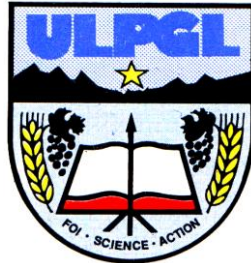


**UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS**  
**FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES**  
**APPLIQUEES**

**DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL**



BP. 368 GOMA

[www.ulpgl.net](http://www.ulpgl.net)

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE**  
**PRISON DANS LA VILLE DE GOMA**

---

Par **KASOKI SEFU Jeanne**

Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme de  
Bachelor en sciences de l'ingénieur.

**Option** : Génie civil

**Directeur** : CT. Ing. ALINABIWE Ally

**ANNEE ACADEMIQUE 2022 - 2023**

# EPIGRAPHE

La prison n'est qu'un espace muré qui cache les échecs de la société.

Anthony Dacheville

# **DEDICACE**

A mes parents KIBENGO SEFU Albert et KASOKI KAMBUMBU Antoinette

## REMERCIEMENTS

À Dieu Tout-Puissant, nous exprimons notre profonde gratitude pour nous avoir accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail. Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements à l'Université Libre des Pays des Grands Lacs et au corps professoral de la Faculté des Sciences et Technologies Appliquées pour leur orientation et leur suivi tout au long de notre parcours.

Un grand merci à notre directeur, le Chef de Travaux Ally ALINABIWE, pour avoir accepté de diriger ce travail malgré ses charges de travail nombreuses.

Nous voulons exprimer notre reconnaissance à notre Père, KIBENGO SEFU Albert, et notre Mère, KASOKI KAMBUMBU Antoinette, qui ont consenti d'énormes sacrifices pour nous permettre de progresser chaque jour dans la vie.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont apporté leur contribution, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Vos efforts ne passent pas inaperçus, et nous sommes profondément reconnaissants pour votre soutien.

Que chacun trouve ici l'expression sincère de notre gratitude.

## RESUME

Le présent travail porte sur la conception et dimensionnement d'une prison dans la ville de Goma. En effet, face à la nécessité du maintien de l'ordre, de la sécurité publique et d'améliorer les conditions de détention dans la ville de Goma, le présent travail s'est proposé de concevoir et de dimensionner une prison. A cet effet, il a été nécessaire de concevoir une prison en fonction des règles de l'art, de dimensionner ses éléments structuraux ainsi que d'évaluer le coût de son exécution. Les résultats des études architecturales font état d'une prison de 150.5X121m, pouvant accueillir 1500 personnes dans 750 cellules. Les études structurales effectuées à partir du Logiciel de Calcul Robot Structure font état des plancher de 20 cm d'épaisseurs, le poteau le plus chargée est de 50X50cm ; notre radier est de 70 cm. L'étude économique met en évidence un montant de 26 879 571,6\$ pour l'exécution de la prison dimensionnée.

## ABSTRACT

The present work focuses on the design and dimensioning of a prison in the city of Goma. Indeed, faced with the need to maintain order, public security and improve the conditions of detention in the city of Goma, this work has proposed to design and size a prison. To this end, it was necessary to design a prison according to the rules of art, to size its structural elements and to evaluate the cost of its execution. The results of the architectural studies make a report of a prison of 150.5X121m; which can accommodate 1500 people in 750 cells. The structural studies carried out using the calculation software Robot structure show a floor thickness of 20 cm; the most loaded column is 50X50 cm; our slab is 70 cm. The economic study clearly estimates an amount of \$26 879 571,6 for the execution of the sized prison.

# SOMMAIRE

Epigraphe .....	i
Dédicace .....	ii
Remerciement.....	iii
Résumé .....	iv
Abstract .....	v
Sommaire .....	vi
Liste des abréviations .....	viii
Liste des tableaux .....	ix
Liste de figures .....	ix
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES PRISONS .....	2
I.0. INTRODUCTION.....	2
I.1. HISTORIQUE :.....	2
I.2. FONCTIONNEMENT DES PRIONS .....	5
I.3. GENERALITES SUR LES MATERIAUX ET LA CONSTRUCTION DES PRISONS.....	5
I.4. LES PRISONS EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO .....	7
I.5. CONCLUSION PARTIELLE.....	8
CHAPITRE II. METHODOLOGIES .....	9
II.0. INTRODUCTION .....	9
II.1. L’ETAT DE LIEU .....	9
II.2. LE PRINCIPE DE CONCEPTION .....	9
II.3. PRESENTATION DES MATERIAUX .....	11
II.3.1. Le béton.....	11
II.3.2. L’acier .....	13
II.3.3. Association acier-béton .....	14
II.4. LES ETATS LIMITES .....	16
II.4.1. Etats limites ultimes (ELU).....	16
II.4.2. Etats limites de service (ELS) .....	16
II.5. PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT .....	16
II.5.1. Actions et sollicitations [13] .....	16
II.5.2. Pré dimensionnement .....	18
II.6 PRESENTATION SOMMAIRE DU LOGICIEL ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS .....	22

II.7. Conclusion partielle .....	22
CHAPITRE. III. PRESENTATION DES RESULTATS .....	23
III.0. INTRODUCTION.....	23
III.1. PRESENTATION DES PLANS .....	23
III.2. RESULTATS DU PRE-DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE .....	23
III.2.1. Poteau.....	23
III.2.2. Poutres.....	23
III.2.3. Plancher.....	24
III.3. EVALUATION DES DIFFERENTS CHARGE .....	24
III.4. PRESENTATION DE LA CONCEPTION STRUTURALE .....	26
III.5. RESULTAT DU DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE.....	27
III.6. DIMENSIONNEMENT COMPARTIMENT 1 .....	27
III.6.1. Dimensionnement du poteau.....	27
III.6.2. Dimensionnement de la poutre .....	28
III.6.3. Dimensionnement de la dalle .....	28
III.7. DIMENSIONNEMENT COMPARTIMENT 2.....	29
III.7.1. Dimensionnement du poteau.....	29
III.7.2. Dimensionnement de la poutre .....	30
III.7.3. Dimensionnement de la dalle.....	30
III.8. DIMENSIONNEMENT COMPARTIMENT 3 .....	31
III.7.1. Dimensionnement du poteau.....	31
III.8.2. Dimensionnement de la poutre .....	32
III.9. DIMENSIONNEMENT SEMELLE .....	32
III.10. EVALUATION DE COUT .....	33
III.10. CONCLUSION PARTIELLE .....	35
Conclusion générale .....	36
Bibliographie.....	37

## Liste des abréviations

BA	Béton armé
BAEL	Béton Armé aux Etats Limites
ELS	Etats Limites de Service
ELU	Etats Limites Ultimes
MPA	mégapascals
$f_{cj}$	Résistance caractéristique en compression a ‘‘j’’ jours
$f_{tj}$	Résistance caractéristique en traction a ‘‘j’’ jours
j	Nombre des jours
$E$	Module d'élasticité
$\varepsilon_{bc}$	Déformation du béton en compression
$\sigma_{bu}$	Contrainte ultime du béton en compression
$\gamma_b$	Coefficient de sécurité du béton
$E_s$	Module d'élasticité longitudinal des aciers
$f_e$	Limite d'élasticité de l'acier
$\gamma_s$	Coefficient de sécurité de l'acier
RSAP	Robot Structural Analysis Professional
RPA	Règles Parasismique Algérienne
ULPGL	Université Libre des Pays des Grands Lacs

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau II. 1 Répartition de surface .....	9
Tableau II. 2 Caractéristique mécanique des quelques types d armatures .....	13
Tableau II. 3 Caractéristiques géométriques des barres à haute adhérence .....	13
Tableau III. 1 Charges d'exploitation .....	24
Tableau III. 2 Sections d'armature pour le poteau le plus chargé.....	27
Tableau III. 3 Représentation des efforts .....	27
Tableau III. 4 Sections d'armature pour la poutre.....	28
Tableau III. 5 Sections d'armature pour le poteau le plus chargé.....	29
Tableau III. 6 Représentation des efforts .....	29
Tableau III. 7 Sections d'armature pour la poutre.....	30
Tableau III. 8 Sections d'armature pour le poteau le plus chargé.....	31
Tableau III. 9 Représentation des efforts .....	31
Tableau III. 10 Sections d'armature pour la poutre .....	32
Tableau III. 11 Devis estimatif.....	34

## LISTE DE FIGURES

Figure I. 1. Image d'une cellule de prison de la Rome antique.....	3
Figure I. 2. Image d'une ancienne cellule romaine .....	3
Figure I. 3 Image de la prison de Pentonville .....	4
Figure I. 4 Image d'une cellule du Pentonville .....	4
Figure I. 5 Image d'un ancien Dungeon.....	6
Figure I. 6 Image de la prison Makala .....	7
Figure II. 1 Emplacement de l'ouvrage.....	9
Figure II. 2 Diagramme contrainte déformation .....	12
Figure II. 3 Diagramme contraintes-déformation de l'acier .....	14
Figure II. 4 Surface du poteau le plus sollicité.....	19
Figure II. 5 Section transversale d'une poutre .....	20
Figure II. 6 Dalle articulé sur son contour .....	21
Figure III. 1 Structure du compartiment 1.....	26
Figure III. 2 Structure du compartiment 2.....	26
Figure III. 3 Vue de la structure du compartiment 3 .....	26

# INTRODUCTION GENERALE

Les prisons jouent un rôle essentiel dans le système de justice pénale en assurant la détention et la punition des criminels, tout en visant à protéger la société. Elles servent également de lieu de réhabilitation pour aider les détenus à réintégrer la société de manière constructive. Les prisons contribuent ainsi à maintenir l'ordre social et à promouvoir la sécurité publique [1].

Les prisons, depuis l'Antiquité, ont évolué de simples cachots vers des institutions de réhabilitation et de punition, reflétant les changements sociaux et juridiques au fil du temps, tout en demeurant au centre des systèmes de justice pénale mondiaux [2]. Toutefois, celles-ci doivent répondre aux exigences spécifiques afin de garantir la sécurité de la population d'une part et le confort des prisonniers d'autre part [3].

La République Démocratique du Congo comme d'autres pays africains, possède un système carcéral constitué des prisons et cachots. Par ailleurs, l'état de ces édifices carcéraux laisse à désirer comme c'est le cas de la prison de Goma communément appelé Prison Munzenze qui est actuellement vétuste et dont la capacité carcérale est de loin dépassée d'une part. D'autres part, la prison Munzenze se retrouve actuellement en pleine ville de Goma et constitue une source d'insécurité dans la ville, nécessitant ainsi une délocalisation ainsi qu'une reconstruction selon l'état de l'art. Le présent travail se propose donc, de concevoir et de dimensionner une prison à Sake devant accueillir les prisonniers de la prison Munzeze.

Pour y arriver, il sera nécessaire de :

- Concevoir une prison devant recevoir en moyenne 1500 personnes selon les exigences architecturales y correspondantes ;
- Dimensionner les différents éléments structuraux
- D'évaluer le coût de la prison

Tout au long de ce travail le Logiciel ArchiCAD a été utilisé dans la conception alors que le logiciel Robot structure a été utilisé dans le dimensionnement des éléments structuraux en béton armé.

Mise à part l'introduction et la conclusion, le présent travail comporte trois chapitres notamment le premier qui présente les généralités sur les prisons, le deuxième qui présente la méthodologie employée et le troisième qui fait état des résultats obtenus.

# CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES PRISONS

## I.0. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons présenter d'une manière générale certains éléments concernant la prison et les matériaux de construction de cette dernière.

### ➤ Définition :

Le mot ‘ prison’ vient du latin ‘ préhension’ qui signifie ‘ saisie’ ou ‘ capture’. Une prison est un établissement pénitentiaire où les personnes condamnées pour des infractions criminelles sont détenues et purgent leur peine.

De ce fait, les prisons sont conçues pour assurer la sécurité et la surveillance des détenus, ainsi que pour les réhabiliter ou les punir en fonctions des objectifs de justice pénale du pays concerné.

## I.1. HISTORIQUE :

L'histoire des prisons remonte à plusieurs millénaires. Dans les sociétés anciennes, la punition des crimes était souvent basée sur la vengeance personnelle ou la réparation matérielle. Cependant, au fil du temps, les sociétés ont commencé à développer des systèmes de justice plus organisés.

Les prisons anciennes étaient souvent conçues pour maintenir les détenus dans un état de confinement et de soumission, plutôt que de favoriser leur réhabilitation. Les détenus étaient souvent soumis à des conditions de travail forcées et à des châtiments corporels sévères.

Les romains ont été parmi les premiers à utiliser la détention en tant que peine pénale. Ils utilisaient des prisons pour détenir des criminels en attente de leur procès ou de leur exécution. Ces prisons étaient souvent sombres et insalubres, et les conditions de détention étaient très dures.



*Figure I. 1. Image d'une cellule de prison de la Rome antique*



*Figure I. 2. Image d'une ancienne cellule romaine*

Au Moyen Age, les prisons étaient principalement utilisées pour détenir les personnes en attente de leur jugement ou de leur exécution. Les conditions dans ces prisons étaient souvent très mauvaises, avec une surpopulation, une hygiène médiocre et des violences fréquentes.

Ce n'est qu'au 18<sup>ème</sup> siècle que le concept moderne des prisons a commencé à émerger. En 1779, le philosophe et juriste anglais Jeremy Bentham a proposé le concept du panoptique, un type de prison où les détenus seraient constamment surveillés par un gardien central. Cette idée a été mise en pratique avec la construction de la prison de Pentonville à Londres en 1842 [3].



*Figure I. 3 Image de la prison de Pentonville*



*Figure I. 4 Image d'une cellule du Pentonville*

Au 19<sup>ième</sup> siècle, les prisons ont commencé à être utilisées comme moyen de réhabilitation et de réformes des délinquants [4]. Des programmes éducatifs et de travail ont été introduits dans les prisons pour aider les détenus à se réintégrer dans la société une fois la peine purgée.

Au fil du temps, les approches des constructions des prisons ont évolué pour prendre en compte les droits fondamentaux des détenus et les principes de réhabilitation. Les nouvelles prisons sont conçues pour offrir des conditions de détention plus humaines, avec des installations sanitaires adéquates, un accès aux soins médicaux et des programmes de réinsertion sociale.

## **I.2. FONCTIONNEMENT DES PRIONS**

Une prison possède un garage ensuite il a 3 entrées dont l'entrée des détenus, l'entrée du personnel, ainsi qu'une entrée des visiteurs. Dans la partie administration une prison possède un espace d'accueil et une salle de visite pour les membres de la famille, amis etc ; mais aussi une salle réservée aux avocats, mais à part ces salles nous y trouvons également le bureau du directeur, le bureau du directeur adjoint, les poste de contrôle des entrées et sorties du personnel, un bureau des services sociaux, des vestiaires, des toilettes, une armurerie, un espace où l'on garde les objets personnels de chaque prisonnier. Dans la partie prison proprement dite nous avons des cellules, un réfectoire, une cuisine, un dépôt, des douches, la buanderie, une salle commune, un espace d'activités intérieurs, des salles de classe, une chapelle, des ateliers, des cellules d'isolement, une bibliothèque, infirmerie, un poste de contrôle ainsi que la cour [6].

## **I.3. GENERALITES SUR LES MATERIAUX ET LA CONSTRUCTION DES PRISONS**

Les principaux matériaux utilisés pour la construction des prisons ont souvent été :

- Les pierres
- La terre crue
- Le béton
- Le béton armé

La construction des prisons est un processus complexe qui nécessite une planification minutieuse et une expertise dans différents domaines. Les prisons doivent être conçues de manière à garantir la sécurité des détenus, du personnel pénitentiaire et du public, tout en respectant les droits fondamentaux des prisonniers.

La construction des prisons anciennes était souvent basée sur des principes de sécurité et des disciplines stricts. Les prisons étaient généralement construites avec des murs épais en pierre ou en béton pour empêcher les évasions. Les cellules étaient petites et sombres avec peu ou pas de ventilation ou d'éclairage naturel. Les conditions de vie étaient souvent insalubres, avec un manque d'installations sanitaires adéquates.



*Figure 1. 5 Image d'un ancien Dungeon*

Lors de la construction d'une prison, plusieurs facteurs doivent être pris en compte. Tout d'abord, il est essentiel de choisir un emplacement approprié. Les prisons doivent être situées à l'écart des zones résidentielles, afin de minimiser les risques pour la population locale. De plus elles doivent être facilement accessible par les autorités judiciaires et les services d'urgence.

Une fois l'emplacement choisi, il est nécessaire de concevoir les bâtiments de manière à garantir la sécurité. Les prisons sont souvent entourées de murs ou de clôtures pour empêcher les évasions. De plus, les bâtiments doivent être conçus de manière à minimiser les risques d'agression entre détenus et de violence envers le personnel pénitentiaire.

