de la structure (variation de température, tassement d'appui, etc.)

Elles sont classées en trois catégories en fonction de leur fréquence d'apparition dont : les actions permanentes, les actions variables et les actions accidentelles.

Les valeurs attribuées à ces diverses actions sont des valeurs caractéristiques : c'est à dire qu'elles tiennent compte du caractère aléatoire de la valeur des actions (en d'autres termes, il n'est pas possible de déterminer avec précision la valeur de telle ou telle action). Elles sont donc issues d'un calcul probabiliste et acceptent le risque que dans 5% ou 10% des cas la valeur réelle de ces actions dépasse (cas défavorable) la valeur caractéristique retenue.

a) Actions permanentes (G)

Les actions permanentes ont une intensité constante ou très peu variable dans le temps. Elles comportent :

- Poids propre de la structure.
- Les charges des superstructures, des équipements fixes.
- Les efforts dus à des poussées des terres ou à des liquides dont le niveau est peu variable.

b) Actions variables

Les actions variables ont une intensité qui varie fréquemment et de façon importante dans le temps. Elles comportent :

- Actions d'exploitation : elles dépendent de l'usage du bâtiment,
- Actions climatiques : elles sont définies par les règles Neige et Vent,
- Actions dues à la température : Elles correspondent à la dilatation linéaire relative à partir d'une température initiale prise entre 8 et 14°C,
- Actions appliquées en cours d'exécution.

Les différentes charges d'exploitation des bâtiments selon la nature des locaux et actions ainsi que la catégorie de la surface sont présentées dans le **tableau 4**

Tableau 4: Charges d'exploitation des bâtiments [11]

Nature des locaux		Catégorie de la surface	q_k (kN/m ²)
Habitations	A	Planchers	1,5
		Escaliers	2,5
		Balcon	3,5
Bureaux	B		2,5
Lieux de réunion	C1	Espace avec tables (écoles, cafés...)	2,5
	C2	Espaces avec sièges fixes	4
	C3	Espaces sans obstacles à la circulation des personnes	4
	C4	Espaces avec activités physiques	5
	C5	Espaces avec foules importantes	5
Commerces	D1	Commerces de détail	5
	D2	Grands magasins	5

c) Action accidentelle

Ces actions correspondent à des événements non souhaités comme :

- Séismes.
- Incendies.
- Chocs de véhicules.

II.3.1.2 Sollicitations

Les sollicitations sont les effets provoqués en chaque point et sur chaque section de la structure par les actions qui s'exercent sur elle. Elles vont correspondre aux efforts internes de la RDM : moment fléchissant, effort tranchant, effort normal...

Afin de considérer les sollicitations globales, on prendra la somme des sollicitations des différentes actions en les affectant de coefficients particuliers ; on fera donc des combinaisons d'actions. Le calcul de cette dernière se fait aux états limites (état d'une structure au-delà duquel sa fonction n'est plus remplie) et cela en 2 types : Etat limite ultime (ELU) et Etat limite de service (ELS) [6]

a) ELS :

Pour déterminer les sollicitations en ELS, on utilise la combinaison d'action suivante :

$$q_s = G + Q \quad (1)$$

b) ELU :

Pour déterminer les sollicitations en ELU, on utilise la combinaison d'action suivante :

$$q_u = 1.35G + 1.5Q \quad (2)$$

II.4 Pré-dimensionnement des éléments en béton armé

Le pré-dimensionnement consiste à déterminer les dimensions (sections) des éléments structuraux qui sont capables de résister à des différentes charges. Le but du pré dimensionnement est définir les dimensions des différents éléments de la structure, ces dimensions sont choisies selon les préconisations du RPA 99/Version 2003, BAEL 91 modifié 99. Les résultats obtenus ne sont pas définitifs, ils peuvent être augmentés après vérifications dans la phase du dimensionnement.

II.4.1 Dalle

On s'est choisi les planchers en une dalle pleine en béton armé coulé sur place sans et pour le calcul, on va considérer le cas le plus défavorable. Dans ce cas, on prendra le plancher ayant la plus grande surface dont les dimensions sont caractérisées par l_x (longueur de la dalle suivant le sens de la petite portée) et l_y (longueur de la dalle suivant le sens de la plus grande portée).

-Elancement du panneau : α

Lorsqu'un panneau rectangulaire repose sur ses quatre bords et son élancement α tel que l'expressions le montre, est inférieur à 0.4 ($\alpha < 0.4$), il porte dans un (1) sens et lorsqu'il est dans l'intervalle de 0.4 et 1 ($0.4 \leq \alpha \leq 1$), il porte dans deux (2) sens.

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \quad (3)$$

-Epaisseur de la dalle : h

L'épaisseur de la dalle doit satisfaire la condition :

$$h \geq \frac{l_x}{40} \quad (4)$$

II.4.2 Poutre

D'après le R.P.A 99 version 2003, les poutres doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- $b \geq 20 \text{ cm}$
- $h \geq 30 \text{ cm}$ (5)
- $\frac{h}{b} \leq 4$

La **figure 5** présente les dimensions de la poutre.

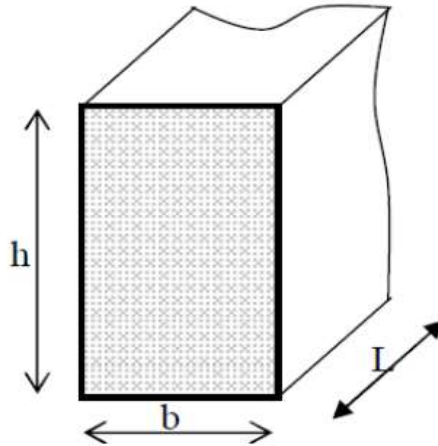


Figure 5: Dimension de poutre [12]

Les dimensions des poutres sont définies en fonction de leur portée L, telles que :

-La hauteur de la poutre : h

D'après les règles de BAEL 91 pour le pré-dimensionnement, on doit avoir :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \quad (6)$$

-La largeur de la poutre : b

D'après les règles BAEL 99 pour le pré-dimensionnement, on doit avoir :

$$0.4h \leq b \leq 0.7h \quad (7)$$

II.4.3 Poteau

Le poteau le plus sollicité de cet ouvrage ; c'est celui qui supporte des charges réparties sur une surface S et la section transversale de ce poteau doit satisfaire aux conditions suivantes d'après les R.P.A 99 version 2003 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(a, b) \geq 25 \text{ en zone 1 et 2} \\ \min(a, b) \geq \frac{he}{20} \\ \frac{1}{4} < \frac{a}{b} < 4 \end{array} \right. \quad (8)$$

Avec :

- (a, b) : dimension de la section
- he : hauteur d'étage
- Zone 1 : Sismicité faible
- Zone 2 : Sismicité moyenne

La section réduite du poteau est donnée par la relation :

$$B_r \geq \frac{\lambda * N_u}{\frac{f_{bu}}{0.9} + \frac{0.85 * f_e}{100 * \gamma_s}} \quad (9)$$

Avec :

- B_r : section réduite du poteau,
- N_u : effort normal de compression à l'état limite ultime,
- f_{bu} : contrainte du béton à la compression,
- f_e : résistance de l'acier (armature),
- γ_s : coefficient de sécurité de l'acier,
- λ : élancement.

Le calcul de la contrainte du béton à la compression est fait par la relation :

$$f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\theta * \gamma_b} \quad (10)$$

Avec :

- γ_b : coefficient de sécurité du béton et est égalé à 1.5,
- θ : depend de la duree d'application des charges et est égalé à 1

Le calcul de l'effort normal est fait par la relation :

$$Nu = n * k * PU \quad (11)$$

Avec :

- n : le nombre de niveau supporté par le poteau,
- PU : la charge moyenne supportée par le plancher d'étage, compris entre 1 à 1.5 T/m²,
- k : c'est le coefficient à prendre en compte pour le poids des poteaux qui est égalé à 10% .

Pour les différentes sections, on doit avoir :

$$a \geq \sqrt{B_r + 0.02} \quad (12)$$

II.4.3.1 Vérification du poteau au flambement

Pour la vérification du poteau au flambement, on calcule le moment d'inertie, le rayon de giration, la longueur de flambement et l'élancement.

a) Moment d'inertie

$$I_x = I_y = \frac{a * b^3}{12} = \frac{b * a^3}{12} \quad (13)$$

b) Rayon de giration

$$i = \sqrt{\frac{I_y}{B}} \quad (14)$$

c) Longueur de flambement

Pour une même longueur libre (longueur mesurée entre faces supérieures de deux planchers consécutifs ou de la jonction avec la fondation avec la face supérieure du premier plancher) et une même section, un élément flambra différemment en fonction de ses liaisons avec les autres éléments. Un poteau articulé flambra plus facilement, la longueur de flambement permet de prendre en compte les liaisons dans le calcul. La longueur de flambement est la distance mesurée entre deux points d'inflexion successifs. En fonction des conditions aux extrémités, il existe une relation entre les longueurs libres et de flambement. La **figure 6** présente les valeurs de longueur de flambement.

