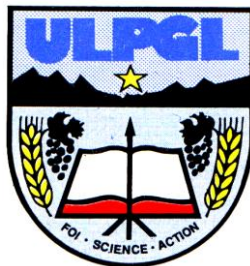


UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS
FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES
APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT
D'UN BATIMENT EN BETON ARME
POUVANT SERVIR D'UNE CLINIQUE
A GOMA

Par MUYISA SESETE Micheline

Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme de
License en Sciences de l'Ingénieur

Option : Génie Civil

Directeur : Prof. BISHWEKA BYRIONDEKE Chérif

Encadreur: Ing. KAMBALE SYAITSUTSWA Patrick

ANNEE ACADEMIQUE 2023 - 2024

Epigraphe

« Les choses ne sont pas difficiles à faire, ce qui est difficile, c'est de nous mettre en état de les faire »

Brancusi

Dédicace

A mes très chers parents MUHINDO SESETE Esdras et KAHAMBU MULENGYA Elisabeth.

MUYISA SESETE

Remerciements

Nos remerciements s'adressent tout d'abord à l'Eternel, sans qui nous ne serions pas là aujourd'hui ;

Nous remercions également le Professeur BISHWEKA BYRIONDEKE Chérif, directeur de ce travail pour sa disponibilité, ses conseils et orientations.

Nous remercions aussi l'ingénieur Ass. KAMBALE SYAITSUTSWA Patrick, notre encadreur, pour son suivi et son implication dans la réussite de ce travail.

Nos remerciements d'adresse également à nos très chers parents MUHINDO SESETE Esdras et KAHAMBU MULENGYA Elisabeth qui se sont donné corps et âmes pour que nous bénéficions d'une éducation de qualité ;

A toutes nos sœurs PRISCA, MARIE, EXAUCE, EDITH, NADIA, MERVEILLE, JULEDA et le frère GRACIER qui m'ont soutenu depuis le début du parcours ;

A tout le corps enseignant L'ULPGL-GOMA et de l'INSTITUT MAJENGO. Enfin, nos remerciements s'adressent également à tous mes frères et sœurs de la chorale Nouvelle semence et particulièrement du groupe Relève 002 ainsi qu'à toute personne qui d'une manière ou d'une autre se fait violence juste pour que nous atteignions nos objectifs.

MUYISA SESETE

Résumé

La santé publique étant un enjeu majeur nécessitant des infrastructures adaptées et sécurisées. Ce projet porte sur la conception et le dimensionnement un bâtiment du type R+2 en béton armé destiné à servir de clinique dans la ville de Goma. Pour garantir la fiabilité de la structure, les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé aux états limites (BAEL 91 modifié 99) ont été appliquées. Le prédimensionnement a d'abord été réalisé manuellement, ensuite la structure a été modélisée et calculée dans le logiciel de calcul Robot structural Analysis, qui a permis d'obtenir les plans d'exécution des différents éléments structuraux.

A l'issue du dimensionnement, les éléments structuraux retenus sont : un poteau de section carrée de 30cm de côté, une poutre rectangulaire de 30×50 cm, ainsi qu'une dalle d'une épaisseur de 15cm. Ces résultats garantissent une structure stable et rigide, assurant ainsi la sécurité et le bon fonctionnement de l'ouvrage.

Mots clés : conception, dimensionnement, bâtiment, béton armé, clinique et Goma.

Abstract

Public health is a major issue that requires adapted and secure infrastructure. This project aims to design and size of three-story (R+2) reinforced concrete building intended to serve as a clinic in the city of Goma. To ensure the reliability of the structure, the technical design and calculation rules for reinforced concrete structures at ultimate limit states (BAEL 91 modified 99) were applied. The preliminary sizing was first carried out manually, then the structure was modeled and analyzed using Robot Structural Analysis software, which provided the execution plans for the various structural elements.

Upon completion of the structural design, the selected structural elements are: a square column with 30cm sides, a rectangular beam measuring 30×50 cm, and a slab with a thickness of 15cm. These results ensure a stable and rigid structure, thus guaranteeing the safety and proper functioning of the building.

Keywords: *design, sizing, reinforced, concrete, clinic and Goma.*

Table des matières

Epigraphe	i
Dédicace.....	ii
Remerciements.....	iii
Résumé.....	iv
Abstract	v
Table des matières.....	vi
Listes des abréviations	ix
Liste des figures	x
Liste des tableaux.....	xi
Introduction générale	1
1. Contexte.....	1
2. Problématique	1
3. Questions de recherche	2
4. Hypothèses.....	2
5. Justification du choix du sujet et motivations.....	3
6. Énoncé des objectifs de recherche	3
7. Méthodologie et délimitation du sujet	4
8. Structure du mémoire/ Subdivision du travail	4
Chapitre 1 : GENERALITES SUR LE THEME	5
1.1 Généralité sur la santé	5
1.1.1 Petite historique sur la santé en République Démocratique du Congo	5
1.1.2 La santé en République Démocratique du Congo.....	6
1.2 Généralité sur la conception.....	7
1.2.1 Conception architecturale	7
1.2.2 Conception architecturale d'une clinique	8

1.2.3	Logiciels de conception	8
1.3	Généralité sur le dimensionnement	9
1.3.1	Introduction.....	9
1.3.2	Principes de base du dimensionnement	10
1.3.3	Le prédimensionnement	10
1.3.4	Vérification des résultats.....	12
1.4	Conclusion partielle.....	13
Chapitre 2: METHODOLOGIE ET MATERIAUX UTILISES		14
2.1.	Introduction	14
2.2.	Cadre conceptuel	14
2.2.1.	Programme	15
2.2.2.	Normes de la conception.....	17
2.3.	Emplacement de l'ouvrage.....	18
2.3.1.	Présentation du milieu.....	18
2.3.2.	Situation géographique du site.....	18
2.4.	Prédimensionnement	19
2.5.	Matériaux utilisés	23
2.6.	Les actions et les sollicitations	26
2.7.	Le logiciel Robot Structural Analysis	27
2.8.	Conclusion partielle.....	28
Chapitre 3 : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....		29
3.1	Introduction	29
3.2	Les hypothèses du projet	29
3.3	Résultats de prédimensionnement	31
3.3	Résultats du calcul dans Robot structural	34
3.3.1	Le poteau.....	34
3.3.2	La poutre	36
3.3.3	La dalle.....	44

3.4 Conclusion partielle.....	46
CONCLUSION GENERALE.....	47
BIBLIOGRAPHIE	48
ANNEXES.....	a

Listes des abréviations

BA : Béton armé

MPa : méga pascal

f_{c28} : résistance caractéristique en compression à 28 jours

f_{t28} : résistance caractéristique en traction à 28 jours

E : module d'élasticité

ε_{bc} : Déformation du béton en compression

σ_{bu} : Contrainte ultime du béton en compression

γ_b : Coefficient de sécurité du béton

E_s : Module d'élasticité longitudinal des aciers

f_e : Limite d'élasticité de l'acier

γ_s : Coefficient de sécurité de l'acier

RSA : Robot Structural Analysis

λ : Elancement mécanique (lambda)

μ_s : Moment de service réduit

μ_u : Moment ultime réduit à l'ELU

Liste des figures

Figure 2-1 : section de la poutre	20
Figure 2-2: la dalle	21
Figure 2-3: le poteau	22
Figure 3-1 : poteau le plus chargé.....	34
Figure 3-2: plan d'exécution du poteau le plus chargé.....	35
Figure 3-3: diagramme des sollicitations en ELU	37
Figure 3-4:diagramme des sections théorique d'acier	40
Figure 3-5 : plan d'exécution de la poutre	43
Figure 3-6: poutre 3D.....	43
Figure 3-7: ferrailage inferieur dalle.....	44
Figure 3-8: ferrailage supérieur dalle.....	45
Figure 3-9 : plan de coffrage et nomenclature des barres	45

Liste des tableaux

Tableau 2-1:caractéristiques des aciers	25
Tableau 3-1: répartition des charges	33
Tableau 3-2: sollicitation en ELU	36
Tableau 3-3: sollicitations en ELS	38
Tableau 3-4: sections théorique d'acier.....	39
Tableau 3-5: flèches dans la poutre	41
Tableau 3-6 : Section d'armatures de la poutre	42
Tableau 3-7: liste par diamètre de la dalle	44

Introduction générale

1. Contexte

La santé étant l'un des besoins fondamentaux de l'homme, qui, par nature est appelé à manger et à vivre à la sueur de son front, il est essentiel qu'il bénéficie d'une assistance médicale de qualité pour assurer sa survie, favoriser son développement personnel et contribuer à celui de la société.

En ce jour où les guères, les changements climatiques, les instabilités politiques, les déplacements massives de la population ... sont entrain de ravager la partie Est de la République Démocratique du Congo, l'homme de la campagne et dans des camps de déplacés semble être oublié et abandonné à son triste sort alors que c'est cet homme qui fournit des matières premières aux industries et approvisionne en vivre les villes qui l'environnent.

Vivant dans des régions équatoriales, sous menace des guères, l'homme est alors exposé à plusieurs maladies qui lui rendent incapable de donner le meilleur de lui-même dans sa production ou le rendent complètement improductif et ainsi la famille en souffre voire le pays tout entier.

Dans le présent travail, nous allons parler de la conception et du dimensionnement d'une clinique (en béton armé) spécialisée dans le traitement des maladies infectieuses dans la ville de Goma.

2. Problématique

Dans le contexte sanitaire critique que traverse le pays, la construction d'une clinique spécialisée dans le traitement des maladies infectieuses représente un défi à la fois technique et architectural. Ce projet implique l'intégration des normes sanitaires et réglementations, l'optimisation de la conception architecturale pour répondre aux exigences fonctionnelles d'un hôpital, ainsi que le dimensionnement précis des éléments en béton armé pour assurer la sécurité et la durabilité.

3. Questions de recherche

Ce travail sera guidé par la question suivante : Comment concevoir et dimensionner de manière optimale une clinique (en béton armé) spécialisé dans le traitement des maladies infectieuses, en prenant en compte les exigences spécifiques liées à la sécurité et à l'hygiène, tout en garantissant une structure robuste, durable et fonctionnelle?

De manière plus spécifique, nous pouvons citer ces quelques questions qui vont nous conduire dans la suite de cette étude :

1. Quels sont les critères spécifiques à prendre en compte dans la conception d'une clinique spécialisé dans le traitement des maladies infectieuses en termes de sécurité, d'hygiène et d'efficacité des soins ?
2. Quelles sont les normes et réglementations en vigueur en matière de construction d'établissements de santé pour garantir la sécurité des patients et du personnel médical ?
3. Comment concevoir une structure hospitalière répondant aux besoins de la communauté tout en assurant un environnement sûr et sain pour les patients et les personnels ?

4. Hypothèses

La clinique sera soumise à des charges spécifiques liées à son activité médicale, telles que le poids des équipements médicaux, le passage fréquent du personnel et des patients, etc. Ainsi,

- Une clinique spécialisée dans le traitement des maladies infectieuses devra être conçue en intégrant des critères d'isolation pour limiter la propagation des agents pathogènes, des matériaux et des surfaces faciles à nettoyer pour garantir une hygiène optimale, ainsi qu'une organisation spatiale qui répond aux normes de flux de circulation des malades, du corps soignant ainsi que celui des visiteurs pour limiter les risques de contaminations internes.
- Les règles de conception concernant les hôpitaux, énumérées dans la 8^{ème} édition de « Eléments des projets de construction » d'Ernst Neufert pourront nous guider pour la conception architecturale.
- Une structure en béton armé conçue selon les règles du BAEL 91 mod. 99 pourrait parfaitement convenir à notre ouvrage.

5. Justification du choix du sujet et motivations

La conception et le dimensionnement d'une clinique dans la ville de Goma, faisant objet de notre recherche, ne se veut pas sans intérêt. Il présente une contribution scientifique, environnementale, socio-économique et culturelle sauf que nous, nous pouvons les étaler en ces termes :

- **Sur le plan social** : Avec, le passage de la pandémie COVID-19, l'épidémie de l'Ebola,...mais encore les épidémies de choléra, rougeoles,...qui ne cessent de s'accroître jour après jour suite à la situation de guerre causant les déplacements des populations vers des camps, la conception d'hôpitaux spécialisés dans le traitement des maladies infectieuses est devenue une priorité. La clinique proposée à construire pourra faciliter l'accès à toutes les couches de la population et surtout celle venue des zones en conflit qui sont souvent les plus touchées.
- **Sur le plan scientifique** : ce travail éclaire sur la conception et le dimensionnement d'une structure. Elle pourra servir de base pour l'élargissement des connaissances pour d'autres chercheurs en génie civil ;
- **Sur le plan personnel** : ce travail nous permettra, nous auteur d'élargir nos connaissances en matière de calcul des structures en béton armé.

6. Énoncé des objectifs de recherche

i. L'objectif général

Ce travail vise à concevoir et dimensionner une clinique (en béton armé) spécialisée dans le traitement des maladies infectieuses, en intégrant les aspects techniques, réglementaires, économiques et environnementaux afin de proposer une solution optimale répondant aux besoins spécifiques de prise en charge des patients infectés, tout en assurant la sécurité et la durabilité de l'établissement de santé.

ii. Les objectifs opérationnels/spécifiques

1. Analyser les besoins spécifiques en termes d'infrastructure pour un hôpital spécialisé dans le traitement des maladies infectieuses.