Les cellules doivent également être conçues de manière à assurer la sécurité et le confort des détenus. Elles doivent être suffisamment spacieuses pour permettre aux prisonniers de se déplacer librement, tout en étant équipées de lits, de toilettes et d'autres installations sanitaires. De plus, elles doivent être ventilées et éclairées de manière adéquate.

En plus des bâtiments principaux, les prisons doivent également inclure des installations telles que des cuisines, des salles de sport, des bibliothèques et des espaces de travail pour permettre aux détenus de s'engager dans des activités productives et de se réhabiliter. Ces installations doivent être conçues de manière à être sécurisées et à minimiser les risques de violence ou d'évasion.

La construction d'une prison nécessite également une attention particulière aux systèmes de sécurité. Les prisons sont souvent équipées de caméras de surveillance, de système d'alarme et de contrôle d'accès pour garantir la sécurité des détenus et du personnel. De plus elles doivent

disposer de systèmes de communication efficaces pour permettre aux autorités pénitentiaires de rester en contact avec le personnel et les détenus.

Enfin, la construction d'une prison doit également prendre en compte les normes internationales relatives aux droits humains. Les détenus ont droit à un traitement humain et à des conditions de détention décentes [5]. Par conséquent, les prisons doivent être conçues de manière à respecter ces normes, en fournissant les installations sanitaires adéquates, en garantissant l'accès aux soins médicaux et en offrant des programmes de réhabilitation pour aider les détenus à se réinsérer dans la société.

#### **I.4. LES PRISONS EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO**

En République Démocratique du Congo il existe 80 établissements pénitentiaires [7] dont les plus connus sont :

1. **Prison de Makala** à Kinshasa : C'est le plus grand pénitencier de la capitale. Malheureusement, il est insalubre et surpeuplé. La capacité initiale était de 1 500 détenus, mais elle en compte actuellement environ 13 300, dont seulement 2 000 ont été jugés et condamnés. Les conditions de vie y sont difficiles, et certains détenus attendent depuis des mois sans avoir été présentés à un magistrat.



*Figure I. 6 Image de la prison Makala*

2. **Prison de Ndolo** à Kinshasa : Elle est réservée aux personnes poursuivies ou condamnées devant les tribunaux militaires. Sa capacité d'accueil est de 500 prisonniers.
3. **Prison de Buluwo** au Katanga : Parfois qualifiée de « prison de haute sécurité », elle héberge de nombreux prisonniers politiques.

## **I.5. CONCLUSION PARTIELLE**

En bref, la construction des prisons est un processus complexe qui nécessite une planification minutieuse et une expertise dans différents domaines. Remarquant l'état de nos prisons, un besoin des changements est impératif.

# CHAPITRE II. METHODOLOGIES

## II.0. INTRODUCTION

L'étude des structures est une étape clé et un passage obligé dans l'acte de bâtir ; cela étant, une structure est définie comme un ensemble d'éléments de construction qui supporte le gros des charges [8]. L'objectif de ce chapitre est de présenter les bases de dimensionnement et les principes de pré-dimensionnement des éléments structuraux.

## II.1. L'ETAT DE LIEU

La prison se trouve en République Démocratique du Congo dans la ville de Goma, précisément à Sake, les coordonnées de son emplacement sont 1°33'35''S 29°03'35''E 1541



*Figure II. 1 Emplacement de l'ouvrage*

## II.2. LE PRINCIPE DE CONCEPTION

Notre prison est un bâtiment R+2 qui s'étend sur une surface de 150,5x121m, possédant 750 Cellules, les surfaces sont réparties comme suit :

*Tableau II. 1 Répartition de surface*

Pièces	Dimensions
Cellule	2,5X4m
Cellule d'isolement	2X3m
Réfectoire	11,58X42,92m
Douche	11,58X60m

Buanderie	11,58X60m
Cuisine	8X8m
Dépôt	3X8m
Atelier	6X12,4m
Auditoire	6X9,9m
Bibliothèque	5,12X12m
Salle de formation	4,9X12m
Salle de projection	4,9X12m
Chapelle	9,5X13m
Checking détenus	4,5X8m
Enregistrement détenus	4,5X8m
Compétences	4X4,5m
Attribution de cellules	4,4X4,5m
Services sociaux	5,5X9,9
Salle de visite	5,5X15m
Salle Avocats	7X12m
Salle de surveillance	7X4,4m
Bureau directeur	4,4X5m
Bureau greffier	5X5,5
Salle d'archive	4,4X12m
Affaires personnelles détenus	5,5X11m
Bureau OPJ	7X10m
Salle des gardes	6X8m
Vestiaire	2,5X8m
Toilettes	2X2m
Services financiers et autres	5,4X7,5m
Checking visiteurs	3X5,5m
Accueil visiteur	5X5,5m
Poste de sécurité	2X3m
Salle de logistique	8X8,5m
Bureau Docteur	3X4,5m
Réception	2,5X4,4m

Consultation	3,4X4,4m
Pharmacie	3X4,4m
Dépôt pharmacie	4,5X5m
Salle des malade	12X16m

Au vu de la grandeur de notre ouvrage on a prévu de placer des joints de dilatation tous les 20 mètres.

## II.3. PRESENTATION DES MATERIAUX

### II.3.1. Le béton

#### II.3.1.1. Caractéristiques mécaniques du béton [9]

Le béton est un matériau hétérogène composé d'un mélange de liant, granulats, eau et éventuellement d'adjuvants. Sa résistance mécanique est influencée par plusieurs facteurs dont:

- La qualité du ciment ;
- Le dosage en ciment ;
- La teneur en eau ;
- L'âge du béton ;
- La température et l'humidité ;
- La durée de chargement.

#### II.3.1.2. Résistances caractéristiques du béton [10]

##### A. Résistance caractéristique à la compression

Pour l'établissement des projets, un béton est défini par une valeur de résistance à la compression à l'âge de 28 jours, dite valeur caractéristique requise et notée  $f_{c28}$ . Pour les sollicitations qui s'exercent sur un béton âgé de moins de 28 jours, on se réfère à la résistance caractéristique  $f_{cj}$ . Les règles BAEL donnent, pour un âge  $j \leq 28$  jours et pour un béton non traité thermiquement:

$$f_{c28} \leq 40MPa \rightarrow f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0.83j} \cdot f_{c28}$$

$$f_{c28} \leq 40MPa \rightarrow f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0.95j} \cdot f_{c28} \quad (II.1)$$

## B. Résistance caractéristique à la traction

La résistance caractéristique à la traction, à l'âge de « j » jours, notée  $f_{tj}$ , est conventionnellement définie par la formule [2]:

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06f_{cj} \quad (\text{II.2})$$

$f_{cj}$  et  $f_{tj}$  sont exprimées en MPa (ou N/mm<sup>2</sup>).

### II.3.1.3. Déformations longitudinales du béton [10]

L'expression ci-dessous permet de déterminer la valeur du module de déformation longitudinale instantanée du béton soumis à des contraintes d'une durée d'application inférieure à 24 heures:

$$E_{ij} = 11\,000 * f_{cj}^{\frac{1}{3}} \quad (\text{II.3})$$

Sous des contraintes de longue durée d'application, on admet que le module de déformation longitudinale différée est défini par l'expression suivante:

$$E_{vj} = 3\,700 * f_{cj}^{\frac{1}{3}} \quad (\text{II.4})$$

### II.3.1.4. Diagramme contrainte-déformation

Le diagramme contraintes-déformations du béton pouvant être utilisé lors d'une justification à l'état limite ultime de résistance est donné à la figure II.1, il est dit diagramme « parabole-rectangle ».

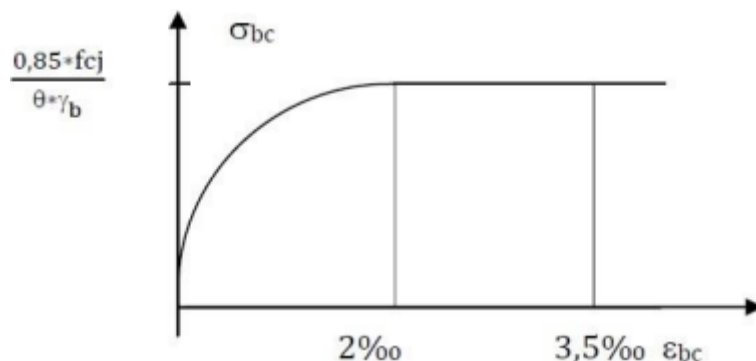


Figure II. 2 Diagramme contrainte déformation [11]

Le coefficient  $\gamma_b$  est égal à 1,5 pour les combinaisons fondamentales et à 1,15 pour les combinaisons accidentelles.

Le coefficient  $\theta$  est fixé à 1 lorsque la durée probable d'application de la combinaison d'actions considérée est supérieure à 24 heures, à 0,9 lorsque cette durée est comprise entre une heure et 24 heures, et à 0,85 lorsqu'elle est inférieure à une heure.

### II.3.2. L'acier

#### II.3.2.1. Caractéristiques mécaniques de l'acier [9]

Il existe plusieurs types d'armatures, parmi lesquels on peut citer: les armatures à haute adhérence et les treillis soudés.

Le tableau II.2 ci-dessous donne les caractéristiques mécaniques des quelques types d'armatures et le tableau II.3 spécifie les caractéristiques géométriques des barres à haute adhérence (HA).

**Tableau II. 2** *Caractéristique mécanique des quelques types d'armatures [12]*

Désignation	Symbole	Nuance Fe E	Limite d'élasticité $f_e$ (MPa)	Résistance à la traction	Allongement de rupture (%)
Barres à HA	HA	400	400	480	14
	HA	500	500	550	12
Treillis soudés	TS	500	500	550	8

**Tableau II. 3** *Caractéristiques géométriques des barres à haute adhérence [12]*

$\phi$ (mm)	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Section (mm <sup>2</sup> )	28,27	50,27	78,54	113,1	153,94	201,06	314,16	490,87	804,25	1256,64
Poids (kg/m)	0,222	0,395	0,617	0,888	1,208	1,578	2,466	3,854	6,313	9,864

### II.3.2.2. Module d'élasticité longitudinal

Le module d'élasticité longitudinale de l'acier noté  $ES$  est égal à  $2 \cdot 105MPa$ .

### II.3.2.3. Diagramme contraintes-déformations

Lors d'une justification à l'état limite ultime, le diagramme déformations-contraintes à considérer est conventionnellement défini par la figure II.3

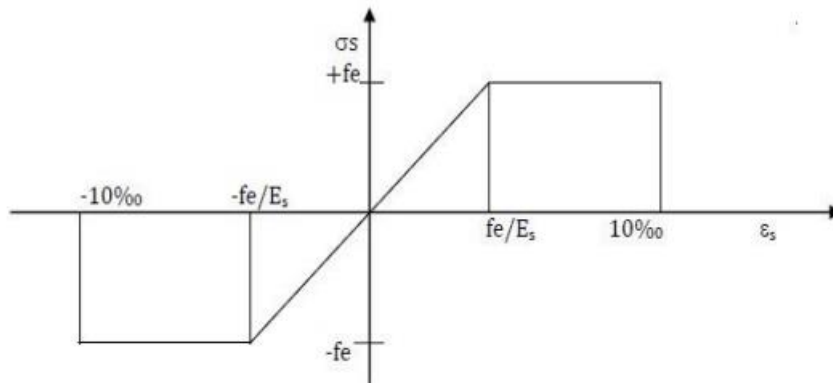


Figure II. 3 Diagramme contraintes-déformation de l'acier [12]

### II.3.3. Association acier-béton

#### II.3.3.1. Adherence de l'acier

##### A. Contrainte d'adhérence

La liaison entre une armature et le béton est mesurée par la contrainte d'adhérence  $\tau_s$  définie par la formule suivante:

$$\tau_s = \frac{dF}{u \cdot dx} \quad (\text{II.5})$$

Avec  $\frac{dF}{dx}$  la variation par unité de longueur de l'effort axial exercé sur l'armature et  $u$  le Périmètre utile de l'armature.

##### B. Ancrage des aciers en barres

On suppose que la contrainte d'adhérence est constante sur la longueur de l'ancrage et est égale à sa valeur ultime [12]:

$$\tau_s u = 0,6 \cdot \psi_s 2 \cdot f_{tj} \quad (\text{II.6})$$

Où  $\psi_s$  est le coefficient de scellement qui caractérise l'efficacité d'une barre du point de vue de l'adhérence. Il est égal à l'unité pour les barres lisses et à 1,5 pour les armatures à haute adhérence.

La longueur de scellement varie selon qu'on ait à réaliser un ancrage rectiligne ou un ancrage courbe. Dans le cas d'ancrage rectiligne: soit on considère une armature de diamètre  $D$ , scellée dans un massif de béton et soumise à un effort de traction  $F_{max}$ . On note  $l_s$  la longueur de scellement droit de la barre.

L'équation d'équilibre de la barre permet de déterminer l'expression de la longueur de scellement droit:

$$\tau_{su} \cdot \pi \cdot D \cdot l_s = f_e \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \rightarrow l_s = \frac{f_e \cdot D}{2,4 \cdot \psi_s^2 \cdot f_{tj}} \quad (\text{II.7})$$

En général, la longueur de scellement droit prend une valeur forfaitaire pour les aciers HA à défaut de calculs plus précis, telle que dans la formule II.8:

$$l_s = 50 \cdot \phi \quad (\text{II.8})$$

Pour ce qui est de l'ancrage courbe, il est nécessaire de réaliser ce type d'ancrage lorsqu'il n'y a pas suffisamment de place pour un ancrage rectiligne. La réalisation d'un ancrage courbe nécessite le façonnage de l'armature.

On définit, pour les armatures à haute adhérence, des crochets aux dimensions fixées, appelés crochets normaux, pour lesquels on peut se dispenser d'effectuer un calcul d'ancrage courbe. Le respect des prescriptions concernant le crochet normal dispense également de vérifier la condition de non-écrasement du béton.

### **C. Longueur de recouvrement des armatures tendues**

Dans certains cas, pour assurer la continuité de la transmission des efforts, il faut réaliser une jonction par recouvrement entre deux barres identiques sur une certaine longueur appelée « longueur de recouvrement » et notée «  $L_r$  ».

Si les barres sont espacées d'une distance «  $c$  » inférieure à 5 fois leur diamètre, la longueur de recouvrement est égale à la longueur de scellement droit  $l_s$ , c'est-à-dire:

$$c \leq 5\phi \rightarrow L_r = l_s \quad (\text{II.9})$$

Si les barres sont espacées de plus de 5 fois leur diamètre, la transmission de l'effort d'une barre à l'autre se fait à travers des bielles de béton à  $45^\circ$  situées dans le plan des deux barres.

La longueur de recouvrement est égale à la longueur de scellement droit plus la distance « c » entre les deux barres.

En d'autres termes:

$$c > 5\phi \rightarrow Lr = ls + c \quad (\text{II.10})$$

## II.4. LES ETATS LIMITES

Un état limite est celui pour lequel une condition requise d'une construction (ou d'un des éléments) est strictement satisfaite et cessera de l'être en cas de modification défavorable d'une action [8]. Les différents états limites :

### II.4.1. Etats limites ultimes (ELU)

Qui correspond à la limite :

- Soit de l'équilibre statique.
- Soit de la résistance de l'un des matériaux : concerne la non rupture de différents éléments résistants de l'ouvrage.
- De déformation (instantanée) et l'ouverture des fissures. Soit à la stabilité de forme.

### II.4.2. Etats limites de service (ELS)

Qui sont définis compte tenu des conditions d'exploitation ou de durabilité, on distingue :

- Etats limites de service vis-à-vis de la compression du béton.
- Etats limites d'ouverture des fissures.
- Etats limites de service de déformation.

## II.5. PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT

### II.5.1. Actions et sollicitations [13]

#### II.5.1.1. Actions

On distingue trois types d'actions appliquées à une structure dont les actions permanentes, les actions variables et les actions accidentelles.

• *Les actions permanentes*, notées G, représentent des actions dont l'intensité est constante ou très peu variables dans le temps. Elles comprennent notamment :

- Le poids propre de la structure ;
  - Le poids propre des éléments fixes ;
  - Les effets dus à des terres ou des liquides dont les niveaux varient peu.
- *Les actions variables*, notées Q, représentent des actions dont l'intensité varie fréquemment et de façon très importante dans le temps.
    - Charges d'exploitations de la structure
    - Charges appliquées en cours d'exécution
    - La température
  - *Les actions accidentelles* proviennent des phénomènes rares et ne sont à considérer que si les documents d'ordre public ou le marché les prévoient. Elles comprennent notamment :
    - Les chocs de véhicule ou de bateaux sur les appuis de ponts ;
    - Les séismes ;
    - Les explosions, les chutes de rochers.