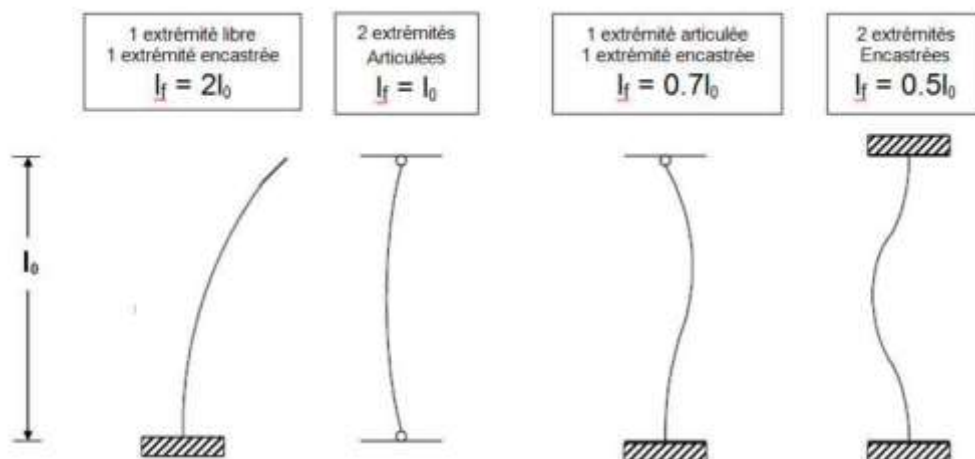


Figure 6 :Longueur de flambement d'un poteau

d) Elancement

Voici la formule qui va nous permettre de déterminer l'élancement :

$$\lambda = \frac{l_f}{i} \quad (15)$$

II.5 Présentation des logiciels

II.5.1 Robot Structural Analysis Professional

Robot est un logiciel CAO/DAO qui permet de modéliser les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, dimensionner les éléments spécifiques de la structure. La dernière étape générée est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée. Les caractéristiques principales du logiciel Robot sont :

- La définition de la structure réalisée en mode entièrement graphique dans l'éditeur conçu à cet effet, ouvrir un fichier par exemple au format DXF et importer la géométrie d'une structure définie dans un autre logiciel CAO/DAO
- La possibilité de présentation graphique de la structure étudiée et de représentation à l'écran des différents types de résultats de calcul (efforts internes, déplacements. etc.)
- La possibilité d'effectuer l'analyse statique et dynamique de la structure
- D'affecter le type de barre lors de la définition du modèle de la structure et non pas seulement dans les modules métier
- Composer librement les impressions (note de calcul, capture d'écran.)

Il faut noter que Robot regroupe plusieurs modules spécialisés dans chacune des étapes de l'étude de la structure. Les modules fonctionnent dans le même environnement, les différents types de structures étudiées sont :

- Portique plan ou spatial (ensemble poteau poutre)
- Plaque et coque (dalle, voile, radier)
- Treillis plans ou spatiaux (ferme)
- Grillage (poutraison des dalles) [13]

II.5.2 Archcad

ArchiCAD est un logiciel de modélisation 3D spécialement conçu pour les professionnels de l'architecture et de la construction.

Fonctionnalités :

-Modélisation 3D : ArchiCAD permet de créer des modèles 3D détaillés d'édifices, de structures et d'espaces intérieurs.

-BIM (Building Information Modeling) : ArchiCAD est un logiciel BIM, ce qui signifie qu'il intègre des informations sur la construction, la géométrie, les matériaux et les propriétés des éléments du bâtiment.

-Collaboration : Il facilite la collaboration entre les différents acteurs d'un projet (architectes, ingénieurs, entrepreneurs, etc.).

-Visualisation : ArchiCAD permet de générer des rendus réalistes, des animations et des visites virtuelles.

-Documentation : Il génère automatiquement des plans, des coupes, des élévations et des listes de matériaux.

-Analyse énergétique : Il propose des outils pour évaluer la performance énergétique des bâtiments.

II.6 Conclusion partielle

Le présent chapitre a été consacré à la présentation des différentes norme conception, à la définition des charges auxquelles est soumis la structure mais aussi à sa classification mais aussi à la méthodologie du pré-dimensionnement de la structure et enfin la présentation des logiciels utilisé

Chapitre 3 : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

III.1 Introduction

Ce chapitre détail en première perspective la présentation des résultats ensuite leurs interprétations. Pour y arriver, il est présenté en amont le projet d'étude notamment, vue en perspective, les hypothèses de calcul ; les résultats du pré-dimensionnement des éléments structuraux ; enfin le dimensionnement de ces derniers qui a été fait par le logiciel ROBOT 2019.

III.2 Présentation du projet

La structure étudiée est une structure en R+2 à usage commercial, implantée dans la ville de Goma dans la région Est de la RD Congo ; il est composé d'une hauteur des étages de 3.5m .

III.2.1 Vue en perspective

La figure 7 illustre respectivement la vue en perspective de la structure dont l'élévation totale du bâtiment est de 10,5 m.

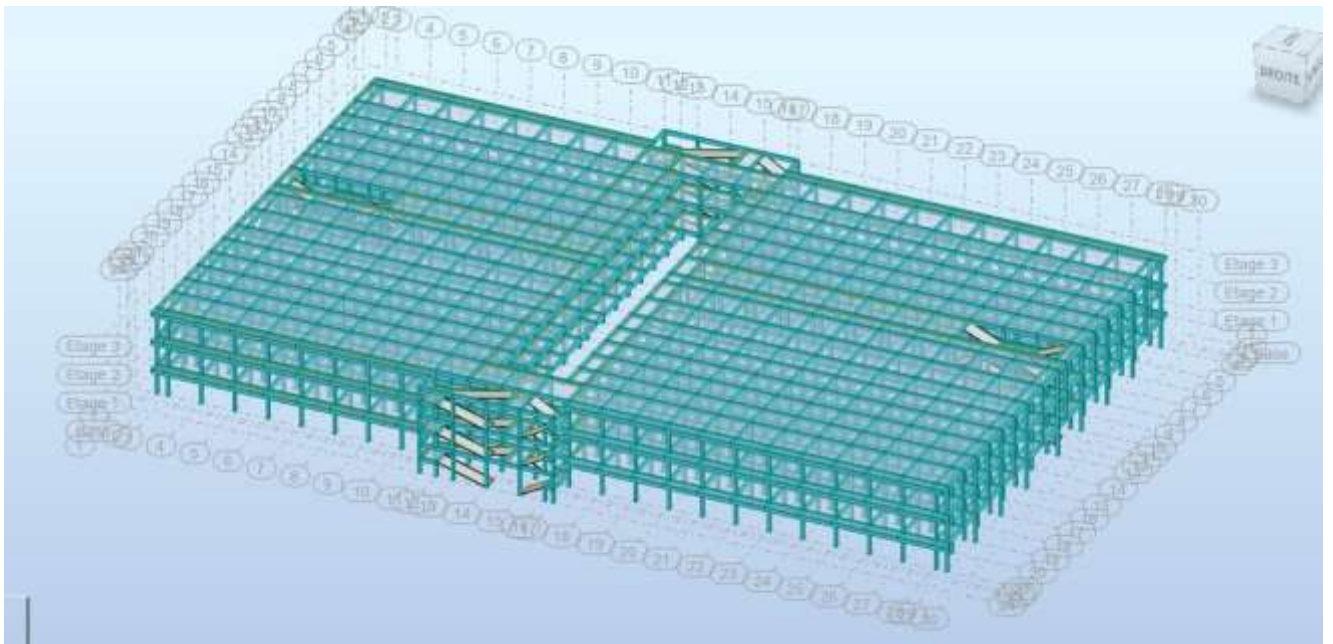


Figure 7 : Vue en perspective

III.2.2 Hypothèses des calculs

Pour que la structure arrive à répondre aux critères fonctionnels, sécuritaires et économique, nous avons effectué les calculs selon les normes du BAEL 91 Modifiée 99.

III.2.2.1 Caractéristiques mécaniques du béton

- La résistance à compression (f_{c28}) : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- La résistance à la traction (f_{t28}) : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 * 25 = 2,1 \text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,5$
- Module de déformation instantanées (ELU) : $E_{i28} = 11000\sqrt[3]{25} = 32164,19512 \text{ MPa}$
- Masse volumique du béton : $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$

III.2.2.2 Caractéristiques mécaniques de l'acier

Pour ce travail, on prévoit l'acier a haute adhérence a nuance Fe400 avec :

- La limite d'élasticité garantie est de 400MPa ;
- Le module d'élasticité de l'acier est $E_s=2.10^5 \text{ MPa}$;
- Le coefficient de sécurité de l'acier est $\gamma = 1,15$.