2. Étudier les normes et réglementations en vigueur concernant la conception et la construction d'un établissement de santé.

3. Concevoir une structure en béton armé adaptée aux contraintes liées à la prise en charge des maladies infectieuses, en tenant compte des exigences de sécurité et de durabilité.

4. Dimensionner les éléments structuraux de la clinique (fondations, planchers, poteaux, etc.) en fonction des charges et contraintes spécifiques liées à l'activité médicale.

7. Méthodologie et délimitation du sujet

Pour atteindre nos objectifs, nous avons adopté différentes méthodes et techniques de recherches. L'analyse bibliographique qui nous a permis de nous familiariser avec notre sujet en se basant sur des travaux antérieurs. La méthode analytique, basée sur la réglementation BAEL 91 modifiée 99, nous a permis de décomposer et de dimensionner notre structure.

La conception architecturale a été réalisée avec le logiciel Revit, la modélisation ainsi que le dimensionnement des éléments de structure ont été faits avec le logiciel Robot Structural Analysis.

Dans notre travail, nous n'allons nous concentrer que sur le dimensionnement des poteaux, des poutres et des planchers.

8. Structure du mémoire/ Subdivision du travail

Hormis l'introduction et la conclusion notre travail sera subdivisé en trois chapitres, dont :

- Le premier chapitre, qui est consacré aux généralités concernant le sujet.
- Le deuxième chapitre, consacré à la méthodologie et les matériaux qu'on a utilisé.
- Le troisième chapitre, consacré à la présentation et interprétation des résultats de la conception et du dimensionnement.

Chapitre 1 : GENERALITES SUR LE THEME

1.1 Généralité sur la santé

1.1.1 Petite historique sur la santé en République Démocratique du Congo [1]

Bien avant l'arrivée des colonisateurs, l'Afrique disposait d'une médecine authentique et efficace, capable de répondre à la plupart des problèmes de santé de sa population.

A cette époque, la maladie était perçue comme une disharmonie entre l'homme et l'esprit des ancêtres, ainsi qu'avec Dieu. Cette condition pouvait être acquise avant ou après la naissance et résultait de manquements envers les ancêtres ou de l'action de jeteurs de sorts. Cette condition était levée par les guérisseurs, qui suivaient un rituel précis conférant un pouvoir curatif aux médicaments. En retour, le guérisseur recevait une récompense conforme à la culture de chaque communauté. Par exemple, pour les communautés Nandes et Hundes, il pouvait s'agir d'un « *kinga ya pori* » qui équivalait soit à une poule, soit à une chèvre, selon la gravité de la maladie.

Au moment des indépendances, l'Afrique, et le Congo en particulier, disposait déjà d'un ensemble de services sanitaires et de structures dédiées aux soins et à la prévention des maladies. À cette époque, toutes les maladies étaient traitées dans ces établissements, tandis que les guérisseurs, récemment diabolisés et qualifiés de féticheurs par l'influence du christianisme sur le continent, étaient de plus en plus marginalisés. Cependant, ce système n'a pas pu se maintenir à un niveau satisfaisant en raison des moyens insuffisants des États après le départ des colonisateurs, ainsi que de la mauvaise gestion des ressources financières, matérielles et humaines allouées à la santé. Il a progressivement évolué vers un modèle statique, offrant des soins coûteux au profit d'une minorité de la population. Le système de santé de la RDC s'inspire de la déclaration d'Alma Ata de 1978, axée sur la Stratégie des Soins de Santé Primaires, ainsi que de l'Initiative de Bamako de 1987, qui a souligné l'importance de l'implication des populations dans la gestion du système de santé et la participation aux coûts.

Quelques points à souligné sur la situation de la ville de Goma [2] :

- Goma est surpeuplée, avec plus de 400 000 personnes déplacées dans les sites de autour de la ville;

- Plus de 65 000 personnes déplacées internes au cours des deux dernières semaines de février 2024;

- Augmentation des cas de choléra : 8 000 enfants de moins de 5 ans ont été infectés;
- Goma est complètement isolée suite à la restriction de l'accès sur les autres territoires contrôlés par le M23.

1.1.2 La santé en République Démocratique du Congo

La République Démocratique du Congo dispose d'un système de santé complexe, marqué par des disparités géographiques et des défis liés à l'histoire du pays. Voici une brève présentation des principales structures de santé en RDC [3]:

1. **Zone de santé:** C'est la plus grande unité géographique de la santé. Elle regroupe plusieurs aires de santé et est généralement associée à un territoire spécifique. Elle sert de cadre de coordination pour tous les acteurs de la santé au niveau local. Elle est responsable de la planification, de la coordination et du suivi des activités de santé dans son périmètre.

2. **Aire de santé:** c'est une subdivision de la zone de santé, regroupant plusieurs villages ou quartiers. Elle assure une certaine coordination au niveau local et peut organiser des activités de promotion de la santé.

3. Établissements de santé:

- **Centre de santé:** Il offre des soins de premier niveau, c'est-à-dire les soins de base pour la plupart des maladies courantes. Il assure des consultations médicales, des vaccinations, des traitements simples, etc.

- **Hôpital général:** Il propose des soins plus complexes, notamment des chirurgies, des hospitalisations et des soins spécialisés.

- **Hôpital de référence:** Souvent situé dans les chefs-lieux de province, il joue un rôle de référence pour les autres établissements de santé de la région.

- **Postes de santé:** Structures plus petites, souvent situées en zone rurale, offrant des services de soins de base très limités.

- **Cliniques:** Structures privées ou publiques, pouvant offrir une gamme de services variable, du premier niveau au spécialisé.

4. Structures spécifiques:

- **Unités mobiles de santé:** Ces unités itinérantes apportent des soins dans les zones difficiles d'accès.

- **Maisons de santé communautaires:** Gérées par la communauté, elles offrent des soins de base adaptés aux besoins locaux.

Il est important de noter que ce schéma est une simplification. La réalité du système de santé en RDC est bien plus complexe, et les structures peuvent varier d'une province à l'autre.

1.2 Généralité sur la conception

1.2.1 Conception architecturale

La conception architecturale est le processus par lequel un architecte crée des espaces fonctionnels, esthétiques et durables. Elle intègre divers éléments tels que la structure, l'ergonomie, l'esthétique, l'environnement et les besoins spécifiques des utilisateurs [5].

- **La fonctionnalité :** L'architecture doit répondre à des besoins spécifiques, qu'il s'agisse d'un logement, d'un lieu de travail, d'un espace public, etc. L'organisation des espaces, les circulations et les équipements doivent être conçus pour optimiser l'utilisation du bâtiment.

- **L'esthétique :** L'architecture a une dimension artistique. Le choix des formes, des couleurs, des matériaux et des proportions contribue à créer une ambiance et une identité visuelle.

- **La structure :** La structure d'un bâtiment doit être solide et stable pour résister aux contraintes physiques. Les architectes travaillent en étroite collaboration avec des ingénieurs pour concevoir des structures efficaces et sûres.

- **Matériaux :** Le choix des matériaux est crucial car il influence l'esthétique, la durabilité, le coût et l'impact environnemental du bâtiment.

- **Environnement :** L'architecture doit s'intégrer harmonieusement dans son environnement et respecter les contraintes naturelles et réglementaires.

Il existe plusieurs facteurs déterminant la conception [5] :

- La destination de l'ouvrage et son programme ;

- Le site et la forme de la parcelle où sera érigé l'ouvrage ;
- Les exigences en matière d'urbanisme et de construction ;
- Les exigences environnementales ;
- Les conditions géologiques, géotechniques et hydrologiques du terrain ;
- Les choix architecturaux ;
- Les choix relatifs aux matériaux et aux principes de systèmes porteurs.

1.2.2 Conception architecturale d'une clinique

La conception architecturale d'une clinique, surtout spécialisé dans le traitement des maladies infectieuses, est un domaine complexe qui requiert une attention particulière aux détails. La priorité absolue est de garantir la sécurité de tous les occupants. Cela implique une stricte séparation des flux (patients, personnel, linge sale, déchets médicaux), une bonne ventilation, une isolation efficace des chambres et des zones à risque, et des systèmes de désinfection rigoureux. Les flux de patients, de personnel et de matériel doivent être clairement définis et séparés pour minimiser les risques de croisement.

Les matériaux utilisés doivent être faciles à nettoyer et à désinfecter. Les surfaces doivent être lisses et sans recoins où les bactéries pourraient se nicher.

Une clinique doit pouvoir s'adapter à l'évolution des besoins et aux nouvelles technologies. Les espaces doivent être modulables pour permettre de réorganiser les services en fonction des besoins.

Malgré l'aspect médicalisé, l'environnement doit être conçu pour favoriser le bien-être des patients et réduire le stress. Les chambres doivent être agréables et lumineuses, et les espaces communs doivent être conçus pour favoriser le bien-être.

1.2.3 Logiciels de conception

Les logiciels de conception architecturale jouent un rôle essentiel dans la création et le développement de projets architecturaux. Ils permettent aux architectes et aux designers de visualiser, modéliser et simuler leurs idées, facilitant ainsi le processus de conception et améliorant l'efficacité du travail.

Le BIM est une approche intégrée qui permet de modéliser les informations du bâtiment tout au long de son cycle de vie. Revit est un exemple phare qui permet non seulement la conception mais aussi la gestion des données liées au projet [6].

Les logiciels de conception peuvent être classés en catégories comme suit :

- Logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) : Utilisés pour créer des plans en 2D et des modèles simples en 3D. Exemple : AutoCAD
- Logiciels de modélisation BIM (Building Information Modeling) : Ces outils permettent de concevoir des bâtiments intelligents en intégrant des informations précises sur les matériaux, les coûts, et les performances énergétiques.

Exemples : Revit, ArchiCAD.

- Logiciels de rendu et de visualisation : Utilisés pour produire des rendus réalistes.

Exemples : Lumion, Twinmotion, V-Ray.

- Logiciels de calcul et d'analyse structurelle : Pour évaluer la résistance des structures et leur conformité aux normes.

Exemples : Robot Structural Analysis, ETABS.

L'utilisation de ces logiciels présente plusieurs avantages [6]:

- Les outils numériques permettent une grande précision dans les dimensions et les détails techniques.
- La modélisation 3D aide à visualiser l'espace avant même qu'il ne soit construit, ce qui facilite la communication avec les parties prenantes.
- De nombreux logiciels permettent une collaboration en temps réel entre différents intervenants (architectes, ingénieurs, clients), ce qui améliore l'efficacité du processus
- Certains logiciels offrent des fonctionnalités pour simuler des scénarios (comme l'évacuation en cas d'urgence), ce qui est particulièrement important dans le cadre d'une clinique où la sécurité est primordiale.

1.3 Généralité sur le dimensionnement

1.3.1 Introduction

Le dimensionnement consiste à déterminer les dimensions, les matériaux et les caractéristiques mécaniques des éléments qui supportent les charges d'une structure, afin qu'elle soit sûre, stable, économique et conforme aux normes en vigueur.

Pour dimensionner un élément structural (poteau, poutre, planché) de sorte qu'il résiste aux efforts qui sont appliqués, il est important de connaître d'abord la totalité de ces efforts, puis en déduire certaines grandeurs qui vont permettre d'effectuer le dimensionnement.

Il est crucial d'identifier et de calculer toutes les charges qui agiront sur les éléments porteurs [7]:

- **Charges permanentes** : Poids des matériaux de construction, systèmes mécaniques.
- **Charges d'exploitation** : Nombre prévu d'occupants, équipements médicaux.
- **Charges climatiques** : Neige, vent, température.

Éléments structuraux à dimensionner :

- **Fondations** : Elles doivent supporter les charges de l'ensemble du bâtiment et s'adapter aux caractéristiques du sol.
- **Poteaux** : Ils assurent la transmission des charges verticales vers les fondations.
- **Poutres** : Elles supportent les planchers et les charges réparties.
- **Dalles** : ils constituent les planchers et doivent résister aux charges concentrées (équipements) et aux charges réparties (personnes).

Les normes de sécurité doivent être respectées pour garantir la protection des patients, des personnels et des visiteurs entre autre les facteurs de sécurité appliqués aux charges et aux matériaux ainsi que l'évaluation spécifique pour les hôpitaux, où la sécurité est primordiale.

1.3.2 Principes de base du dimensionnement

Le dimensionnement doit respecter certains principes fondamentaux [8] :

- **Résistance**: Les éléments doivent être capables de supporter les charges permanentes et les charges variables.
- **Stabilité**: Les structures doivent rester stables sous l'effet des forces externes (vent, séismes).
- **Durabilité**: Les matériaux doivent résister aux conditions environnementales et à l'usure due à l'utilisation.

1.3.3 Le prédimensionnement

Le prédimensionnement est une étape cruciale dans la conception d'un bâtiment. Il s'agit d'une estimation initiale des dimensions et des caractéristiques des éléments structurels (poutres, colonnes, fondations, etc.) qui composeront le bâtiment.