### II.5.1.2. Les sollicitations

Les sollicitations sont les efforts (effort normal et effort tranchant) et les moments (moment fléchissant et moment de torsion) calculés à partir des actions par des méthodes appropriées.

On considère les actions suivantes :

- $G_{max}$  : l'ensemble des actions permanentes défavorables
- $G_{min}$  : l'ensemble des actions permanentes favorables
- $Q_1$  : action variable de base
- $Q_i$  : autres actions variables d'accompagnement ( $i > 1$ )

Dans une action donnée,  $G_{max}$  et  $G_{min}$  désignent des actions d'origine et de natures différentes, ce qui exclut de partager une même action permanente entre ces deux parties. En particulier, le poids propre d'une poutre continue est introduit avec le même coefficient sur toute la longueur.

#### A. Hypothèses et principe de calcul des sollicitations

Une construction peut être soumise à un grand nombre de combinaisons d'actions dont on retiendra les plus défavorables. Il faut donc procéder en deux étapes:

- Établir les différentes combinaisons d'actions

- Rechercher la combinaison d'actions la plus défavorable vis-à-vis de l'état limite étudié.

### B. Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites ultimes de résistance

Les sollicitations à considérer résultent des combinaisons d'actions suivantes:

- Combinaisons fondamentales :

$$1,35G_{max} + G_{min} + \gamma Q_1 + \sum 1,3\psi_{2i}Q_i \quad (\text{II.11})$$

Où  $\gamma Q_1$  vaut 1,5 dans le cas général et 1,35 dans les cas suivants:

- ✓ Les effets de la température sont considérés
- ✓ Les charges d'exploitation sont étroitement bornées ou de caractère particulier (convois militaires, convois exceptionnels)
- ✓ Les bâtiments sont agricoles à faible densité d'occupation humaine.
- Combinaisons d'actions accidentelles :

$$1,35G_{max} + G_{min} + F_A + \psi_{1i}Q_i + \sum \psi_{2i}Q_i \quad (\text{II.12})$$

Avec  $F_A$  la valeur nominale de l'action accidentelle,  $\psi_{1i}Q_i$  valeur fréquente d'une action variable et  $\psi_{2i}Q_i$  valeur quasi permanente d'une autre action variable.

### C. Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites de service

Les sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites de service résultent des combinaisons d'actions suivantes:

- Combinaisons rares :

$$G_{max} + G_{min} + Q_1 + \sum \psi_{0i}Q_i \quad (\text{II.13})$$

## II.5.2. Pré dimensionnement

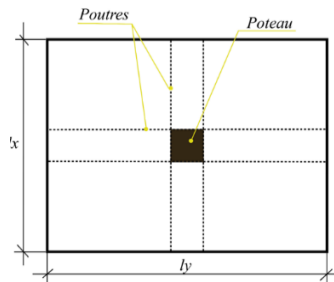
Le pré dimensionnement des éléments structuraux est une étape importante dans le calcul de la structure d'un ouvrage car il est la base même du dimensionnement de la structure. Le pré dimensionnement a pour but de déterminer les sections des différents éléments résistants. Il est fait selon les règles du BAEL 91 modifié 99, pour arriver à déterminer une épaisseur économique afin d'éviter un surplus d'acier et du béton.

### II.5.2.1. Le poteau

Le poteau est un élément de structure, généralement vertical, dont la longueur est de loin supérieure aux deux autres dimensions qui sont la base et la hauteur. Sa forme est généralement carrée, rectangulaire ou circulaire.

Pour le pré dimensionnement des poteaux on suppose que ces derniers sont soumis à une compression centrée. Le pré dimensionnement se fait pour le poteau le plus chargé et la section obtenue sera généralisée pour les autres poteaux du même niveau.

Le poteau le plus chargé de l'ouvrage supporte les charges réparties sur une surface "S" de morceau de dalle : la surface afférente.



**Figure II. 4** Surface du poteau le plus sollicité

La surface afférente S, est trouvé grâce aux deux dimensions en plans  $l_y$  et  $l_x$  par  $S = l_x \times l_y$ .

- La section réduite du béton  $B_r$  est la section réelle de la pièce de béton déduite d'1cm de chaque cotée, elle est donnée par :

$$B_r = \frac{\beta \times N_u}{\frac{f_{bu} + 0.85 \times f_e}{0.9 + 100 \times \gamma_s}} \quad (\text{II.14})$$

$N_u$  est la charge verticale à laquelle est soumis le poteau.

$\gamma_s$  est la résistance de calcul des aciers et est égale à 1.15.

$\beta$  est le coefficient de correction, il varie selon l'élanement mécanique et prend les valeurs suivantes :

$$\beta = 1 + 0.2 \left( \frac{\lambda}{35} \right)^2 \quad \text{si } \lambda \leq 50 \quad (\text{II.15})$$

$$\beta = \frac{0.85 \lambda^2}{1500} \quad \text{si } 50 < \lambda \leq 70 \quad (\text{II.16})$$

On se fixe un élanement mécanique pour rester dans le domaine de la compression centrée, pour ensuite déterminer le coefficient de correction.

La résistance de calcul du béton  $f_{bu}$  est donne par :

$$f_{bu} = \frac{0.85 f_{c28}}{\gamma_b} \quad (\text{II.17})$$

Avec  $f_{c28} = 25MPa$  et  $\gamma_b = 1.5$

Pour notre section carrée, on doit avoir :

$$B_r \leq (a - 0.01)^2 \quad [m^2] \quad (II.18)$$

A partir de cette relation, on trouve la valeur du côté de ce poteau.

- **Vérification du poteau au flambement** ; on vérifie le poteau le plus chargé au niveau du rez-de-chaussée.

L'élançement mécanique est donné par :

$$\lambda = \frac{l_f}{i} \quad (II.19)$$

$l_f$  est 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 ou libre et la longueur de flambement du poteau.

Pour le cas général pour le bâtiment, on prend  $l_f = 0.7 \times l$ , qui correspond au cas où le poteau est encasté et articulé aux extrémités.

Le rayon de giration est donné par :

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}} \quad (II.20)$$

Nos poteaux sont de forme carrée donc le moment d'inertie est :

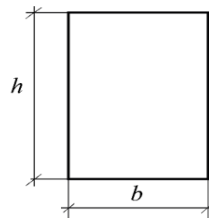
$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{a^4}{12} \quad (II.21)$$

et leur section est :

$$S = a \times a ; \text{ avec } a \text{ le côté.} \quad (II.22)$$

### II.5.2.2 Les poutres

Une poutre est un élément de structure généralement horizontal, dont la longueur (L) est de loin supérieure aux deux autres dimensions qui sont la base (b) et la hauteur (h).



*Figure II. 5 Section transversale d'une poutre*

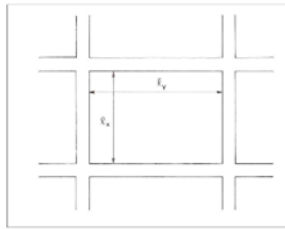
Le pré-dimensionnement de section des poutres est fait selon BAEL91 modifié 99, ainsi les dimensions de la section doivent satisfaire les conditions suivantes :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \quad (\text{II.23})$$

$$\text{et } \frac{2h}{5} \leq b \leq \frac{h}{2} \quad (\text{II.24})$$

### II.5.2.3. Le plancher

Le plancher est une aire horizontale qui sert à limiter les étages, il a une épaisseur faible par rapport à ses dimensions en plan, sa fonction principale est de résister et supporter les charges et surcharges afin de les transmettre aux éléments porteurs. Le dimensionnement d'un panneau de dalle passe par la détermination du coefficient de portance  $\alpha$  ou encore élanement de la dalle. Les portées  $l_x$  et  $l_y$  d'un panneau de dalle sont mesurées entre les nus des appuis. Par convention on nomme la plus petite portée  $l_x$  et  $l_y$  la plus grande portée.



**Figure II. 6 Dalle articulée sur son contour**

Le coefficient de portance  $\alpha$  est donné par le rapport :

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \quad (\text{II.25})$$

Le coefficient de portance  $\alpha$  est différent selon que la dalle est unidirectionnelle ou bidirectionnelle.

$$\alpha < 0.4 \quad \text{Pour une dalle unidirectionnelle} \quad (\text{II.26})$$

$$0.4 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{Pour une dalle bidirectionnelle}$$

Pour une dalle bidirectionnelle on détermine l'épaisseur de la dalle par :

$$h \geq \begin{cases} \frac{l_x}{30} & \text{pour un panneau de dalle isolée} \\ \frac{l_x}{40} & \text{pour un panneau de dalle continue} \end{cases} \quad (\text{II.27})$$

## **II.6 PRESENTATION SOMMAIRE DU LOGICIEL ROBOT**

### **STRUCTURAL ANALYSIS**

Le logiciel Robot Structural Analysis est un outil d'analyse de structures qui permet de modéliser et de traiter des structures réelles en utilisant des modèles numériques. Il détermine les efforts internes (moments, forces normales et forces tranchantes) qui résultent des charges extérieures appliquées sur la structure en utilisant la méthode des éléments finis.

Grace à l'utilisation de Robot, nous avons la possibilité de:

- Effectuer l'analyse structurale de toute structure, quelle que soit sa complexité, pour obtenir différents résultats de calculs tels que les efforts internes et les déplacements.
- Personnaliser les préférences du logiciel (langue, affichage, etc.) et les paramètres spécifiques au projet (unités, matériaux, normes de conception, etc.).
- Dimensionner tous les éléments de la structure, fournir les armatures nécessaires pour les éléments en béton et assembler les éléments de la charpente en suivant les codes de dimensionnement internationaux.
- Effectuer des analyses statiques et dynamiques de la structure pour évaluer son comportement sous différentes charges et excitations.
- Affecter ou modifier les propriétés des barres lors de la définition du modèle et pendant la simulation du calcul.
- Générer des plans d'exécution et des notes de calcul pour faciliter la phase de construction.

Le logiciel Robot Structural Analysis offre donc une gamme complète de fonctionnalités pour l'analyse, la conception et la documentation des structures. Il constitue un outil précieux pour les ingénieurs et les professionnels du génie civil, leur permettant de réaliser des projets de manière efficace et conforme aux normes de l'industrie.

### **II.7. Conclusion partielle**

Ce chapitre se concentre sur la méthodologie des calculs des éléments structuraux du bâtiment, celle-ci nous permette de fixer les principes de dimensionnement préliminaire des éléments en béton armé et établir les bases de leur dimensionnement.

## CHAPITRE. III. PRESENTATION DES RESULTATS

### III.0. INTRODUCTION

Ce chapitre présente les résultats du pré-dimensionnement et ceux du dimensionnement de la structure qui eux sont obtenu grâce au logiciel Robot.

### III.1. PRESENTATION DES PLANS

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, notre ouvrage est un bâtiment R+2 et nous avons utilisé le logiciel Archicad pour obtenir le plan 2D. Ce plan a été établi grâce aux recommandation obtenu dans 'Architecture carcérale française à l'aune de cellule' [14]. La représentation de notre plan est les annexes.

### III.2. RESULTATS DU PRE-DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE

#### III.2.1. Poteau

Le pré-dimensionnement des poteaux s'est fait en fonction de la condition que préconise la RPA et ainsi nous avons pris un poteau qui a une section de 50x50 cm<sup>2</sup>.

$$- \text{Min}(b, h) \geq 25 \rightarrow b = 50 \text{ cm} \geq 25 \text{ cm la condition vérifie} \quad (\text{III.1})$$

$$- \frac{1}{4} < a/b < 4 \rightarrow 1/4 < 5/5 < 4 \text{ la condition vérifie}$$

- $h = 50 \text{ cm}$

- $b = 50 \text{ cm}$

#### III.2.2. Poutres

En ce qui concerne le pré-dimensionnement de la poutre, nous allons déterminer les valeurs de la hauteur et de la base puis vérifier les conditions.

- $h = 50 \text{ cm}$

- $b = 40 \text{ cm}$

Vérification:

Nous devons vérifier si les dimensions adoptées sont conformes aux exigences de RPA, telles que spécifiées dans l'article 7.5.1, qui stipule que:

-  $b \text{ cm} \geq 20$  et comme notre  $b \text{ cm} = 40$  alors la condition vérifie

-  $h \text{ cm} \geq 30$  et comme notre  $h \text{ cm} = 50$  alors la condition vérifiée

-  $\frac{h}{b} \leq 4$  et comme  $\frac{50}{40} \leq 4$  alors la condition vérifiée

### III.2.3. Plancher

Pour cette structure, les planchers sont pleins. L'épaisseur des planchers dépend de son élancement, dans la structure de cette étude, l'élancement est le rapport entre la longueur et la largeur du plancher.

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \quad (\text{III.2})$$

$$\rightarrow \alpha = \frac{32.5}{46} = 0.7$$

$$\rightarrow 0,4 \leq \alpha = \frac{l_x}{l_y} \leq 1$$

Ainsi donc nous optons pour une dalle de 20 cm d'épaisseur.

### III.3. EVALUATION DES DIFFERENTS CHARGE

Ce tableau ci-dessous nous a permis d'obtenir la charge d'exploitation de notre ouvrage. Nous avons pris la charge de 2,5 kN /m<sup>2</sup> comme charge d'exploitation, mais également nous avons pris 1,5 comme charge permanente.

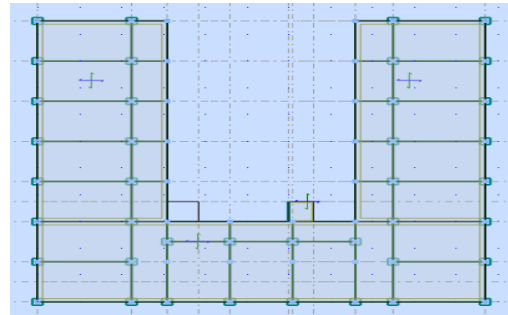
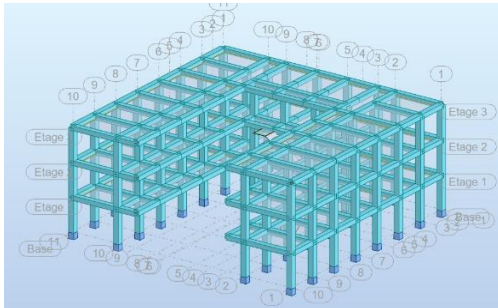
Tableau III. 1 Charges d'exploitation

Nature	Catégorie	q <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	Q <sub>k</sub> (kN)
<b>HABITATIONS</b>	Locaux	1,5	2
	Escaliers	2,5	2
	Balcons	3,5	2
<b>TERRASSE</b>	Accessible pour entretien	1	-
	Accessibles privées	1,5	-
	Accessibles au public	5	-
	Locaux privés	2	4

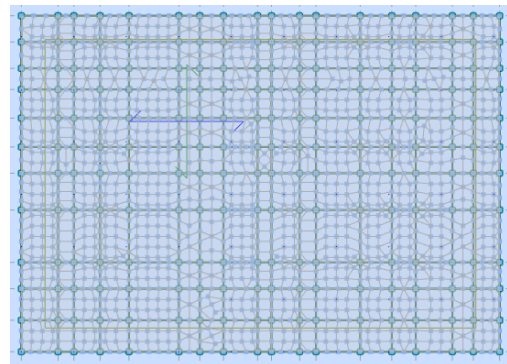
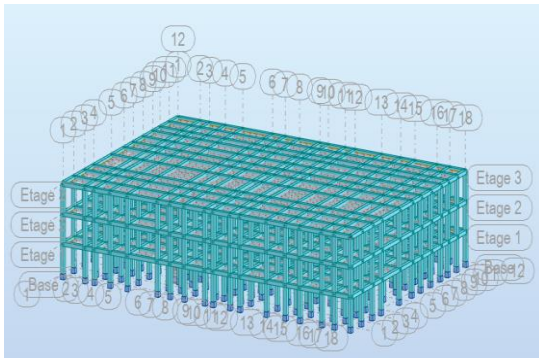
<b>BUREAUX</b>	Locaux publics	2,5	4
	Escaliers	4	4
	Archives	5	-
<b>LIEUX DE REUNIONS</b>	Espace avec tables (écoles, cafés,..)	2,5	3
	Espaces avec sièges fixes	4	4
	Espaces sans obstacle et avec circulation des personnes	4	4
	Espaces d'activités physiques	5	7
	Espaces de foule importante	5	4,5
<b>COMMERCES</b>	Commerce de calcul	5	5
	Grand magasin	5	7
Aire de stockage	-	7,5	7
Aire de circulation et stationnement véhicules légers	$\leq 30$ kN avec un nombre de places inférieur à 8	2,25	15
Aire de circulation et stationnement véhicules poids moyen	Entre 30 et 160 kN à 2 essieux	5	90

### III.4. PRESENTATION DE LA CONCEPTION STRUCTURALE

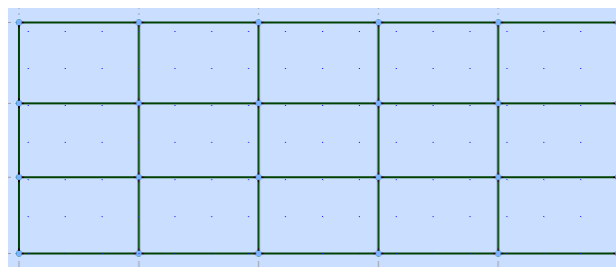
La structure que nous avons considérée pour notre étude est une structure à 3 niveaux, divisée en 3 compartiments afin de nous faciliter les calculs. Les images ci-dessous représentent différents compartiments :



*Figure III. 1 Structure du compartiment 1*



*Figure III. 2 Structure du compartiment 2*



*Figure III. 3 Vue de la structure du compartiment 3*

### III.5. RESULTAT DU DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE

Notre structure étant en béton armé, nous avons utilisé les méthodes de calcul basé sur les règles du BAEL 91 modifiée 99 pour le dimensionnement de cette structure. Pour les détails de calcul nous nous sommes servi du logiciel Robot Structural Analysis 2023.