III.3 Dimensionnement des éléments porteurs

La structure étant en béton armé, on a opté pour les méthodes de calcul basé sur les règles de BAEL 91 modifiée 99. Pour les détails de calcul nous avons utilisé le calculateur Autodesk Robot Structural Analysis 2019.

III.3.1 Pré-dimensionnement

L'évaluation des différentes sections des éléments de notre structure : poutres, poteaux, voiles et planchers, passe impérativement par un dimensionnement préliminaire, appelé pré-dimensionnement. Ces dimensions doivent satisfaire les conditions du béton armé aux états limites (BAEL)

III.3.1.1 Pré-dimensionnement de la dalle

L'élançement de nos planchers se calcule selon la relation (3), on aura :

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \text{ avec } l_x = 4,1m \text{ et } l_y = 6m \Leftrightarrow \alpha = 0,68$$

Comme $0,4 \leq \alpha = 0,68 \leq 1$, alors nos planchers portent dans deux sens.

L'épaisseur de la dalle est trouvée par la relation (4), on aura ;

$$h \geq \frac{l_x}{40} \Leftrightarrow h \geq \frac{4,1}{40} = 0,1025 \text{ m} \Leftrightarrow h \geq 10,25 \text{ cm}$$

D'où nous prenons $h = 15 \text{ cm}$ d'épaisseur de la dalle.

III.3.1.2 Pré-dimensionnement de la poutre

Conformément aux normes de BAEL91 modifier 99, le pré-dimensionnement se fait comme suit :

En ce qui concerne notre structure, la portée la plus grande entre deux poteaux est $L = 4,1 \text{ m}$. Selon la formule (6), on aura alors :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \Leftrightarrow \frac{4,1}{15} \leq h \leq \frac{4,1}{10}$$

$$\Rightarrow 0,273 \leq h \leq 0,41$$

Nous prenons $h = 0,4 \text{ m}$ soit 40 cm de hauteur de notre poutre.

Pour trouver la largeur on prendra la relation (7), d'où on aura alors :

$$0,4h \leq b \leq 0,7 \Leftrightarrow 0,16 \leq b \leq 0,28$$

On prend $b = 0,25 \text{ m}$ soit 25 cm .

Selon RPA99 version 2003, les poutres doivent satisfaire aux conditions des relations (5), on aura :

$$\cdot b \geq 20 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm} \quad (\text{Condition vérifié})$$

$$\cdot h \geq 30 \text{ cm} \rightarrow 40 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm} \quad (\text{Condition vérifié})$$

$$\cdot \frac{h}{b} \leq 4 \rightarrow 1,66 \leq 4 \quad (\text{Condition vérifiée})$$

D'où pour la poutre étudiée avec une portée de 4,1m et de section 25cm*40cm convient.

III.2.1.3. Pré-dimensionnement du poteau

Comme nous le savons le poteau porte les charges de la dalle et de la poutre pour trouver N_u nous allons faire une combinaison des charges à l'ELU.

Notre dalle a une forme rectangulaire de $l_x=4,1$ et $l_y=6$

$$Pu: \text{charge du plancher ; } Pu = 1,35G + 1,5Q$$

$$\text{Où } G = G_{dalle} + G_{poutre}$$

$$G_{dalle} = \gamma_{BA} * E_{dalle} * S_{dalle} , \text{ avec } \gamma_{BA} = 25kN/m^3$$

$$\Rightarrow G_{dalle} = 25 * 0,15 * 6 * 4,1 = 92,25 \text{ kN}$$

$$G_{poutre} = \gamma_{BA} * S_{poutre} * L_P = 25 * 0,1 * 8,2 = 20,5 \text{ kN}$$

$$Q=5 \text{ kN/m}^2 \text{ pour un bâtiment à usage commercial}$$

$$Q = q * S_d \Rightarrow Q = 5 * 6 * 4,1 = 123 \text{ kN}$$

$$Pu = 1,35 * (92,25 + 20,5) + 1,5 * 123 = 336,7125 \text{ kN}$$

- N_u , la charge verticale à l'ELU, avec $N_u = n * k * Pu$

Avec $n=3$, on aura :

$$N_u = 3 * 1,1 * 336,7125 = 1111,15125 \text{ kN}$$

Le calcul de la résistance du béton est fait par la relation (10) :

$$\text{Et pour ce faire on a : } f_{bu} = \frac{0,85f_{c28}}{\theta\gamma_b} , \text{ avec } f_{c28}=25\text{MPa}$$

$$\Rightarrow f_{bu} = 14,17 \text{ MPa}$$

Alors la section réduite est calculée par la relation (9)

On se fixe un élancement mécanique pour rester toujours dans le domaine de la compression centrée d'où : $\beta = 1,2$

$$Br \geq \frac{1,2 \cdot 1111,15125}{\frac{14,17}{0,9} + \frac{0,85 \cdot 400}{100 \cdot 1,15}} = 0,071m^2$$

Pour trouver la largeur on utilisera la relation (5) :

$$a \geq \sqrt{0,071} + 0,02 \Rightarrow a \geq 0,286m$$

On prend $a=b=0,3m$ dont on a un poteau de section $(30 \cdot 30)cm^2$

Les dimensions du poteau doivent vérifier les conditions du RPA version 2003 qui sont dans les relations (8) :

- $\min(a, b) \geq 25 \rightarrow 30cm \geq 25$ (Condition vérifiée)
- $\min(a, b) \geq \frac{he}{20} \rightarrow 30cm \geq \frac{350cm}{20}$ (Condition vérifiée)
- $\frac{1}{4} < \frac{a}{b} < 4 \rightarrow \frac{1}{4} < 1 < 4$ (Condition vérifiée)

Vérification du poteau au flambement :

a) Moment d'inertie

Le moment d'inertie sera trouvé par la relation (13), on aura alors :

$$I_X = I_Y = \frac{a \cdot b^3}{12} = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{30 \cdot 30^3}{12} = 67500cm^4$$

b) Rayon de giration

Le rayon de giration sera trouvé par la relation (14), d'où on aura :

$$i = \sqrt{\frac{I_Y}{B}}, \text{ avec } B \text{ la section du poteau, d'où } B = 900 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow i = \sqrt{\frac{30}{900}} = 8,66cm$$

c) Longueur de flambement

En considérant que le poteau est encastré à une extrémité et articulé à l'autre ceci est le cas le plus rencontré, on a :

$$l_f = 0,7l_0 \Rightarrow l_f = 0,7 * 3,5$$

$$\Rightarrow l_f = 2,45m$$

d) Elancement

L'élancement sera trouvé par la relation (15), d'où on a :

$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{2,45m}{0,0866m} = 28,291 < 50$, La condition est vérifiée, il n'y a pas risque de flambement.

III.2.2 Descente des charges

Les charges appliquées sur la structure sont de divers types et qui sollicitent la structure de différentes manières, pour ce faire nous allons par la suite prendre en compte :

- **Les charges permanentes (G)**, Elles résultent du poids volumique des matériaux mis en œuvre et des dimensions de l'ouvrage. La norme NF P 06-004 définit les poids volumiques des divers matériaux de construction.
- **Les charges d'exploitation (Q)**, elles résultent de l'exploitation directe de la construction et sont donc constituées par le poids des utilisateurs et des matériaux nécessaires à l'utilisation des locaux. Elles correspondent à un mode normal d'utilisation. La norme NF P 06 001 définit les charges surfaciques à prévoir et cela en fonction de la destination de l'ouvrage. Comme les structures concernées dans le cadre de cette étude sont à usage commercial, la norme NF P 06 001 prévoit une charge d'exploitation de 5,0 kN/m².

Le **tableau 5** présente les charges gravitaires pour une dalle courante

Tableau 5 : Les charges gravitaires pour une dalle courante

Type d'élément	ρ (kN/m ³)	e(m)	G (kN/m ²)
Béton armé	25	0,15	3,75
Mortier de pose	21	0,02	0,42
Carrelage	22	0,02	0,44
G	4,64KN/m ²		
Q	5 KN/m ²		

III.4 Présentation et interprétation des résultats

III.4.1 Résultat de dimensionnement dalle

Après calcul de la dalle au pré-dimensionnement, la combinaison de charges, le dimensionnement à l'ELU et à l'ELS, au moyen du logiciel ROBOT Structural analysis, on a eu à préserver l'épaisseur de la dalle trouvée au pré-dimensionnement qui est 15 cm.