Le but du prédimensionnement est de définir les dimensions des différents éléments de la structure. Ces dimensions sont choisies selon la préconisation de BAEL et de RPA 99, les résultats peuvent être modifiés après vérification dans la phase de dimensionnement.

Le prédimensionnement a pour objectifs :

- L'évaluation des premières dimensions des éléments porteurs pour assurer leur capacité à supporter les charges.
- Faciliter l'étude de faisabilité en proposant une base pour estimer le coût et les matériaux nécessaires.
- Gagner du temps dans les phases initiales de conception avant d'entamer des calculs précis.

Les dimensions doivent respecter les normes locales ou internationales de conception (par exemple : Eurocodes ou ACI).

Les résultats du prédimensionnement sont approximatifs et nécessitent une validation par des calculs détaillés. Mais aussi, le prédimensionnement ne prend pas en compte certains aspects complexes comme les effets dynamiques ou les charges spécifiques. Nous pouvons souligner quelques étapes du prédimensionnement tels que :

- La définition du programme qui implique l'identification des besoins fonctionnels et architecturaux.
- L'estimation des dimensions initiales qui consiste à appliquer les règles empiriques (par exemple : épaisseur d'un plancher = portée/30 pour un plancher béton armé).
- Le choix des matériaux selon les besoins architecturaux, esthétiques ou techniques.
- La vérification pour s'assurer de la conformité avec les normes et ajustements selon les contraintes identifiées.

Dans le cadre architectural, le prédimensionnement doit prendre en compte :

- Les contraintes esthétiques : Les dimensions des éléments structurels influencent l'esthétique générale (hauteur des plafonds, finesse des colonnes).
- L'intégration des espaces : Les dimensions doivent répondre aux besoins spatiaux et fonctionnels (largeur des ouvertures, dégagements nécessaires).
- Les innovations : Certaines solutions modernes permettent d'optimiser les structures (matériaux composites, systèmes préfabriqués).

1.3.4 Vérification des résultats

La vérification des éléments porteurs est cruciale pour garantir que notre clinique résiste aux charges prévues (charges permanentes et charges d'exploitation) et pour prévenir tout risque d'effondrement.

Nous devons nous rassurer que le dimensionnement respecte les normes de construction en vigueur, telles que les Eurocodes ou les normes locales spécifiques à la construction hospitalière. Les déformations des éléments porteurs doivent rester dans les limites admissibles pour garantir le confort des occupants et le fonctionnement des équipements. Cette vérification peut se faire suivant deux méthodes :

- **Les calculs structurels**, qui consistent à utiliser des méthodes analytiques pour calculer les efforts internes (moment fléchissant, cisaillement) et les déformations des éléments porteurs (poutres, colonnes) sous différentes charges.
- **La modélisation numérique**, qui fait appel à des logiciels de modélisation et d'analyse structurelle pour simuler le comportement des éléments porteurs sous charge et identifier les points critiques. Les logiciels comme Robot Structural Analysis, SAP2000, ou ETABS permettent de simuler les charges et de valider les résultats obtenus.

Dans cette section, il est essentiel de vérifier que les matériaux utilisés possèdent une résistance suffisante pour supporter les charges appliquées. Il faut également s'assurer que le dimensionnement et la disposition des armatures garantissent une résistance efficace à la traction du béton. De plus, les dimensions des différents éléments structuraux doivent être adaptés aux sollicitations afin d'assurer la stabilité globale de la structure, en évitant tout risque d'effondrement ou de déformation excessive.

Pour une clinique, certaines particularités méritent d'être soulignées, notamment :

- **Charge importante des équipements médicaux** : Les dalles doivent être dimensionnées pour supporter des équipements lourds comme des scanners ou IRM.
- **Fluidité des circulations** : Les portées doivent être optimisées pour limiter les obstacles (poteaux ou murs porteurs dans des espaces critiques).
- **Impact des charges dynamiques** : Prendre en compte les vibrations dues aux équipements et aux déplacements fréquents des usagers (patients, personnel).

1.4 Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue d'ensemble sur le domaine de la santé ainsi que sur les principales règles à respecter dans la conception et le dimensionnement d'un établissement hospitalier.

Chapitre 2: METHODOLOGIES ET MATERIAUX UTILISES

2.1. Introduction

Ce chapitre vise à décrire les approches méthodologiques employées pour élaborer un projet répondant aux exigences spécifiques de conception et du dimensionnement d'un établissement de santé. Nous aborderons les différentes étapes du processus allant de l'analyse des besoins cliniques à la sélection des matériaux adaptés pour assurer la salubrité, la durabilité du bâtiment.

Dans un premier temps, une analyse bibliographique a été menée pour recenser les normes et recommandations relatives à la conception d'hôpitaux en général et plus spécifiquement, d'une clinique pour maladies infectieuses. Par la suite une modélisation 3D du bâtiment a été faite pour permettre de simuler la circulation des flux, afin d'optimiser l'aménagement spatial et de minimiser les risques de contamination. En fin, le dimensionnement des espaces et des éléments structuraux a été réalisé en fonction des prévisions d'activités et des normes de surfaces des patients, en tenant compte du traitement des maladies infectieuses, de la sécurité, la stabilité et de la durabilité du bâtiment.

2.2. Cadre conceptuel

Cette conception est guidée par plusieurs exigences qui soient médicales, architecturales et structurelles. Cependant, notre conception est subdivisée en blocs quand bien-même il s'agit d'une construction monobloc que nous avons adaptée.

Notre clinique se compose de trois parties principales : la partie administrative, la partie technique et la partie WASH (Water Sanitation And Hygiene) toutes interconnectées pour favoriser une communication fluide et une collaboration optimales entre les différentes fonctions.

2.2.1. Programme

Dans cette section, nous proposons une présentation brève des différentes pièces et blocs qui constituent notre hôpital.

Pour **le rez-de-chaussée**, on a :

➤ **Partie administrative**

- Hall d'accueil et orientation ;
- Salle de garde ;
- Salle de rapport ;
- Vestiaire ;
- Archivages ;
- Pointage
- Bureau du chirurgien ;
- Bureau radiologue
- Bureau du psychologue ;
- Bureau de l'aumônier ;
- Attente ;

➤ **Partie technique**

- Consultations infirmier ;
- Consultation médecin ;
- Salle de soins ambulatoires ;
- Pharmacie ;
- Reserve pharmacie;
- L'urgence (le quai d'embarquement, la réception, le triage, une salle des soins et d'observation) ;
- Soins intensifs ;
- Sous bloc opératoire (salle de préparation, salle de linges sales, salle d'opération proprement dite, salle de réveil, salle de stérilisation) ;

- Bloc maternité (salle de travail, salle d'accouchement, post partum, infirmerie, salle d'opération en cas d'urgence, CPN, CPS et vaccin, hospitalisation maternité).

- Bloc imagerie et laboratoire
 - Laboratoire (salle du prélèvement, salle de biochimie) ;
 - Imagerie (radiologie, scanner, échographie) avec une salle de préparation et une chambre noir
- Orthopédie et ses annexes
- Isolement pour cas suspect

➤ **Partie WASH**

- Buanderie
- Vestiaires et infirmerie
- Salle des linges propres et matériels
- Les sanitaires hommes et femmes selon les différents services

Pour **R+1**, on a :

➤ **Partie administratif**

- Bureau du médecin directeur (MD) et de son secrétaire
- Salon d'honneur
- Bureau de l'infirmier titulaire (IT)
- Bureau de l'Agent de Gestion des Informations de Santé (AGIS)
- Bureau du chef du personnel (CP)
- Bureau administrateur du budget et du promoteur de santé
- Bureau médecin chef de zone
- Bureau de contrôle de sécurité (CCTV)
- Bibliothèque et la salle de lecture
- Bureau du nutritionniste
- Bureau pédiatre
- Salle de conférence

➤ **Partie technique**

- Hospitalisation (pour la médecine interne, la pédiatrie, la maternité, etc)

- Ophtalmologie et ses annexes
- Dentisterie et ses annexes
- **Partie WASH**
 - Salle des linges propres et matériels
 - Vestiaires et infirmerie
 - Les sanitaires hommes et femmes selon les différents services

Pour **R+2**, on a :

- **Partie administrative**
 - Chapelle
 - Salon et réfectoire des médecins visiteurs
- **Partie technique**
 - Oncologie et ses annexes
 - Hématologie et ses annexes
 - Hospitalisation
- **Partie WASH**
 - Salle des linges propres et matériels
 - Vestiaires et infirmerie
 - Les sanitaires hommes et femmes selon les différents services

2.2.2. Normes de la conception

Une norme est une directive qui régit un domaine spécifique, établissant des critères et des lignes directrices à suivre. En d'autres termes, elle sert de modèle standard, garantissant la cohérence et la qualité dans les pratiques et les produits au sein de ce domaine.

En architecture, il existe des normes régissant toute conception.

En voici quelques-unes:

- **Module et trame**

Un module est une unité de base déterminée par une trame, qui est un multiple de ce module. Il est important de noter que le module n'est pas toujours uniforme ; il varie en fonction du type de projet à réaliser et est choisi avec soin. Dans notre conception, l'unité de mesure retenue est celle du malade. Chaque malade doit disposer d'un espace de repos mesurant

200 cm x 200 cm, ce qui nous donne un module de 200 cm et une trame de 400 cm. Une trame de construction peut ne pas être respectée par quelques salles importantes dans la construction d'un hôpital, mais elle dépend du déroulement interne du travail des services. La trame de construction doit permettre une circulation optimisée et la possibilité d'une différenciation dans les services de zones pour les fonctions principales, fonctions annexes, circulation [5].

- **Les circulations**

La circulation désigne le mouvement ou le déplacement d'un lieu à un autre. Dans le cadre d'un projet architectural, il est essentiel que la circulation soit fluide et facilite les déplacements des usagers. Pour notre clinique, la circulation est optimisée grâce à des couloirs, des rampes et des escaliers, permettant un accès facile et sécurisé à toutes les zones du bâtiment.

- **Les joints**

En raison de la longueur du bâtiment, nous avons prévu quatre joints de ruptures séparant les différents blocs.

2.3. Emplacement de l'ouvrage

2.3.1. Présentation du milieu

Goma est une ville située à l'Est de la République Démocratique du Congo, dans la province du Nord-Kivu. Elle se trouve sur la rive nord du lac Kivu, à la frontière avec le Rwanda, près de la ville de Gisenyi. Elle est le chef-lieu de la province du Nord-Kivu. La ville est bâtie sur d'anciennes coulées de lave issues de la chaîne volcanique de Virunga, principalement du volcan Nyiragongo, situé à environ 14km au Nord de la ville [4]

2.3.2. Situation géographique du site

- **Localisation**

Goma est située dans une région montagneuse, à une altitude d'environ 1500m de la vallée du Rift, ce qui lui confère un climat tempéré et humide.

- **Données climatologiques**

Goma bénéficie d'un climat tropical d'altitude, influencé par sa situation dans la vallée du Rift et sa proximité avec le Lac. La température moyenne annuelle est proche de 19 et 22°C, la température maximale moyenne de 24 à 26°C et la température minimale moyenne de 12

à 16°C [4]. Grâce à son altitude élevée, Goma bénéficie d'un climat plus frais que d'autres régions tropicales.

On compte deux saisons au cours de l'année : la saison des pluies de septembre à mai, avec des précipitations abondantes et la saison sèche de juin à août, période avec peu de pluie mais une humidité toujours présente.

- Situation socio-économique

Depuis 2022, l'insécurité dans la ville a gravement affecté la santé publique et la prise en charge des malades. La guerre a provoqué la destruction ou la fermeture de nombreux centres de santé aux environs de Goma, limitant ainsi l'accès aux soins. La concentration de la population dans la ville et dans des camps insalubres et l'accès limité à l'eau potable a favorisé la propagation des maladies infectieuses.

- Végétation

La végétation de la ville de Goma est influencée par son climat tropical d'altitude et son environnement volcanique. La ville est en grande partie urbanisée, mais on y trouve des arbres et des petits jardins cultivés.

2.4. Prédimensionnement [9]

Comme nous le savons déjà, prédimensionner revient à donner des dimensions aux éléments. Il est fonction de la géométrie des éléments.

1. Poutre

La poutre est un composant de la structure principalement horizontale, dont la longueur dépasse largement les deux autres dimensions, à savoir la base et la hauteur.