### III.6. DIMENSIONNEMENT COMPARTIMENT 1

#### III.6.1. Dimensionnement du poteau

Après les analyses statiques de la structure, nous avons trouvé que le nœud 93 qui porte le poteau 47 est le plus chargé. La charge au-dessus du poteau 47 est de  $N= 674,95\text{kN}$ .

Les dimensions sont telles que:

- La section du poteau est de dimension  $50 \times 50 \text{ cm}^2$
- La hauteur sous dalle est de 3 m
- L'enrobage est de 4 cm
- Le béton utilisé a une résistance caractéristique  $f_{c28}$  de 25 Mpa
- Les calculs sont faits suivant la réglementation de BAEL 91 mod 99

Le tableau III.2 donne le type, les diamètres, le nombre et les sections des armatures pour le ferrailage du poteau le plus chargé de la structure.

**Tableau III. 2 Sections d'armature pour le poteau le plus chargé**

Types d'armature	Types d'acier	Diamètre	Section
Principale	HA 400	14	15,39
Transversale	HA 400	8	7,04

Le tableau III.3 représente les efforts tranchants et les moments du poteau le plus chargé de la structure.

**Tableau III. 3 Représentation des efforts**

	Fx [KN ]	Fy [KN]	Fz[KN]	Mx[KNm]	My[KNm]	Mz[KNm]
MAX	15,97	10,18	674,95	9,59	16,68	0,12
Nœud	83	7	93	125	83	113

### III.6.2. Dimensionnement de la poutre

Pour le calcul de la poutre, les dimensions sont telles que:

- La section du poteau rectangulaire de dimension 40x50 cm<sup>2</sup>
- L'enrobage de l'acier inférieur, supérieur et latéral est de 4 cm
- Le béton utilisé a une résistance caractéristique  $f_{c28}$  de 25 Mpa
- Les calculs sont faits suivant la réglementation de BAEL 91 mod 99

Le tableau III. 4 donne le type, les diamètres, le nombre et les sections des armatures pour le ferrailage de la poutre.

*Tableau III. 4 Sections d'armature pour la poutre*

Types d'armature	Types d'acier	Diamètre	Section
Principale	HA 400	14	12,32
Transversale	HA 400	8	23,18

### III.6.3. Dimensionnement de la dalle

Pour le calcul de la dalle, les dimensions sont telles que:

- La dalle est constituée d'un lit double
- Diamètre d'armature: HA14
- Volume de Béton = 63,3 m<sup>3</sup>
- Surface de Coffrage = 317 m<sup>2</sup>
- L'enrobage inférieur et supérieur est de 4 cm
- La flèche admissible est de 3 cm
- Classe armatures principale: HA Fe 400
- Classe: BETON; résistance caractéristique = 25 MPa
- Calculs suivant: BAEL 91 modifié 99

## III.7. DIMENSIONNEMENT COMPARTIMENT 2

### III.7.1. Dimensionnement du poteau

Après les analyses statiques de la structure, nous avons trouvé que le nœud 607 qui porte le poteau 304 est le plus chargé. La charge au-dessus du poteau 304 est de  $N=843,41$  kN.

Les dimensions sont telles que:

- La section du poteau est de dimension  $50 \times 50$  cm<sup>2</sup>
- La hauteur sous dalle est de 3 m
- L'enrobage est de 4 cm
- Le béton utilisé a une résistance caractéristique  $f_{c28}$  de 25 Mpa
- Les calculs sont faits suivant la réglementation de BAEL 91 mod 99

Le tableau III.5 donne le type, les diamètres, le nombre et les sections des armatures pour le ferrailage du poteau le plus chargé de la structure.

**Tableau III. 5 Sections d'armature pour le poteau le plus chargé**

Types d'armature	Types d'acier	Diamètre	Section
Principale	HA 400	14	18,47
Transversale en cadre	HA 400	6	3,96

Le tableau III.6 à la page suivante représente les efforts tranchants et les moments du poteau le plus chargé de la structure.

**Tableau III. 6 Représentation des efforts**

	Fx [KN ]	Fy [KN]	Fz[KN]	Mx[KNm]	My[KNm]	Mz[KNm]
MAX	10,67	11,41	843,41	7,72	10,77	0,01
Nœud	607	605	607	607	607	599

### III.7.2. Dimensionnement de la poutre

Pour le calcul de la poutre, les dimensions sont telles que:

- La section du poteau rectangulaire de dimension 40x50 cm<sup>2</sup>
- L'enrobage de l'acier inférieur, supérieur et latéral est de 4 cm
- Le béton utilisé a une résistance caractéristique  $f_{c28}$  de 25 Mpa
- Les calculs sont faits suivant la réglementation de BAEL 91 mod 99

Le tableau III.7 donne le type, les diamètres, le nombre et les sections des armatures pour le ferrailage de la poutre.

**Tableau III. 7 Sections d'armature pour la poutre**

Types d'armature	Types d'acier	Diamètre	Section
Principale	HA 400	16	16,08
Transversale en cadre	HA 400	8	10,05

### III.7.3. Dimensionnement de la dalle

Pour le calcul de la dalle, les dimensions sont telles que:

- La dalle est constituée d'un lit double
- Diamètre d'armature: HA12
- Volume de Béton = 291 m<sup>3</sup>
- Surface de Coffrage = 1460 m<sup>2</sup>
- L'enrobage inférieur et supérieur est de 4 cm
- La flèche admissible est de 3 cm
- Classe armatures principale: HA Fe 400
- Classe: BETON; résistance caractéristique = 25.00 MPa
- Calculs suivant: BAEL 91 modifié 99

### III.8. DIMENSIONNEMENT COMPARTIMENT 3

#### III.7.1. Dimensionnement du poteau

Après les analyses statiques de la structure, nous avons trouvé que le nœud 19 qui porte le poteau 10 est le plus chargé. La charge au-dessus du poteau 10 est de  $N= 10,99$  kN

Les dimensions sont telles que :

- La section du poteau est de dimension  $20 \times 20$  cm<sup>2</sup>
- La hauteur sous dalle est de 3 m
- L'enrobage est de 4 cm
- Le béton utilisé a une résistance caractéristique  $f_{c28}$  de 25 Mpa
- Les calculs sont faits suivant la réglementation de BAEL 91 mod 99

Le tableau III.8 donne le type, les diamètres, le nombre et les sections des armatures pour le ferrailage du poteau le plus chargé de la structure.

*Tableau III. 8 Sections d'armature pour le poteau le plus chargé*

Types d'armature	Types d'acier	Diamètre	Section
Principale	HA 400	10	3,14
Transversale en cadre	HA 400	6	5,37

Le tableau III.9 à la page suivante représente les efforts tranchants et les moments du poteau le plus chargé de la structure.

*Tableau III. 9 Représentation des efforts*

	Fx [KN ]	Fy [KN]	Fz[KN]	Mx[KNm]	My[KNm]	Mz[KNm]
MAX	1,08	0,41	10,99	0,45	1,06	0,0
Nœud	3	39	19	1	1	1

### III.8.2. Dimensionnement de la poutre

Pour le calcul de la poutre, les dimensions sont telles que :

- La section de la poutre rectangulaire est  $20 \times 15 \text{ cm}^2$
- L'enrobage de l'acier inférieur, supérieur et latéral est de 4 cm
- Le béton utilisé a une résistance caractéristique  $f_{c28}$  de 25 Mpa
- Les calculs sont faits suivant la réglementation de BAEL 91 mod 99

Le tableau III.10 donne le type, les diamètres, le nombre et les sections des armatures pour le ferrailage de la poutre.

**Tableau III. 10 Sections d'armature pour la poutre**

Types d'armature	Types d'acier	Diamètre	Section
Principale	HA 400	14	3,39
Transversale en cadre	HA 400	6	0,85

### III.9. DIMENSIONNEMENT SEMELLE

Pour le calcul de la semelle, les dimensions sont telles que:

- La semelle est constituée d'un lit double
- Diamètre d'armature:  $44\emptyset 8$  ;  $8\emptyset 16$  ;  $8\emptyset 12$
- Volume de Béton =  $3.93 \text{ m}^3$
- Surface de Coffrage =  $9.8 \text{ m}^2$
- L'enrobage inférieur et supérieur est de 6 cm
- Classe armatures principale: HA Fe 400
- Classe: BETON; résistance caractéristique = 25 MPa
- Calculs suivant: BAEL 91 modifié 99

Nos semelles ayant 2m en X et 2m en axe de Y, nous concluons que pour le cas de fondation nous utiliserons un Radier général à la place des semelles isolées.

### **III.10. EVALUATION DE COUT**

Le tableau III.11 à la page suivante représente le devis estimatif de notre ouvrage seulement au niveau du rez de chaussée et pour avoir la somme totale de l'ouvrage on prendra les 8959857,20\$ multiplier par 3 qui nous donneras la somme de 26 879 571,6\$.

**Tableau III. 11 Devis estimative**

<b>PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE PRISON R+2</b>					
<b>DEVIS QUANTITATIF- ESTIMATIF &amp; PREVISIONNEL DES MATERIAUX.</b>					
<b>N°</b>	<b>DESIGNATION DES OUVRAGES</b>	<b>U</b>	<b>Q</b>	<b>PU</b>	<b>PT</b>
<b>0</b>	<b>INSTALLATION DE CHANTIER</b>				
<b>1</b>	<b>installation de chantier</b>				
	a) Baraques et bureau de chantier	Fft	10,0	\$ 1 500,00	\$ 15 000,00
	b) Aménagement aires de stockages	m²	23,0	\$ 6,00	\$ 138,00
	c) Clôture de protection en planches, bâche ou tôles (Facultatif)	fft	1,0	\$ 1 000,00	\$ 1 000,00
	d) Ameneé et repli de materiel	Ff	30,0	\$ 20,00	\$ 600,00
	e) Matériels (Voir annexe 2)	Ff	1,0	\$ 356,00	\$ 356,00
	f) Bois pour : coffrage,implantation;étayage et échaffaudage (Annexe3)	Ff	1500,0	\$ 5,00	\$ 7 500,00
	<b>SOUS TOTAL INSTALLATION</b>				<b>\$ 24 594,00</b>
<b>100</b>	<b>FONDATION ET ELEVATION</b>				
<b>101</b>	<b>Radier général</b>				
	a) Fouille et decapage	m3	69519,0	\$ 25,00	\$ 1 737 975,00
	b) Degagement deblais	m3	69519,0	\$ 17,00	\$ 1 181 823,00
	c) planche	Pce	1000,0	\$ 5,00	\$ 5 000,00
	d) clous	Kg	800,0	\$ 2,00	\$ 1 600,00
	a) Sable	Benne	5793,2	\$ 130,00	\$ 753 121,20
	b) Gravier	Benne	10428,0	\$ 80,00	\$ 834 240,00
	c) Ciment CPJ 325 (en sac de50 Kg)	Sac	486633,0	\$ 10,00	\$ 4 866 330,00
	d) Aciers HA 12mm (en barres de 12ml)	Tonne	958,0	\$ 650,00	\$ 622 700,00
	e) Aciers HA 8mm (en barres de 12ml)	Pce	3000,0	\$ 3,50	\$ 10 500,00
	f) Aciers HA 16mm (en barres de 12ml)	Tonne	15,0	\$ 820,00	\$ 12 300,00
	g) Fils à ligature des barres d'aciers	Rlx	850,0	\$ 40,00	\$ 34 000,00
					<b>\$ 7 133 191,20</b>
<b>102</b>	<b>Escalier RDC en béton armé dosé à 350 kg/m3</b>				
	a) Sable	Benne	3,0	\$ 130,00	\$ 390,00
	b) Gravier	Benne	6,0	\$ 150,00	\$ 900,00
	c) Ciment CPJ 325 (en sac de50 Kg)	Sac	30,0	\$ 13,00	\$ 390,00
	d) Aciers HA 16mm (en barres de 12ml)	Pce	154,0	\$ 11,00	\$ 1 694,00
	e) Aciers HA 14mm (en barres de 12ml)	Pce	154,0	\$ 9,00	\$ 1 386,00
	f) Fils à ligature des barres d'aciers	Kg	1,0	\$ 100,00	\$ 100,00
					<b>\$ 4 860,00</b>
<b>103</b>	<b>Maçonnerie en blocs-ciments</b>				
	a) Sable	Benne	983,0	\$ 130,00	\$ 127 790,00
	b) Ciment CPJ 325 (en sac de50 Kg)	Sac	21637,0	\$ 10,00	\$ 216 370,00
	c) blocs-ciment	Blocs	1190000,0	\$ 0,70	\$ 833 000,00
					<b>\$ 1 177 160,00</b>
	<b>SOUS TOTAL FONDATION ET ELEVATION</b>				<b>\$ 8 315 211,20</b>



## CONCLUSION GENERALE

Face à la nécessité d'améliorer les conditions de détention dans la ville de Goma, ce travail a eu pour but de concevoir et de dimensionner une prison R+2 de dimensions 150,5X121m, pouvant accueillir 1500 personnes dans 750 cellules et cela selon les règles architecturales et structurales.

Dans notre premier chapitre nous avons parlé de la prison pour mieux appréhender le sujet, nous avons vu l'évolution des prisons dans le temps avec leurs différents matériaux de construction entre autres les pierres, la terre crue, le béton, le béton armé qui est actuellement le matériau de base pour la majorité de prison. Dans ce chapitre nous avons aussi parlé du mode de fonctionnement des prisons et cela nous a permis d'avoir une vue globale sur la conception architecturale des prisons.

Dans le deuxième chapitre nous avons commencé par la présentation l'état de lieu, la prison sera située à Sake, puis nous avons parlé des matériaux de construction qui nous serviront lors de l'exécution de la prison qui sont le béton et l'acier dont la combinaison donne le béton armé, après nous avons parlé du principe de dimensionnement.

Concernant troisième chapitre, grâce aux études structurales effectuées à partir du logiciel Robot structural, le plancher est de 20 cm d'épaisseur, le poteau le plus chargé est de 50X50 cm ; le radier est de 70 cm. L'étude économique met en évidence une somme de 26 879 571,6\$ pour l'exécution de la prison.

Comme perspective à ce travail, nous recommandons aux futurs chercheurs de s'orienter vers la gestion des déchets solides comme nous n'avons pas pu tenir compte de cela lors la réalisation de notre projet.

En définitif, dans l'admission de l'imperfection humaine, ce travail reste ouvert et sensible aux corrections, compléments, suggestion aussi bien que propositions de ses éventuels lecteurs.

