



CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A USAGE
ADMINISTRATIF DANS LA VILLE DE NIAMEY

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

SPECIALITE : BATIMENT

Présenté et soutenu publiquement le 29 Juin 2020 par :

Salim SADIKOU MAIKANO (2014 0930)

Directeur de mémoire : Pr Adamah MESSAN, Chef du laboratoire Génie Civil et
Hydraulique

Maître de stage : Djoffon NESTOR, Ingénieur Génie Civil et Directeur Technique
AGECRHAU SARL

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr Malicki ZOROM

Membres : M. Christian RAMADJI

M. Issa MADOUGOU

Promotion [2014/2019]

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents pour l'amour, le soutien, les conseils et prières qui n'ont cessé de m'accompagner depuis ma naissance. Vous avez fait de ma réussite une priorité. Vous m'avez guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin ;
- Mes frères et sœurs, vous m'avez épaulé en tout temps ;
- Toute ma famille ;
- Qu'Allah vous prête une longue vie ! Je vous aime et je vous dédie mes réussites passées, présentes et futures.

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu le tout Puissant qui m'a donné la force, la patience, le courage et la volonté de mener à terme ce projet.

A travers le présent mémoire, je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin ont participé à son élaboration. Mes remerciements vont particulièrement :

- Au Pr Mady KOANDA, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) ;
- Au Pr. Adamah MESSAN, encadreur pédagogique du présent mémoire, de m'avoir encadré malgré son emploi chargé, pour sa patience, son attention et son orientation.
- A toute l'équipe administrative et le corps professoral de l'Institut ;
- Au corps dirigeant d'AGECRHAU SARL, pour m'avoir accepté dans leur structure d'accueil ;
- A mes maîtres de stage DJOFFON Nestor, Ingénieur Génie Civil, et ASSOUMANE MAMANE Samaïla, Urbaniste DIEAU, pour leur disponibilité et parage de connaissances ;
- A Ousmane ALI, Ingénieur Génie Civil, et à l'ensemble du personnel d'AGECRHAU pour l'accueil qui m'a été réservé et les conseils prodigués durant toute la période de mon stage ;
- A tous mes amis ABDOULAYE OUSSEINI Ismaël, ABDOU MAHAMANE Abdel Fataye, TANGA KENNE Landry et à toute la promotion, pour la part fraternelle et la considération.

RESUME

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre de l'étude d'un projet de construction d'un bâtiment R+2 à usage administratif et qui sera implanté dans la ville de Niamey (Niger). L'étude consiste principalement à concevoir l'ouvrage sur la base du programme établi par le maître d'ouvrage et d'assurer sa résistance mécanique. Afin de permettre l'exploitation du bâtiment, une étude des réseaux techniques a été réalisée.

L'intégration d'un patio lors de la conception architecturale a permis de répondre à la solution architecturale la plus économique pour le maître d'ouvrage en termes de consommation d'énergie électrique. Ceci a aussi permis de prendre partiellement en compte la cible «Gestion de l'énergie» de la démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) des bâtiments modernes.

L'ossature du bâtiment est constituée d'une structure porteuse en béton armé (planchers-poutres-poteaux) reposant sur des semelles isolées. Suite à l'analyse et au calcul de celle-ci sur la base des plans architecturaux et suivant les règles du BAEL 91 modifiées 99, il a été établi des plans en vue de son exécution.

Afin de lier les aspects environnementaux positifs à la réalisation de l'ouvrage, une étude environnementale et sociale a été réalisée. Celle-ci a permis d'évaluer les effets négatifs et positifs de cette construction afin de prendre des mesures pour atténuer ceux négatifs.

Une étude financière ainsi qu'une planification des travaux sont aussi réalisées pour chiffrer le projet en termes de coût et durée. Ainsi le coût du projet est estimé à 204 917 102 FCFA HT pour une durée d'exécution de cinq (5) mois.

La sécurité incendie a constitué l'un des aspects de l'étude et est assurée par la mise en place des dispositions de la prévention et de la prévision prévues pour les établissements recevant du public.

Mots Clés :

1-Bâtiment

2-Administratif

3-Conception

4-Etudes

5-Exécution

ABSTRACT

This thesis is part of the study of a construction project for an R+2 building for administrative use which will be located in the city of Niamey (Niger). The study mainly consists of designing the structure based on the program established by the client and ensuring its mechanical strength. In order to allow the operation of the building, a study of the technical networks was carried out.

The integration of a patio during the architectural design made it possible to respond to the most economical architectural solution for the project owner in terms of electrical energy consumption. This also made it possible to partially take into account the «Energy management» target of the HQE (High Environmental Quality) approach for modern buildings.

The framework of the building consists of a load-bearing structure of reinforced concrete (floors-beams-posts) resting on insulated footings. Following analysis and calculation thereof on the basis of architectural plans and following the rules of BAEL 91 modified 99, plans were drawn up for its execution. The structure is braced by masonry walls.

In order to link the positive environmental aspects to the completion of the work, an environmental and social study was carried out. This made it possible to assess the negative and positive effects of this construction in order to take measures to mitigate the negative ones.

A financial study as well as a planning of works are also carried out to quantify the project in terms of cost and duration. The cost of the project is therefore estimated at 204 917 102 FCFA before tax for an implementation period of five (5) months.

Fire safety was one of the aspects of the study and is ensured by the implementation of the prevention and forecasting provisions planned for establishments open to the public.

Key words :

1-Building

2-Administrative

3-Design

4-Studies

5-Execution

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2ie : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BTP : Bâtiment et Travaux Publics

BA : Béton Armé

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

CERMES : Centre de Recherche Médicale et Sanitaire

DTU : Document Technique Unifié

ELS : Etat limite de Service

ELU : Etat Limite Ultime

EIES : Etude d'Impact Environnemental et Social

EPST : Etablissement Public à Caractère Scientifique et Technique

ERP : Etablissement Recevant du Public

FP : Fissuration Préjudiciable

FPP : Fissuration Peu Préjudiciable

HT : Hors Taxe

NF : Norme Française

RDC : Rez-De-Chaussée

R+1 : Etage 1

R+2 : Etage 2

TTC : Toute Taxe Comprise

A_t : somme des aires des sections droites d'un cours d'armatures transversales

E : module d'élasticité longitudinal, séisme

E_b : module de déformation longitudinal béton

E_i : module de déformation instantanée (E_{vj} : pour a l'âge de j jours)

E_s : module d'élasticité de l'acier

E_v : module de déformation diffère (E_{vj} :pour chargement applique à l'âge de j jours)

f_{cj} : résistance caractéristique à la compression du béton âgé de j jours

f_{tj} : résistance caractéristique à la traction du âgé de j jours

f_{c28} et f_{t28} : grandeurs précédemment calculé à 28 jours

f_c : limite d'élasticité de l'acier

H : Coefficient de fissuration relative à une armature

M : moment de flexion

M_u : moment a' l'état limite ultime

M_{ser} : moment de calcul a' l'état limite de service

γ_b : Coefficient de sécurité du béton

γ_s : Coefficient de sécurité de l'acier

α : Angle en général, coefficient

ζ_{bc} : Raccourcissement relatif du béton

ζ_s : Déformation de l'acier

Θ : Coefficient sans dimension

λ : Élancement

μ : Coefficient de frottement

ν : Coefficient de poisson

ρ : rapport de deux dimensions ; en particulier rapport de l'aire d'acier a l'aire de béton

σ : Contrainte normale général

σ_{bc} : Contrainte de compression du béton

σ_s : Contrainte de traction dans l'acier

τ_u : Contrainte tangentielle admissible

τ_s : Contrainte d'adhérence

Ψ_s : Coefficient de scellement relatif à une armature

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	3
I. Bref aperçu sur la ville de Niamey.....	3
II. Localisation géographique du site.....	4
III. Présentation de la structure d'accueil.....	6
CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	8
I. Analyse des données	8
II. Usage des règlements et normes	10
III. Utilisation des logiciels	10
IV. Le calcul manuel	11
CHAPITRE III : CONCEPTION DU PROJET.....	12
I. Conception architecturale	12
II. Conception structurale	13
CHAPITRE IV : ETUDE STRUCTURALE	18
I. Hypothèses.....	18
II. Etude des planchers à corps creux.....	22
III. Etude des dalles pleines.....	28

IV. Etude des poutres	31
V. Etude des poteaux.....	40
VI. Etude des escaliers	43
VII. Etude de l'infrastructure (Fondation)	46
CHAPITRE V : ETUDE DES RESEAUX DIVERS.....	51
I. Alimentation en eau	51
II. Réseaux d'assainissement	52
III. Electricité	56
IV. Sécurité et protection incendie	58
CHAPITRE VI : ETUDES D'IMPACTS ET PLANIFICATION.....	62
I. Etudes d'impacts.....	62
II. Etude financière	63
III. Planning prévisionnel d'exécution	63
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	67
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	68
ANNEXES	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Matériaux de construction des éléments du second œuvre	9
Tableau 2 : Maçonneries de l'ouvrage	16
Tableau 3 : Caractéristiques des aciers FeE500	21
Tableau 4 : Charges surfaciques sur les planchers	24
Tableau 5 : Charges linéiques sur les poutrelles	25
Tableau 6 : charges sur les balcons de l'ouvrage.....	29
Tableau 7 : Charges sur volée de l'escalier.....	44
Tableau 8 : Charges sur palier de l'escalier	44
Tableau 9 : Position des appareils sanitaires par rapport au plancher (DTU 60.11).....	51
Tableau 10 : Débit spécifique des appareils sanitaires (DTU 60.11).....	52
Tableau 11 : Diamètres des collecteurs d'appareils individuels	52
Tableau 12 : Diamètres des collecteurs d'appareils groupés	53
Tableau 13 : Diamètres des descentes.....	54
Tableau 14 : Diamètre du collecteur principal des descentes	54
Tableau 15 : Caractéristiques des circuits électriques.....	56
Tableau 16 : Caractéristiques du réseau de branchement électrique.....	56
Tableau 17 : Epaisseur des planchers (Règlements de sécurité incendie)	59
Tableau 18 : Dimensions des poutres (Règlements de sécurité incendie)	59
Tableau 19 : Dimensions des parois (règlements de sécurité incendie).....	59
Tableau 20 : Dimensions des poteaux (Règlements de sécurité incendie).....	60
Tableau 21 : Mesures d'atténuation des impacts induits par le projet	63
Tableau 23 : Récapitulatif du devis quantitatif-estimatif.....	65

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique du site	5
Figure 2 : Vue perspective de l'ouvrage	12
Figure 3 : Ossature du bâtiment	14
Figure 4 : Dalle creuse	14
Figure 5 : Dalle pleine	15
Figure 6 : Dallage du plancher bas du RDC.....	16
Figure 7 : Escalier droit à double paliers de l'ouvrage.....	17
Figure 8 : Identification du panneau de plancher ayant la plus grande longueur.....	23
Figure 9 : Dimensions des poutrelles	24
Figure 10 : Diagramme manuel du moment sur travée des poutrelles.....	25
Figure 12 : Diagramme manuel de l'effort tranchant sur poutrelles	26
Figure 14 : Plan d'exécution des poutrelles	26
Figure 15 : Plans d'exécution de la dalle de compression	27
Figure 16 : identification de la plus grande longueur de balcon	28
Figure 17 : Diagramme manuel du moment d'encastrement des balcons	29
Figure 18 : Diagramme numérique du moment d'encastrement des balcons.....	30
Figure 19 : Diagramme manuel de l'effort tranchant des balcons.....	30
Figure 20 : Diagramme numérique de l'effort tranchant des balcons	30
Figure 21 : Plans d'exécution des balcons	31
Figure 22 : identification de la plus grande travée de poutre isostatique.....	32
Figure 23 : Identification de la poutre hyperstatique ayant la plus grande travée.....	33
Figure 24 : Modèle numérique de chargement des planchers	35
Figure 25 : Perspective du chargement des éléments structuraux.....	36
Figure 26 : Résultats de la descente de charges sur les poutres des planchers courants	37
Figure 27 : Modèle statique de la poutre hyperstatique la plus sollicitée	38
Figure 28 : Diagramme manuel du moment sur la poutre hyperstatique	38
Figure 29 : Diagramme manuel de l'effort tranchant sur la poutre hyperstatique	38
Figure 30 : Plan d'exécution de la poutre hyperstatique	39
Figure 31 : Charges sur poteaux du RDC et identification du poteau le plus sollicité	41
Figure 32 : Plan d'exécution du poteau le plus sollicité	42
Figure 33 : description de l'escalier droit	43
Figure 34 : Diagramme numérique du moment sur escalier	44

Figure 35 : Diagramme numérique de l'effort tranchant sur escalier	45
Figure 36 : Plan d'exécution de l'escalier	45
Figure 37 : Perspective du pré dimensionnement des semelles isolées	47
Figure 38 : Vue en plan du pré dimensionnement des semelles isolées	48
Figure 40 : Plan d'exécution de la semelle isolée la plus sollicitée	50
Figure 41 : Vue en plan du système d'assainissement autonome	55
Figure 42 : Extincteur portatif	60
Figure 43 : Alarme incendie	61
Figure 44 : Bloc autonome d'éclairage de sécurité	61
Figure 45 : Répartition du devis quantitatif-estimatif	65
Figure 46 : description de l'escalier droit	122

INTRODUCTION

Le secteur du bâtiment et travaux publics est un secteur économique rassemblant l'ensemble des activités et des corps métiers intervenant dans le cadre de la construction d'édifices et d'infrastructures publics et privés, à destination industrielle ou non. Il constitue alors un axe privilégié du programme de développement socio-économique des pays du monde. Ces derniers lui allouent une part considérable de leur budget national pour l'atteinte des objectifs du dit programme.

Contexte et justification

C'est dans ce contexte que le CERMES, un Etablissement Public à Caractère Scientifique et Technique, placé sous la tutelle du Ministère de la Santé Publique du Niger, a obtenu de l'Etat nigérien le financement du « projet d'extension des locaux du Centre de Recherche Médicale et Sanitaire (CERMES) de Niamey ».

Ainsi, prend naissance ce présent mémoire de fin d'étude dont la réalisation a été possible grâce au bureau d'études AGECRHAU SARL en vue d'élaborer le dossier d'exécution du projet sus cité et dont le thème est intitulé comme suit : « Conception et étude technique détaillée d'un bâtiment à trois niveaux à usage administratif ».

En effet, l'Institut International d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) de Ouagadougou (Burkina Faso) forme des ingénieurs dans le domaine du BTP, qui à la fin de leur formation de master 2, devront passer un stage de quatre mois dans une structure afin de présenter un mémoire de fin d'étude.

Problématique

L'étude technique d'un projet de bâtiment est le processus qui, inscrit dans une démarche de projet d'architecture, vise la production d'un schéma structurel qui conduit à une construction stable, peu déformable, résistante, et aussi réalisable. A cette structure s'ajoute le second œuvre qui permettra d'assurer la fonctionnalité du bâtiment.

Pour atteindre ces objectifs, il est important de vérifier la résistance des différents éléments de la structure pour assurer une bonne transmission au sol des sollicitations qu'elle aura à supporter durant son exploitation. Le site de construction est déjà connu, la question

principale est de savoir quel seront les différents éléments de la structure porteuse de l'ouvrage ? Sur quoi construire ? (le type de sol), Quels sont les différents corps permettant de rendre fonctionnel le bâti ? Quel sera l'impact de cette construction sur l'environnement et les êtres vivants ? La dernière phase est de savoir quelle est la durée des travaux et combien coûteront ceux-ci ?

Toutes ces questions sont primordiales, car elles permettront d'atteindre les objectifs assignés à l'étude.

Objectif général

L'objectif général est de concevoir l'ouvrage, d'en faire une étude technique détaillée afin de produire les plans d'exécution et d'en assurer sa fonctionnalité.

Objectifs spécifiques

Pour atteindre l'objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été formulés :

- Concevoir l'ouvrage sur le plan architectural et structural ;
- Dimensionner les éléments de la structure portante ;
- Assurer l'alimentation en eau et en électricité de l'ouvrage ;
- Evaluer les impacts environnementaux et sociaux du projet et d'en proposer des mesures d'atténuation ;
- Estimer le coût du projet et planifier l'exécution des travaux.

Pour parvenir à une étude la plus exhaustive possible, notre plan de travail se structurera comme suit :

- Un premier chapitre qui présentera la zone d'étude ;
- Un second qui présentera la méthodologie de travail ;
- Un troisième qui portera sur la conception du projet ;
- Un quatrième et cinquième qui détailleront l'étude technique ;
- Enfin un sixième qui se concentrera sur les études d'impacts et la planification du projet.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le Bâtiment sujet à notre étude est un établissement recevant du public (E.R .P de type U, 3ème catégorie) constitué de trois niveaux, présentant une surface au sol de 724,89 m² et une hauteur de 15,51 m par rapport au sol. Les différents niveaux sont principalement à usage de bureaux. L'ouvrage sera implanté dans la Ville de Niamey (capitale du Niger).

I. Bref aperçu sur la ville de Niamey

Niamey est la capitale du Niger, située sur le fleuve Niger dans l'extrême ouest du pays. D'une superficie de 240 km², elle est construite sur un plateau surplombant la rive gauche du fleuve Niger et sur une plaine alluviale de sa rive droite, entre 180 et 240 m d'altitude. Elle est limitée :

- Au nord par la République du Mali ;
- A l'est par les régions de Tahoua et Dosso ;
- Au sud par le Bénin ;
- A l'ouest par le Burkina Faso.

❖ Climat et Sol

La région connaît un climat de type sahélien caractérisé par une saison de pluie qui s'étend de Juin à Septembre, et une saison sèche (Octobre à Mai).

Sur le plan pédologique, on distingue trois types de sols :

- Les sols des plateaux cuirassés, qui sont très dégradés et n'offrent aucune possibilité agricole du fait de leur profondeur, et surtout de leur extrême aridité ;
- Les sols à texture sableuse incluant les sols ferrugineux tropicaux des vallées sablonneuses. Ils sont utilisés à des fins agricoles pendant l'hivernage et exposés à une dégradation continue en raison du manque de jachère ;
- Les sols idiomorphes localisés dans la vallée du fleuve Niger. Ils sont réservés aux cultures de contre saison.

❖ **Activités agricoles**

Le niveau des précipitations (en moyenne 750 mm), la présence du fleuve Niger et de quelques affluents en font une région propice pour l'agriculture dans la partie sud-ouest. Elle produit 75 % du riz du pays, 18 % du mil, du sorgho et des cultures maraîchères.

La région élève 21 % des bovins du pays, 19 % des ânes, 14 % des ovins, 13 % des chèvres. Avec la région de Tillabéry, elle représente la première fournisseuse de poisson du pays.

II. Localisation géographique du site

Le site du projet est localisé dans la ville de Niamey comme illustré ci-après :

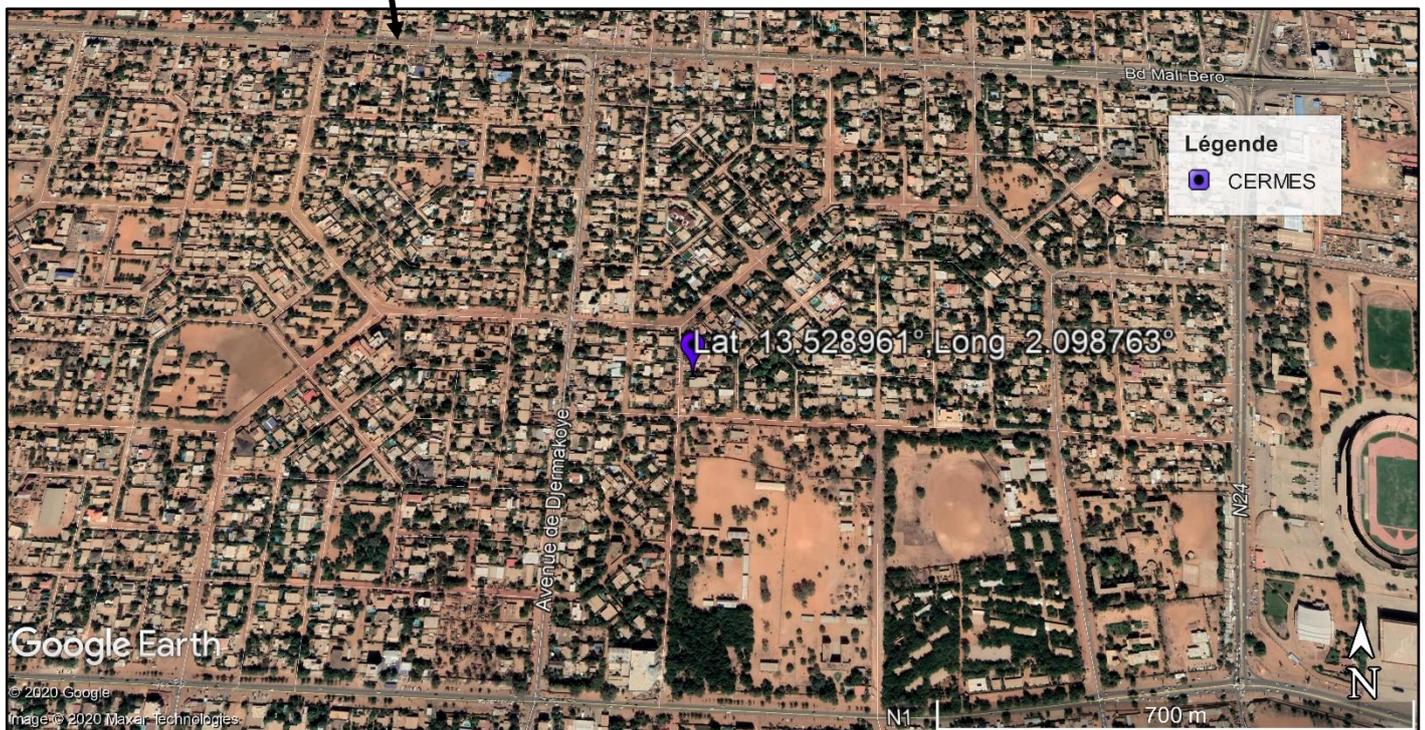
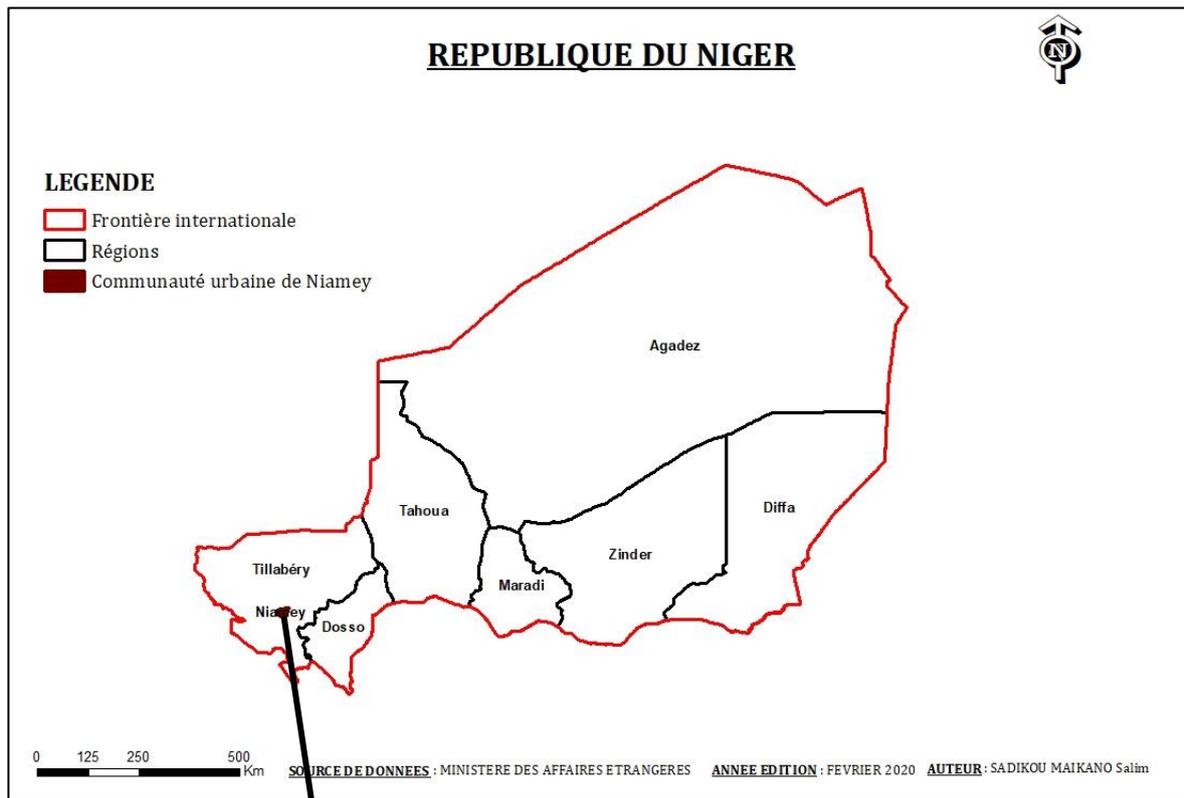


Figure 1 : Localisation géographique du site

Source : Google Earth et Arc Gis

III. Présentation de la structure d'accueil

A. Domaines d'intervention

AGECRHAU SARL est un bureau d'études, de recherche, de conseil, d'expertise, de suivi et contrôle des travaux dans les domaines suivants :

- Architecture, Urbanisme, Aménagement urbain ;
- Génie civil-Bâtiment, routes et T.P ;
- Hydraulique urbaine, villageoise, agricole et pastorale ;
- Études et conception des réseaux d'assainissement ;
- Environnement, Aménagement et équipement de l'espace rural ;
- Expertise des projets de développement, montage des projets ;
- Assistance technique dans les domaines sus cités.

B. Les principales missions

Le bureau d'études AGECRHAU SARL, a pour mission d'accompagner les entreprises, pour assurer une bonne exécution des travaux conformément au dossier d'appel d'offre (DAO) et aux règles de l'art.

Les missions consistent entre autres à :

- Gérer les marchés et donner les instructions nécessaires aux entreprises, pour exécuter les -travaux conformément aux spécifications techniques, délai stipulé dans le contrat et aux règles de l'art ;
- Accompagner les entreprises dans la compréhension des travaux qu'ils auront à réaliser ;
- Vérifier la conformité des travaux à exécuter conformément aux spécifications du DAO ;
- Assurer le pilotage de chantier, au vu de l'existence des corps d'états séparés ;

Examiner, vérifier et approuver les attachements présentés par les entreprises pour l'exécution des acomptes ;

- Etablir les rapports mensuels et définitifs sur les projets relatant les problèmes administratifs, financiers et techniques.

C. Organigramme

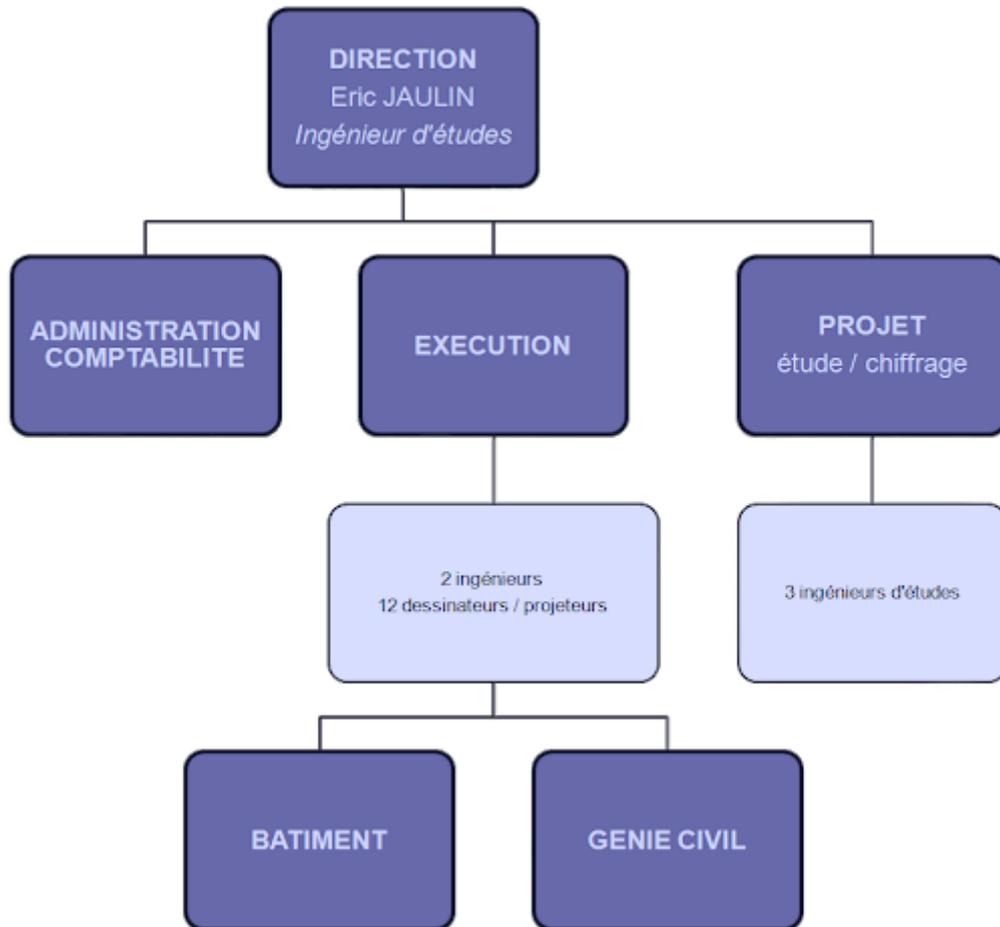


Figure 2 : Organigramme bureau d'études AGE CRHAU SARL

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Nous décrivons dans cette présente partie, la méthodologie adoptée pour atteindre les résultats de l'étude, de répondre donc aux objectifs fixés.

Elle est décrite comme suit :

I. Analyse des données

Elle repose sur les informations suivantes :

❖ Caractéristiques géotechniques du site

L'étude du sol effectuée a révélé les résultats ci-après :

- La profondeur d'ancrage de la fondation : 1,80 m
- La Contrainte admissible du sol support $\sigma = 0,20$ MPA

❖ Matériaux de construction

➤ Eléments résistants (Ossature)

Le Cahier des charges de notre projet a prescrit pour l'ossature de l'ouvrage, l'utilisation du béton armé (matériau de construction de classe M0).

Le béton armé, de par son aspect économique et parce qu'il offre aux constructeurs une variété de formes, de teintes et d'aspects de plus importants, est le matériau le plus utilisé dans le monde de la construction avec beaucoup d'autres avantages comme par exemples : Souplesse d'utilisation, Durabilité, Résistance au feu.

Notre ouvrage étant un ERP, il convient de choisir un matériau de construction respectant les exigences du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique. Le degré de coupe-feu (temps pendant lequel un élément structurel peut jouer le rôle qui lui est dévolu malgré l'action de l'incendie) exigé est de deux heures de temps (2h). C'est dans ce contexte que le cahier des charges du projet a préconisé le matériau béton armé pour réaliser la présente partie de l'ouvrage. C'est un matériau hétérogène constitué des éléments ci-après :

Béton

Le béton est un matériau constitué par le mélange, dans les proportions convenables de ciment, de granulats (sables et gravillon) et de l'eau et éventuellement de produits d'addition (adjuvant). Le mélange obtenu est une pâte qui durcit rapidement et résiste bien à la compression.

Acier

Le matériau acier est un alliage Fer et Carbone en faible pourcentage. L'acier est un matériau caractérisé par une bonne résistance aussi bien en traction qu'en compression ; Sa bonne adhérence au béton, en constitue un matériau homogène.

➤ **Second œuvre**

Le cahier des charges a décrit les matériaux pour cette partie de l'ouvrage comme suit :

Tableau 1 : Matériaux de construction des éléments du second œuvre

Désignation	Matériau
Plomberie	PVC (polychlorure de vinyle) et PPR (polypropylène random)
Revêtement du plafond	Enduit de plâtre
Revêtement murs extérieurs et cloisons	Enduit de ciment
Habillage architectural	Enduit de ciment
Revêtement des planchers et murs	-Carreaux gré cérames -Carreaux anti dérapant
Revêtement plancher-terrasse	Etanchéité multicouche
Menuiserie	Acier et verre
Peinture	Lisse (à huile)

II. Usage des règlements et normes

- **Règles BAEL 91 révisées 99** : qui sont des règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites, à savoir l'état limite ultime (ELU) et l'état limite de service (ELS) ;
- **NF P 06-004 et NF P 06-001** : normes de calcul définissant respectivement les charges verticales permanentes et variables agissant sur l'ouvrage ;
- **NF DTU 13.12** : normes de conception des fondations ;
- **NF DTU 60.11** : normes de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales ;
- **CREPA** : méthode de calcul des systèmes d'assainissement autonome ;
- **NF DTU 20.1** : normes fixant les différentes caractéristiques et dimensions des maçonneries de remplissage ;
- **NF C 15-100** : normes fixant les dispositions liées aux installations électriques à l'intérieur des logements ;
- Règlements de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public.

III. Utilisation des logiciels

Les logiciels suivants ont été usités dans le cadre de la présente étude :

- **MICROSOFT WORD** : traitement de texte
- **MICROSOFT EXCEL** : tableur et création de graphiques
- **GOOGLE EARTH** : Localisation satellitaire du site du projet
- **ARCGIS** : Localisation cartographique du site du projet
- **REVIT** : Production des plans architecturaux
- **AUTOCAD** : Production des plans d'exécution
- **ROBOT CBS (Concrete Building Structure)** : Descente de charges et pré dimensionnement des éléments porteurs du bâtiment
- **ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS** : Analyse des éléments porteurs
- **CYPE CAD** : Production des plans de ferrailage

IV. Le calcul manuel

Il est utilisé pour étudier les éléments porteurs et systèmes des réseaux divers. Aussi cette méthode est utilisée pour vérifier les résultats obtenus avec les logiciels.