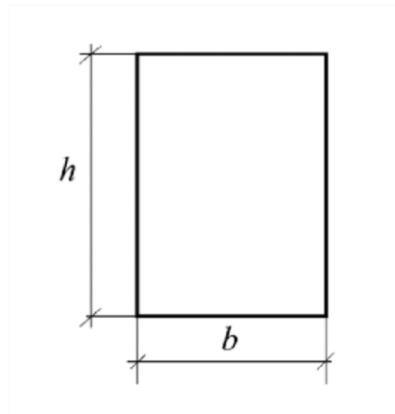


Figure 2-1 : section de la poutre

Le prédimensionnement de la section de fait suivant BAEL 91 modifié 99 ou selon la norme RPA 99.

$$\text{- Selon BAEL} \begin{cases} \frac{L_{max}}{15} \leq h \leq \frac{L_{max}}{10} \\ 0,3h \leq b \leq 0,4h \end{cases} \quad (2-1)$$

$$\text{- Selon RPA 99} : \begin{cases} b \geq 20 \\ h \geq 30 \\ \frac{b}{h} \leq 4 \end{cases} \quad (2-2)$$

2. Plancher

Le plancher est une surface horizontale qui sépare les étages. Il possède une épaisseur relativement faible comparé à ses dimensions en plan et est conçu pour résister aux charges et surcharges afin de les transférer vers les autres éléments porteurs.

Les portées L_x et L_y respectivement la petite portée et la grande portée sont mesurées entre nu d'appui. Le pré dimensionnement de la dalle est basé sur la détermination du coefficient de portance α .

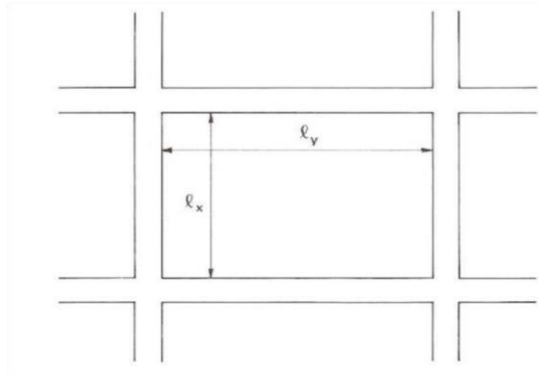


Figure 2-2: la dalle

Le coefficient de portance α est donné par la relation 2-3 :

$$\alpha = \frac{Lx}{Ly} \quad (2-3)$$

Le coefficient de portance α définit ainsi la direction de la dalle :

- $\alpha < 0.4$ pour une dalle unidirectionnelle
- $0.4 \leq \alpha \leq 1$ pour une dalle bidirectionnelle

Pour une dalle bidirectionnelle, la hauteur (ou l'épaisseur) de la dalle peut être déterminé à l'aide des formules de l'équation 2-4:

$$h \geq \begin{cases} \frac{Lx}{30} \text{ pour un panneau isolé} \\ \frac{Lx}{40} \text{ pour un panneau continu} \end{cases} \quad (2-4)$$

3. Poteau

Un poteau est un élément principalement vertical de la structure, caractérisé par une longueur nettement supérieure à sa base et sa largeur. Il se présente souvent sous des formes rectangulaires ou circulaires. Lors du pré dimensionnement, on part du principe que le poteau est soumis à une compression centrée. La section est calculée pour le poteau le plus chargé, puis généralisée aux autres poteaux du même niveau.

La figure 2-3 présente un poteau qui supporte les charges réparties sur une «S» correspondant à une portion de la dalle (surface d'influence).

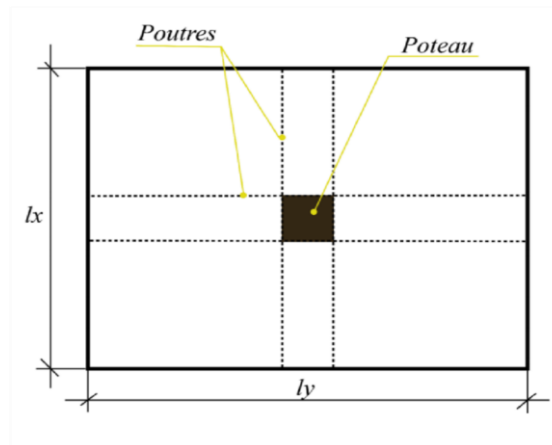


Figure 2-3: le poteau

La section réduite du béton B_r est la section réelle de la pièce de béton déduite de 2cm de chaque côté. Elle est donnée par la relation 2-5 :

$$B_r = \frac{\beta \times N_u}{\frac{f_{bu}}{0,9} + \frac{0,85 \times 10^{-2} \times f_e}{\gamma_s}} \quad (2-5)$$

Avec :

- N_u : la charge verticale soumise au poteau ;
- γ_s : le coefficient de calcul des aciers équivalent à 1,15 ;
- β : le coefficient de correction, il varie selon l'élancement mécanique et prend les valeurs repris dans l'équation 2-6 :

$$\begin{cases} \beta = 1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 & \text{si } \lambda \leq 50 \\ \beta = \frac{0,85\lambda^2}{1500} & \text{si } 50 < \lambda \leq 70 \end{cases} \quad (2-6)$$

La résistance de calcul du béton f_{bu} , est calculée par la relation 2-7 :

$$f_{bu} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b} \quad (2-7)$$

La Vérification du poteau au flambement ; elle est faite pour le poteau le plus chargé au niveau du rez-de-chaussée. L'élancement mécanique est donné par la relation 2-8 :

$$\lambda = \frac{l_f}{i} \quad (2-8)$$

Avec

l_f : la longueur de flambement, elle dépend des liaisons de la pièce avec les autres pièces. En fonction des liaisons aux extrémités d'un poteau, il existe une relation entre la longueur réelle et la longueur de flambement du poteau.

$$l_f = 0,7 \times l_0 \quad (2-9)$$

Le rayon de giration est donné par la relation 2-10 :

$$i = \sqrt{\frac{I}{B}} \quad (2-10)$$

Pour nos poteaux rectangulaires,

$$I = \frac{h \times b^3}{12} \quad (2-11)$$

Avec $h \geq b$

2.5. Matériaux utilisés

Pour les calculs nous avons pris en compte les matériaux ainsi que leurs caractéristiques.

➤ Le béton

Le béton est un mélange composé de granulats (sables et graviers), de ciment, d'eau et, éventuellement, d'adjuvants en quantités précisément définies. Le béton est matériau qui résiste mieux à la compression et très mal à la traction raison pour laquelle, on lui associe des armatures pour reprendre les efforts de traction et pour ainsi avoir un béton armé [10].

➤ L'acier

L'acier, alliage métallique du fer et du carbone, dont la teneur en carbone varie entre 0,005% et 2%, tire ses propriétés remarquables de ce mélange. Bien que présent en faible quantité, le carbone améliore significativement les propriétés du fer, notamment la dureté, la résistance à la rupture et la résistance à la déformation élastique. En raison de ces caractéristiques, l'acier est largement utilisé en génie civil, pour divers produits comme les câbles, les profilés, les armatures,...

Les aciers utilisés en construction sont classés en 4 catégories : les barres lisses, les barres à haute adhérence, les treillis soudés et les profils [11].

1. Barres lisses

Les barres lisses sont rondes et lisses, sans motif ni aspérité sur la surface. Elles ont une bonne résistance mécanique mais une faible adhérence au béton (comparée aux barres haute adhérence) et elles sont utilisées pour les applications simples ou non structurales, en tant qu'élément secondaire par exemple.

2. Barres à haute adhérence

Ce sont des barres d'acier avec des nervures ou des reliefs réguliers sur la surface. Elles adhèrent parfaitement au béton grâce aux nervures et ont une résistance élevée à la traction. Elles sont utilisées comme armatures principales dans les structures en béton armé en raison de leur capacité exceptionnelle à supporter des efforts importants.

3. Treillis soudés

Il s'agit d'un réseau de barres d'acier disposé en quadrillage, soudés à leurs intersections. On peut noter une répartition uniforme des efforts, la rapidité d'installation grâce à leur forme prête à l'emploi, une flexibilité moindre comparé aux barres mais une efficacité remarquable pour les grandes surfaces.

4. Profils ou profilés

Les profilés sont des sections d'acier laminées à chaud, disponibles sous différentes formes (I, U, H, L,...). Ils ont une très haute résistance mécanique et sont utilisées principalement dans les structures métalliques, mais ils peuvent aussi être intégrés dans les constructions en béton armé.

Caractéristiques mécaniques

Les principales caractéristiques mécaniques des aciers sont : la limite d'élasticité, la résistance à la traction et la rupture à l'allongement qu'on peut représenter dans le tableau 2-1 :

Tableau 2-1: caractéristiques des aciers [12]

Désignation	Symbole	Nuance Fe E	Limite d'élasticité (MPa)	Résistance à la traction (MPa)	Allongement de rupture (%)
Barres	Ø	215	215	330	22
lisses	Ø	235	235	410	22
Barres a haute	HA	400	400	480	14
adhérence	HA	500	500	550	12
Treillis soudés	TS	500	500	550	8

➤ Le béton armé

Le béton armé est matériaux composite résultant de l'association du béton et de l'acier. L'association du béton-acier repose sur les caractéristiques spécifiques de ces matériaux. Le béton, excellent en compression mais faible en traction, présentait des limites importantes pour les structures sollicitées en traction, comme les poutres et les dalles. Avec la découverte de l'acier et de ses propriétés idéales en traction, il a été démontré qu'il était le matériau parfait pour compenser les faiblesses du béton.

Le béton armée présente plusieurs avantages tels que :

- la reprise des efforts de traction par les armatures et des efforts de compression par le béton.
- La résistance aux incendies
- Facilité dans l'exécution
- Isolation phonique
- Le béton prend plusieurs formes selon le moule (le coffrage)
- Il ne demande pas d'entretien
- Il est moins cher par rapport aux constructions métalliques

Bien qu'il présente des multiples avantages, le béton armé a cependant quelques inconvénients tels que :

- La brutalité en cas d'accident : les ouvrages en béton armé causent des nombreuses pertes en vie humaine une fois un accident se produit ;
- En cas de démolition, son coût est élevé et rien des matériaux utilisés ne peut être réutilisé pour la suite ;
- Son poids est tellement élevé ;

Il demande l'observation de plusieurs normes et principes pour bien jouer son rôle (un bon coffrage, une bonne mise en place des armatures, ...)

2.6. Actions et sollicitations

Une **ACTION** désigne l'ensemble des forces appliquées à une construction, qu'elles soient directement exercées ou qu'elles résultent d'une déformation imposée à l'ouvrage [13].

Elles se composent :

- Des charges permanentes (G)
- Des charges d'exploitation (P)
- Des surcharges climatiques ou externes (V) et (W)
- Des effets de température, du retrait ou de déformations imposées (T).
- Des effets dus aux séismes (SI).

Pour notre bâtiment, nous prendrons en compte deux types d'actions principales:

- **Les charges permanentes (G)** qui proviennent du poids propre de la structure, et du poids des revêtements. Ils dépendent donc des dimensions des éléments de structure mais aussi de la masse volumique des matériaux utilisées.
- **Les charges d'exploitation (Q)** sont constituées par le poids des équipements et des utilisateurs. Pour notre ouvrage, il s'agit d'un bâtiment à usage d'hôpital, la norme française européenne NF EN 1991-1-1 prévoit 5KN/m^2 comme charge d'exploitation.

Une **SOLLICITATION** désigne les efforts internes développés au sein d'une structure sous l'effet des différentes combinaisons d'actions [13].

On peut citer:

- La traction
- La compression
- La torsion

- Le cisaillement
- La flexion

Les états limites

Un état limite est un état dans lequel se trouve une structure ou un élément de structure tel que, s'il est dépassé dans le sens défavorable, cette structure ou cet élément ne répond plus aux fonctions pour lesquelles elle a été conçue [13].

Il existe deux catégories d'états-limite entre autre:

- **Les états limites ultimes (ELU)** désignent l'atteinte des limites critiques d'une structure, notamment la perte de l'équilibre statique, le flambement et la rupture des matériaux qui conduisent à la ruine de l'ouvrage.

A l'ELU, une section de poutre en béton armé est amenée à la rupture lorsque le béton comprimé ou l'acier tendu dépasse leur capacité de résistance et entrent en plasticité. Le calcul est mené dans l'hypothèse d'un comportement plastique des matériaux, le domaine élastique étant dépassé.

- **Les états limites de service (ELS)** : ces sont des états limites au-delà desquels ne sont plus satisfaites les contraintes normales d'exploitations et de durabilité. Ces états limites comprennent les états limites de fissuration et de déformation.

L'ELS est atteinte bien que la structure soit encore loin de son effondrement, par exemple du fait d'une trop grande déformabilité d'un élément. Le calcul est mené dans l'hypothèse d'un comportement élastique des matériaux.

2.7. Robot Structural Analysis

Robot Structural Analysis est un logiciel de calcul et de simulation structurelle développé par Autodesk. Il permet de concevoir, analyser et vérifier la stabilité de structures en acier, béton armé, bois, etc.

Ce logiciel est utilisé pour les projets de construction complexes, comme les hôpitaux, en raison de ses capacités à gérer des structures variées et de ses outils d'analyse avancée, notamment pour les charges dynamiques et les séismes.

Les principales fonctionnalités de ce logiciel sont : l'évaluation des efforts, des déformations ainsi que des contraintes subit par la structure ; l'utilisation de la méthode des éléments finis pour des analyses précise ainsi que le dimensionnement conforme aux normes internationales. On peut aussi mentionner son interopérabilité avec d'autre logiciel BIM [14]

2.8. Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons énumérés les techniques et marche à suivre qui vont nous aider à atteindre notre objectif général, mais aussi nous avons parlé des matériaux qu'on va utiliser dans ce en martelant sur leurs propriétés.