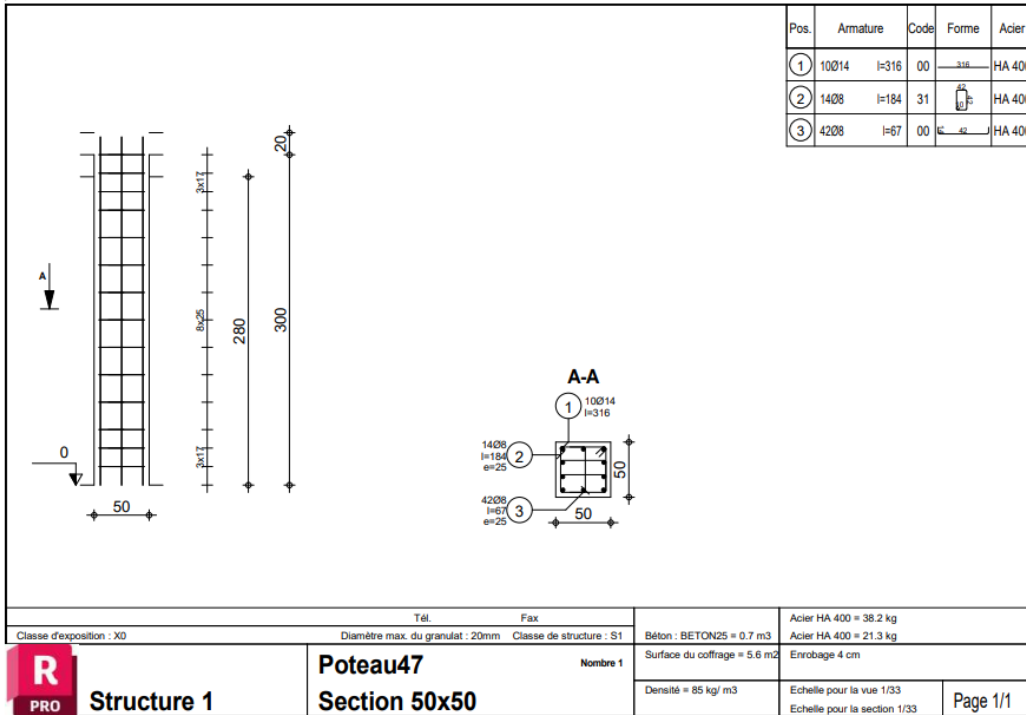
## **Bibliographie**

- [1] M. CLAVEL, Liberation,27/03/2013.
- [2] Architecture carcérale française à l'aune de la cellule, 2020.
- [3] J. HOWARD, The State of prison (L'état des prisons), 1777.
- [4] J. Bentham, The Panopticon Theory, 1785.
- [5] Actes du congrès pénitentiaire international de Rome, 1885.
- [6] Yaël, La Prison, direction de l'information légale et administrative, 2020.
- [7] Pierre LEPIDI, Dans les prisons de la République Démocratique du Congo, '' des conditions de vie infernales'' ;22/01/2020.
- [8] K. Patient, Notes de cours de complément de calcul des structures, destine aux étudiants de la ta Tech II de la FSTA/ULPGL,2023.
- [9] M.A.Y, Béton précontraint ; cours et exercices, Centre universitaire de Bechar, Institut de Génie civil,2005-2006.
- [10] E.8, Calcul des structures pour leur résistance au séisme, Septembre 2005.
- [11] A.K. Prof, Ossatures des bâtiments Structures Civiles et industrielles,2015.
- [12] G.K. Djibril, ''Etude de l'influence des actions dynamiques du séisme sur le bâtiment de la ville de Bukavu en fonction de leurs hauteurs' 'Inédit, Goma, 2020.
- [13] M. Grace, cours d'initiation au Béton armé, destiné aux étudiants de la L3 Génie civil FSTA/ULPGL, 2022-2023.
- [14] E. Besson, La prison au travers de l'espace architectural,2020.

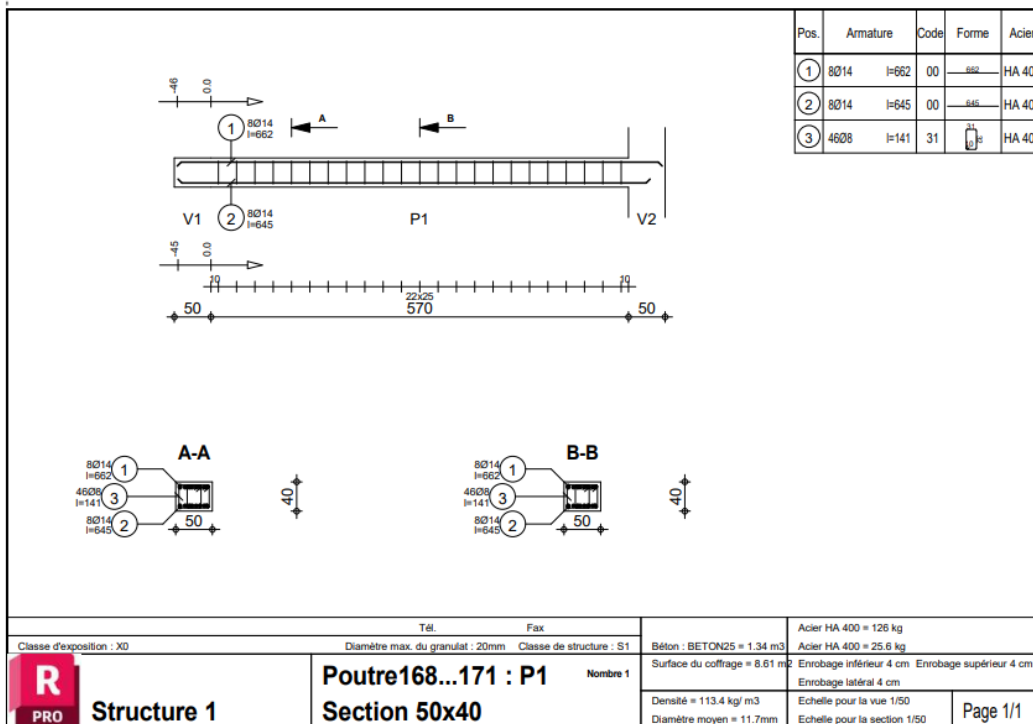
# ANNEXES

# 1. COMPARTIMENT 1

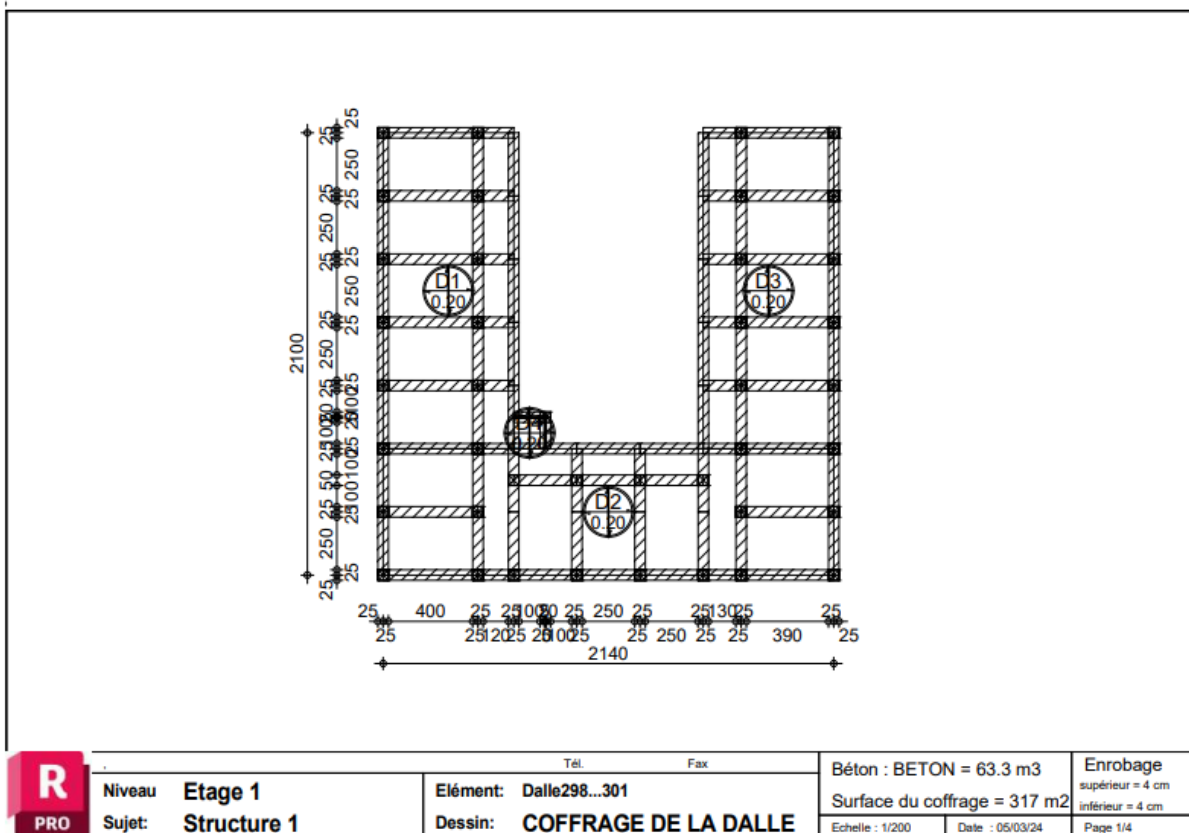
## A. PLAN D EXECUTION POTEAU

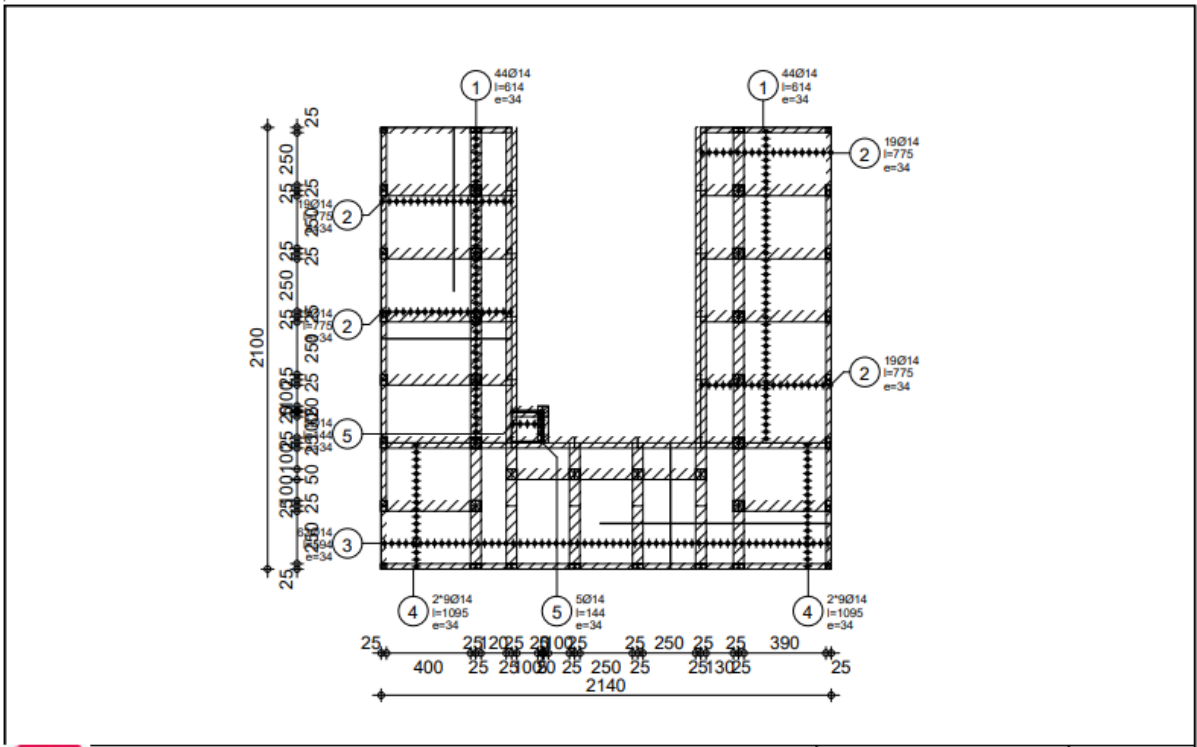


## B. PLANS D EXECUTION POUTRE

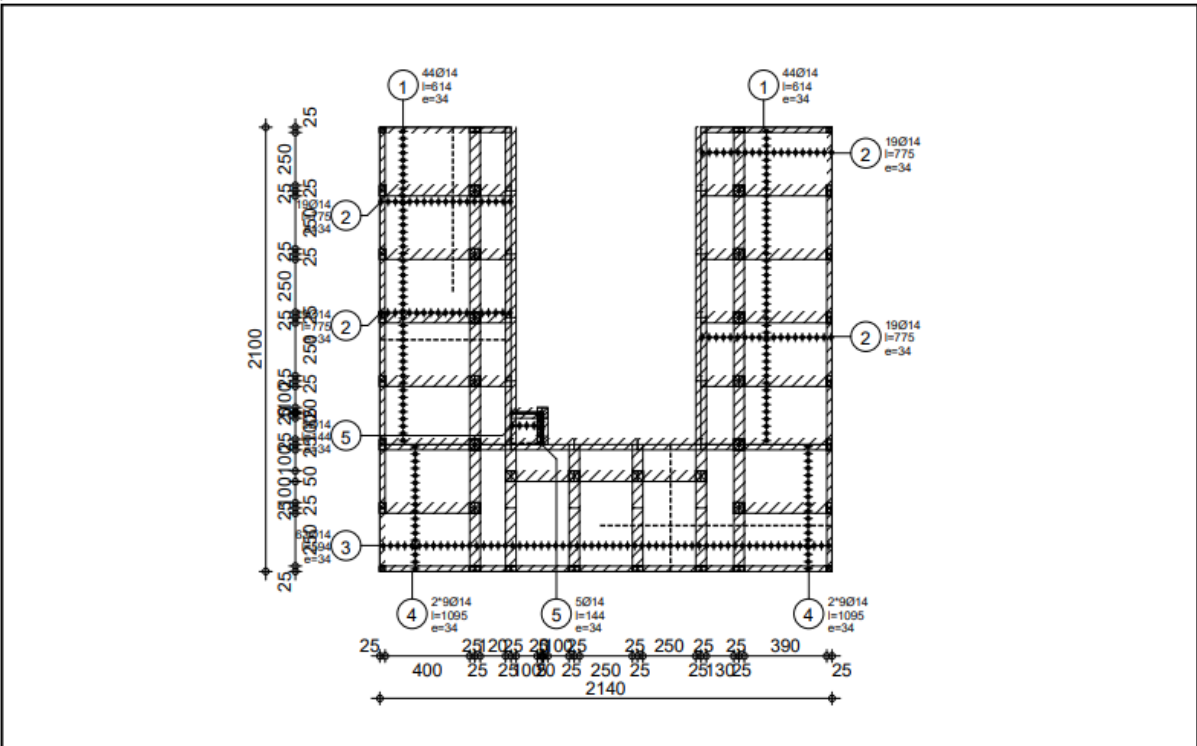


C. PLAN D EXECUTION DALLE





<b>R</b> PRO	Niveau	Etage 1	Tél.	Fax	Béton : BETON = 63.3 m3	Enrobage supérieur = 4 cm inférieur = 4 cm	
	Sujet:	Structure 1	Elément: Dalle298...301		Acier HA 500 = 4620 kg		
			Dessin: FERRAILLAGE INFÉRIEUR		Echelle : 1/200	Date : 05/03/24	Page 2/4



<b>R</b> PRO	Niveau	Etage 1	Tél.	Fax	Béton : BETON = 63.3 m3	Enrobage supérieur = 4 cm inférieur = 4 cm	
	Sujet:	Structure 1	Elément: Dalle298...301		Acier HA 500 = 4620 kg		
			Dessin: FERRAILLAGE SUPÉRIEUR		Echelle : 1/200	Date : 05/03/24	Page 3/4