CHAPITRE III : CONCEPTION DU PROJET

La présente étude permettra au maître d'œuvre (AGECRHAU SARL) de planifier l'organisation spatiale des besoins (programme) établis par le maître de l'ouvrage (client), et d'en choisir une ossature pour supporter le bâti.

I. Conception architecturale

L'analyse du programme établi par le maître de l'ouvrage a fait ressortir les plans architecturaux illustrés dans l'ANNEXE I. Cette étude a été menée en utilisant l'ouvrage d'Ernst NEUFERT traitant de la conception architecturale des bâtiments et de l'application partielle des exigences HQE quant à la gestion de l'énergie dans la conception des projets de bâtiments. Ci-après, nous pouvons observer la vue perspective de l'ouvrage :



Figure 3 : Vue perspective de l'ouvrage

II. Conception structurale

L'objet de cette partie est de proposer pour notre bâtiment, une structure capable de fournir aux futurs usagers une résistance face aux charges agissantes et un minimum de confort.

Une structure décrit d'une manière générale, la façon dont les éléments participants d'un système sont organisés entre eux. C'est un assemblage d'éléments structuraux, c'est-à-dire porteurs, qui assurent l'intégrité d'une construction et le maintien des éléments non structuraux (équipements, garnissage...).

A. Système structurel

L'ossature adoptée pour l'ouvrage est une ossature auto-stable plancher-poutres-longrines-poteaux pour les raisons suivantes :

- Souplesse et liberté architecturale
- Liberté dans le choix des formes
- Mise en œuvre très simple
- Bonne résistance au feu
- Grands espaces et larges ouvertures
- La durabilité, entretien

Le contreventement de ce bâtiment est assuré par des maçonneries de remplissage externes et internes.



Figure 4 : Ossature du bâtiment

B. Planchers

Les planchers déterminent les différents niveaux d'une construction et supportent les revêtements. Leur rôle est de résister aux charges permanentes et surcharges des mobiliers. Ils jouent aussi le rôle d'un isolant phonique et thermique entre les étages du bâtiment. Pour ce projet, nous avons les planchers ci-après :

❖ Dalle creuse

Elle est localisée aux niveaux courants et au niveau de la toiture terrasse accessible :

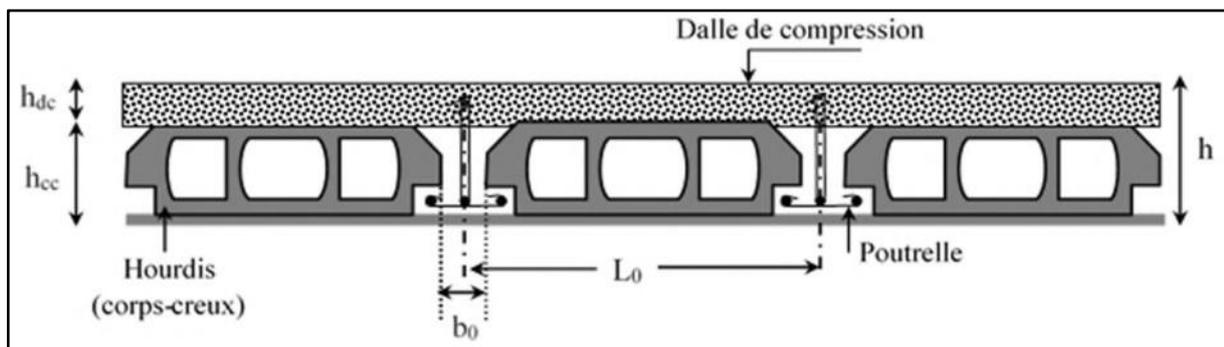


Figure 5 : Dalle creuse

Les raisons suivantes ont motivé notre choix pour ce plancher :

- Une bonne compétitivité économique
- Elimine le poids propre inutile, ce qui a pour effet d'alléger la descente de charges et de réduire les dimensions des éléments structuraux ;
- Supporte de fortes surcharges $> 250 \text{ dan/m}^2$;
- Présente une bonne isolation phonique et thermique ;
- Une grande facilité de mise en œuvre, sans moyens de manutentions, puisque manuel ;
- Une bonne disponibilité des matériaux nécessaires à sa mise en œuvre

❖ Dalle pleine

Elle est localisée au niveau des balcons de la structure.

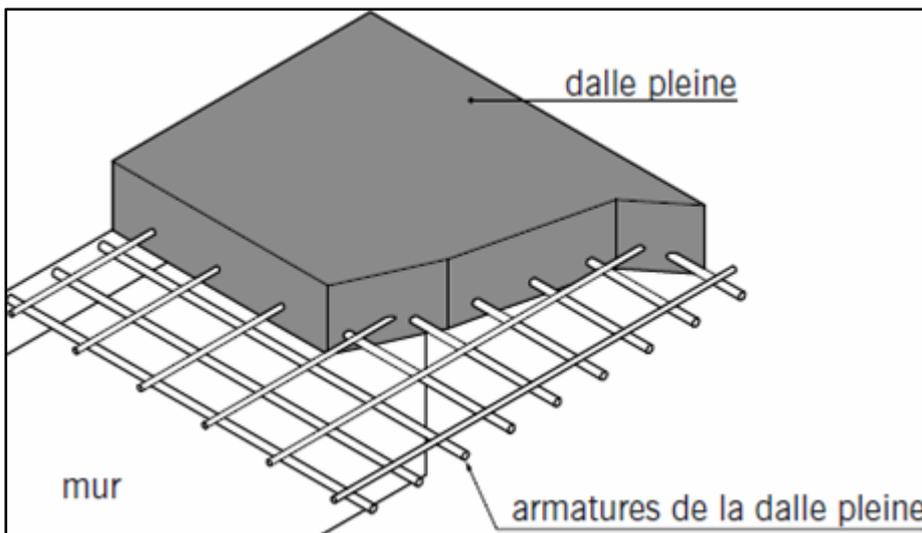


Figure 6 : Dalle pleine

Il faut préciser que le dallage (plancher bas du RDC) est désolidarisé de la structure et sera en béton armé posé sur une plateforme, voir l'illustration ci-après :

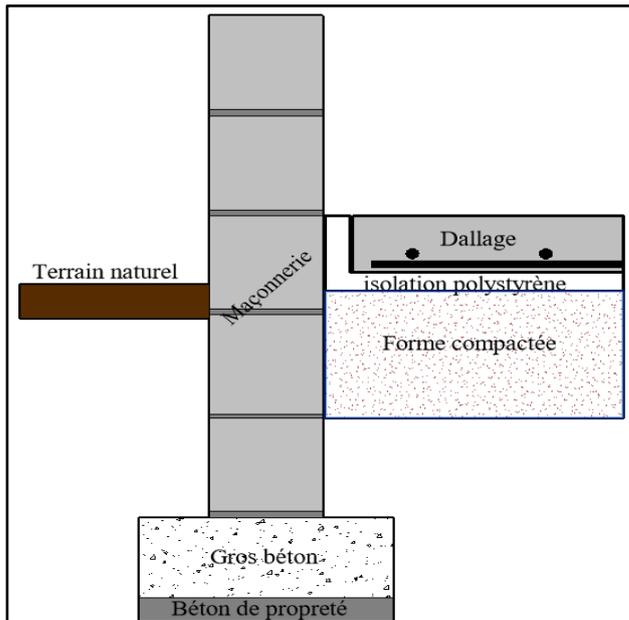


Figure 7 : DALLAGE DU PLANCHER BAS DU RDC

C. Maçonnerie de remplissage

Notre choix s'est porté sur les maçonneries d'agglomérés (parpaings), car en plus d'être économiques, ils assurent un minimum de confort tout en remplissant les conditions du DTU 20.1 :

- Stabilité mécanique sous les sollicitations normales provenant des charges appliquées ;
- La sécurité en cas d'incendie ;
- Satisfactions aux exigences thermiques et acoustiques ;
- l'étanchéité à la pluie pour les parois extérieures.

Nous avons deux types de parpaings et qui sont décrits ci-après :

Tableau 2 : Maçonneries de l'ouvrage

Source : DTU 20.1

Type agglos	Classe	Dimensions (cm)	Résistance mécanique (MPa)	Résistance thermique (m ² .k/w)	Affaiblissement acoustique (dB)
Creux	B 40	15 * 20 * 40	4	0,13	45
pleins	B 60	20 * 20 * 40	6	0,12	55

Les agglos pleins sont utilisés pour les murs de façade et les murs de fondation, tandis que les agglos creux sont utilisés pour les murs intérieurs (cloisons) du bâtiment.

D. Circulation verticale

La circulation verticale entre les différents niveaux de l'ouvrage est assurée par des escaliers droits à double paliers.



Figure 8 : Escalier droit à double paliers de l'ouvrage

CHAPITRE IV : ETUDE STRUCTURALE

La présente partie a pour but d'analyser et de calculer l'ossature de l'ouvrage afin de produire les plans d'exécutions.

I. Hypothèses

Les hypothèses suivantes serviront de base pour la présente étude :

❖ Les actions

Les actions ou charges sont les forces agissant sur l'ossature. On en distingue les suivantes dans le cadre de ce projet :

➤ Les charges permanentes (G) :

Les charges permanentes sont définies par la norme **NF P 06-001** pour le calcul des structures :

✚ Poids propres

Les poids propres seront évalués avec un poids volumique de béton de 25 kN/m^3 .

- Pour les dalles : Poids volumique * épaisseur (kN/m^2)
- Pour les poutres : Poids volumique * section (kN/ml)
- Pour les poteaux : Poids volumique * section * hauteur (kN)

✚ Surcharges

Il s'agit des revêtements sur les planchers et les différents types d'enduits. Elles seront définies et mieux détaillées au niveau de la descente de charges sur les éléments structuraux en fonction du type et du niveau des planchers.

➤ Charges d'exploitation (Q)

Elles résultent de l'exploitation directe de la construction et sont donc constituées par le poids des utilisateurs et des équipements nécessaires à l'utilisation des locaux.

La norme **NF P 06-001** définit les cas de charges d'exploitation ci-après :

- Pour le plancher-terrasse accessible : 1 kN/m^2
- Pour les planchers courants : $2,5 \text{ kN/m}^2$
- Pour les Balcons : $3,5 \text{ kN/m}^2$
- Pour les escaliers : $2,5 \text{ kN/m}^2$

❖ Etats limites

On appelle état limite, un état particulier au-delà duquel une structure cesse de remplir les fonctions pour lesquelles elle a été conçue.

D'après les règles BAEL 91, on distingue deux états limites :

➤ ELU

Cet Etat permet de justifier généralement la résistance de la structure.

Les hypothèses de calcul sont énumérées ci-dessous :

- Conservation des sections planes avant et après déformations ;
- La résistance du béton à la traction est négligeable ;
- Pas de glissement relatif entre l'acier et le béton ;
- Les déformations des sections sont limitées ;
- Raccourcissement ultime du béton :

-En flexion : $\epsilon_b = 3,5 ‰$

-En compression : $\epsilon_b = 2 ‰$

- L'allongement ultime de l'acier est limité à 10 ‰

➤ ELS

Cet Etat permet de justifier le comportement en service de la structure.

Les hypothèses de calcul sont énumérées ci-dessous :

- Les sections droites restent planes après déformation ;
- Le béton a une résistance supposée nulle ;
- Il n y a pas de glissement relatif entre l'acier et le béton ;
- Les contraintes de compression pour le béton et de traction pour l'acier sont supposées proportionnelles à leur déformation élastique.

❖ Caractéristiques mécaniques des matériaux

➤ Le béton

✚ Résistance caractéristique à la compression

Un béton est défini par sa résistance à la compression à 28 jours d'âge noté f_{c28} . Pour le présent projet on adoptera $f_{c28} = 20$ MPa avec l'hypothèse que le chantier sera convenablement outillé et régulièrement contrôlé.

✚ Résistance caractéristique à la traction

Conventionnellement, elle est déduite de celle à la compression par la formule suivante :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 * f_{cj}$$

Pour le cas présent : $f_{t28} = 1,8$ MPa

✚ Calcul à l'E.L.U

Contrainte limite à la compression

$$f_{bu} = \frac{0,85 * f_{cj}}{\Theta * \gamma_b}$$

γ_b : = 1,50 en situation courante.

Θ : Coefficient qui est fonction de la durée d'application des actions = 1 pour une durée d'application des charges supérieure à 24 heures (24h).

Pour notre projet : $\gamma_b = 1,50$ et $\Theta = 1$ —→ $f_{bu} = 11,33$ MPa

Contrainte limite de cisaillement

$$\tau_{ul} = \min \left(\frac{0,2 * f_{cj}}{\gamma_b} ; 5 \text{ MPa} \right) \quad \longrightarrow \quad \text{pour la fissuration peu préjudiciable}$$

Pour notre projet $\gamma_b = 1,50$ et $\Theta = 1$ —→ $\tau_{ul} = 2,60$ MPa

$$\tau_{ul} = \min \left(\frac{0,15 * f_{cj}}{\gamma_b} ; 4 \text{ MPa} \right) \quad \longrightarrow \quad \text{pour la fissuration préjudiciable ;}$$

Pour notre projet $\gamma_b = 1,50$ et $\Theta = 1$ —→ $\tau_{ul} = 2,00$ MPa

✚ Calcul à l'E.L.S

Contrainte de service à la compression

$$f_{bser} = \sigma_{bc} = 0,6 * f_{c28} \text{ MPa}$$

Pour notre projet $\sigma_{bc} = 12 \text{ MPa}$

Module d'élasticité instantané

Lorsque la contrainte longitudinale appliquée est inférieure à 24 heures, il résulte un module égal à :

$$E_{ij} = 11\,000 * (f_{cj})^{1/3}$$

Pour notre projet $\longrightarrow E_{ij} = 29\,858,594 \text{ MPa}$

Module d'élasticité différée

Lorsque la contrainte transversale normale appliquée est de longue durée, afin de tenir compte de l'effet de fluage du béton, on prend un module égal à :

$$E_{vj} = 3\,700 * (f_{cj})^{1/3}$$

Pour notre projet $\longrightarrow E_{vj} = 10\,043,345 \text{ MPa}$

➤ L'acier

Les aciers utilisés sont de type FeE 500.

Tableau 3 : Caractéristiques des aciers FeE500

Nuance	Limite élastique Fe (MPa)	Allongement à la rupture (%)	Résistance à la rupture Fr (MPa)	Coefficient de scellement	Coefficient de fissuration (η)
FeE500	500	550	12	1,5	1,6

- Résistance à la rupture $F_r = 12 \text{ MPa}$;
- Module d'élasticité longitudinal : $E_s = 200\,000 \text{ MPa}$

✚ Calcul à l'E.L.U

$$f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

γ_s : coefficient de sécurité = 1,15 en situation durable ou transitoire

Pour notre projet $f_e = 500$ et $\gamma_s = 1,15 \longrightarrow f_{su} = 434,78 \text{ MPa}$

Calcul à l'E.L.S

Fissuration préjudiciable

$$\xi = \text{Min} \{0,67f_e ; \text{Max} [0,5f_e ; 110\sqrt{\eta * f_{t28}}]\}$$

η : Coefficient de fissuration = 1,6 Pour les aciers HA

$$\xi = \text{Min} \{335; \text{Max} [250 ; 110\sqrt{1,6 * 2,1}]\} = 250 \text{ MPa}$$

Protection des armatures

Dans le but d'avoir un bétonnage correct et prémunir les armatures des effets des intempéries et des agents agressifs, on doit veiller à ce que l'enrobage (C) des armatures soit conforme aux prescriptions suivantes :

- $C \geq 5 \text{ cm}$: pour les éléments exposés à la mer, aux embruns ou aux brouillards salins ainsi que pour les éléments exposés aux atmosphères très agressives ;
- $C \geq 3 \text{ cm}$: Pour les parois soumises à des actions agressives, ou des intempéries, ou des condensations, ou encore au contact d'un liquide ;
- $C \geq 1 \text{ cm}$: Pour les parois situées dans des locaux non exposés aux condensations

Nous convenons de prendre un enrobage de 2,5 cm en superstructure et de 3 cm en infrastructure.

III. Etude des planchers à corps creux

(Voir détails en ANNEXE II)

A. Pré dimensionnement

Le pré-dimensionnement a pour but le pré calcul des sections des différents éléments résistants. Elle sera effectuée selon les règles du B.A.E.L 91. Pour assurer une meilleure stabilité de l'ouvrage, il faut que tous les éléments de la structure soient pré dimensionnés de telle manière à reprendre les Charges agissant sur l'ouvrage.

Pour uniformiser leurs épaisseurs, nous avons identifié le panneau de plancher ayant la plus grande portée entre nu d'appuis dans le sens parallèle aux poutrelles :

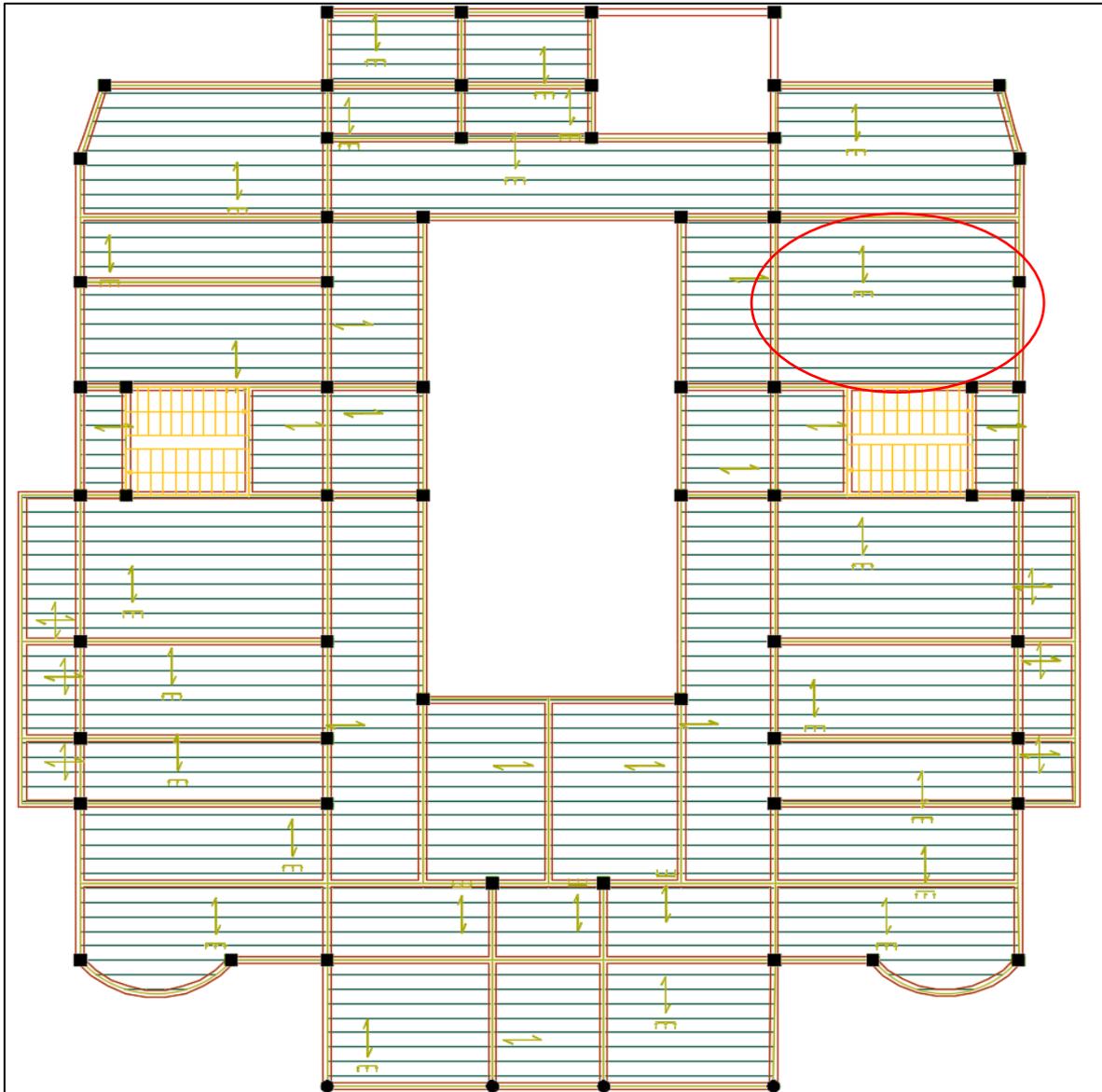


Figure 9 : Identification du panneau de plancher ayant la plus grande longueur

L'épaisseur (h_t) du plancher est calculée de façon à minimiser la flèche durant la vie de l'ouvrage à partir de la relation :

$$h_t \geq \frac{L}{22,5}$$

L : portée maximale de la poutrelle entre nu d'appuis = 4 m

L'épaisseur obtenue après calcul est $h_t = 20$ cm

Les corps creux ou hourdis sont de de type 20 cm * 16 cm * 50 cm.

Donc :

h_c : Hauteur des corps creux égale à 16 cm ;

h_0 : Épaisseur de la dalle de compression égale à 4 cm.

❖ **Pré dimensionnement des poutrelles**

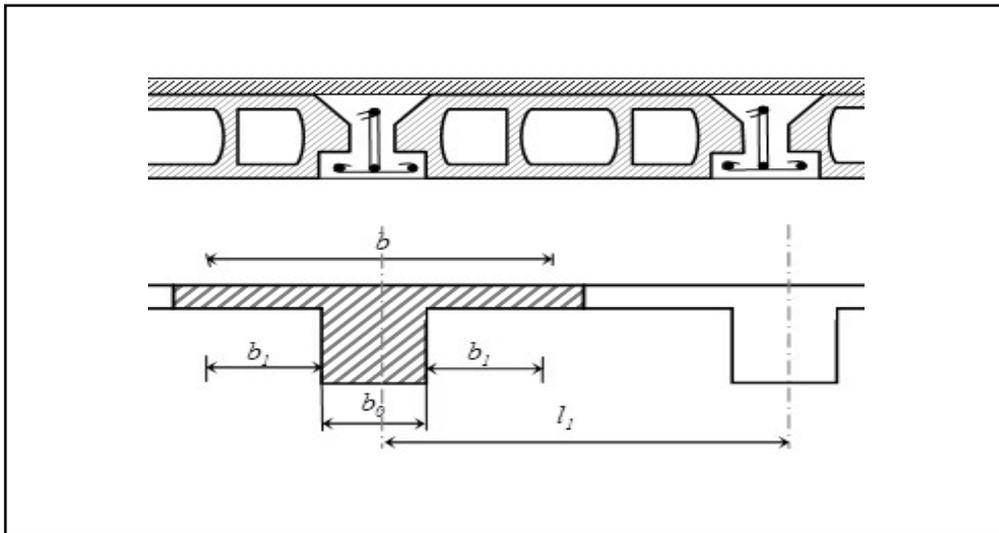


Figure 10 : Dimensions des poutrelles

b_0 est pris égal à 12 cm selon BAEL pour des raisons pratiques.

h_0 (épaisseur de la table de compression) = 4 cm.

l_1 : entre-axes entre deux poutrelles consécutives = 60 cm

l : longueur maximale entre nus d'appuis = 4 m

b_1 : = 24 cm

b : largeur de la table de compression = 60 cm.

B. Descente de charges (manuelle)

❖ **charges surfaciques sur planchers**

Tableau 4 : Charges surfaciques sur les planchers

Plancher	Charge Permanente (kN/m ²)	Charge d'exploitation (kN/m ²)
Toiture Terrasse accessible	9,93	1,00
Etages courants	8,55	2,50

➤ **Identification du plancher le plus sollicité**

✚ **Toiture terrasse**

$$G + Q = 9,93 + 1 = 10,93 \text{ kN/m}^2$$

✚ **Etages courants**

$$G + Q = 8,55 + 2,5 = 11,05 \text{ kN/m}^2$$

Nous concluons donc que le plancher haut des étages courants est le plancher le plus chargé, avec une charge surfacique totale de **11,05 kN/m²**.

❖ **Charges linéiques sur les poutrelles**

Tableau 5 : Charges linéiques sur les poutrelles

Poutrelles	Charge permanente (kN/m)	Charge d'exploitation (kN/m)
	5,13	1,50

C. Dimensionnement

❖ **Poutrelles**

➤ **Calcul des sollicitations**

✚ **Moment maximal sur travée**

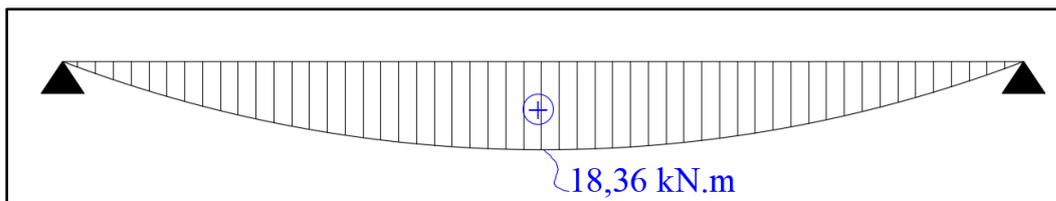


Figure 11 : Diagramme manuel du moment sur travée des poutrelles

✚ Effort tranchant

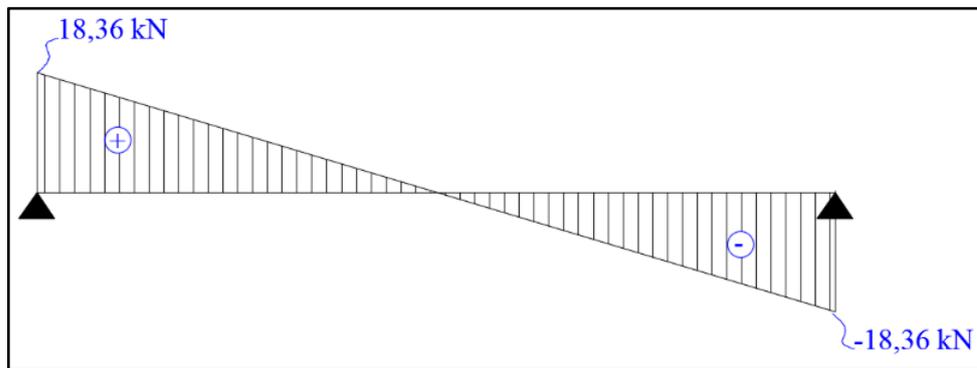


Figure 12 : Diagramme manuel de l'effort tranchant sur poutrelles

➤ Plan d'exécution

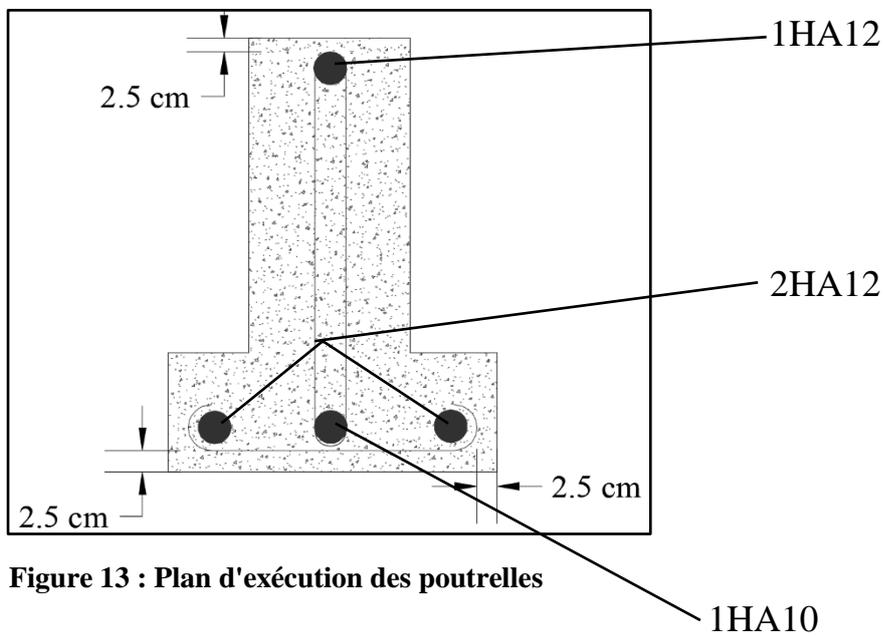


Figure 13 : Plan d'exécution des poutrelles

❖ **Dalle de compression**

➤ **Plans d'exécution**

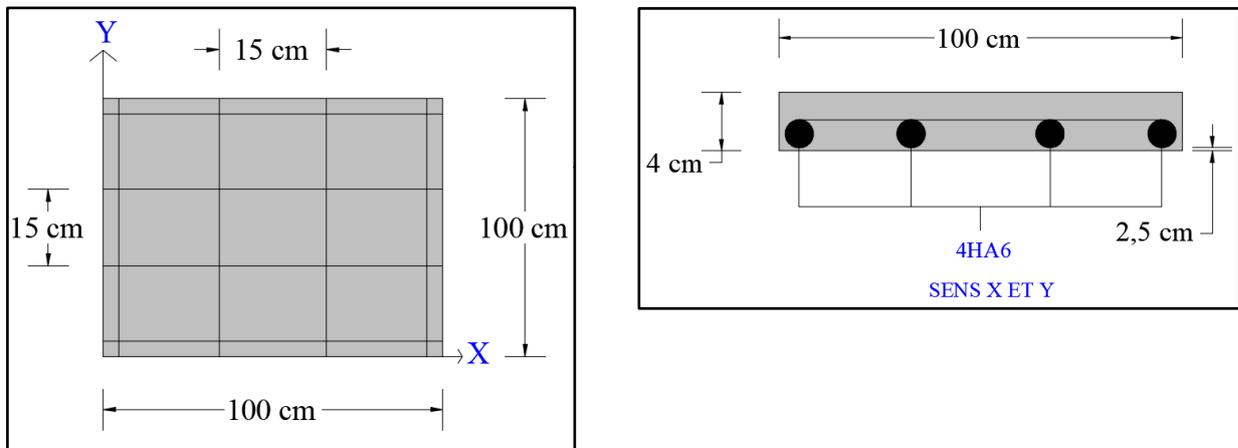


Figure 14 : Plans d'exécution de la dalle de compression

IV. Etude des dalles pleines

(Voir détails en ANNEXE II)

A. Pré dimensionnement

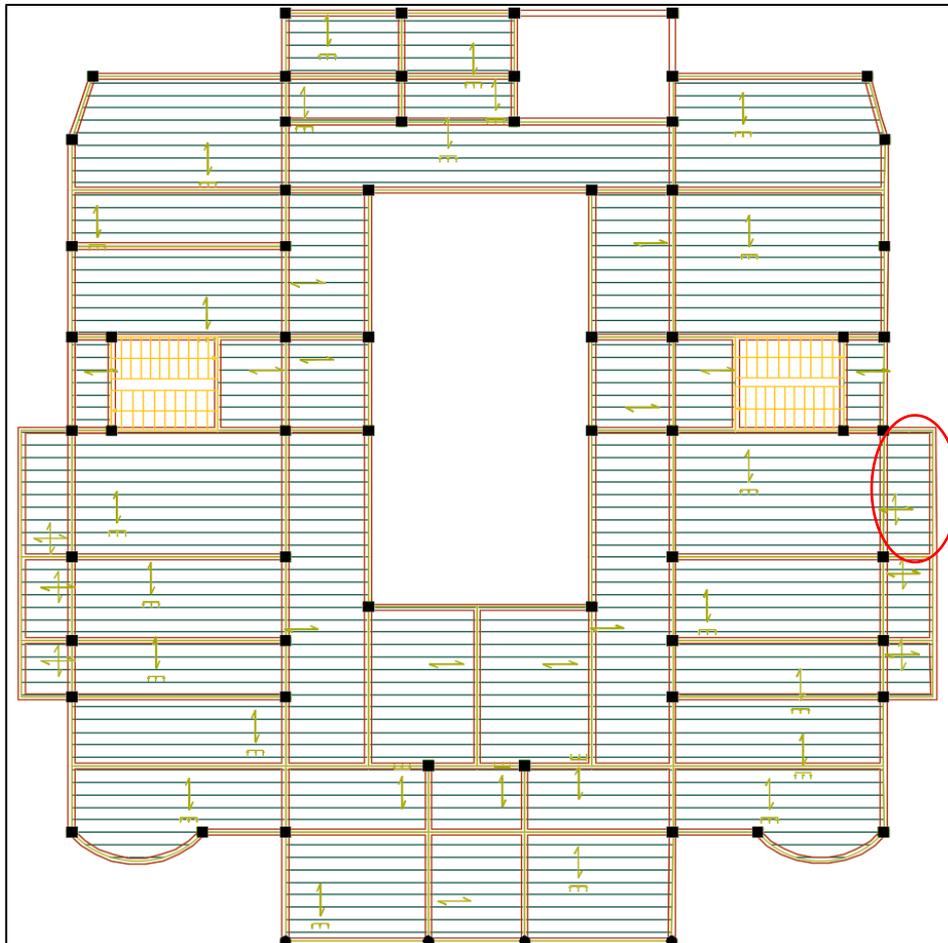


Figure 15 : identification de la plus grande longueur de balcon

Son épaisseur dépend de la condition de rigidité ci-après :

$$h_0 \geq \frac{x}{30}$$

x : largeur maximale des balcons = 1,5 m.

L'épaisseur obtenue est $h_0 = 12$ cm

B. Descente de charges (manuelle)

Tableau 6 : charges sur les balcons de l'ouvrage

Plancher	Charge permanente		Charge d'exploitation	
	Linéaire (kN/m)	Ponctuelle (kN)	Linéaire (kN/m)	Ponctuelle (kN)
Toiture Terrasse	3,76	6,77	3,50	-
Etages courants	4,66	4,13	3,50	-

❖ Identification du balcon le plus sollicité

➤ Toiture terrasse

$$G + Q = 3,76 + 3,5 = 7,26 \text{ kN/m} \text{ et } P = 6,77 \text{ kN}$$

➤ Etages courants

$$G + Q = 4,66 + 3,5 = 8,16 \text{ kN/m} \text{ et } P = 4,13 \text{ kN}$$

Nous concluons donc que les balcons de la toiture terrasse sont les plus chargés.