Chapitre 3 : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les hypothèses prises en compte dans les calculs, les résultats du prédimensionnement ainsi que ceux du dimensionnement réalisé grâce au logiciel Robot Structural Analysis.

Les plans des différents niveaux de notre ouvrage ont été réalisés grâce au logiciel DAO Révit 2024. Les vues 3D ainsi que les plans architecturaux de l'ouvrage seront présentées en annexes.

3.2 Les hypothèses du projet

Les hypothèses de calcul qui ont été utilisées pour le calcul des poteaux sont :

- Tenue au feu : 0 h
- Fissuration : peu préjudiciable
- Milieu : non agressif
- Béton: $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Poids volumique= $2501,36 \text{ kg/m}^3$
- Armature longitudinale : type HA 500 $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Armature transversale : type HA 500 $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Rectangle 30x 30 cm
- Epaisseur de la dalle = 15 cm
- Sous dalle = 4,00 m
- Sous poutre = 3,55 m
- Enrobage = 2,5 cm
- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Dispositions sismiques : non
- Poteau préfabriqué : non
- Tenue au feu : forfaitaire
- Prédimensionnement : non

- Prise en compte de l'élancement : oui
- Compression : simple
- Cadres arrêtés : sous plancher
- Plus de 50% des charges appliquées : après 90 jours

Les hypothèses utilisées pour le calcul des poutres sont:

- Tenue au feu : 0 h
- Fissuration : peu préjudiciable
- Milieu: non agressif
- Béton : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Densité = $2501,36 \text{ kg/m}^3$
- Armature longitudinale: type HA 500 $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Armature transversale : type HA 500 $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Armature additionnelle : type HA 500 $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Règlement de la combinaison : BAEL 91
- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Dispositions sismiques : non
- Poutres préfabriquées : non
- Enrobage : Aciers inférieurs $c = 2,5 \text{ cm}$
: Latéral $c_1 = 2,5 \text{ cm}$
: Supérieur $c_2 = 2,5 \text{ cm}$
- Tenue au feu : forfaitaire
- Coefficient de redistribution des moments sur appui : 0,80
- Ancrage du ferrailage inférieur:
 - appuis de rive (gauche) : Auto
 - appuis de rive (droite) : Auto
 - appuis intermédiaires (gauche) : Auto
 - appuis intermédiaires (droite) : Auto

Les hypothèses utilisées pour les calculs de la dalle :

- Type de ferrailage : dalle
- Direction armatures principales : 0°
- Classe armatures principales : HA 500; résistance caractéristique = 500 MPa
- Diamètres des barres inférieures $d1 = 1,2 \text{ cm}$ $d2 = 1,2 \text{ cm}$
Supérieures $d1 = 1,2 \text{ cm}$ $d2 = 1,2 \text{ cm}$
- Enrobage inférieur $c1 = 3 \text{ cm}$
Supérieur $c2 = 3 \text{ cm}$
- Classe: C25/30; résistance caractéristique = 25 MPa
- Densité : $2407,24 \text{ kg/m}^3$
- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Méthode de calcul de la section d'acier : Analytique
- Fissuration
 - lit supérieur : peu préjudiciable
 - lit inférieur : peu préjudiciable
- Flèche admissible : 3 cm
- Vérification du poinçonnement : oui
- Tenue au feu : 0 h
- Type de calcul : flexion + compression/traction

3.3 Résultats de prédimensionnement

Comme dit précédemment, le prédimensionnement consiste à une estimation des dimensions des éléments de la structure. Les éléments doivent avoir une section minimale pour reprendre les actions et sollicitations auxquelles ils sont soumis.

1. La poutre

Pour notre structure la plus grande portée est de 720m. Le prédimensionnement de la section de la poutre est fait selon BAEL91 modifié 99, ainsi les dimensions de la section doivent satisfaire les conditions suivantes :

$$\frac{720}{15} \leq h \leq \frac{720}{10}$$

$$48 \leq h \leq 72$$

On adopte $h = 60\text{cm}$

$$\frac{2 \times 60}{5} \leq b \leq \frac{60}{5}$$

$$\Rightarrow 24 \leq b \leq 30$$

On adopte $b = 30\text{cm}$

2. Le plancher

La plus grande portée : $L_y = 720\text{ cm}$

La plus petite portée : $L_x = 520\text{ cm}$

Le coefficient de portance vaut : $\alpha = \frac{520}{720} = 0.72$

On en déduit que nos panneaux de dalle sont bidirectionnels car ; $0.4 \leq \alpha \leq 1$

L'épaisseur de la dalle est trouvée : $h_0 \geq \frac{520}{40} = 13\text{cm}$

On adopte $h_0 = 15\text{cm}$

3. Le poteau

Le poteau le plus chargé de notre structure supporte les charges réparties sur le panneau de dalle de surface $S = 31.5\text{m}^2$ et qui a comme longueur $L = 7\text{m}$ et largeur $l = 4.5\text{m}$. La longueur des poutres est $L_p = 11.5\text{m}$. Notons que le mur s'étend sur toute la longueur de la poutre.

La hauteur sous plafond est de 4m .

En se basant sur les conditions de la RPA 99 qui stipule que en zone I et II, $\min(b, h) \geq 25\text{cm}$ et $0.25 \leq \frac{b}{h} \leq 4$

Supposons $b = 30\text{cm}$ et $h = 30\text{cm}$.

Critère de flambement :

$$\lambda = \frac{Lf}{i} = \frac{280}{i}$$

$$\text{On sait que } i = \sqrt{\frac{I}{B}} \text{ avec } I = \frac{30 \times 30^3}{12} = 67500$$

$$B = 30 \times 30 = 900\text{cm}^2$$

$$\text{Ainsi, on a } i = \sqrt{\frac{67500}{900}} = 8.66$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{280}{8.66} = 32.3$$

Les charges pris en compte sont les suivant :

- $G_{\text{dalle}} = \gamma_{\text{dalle}} \times S$
 $= 4,3 \times 31.5$
 $= 135.45 \text{ KN}$
- $G_{\text{poutre}} = \gamma_b \times L_b \times S_b$
 $= 25 \times 11.5 \times 0.135$
 $= 38.8 \text{ KN}$
- $G_{\text{mur}} = \gamma_m \times L_p \times h$
 $= 2.25 \times 11.5 \times 4$
 $= 103.5 \text{ KN}$
- $G_{\text{terrasse}} = G_{\text{dalle}} + G_{\text{étanchéité}}$
 $= 135,45 + 0.5 \times 31.5$
 $= 151.2 \text{ KN}$
- La charge d'exploitation vaut 5 KN/m^2 mais elle vaut 1 KN/m^2 pour la terrasse.

La répartition des charges selon les différents niveaux est reprise dans le tableau 3-1 :

Tableau 3-1: répartition des charges

	Charge permanente G (KN)					Charge d'exploitation Q (KN)		
Etage	Dalle	poutre	Mur	G_{niveau}	$G_{\text{cumulé}}$	Q_{niveau}	$Q_{\text{cumulé}}$	$N_u = 1.35G_{\text{cumulé}} + 1.5Q_{\text{cumulé}}$
R+2	151.2	38.8	103.5	293.5	293.5	31.5	31.5	443.47
R+1	135.45	38.8	103.5	277.75	571.25	157.5	189	1054.69
RDC	135.45	38.8	0	174.25	745.5	157.5	346.5	1179.67

k étant le coefficient de remplissage qui permet de prendre en compte le poids des poteaux, $k=1.1$ pour les poteaux à remplissage plein.

Le poteau est sollicité par une charge $N_u=1179.67 \times 1.1= 1297.64$ KN, qui résulte de la combinaison en ELU, des charges suivant : le poids des murs des deux étages sur une longueur de 11.5m, celui des trois poutres de la même longueur, des dalles dont l'une est une terrasse et les différentes charges d'exploitation sur une surface de 31.5m^2 de dalle pour chaque niveau.

3.3 Résultats du calcul dans Robot structural

Les résultants exposés dans cette section comprennent les efforts internes et les plans d'exécution de nos divers éléments structuraux.

3.3.1 Poteau

Après l'analyse de la structure avec le logiciel RSA, il est apparu que le poteau 412 est le plus sollicité, avec une charge appliquée de $N= 1220.47\text{KN}$ en ELU et $N= 856.99\text{KN}$ en ELS. Lors du dimensionnement, la section déterminée lors du prédimensionnement a été validée, car elle satisfait les critères de résistance du poteau.

Ce poteau est présenté dans la figure 3-1 :

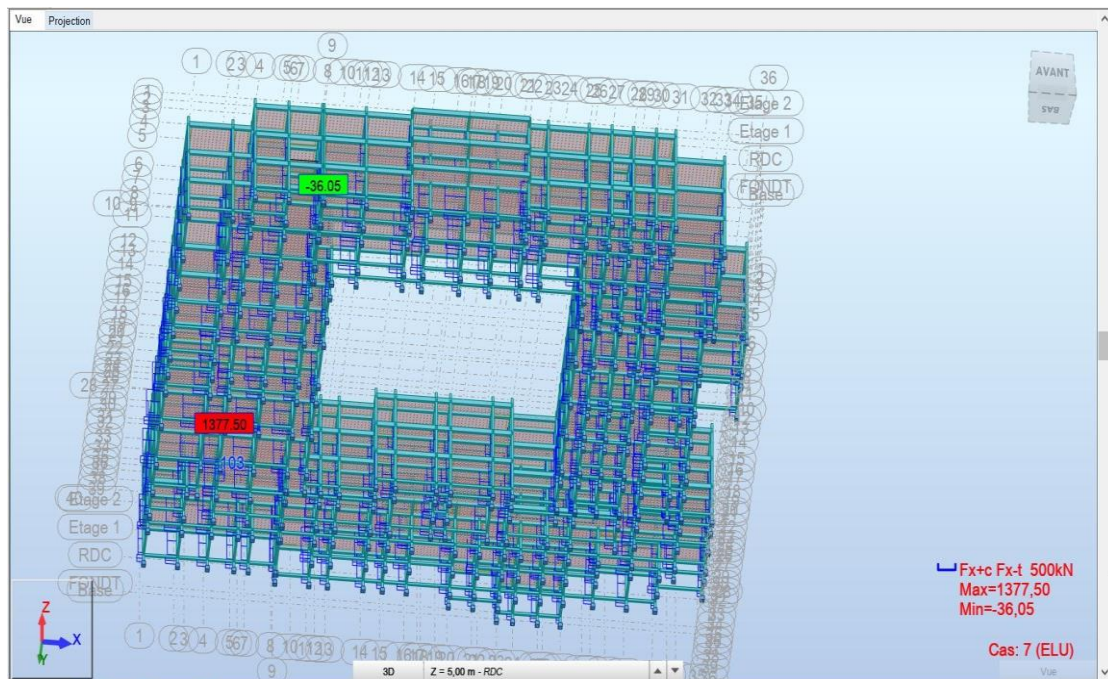


Figure 3-1 : poteau le plus chargé

a. Analyse de l'élancement

L'analyse de l'élancement a donné $\lambda = 46,19$, comme $\lambda \leq 50$ il n'y a pas de risque de flambement.

$$\alpha = 0,85 / (1 + 0,2 \times \frac{\lambda^2}{35}) = 0,63$$

$$Br = 0,08 \text{ cm}^2$$

$$A = 12,32 \text{ cm}^2$$

$$Nu_{lim} = \alpha \left[\left(Br \times \frac{f_{c28}}{0,9 \gamma_b} \right) + \left(A \times \frac{F_e}{\gamma_s} \right) \right] = 1252,83 \text{ (kN)}$$

b. Ferrailage

Barres principales:

8 HA 500 14 $l = 4,77$ (m)

Armature transversale:

Cadre : 40HA6 Fe500 $l = 0,89$ (m)

$e = 1 \times 0,15 + 19 \times 0,20$ (m)

Epingle: 20HA6 Fe500 $l = 0,37$ (m)

$e = 1 \times 0,15 + 19 \times 0,20$ (m)

c. Plan de ferrailage

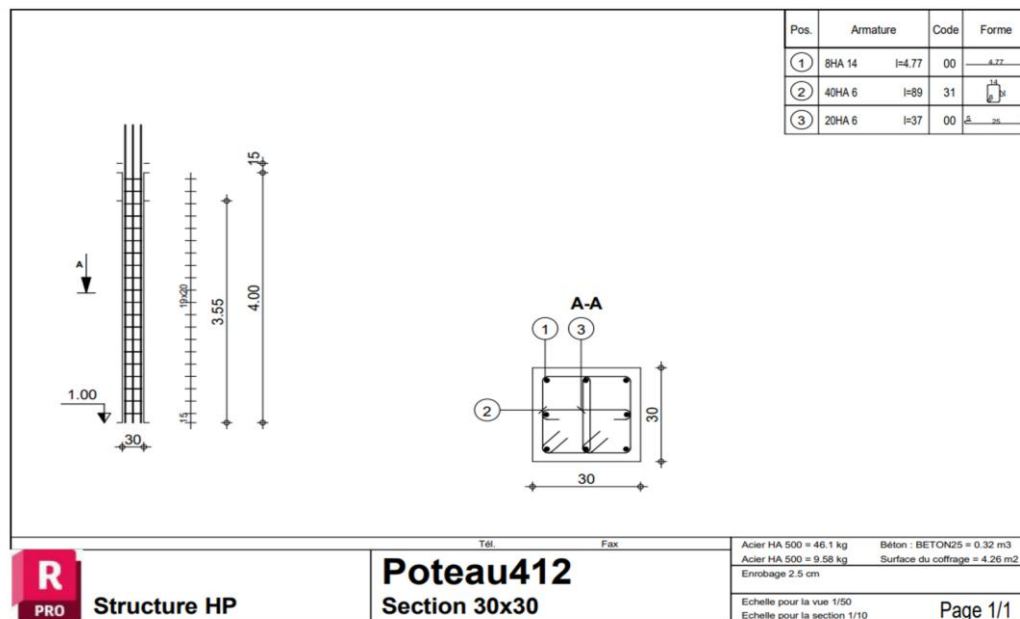


Figure 3-2: plan d'exécution du poteau le plus chargé

Le poteau 412 est conçu pour assurer la résistance aux charges appliquées. Les barres longitudinales 8HA14 sont choisies pour résister à la compression et au flambement sans engendrer un encombrement, les cadres HA6 espacés en fonction des zones les plus sollicitées (plus serré aux extrémités) servent à confiner le béton prévenir le flambement des barres longitudinales.