Etant donné que notre panneau porte dans deux sens, on aura les armatures transversal (de direction x) et longitudinal (de direction y). Le **tableau 6** présente les nuances, le diamètre, la section et le nombre d'armature des aciers pour un panneau de dalle.

Tableau 6: Ferrailage pour un panneau de dalle

Armature	Nuance des armatures	Diamètre (mm)	Section (m ² /m)	Nombre
Supérieur dans la direction x	HA 400	14	6,16	25
Supérieur dans la direction y	HA 400	14	6,16	25
Inferieur dans la direction x	HA 400	14	6,16	25
Inferieur dans la direction y	HA 400	14	6,16	25

III.4.1 Résultat du dimensionnement des poutres

Après calcul, on a trouvé que les dimensions des poutres trouvées au niveau du pré-dimensionnement ont changées d'où on a une section de 30*40 cm².

Les résultats de moments fléchissant et des efforts tranchants en ELU sont représentés dans le **tableau 7** et la **figure 8**.

Tableau 7. Moments fléchissant et effort tranchant dans les poutres à l'ELU

Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
P1	11,01	-10,19	-13,1	11,01	22,66	5,92
P2	5,78	-3,9	5,78	-5,54	-1,41	-13,82
P3	7,7	-0,25	-7,4	-9,87	14,21	-16,17
P4	17,63	-11,16	-14,33	17,63	26,17	14,37
P5	19,41	-16,53	19,41	-20,28	-17,46	-29,11

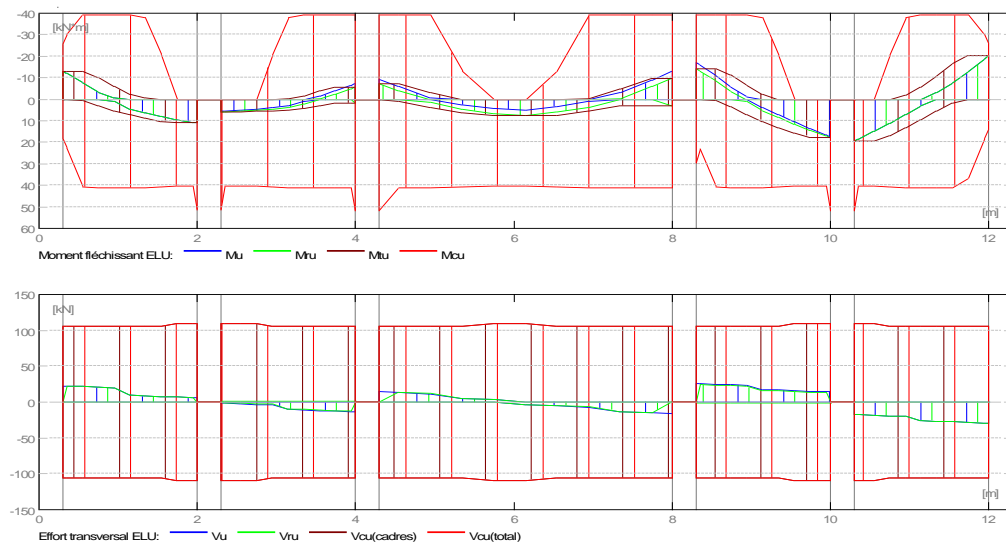


Figure 8 Diagramme de Moments fléchissant et d'effort tranchant dans la poutre en ELU

Le **tableau 8** et la **figure 9** représentent les résultats de moments fléchissant et des efforts tranchants en ELS.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)

Tableau 8 Moments fléchissant et d'effort tranchant dans la poutre en ELS

Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Qg (kN)	Qd (kN)
P1	8,16	-2,44	-9,71	8,16	16,78	4,38
P2	4,28	-0,09	4,28	-4,1	-1,05	-10,24
P3	5,7	0	-5,48	-7,31	10,53	-11,98
P4	13,06	-2,69	-10,61	13,06	19,39	10,65
P5	14,37	-5,6	14,37	-15,02	-12,93	-21,57

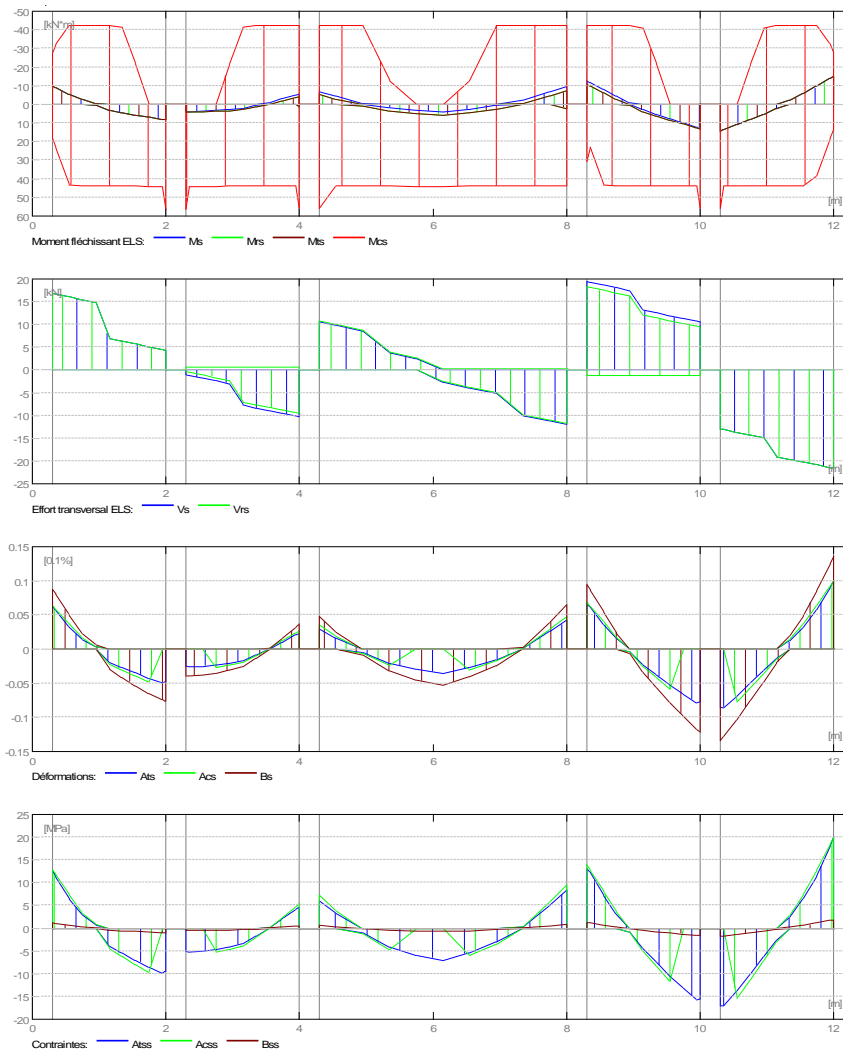


Figure 9: Diagramme de Moments fléchissant, d'effort tranchant et de déformation dans la poutre en ELS

La tableau 7 nous montre que le moment max et min en ELU sont respectivement 19,41 KNm et 16,53 KNm et le tableau 8 nous montres que le moment max et min en ELS sont respectivement 14,37 KNm et 5,6 KNm. Sur ce, la poutre P5 est la plus sollicitée car elle a le plus grand moment. Le tableau 9 présente le ferrailage de la poutre continue.

Tableau 9 : Ferrailage de la poutre continue

Poutres	Armatures	Nuance	Nombre	Diamètre
P1 : Travée de 0,30 à 4,00 (m)	Aciers inferieurs	HA400	3	12
	Aciers de montage (haut)	HA400	3	12
	Chapeaux	HA400	3	12
	Epingles	HA400	6	6
	Cadres	HA400	6	6
P2 : Travée de 4,30 à 7,30 (m)	Aciers inferieurs	HA400	3	12
	Aciers de montage (haut)	HA400	3	12
	Chapeaux	HA400	3	12
	Epingles	HA400	6	6
	Cadres	HA400	6	6
P3 : Travée de 7,60 à 10,60 (m)	Aciers inferieurs	HA400	3	12
	Aciers de montage (haut)	HA400	3	12
	Chapeaux	HA400	3	12
	Epingles	HA400	13	6
	Cadres	HA400	13	6
P4 : Travée de 10,90 à 13,90 (m)	Aciers inferieurs	HA400	3	12
	Aciers de montage (haut)	HA400	3	12
	Epingles	HA400	6	6
	Cadres	HA400	6	6
P5 : Travée de 14,20 à 17,20 (m)	Aciers inferieurs	HA400	3	12
	Aciers de montage (haut)	HA400	3	12
	Chapeaux	HA400	3	12
	Epingles	HA400	6	6
	Cadre	HA400	6	6

III.4.3 Résultat de dimensionnement du poteau

Après pré-dimensionnement, combinaison des charges, dimensionnement à l'ELU, et la vérification à l'ELS du poteau grâce au logiciel ROBOT, on a trouvé que le poteau 270 est celui le plus chargé de la structure.