C. Dimensionnement

❖ Calcul des sollicitations

➤ Moment d'encastrement

✚ Manuellement

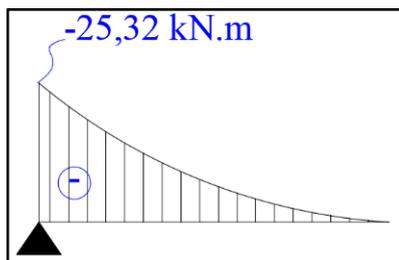


Figure 16 : Diagramme manuel du moment d'encastrement des balcons

 Numériquement

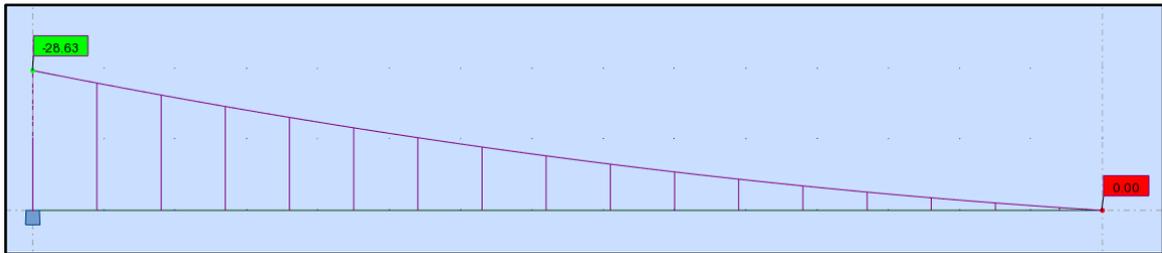


Figure 17 : Diagramme numérique du moment d'encastrement des balcons

➤ Effort tranchant

 Manuellement

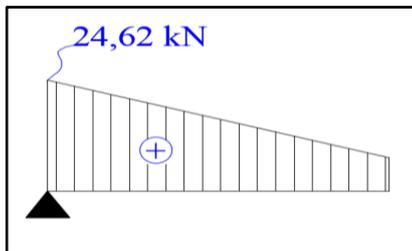


Figure 18 : Diagramme manuel de l'effort tranchant des balcons

 Numériquement

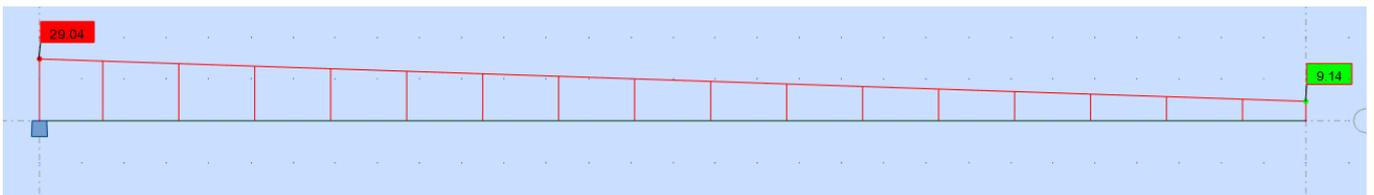


Figure 19 : Diagramme numérique de l'effort tranchant des balcons

❖ **Plan d'exécution**

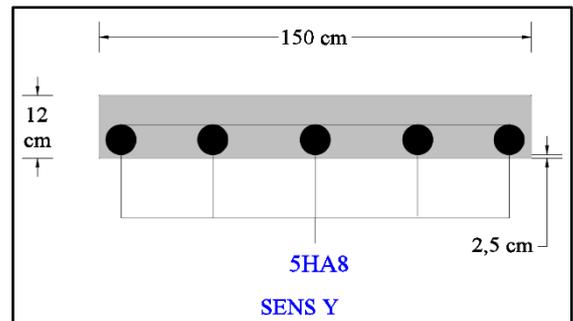
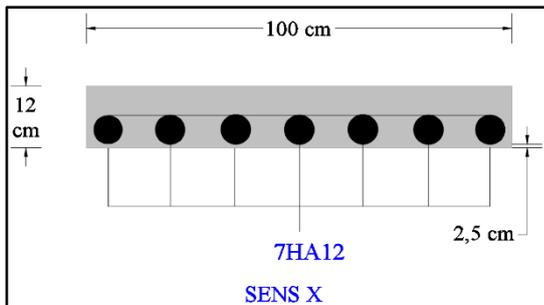
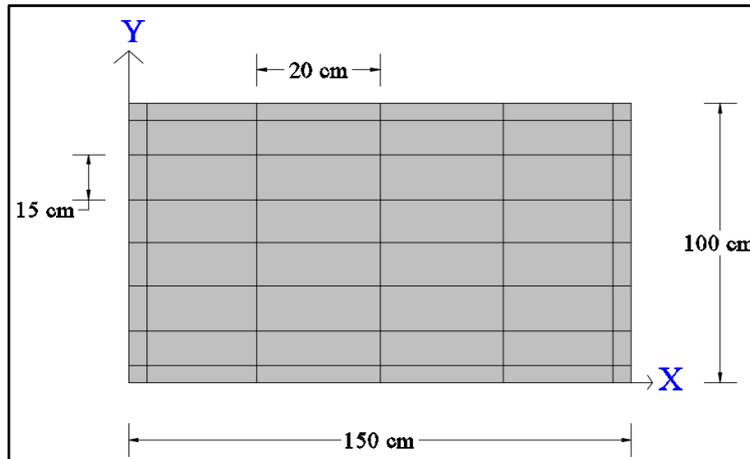


Figure 20 : Plans d'exécution des balcons

V. **Etude des poutres**

A. **Pré dimensionnement**

D'une manière générale, on peut définir les poutres comme étant des éléments porteurs horizontaux, dont les dimensions en section sont très faibles par rapport à la longueur. Dans notre cas, nous en avons deux types :

❖ **Poutres isostatiques : reposant sur deux appuis**

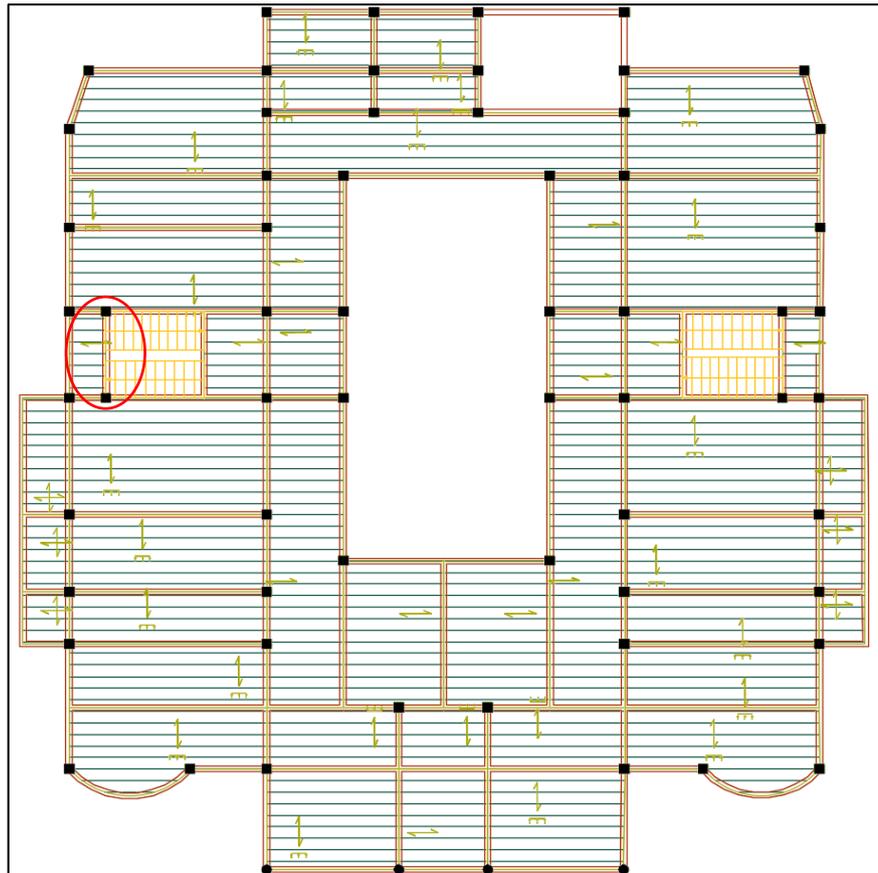


Figure 21 : identification de la plus grande travée de poutre isostatique

Elles sont pré dimensionnées suivant les critères de rigidité ci-après :

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

$$0,30 * h \leq b \leq 0,50 * h$$

h : la hauteur de la poutre ;

b : largeur de la poutre ;

L : la plus grande travée

$$L = 5,02 \text{ m}$$

Poutres isostatiques de section : b * h = 20 cm * 40 cm

❖ Poutres hyperstatiques

Celles-ci reposent sur plus de deux appuis, elles sont donc considérées continues. On distingue parmi celles-ci :

- **Les poutres principales** : Dans le cas d'un plancher à corps creux, ces éléments reçoivent directement les charges du plancher par l'intermédiaire des poutrelles.

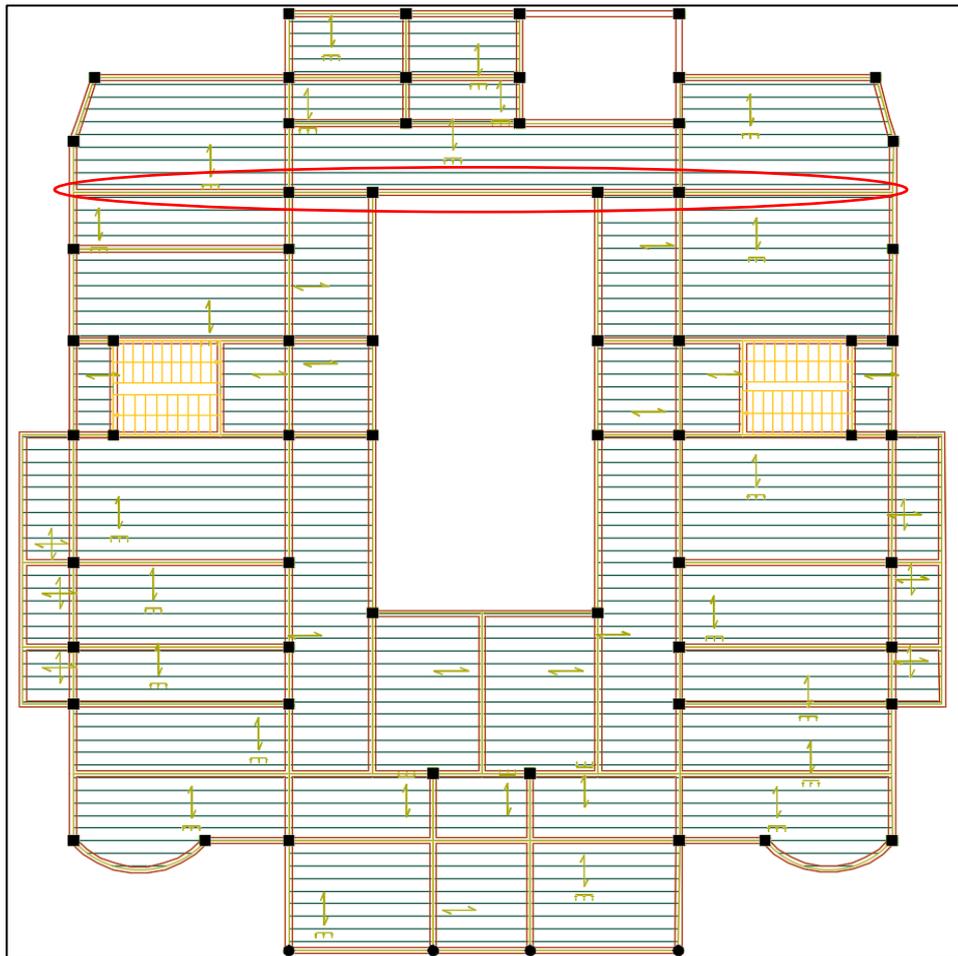


Figure 22 : Identification de la poutre hyperstatique ayant la plus grande travée

Elles sont pré dimensionnées à l'aide des critères de rigidité ci-après :

$$\frac{L}{20} \leq h \leq \frac{L}{16}$$

$$0,30 * d \leq b \leq 0,40 * d \quad \text{avec } d = 0,9 * h$$

h : la hauteur de la poutre ;

d : la hauteur utile ;

b : largeur de la poutre ;

L : la plus grande travée

$$L = 6,65 \text{ m}$$

Poutres principales de section : b * h = 20 cm * 40 cm

- **Les poutres secondaires** : elles reprennent leurs propres poids et liaisonnent les portiques de la structure. Elles sont orientées dans le sens perpendiculaire aux poutres principales.

Elles sont pré dimensionnées en respectant les mêmes conditions que les poutres principales.

L = 4,20 m

Poutres secondaires de sections: b * h = 20 cm * 40 cm

B. Descente de charge (numérique)

Pour identifier la poutre hyperstatique la plus sollicitée, nous devons effectuer une descente de charges sur toutes les poutres du plancher le plus sollicité. Il est à noter que ces dernières transmettront leurs charges aux différents appuis. Les appuis reçoivent les charges des appuis supérieurs, ceux-ci feront aussi l'objet d'une descente de charges dans la suite de ce mémoire. Une modélisation de toute la structure serait donc nécessaire pour faire écouler les charges jusqu'aux fondations. Au vu de la multitude des poutres et appuis, nous avons adopté pour ces éléments, une descente de charges numérique en utilisant le logiciel dédié à cet effet ROBOT CBS.

Nous avons effectué la modélisation comme suit :

❖ Paramétrage du logiciel.

La première chose à faire consiste à paramétrer le logiciel [Outils-Préférences]. Puis nous procédons au paramétrage des matériaux [Edition-Valeurs par défaut-Sections], ensuite [Edition-Valeurs par défaut-Matériaux].

❖ Modélisation des poteaux.

Cette étape commence d'abord par l'importation des axes du dessin tracés à l'aide de l'outil AUTOCAD. Ces axes sont enregistrés sous fichier DXF. Pour cela nous utilisons la commande [Fichier – importer], puis choisir le fichier dxf.

Ensuite nous utilisons la commande « **poteau** » et on les trace suivant le plan importé et en respectant les sections des poteaux pré dimensionnés.

❖ Modélisation des poutres

Les poutres sont modélisées en suivant le même principe que pour les poteaux.

❖ Modélisation des planchers

Pour ce faire, nous sélectionnons l'outil « **dalle** » puis nous choisissons les caractéristiques du plancher.

❖ Modélisation des escaliers

Ils sont modélisés en respectant le même principe que pour les planchers.

❖ **Modélisation du chargement**

Seuls les planchers ont été chargés avec leurs charges respectives. Le logiciel effectuera automatiquement par la suite, la descente de charges sur tous les autres éléments de la structure en tenant compte de la contrainte du sol, les règlements BAEL et ainsi que la combinaison de calcul (ELU : 1,35G+1,5Q). Ci-après, nous pouvons observer le modèle de chargement :

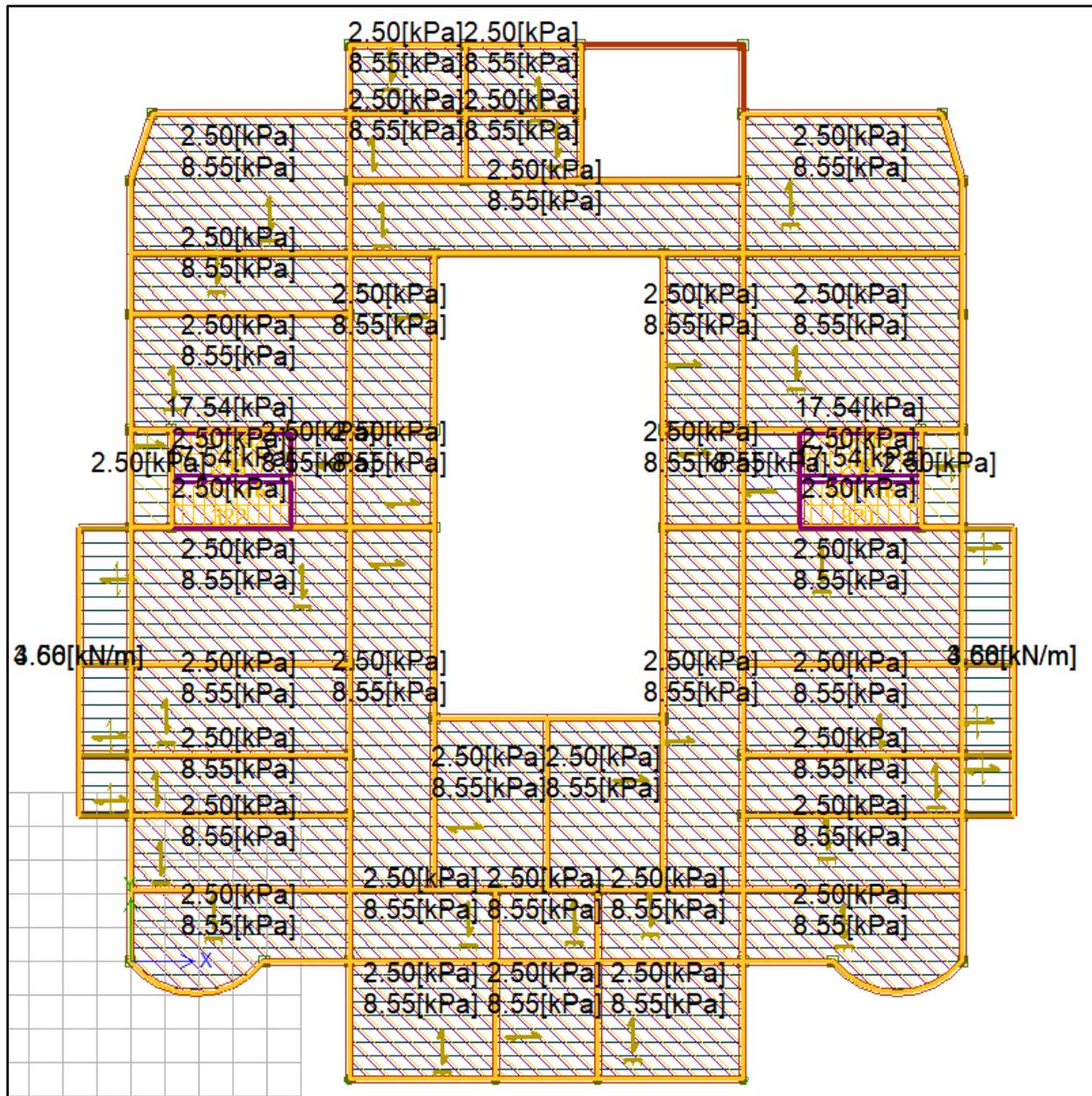


Figure 23 : Modèle numérique de chargement des planchers

Ainsi après application des charges et calcul de la descente de charges, nous obtenons les résultats ci-après :

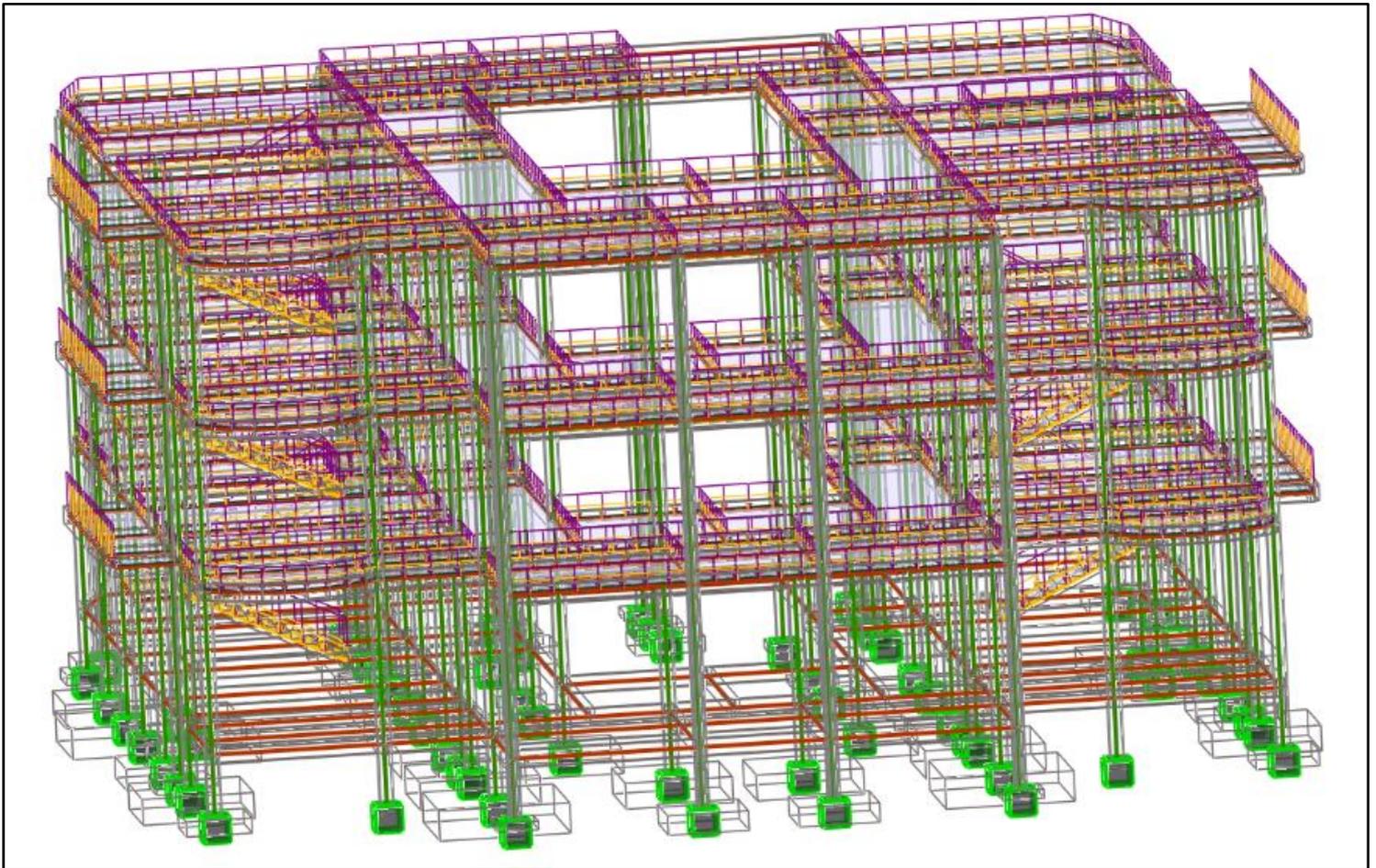


Figure 24 : Perspective du chargement des éléments structuraux

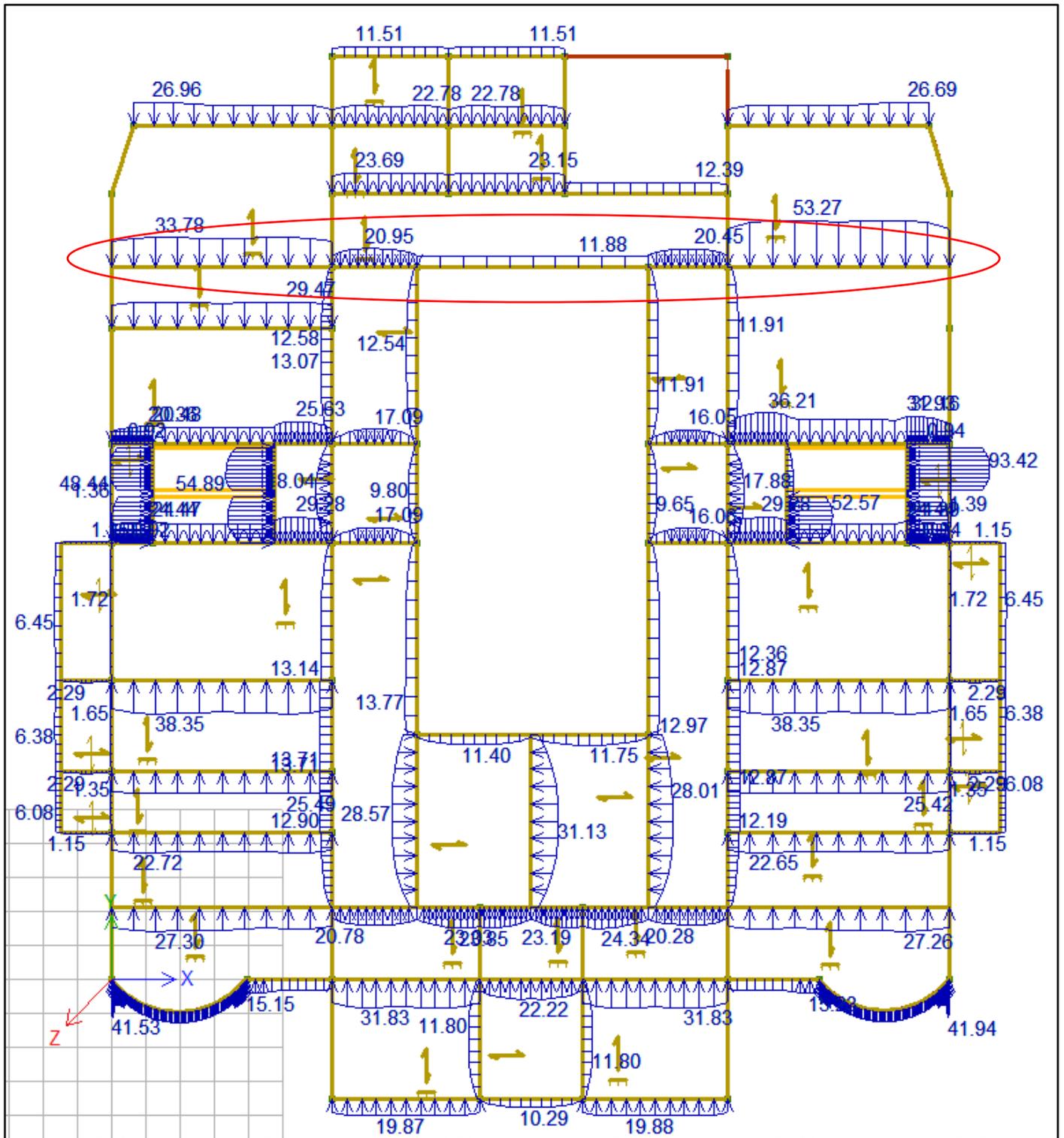


Figure 25 : Résultats de la descente de charges sur les poutres des planchers courants

C. Dimensionnement

Nous dimensionnons la poutre hyperstatique la plus sollicitée de l'ossature.

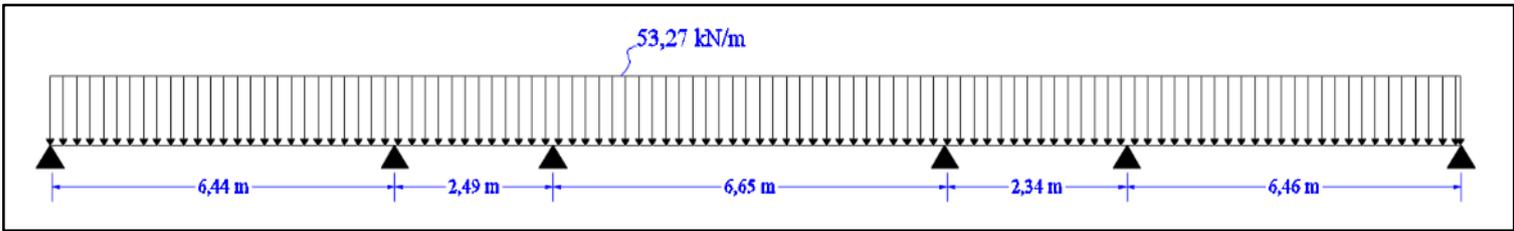


Figure 26 : Modèle statique de la poutre hyperstatique la plus sollicitée

❖ Calcul des sollicitations

➤ Manuellement

📊 Moments maximaux sur appuis et travée

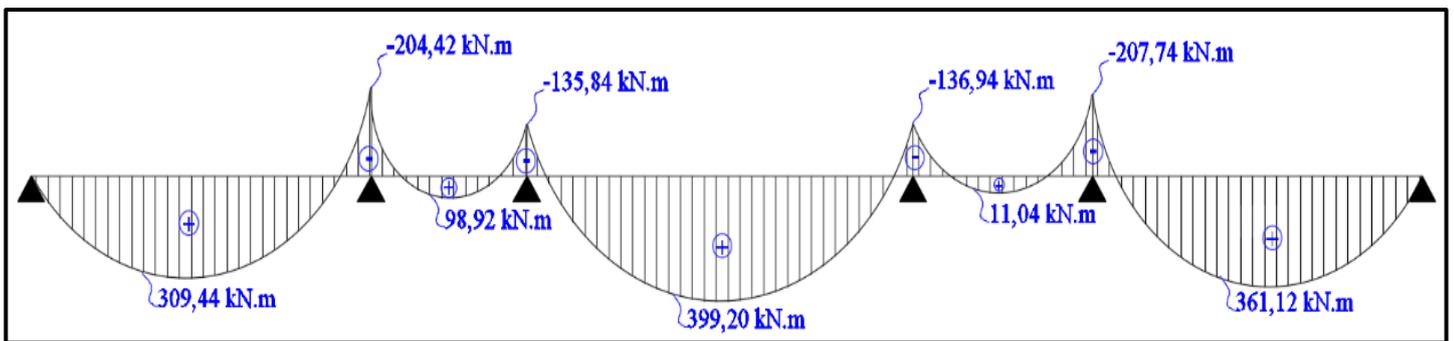


Figure 27 : Diagramme manuel du moment sur la poutre hyperstatique

📊 Efforts tranchants

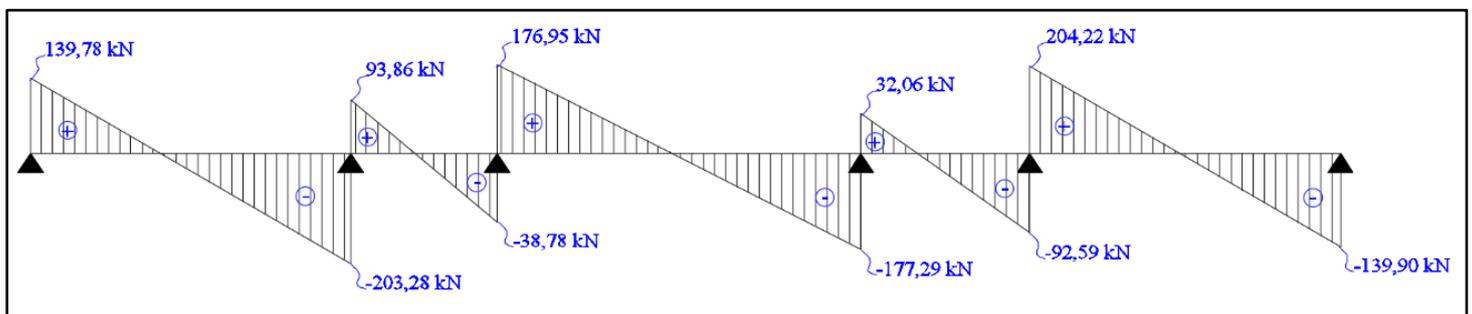


Figure 28 : Diagramme manuel de l'effort tranchant sur la poutre hyperstatique

➤ Plan d'exécution

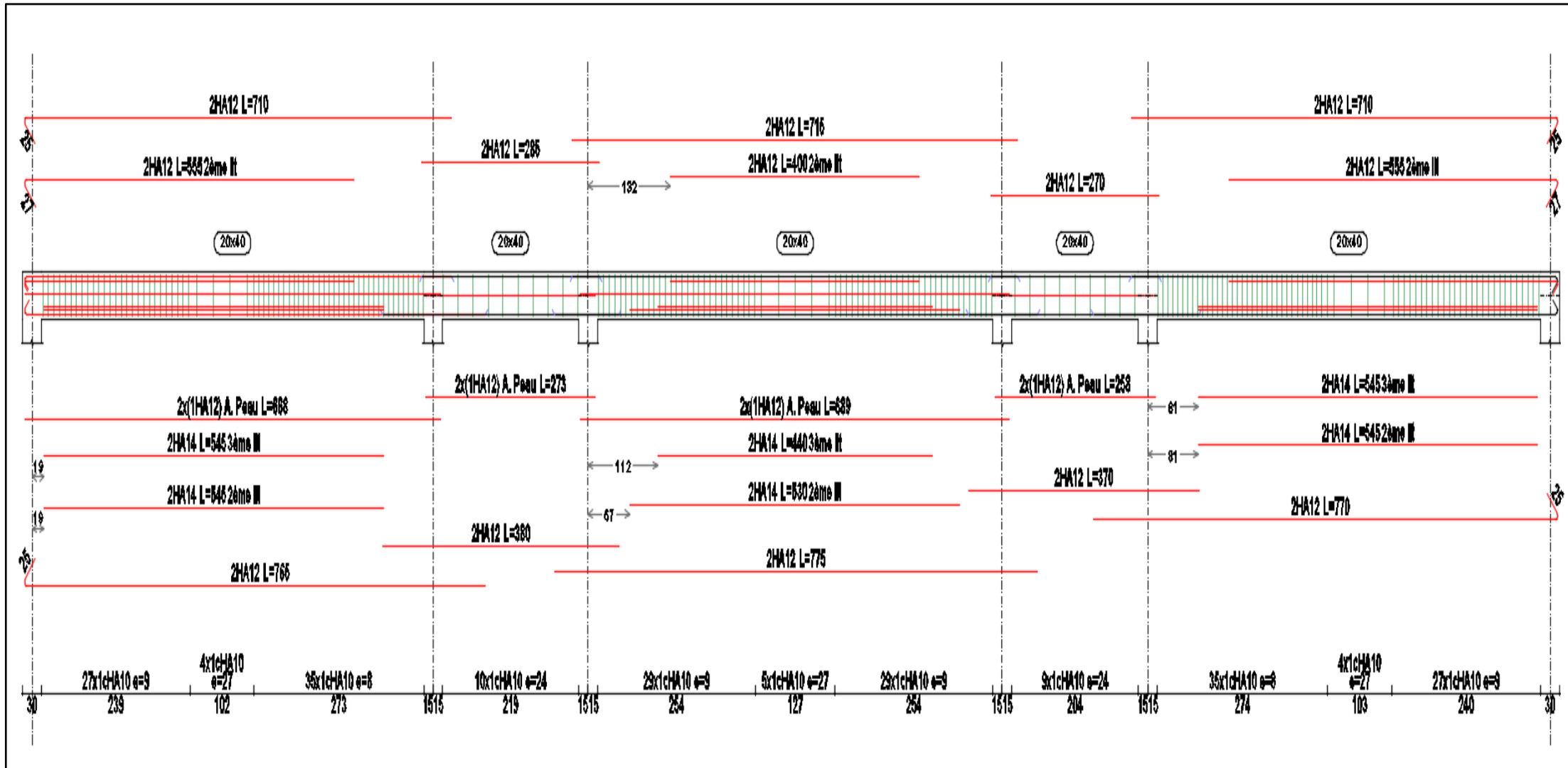


Figure 29 : Plan d'exécution de la poutre hyperstatique

VI. Etude des poteaux

(Voir détails en ANNEXE II)

A. Pré dimensionnement

Nous en avons deux types, à savoir des poteaux à section carrée et ceux à section circulaire.