3.3.2 La poutre

A la suite de l'analyse statique de la structure, il a été déterminé que la travée P14 (numéro 2334) présente le moment le plus élevé, avec $M_t = 195.76 \text{ KNm}$ en ELU et $M_t = 136.27 \text{ KNm}$ en ELS. Lors du dimensionnement de la poutre continue en prenant en compte les différentes travées, la section obtenue lors du prédimensionnement s'est révélée plus grande.

a. Sollicitations ELU

Les moments et les efforts tranchants en ELU de chaque travée de la poutre sont présentés dans le tableau 3-2 :

Tableau 3-2: sollicitation en ELU

Désignation	Mtmax (kN*m)	Mtmin (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
P1	63,50	-25,32	-9,53	-21,17	52,02	29,71
P2	87,22	-95,08	26,27	43,12	-79,07	-56,94
P3	1,65	-52,47	-61,65	-15,25	-65,29	-17,34
P4	28,08	-95,34	-6,64	28,08	4,82	74,68
P5	39,89	-62,10	13,48	39,89	-47,02	-1,35
P6	2,45	-12,80	-21,09	2,45	13,20	3,83
P7	6,45	-9,93	-3,23	6,45	-9,55	1,37
P8	50,53	-50,16	0,98	50,53	10,00	2,30
P9	2,12	-12,82	-12,82	-12,82	-15,09	-31,21
P10	18,83	-0,00	18,83	9,04	0,42	-10,43
P11	21,67	-57,03	21,67	14,23	-32,28	37,47
P12	8,40	-38,15	-6,88	8,40	-20,69	1,12

P13	3,63	-12,47	2,19	-8,20	2,20	-23,65
P14	195,76	-133,49	-157,82	153,83	-48,16	-78,32

Le tableau 3-2 présente les sollicitations en ELU des différentes travées de la poutre (P1 à P14) avec les valeurs maximales et minimales. Avec :

- $M_{t_{max}}$: le moment fléchissant maximal ;
- $M_{t_{min}}$: le moment fléchissant minimal ;
- M_g : le moment aux appuis ;
- M_d : le moment en travée
- V_g : l'effort tranchant maximal
- V_d : l'effort tranchant minimal

La travée P14 présente le moment $M_{t_{max}}$ le plus élevé : 195,76kNm et un moment négatif de -133.49kNm. Elle est donc la plus sollicitée en flexion et nécessite en renforcement en armature. Bien qu'on observe le plus grand effort tranchant sur la travée P3 d'intensité 79.07kN qui implique des forts cisaillements aux appuis de la travée, la travée P14 est aussi soumise à un effort tranchant élevé de -78.31kN ainsi nous pouvons dire que la travée P14 est la travée critique.

La figure 3-3 représente le diagramme des sollicitations en ELU de la poutre.

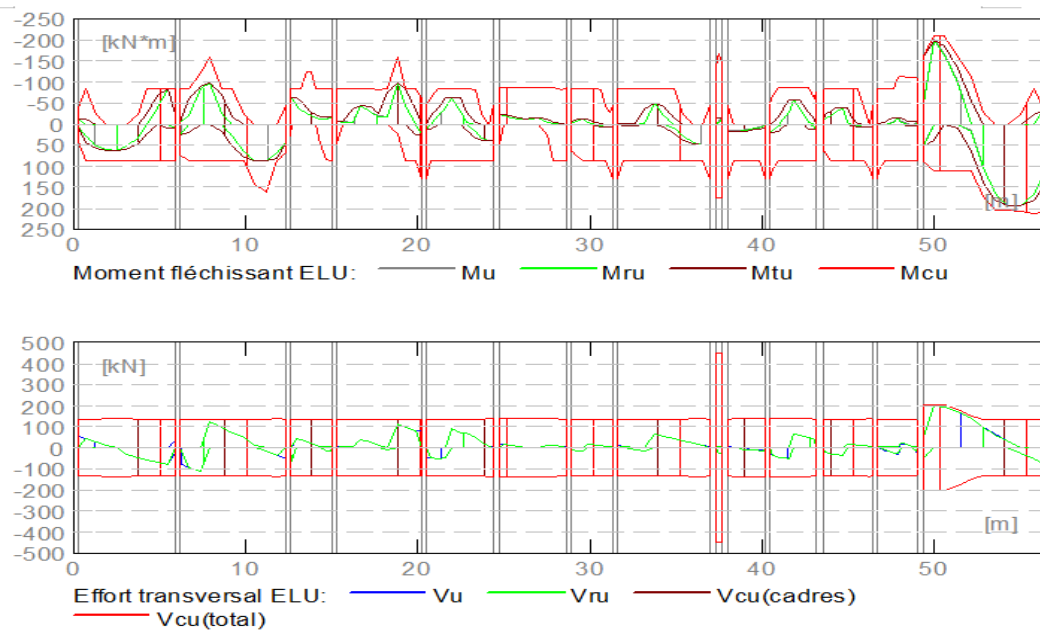


Figure 3-3: diagramme des sollicitations en ELU

Ces diagrammes montrent les sollicitations en ELU de la poutre. Du premier, celui des moments fléchissant, nous remarquons que le moment est important aux appuis et en travée et est indiqué par les pics positifs et négatifs. La travée P14 est la plus sollicitée.

Le moment nul implique que la

Du second, celui des efforts tranchant, nous remarquons que les valeurs élevées sont près des appuis ce qui implique la nécessité de renforcer les étriers pour éviter la rupture en cisaillement.

b. Sollicitations ELS

Le tableau 3-3 présente les moments et les efforts tranchants en ELS pour chaque travée de la poutre.

Tableau 3-3: sollicitations en ELS

Désignation	Mtmax (kN*m)	Mtmin (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
P1	44,99	0,00	-6,75	-15,05	37,05	21,15
P2	61,13	-66,64	18,40	30,24	-55,38	-39,99
P3	1,22	-23,46	-39,07	-10,57	-46,06	-12,31
P4	19,69	-66,88	-4,62	19,69	3,46	52,21
P5	28,13	-43,42	9,57	28,13	-33,63	-1,17
P6	1,69	-8,11	-14,53	1,69	9,11	2,63
P7	4,55	-6,91	-2,25	4,55	-6,65	1,01
P8	36,31	-36,10	0,71	36,31	7,25	1,65
P9	1,57	-5,20	-0,11	-9,04	-10,69	-22,22
P10	13,22	0,00	13,22	3,14	0,29	-7,24
P11	15,30	-40,88	15,30	10,17	-22,55	26,75
P12	5,89	-26,53	-4,75	5,89	-14,41	0,75
P13	2,69	-8,81	1,21	-5,69	1,63	-16,77
P14	136,27	-66,13	36,85	86,47	-33,94	-54,71

Le tableau 3-3 présente les sollicitations en ELS des différentes travées de la poutre (P1 à P14) avec les valeurs maximales et minimales.

La travée P14 présente le moment $M_{t_{max}}$ le plus élevé : 136.27KNm et un moment négatif de -66.13KNm. Elle est donc la plus sollicitée en flexion et nécessite en renforcement en armature. Le plus grand effort tranchant est localisé sur la travée P2 : -55,38KN qui implique des forts cisaillements aux appuis de la travée. Notons aussi que la travée P14 est aussi soumis à un effort tranchant élevé de -54,71 KN ainsi nous pouvons dire que la travée P14 est la travée critique.

c. Sections Théoriques d'Acier

Les sections d'acier théorique calculées à partir des sollicitations du tableau 3-2, sont reprises dans le tableau 3-4 :

Tableau 3-4: sections théorique d'acier

Désignation	Travée (cm ²)		Appui gauche (cm ²)		Appui droit (cm ²)	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
P1	3,34	0,00	0,40	0,47	0,52	1,07
P2	4,65	0,00	1,35	0,21	2,24	0,00
P3	0,08	0,00	0,00	3,23	0,08	0,78
P4	1,44	0,00	0,00	0,34	1,44	0,13
P5	2,06	0,00	0,69	0,00	2,06	0,00
P6	0,12	0,00	0,00	1,08	0,12	0,00
P7	0,33	0,00	0,00	0,16	0,33	0,00
P8	2,63	0,00	0,05	0,03	2,63	0,00
P9	0,11	0,00	0,11	0,65	0,11	0,65
P10	0,96	0,00	0,96	0,00	0,46	0,00
P11	1,11	0,00	1,11	0,00	0,73	0,00
P12	0,43	0,00	0,00	0,35	0,43	0,00
P13	0,18	0,00	0,11	0,00	0,18	0,41
P14	11,34	0,00	2,71	8,81	8,52	1,49

Le tableau 3-4 présente des sections théoriques d'acier nécessaires pour notre structure. Les valeurs sont subdivisées en trois catégories. Les valeurs inf. et sup. indiquent la section minimale nécessaire pour cette partie de la poutre.

En travée : présente la section d'acier entre deux appuis. Pour la travée P14, la section varie entre 11.30cm^2 et 0m^2 ce qui indique une absence de contrainte significative dans la zone supérieure.

A l'appui gauche, la section varie entre 2.71cm^2 et 8.81cm^2 d'où les aciers sont nécessaires.

A l'appui droit, la section varie entre $8,52\text{cm}^2$ et $1,49\text{cm}^2$ d'où les aciers sont nécessaires.

La figure 3-4 présente les sections théoriques d'acier en fonction du moment fléchissant et de l'effort tranchant.

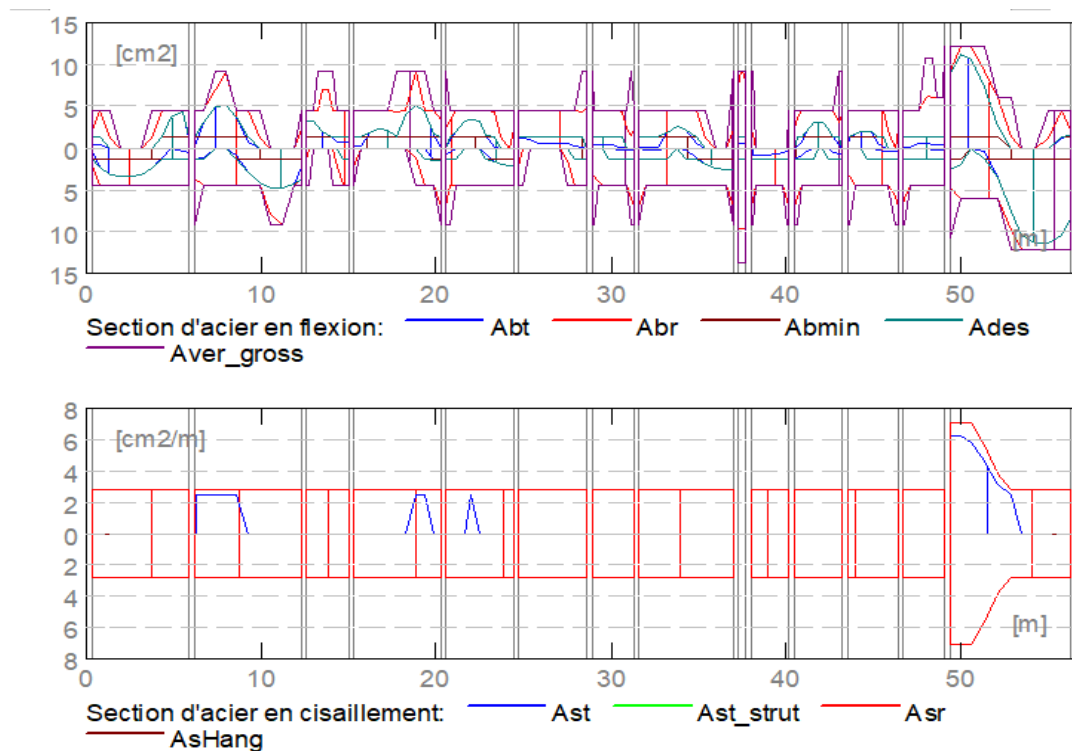


Figure 3-4: diagramme des sections théorique d'acier

Ces diagrammes présentent l'évaluation des sections théoriques d'acier requises en fonction du moment fléchissant et de l'effort tranchant.