La dimension du poteau trouvé est de 35*35 et le volume du béton est 0,404 m³. Le tableau présente les résultats du ferrailage.

Tableau 10 : Ferrailage du poteau

Armatures	Nuance	Nombre	Diamètre
Barres principales	HA400	10	14
Armature transversale	HA400	20	6

III.5 Conclusion partielle

A l'issue de ce chapitre qui a porté sur la présentation et l'interprétation des résultats, on a procédé à l'analyse statique de la structure grâce au logiciel Robot et cela a conduit à des résultats satisfaisants garantissant la stabilité de la structure aux actions statique.

Conclusion générale

La présente étude s'est concentrée sur la conception et le dimensionnement d'un bâtiment commercial R+2 en béton armé, axé sur le cas spécifique du marché Alanine. Dans cette perspective, le bâtiment a été conçu conformément aux normes énoncées par Neufert, avec une présentation réalisée à l'aide du logiciel Archicad et une modélisation de la structure effectuée dans le logiciel Robot Structural Analysis pour le dimensionnement selon la norme BAEL.

Le pré-dimensionnement initial de la structure a fourni des dimensions qui ont été changées lors du dimensionnement final. Ainsi, pour la dalle, une épaisseur de 15 cm a été retenue avec des armatures de 25HA14 pour les parties supérieures et inférieures. La poutre la plus sollicitée a été dimensionnée avec une section de 30*40 cm² et des armatures longitudinales comprenant 9HA12, ainsi que des armatures transversales de 12HA6. De même, le poteau le plus chargé a été dimensionné avec une section de 35*35 cm², des armatures longitudinales de 10HA14 et des armatures transversales de 20HA6.

Ces résultats laissent présager que la structure sera capable de supporter les charges prévues, offrant ainsi aux vendeurs un espace adéquat pour disposer leurs marchandises et contribuant à réduire les problèmes de congestion au marché Alanine.

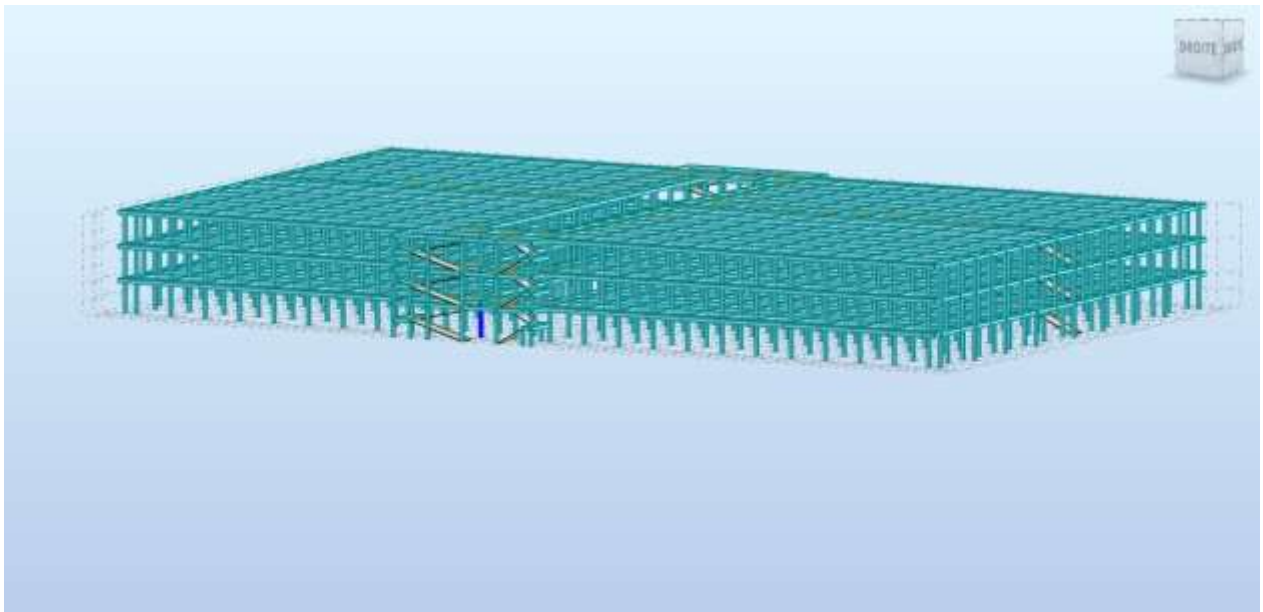
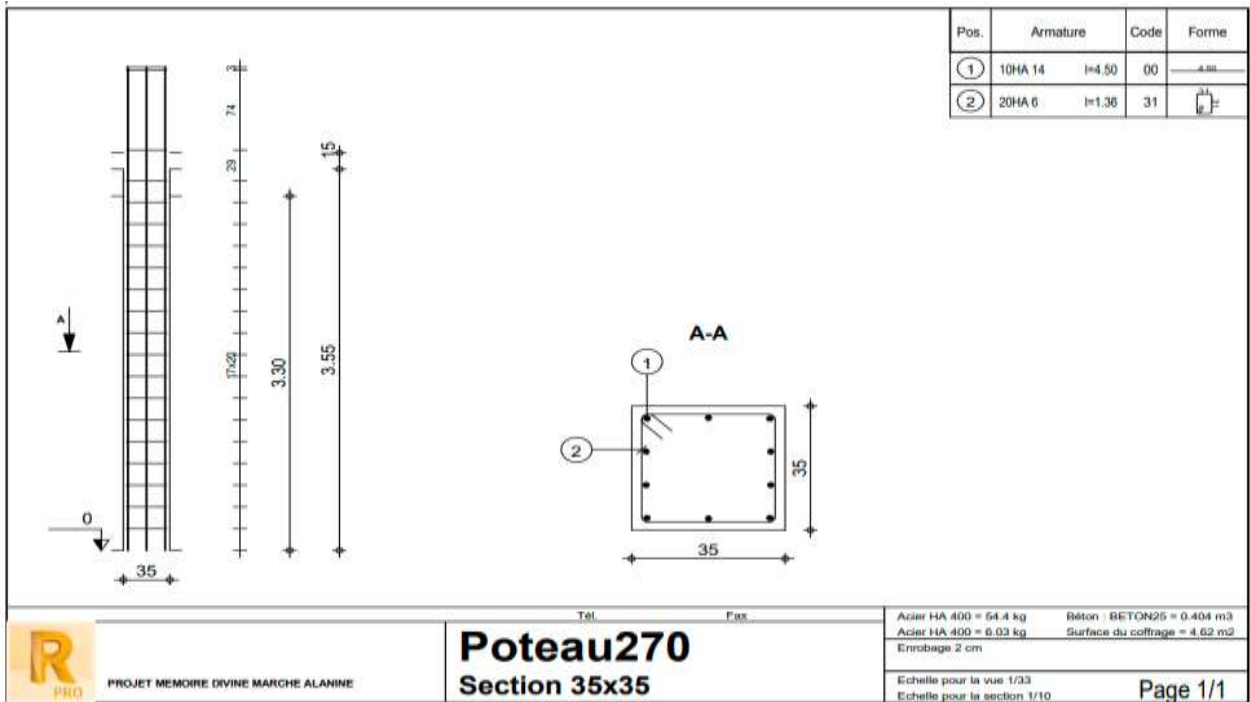
Ce travail a permis de mettre en lumière les enjeux inhérents au projet. Il est recommandé aux futurs chercheurs d'inclure dans leurs travaux le dimensionnement des semelles, l'analyse dynamique, l'étude géotechnique, le métré, la planification du travail et l'établissement du devis afin de garantir la faisabilité et la réussite de tels projets.