Les poteaux sont pré dimensionnés en respectant la condition de résistance au flambement suivante :

❖ Pour une section rectangulaire ou carrée

On a : $A * B$ ($B \geq A$), avec :

$$A \geq \frac{l_f * \sqrt{12}}{\lambda_{lim}}$$

λ_{lim} : l'élanement maximal, pour notre cas $\lambda_{lim} = 35$

L_f : la longueur de flambement = $k * l_0$ avec $k = 0,7$ (Poteau encastré à une extrémité et articulé à l'autre) ;

l_0 : la longueur libre du poteau compté entre niveaux supérieurs de deux planchers consécutifs) = 3,80 m

Poteaux carrés de section 30 cm * 30 cm.

❖ Pour une section circulaire

$$\emptyset \geq \frac{l_f * 4}{\lambda_{lim}}$$

\emptyset : rayon du poteau

Poteaux circulaires de rayon 30 cm

B. Descente de charges (numérique)

Après la descente de charges numérique effectuée dans l'étude précédente, nous obtenons ci-après les charges reçues par les poteaux du RDC :

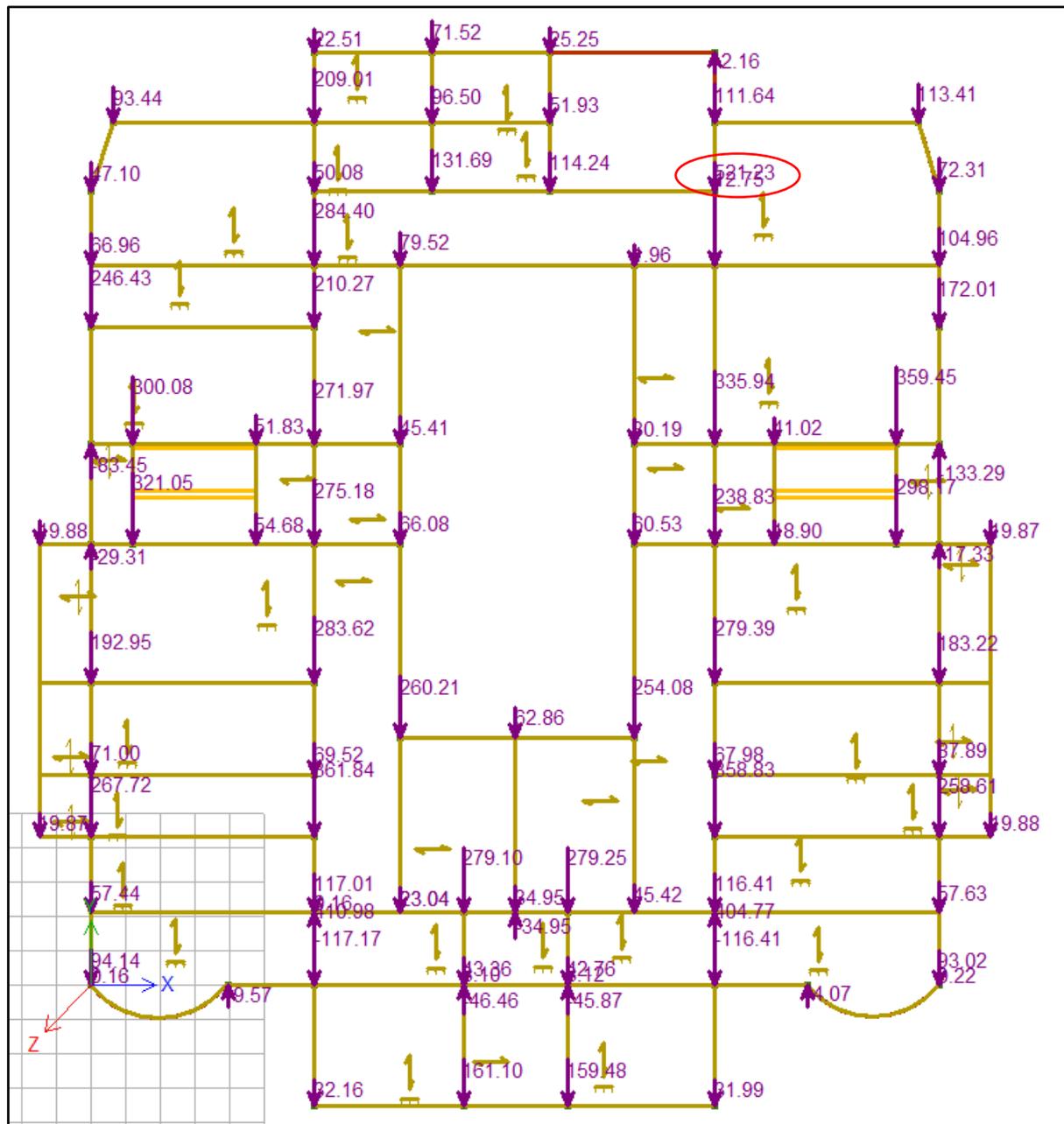


Figure 30 : Charges sur poteaux du RDC et identification du poteau le plus sollicité

C. Dimensionnement

❖ Plan d'exécution

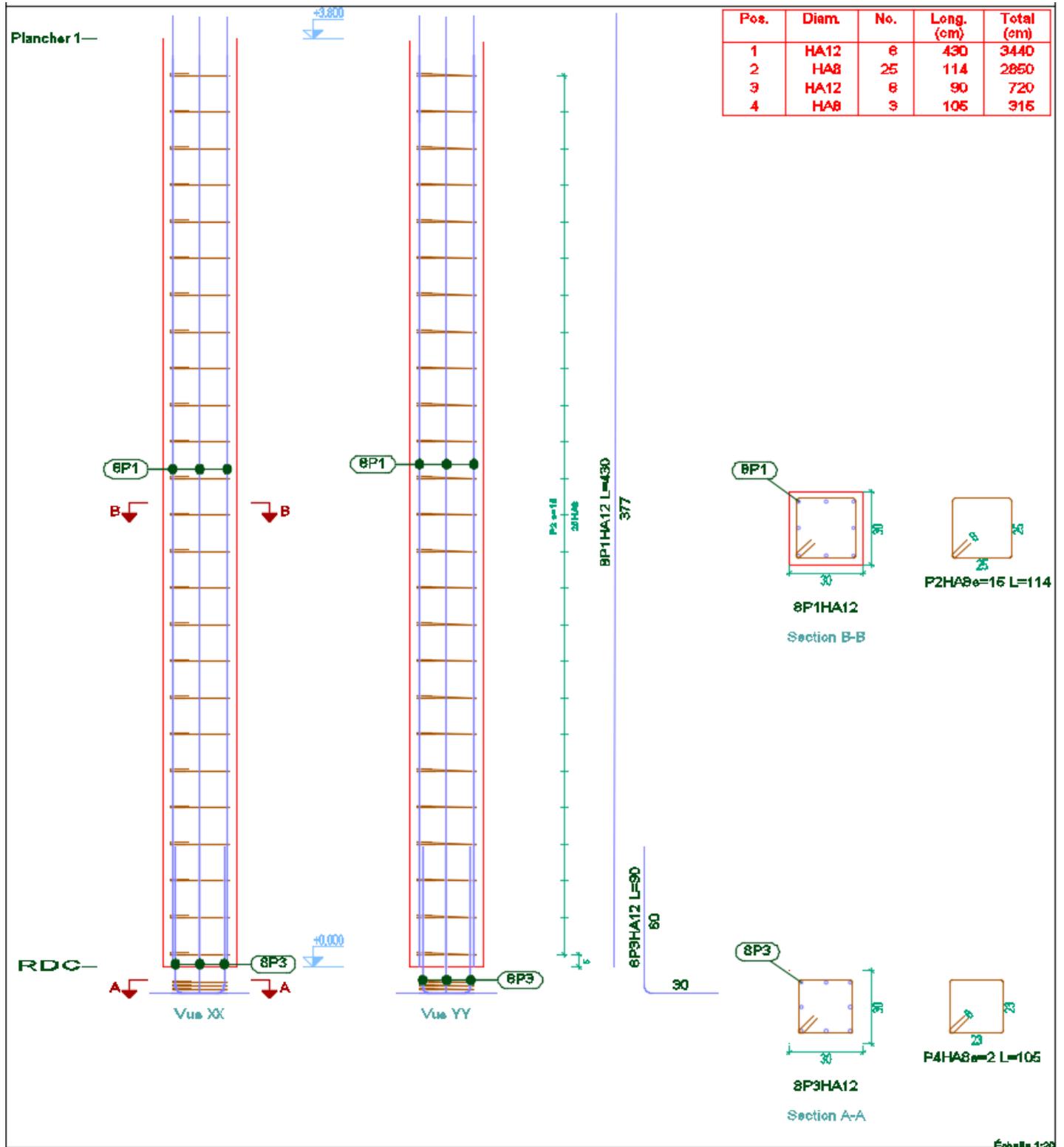


Figure 31 : Plan d'exécution du poteau le plus sollicité

VII. Etude des escaliers

(Voir détails en ANNEXE II)

A. Pré dimensionnement

L'escalier est décrit comme suit :

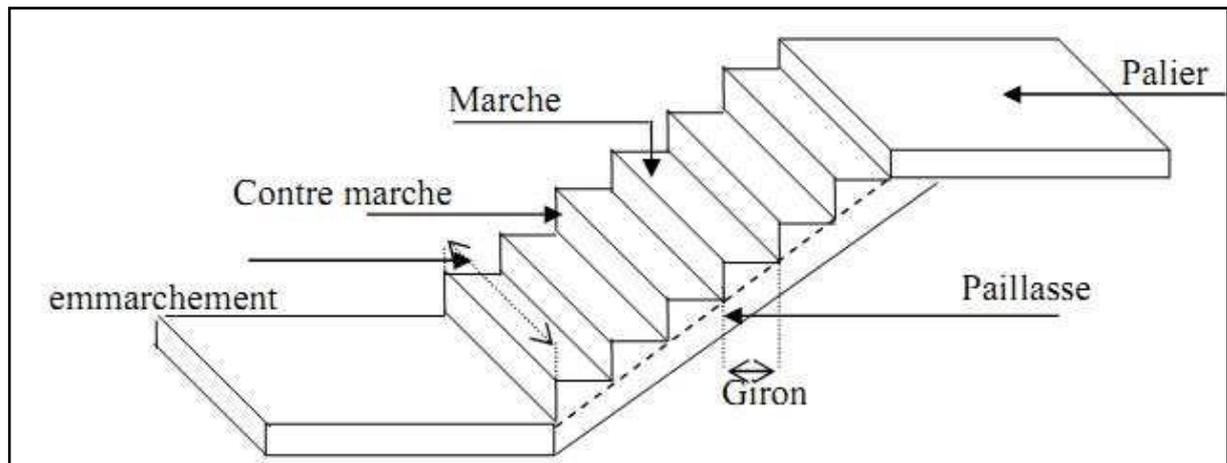


Figure 32 : description de l'escalier droit

- La paillasse : est une dalle inclinée en béton armé, elle supporte les marches et les contres marches ;
- Palier de repos : l'escalier est équipé avec une petite dalle dite palier de repos, elle permet aux usagers de se reposer ;
- L'emmarchement : la longueur d'une marche
- Le giron (g) : la largeur d'une marche
- Contre marche (h) : la hauteur de marche.
- H : hauteur entre les faces supérieures des deux paliers successifs d'étage.
- n : nombre de contre marches
- L : projection horizontale de la longueur totale de la volée
- Longueur totale de la volée (L) = 2,40 m
- $h = 17 \text{ cm}$ et $g = 30 \text{ cm}$.

$g + 2h = 30 + 2 \cdot 17 = 64 \text{ cm}$, condition vérifiée.

- Nombre de contre marches $n_c = 10$
- L'inclinaison de la paillasse $\alpha = 29,7^\circ$
- Longueur de la paillasse (L')

$$L' = 3,10$$

- Epaisseur de la paillasse $e_p = 15$ cm.
- Epaisseur du palier

L'épaisseur est prise égale à celle de la paillasse :

$$e_{pa} = 15$$
 cm.

B. Descente de charges (manuelle)

❖ Sur volée

Tableau 7 : Charges sur volée de l'escalier

Charges permanentes totales (G)	17,54
Charge d'exploitation (Q)	2,5

❖ Sur palier

Tableau 8 : Charges sur palier de l'escalier

Charges permanentes totales (G)	5,59
Charge d'exploitation (Q)	2,5

C. Dimensionnement

❖ Calcul des sollicitations

➤ Moments maximaux

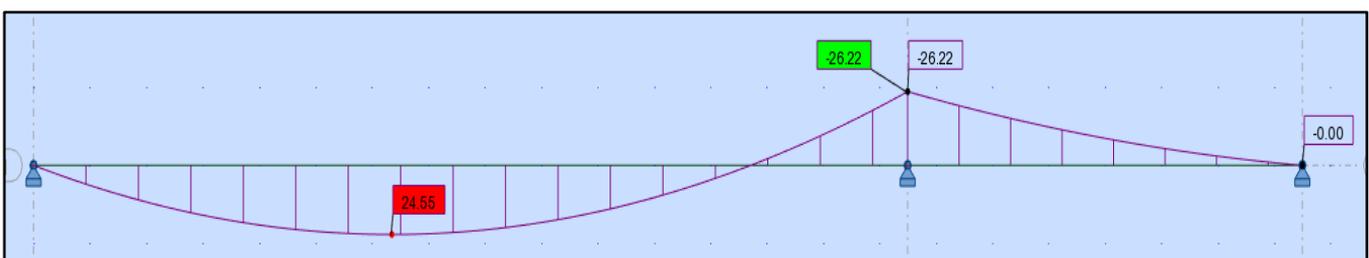


Figure 33 : Diagramme numérique du moment sur escalier

➤ Effort tranchant

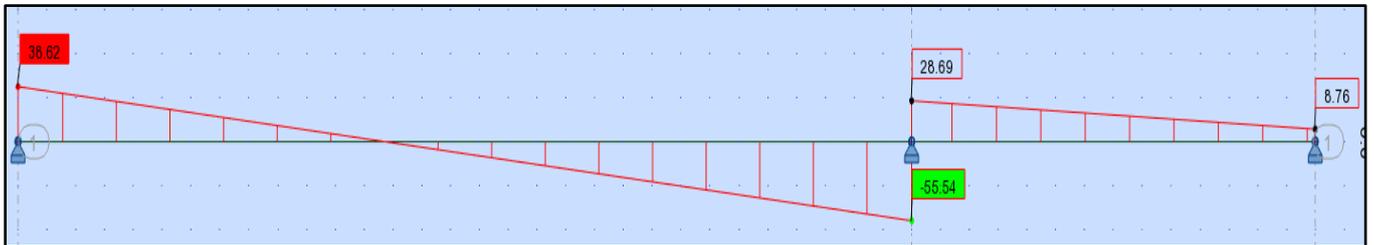


Figure 34 : Diagramme numérique de l'effort tranchant sur escalier

❖ Plan d'exécution

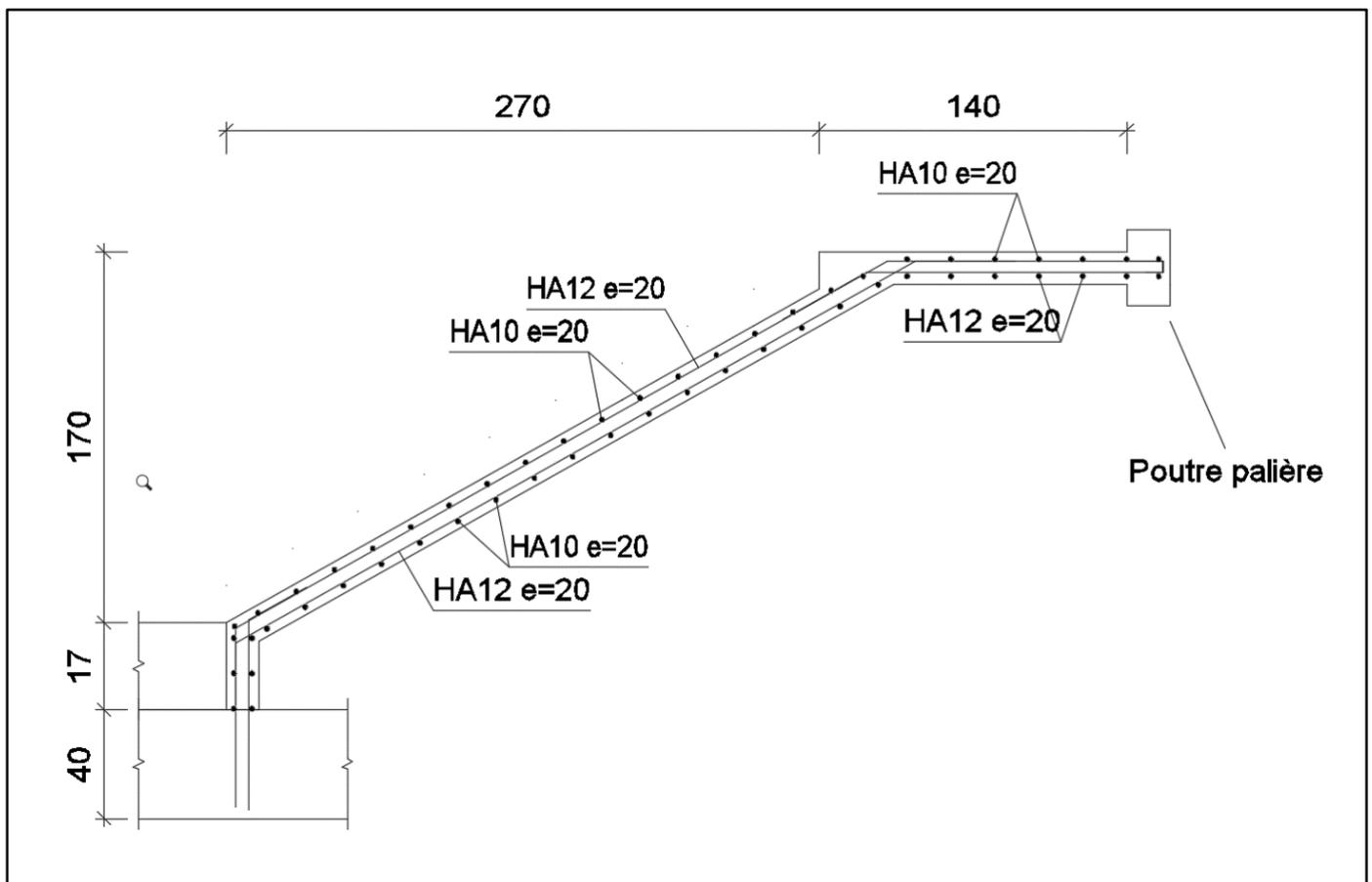


Figure 35 : Plan d'exécution de l'escalier

VIII. Etude de l'infrastructure (Fondation)

Les fondations sont constituées par l'ensemble des ouvrages qui réalisent l'interface entre les éléments porteurs d'une construction et son sol. Elles ont pour rôle de transmettre les charges supportées par les éléments de la superstructure au sol.

A. Typologie des fondations

Le D.T.U 13-12 définit les différents types de fondation en fonction du rapport D/B et qui sont :

- $D/B \leq 6$: fondation superficielle
- $6 < D/B < 10$: fondation semi profonde
- $D/B \geq 1$: fondation profonde

D : profondeur d'encastrement

B : base de la semelle

B. Choix du type de fondation

Les critères suivants vont conditionner le choix du type de fondation :

- Faible capacité portante du sol support
- Stabilité de l'ouvrage (rigidité)
- Facilité d'exécution
- Economie : chercher le meilleur coût sécurité/coût

Suivant les critères ci-dessus, les fondations profondes et semi profondes seront exclues de cette étude. Le choix des fondations superficielles s'impose. Nous retenons dans un premier temps les fondations superficielles isolées.

C. Pré dimensionnement

La semelle isolée se pré dimensionne à l'ELS.

Pour une semelle carrée :

$$A = B \geq \sqrt{\frac{b}{a} * \frac{N_{ser}}{\sigma_{sol}}}$$

A et B : Dimensions en plan de la semelle isolée

b et a : dimensions de la section du poteau supporté =

N_{ser} : charge normale à l'ELS supportée par la semelle

$$N_{ser} = G + Q = 294,04 + 86 = 380,04$$

$\bar{\sigma}_{sol}$: contrainte admissible du sol à l'ELS

$$\bar{\sigma}_{sol} = \frac{qu_{sol}}{2}$$

$$\bar{\sigma}_{sol} = \frac{0,20}{2} = 0,1 \text{ MPA}$$

Après pré dimensionnement des semelles de la structure à l'aide du logiciel ROBOT CBS en utilisant les résultats de la descente de charges sur appuis, nous obtenons les résultats ci-après :

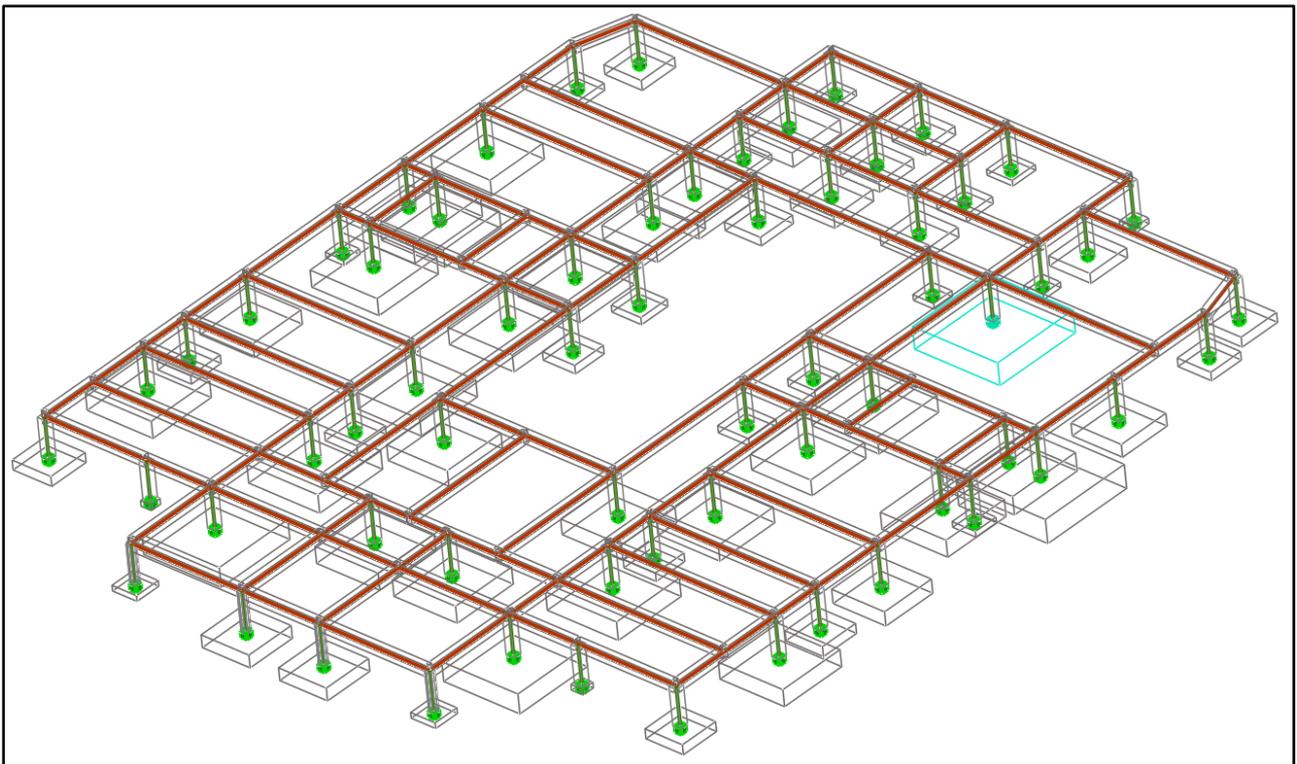


Figure 36 : Perspective du pré dimensionnement des semelles isolées

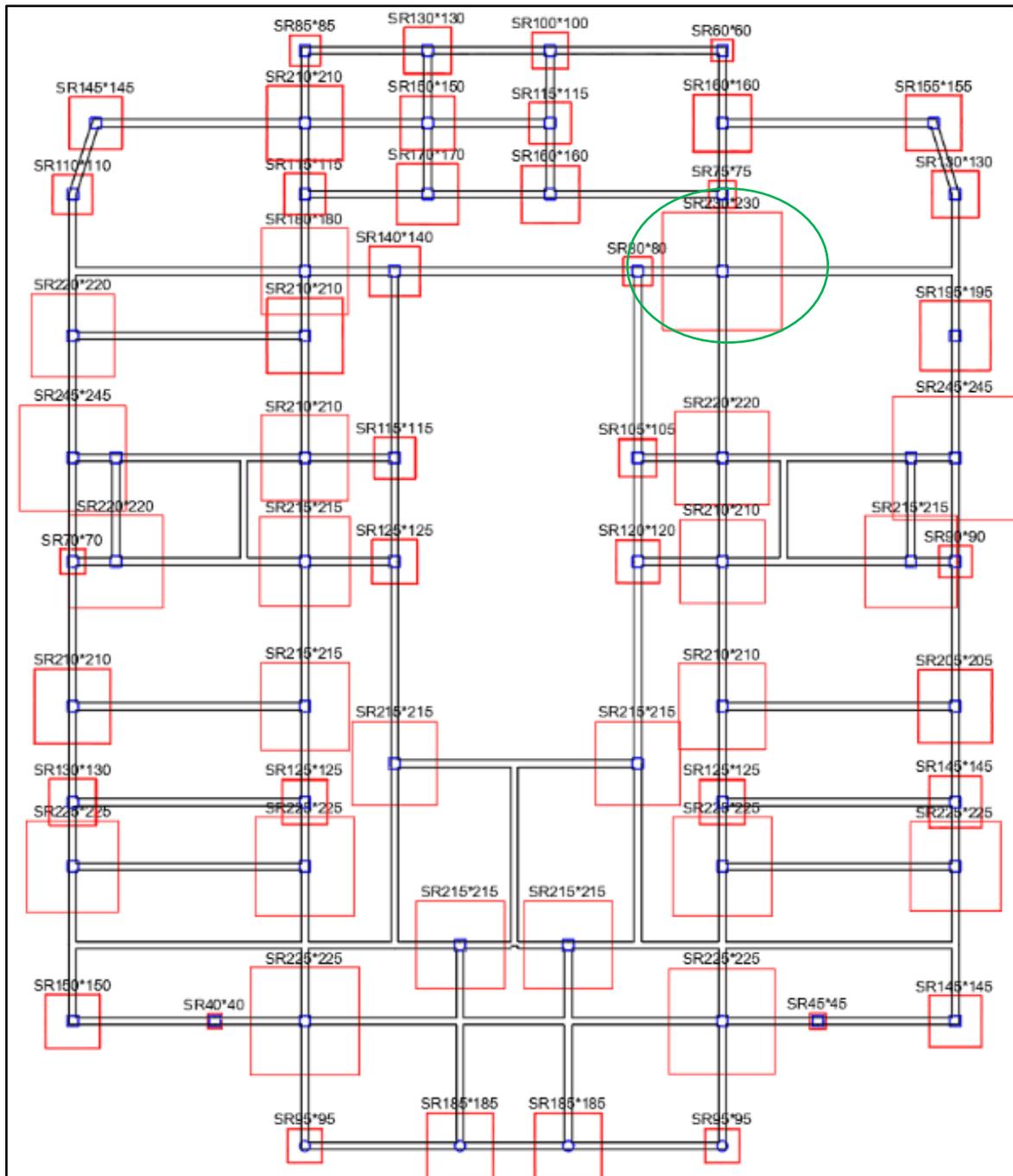


Figure 37 : Vue en plan du pré dimensionnement des semelles isolées

Les dimensions en plan de la semelle la plus sollicitée sont les suivantes :

$$\underline{A = B = 230 * 230 \text{ cm}^2}$$

❖ Pré dimensionnement de la hauteur h de la semelle

➤ **Condition de rigidité**

$$\frac{B-b}{4} \leq d \leq A - a$$

$$\frac{2,30 - 0,30}{4} \leq d \leq 2,30 - 0,30$$

$$0,50 \leq d \leq 2$$

$$d = 0,55 \text{ m}$$

$$h = d + 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,60 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

D'où le volume suivant pour la semelle : $230 * 230 * 60 \text{ cm}^3$

❖ **Vérifications**

➤ **Contrainte sous la semelle**

$$\frac{N_u}{S} \leq \sigma_u (\text{sol}) = 0,20 \text{ MPa}$$

$$\frac{N_u}{S} = 0,11 \text{ MPa} < 0,20 \text{ MPa}$$

Le pré dimensionnement est donc vérifié.

➤ **Condition de non poinçonnement**

$$N_u' \left(1 - \frac{(a+2h)(b+2h)}{B*A} \right) \leq \frac{0,45*U_c*h*f_{c28}}{\gamma_b} \quad \text{avec } U_c = (a + b) * 2$$

$$N_u' \left(1 - \frac{(a+2h)(b+2h)}{B*A} \right) = 0,36 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,45*U_c*h*f_{c28}}{\gamma_b} = 6,48 \text{ MPA} > 0,36 \text{ MPa}$$

La condition de non poinçonnement est donc vérifiée.

❖ Plan d'exécution

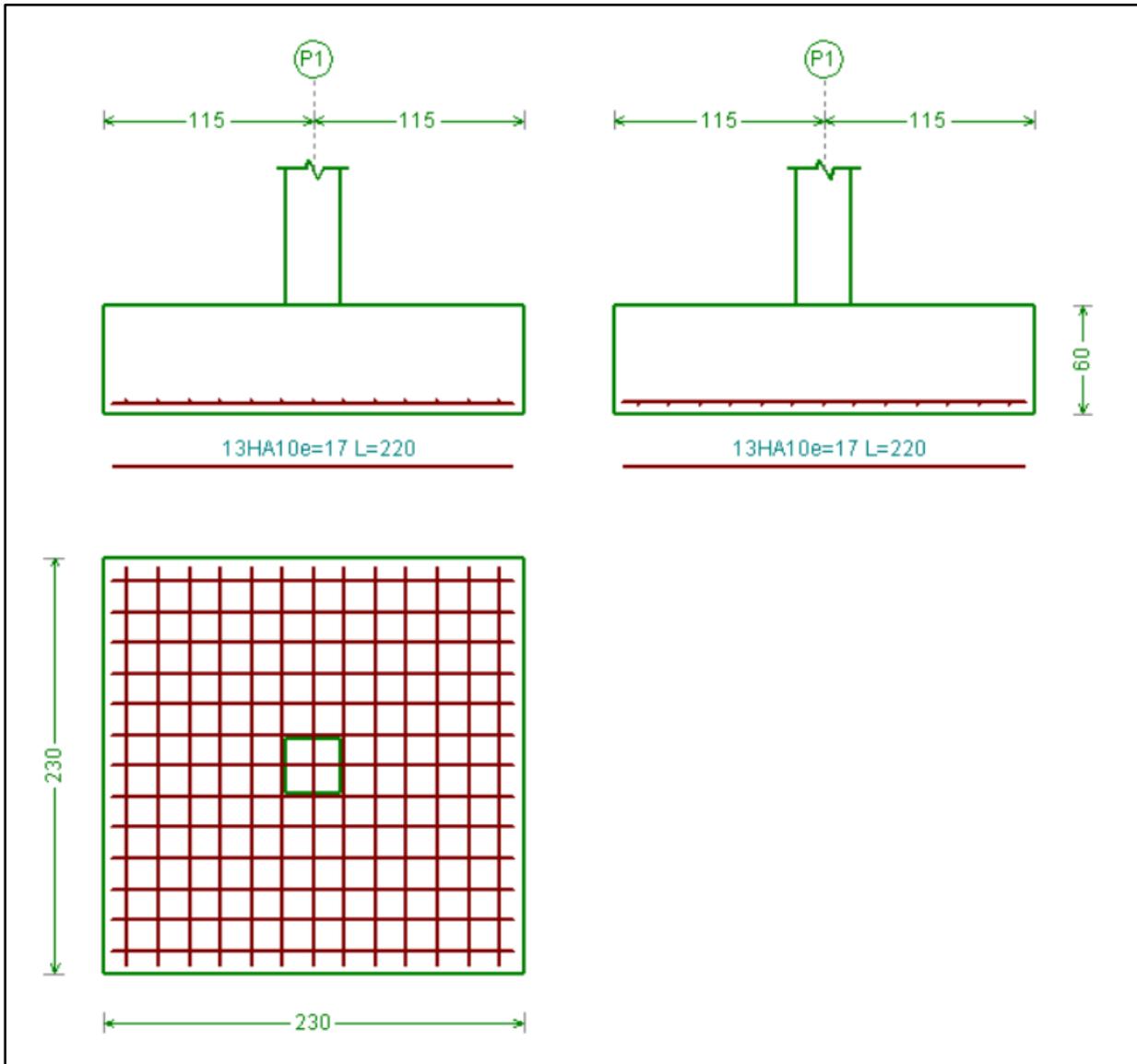


Figure 38 : Plan d'exécution de la semelle isolée la plus sollicitée

CHAPITRE V : ETUDE DES RESEAUX DIVERS

I. Alimentation en eau

Il s'agit dans cette partie d'effectuer un raccordement des appareils sanitaires desservant le domaine privé au réseau de distribution public.