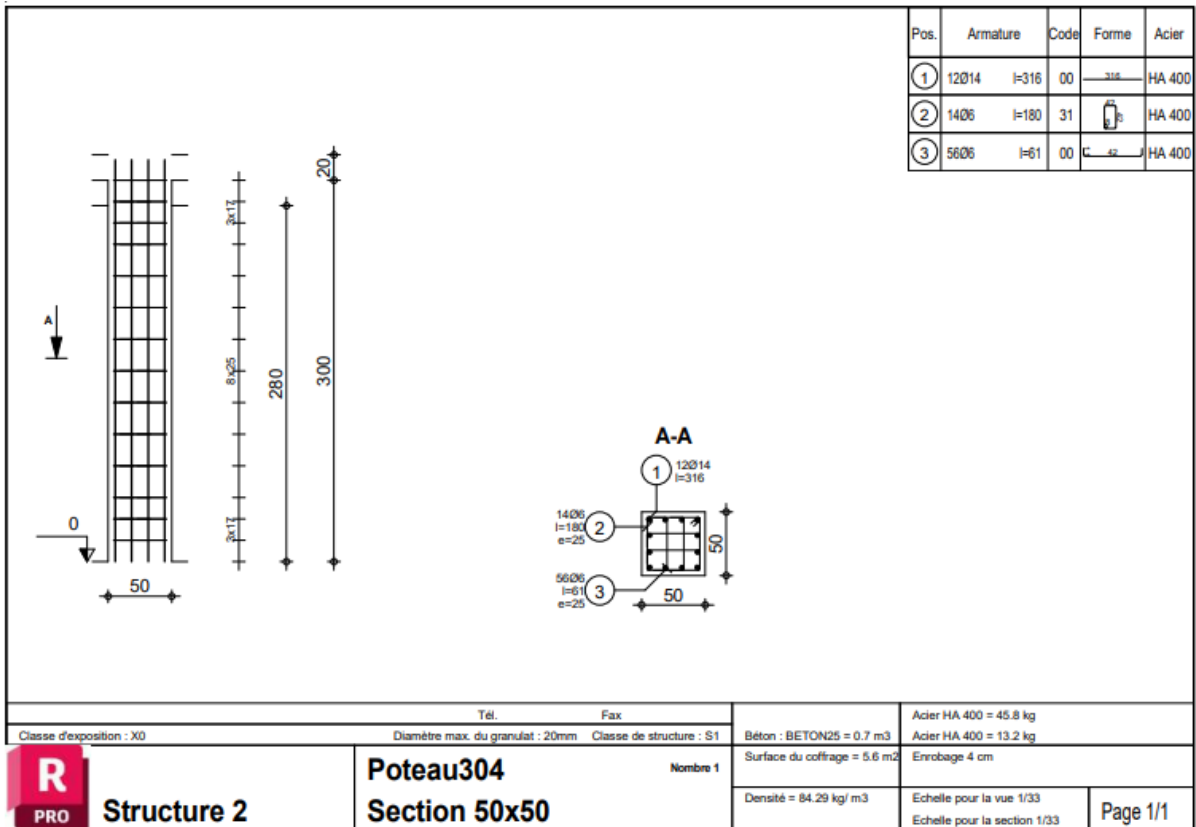
Pos.	Armature	Code	Forme	Acier
①	176Ø14	I=614	00	HA 500
②	152Ø14	I=775	00	HA 500
③	126Ø14	I=594	00	HA 500
④	72Ø14	I=1095	00	HA 500
⑤	20Ø14	I=144	00	HA 500

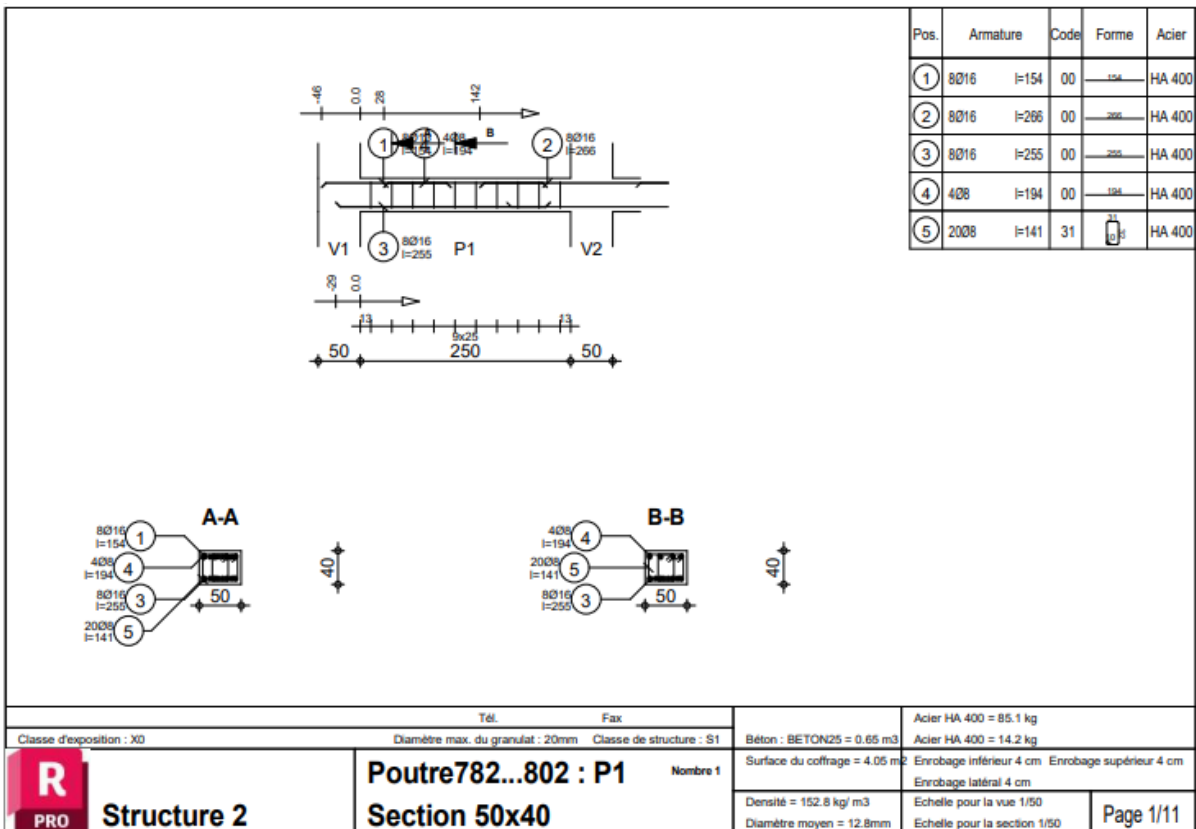
<b>R</b> PRO	Tel. _____ Fax _____	Béton : BETON = 63.3 m3	Enrobage supérieur = 4 cm inférieur = 4 cm
	Niveau <b>Etage 1</b> Sujet: <b>Structure 1</b>	Elément: <b>Dalle298...301</b> Dessin: <b>NOMENCLATURE</b>	Acier HA 500 = 4620 kg
		Date : 05/03/24	Page 4/4

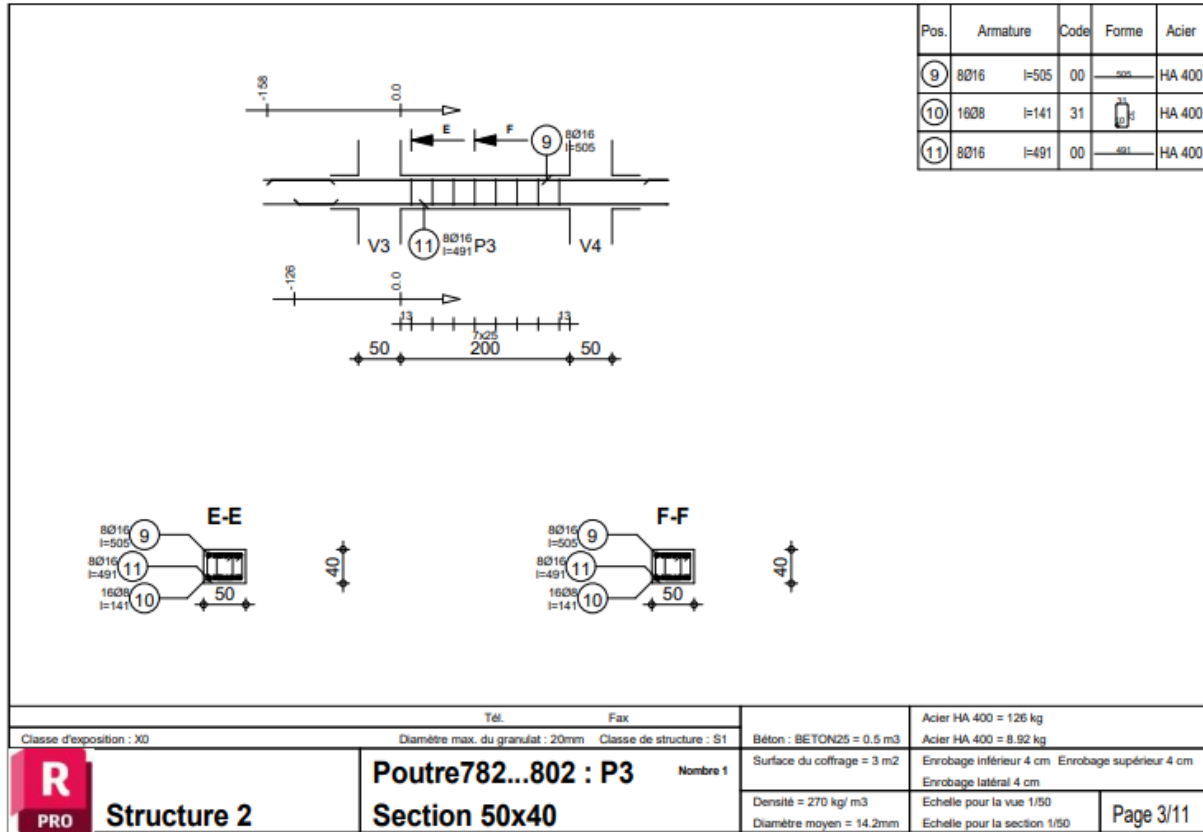
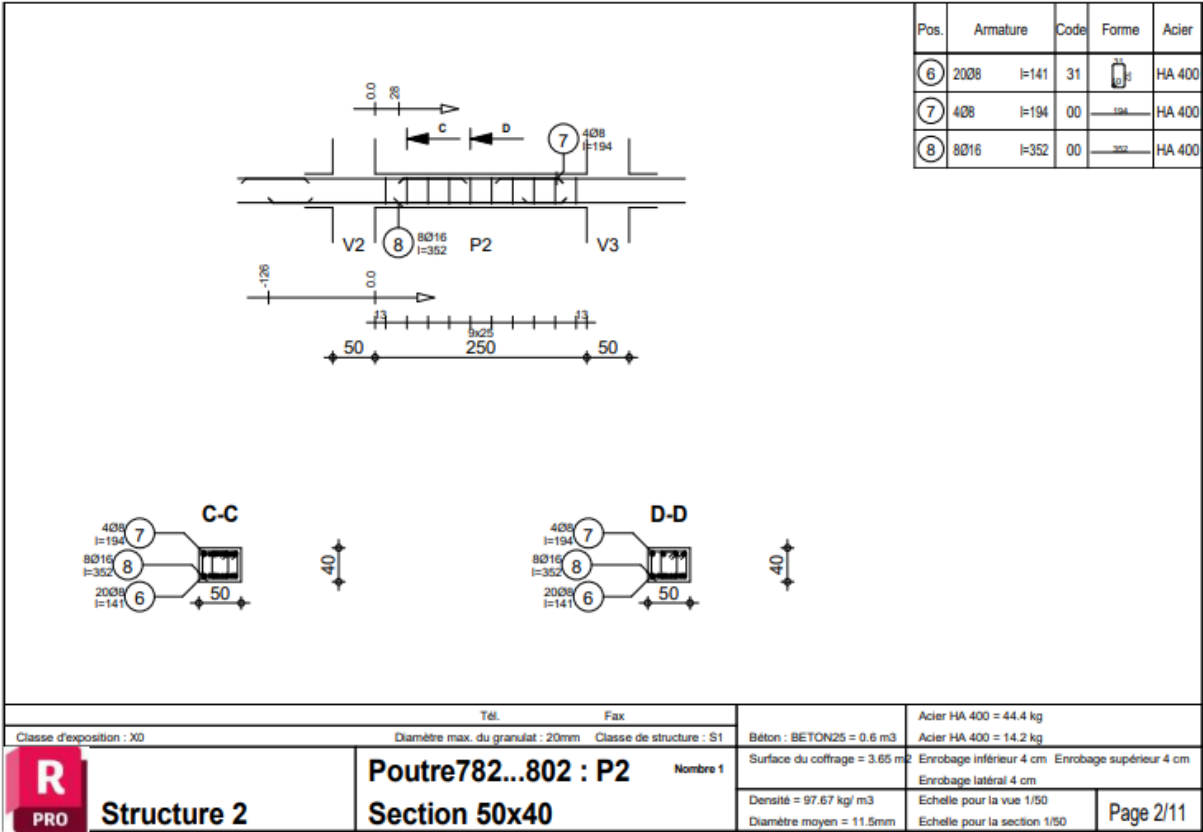
## 2. COMPARTIMENT 2

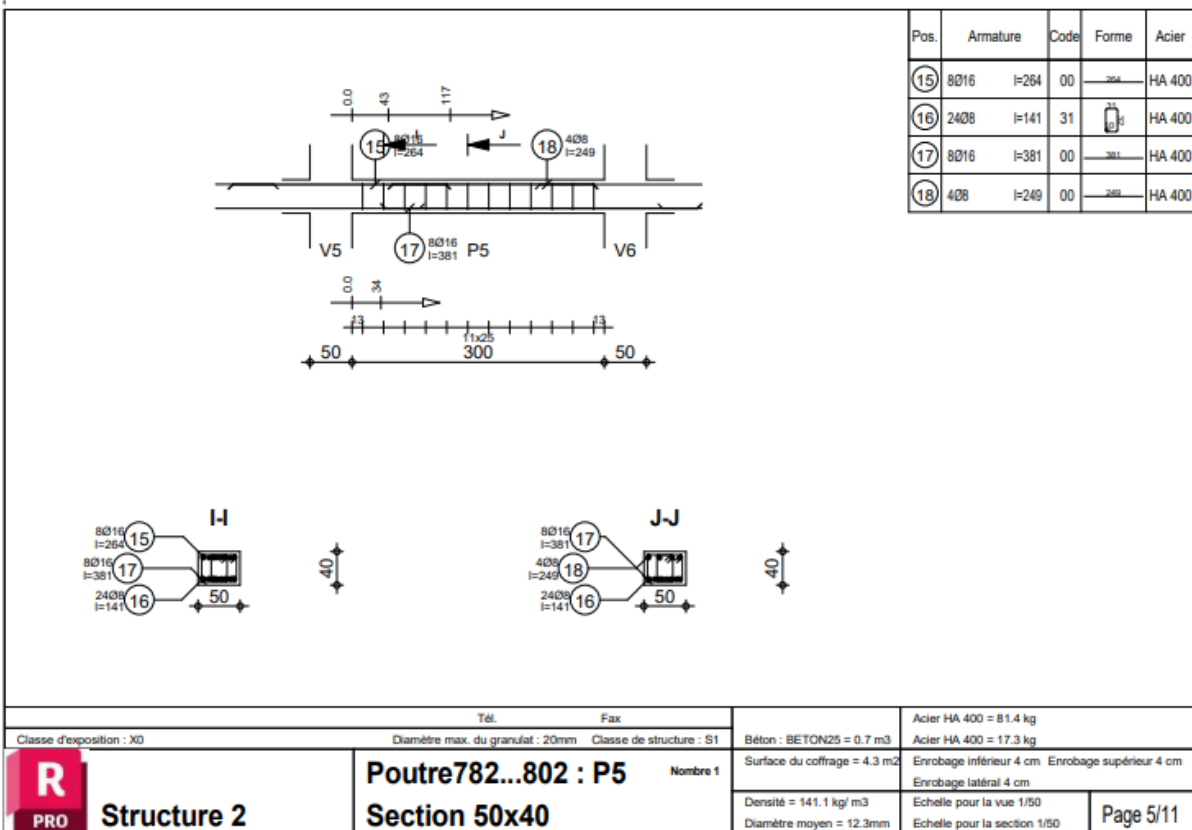
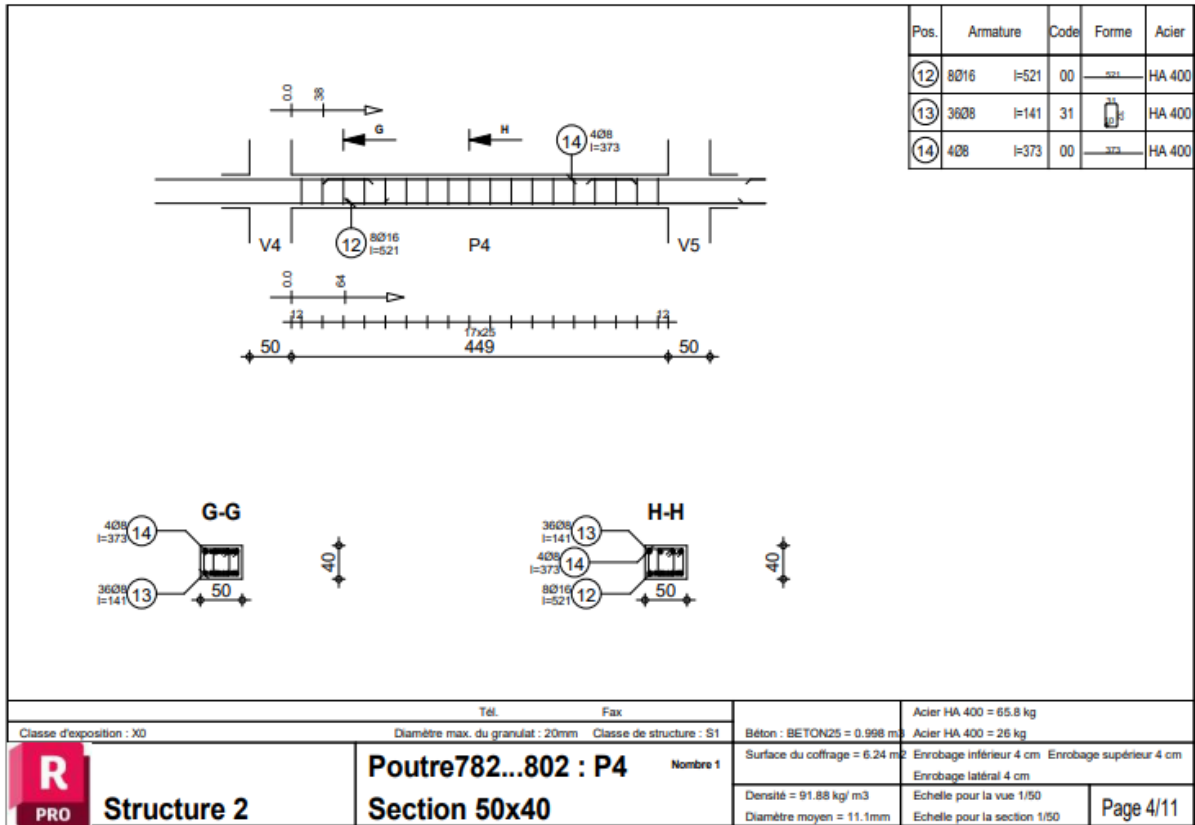
### A. PLAN D EXECUTION POTEAU