Bibliographie

- [1] N. N. Théophile, Analyse sismique d'une tour circulaire R+10 en béton armé d'usage commercial cas du marché ALANINE, Goma, 2020-2021.
- [2] N. N'DILBE, DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DE STRUCTURES D'UN MAGASIN DE STOCKAGE DE PRODUIT PHARMACEUTIQUES ET DE BUREAU DU TYPE R+1, 2011-2012.
- [3] L. Fontaine, Le marché, ferment de démocratie, Gallimard, 2008.
- [4] J. D. T. a. c. e. y. -. W. h. i. t. e, MANUEL DE PLANIFICATION DES MARCHÉS DE VENTE AU DÉTAIL, avril 1997.
- [5] <https://bing.com/>.
- [6] <http://.larousse.fr/francais/etalage/>. [Online].
- [7] B. Abdelhak, Béton Armé I, support de cours, Centre universitaire de béchar, 2005-2006.
- [8] A. M. NEVILLE., Propriétés des bétons, Traduit par le CRIP. EYROLLES, 2000.
- [9] D. H. H. R. Eddine, Calcul des Eléments en Béton Armé Aux Etats Limites, 2016/2017.
- [10] G. earth. [Online].
- [11] M. M. Prince, Etude de l'influence du contreventement en voile en beton armé sur une strucutre R+4 en zone sismique, Goma: ULPGL/GOMA, 2020-2021.
- [12] J. Saliba, Béton armé : principe de base et dimensionnement.
- [13] M. A. Athmani, Etude d'un bâtiment « R+5 étages » à usage d'habitation et commercial en Béton Armé., 2018-2019: UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA.
- [14] C. M. G. A. KABO, DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+3 AVEC SOUS-SOL, 2020.

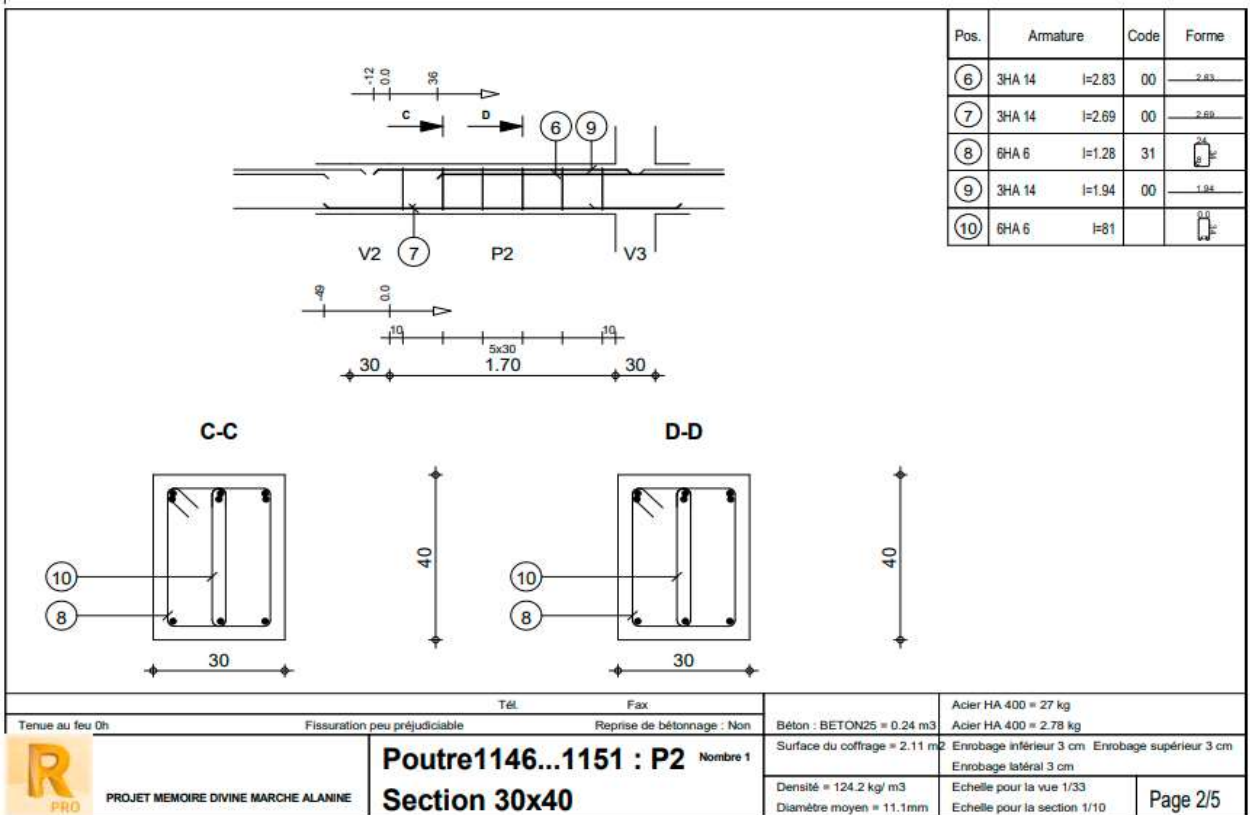
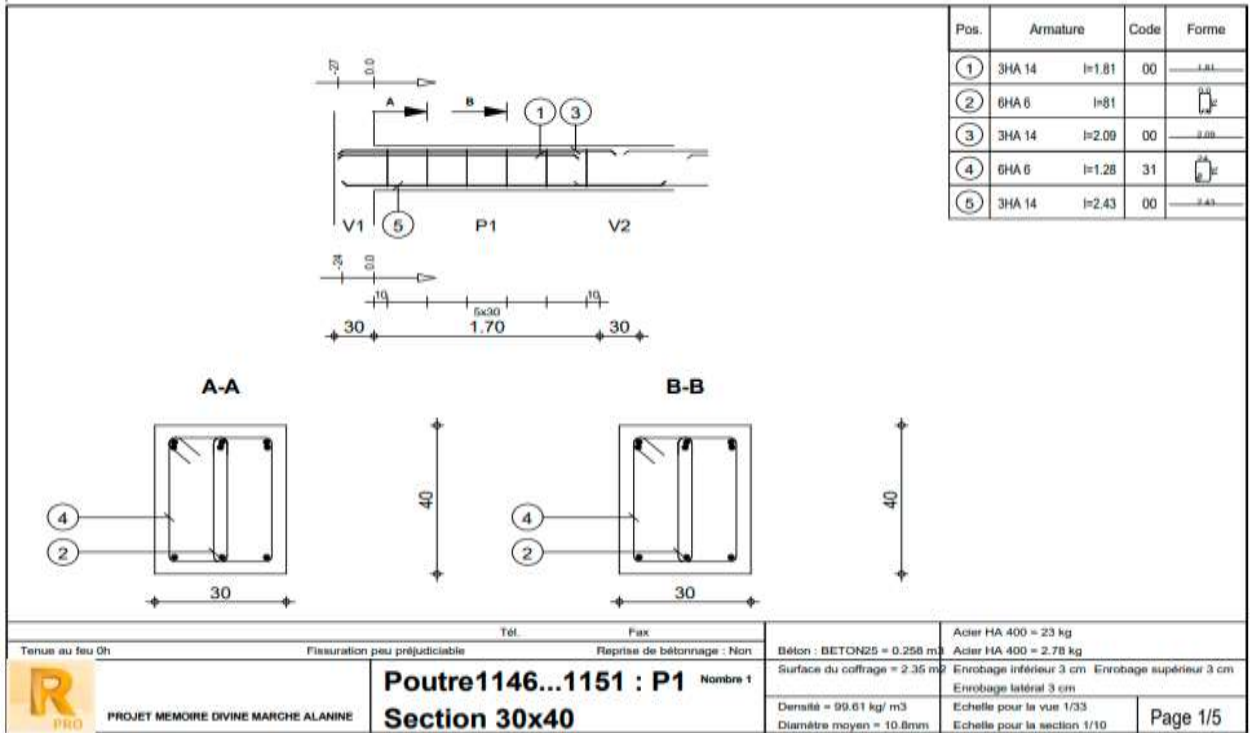
ANNEXE