A. Hypothèses

- La hauteur piézométrique au point le plus éloigné ou le plus élevé doit être d'au moins 3 m
- La vitesse dans les conduites d'allure horizontale et les colonnes est fixée à : $0,5 \leq V \leq 1,5$ m/s
- Les pertes de charges singulières sont prises égales à 10% des pertes de charges linéaires
- La pression garantie par le service de distribution d'eau (SEEN) à la sortie du compteur est de 1 bar (soit 10mCE).
- La position du robinet par rapport au sol et le débit spécifique sont fonction du type d'appareil sanitaire :

Tableau 9 : Position des appareils sanitaires par rapport au plancher (DTU 60.11)

Nom appareil sanitaire	Position/plancher (cm)
Lavabo / Lave-mains	85 – 90
Bidet	30 – 40
Baignoire	40 – 50
Evier de cuisine	90 – 100

- Débits spécifiques (Q_s) des appareils : ces débits sont inscrits pour une pression résiduelle de 3 m sur les appareils.

Tableau 10 : Débit spécifique des appareils sanitaires (DTU 60.11)

Désignation appareil	Q _s (l/s)
Lavabo individuel (simple)	0,20
Lavabo collectif (n > 2)	0,05
W-C avec réservoir de chasse	0,12
W-C avec robinet de chasse	1,50

B. Dimensionnement

Nous avons obtenu un diamètre suivant sur tous les tronçons du réseau d'alimentation en eau :

$$\underline{\underline{\text{Ø} = 32 \text{ mm}}}$$

II. Réseaux d'assainissement

A. Assainissement intérieur

L'assainissement intérieur consiste au transport des eaux du bâtiment vers l'extérieur. Le réseau d'eau usée intérieur doit assurer une évacuation rapide et sans stagnation des eaux usées provenant des appareils sanitaires. Il se compose comme suit : le collecteur d'appareil, la descente ou la chute et le collecteur principal. Les conduites que nous utiliserons pour ce réseau seront des tubes PVC.

❖ Dimensionnement

Le collecteur d'appareil individuel

Tableau 11 : Diamètres des collecteurs d'appareils individuels

Désignation appareil	Diamètre minimal Ø _{min} (mm)	Diamètre choisi DN (mm)
Lavabo	30	40
W-C	80	110

 **Le collecteur d'appareils groupés**

Tableau 12 : Diamètres des collecteurs d'appareils groupés

RDC				
Collecteur	Appareil branchés	Qp (l/s)	Qc (l/s)	Diamètre (mm)
1	2 * W.C	5	1,11	110
2	2 * W.C	5	1,11	110
3	W.C	2,5	0,79	110
4	2 * Lavabo	1	0,5	63
5	Lavabo	0,5	0,35	63

ETAGES				
Collecteur	Appareil branchés	Qp (l/s)	Qc (l/s)	Diamètre (mm)
1	2 * W.C	5	1,11	110
2	2 * W.C	5	1,11	110
3	W.C	2,5	0,79	110
4	W.C	2,5	0,79	110
5	W.C	2,5	0,79	110
6	W.C	2,5	0,79	110
7	2 * Lavabo	1	0,5	63
8	2 * Lavabo	1	0,5	63
9	2 * Lavabo	1	0,5	63

❖ **Les chutes et les descentes**

Tableau 13 : Diamètres des descentes

Descente	Q _c (l/s)	Ø Descente (mm)	Ø ventilation (mm)
1	0,5	63	63
2	0,35	63	63
3	0,5	63	63

Pour les chutes (qui sont au nombre de six), nous utiliserons le même diamètre que les collecteurs de W-C. Ainsi, nous aurons : DN_{chute} = 110 mm et DN_{ventilation} : 110 mm.

❖ **Le collecteur principal**

Tableau 14 : Diamètre du collecteur principal des descentes

Tronçon	Q _c (l/s)	Ø (mm)
1	0,5	77
2	0,35	77
3	0,5	77

Les collecteurs qui sont reliés aux chutes auront le même diamètre que ces dernières, à savoir un DN110.

B. Système d'assainissement autonome

Ce travail consiste à mettre en place un ouvrage à plusieurs compartiments avec des dimensions bien définies, qui a pour rôle de traiter les eaux usées à l'aide de la digestion anaérobie des excréments. Son dimensionnement se fera par la méthode de CREPA (centre de recherche pour l'eau potable et de l'assainissement). Le système choisi est composé d'une fosse septique reliée à un puits perdu par une conduite de 110 mm.

➤ **Hypothèse de calcul**

T = période de vidange = (1 à 3ans), nous prenons 2 ans

A = taux d'accumulation des boues (varie de 60 à 110 litres/usager/an).

Dans notre cas, nous optons de prendre **60 litres/usager/an** avec une fosse septique de trois (3) compartiments reliée à un puits perdu de 2 m de diamètre pour un bon stockage et un bon prétraitement des eaux usées afin d'assurer une meilleure hygiène.

➤ **Vue en plan du système d'assainissement autonome**

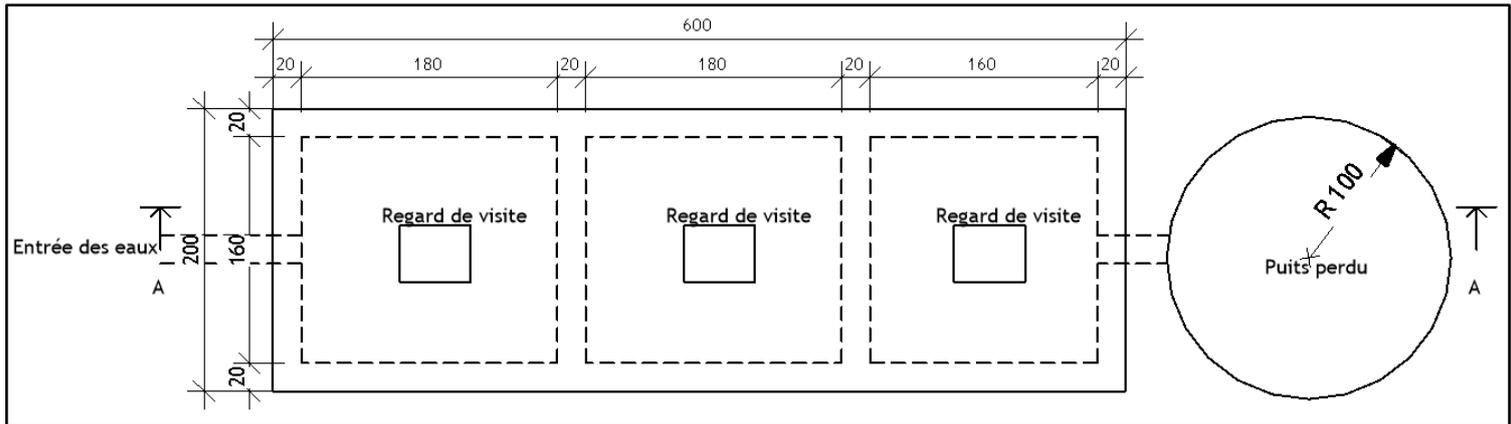


Figure 39 : Vue en plan du système d'assainissement autonome

III. Electricité

A. Dimensionnement des circuits

Tableau 15 : Caractéristiques des circuits électriques

Nature du circuit	Calibre disjoncteur (A)	Section (mm ²)	Calibre du différentiel (mA)
Eclairage	10 A	1,5	300
Prises	16 A	2,5	30
Brasseur d'air	20 A	4	300

B. Bilan de puissance

Faire un bilan de puissance revient à calculer la puissance totale consommée par une installation électrique.

C. Dimensionnement du réseau de branchement

Tableau 16 : Caractéristiques du réseau de branchement électrique

RDC	
<i>Puissance à installer Pu (KVA)</i>	43.27
<i>Courant d'emploi Ib (A)</i>	72.62
<i>Courant nominal In du disjoncteur de branchement DPX (A)</i>	160
<i>Mode de pose en enterré</i>	61 (câble multi conducteurs dans un conduit enterré)
<i>Référence méthode</i>	D
<i>f1 (facteur de correction en fonction de la méthode de référence)</i>	0.8
<i>Nature Isolant</i>	PR
<i>Température ambiante (°C)</i>	40
<i>f2 (facteur de correction en fonction de la température ambiante)</i>	0.85

<i>Nature du sol</i>	terrain dit normal
<i>f3 (facteur de correction pour la nature du sol)</i>	1.05
<i>Courant admissible Iz (A)</i>	224.09
<i>Section conducteur (mm2)</i>	70
<i>Longueur du disjoncteur de branchement au tableau électrique (Km)</i>	0.05
<i>Chutte de tension (%)</i>	0.16
	< 3

$I_b = PU / (\sqrt{3} * U * \text{COS } \emptyset)$	
U (V) =	400
COS \emptyset =	0.8
$I_z = I_b / (f_1 * f_2 * f_3)$	
Chutte (%) = $(100 * \Delta U) / (V_n)$	
$\Delta U = 2 * I_b * ((R * L / 8 * \text{COS } \Phi) + (X * L * \text{SIN } \Phi))$	
R ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$) =	0.0225
COS Φ =	0.8
SIN Φ =	0.6
X ($\text{m}\Omega/\text{m}$) =	0.08
V_n (V) =	230

R+1 et R+2	
<i>Puissance à installer (KVA)</i>	56.78
<i>Courant d'emploi Ib (A)</i>	95.30
<i>Courant nominal In du disjoncteur de branchement DPX (A)</i>	160
<i>Mode de pose à l'air libre</i>	12 (câble sur tablette non

	perforée)
<i>Référence méthode</i>	C
<i>f1 (facteur de correction en fonction de la méthode de référence)</i>	1.21
<i>Nature Isolant</i>	PR
<i>Température ambiante (°C)</i>	35
<i>f2 (facteur de correction en fonction de la température ambiante)</i>	0.96
<i>f3 (facteur de correction en fonction du regroupement de câbles))</i>	1
<i>Courant admissible Iz (A)</i>	137.74
<i>Section conducteur (mm2)</i>	35
<i>Longueur du disjoncteur de branchement au tableau électrique (Km)</i>	0.004
<i>Chute de tension (%)</i>	0.02
	< 3

IV. Sécurité et protection incendie

La mise en sécurité du Bâtiment au risque d'incendie revêt deux caractères :

- La prévention pour les personnes et biens se trouvant à l'intérieur et à l'extérieur soumis à un risque direct ;
- La prévision pour une éventuelle intervention des sapeurs-pompiers.

A. Mesures de prévention

C'est l'ensemble des mesures passives destinées à éviter la naissance et la propagation des incendies dans le but d'assurer la protection des personnes et des biens. Nous prévoyons dans notre bâtiment, les mesures suivantes :

- Réduire l'utilisation des matériaux combustibles et utiliser plus largement des matériaux non combustibles ;
- Le bâtiment est un établissement recevant du public (ERP) de 3^{ème} catégorie type U, les matériaux à utiliser sont donc de classe M0 (Béton armé).

Pour pré dimensionner l'ensemble de la structure, nous avons eu à respecter les règles de construction permettant de prendre en compte la sécurité incendie.

❖ Planchers

Tableau 17 : Epaisseur des planchers (Règlements de sécurité incendie)

Durée CF en heures	1/2 h	1h	1h 1/2	2h	3h	4h
épaisseur minimale dalle + chape+ revêtement de sol en cm	6,00	7	9	11	15	17,5

Le degré de coupe-feu choisi étant de deux heures, nos planchers doivent donc avoir une épaisseur minimale de 11 cm. Nous avons des planchers d'épaisseur 12 et 20 cm.

❖ **Poutres**

Tableau 18 : Dimensions des poutres (Règlements de sécurité incendie)

Durée CF en heures	1/2 h	1h	1h 1/2	2h	3h	4h
Poutre	8	11	14	17	23	29

Nous avons des poutres de durée de coupe-feu 2h, alors on obtient une largeur minimale de coupe-feu de 17 cm.

Or nous avons des poutres de sections : 20 * 40 cm²

❖ **Parois verticales**

Tableau 19 : Dimensions des parois (règlements de sécurité incendie)

Durée CF en heure	1/2 h	1h	1h 1/2	2h	3h	4h
Épaisseur minimale a en cm	10	11	13	15	20	25

Avec un degré coupe-feu de 2h, nous devons avoir des parois d'épaisseur minimale de 15 cm. Nos parois sont constituées par des parpaings de 15 et 20 cm.

❖ **Poteaux**

Tableau 20 : Dimensions des poteaux (Règlements de sécurité incendie)

Durée CF ou SF en heures		1/2 h	1h	1h 1/2	2h	3h	4h
dimension minimale a en cm	Poteau carrée	15	20	24	30	36	45
	Poteau section a × b	10	12	14	16	20	26

Nous avons des poteaux carrés de durée de coupe-feu 2h. Ce qui nous donne une dimension minimale de 30 cm.

Or nous avons des poteaux de 30 cm * 30 cm.

B. Mesures de prévision

Elles regroupent l'ensemble des mesures actives destinées à permettre l'intervention immédiate et faciliter l'extinction d'un incendie. Nous prévoyons :

❖ **Des extincteurs portatifs**



Figure 40 : Extincteur portatif

Les extincteurs portatifs sont des appareils qui permettent d'éteindre un début d'incendie et de limiter ainsi l'extension du feu avant l'intervention de moyens plus puissants. Des extincteurs à poudre ABC polyvalentes, de 11 kg soit 6 kg de poudre, seront placés à chaque niveau pour éteindre les feux de classes A (feux de matières solides), B (feux de liquides et solides liquéfiables) et C (feux de gaz). Ils seront fixés sur les poteaux à une distance de 1,20m du sol. Des pictogrammes indiquant le mode d'utilisation et les dangers seront affichés

au niveau des escaliers, des entrées et sorties de façon à être visible à tous les conducteurs, et dans le bâtiment.

❖ **Un équipement d'alarme**



Figure 41 : Alarme incendie

Un équipement d'alarme est un ensemble de dispositif électronique permettant de détecter un départ de feu dans un bâtiment, et de gérer la sécurisation des personnes se trouvant dans celui-ci. Notre bâtiment étant un ERP, nous installerons des équipements d'alarmes de type 4. Un équipement d'alarme est composé d'une centrale autonome sur pile intégrant un diffuseur sonore (DS) et un déclencheur manuel. Ils seront disposés, au premier niveau, dans les circulations à proximité immédiate de chaque escalier et, au rez-de-chaussée, à proximité des sorties. Ils sont placés à une hauteur maximale de 1,30 mètre au-dessus du niveau du sol.

❖ **L'éclairage de sécurité**



Figure 42 : Bloc autonome d'éclairage de sécurité

L'éclairage de sécurité joue un rôle prépondérant dans l'organisation efficace de l'évacuation d'un bâtiment. C'est un éclairage artificiel qui, dès la défaillance de l'éclairage artificiel normal, permet aux personnes de cheminer jusqu'en lieu sûr et de gagner les sorties du bâtiment. Il doit permettre la visibilité des obstacles et l'exécution des manœuvres nécessaires en cas d'incendie.

CHAPITRE VI : ETUDES D'IMPACTS ET PLANIFICATION

I. Etudes d'impacts

La réalisation des projets de construction en route ou bâtiment nécessite au préalable des études environnementales et sociales afin de connaître la nature et l'ampleur des impacts sur le milieu et ainsi prendre des mesures pour parer ou limiter les impacts.

Au Niger, les études d'impacts sont règlementées par :

- la loi N°006-2013 du 02 avril 2013 portant code de l'environnement au Niger
- le décret N°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement.

Ainsi dit, c'est la catégorie du projet qui définit l'importance de l'étude. Notre projet est de catégorie C et sera donc soumis à une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES).

A. Les impacts négatifs du projet

Les impacts négatifs que l'on peut avoir dans ce projet sont :

- Les accidents de chantiers : pendant l'exécution des travaux, il peut arriver que les ouvriers aient un accident de travail du fait qu'ils travaillent sur des échafaudages et qu'il y a aussi la présence de ferraille.
- La pollution du sol : elle est due au déversement des déchets solides des hydrocarbures, du béton, et des traitements sicalites.
- Pollution de l'air : Pendant l'approvisionnement du chantier en agrégats, il y a des soulèvements de poussière qui peuvent déranger les passants.
- La perturbation du sens d'écoulement des eaux
- Les nuisances sonores : certains matériels comme les vibreurs à moteur très bruyants seront utilisés pour effectuer des travaux sur le chantier, ce qui engendre des nuisances sonores.

B. Les impacts positifs

Les impacts positifs que l'on peut retenir sont :

- La création d'emploi : ce projet va permettre de créer des emplois pendant la phase de réalisation et d'exploitation car la demande en main d'œuvre sera nécessaire ;
- L'amélioration du cadre de travail des employés ;
- La création et le développement d'activités économiques : Pendant la phase d'exécution, il y aura la création d'activités parallèles telles que des petits commerces. Et pendant la phase d'exploitation, on peut avoir la création de restaurants autour du bâtiment pour assurer la restauration des travailleurs.

C. Les mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuations des impacts négatifs sont résumées dans le tableau qui suit:

Tableau 21 : Mesures d'atténuation des impacts induits par le projet

Phases du projet	Activités/sources d'impacts	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Phase de construction	Aménagement et installation du chantier	Modification du sol	fabriquer une chape pour la pose de la bétonnière et pour éviter le déversement du béton
		Pollution de l'air	Port de cache nez et arrosage des endroits favorables à la poussière
		perturbation du système d'écoulement des eaux	Mise en place de système de drainage des eaux vers les caniveaux
		Risques sur la santé des travailleurs	Mise en place de mesures d'hygiène : Port obligatoire des équipements de protection (casque, chaussure de sécurité, gants,

			lunettes)
	Mouvement des engins et du matériel sur le chantier	Nuisance sonores	Fabriquer le béton et transporter avec des camions toupie sur chantier
		Pollution de l'air	Port de cache nez et arrosage des endroits favorable à la poussière
		pollution du sol	éviter de déverser les déchets des hydrocarbures des engins et des matériaux
Phase d'exploitation	Entretien du bâtiment	pollution de l'eau	Evacuation des eaux usées par les collecteurs vers fosse sceptique
	Manutention des installations électriques	risque d'incendie	Mise en place d'un système de sécurité incendie
	Augmentation du Traffic routier	Pollution de l'air	sensibilisation sur la pollution de l'air

II. Etude financière

La présente étude permettra d'établir le devis quantitatif et estimatif du projet. Le devis quantitatif est le document qui donne par catégorie, les quantités d'ouvrages élémentaires nécessaires à la construction d'un ouvrage projet, tandis que le devis estimatif est le document sur lequel s'effectue le calcul des prix. Ce dernier document donne le montant total pour la réalisation de l'ouvrage.

Après avoir déterminées toutes les quantités des corps d'Etat depuis l'étude architecturale et d'ingénierie en passant par les travaux de terrassement, d'implantation, de maçonnerie, de béton et béton armé, et de tous les travaux du second œuvre, nous leur avons appliqué leurs prix unitaires moyennes et avons obtenu les résultats ci-après :

Tableau 22 : Récapitulatif du devis quantitatif-estimatif

OUVRAGE	MONTANT HT (FCFA)
INFRASTRUCTURE	23 220 103
GROS ŒUVRE	97 707 329
SECOND ŒUVRE	66 487 670
ELECTRICITE	11 148 000
PLOMBERIE-SANTAIRE	6 354 000
MONTANT TOTAL HORS TAXE	204 917 102 FCFA

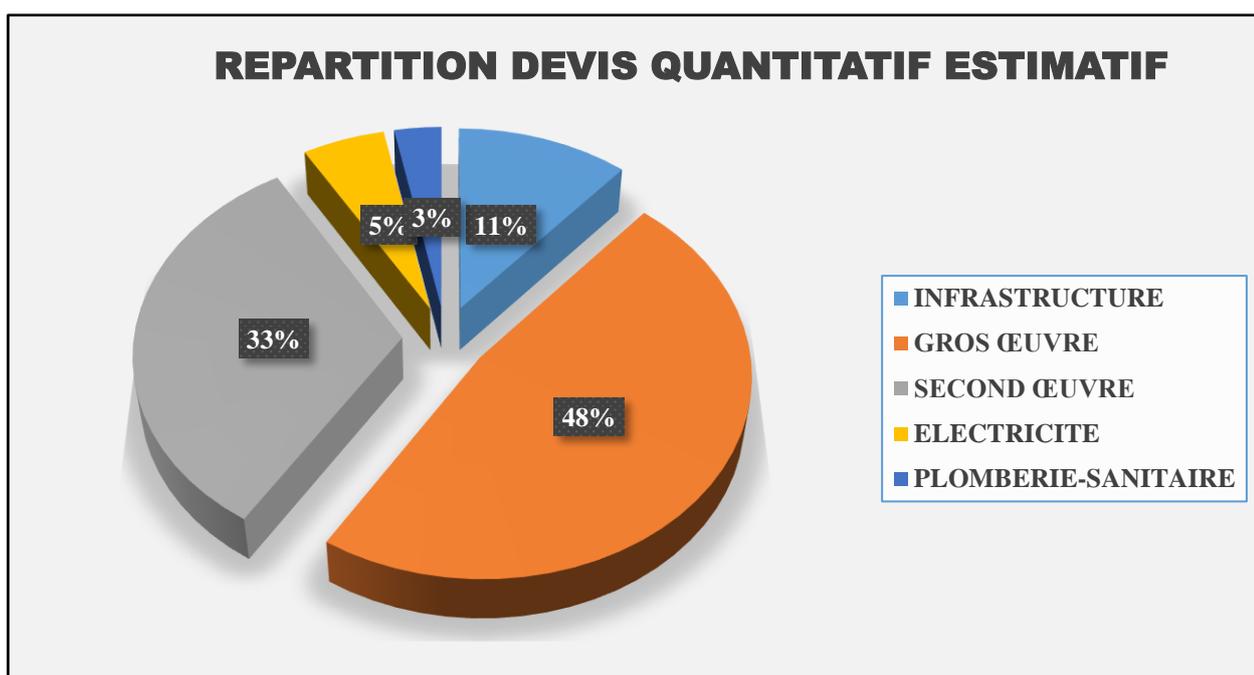


Figure 43 : Répartition du devis quantitatif-estimatif

III. **Planning prévisionnel**

Le planning établi a fait ressortir une durée d'exécution minimale des travaux de 162 jours, soit 5 mois 12 jours. Voir planning complet en **ANNEXE IV**.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Tout ouvrage du Génie Civil et du bâtiment en particulier doit être conçu et étudié de manière à garantir la sécurité et le confort de ses exploitants. C'est dans cette optique qu'a été réalisé le présent mémoire portant sur la conception et études techniques détaillées d'un bâtiment R+2 à usage administratif.

En définitive, on retiendra du présent mémoire les résultats fondamentaux suivants :

- Une ossature constituée de poteaux-poutres-planchers
- Deux types de planchers dont les planchers creux et les dalles pleines pour les balcons
- Des semelles isolées pour la fondation
- Un diamètre maximum de HA14 et un diamètre minimum de HA6 pour les armatures des éléments résistants
- Un diamètre maximum de 110 mm et un diamètre minimum de 32 mm pour les réseaux de canalisation
- Un disjoncteur de branchement de 160 A pour chaque niveau du bâtiment
- Un cout global du projet de 204 917 102 FCFA hors taxes
- Un délai d'exécution des travaux de cinq (5) mois douze (12) jours

Par ailleurs, les calculs réalisés manuellement et numériquement sur quelques éléments de la structure étant différents, nous recommandons d'appliquer les deux méthodes pour les futurs projets dans un contexte de sécurité structurale et aussi pour optimiser les coûts des projets.

Cette étude aura enfin permis :

- D'appréhender toutes les difficultés liées aux études de façon générale
- D'approfondir les connaissances théoriques en matière d'étude technique d'un ouvrage
- De faire le lien entre les compétences théoriques acquises et les exigences de la pratique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] NEUFERT, E. (7^{ème} édition). « Les éléments des projets de construction ».
- [2] Bâtiment et Démarche HQE, Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
- [3] Règlements de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public
- [4] Règles BAEL 91 Modifiées 99
- [5] MOUGIN, J.P. (Edition Eyrolles 1995). « Béton armé BAEL 91 et DTU associé ».
- [6] THONIER, Henry. (Edition 1999 Tome 1). « Conception et calcul des structures de bâtiment ».
- [7] MESSAN, Adamah. (2016). « Cours de Béton armé 1 ». Ouagadougou : 2iE.
- [8] MESSAN, Adamah. (2018). « Cours de Béton armé 3 ». Ouagadougou : 2iE.
- [9] NF P 06-001
- [10] NF P 06-004
- [11] NF DTU 60.11
- [12] NF C 15-100
- [13] OUEDRAOGO, Moussa. (2019). « Dimensionnement des Réseaux Intérieurs Hydrauliques ». Ouagadougou : 2iE
- [14] BAGRE. (2017). « Cours d'Electricité Intérieure ». Ouagadougou : 2iE.
- [15] La loi N°006-2013 du 02 avril 2013 portant code de l'environnement au Niger
- [16] Le décret N°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement