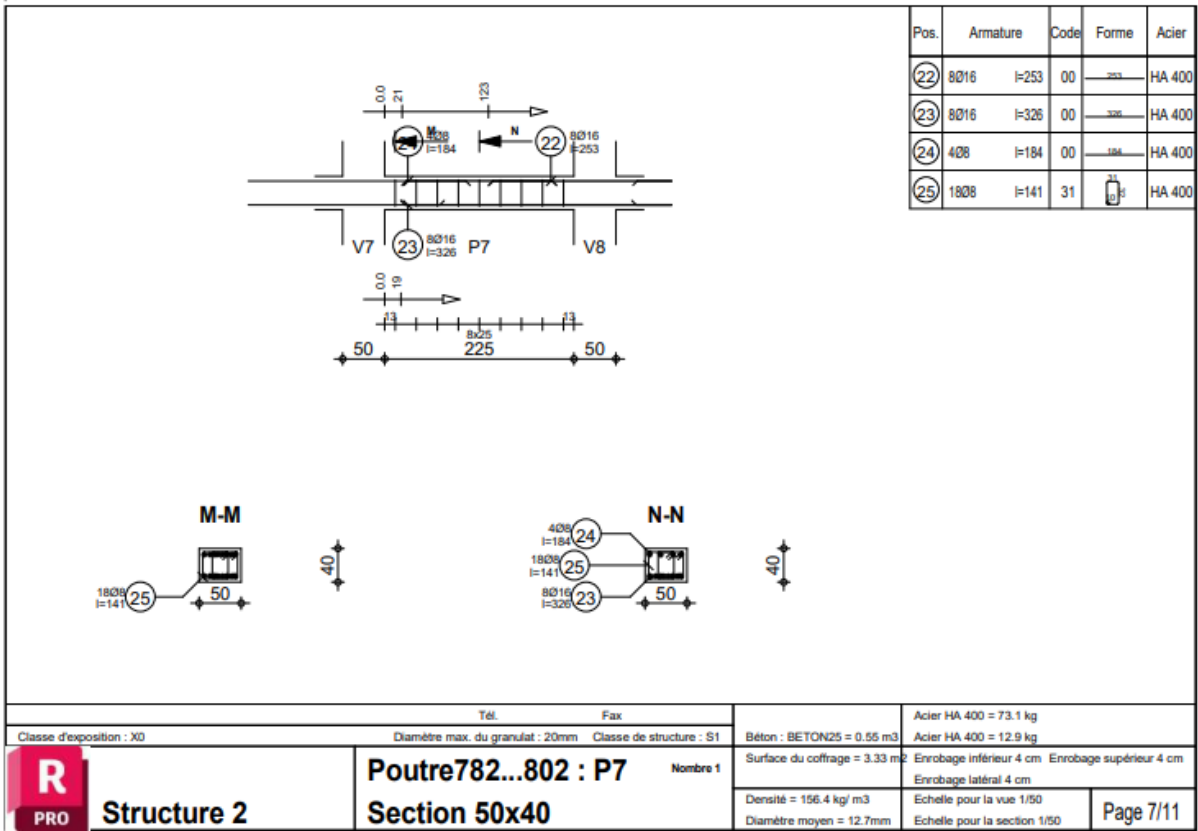
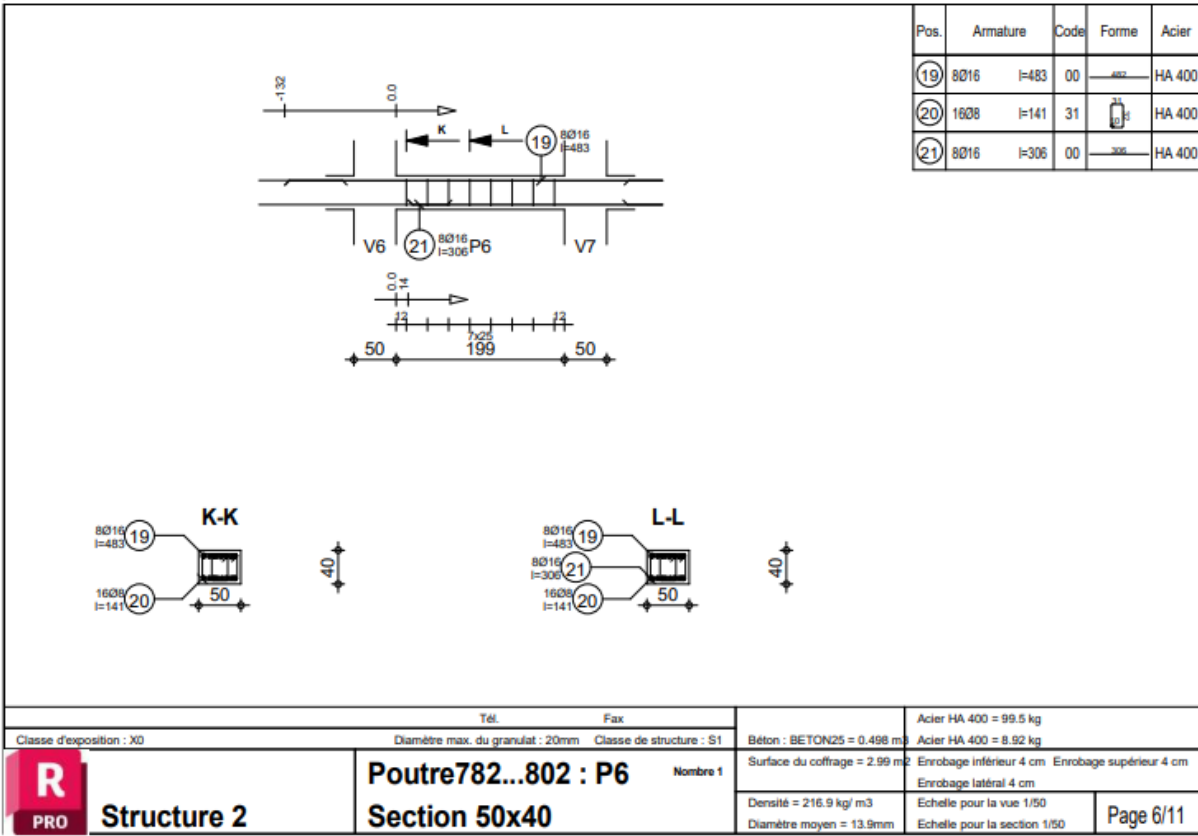


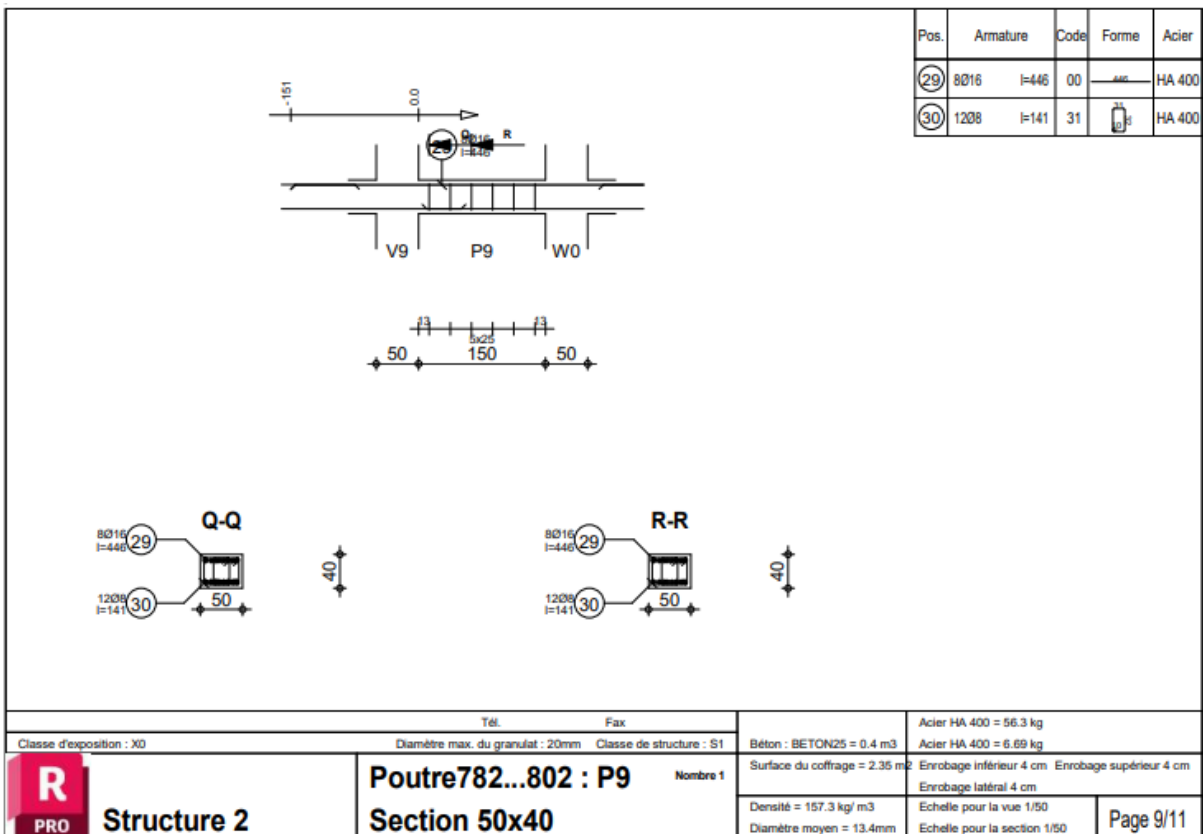
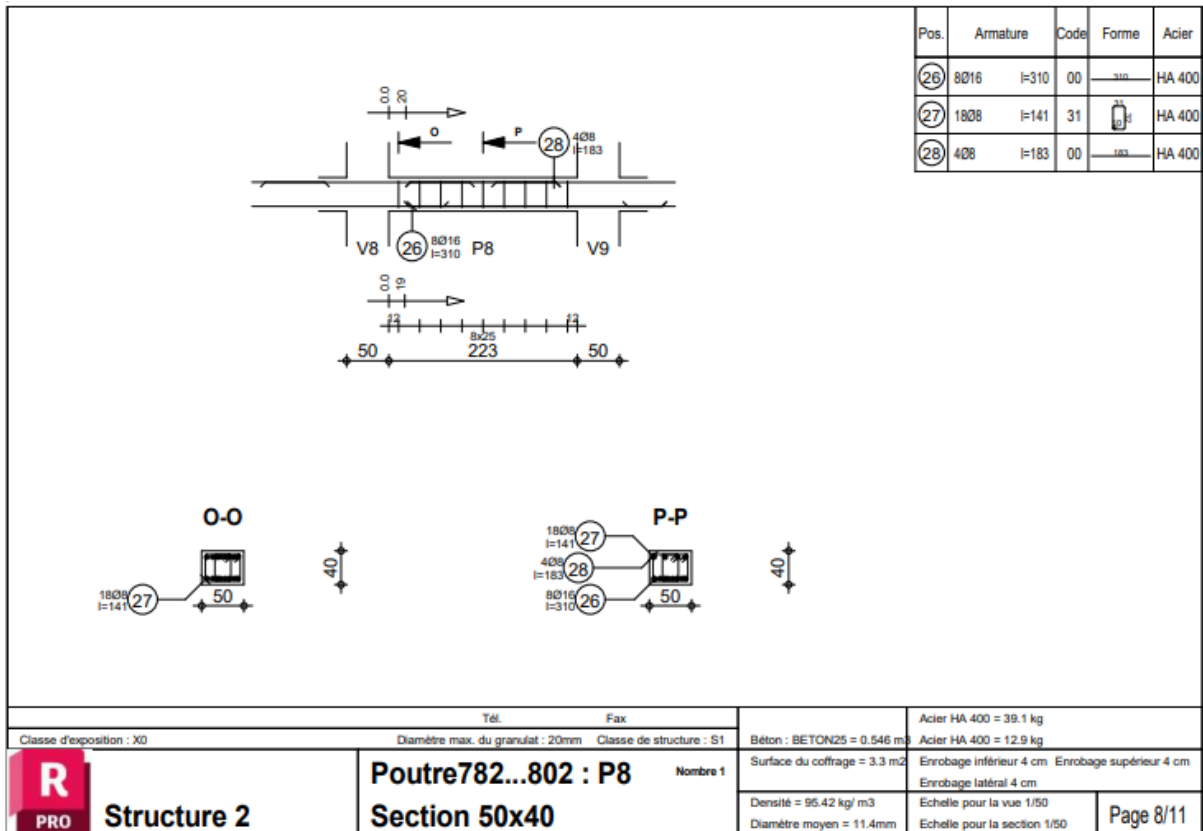
B. PLANS D EXECUTION POUTRE











Pos.	Armature	Code	Forme	Acier
31	8Ø16	I=513	00	HA 400
32	8Ø16	I=214	00	HA 400
33	4Ø8	I=174	00	HA 400
34	18Ø8	I=141	31	HA 400

<b>S-S</b> 4Ø8 I=174 (33) 18Ø8 I=141 (34) 8Ø16 I=513 (31)	40	<b>T-T</b> 4Ø8 I=174 (33) 18Ø8 I=141 (34) 8Ø16 I=513 (31)	40
--	----	--	----

<b>R</b> <b>PRO</b>	<b>Structure 2</b>	<b>Poutre782...802 : P10</b> <b>Section 50x40</b>	Nombre 1
------------------------	--------------------	--	----------

Classe d'exposition : X0	Diamètre max. du granulat : 20mm	Classe de structure : S1	Béton : BETON25 = 0.502 m <sup>3</sup>
			Acier HA 400 = 91.7 kg
			Acier HA 400 = 12.8 kg
			Surface du coffrage = 3.01 m <sup>2</sup>
			Densité = 207.2 kg/ m <sup>3</sup>
			Diamètre moyen = 13.1mm
			Enrobage inférieur 4 cm
			Enrobage supérieur 4 cm
			Enrobage latéral 4 cm
			Echelle pour la vue 1/50
			Echelle pour la section 1/50

Pos.	Armature	Code	Forme	Acier
35	8Ø16	I=232	00	HA 400
36	4Ø8	I=199	00	HA 400
37	8Ø16	I=140	00	HA 400
38	18Ø8	I=141	31	HA 400

<b>U-U</b> 4Ø8 I=199 (36) 18Ø8 I=141 (38) 8Ø16 I=232 (35)	40	<b>V-V</b> 4Ø8 I=199 (36) 18Ø8 I=141 (38) 8Ø16 I=232 (35)	40
--	----	--	----