1. Plan de ferrailage du poteau le plus chargé.

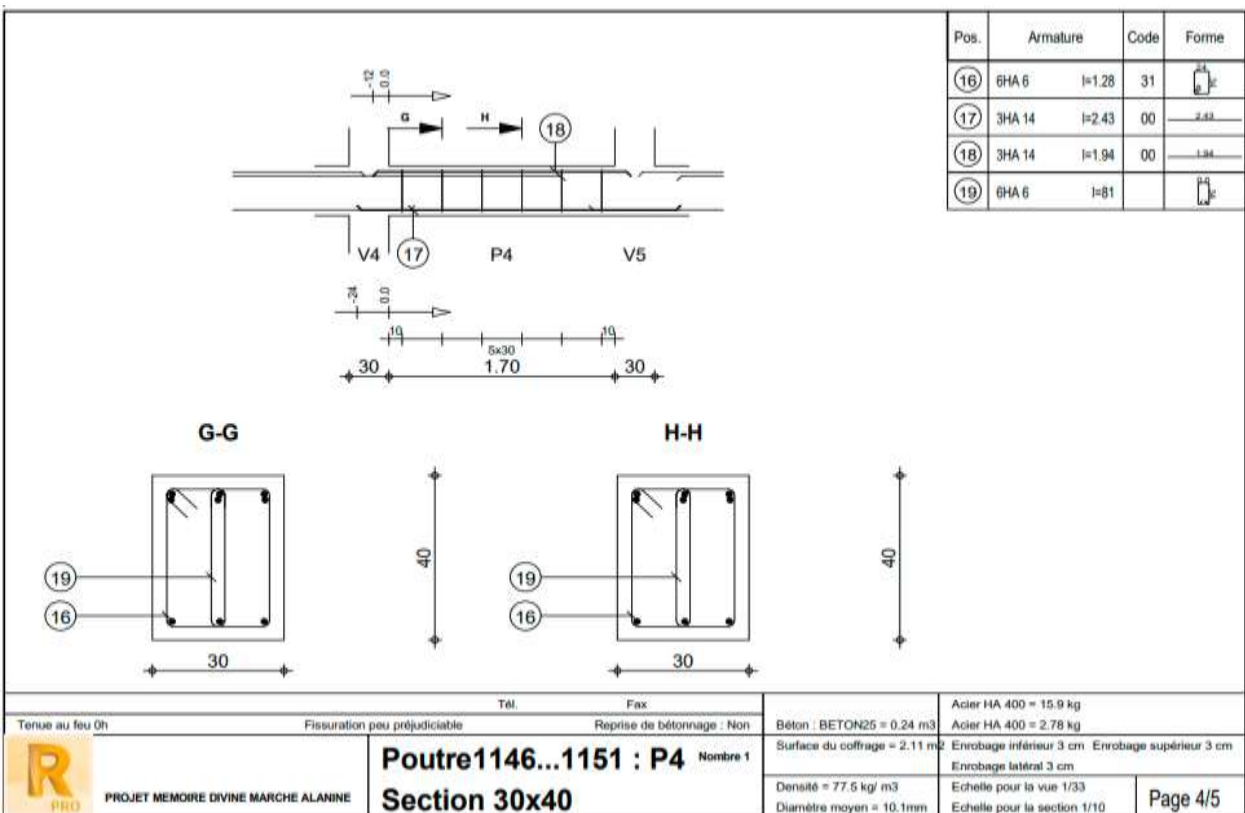
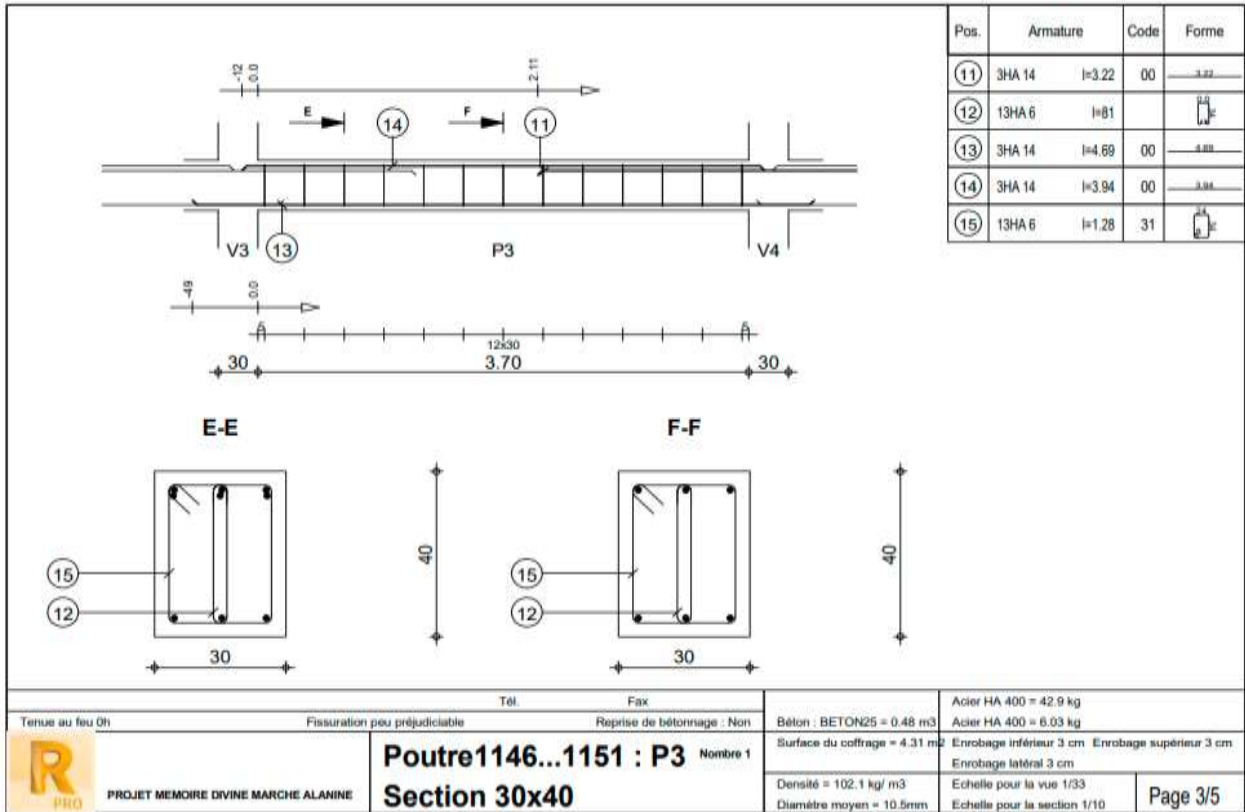


CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)

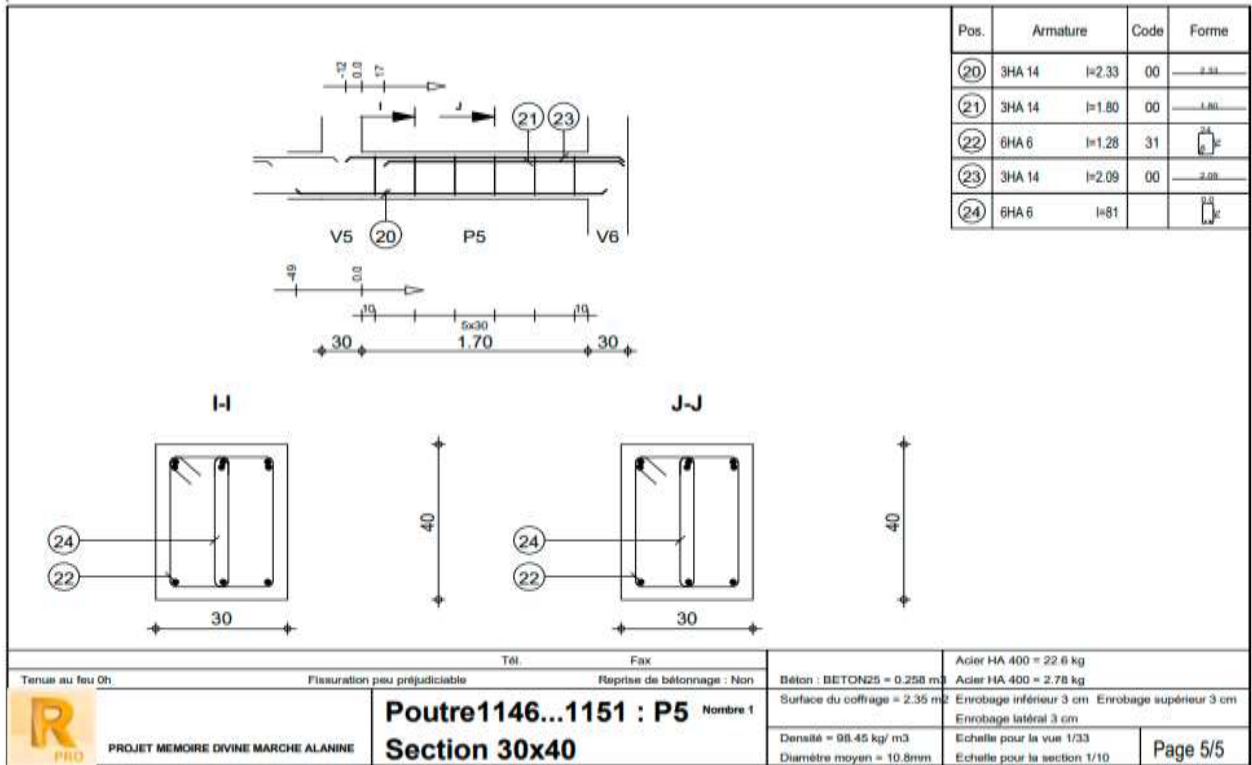
2. Plan de ferrailage de la poutre la plus chargée.