ANNEXES

SOMMAIRE

ANNEXE I : Plans architecturaux

ANNEXE II : Notes de calcul des éléments du gros œuvre

ANNEXE III : Notes de calcul des réseaux divers

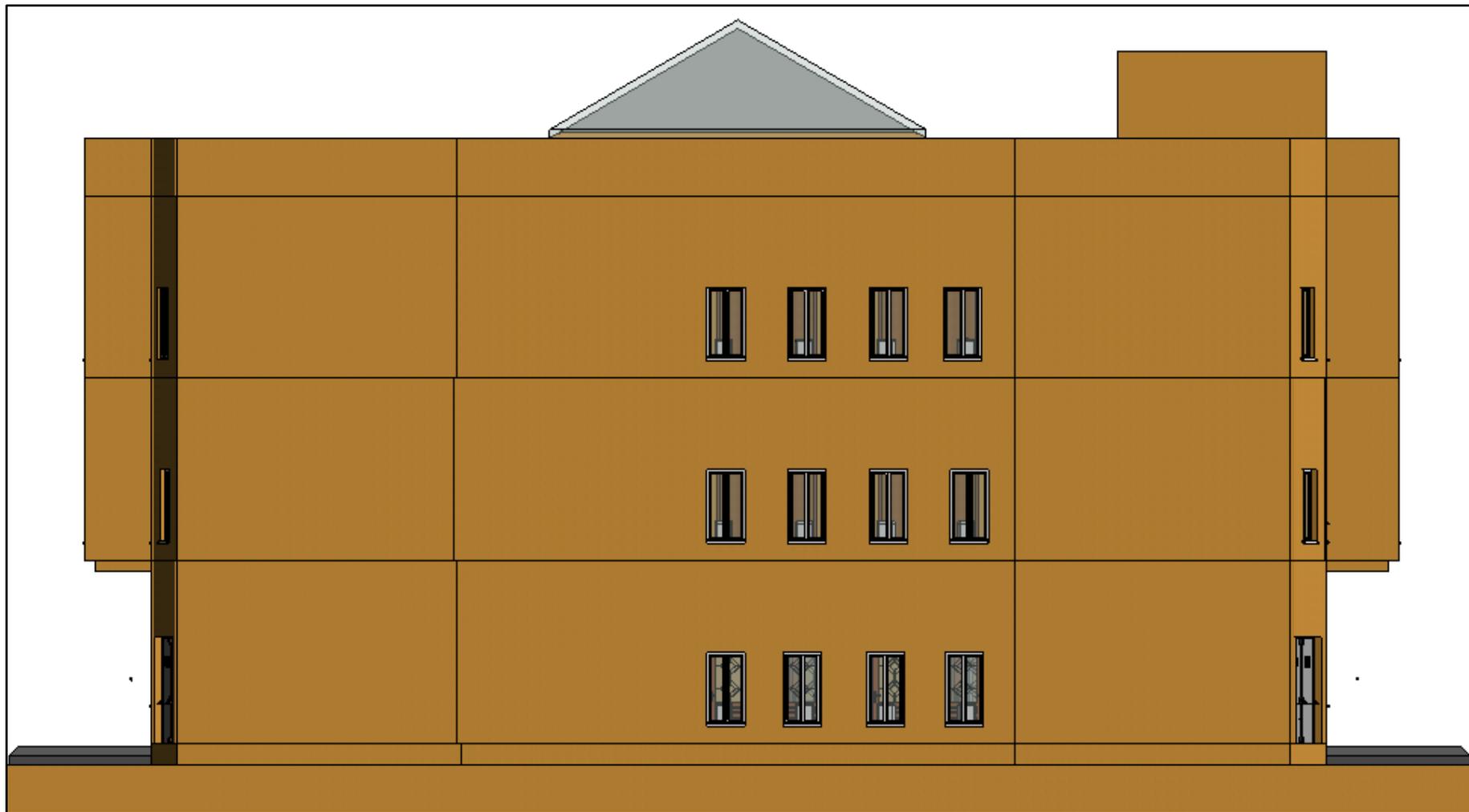
ANNEXE IV : Devis quantitatif estimatif

ANNEXE V : Planning prévisionnel des travaux

ANNEXE I : Plans architecturaux



Façade principale



Façade postérieure



Façade latérale gauche



Façade latérale droite



Coupe 1

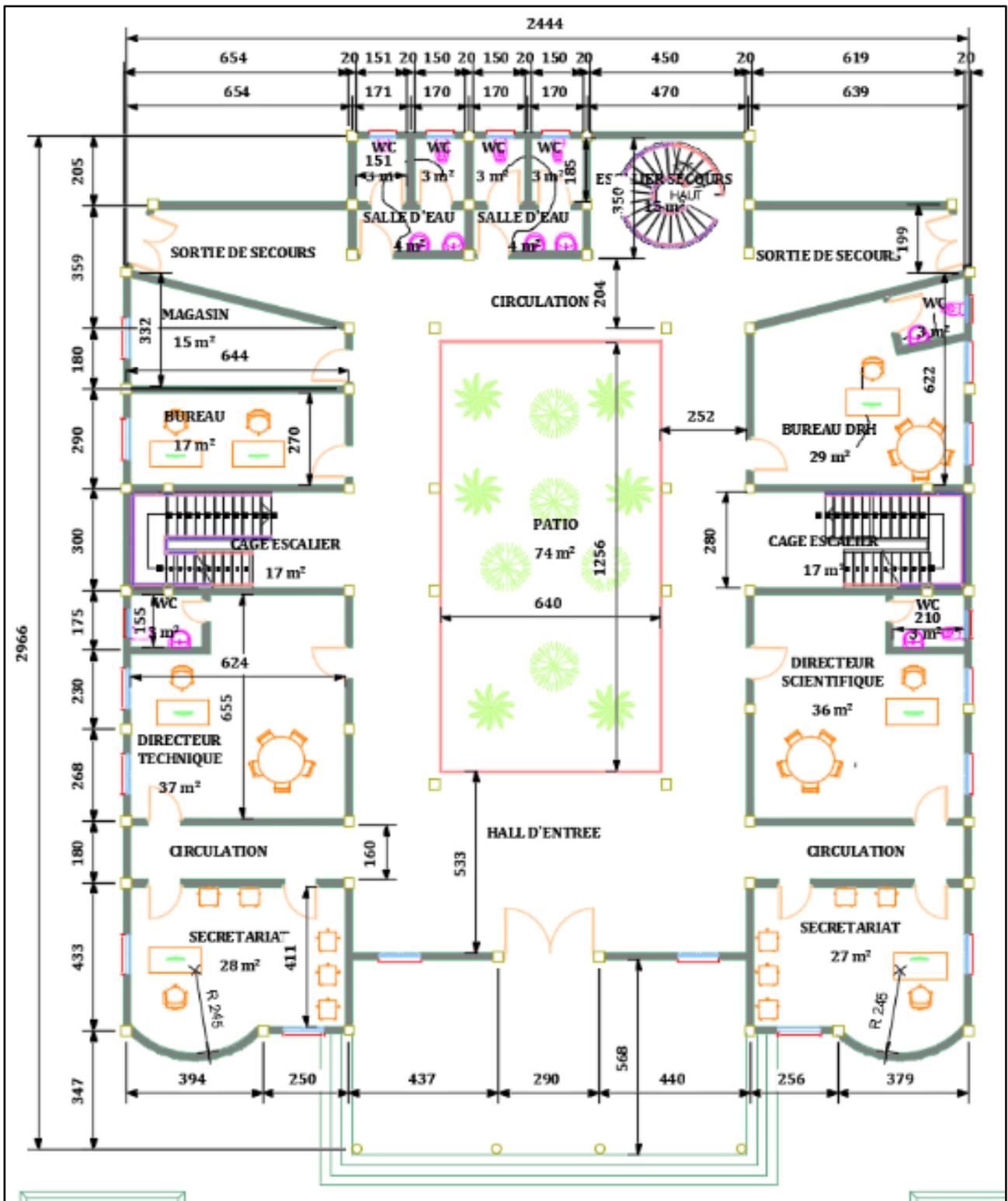


Coupe 2



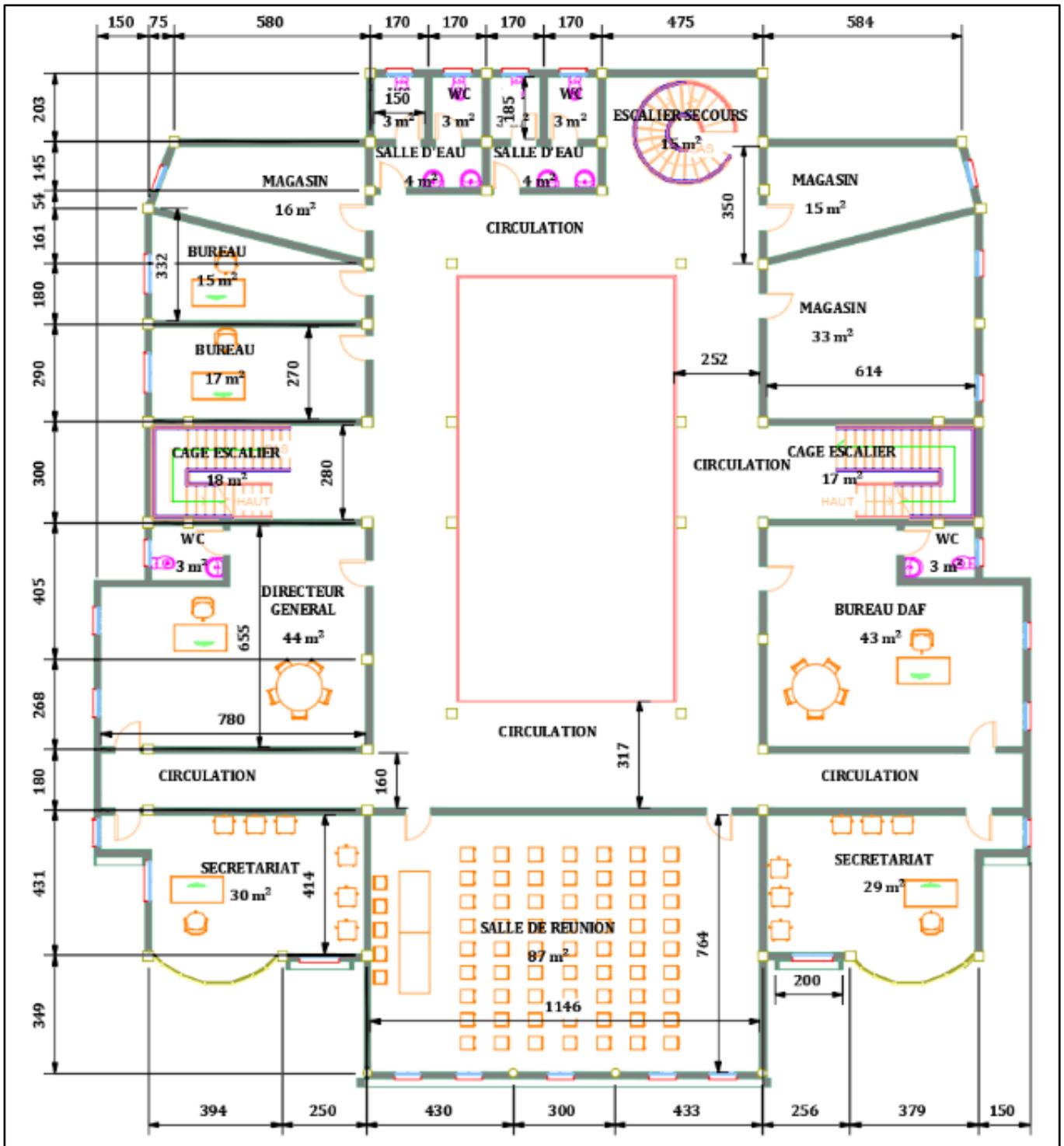
Coupe 3

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF

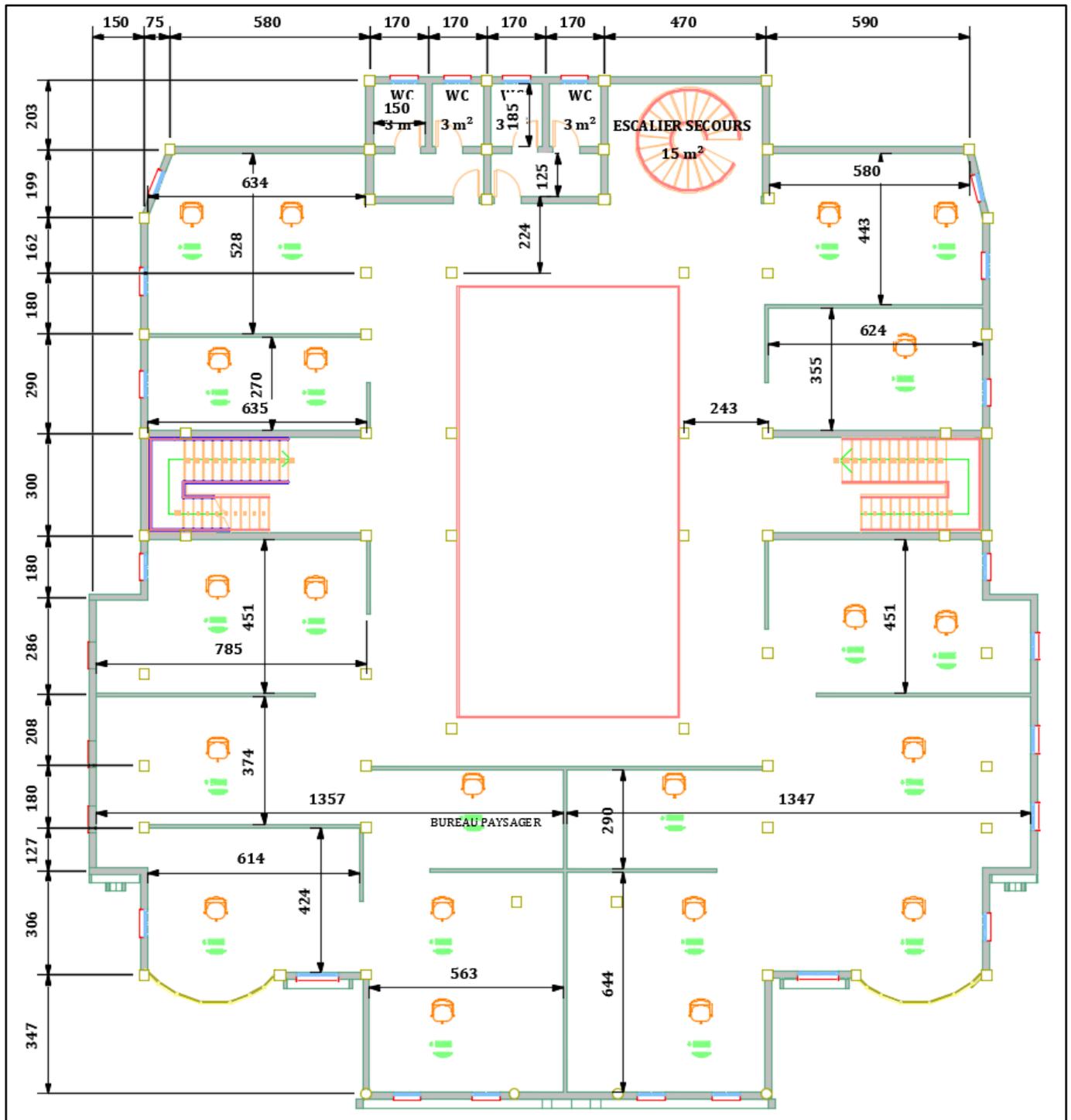


Plan de niveau côté RDC

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF

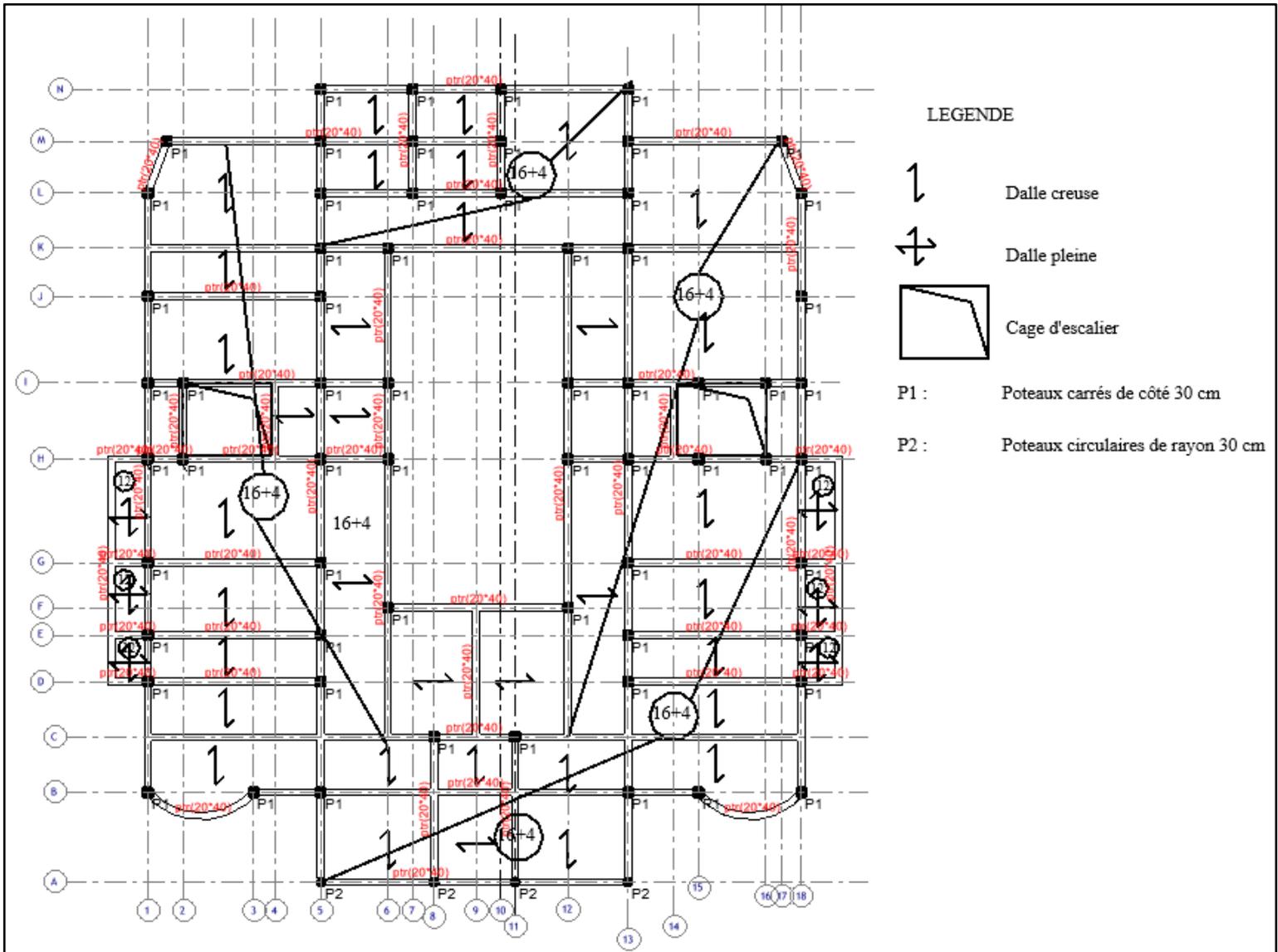


Plan de niveau côté R+1



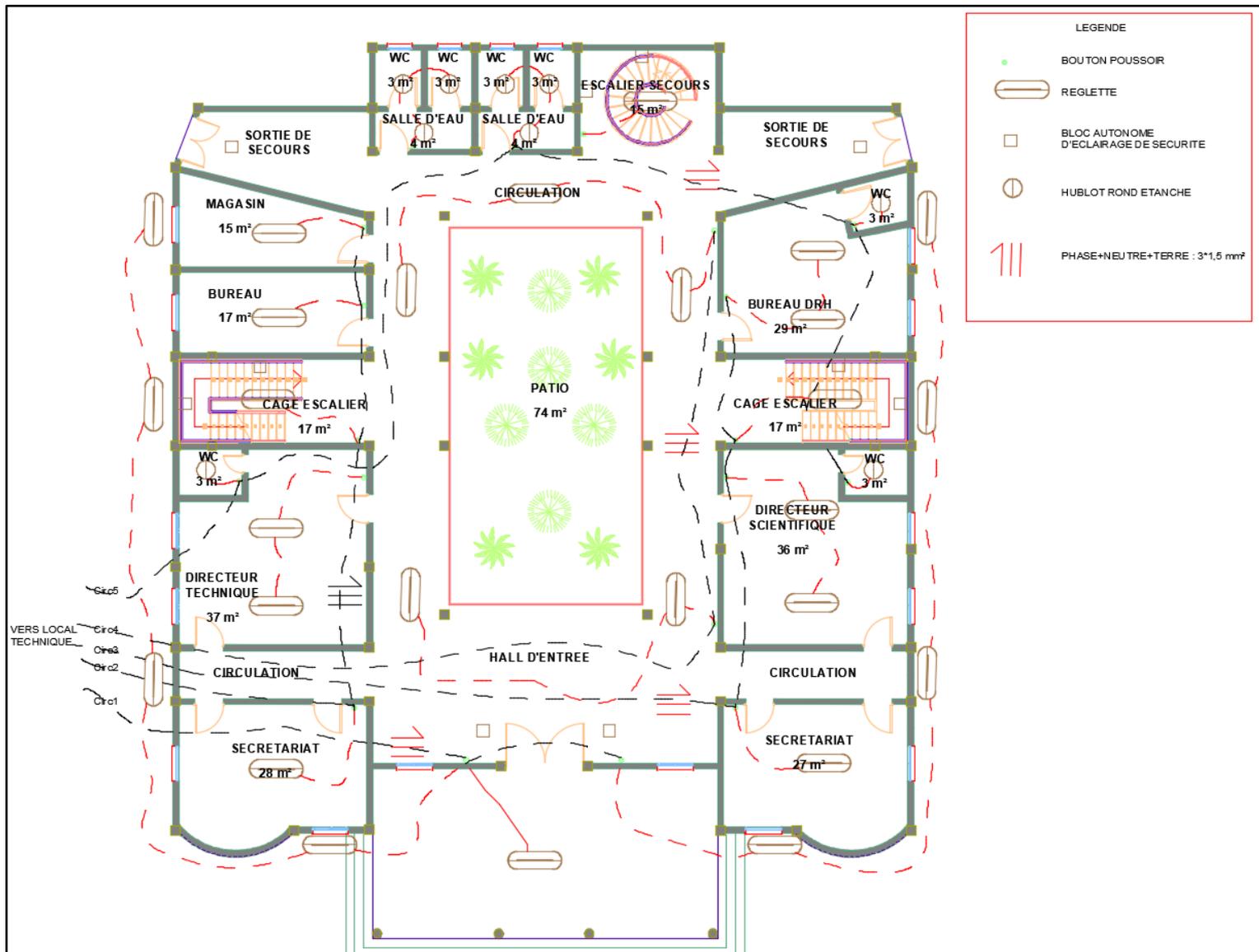
Plan de niveau côté R+2

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF

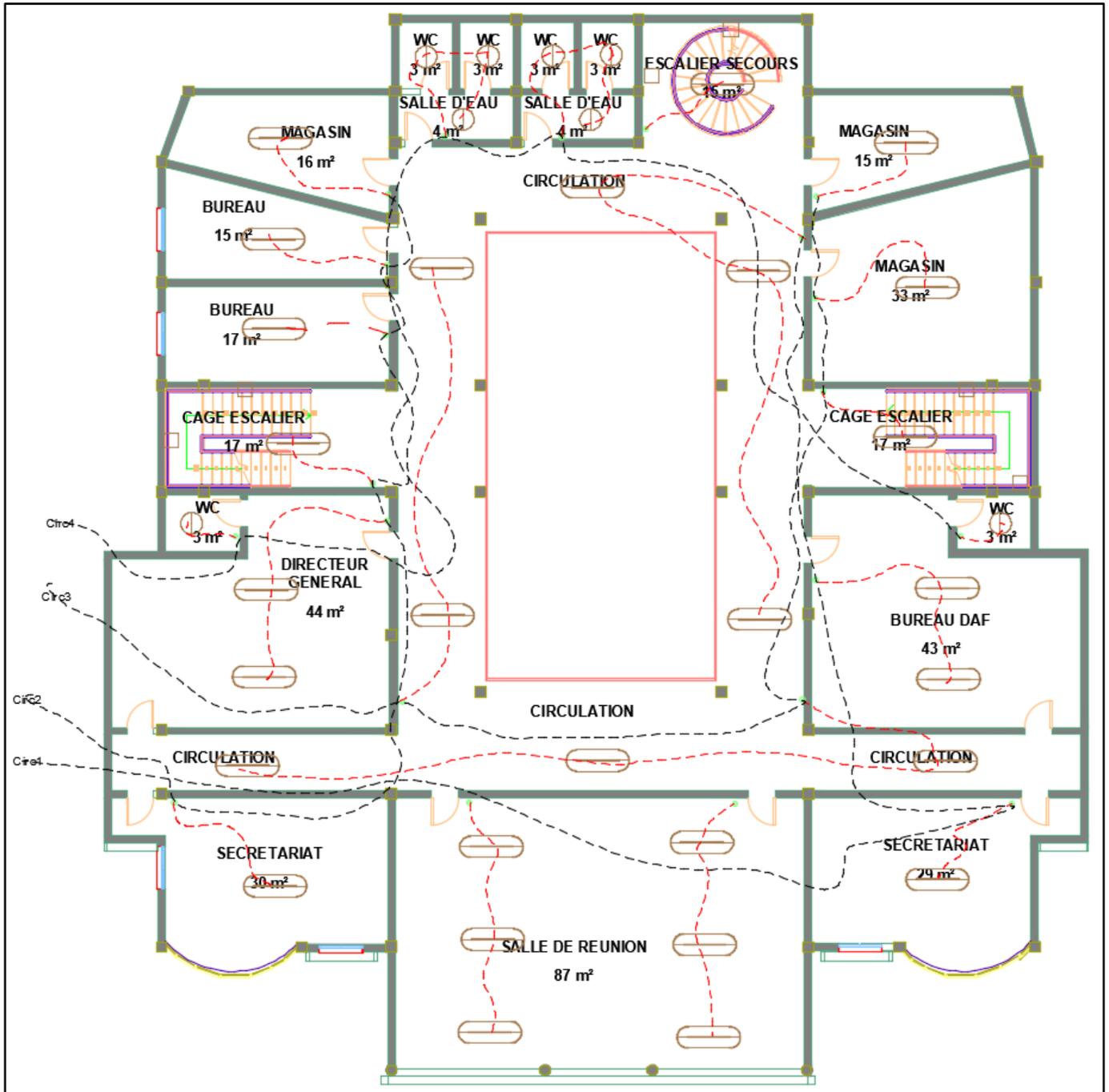


Plan de coffrage plancher haut RDC, R+1 et R+2

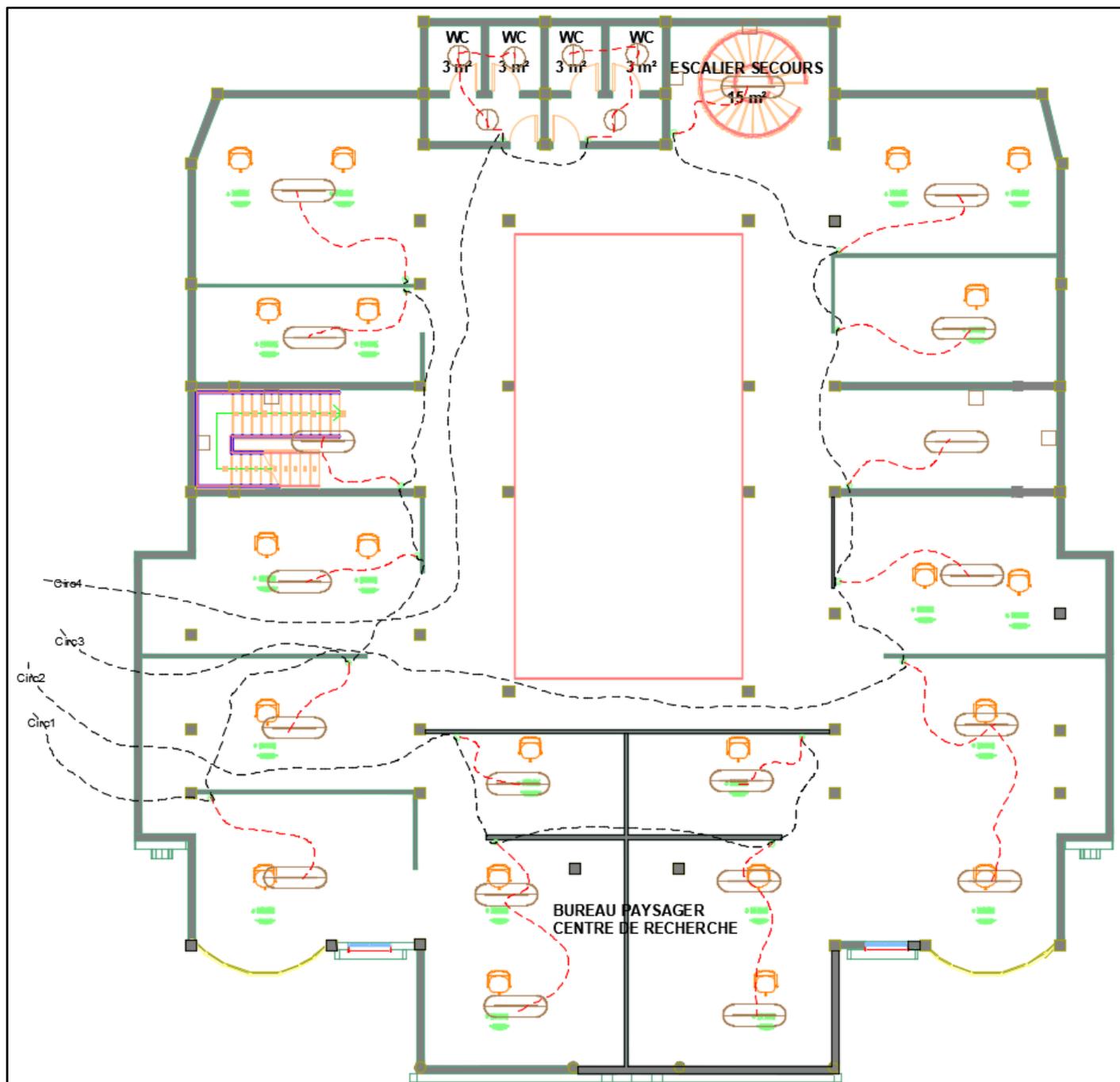
CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF



CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF

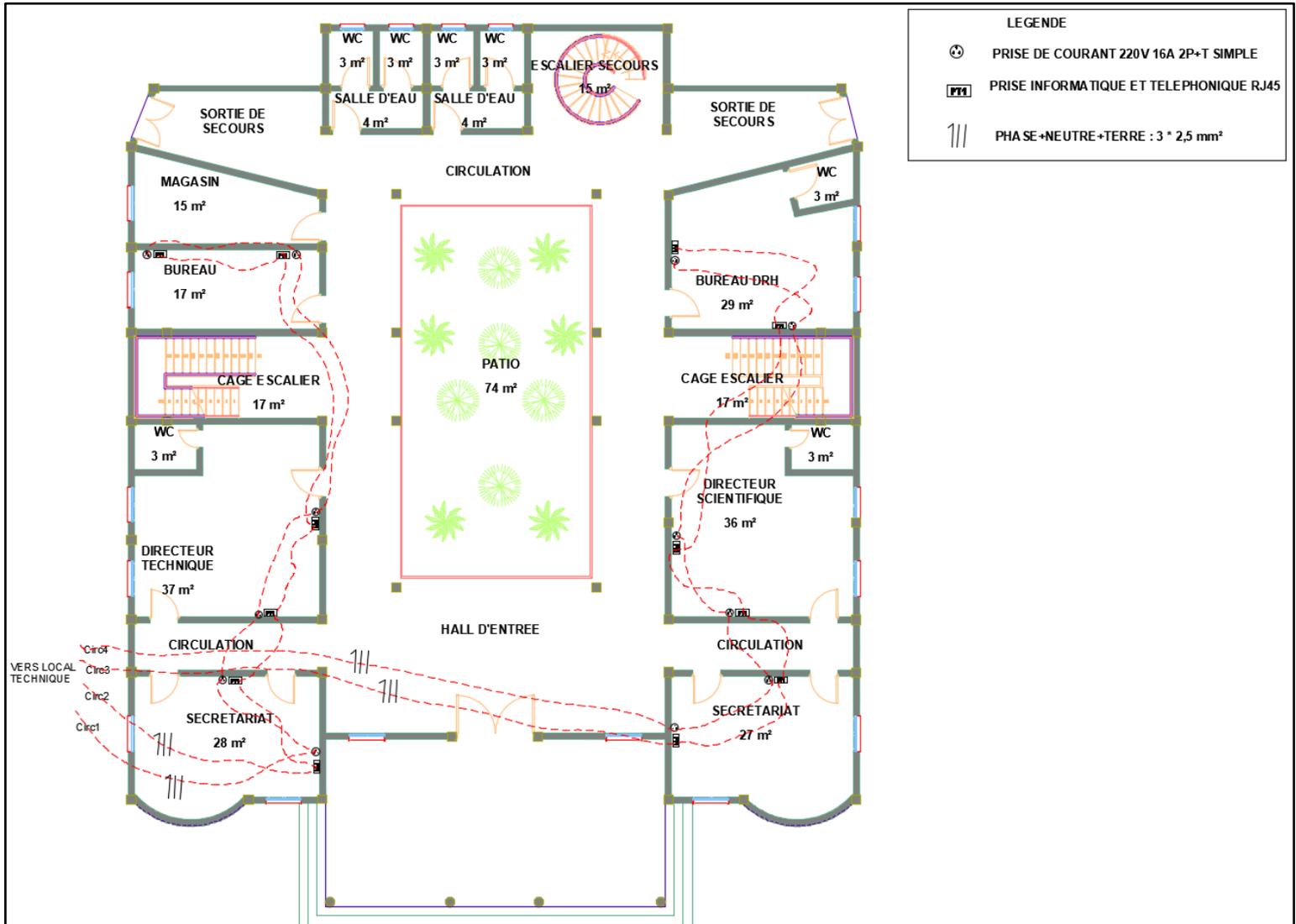


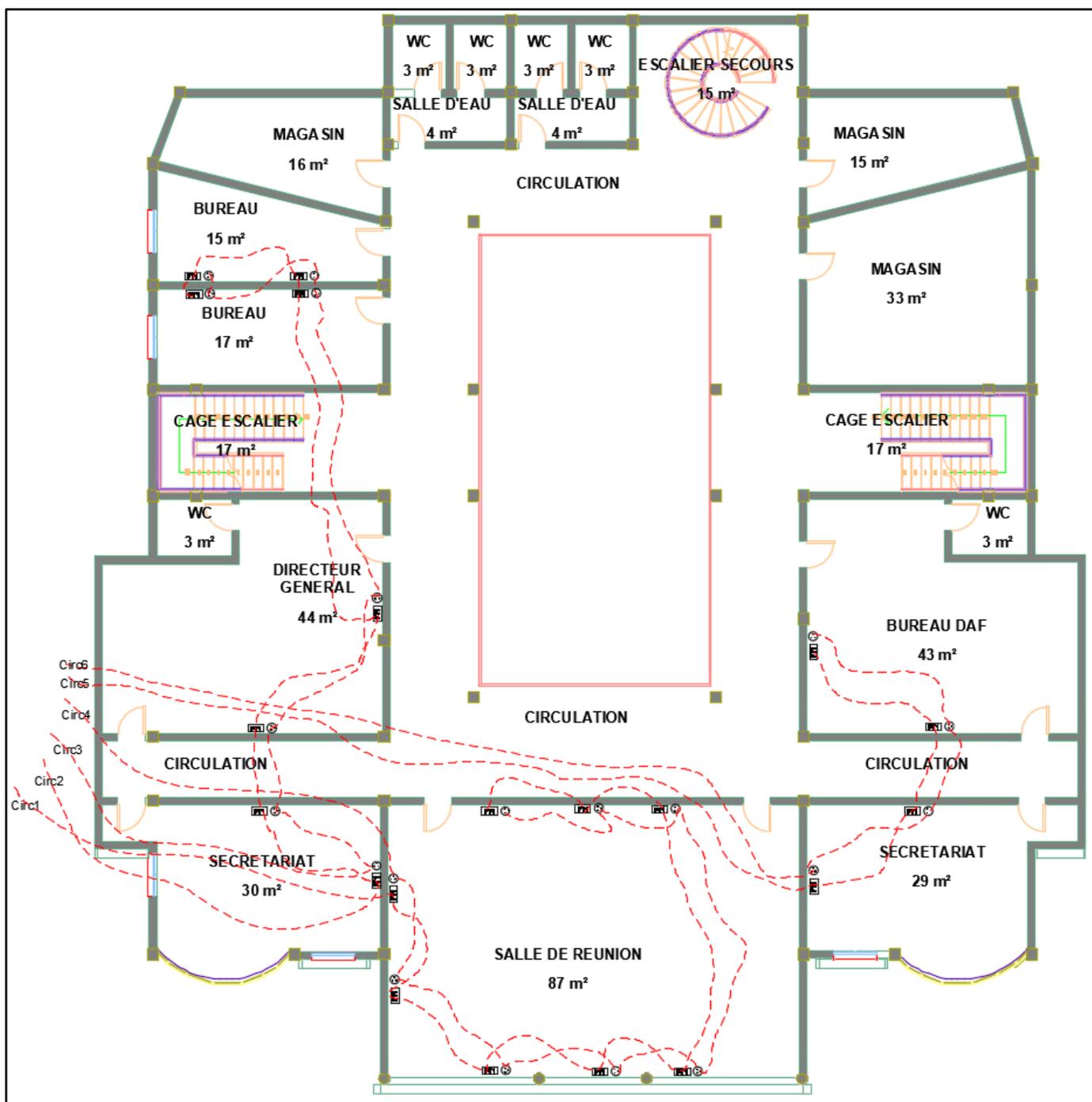
Plan du réseau d'éclairage niveau R+1



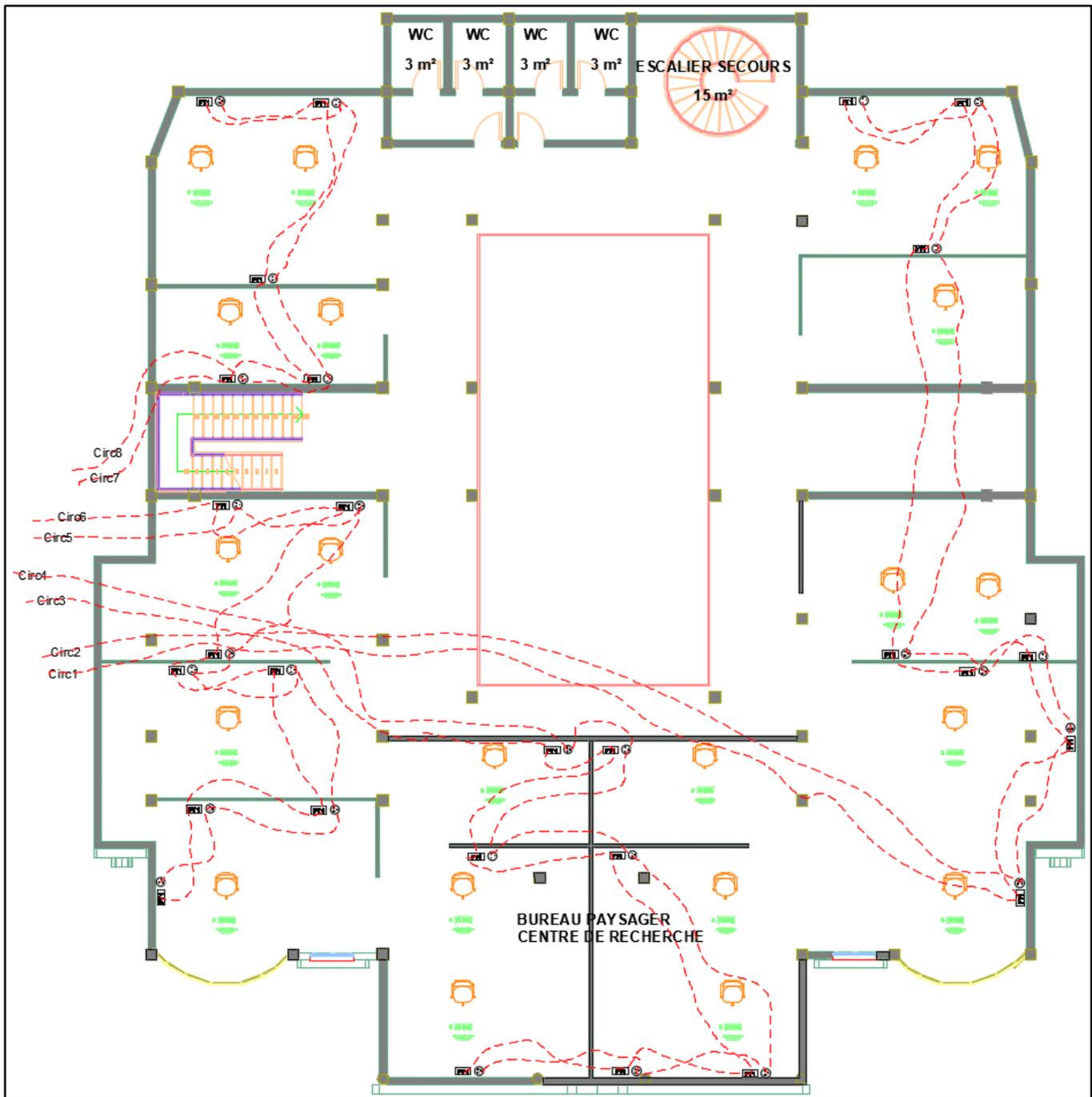
Plan du réseau d'éclairage niveau R+2

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF



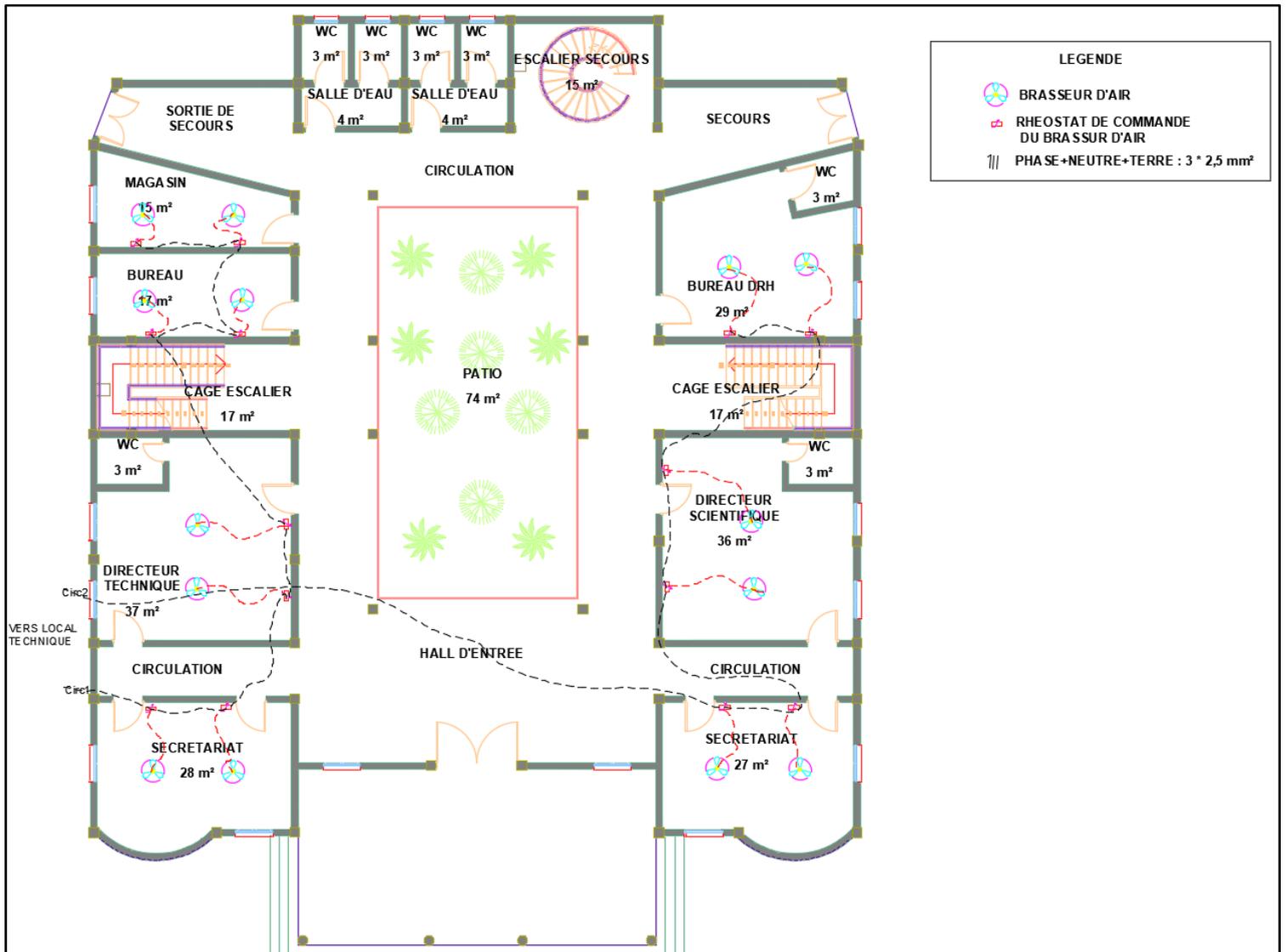


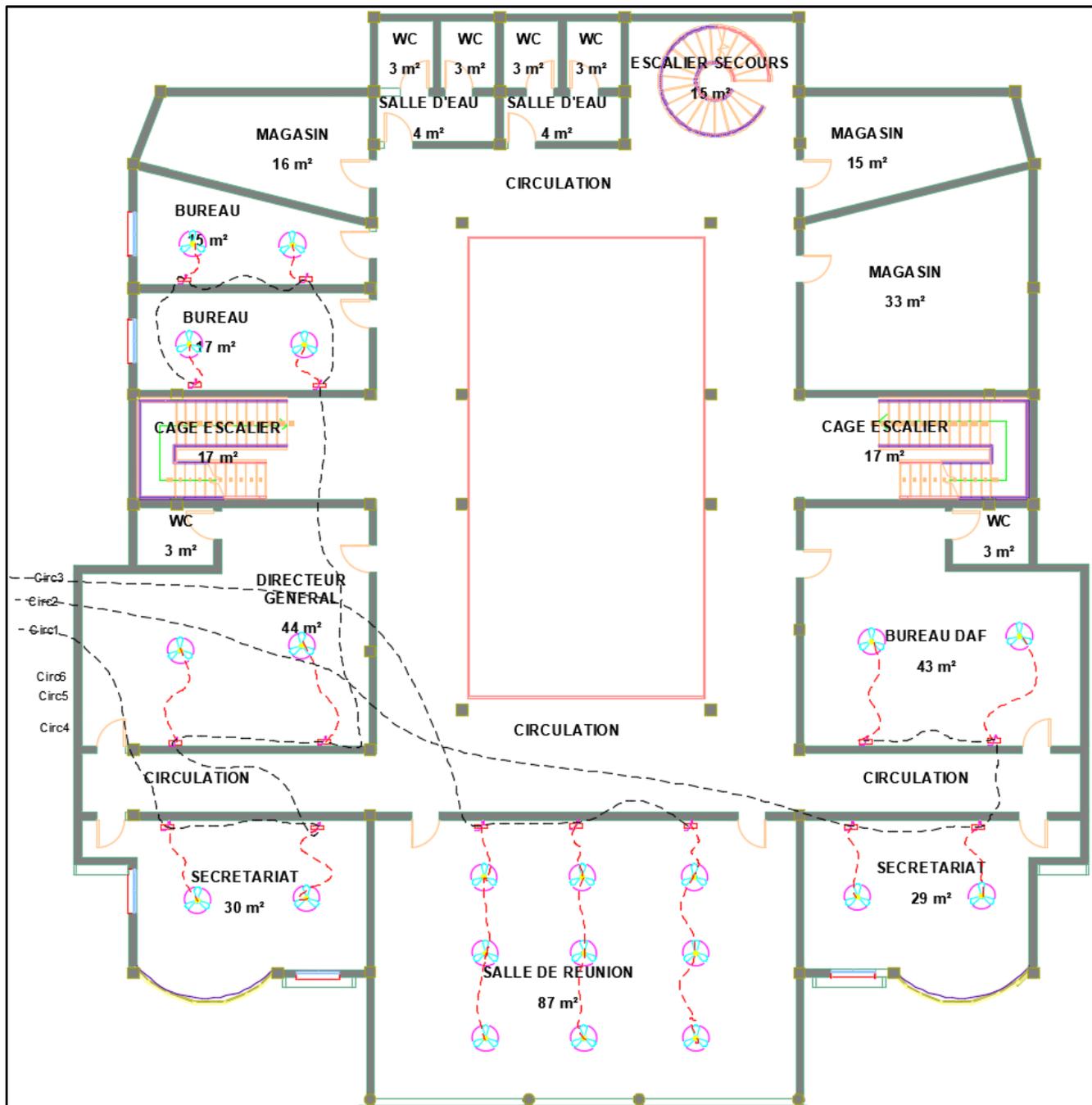
Plan du réseau des prises niveau R+1



Plan du réseau des prises niveau R+2

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF



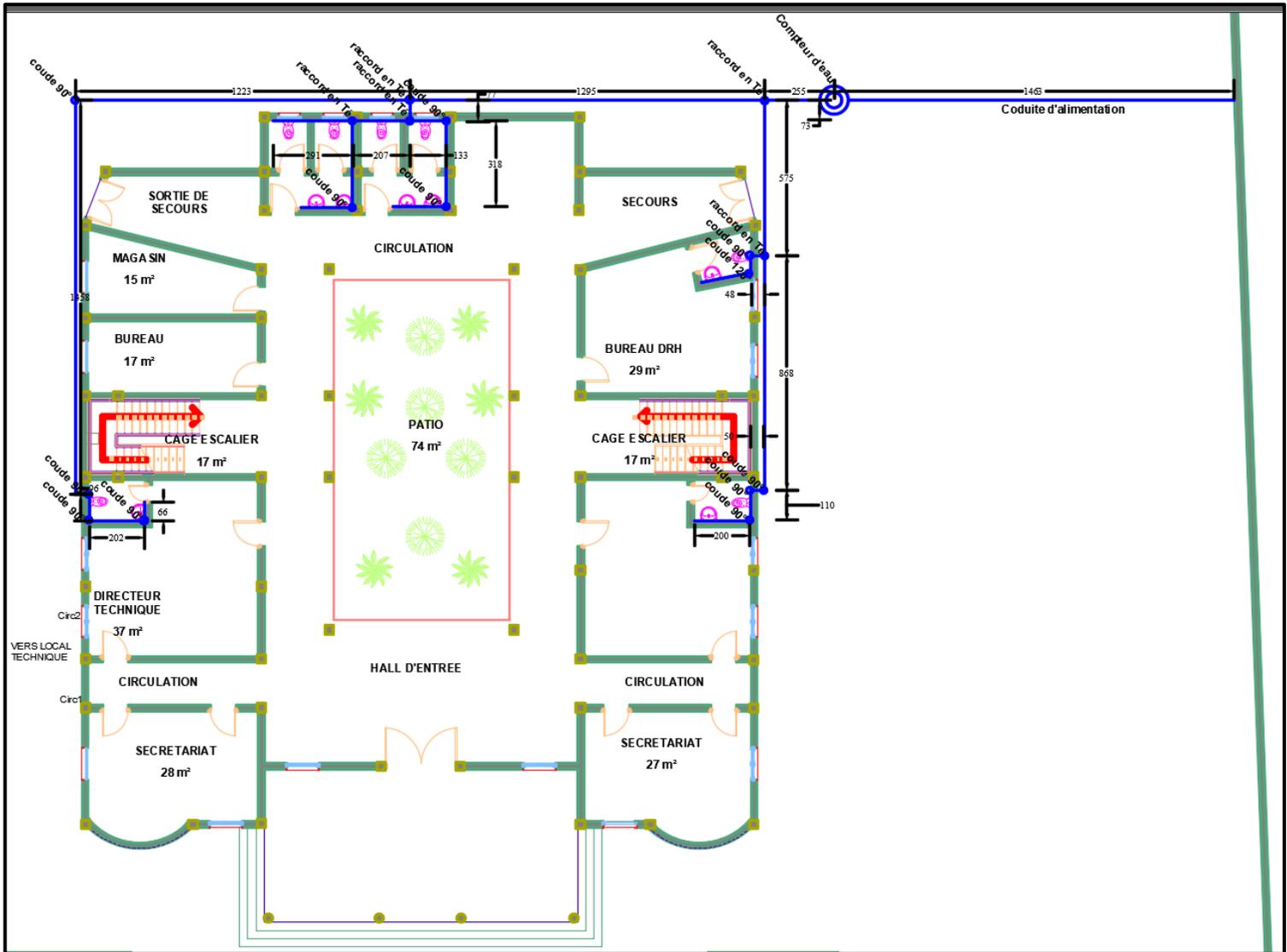


Plan du réseau des brasseurs d'air niveau R+1

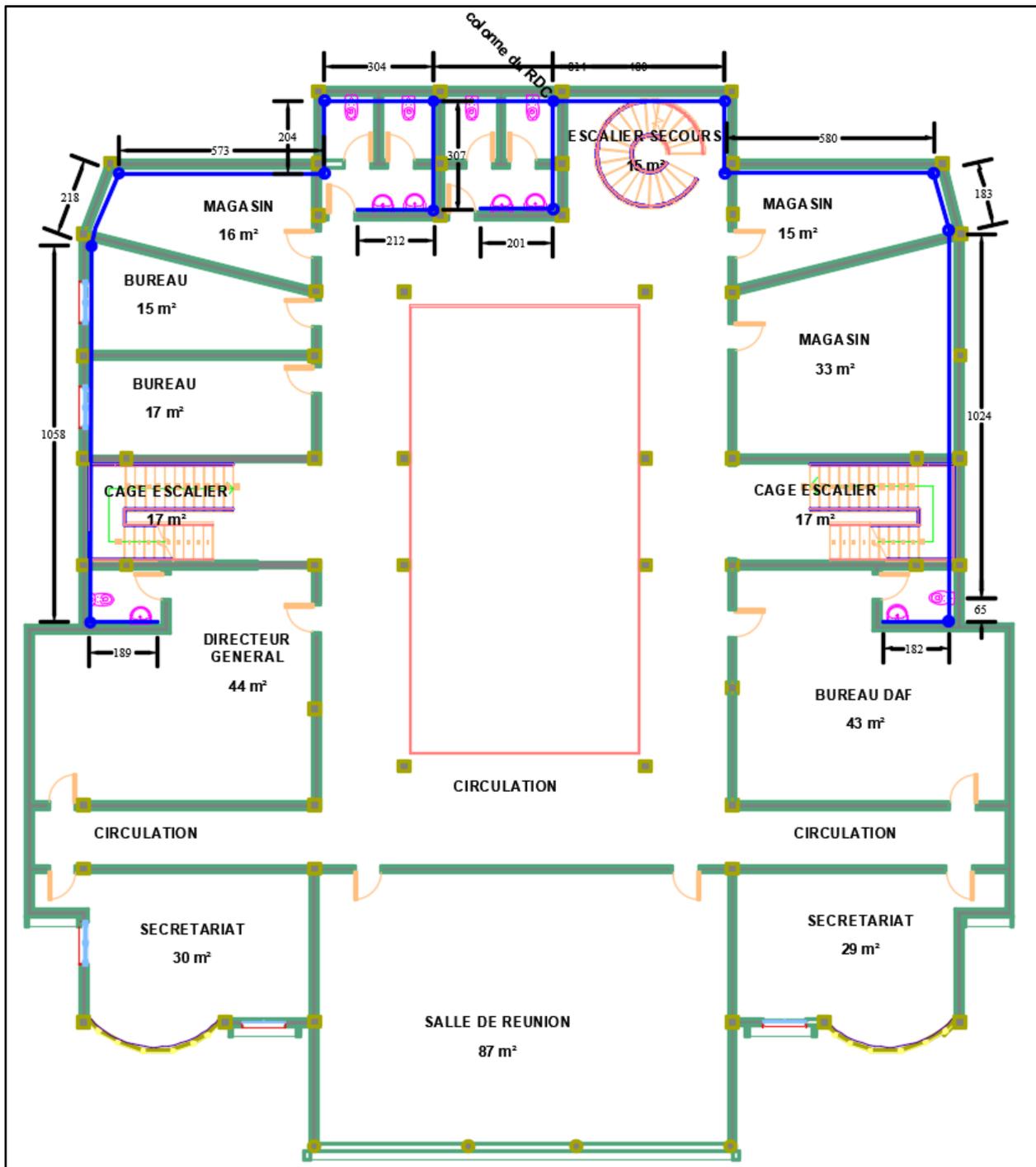


Plan du réseau des brasseurs d'air niveau R+2

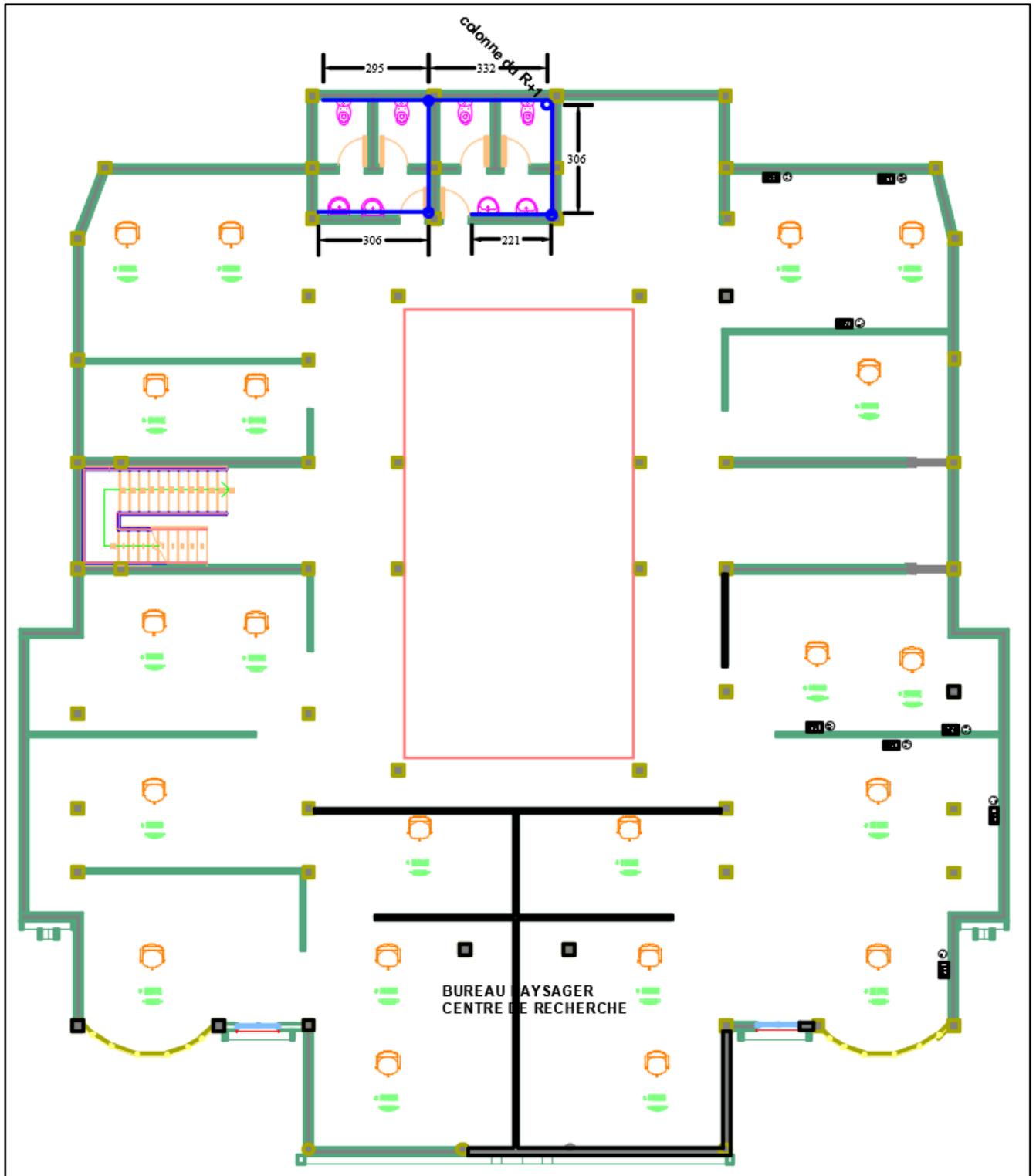
CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF



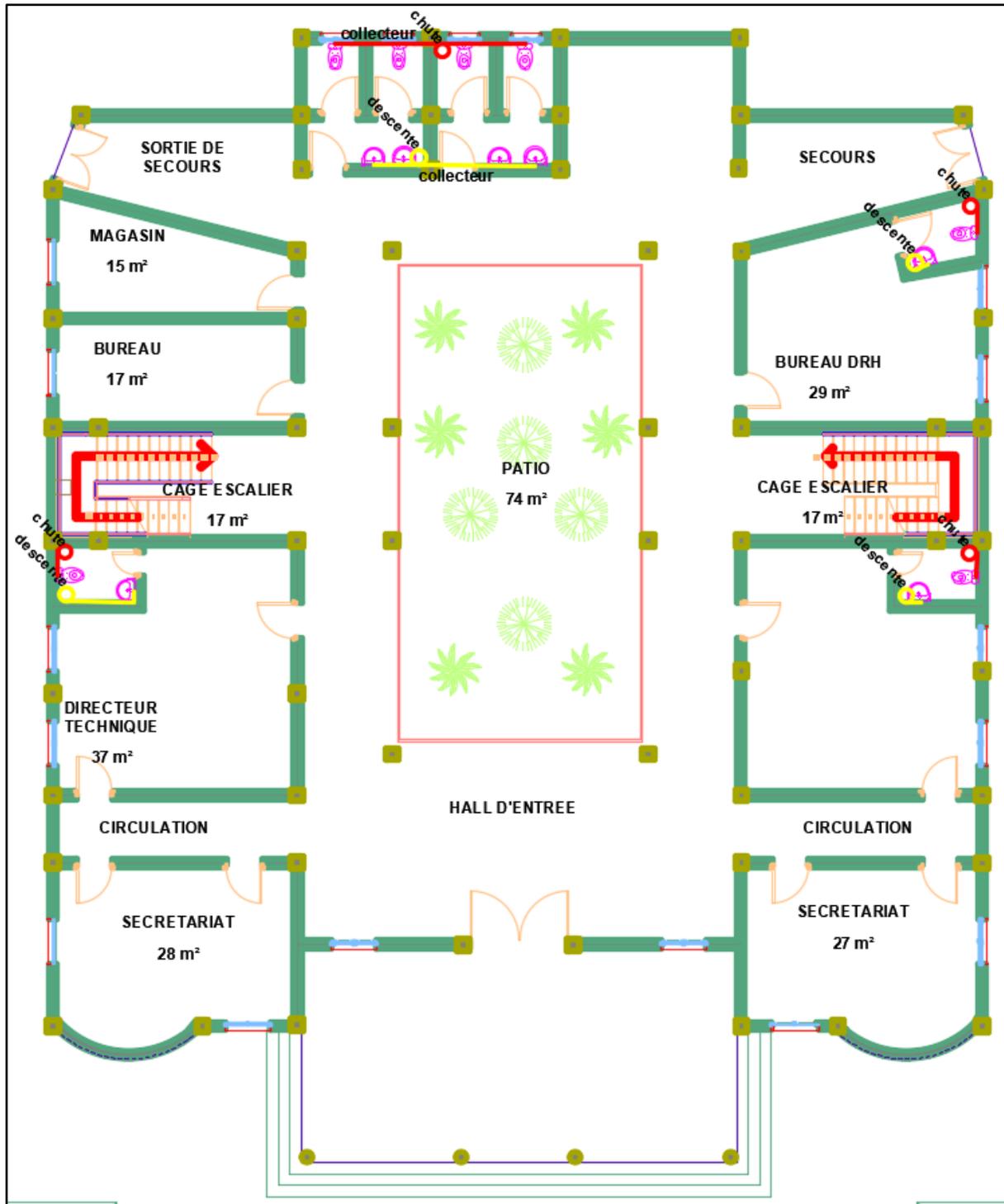
Plan du réseau de distribution d'eau niveau RDC



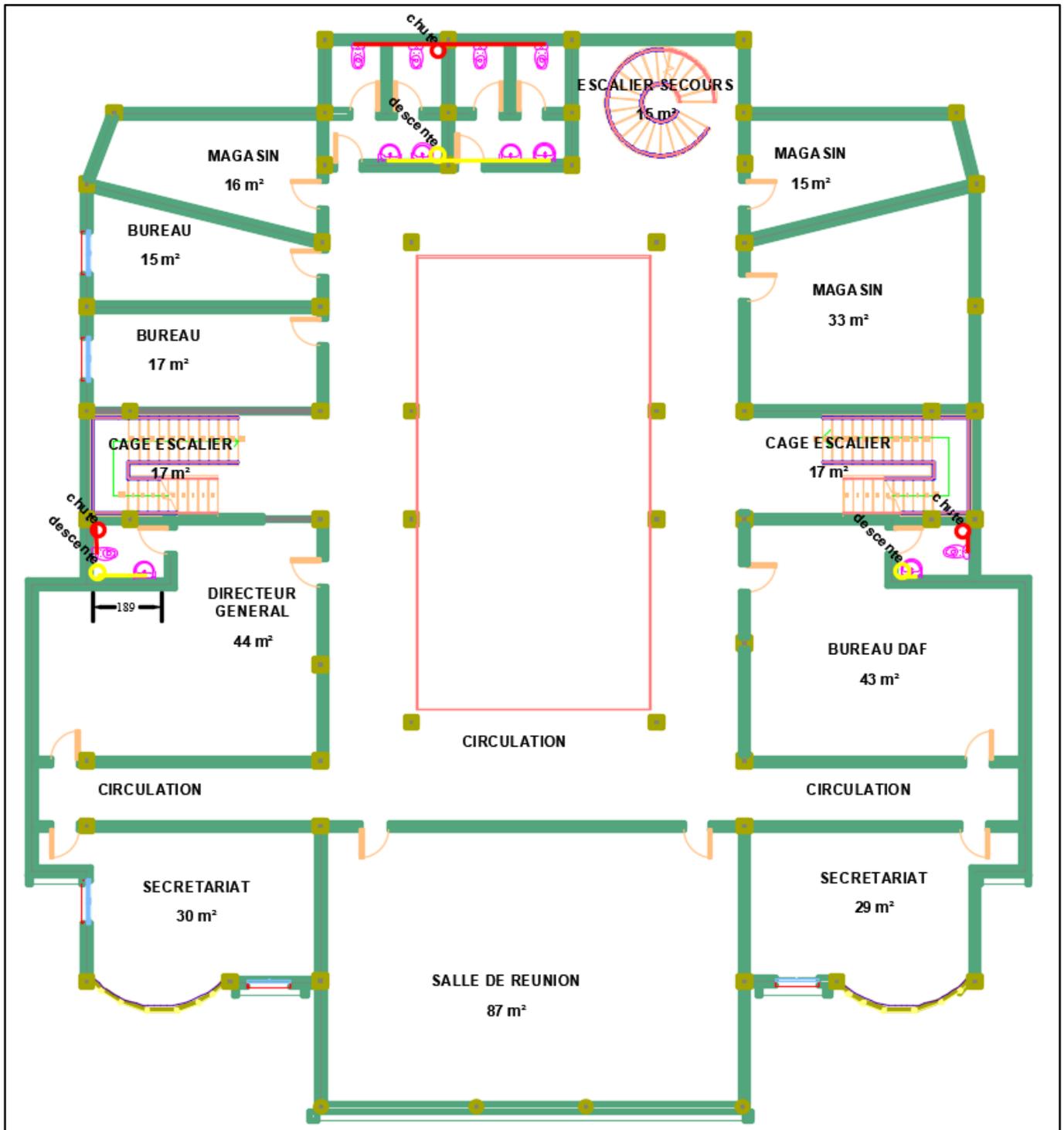
Plan du réseau de distribution d'eau niveau R+1



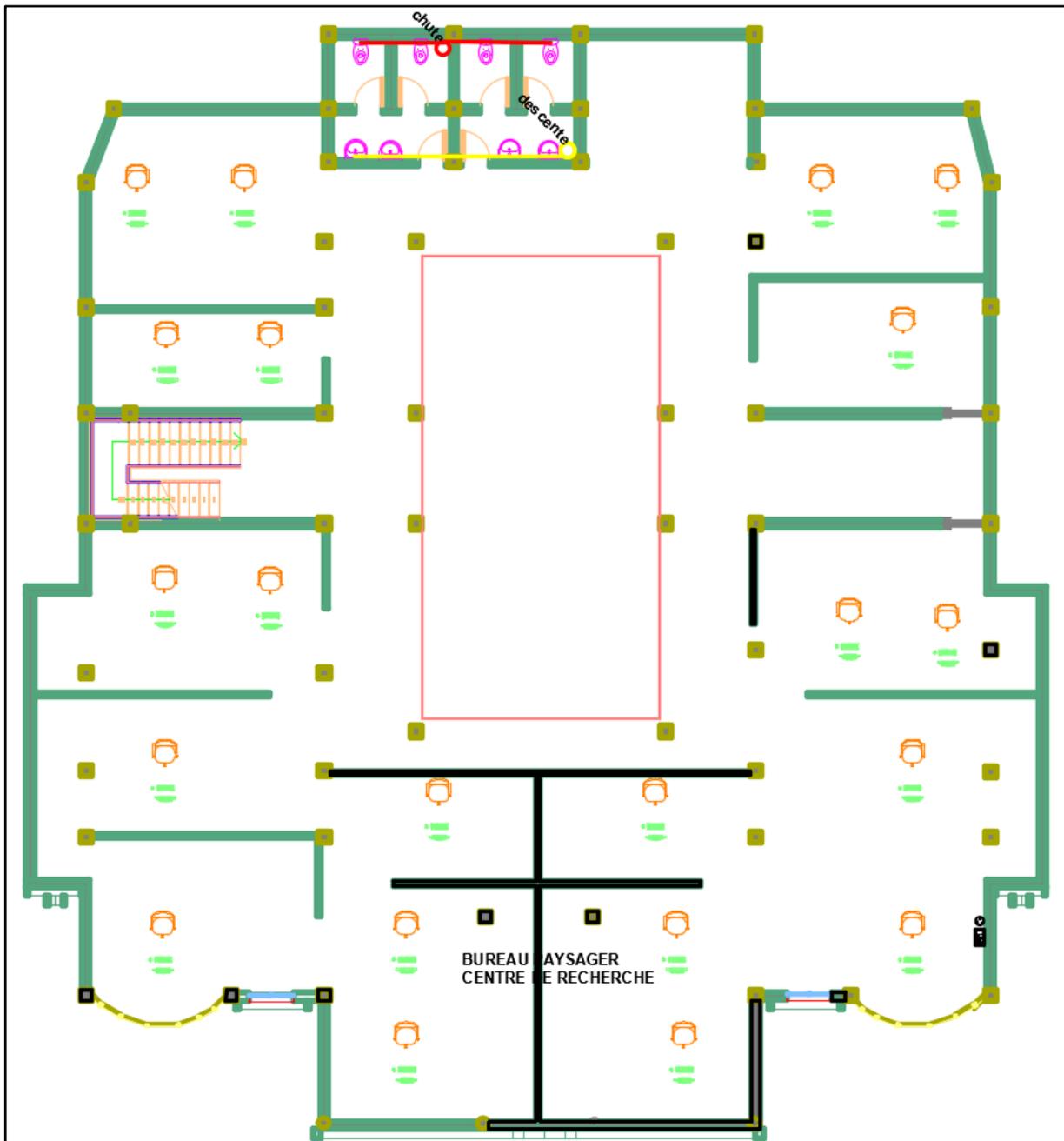
Plan du réseau de distribution d'eau niveau R+2



Plan du réseau d'assainissement niveau RDC



Plan du réseau d'assainissement niveau R+1



Plan du réseau d'assainissement niveau R+2

ANNEXE II : Notes de calcul des éléments du gros œuvre

1-Planchers à corps creux

Pré dimensionnement

L'épaisseur (h_t) est calculée de façon à minimiser la flèche durant la vie de l'ouvrage à partir de la relation :

$$h_t \geq \frac{L}{22,5}$$

L : portée maximale de la poutrelle entre nu d'appuis = 4 m

$$h_t \geq \frac{400}{22,5} = 17,80 \text{ cm}$$

A noter que l'épaisseur du plancher doit aussi se conformer aux conditions suivantes :

- L'épaisseur du plancher doit être supérieure ou égale à 16 cm (**$h_t \geq 16 \text{ cm}$**) pour obtenir une bonne isolation acoustique ;
- Résistance au feu :

$h_t \geq 7 \text{ cm}$: pour une heure de coupe-feu

$h_t \geq 11 \text{ cm}$: pour deux heures de coupe-feu

Nous avons un degré coupe-feu de deux heures (2h).

Suivant toutes les conditions présentées ci-dessus, nous convenons de choisir une épaisseur :

$h_t = 20 \text{ cm}$

Les corps creux ou hourdis sont de de type 20 cm * 16 cm * 50 cm.

Donc :

h_c : Hauteur des corps creux égale à 16 cm ;

h_0 : Épaisseur de la dalle de compression égale à 4 cm.

Pré dimensionnement des poutrelles

b_0 est pris égal à 12 cm selon BAEL pour des raisons pratiques.

h_0 (épaisseur de la table de compression) = 4 cm.

l_1 : entre-axes entre deux poutrelles consécutives = 60 cm

l : longueur maximale entre nus d'appuis = 4 m

b_1 :

$$b_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} b_1 \leq \frac{(l_1 - b_0)}{2} \\ b_1 \leq \frac{l}{10} \\ 6 * h_0 \leq b_1 \leq 8 * h_0 \end{array} \right. \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} b_1 \leq \frac{(60-12)}{2} = 24 \text{ cm} \\ b_1 \leq \frac{400}{10} = 40 \text{ cm} \\ 24 \text{ cm} \leq b_1 \leq 32 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\longrightarrow b_1 = 24 \text{ cm}$$

b : largeur de la table de compression

$$b = 2 * b_1 + b_0$$

$$b = 2 * 24 + 12 = 60 \text{ cm.}$$

Descente de charges

❖ charges surfaciques sur planchers

➤ Toiture terrasse accessible

✚ Charge apportée par le mur acrotère

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids surfacique (kN/m ²)
Enduit ciment extérieur	0,02	20	0,40
Briques creuses	0,20	14	2,8
Enduit ciment intérieur	0,02	20	0,4
Charges permanentes totales (G)			3,60

 **Charge totale supportée**

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids surfacique (kN/m ²)
Mur acrotère	-	-	3,60
Protection en gravillons roulés	0,04	15	0,6
Etanchéité multicouche	0,06	2	0,12
Béton forme de pente	0,1	22	2,2
Isolation thermique au liège	0,04	4	0,16
Poids propre plancher (16+4)	0,2	-	2,85
Enduit ciment sous face	0,02	20	0,4
Charges permanentes totales (G)			9,93
Charge d'exploitation (Q)			1

➤ **Etages courants**

 **Charge apportée par les murs internes et externes**

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids surfacique (kN/m ²)
Enduit ciment extérieur	0,02	20	0,40
Carrelage	0,02	22	0,44
Briques creuses	0,20	14	2,8
Enduit ciment intérieur	0,02	20	0,4
Charges permanentes totales (G)			4,04

 **Charge totale supportée**

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids surfacique (kN/m ²)
Cloisons et murs	-	-	4,04
Carrelage plus mortier	0,02	-	0,9
Lit de sable	0,02	-	0,36
Poids propre plancher (16+4)	0,20	-	2,85
Enduit ciment sous face	0,02	20	0,4
Charges permanentes totales (G)			8,55
Charge d'exploitation (Q)			2,5

❖ **Charges linéiques sur les poutrelles**

Pour ce faire, nous allons multiplier les charges surfaciques du plancher le plus sollicité par la largeur de dalle reprise par une poutrelle. Cette largeur représente la largeur de la table de compression qui est $b = 0,60$ m.