Pour le premier diagramme, on note une évolution irrégulière des courbes qui traduit la variation des moments fléchissant le long de l'élément étudié. Les pics indiquent les zones importantes où la flexion est plus importante, nécessitant plus d'acier.

Pour le second diagramme, les variations en escalier des courbes indiquent l'ajout ou la suppression d'armatures en fonction des besoins.

d. Flèche

Le tableau 3-5 reprend les valeurs de la flèche dans la poutre suivant certains chargements.

Tableau 3-5: flèches dans la poutre

Travée	Fgi (cm)	Fgv (cm)	Fji (cm)	Fpi (cm)	□Ft (cm)	Fadm (cm)
P1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	1,1
P2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	1,1
P3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
P4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
P5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8
P6	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,8
P7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5
P8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
P9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
P10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
P11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6
P12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
P13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
P14	0,2	0,4	0,2	0,6	0,6	1,2

Le tableau 3-5 montre les déformations de la poutre sous différents chargements. Pour chaque travée, on observe les valeurs de flèche en différents points. Pour la travée P14, la flèche est de 0.2cm à gauche, 0.4cm au milieu, 0.2cm à droite et 0.6 cm à l'appui. La flèche totale est de 0.6cm et la flèche admissible de 1.2cm.

e. Plan de ferrailage

Le ferrailage de la poutre, dont la travée va de 49,40 à 56,30 (m), est repris dans le tableau 3-6 :

Tableau 3-6 : Section d'armatures de la poutre

Désignation	Section [cm ²]	Barres
Armature principale	7,76	6HA16
Armature de montage	7,33	3HA14
Armature chapeaux	5,28	6HA16
Armature transversale	1,52	24HA6

Le tableau 3-6 présente les différentes armatures utilisées dans la poutre, leur section en cm² et le type des barres d'acier employées. La section d'armature est trouvée à partir de la formule 3-1.

$$A_s = \frac{M}{f_y \times z} \quad (3-1)$$

Où A_s est la section d'armature ;

M est le moment fléchissant ;

f_y la limite élastique de l'acier et

z le bras de levier.

La figure 3-5 présente le plan d'exécution de la poutre la plus sollicitée de l'ouvrage.

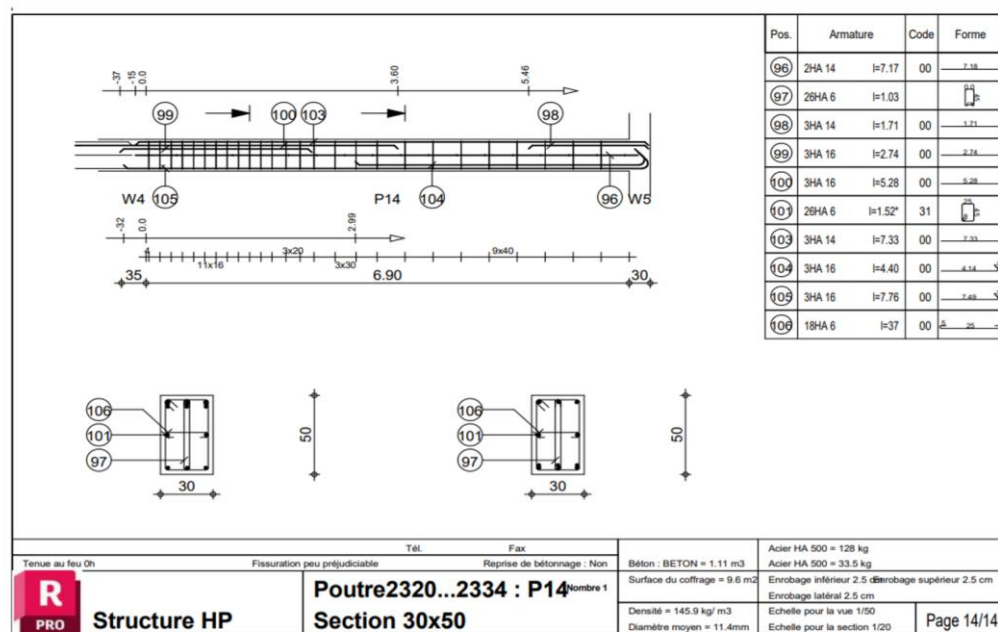


Figure 3-5 : plan d'exécution de la poutre

Cette figure représente le plan d'exécution de la travée P14 de la poutre, avec une section de 30×50 cm². A l'appui droit, nous remarquons un renforcement en armature longitudinales supérieure en raison de la présence d'un moment négatif élevé à l'appui et un renforcement en étrier en raison de l'importante sollicitation en cisaillement.

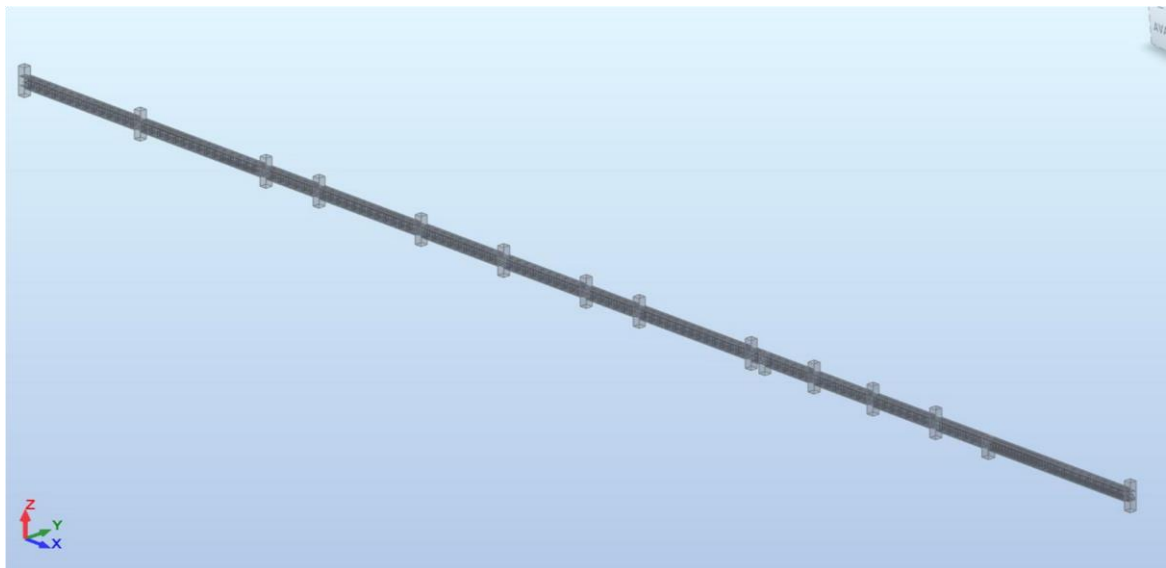


Figure 3-6: poutre 3D

3.3.3 La dalle

Le panneau numéro 4207 de dalle a été choisi pour l'étude dans RSA en raison de sa charge.

Tableau 3-7: liste par diamètre de la dalle

Désignation		Section (cm ² /m)	Barres	Espacement (cm)
Armature inférieure	Suivent x	2.37	20HA12	20
	Suivent y	3.16	20HA12	15
Armature supérieur	Suivent x	2.37	20HA12	20
	Suivent y	3.16	20HA12	15

Le tableau 3-7 présente les caractéristiques des barres d'acier utilisées dans la dalle. Pour les armatures inférieures comme pour les armatures supérieures, la section d'armature par mètre linéaire vaut 2.37cm² suivent x, on utilise les barres de diamètre 16mm espacé de 20cm et 3.16cm² suivent y avec des barres de diamètre 12mm distant de 15cm

La figure 3-7 présente la disposition de ferrailage inférieure dans le panneau de dalle.

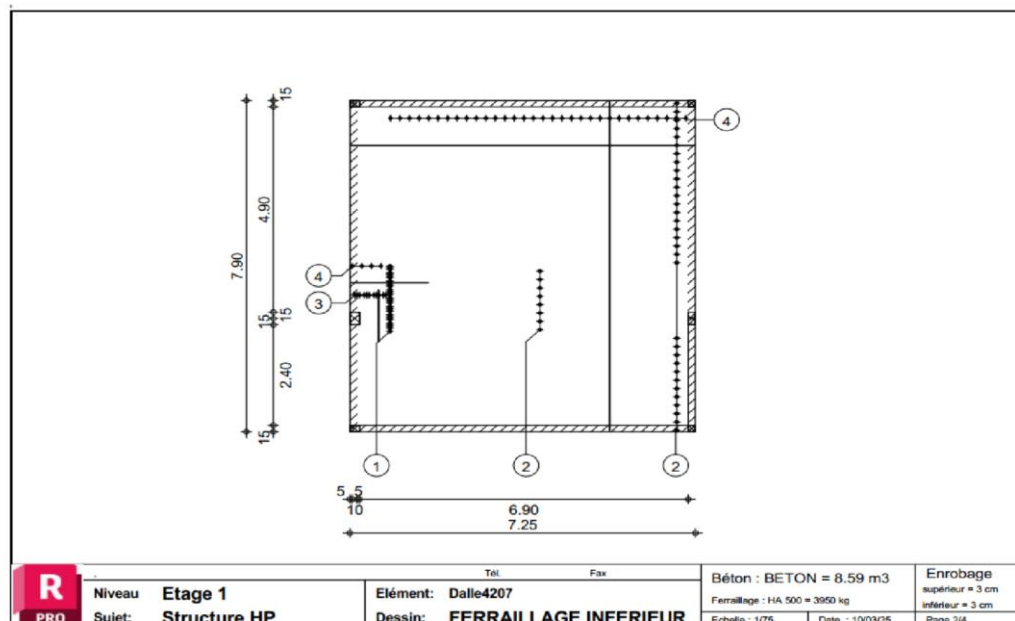


Figure 3-7: ferrailage inférieur dalle

La figure 3-8 montre le plan de ferrailage inférieur de la dalle composé de deux types de barres d'acier : les barres de 16mm de diamètre suivent x et celles de 12mm suivent y.

La disposition de ferrailage supérieur dans le panneau de dalle est présentée dans la figure 3-8 :

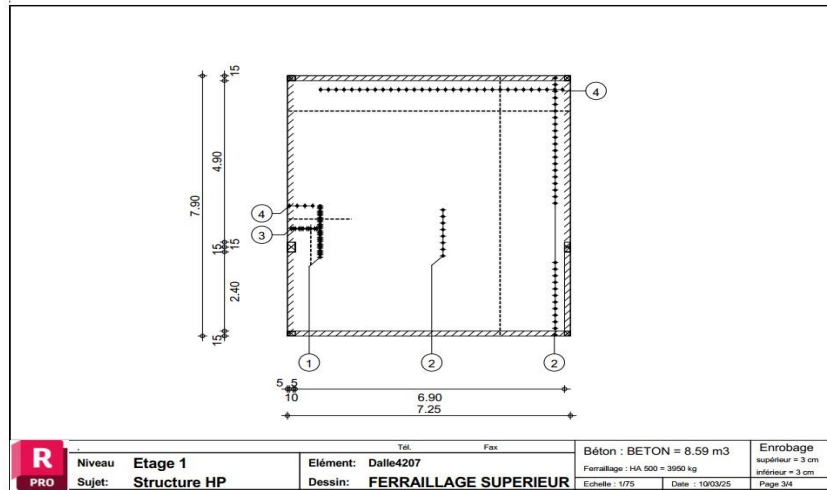


Figure 3-8: ferrailage supérieur dalle

La figure 3-8 montre le plan de ferrailage supérieur de la dalle composé de deux types de barres d'acier : les barres de diamètre 16mm suivent x et celles de 12mm suivent y.

Le plan de coffrage ainsi que la nomenclature des barres sont présentés dans la figure 3-9.