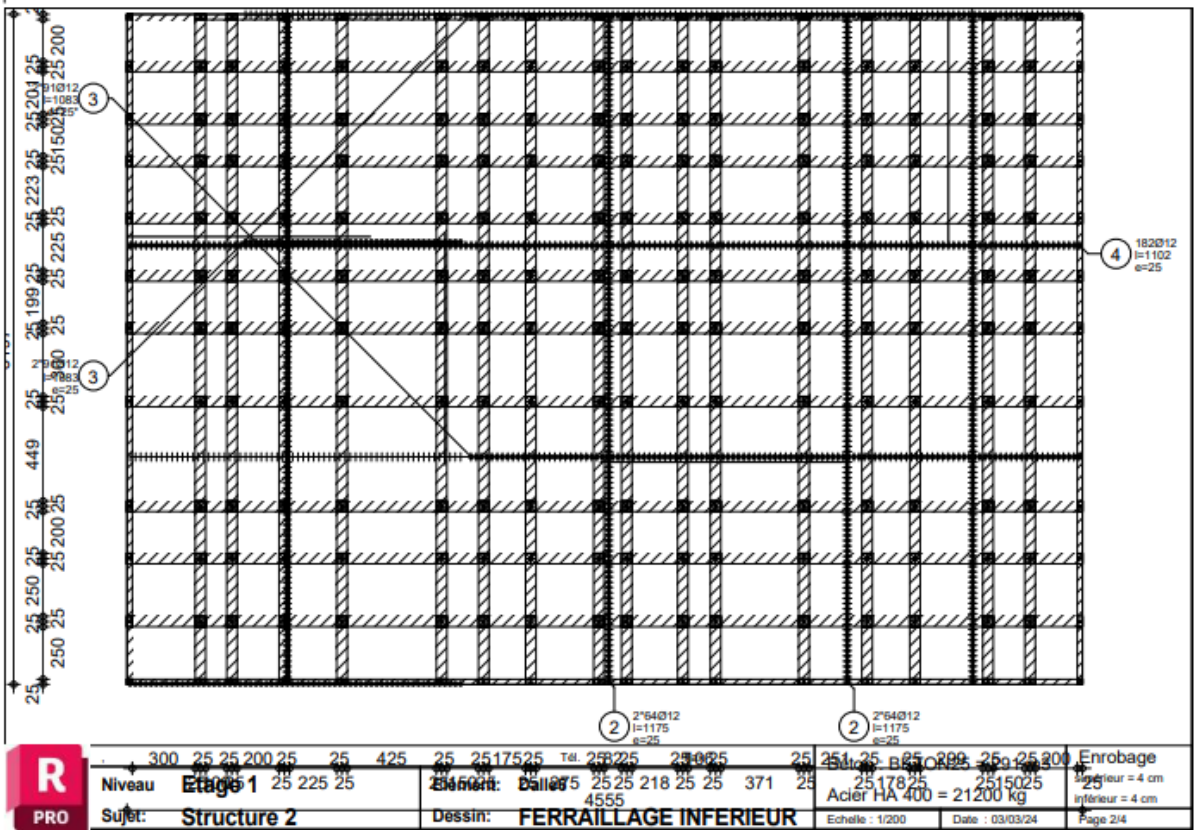
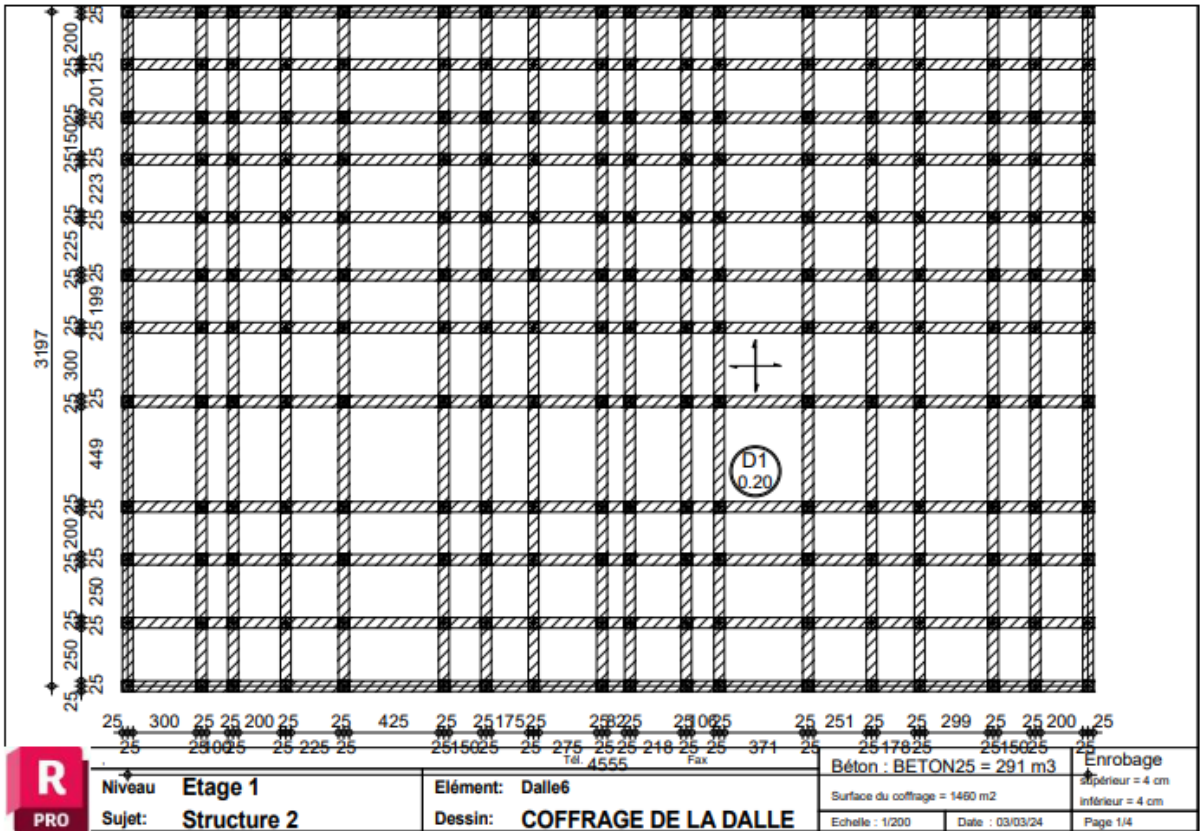
  

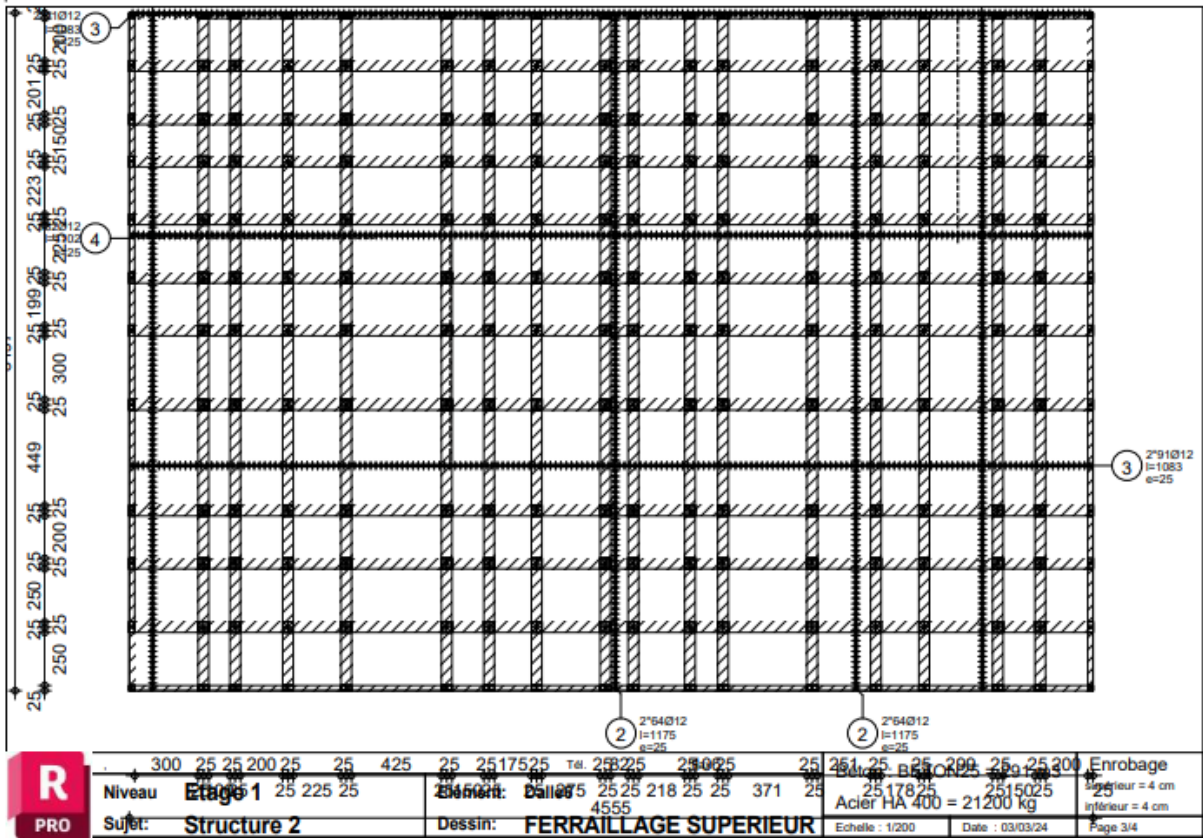
<b>R</b> <b>PRO</b>	<b>Structure 2</b>	<b>Poutre782...802 : P11</b> <b>Section 50x40</b>	Nombre 1
------------------------	--------------------	--	----------

Classe d'exposition : X0	Diamètre max. du granulat : 20mm	Classe de structure : S1	Béton : BETON25 = 0.55 m <sup>3</sup>
			Acier HA 400 = 47 kg
			Acier HA 400 = 12.1 kg
			Surface du coffrage = 3.4 m <sup>2</sup>
			Densité = 107.3 kg/ m <sup>3</sup>
			Diamètre moyen = 11.9mm
			Enrobage inférieur 4 cm
			Enrobage supérieur 4 cm
			Enrobage latéral 4 cm
			Echelle pour la vue 1/50
			Echelle pour la section 1/50

### C. PLAN D EXECUTION DALLE

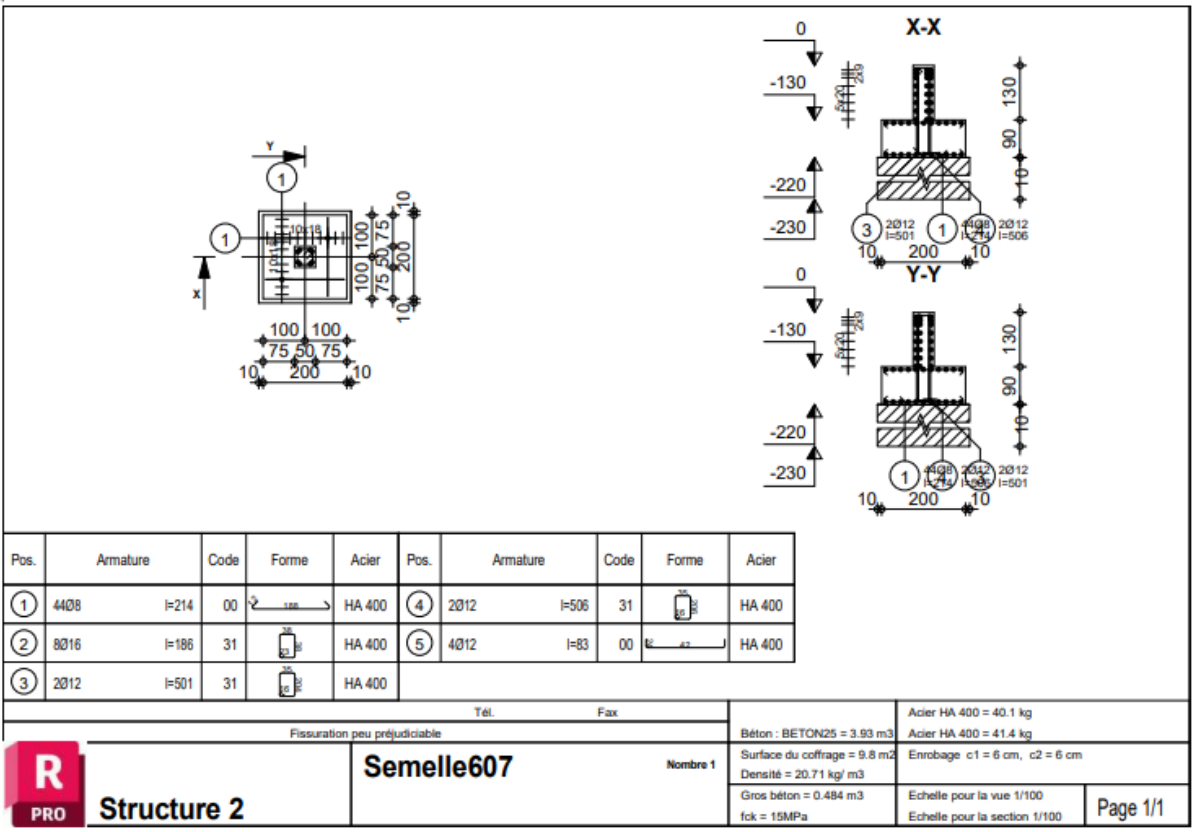




Pos.	Armature	Code	Forme	Acier
①	512012	l=1156	00	HA 400
②	512012	l=1175	00	HA 400
③	728012	l=1083	00	HA 400
④	364012	l=1102	00	HA 400

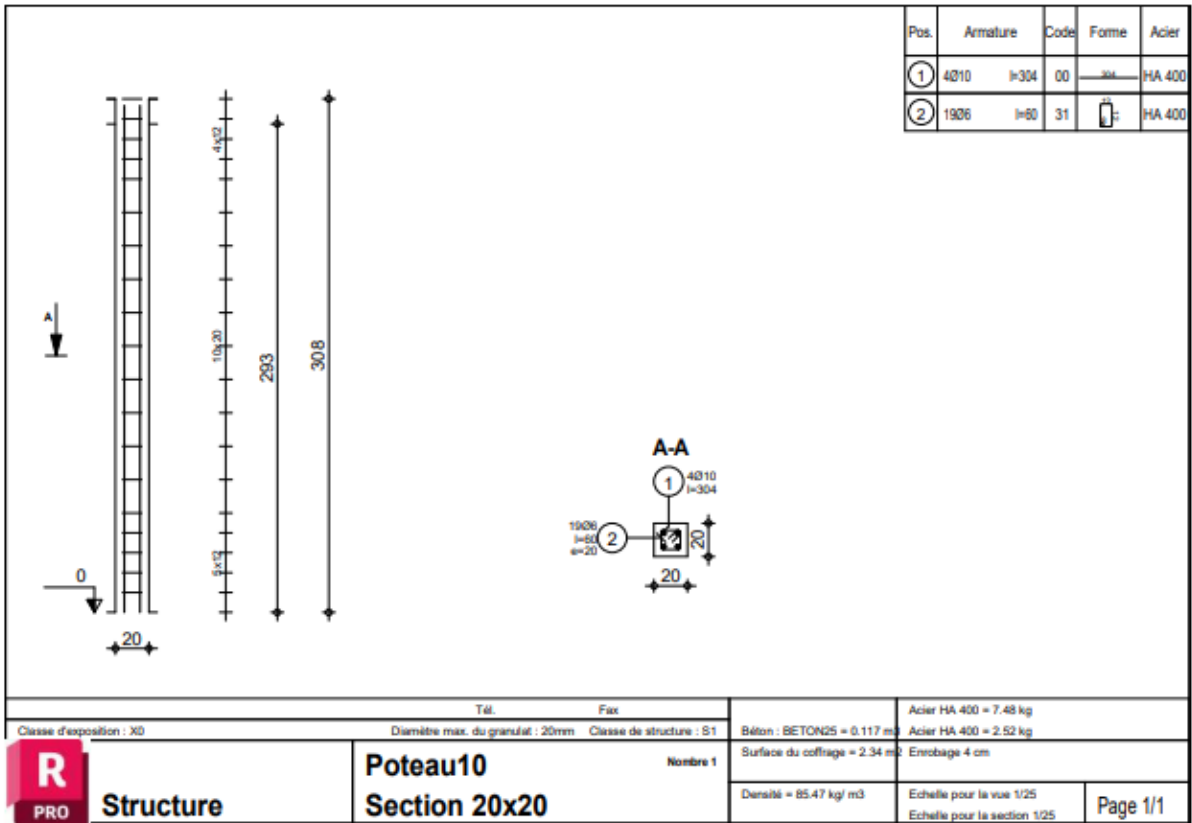
<b>R</b> <b>PRO</b>	Niveau	Etage 1	Élément:	Dalle6	Béton :	BETON25 = 291 m3	Enrobage	supérieur = 4 cm
	Sujet:	Structure 2	Dessin:	NOMENCLATURE	Acier HA 400 =	21200 kg	inférieur = 4 cm	
					Date :	03/03/24	Page	4/4

D. PLAN D EXECUTION SEMELLE



3. COMPARTIMENT 3

A. PLAN D EXECUTION POTEAU



B. PLAN D EXECUTION POUTRE