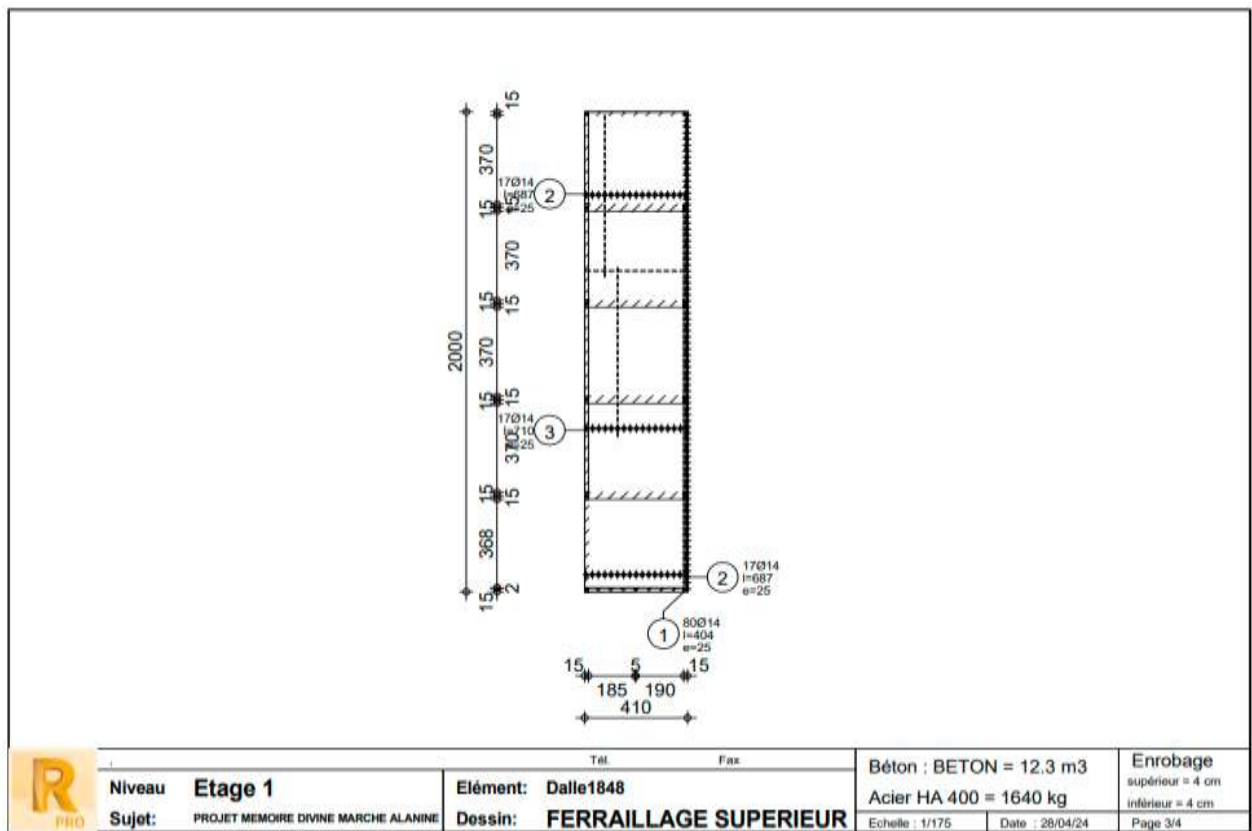
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)



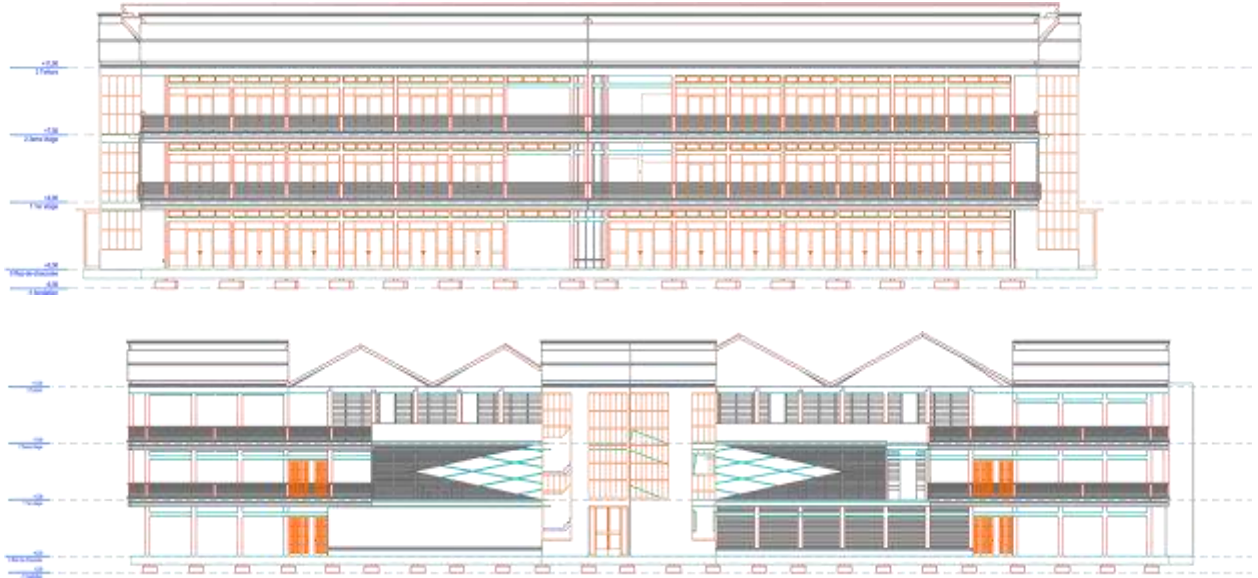
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)



3. Plan de ferrailage de la dalle



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)



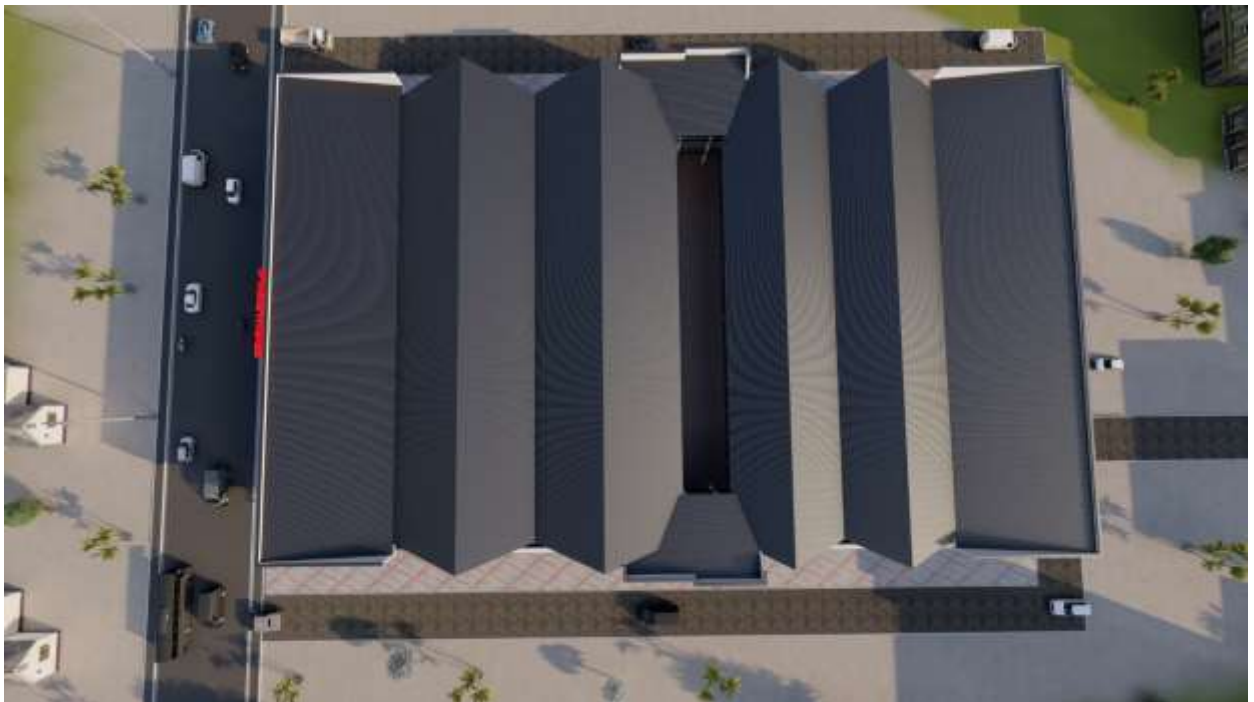
5. Les coupes



6. Vue 3D de la structure



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN
BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT COMMERCIAL R+2 EN
BETON ARME (CAS DU MARCHE ALANINE)