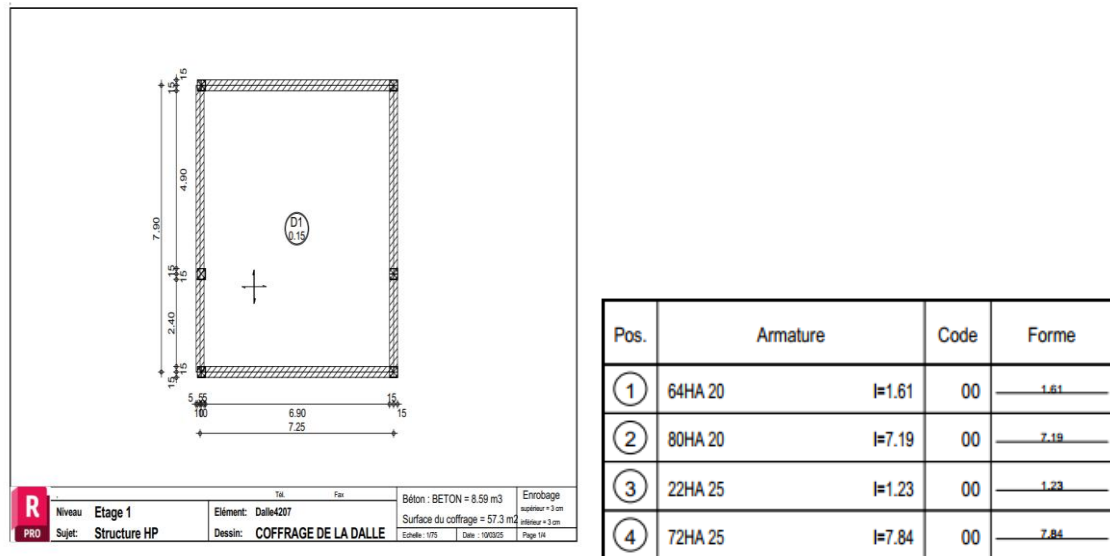


Figure 3-9 : plan de coffrage et nomenclature des barres

Cette figure fournit la nomenclature détaillée des barres d'armatures utilisées ainsi que le plan de coffrage.

3.4 Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons exposé les résultats de la conception, du prédimensionnement et du dimensionnement effectué à l'aide du logiciel Robot structural analysis. Ce travail nous a permis de déterminer les dimensions de tous les éléments structuraux que nous avons choisi d'étudier. De plus, nous avons pu élaborer des plans d'exécution qui pourront être utilisés lors de l'implantation et de la construction de l'ouvrage.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail a porté sur la conception et le dimensionnement d'un bâtiment R+2 à usage d'hôpital dans la ville de Goma, en intégrant à la fois les contraintes architecturales, fonctionnelles et structurelles en vigueur. L'objectif principale était d'aboutir à une structure fiable, sécurisée et conforme aux exigences liés à la prise en charge des maladies infectieuses.

Sa réalisation nous a permis non seulement d'appliquer les connaissances acquises au cours de notre cursus universitaire, mais aussi d'approfondir certaines notions. Ce projet s'est révélé enrichissant tant sur le plan théorique que sur le plan pratique. Il nous a offert l'occasion de nous familiariser avec le béton, matériau largement utilisé en génie civil, et de nous familiariser avec l'outil de calcul Robot Structural Analysis.

Les résultats du dimensionnement ont conduit à une section carrée de 30cm de cotée pour le poteau le plus sollicité, avec une section d'armatures de 12.32 cm^2 . Pour la poutre la plus chargée, nous avons obtenu une section rectangulaire de $30 \times 50 \text{ cm}$, avec une section d'armatures trouvée de 5.50 cm^2 en travée, 8.81 cm^2 à l'appui gauche et 8.52 cm^2 à droit pour la travée la plus chargée de la poutre. L'épaisseur de la dalle a été de 15cm pour tous les panneaux, on a trouvé $3.16 \text{ cm}^2/\text{m}$ comme section d'armature pour le lit inférieur et de $3.16 \text{ cm}^2/\text{m}$ pour le lit supérieur.

Toutefois, ce travail ouvre la voie à plusieurs perspectives d'amélioration. Nous recommandons aux futurs chercheurs d'exploiter d'autre type de structure comme des structures mixte acier-béton ou une structure modulaire enfin d'évaluer leur pertinence en terme de rapidité et de flexibilité. De plus, étant donné que ce travail n'a pas abordé l'aspect géotechnique du site ainsi que l'aspect économique, il serait essentiel de réaliser une étude du sol afin de permettre un dimensionnement précis et un choix optimal des fondations, et une évaluation du coût total.

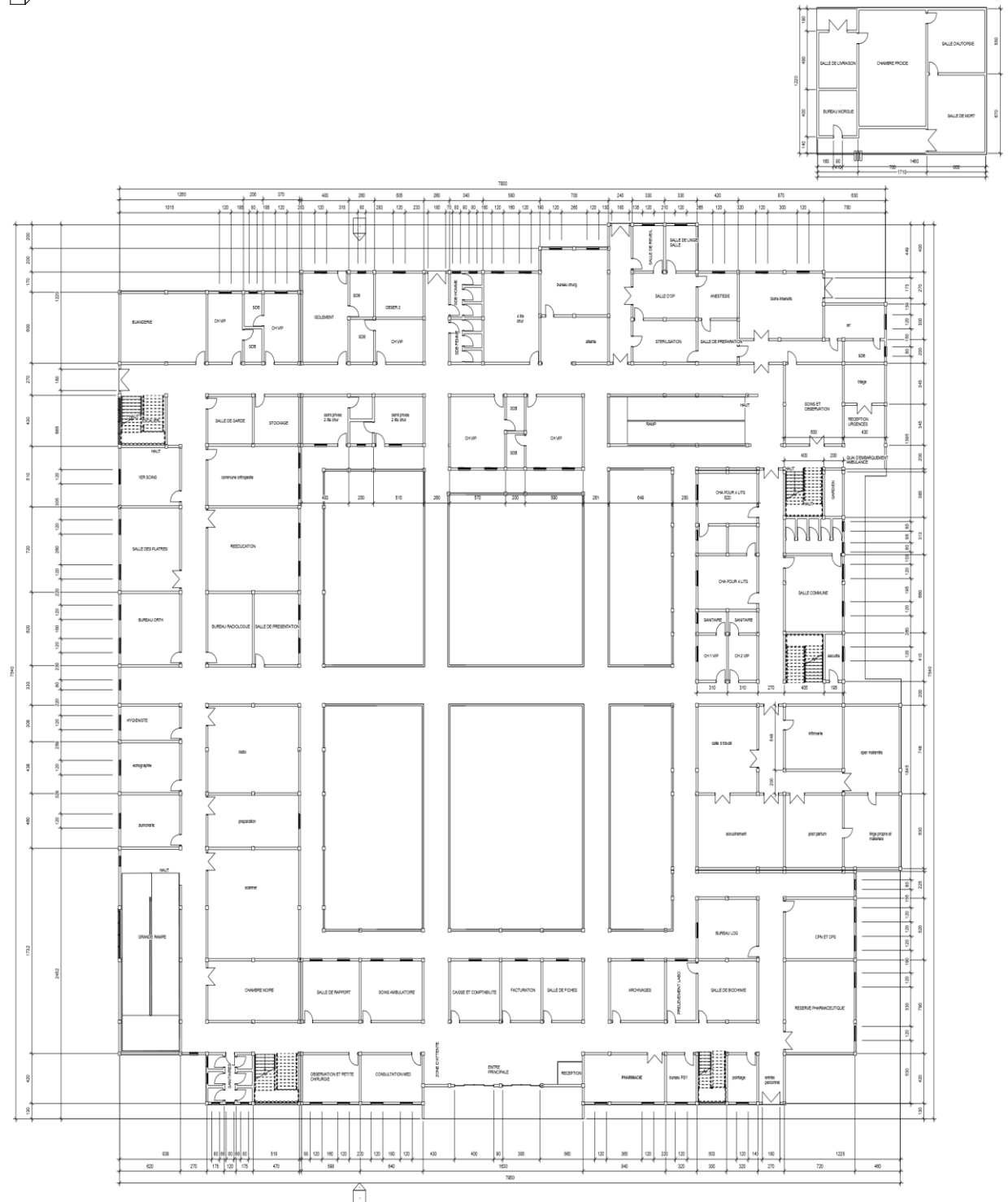
BIBLIOGRAPHIE

- [1] R. Cibangu et F. Tshimungu, Systèm de snté en RDC et prspective d'amélioration, 2022.
- [2] Francis MENZE/OCHA, ANALLYSE DE LA SITUATION dans le Nord-Kivu, 2023.
- [3] Normes actualisées d'organisations des structures sanitaires actualisés, P.11, 2012.
- [4] L. L. WIKIPEDIA.
- [5] E. NEUFERT, les éléments de projet de construction 8em édition, Paris: Dunod, 2002.
- [6] IUTenLigne, CAO.Revit, www.GénieCivilPDF.com, www.GénieCivilPDF.com.
- [7] D. B. BACHIR, Bâtiment (cours avec exercices corrigés), www.GénieCivilPDF.com.
- [8] H. R. J.LAMIRAULT, Précis de calcul béton armé, Paris: Dunod, 1989.
- [9] C. M. Grâce, INITIATION AU BETON ARME, 2023.
- [10] C. A. ALINABIWE, Support Physique et technologie du béton, 2022.
- [11] CODE ET MANUEL D'APPLICATION POUR LE CALCUL ET L'EXECUTION DU BETON ARME.
- [12] H. R. J. Lamirault, Béton armé, Guide de calcul : Bâtiment et génie civil, Paris: Foucher, 1991.
- [13] J.-P. Mougin, Béton armé BAEL 91modifié 99 et DTU associés, EYROLLES, 2em edition 2000.
- [14] K. Marsh, Atodesk Robot Structural Analysis professionnel, 2015.

ANNEXES

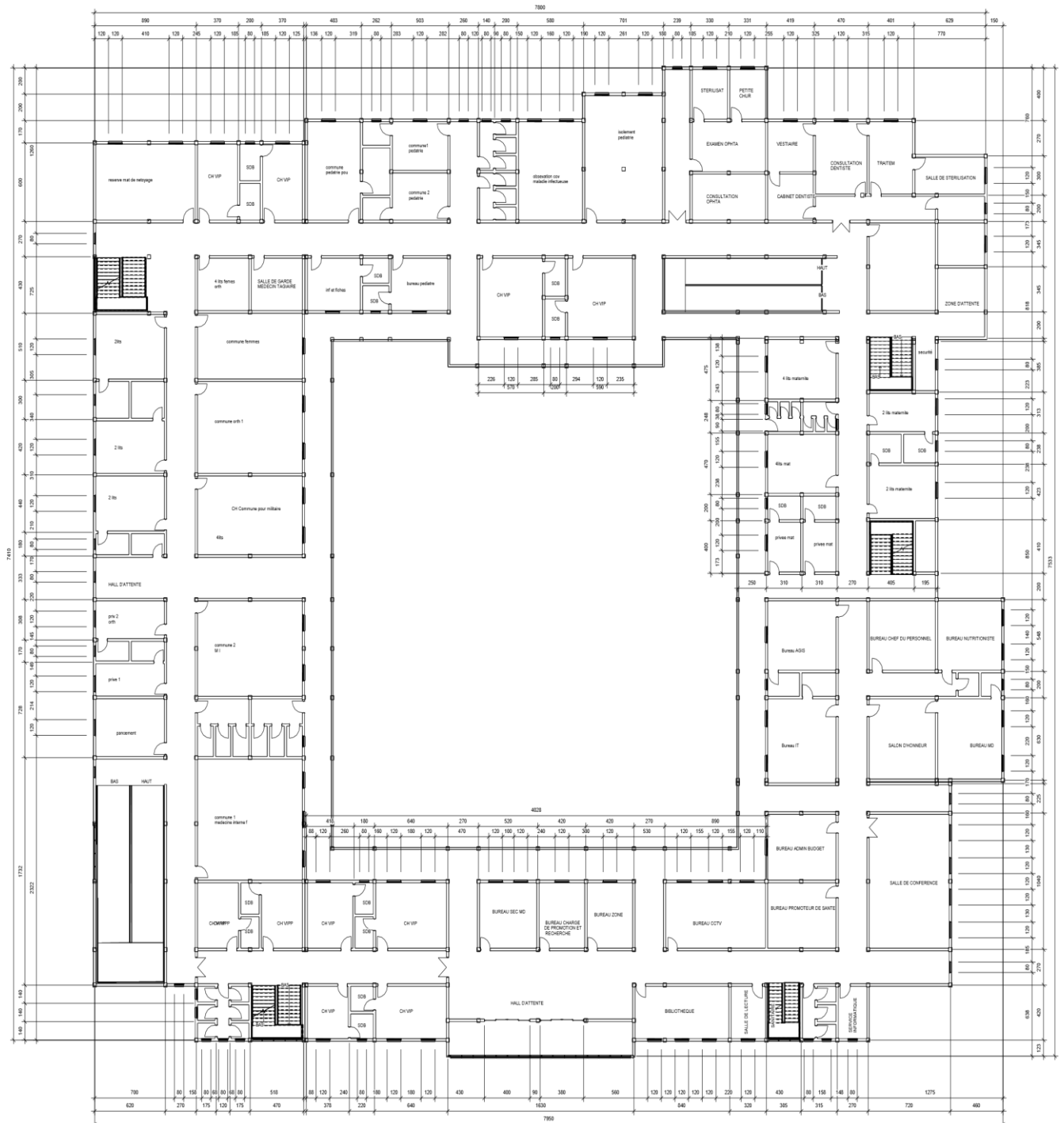
Plans architecturaux

1. REZ DE CHAUSSEE



Plan du rez-de-chaussé

2.R+1



Plan du premier étage

VUES 3D DE L'OUVRAGE



VUE 3D DE LA STRUCTURE