Nous obtenons ainsi :

$$G = 8,55 \text{ kN/m}^2 * 0,6 \text{ m} = \mathbf{5,13 \text{ kN/m}}$$

$$Q = 2,5 \text{ kN/m}^2 * 0,6 \text{ m} = \mathbf{1,5 \text{ kN/m}}$$

Dimensionnement

❖ **Poutrelles**

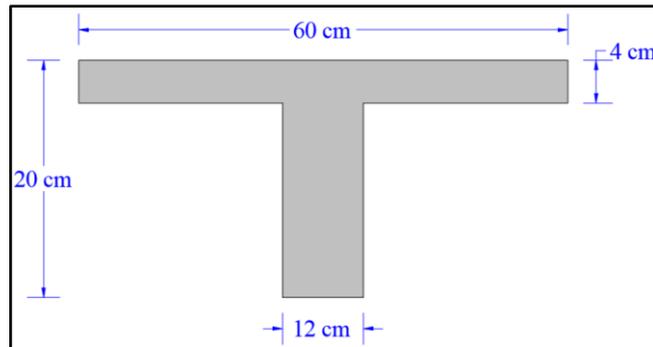
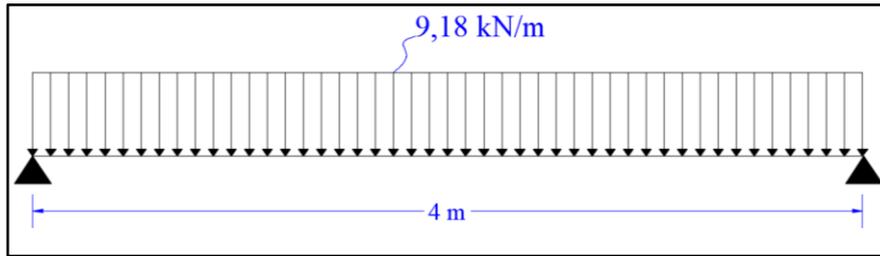
- Condition de fissuration : peu préjudiciable : Ces éléments seront donc dimensionnés à l'ELU.

- Actions : $G = 5,13 \text{ kN/m}$ $Q = 1,5 \text{ kN/m}$

- Combinaison d'actions :

$$\text{ELU : } p_u = (1,35 * G) + (1,5 * Q) = 9,18 \text{ kN/m}$$

- Modèle statique



➤ Calcul des sollicitations

Les sollicitations représentent les efforts internes induits par les charges externes supportées par l'élément. Celles-ci permettront de déterminer les aciers nécessaires pour la bonne tenue de l'élément face aux charges.

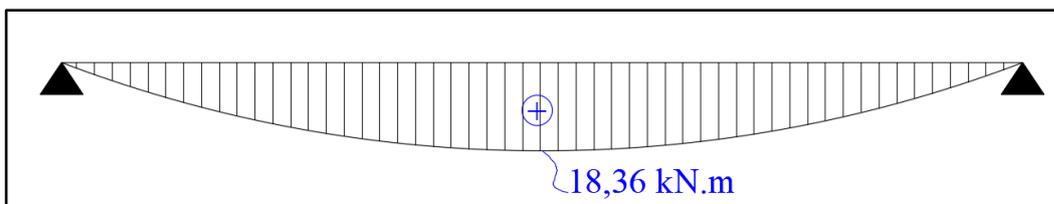
✚ Moment maximal sur travée

$$M_0 = \frac{p_u \cdot l^2}{8}$$

p_u : charge ultime uniformément répartie

l : portée de la poutre = 4 m.

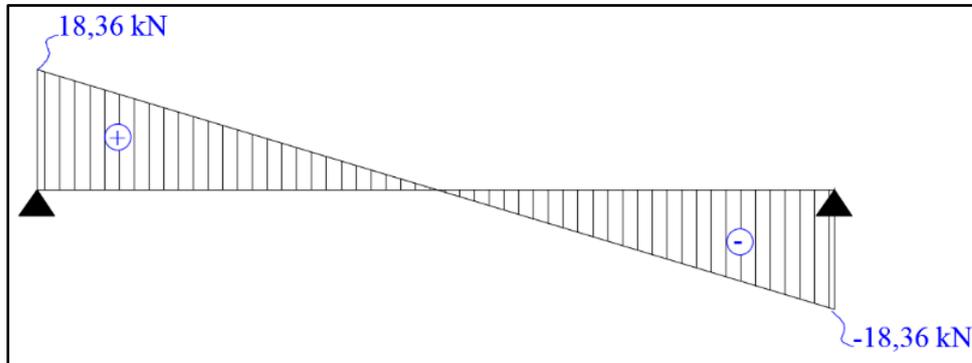
$$M_0 = \frac{9,18 \cdot 4^2}{8} = 18,36 \text{ kN.m} = 0,01836 \text{ MN.m}$$



✚ Effort tranchant

$$V_u = \frac{pu \cdot l}{2}$$

$$V_u = \frac{9,18 \cdot 4}{2} = 18,36 \text{ kN} = 0,01836 \text{ MN}$$



➤ Calcul des aciers principaux

✚ Moment résistant dans la table

$$M_{tu} = b \cdot h_0 \cdot f_{bu} \cdot \left(d - \frac{h_0}{2}\right)$$

f_{bu} : résistance ultime du béton = 11,33 MPa

b : largeur de la table de compression = 60 cm = 0,60 m

h_0 : épaisseur de la dalle = 4 cm = 0,04 m

d : la hauteur utile = $0,9 \cdot h = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18$ m

$$M_{tu} = 0,6 \cdot 0,04 \cdot 11,33 \cdot \left(0,18 - \frac{0,04}{2}\right) = 0,04 \text{ MN.m}$$

On constate que $M_{tu} > M_0$; donc l'axe neutre est à l'intérieur de la table de compression. La poutrelle sera donc dimensionnée comme une section rectangulaire de largeur b et de hauteur h_t .

✚ Moment réduit

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = \frac{0,01836}{0,6 \cdot 0,18^2 \cdot 11,33} = 0,08 < \mu_{lim} = 0,372 ; \text{ donc pas d'armatures comprimées.}$$

$\mu_{bu} = 0,08 < \mu_{AB} = 0,186$; la section tourne autour du pivot A.

✚ Bras de levier

$$Z = d (1 - 0,4 * \alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{(1 - 2 * \mu_{bu})})$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{(1 - 2 * 0,08)}) = 0,1 \quad \longrightarrow \quad Z = 0,18 (1 - 0,4 * 0,1) = 0,17$$

✚ Section théorique d'aciers

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z * \sigma_{st}}$$

σ_{st} : contrainte de l'acier : la section tourne autour du pivot A, donc la déformation de l'acier est 10‰ ; $\sigma_{st} = f_{su} = 435 \text{ MPa}$

$$A_{st} = \frac{0,01836}{0,17 * 435} = 2,48 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,48 \text{ cm}^2$$

✚ Condition de non fragilité

$$A_{st,min} = 0,23 * b * d * \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{st,min} = 0,23 * 0,6 * 0,18 * \frac{1,8}{500} = 8,94 * 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,89 \text{ cm}^2 < A_{st} ; \text{ condition vérifiée.}$$

✚ Choix des armatures

$$2,48 \text{ cm}^2 \quad \longrightarrow \quad 3 \text{ HA12 totalisant } 3,39 \text{ cm}^2$$

➤ Calcul des aciers de répartition

✚ Vérification de la contrainte tangentielle

$$\tau_u = \frac{V_u}{b * d}$$

$$\tau_u = \frac{0,01836}{0,6 * 0,18} = 0,17 \text{ MPa} < \tau_{ul} = 2,60 \text{ MPa} ; \text{ condition vérifiée.}$$

✚ Détermination du diamètre

$$\Phi_t \leq \min (h/35 ; b/10 ; \Phi_t)$$

$$\Phi_t \leq \min (20/35 ; 60/10 ; 12)$$

$$\Phi_t \leq \min (0,57 ; 6 ; 12) = 0,57 \text{ mm.}$$

Nous convenons de prendre un diamètre de **8 mm**.

Espacement

$$S_t \leq \min (0,9 * d ; 40 \text{ cm})$$

$$S_t \leq \min (0,9 * 18, 40 \text{ cm}) = 16,2 \text{ cm}$$

On choisit un espacement de **15 cm**.

❖ Dalle de compression

➤ Armatures perpendiculaires aux entrevous : A_x

$$A_x = \frac{4 * l_{\text{entrevous}}}{f_e}$$

$$A_x = \frac{4 * 60}{500} = \mathbf{0,48 \text{ cm}^2/\text{ml}}$$

Choix des armatures : **4HA 6** totalisant 1,13 cm², et espacés de 100/4 = 25 cm.

➤ Armatures parallèles aux entrevous : A_y

$$A_y = \frac{A_x}{2}$$

$$A_y = \frac{1,13}{2} = \mathbf{0,57 \text{ cm}^2/\text{ml}}$$

Choix des armatures : **4HA 6** totalisant 1,13 cm², et espacés de 25 cm.

2-Balcons

Pré dimensionnement

Son épaisseur dépend de la condition de rigidité ci-après :

$$h_0 \geq \frac{x}{30}$$

lx : largeur maximale des balcons = 1,5 m.

$$h_0 \geq \frac{150}{30} = \mathbf{5 \text{ cm}}$$

Nous convenons de prendre $h_0 = 12 \text{ cm}$; épaisseur qui respecte aussi la condition de résistance au feu.

Descente de charges

❖ Toiture terrasse

➤ Charge ponctuelle apportée par le mur acrotère

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids linéique (kN)
Béton forme de pente	0,1	22	2,64
Enduit ciment extérieur	0,02	20	0,48
Briques creuses	0,2	14	3,36
Enduit ciment intérieur	0,02	12	0,29
Charges permanentes totales (G)			6,77

➤ Charge linéique apportée par le plancher dalle pleine

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids linéique (kN/m)
Lit de sable	0,02	-	0,36
Poids propre dalle pleine	0,12	25	3
Enduit ciment sous face	0,02	20	0,40
Charges permanentes totales (G)			3,76
Charge d'exploitation (Q)			3,5

❖ Etages courants

➤ Charge ponctuelle apportée par les murs externes

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids linéique (kN)
Enduit ciment extérieur	0,02	20	0,48
Briques creuses	0,2	14	3,36
Enduit ciment intérieur	0,02	12	0,29
Charges permanentes totales (G)			4,13

➤ Charge linéique apportée par le plancher dalle pleine

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids linéique (kN/m)
Carrelage plus mortier	0,02	-	0,90
Lit de sable	0,02	-	0,36
Poids propre dalle pleine	0,12	25	3
Enduit ciment sous face	0,02	20	0,40
Charges permanentes totales (G)			4,66
Charge d'exploitation (Q)			3,50

❖ Identification du balcon le plus sollicité

➤ Toiture terrasse

$$G + Q = 3,76 + 3,5 = 7,26 \text{ kN/m} \quad \text{et} \quad P = 6,77 \text{ kN}$$

➤ Etages courants

$$G + Q = 4,66 + 3,5 = 8,16 \text{ kN/m} \quad \text{et} \quad P = 4,13 \text{ kN}$$

Nous concluons donc que les balcons de la toiture terrasse sont les plus chargés.

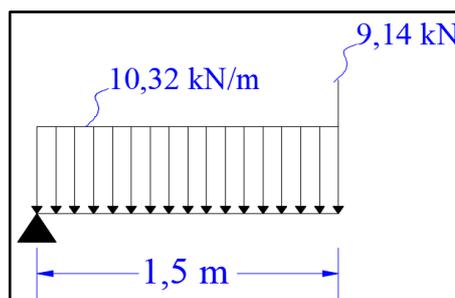
Dimensionnement

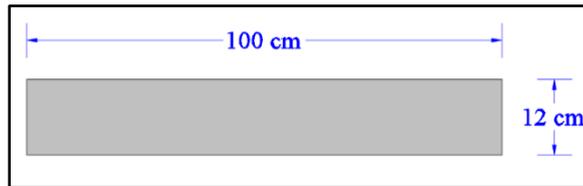
- Condition de fissuration : peu préjudiciable : Cet élément sera donc dimensionné à l'ELU.
- Actions : $G = 3,76 \text{ kN/m}$ $Q = 3,5 \text{ kN/m}$ et $P = 6,77 \text{ kN}$
- Combinaison d'actions :

$$\text{ELU} : (1,35 * G) + (1,5 * Q) = 10,32 \text{ kN/m}$$

$$1,35 * P = 9,14 \text{ kN}$$

- **Modèle statique**





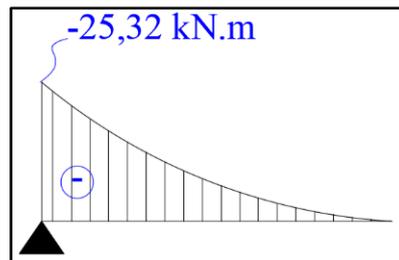
❖ **Calcul des sollicitations**

➤ **Moment d'encastrement**

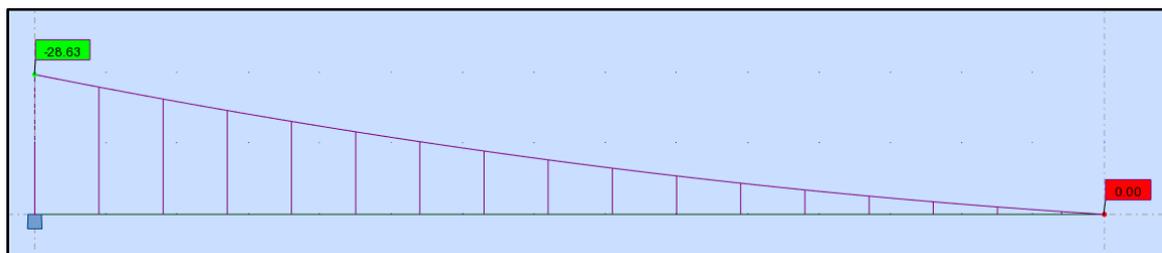
✚ **Manuellement**

$$M = M_P + M_p = (P * l) + \frac{p * l^2}{2}$$

$$M = (9,14 * 1,5) + \frac{10,32 * 1,5^2}{2} = 25,32 \text{ kN.m} = 0,02532 \text{ MN.m}$$



✚ **Numériquement**

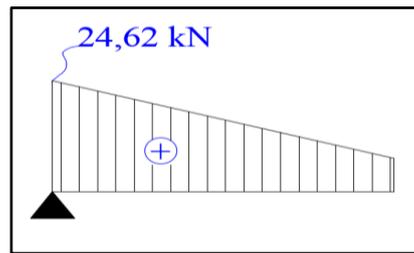


➤ **Effort tranchant**

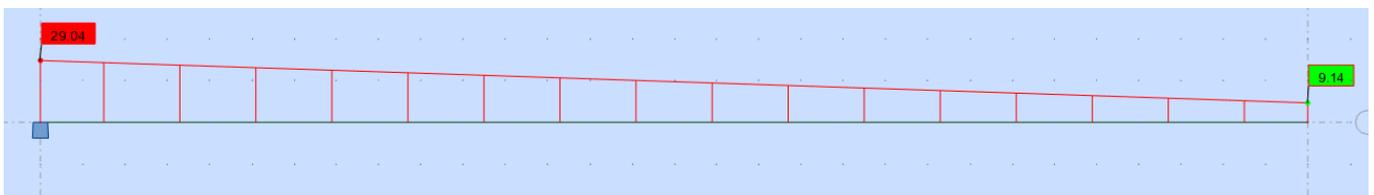
✚ **Manuellement**

$$V_u = V_{uP} + V_{up} = P + (q * l)$$

$$V_u = 9,14 + (10,32 * 1,5) = 24,62 \text{ kN} = 0,02462 \text{ MN}$$



➤ Numériquement



❖ Calcul des aciers principaux

➤ Moment réduit

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = \frac{0,02532}{1 \cdot 0,11^2 \cdot 11,33} = 0,184 < \mu_{lim} = 0,372 ; \text{ donc pas d'armatures comprimées.}$$

$$\mu_{bu} = 0,184 < \mu_{AB} = 0,186 ; \text{ la section tourne autour du pivot A.}$$

➤ Bras de levier

$$Z = d (1 - 0,4 \cdot \alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{bu}})$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,18}) = 0,25 \longrightarrow Z = 0,11 (1 - 0,4 \cdot 0,25) = 0,099$$

➤ Section théorique d'aciers

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z \cdot \sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{0,02532}{0,099 \cdot 435} = 5,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 5,88 \text{ cm}^2$$

➤ **Condition de non fragilité**

$$A_{st,min} = 0,23 * b * d * \frac{ft28}{fe}$$

$$A_{st,min} = 0,23 * 1 * 0,11 * \frac{1,8}{500} = 9,11 * 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,91 \text{ cm}^2 < A_{st}; \text{ condition vérifiée.}$$

➤ **Choix des armatures**

$$5,88 \text{ cm}^2 \longrightarrow 7 \text{ HA12 totalisant } 7,92 \text{ cm}^2$$

➤ **Espacement**

$$100 / 7 = 14,28 \text{ cm}$$

On convient de prendre **15 cm**.

❖ **Calcul des aciers de répartition**

➤ **Vérification de la contrainte tangentielle**

$$\tau_u = \frac{Vu}{b*d}$$

$$\tau_u = \frac{0,02462}{1*0,11} = 0,22 \text{ MPa} < \tau_{ul} = 2,60 \text{ MPa}; \text{ condition vérifiée.}$$

➤ **Section théorique**

$$A_{sr} = \frac{Ast}{3}$$

$$A_{sr} = \frac{5,88}{3} = 1,96 \text{ cm}^2$$

➤ **Choix des armatures**

5HA8 totalisant 2,51 cm².

➤ **Espacement**

$$150 / 5 = 30 \text{ cm, nous prenons } 20 \text{ cm.}$$

3-Poutres

Pré dimensionnement

❖ **Poutres isostatiques : reposant sur deux appuis**

Elles sont pré dimensionnées suivant les critères de rigidité ci-après :

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

$$0,30 * h \leq b \leq 0,50 * h$$

h : la hauteur de la poutre ;

b : largeur de la poutre ;

L : la plus grande travée

$$L = 5,02 \text{ m}$$

$$\frac{5,02}{15} \leq h \leq \frac{5,02}{10}$$

$$0,33 \leq h \leq 0,50$$

On prend **h = 0,40 m = 40 cm**

$$0,30 * 0,40 \leq b \leq 0,50 * 0,40$$

$$0,12 \leq b \leq 0,20$$

La largeur minimale à prendre en compte pour respecter le degré de coupe-feu qui est de deux heures (2h) est de 17 cm, nous convenons donc de prendre **b = 0,20 m = 20 cm**.

Poutres isostatiques de section : **b * h = 20 cm * 40 cm**

❖ Poutres hyperstatiques

Celles-ci reposent sur plus de deux appuis, elles sont donc considérées comme continues. On distingue parmi celles-ci :

- **Les poutres principales** : Elles sont pré dimensionnées à l'aide des critères de rigidité ci-après :

$$\frac{L}{20} \leq h \leq \frac{L}{16}$$

$$0,30 * d \leq b \leq 0,40 * d \quad \text{avec } d = 0,9 * h$$

h : la hauteur de la poutre ;

d : la hauteur utile ;

b : largeur de la poutre ;

L : la plus grande travée

$$L = 6,65 \text{ m}$$

$$\frac{6,65}{20} \leq h \leq \frac{6,65}{16}$$

$$0,33 \leq h \leq 0,42$$

On prend **h = 0,40 m = 40 cm**

$$d = 0,90 * 0,40 = 0,36 \text{ m}$$

$$0,30 * 0,36 \leq b \leq 0,40 * 0,36$$

$$0,11 \leq b \leq 0,14$$

La largeur minimale à prendre en compte pour respecter le degré de coupe-feu qui est de deux heures (2h) est de 17 cm, nous convenons donc de prendre $b = 0,20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$.

Poutres principales de section : $b * h = 20 \text{ cm} * 40 \text{ cm}$

- **Les poutres secondaires :** Elles sont pré dimensionnées en respectant les mêmes conditions que les poutres principales.

$$L = 4,20 \text{ m}$$

$$\frac{4,20}{20} \leq h \leq \frac{4,20}{16}$$

$$0,21 \leq h \leq 0,26$$

On prend $h = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$

$$d = 0,90 * 0,40 = 0,36 \text{ m}$$

$$0,30 * 0,36 \leq b \leq 0,40 * 0,36$$

$$0,11 \leq b \leq 0,14$$

On prend $b = 0,20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$

Poutres secondaires de sections: $b * h = 20 \text{ cm} * 40 \text{ cm}$

Dimensionnement

Il existe principalement deux méthodes de calcul des poutres continues, à savoir la méthode forfaitaire et la méthode de CAQUOT.

La méthode forfaitaire s'applique lorsque les conditions suivantes sont vérifiées :

- **Condition 1 :** la méthode s'applique aux constructions courantes, c'est à dire lorsque $Q \leq 2 * G$ ou $Q \leq 5 \text{ kN/m}^2$
- **Condition 2 :** Les moments d'inertie des sections transversales sont identiques le long de la poutre.
- **Condition 3 :** Les portées successives sont dans un rapport compris entre 0,8 et 1,25
- **Condition 4 :** La fissuration ne compromet pas la tenue du béton armé et de ses revêtements (FPP).

❖ Vérification des conditions

- **Condition 1 :** $Q = 12,13 \text{ kN/m}$ et $2 * G = 82,94 \text{ kN/m}$

$Q < 2 * G$; condition vérifiée.

- **Condition 2 :** La condition 2 est vérifiée du fait que l'inertie de la poutre reste constante sur toute sa longueur.

- **Condition 3 :**

l_1 / l_2	l_2 / l_3	l_3 / l_4	l_4 / l_5
2,60	0,40	2,80	0,40

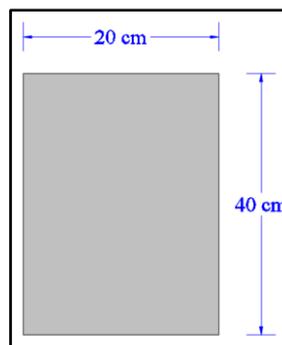
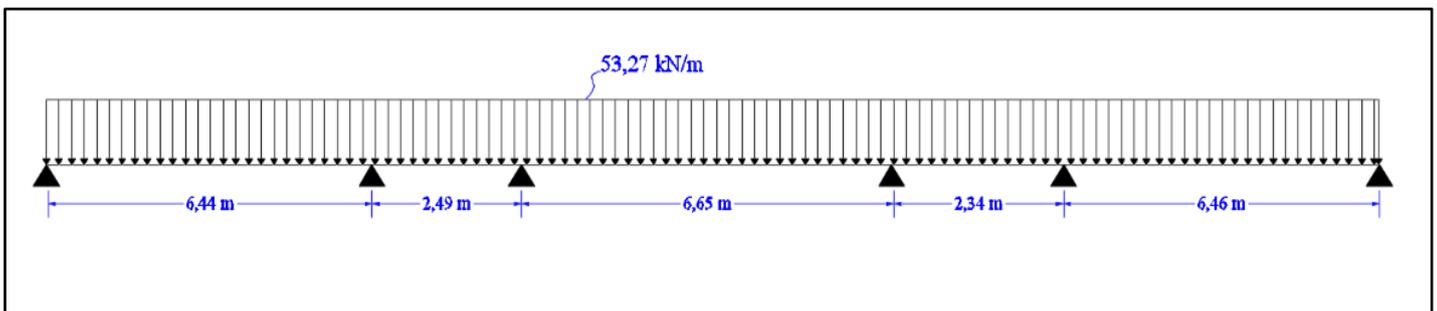
Condition non vérifiée, nous passons donc à la méthode de Caquot minoré.

- Condition de fissuration : peu préjudiciable : Ces éléments seront donc dimensionnés à l'ELU.

- **Combinaison d'actions :**

$$\text{ELU} : (1,35 * G) + (1,5 * Q) = 53,27 \text{ kN/m}$$

- **Modèle statique**



- ❖ **Calcul des sollicitations**

- **Manuellement**

- ✚ **Calcul des portées fictives**

$l' = l$ pour une travée de rive

$l' = 0,8 * l$ pour les autres cas

	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
Portée (m)	6,44	2,49	6,65	2,34	6,46
Portée fictive (m)	6,44	1,99	5,32	1,87	6,46

✚ Moments maximaux sur appuis

Ils sont obtenus à l'aide de la formule suivante :

$$M_a = \frac{pw * lw'^3 + pe * le'^3}{8,5 (lw' + le')}$$

p_w : charge uniformément répartie sur la travée de gauche de l'appui considéré

p_e : charge uniformément répartie sur la travée de droite de l'appui considéré

l_w' : portée fictive à gauche de l'appui considéré

l_e' : portée fictive à droite de l'appui considéré

Appui 2

$$M_{a2} = \frac{53,27 * 6,44^3 + 53,27 * 1,99^3}{8,5 (6,44 + 1,99)} = 204,42 \text{ kN.m} = 0,20 \text{ MN.m}$$

Appui 3

$$M_{a3} = \frac{53,27 * 1,99^3 + 53,27 * 5,32^3}{8,5 (1,99 + 5,32)} = 135,84 \text{ kN.m} = 0,14 \text{ MN.m}$$

Appui 4

$$M_{a4} = \frac{53,27 * 5,32^3 + 53,27 * 1,87^3}{8,5 (5,32 + 1,87)} = 136,94 \text{ kN.m} = 0,14 \text{ MN.m}$$

Appui 5

$$M_{a5} = \frac{53,27 * 1,87^3 + 53,27 * 6,46^3}{8,5 (1,87 + 6,46)} = 207,74 \text{ kN.m} = 0,21 \text{ MN.m}$$

✚ Moments maximaux sur travées

Le moment est maximal au point où l'effort tranchant (V_u) s'annule :

$$V_u(x) = 0$$

$$V_u(x) = R - p_u * x$$

$$R = \frac{p_u * l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

Le moment maximal est obtenu comme suit :

$$M(x_{max}) = R * x_{max} - p_u * \frac{x^2}{2}$$

Travée 12

$$V_u(x) = R - p_u * x$$

$$R = \frac{53,27 * 6,44}{2} - \frac{204,42}{6,44} = 139,78 \text{ kN}$$

$$V_u(x) = 139,78 - 53,27 * x$$

Le moment est donc maximal au point :

$$V_u(x) = 139,78 - 53,27 * x = 0$$

$$x = 2,62 \text{ m}$$

$$M(x) = R * x - p_u * \frac{x^2}{2}$$

$$M(x) = 139,78 * 2,62 - 53,27 * \frac{2,62^2}{2} = 309,44 \text{ kN.m}$$

Travée 23

$$V_u(x) = R - p_u * x$$

$$R = \frac{53,27 * 2,49}{2} + \frac{204,42 - 135,84}{2,49} = 93,86 \text{ kN}$$

$$V_u(x) = 93,86 - 53,27 * x$$

Le moment est donc maximal au point :

$$V_u(x) = 93,86 - 53,27 * x = 0$$

$$x = 1,76 \text{ m}$$

$$M(x) = R * x - p_u * \frac{x^2}{2}$$

$$M(x) = 93,86 * 1,76 - 53,27 * \frac{1,76^2}{2,49} = 98,92 \text{ kN.m}$$

Travée 34

$$V_u(x) = R - p_u * x$$

$$R = \frac{53,27 * 6,65}{2} + \frac{135,84 - 136,94}{6,65} = 176,95 \text{ kN}$$

$$V_u(x) = 176,95 - 53,27 * x$$

Le moment est donc maximal au point :

$$V_u(x) = 176,95 - 53,27 * x = 0$$

$$x = 3,32 \text{ m}$$

$$M(x) = R * x - p_u * \frac{x^2}{2}$$

$$M(x) = 176,95 * 3,32 - 53,27 * \frac{3,32^2}{2} = 399,17 \text{ kN.m}$$

Travée 45

$$V_u(x) = R - p_u * x$$

$$R = \frac{53,27 * 2,34}{2} + \frac{136,94 - 207,74}{2,34} = 32,06 \text{ kN}$$

$$V_u(x) = 32,06 - 53,27 * x$$

Le moment est donc maximal au point :

$$V_u(x) = 32,06 - 53,27 * x = 0$$

$$x = 0,60 \text{ m}$$

$$M(x) = R * x - p_u * \frac{x^2}{2}$$

$$M(x) = 32,06 * 0,60 - 53,27 * \frac{0,60^2}{2} = 11,04 \text{ kN.m}$$

Travée 56

$$V_u(x) = R - p_u * x$$

$$R = \frac{53,27 * 6,46}{2} + \frac{207,74}{6,46} = 204,22 \text{ kN}$$

$$V_u(x) = 204,22 - 53,27 * x$$

Le moment est donc maximal au point :

$$V_u(x) = 204,22 - 53,27 * x = 0$$

$$x = 3,83 \text{ m}$$

$$M(x) = R * x - p_u * \frac{x^2}{1}$$

$$M(x) = 204,22 * 3,83 - 53,27 * \frac{3,83^2}{6,46} = 361,20 \text{ kN.m}$$

Efforts tranchants

L'effort tranchant $V(x)$ le long de la poutre continue est donnée par :

$$V(x) = R - p_u * x$$

Travée 12

$$V_u(x) = 139,78 - 53,27 * x$$

$$V_1 = V(0) = 139,78 \text{ kN}$$

$$V_2 = V(6,44) = - 203,28 \text{ kN}$$

Travée 23

$$V_u(x) = 93,86 - 53,27 * x$$

$$V_1 = V(0) = 93,86 \text{ kN}$$

$$V_2 = V(2,49) = - 38,78 \text{ kN}$$

Travée 34

$$V_u(x) = 176,95 - 53,27 * x$$

$$V_1 = V(0) = 176,95 \text{ kN}$$

$$V_2 = V(6,65) = - 177,29 \text{ kN}$$

Travée 45

$$V_u(x) = 32,06 - 53,27 * x$$

$$V_1 = V(0) = 32,06 \text{ kN}$$

$$V_2 = V (2,34) = - 92,59 \text{ kN}$$

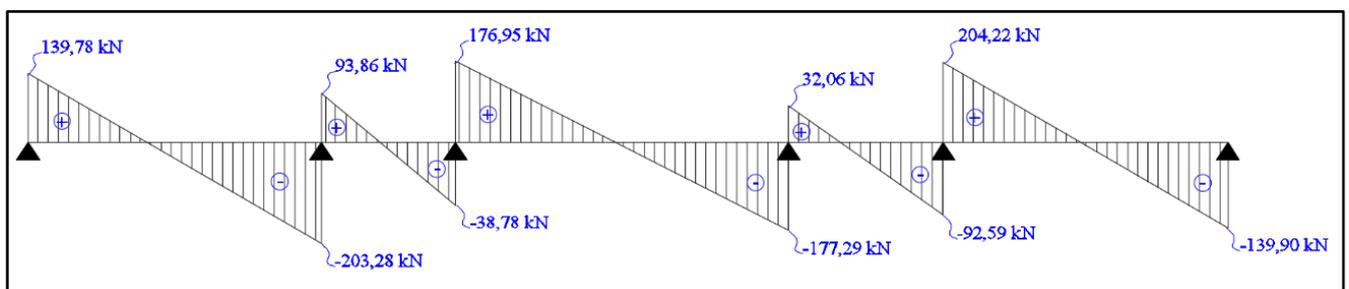
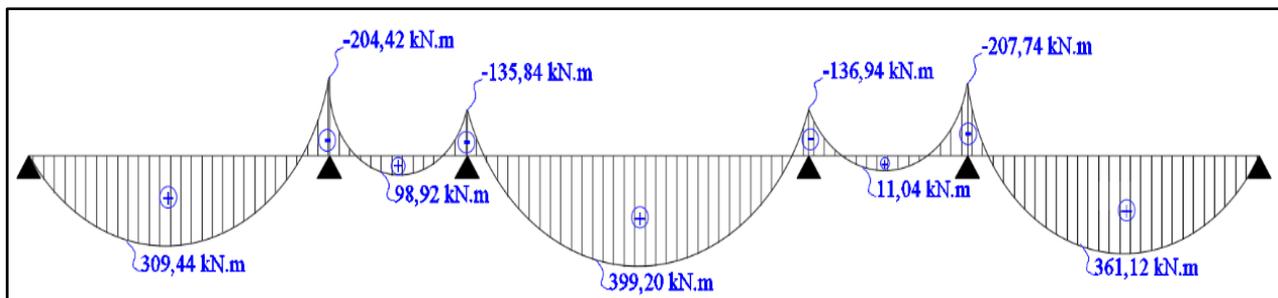
Travée 56

$$V_u (x) = 204,22 - 53,27 * x$$

$$V_1 = V (0) = 204,22 \text{ kN}$$

$$V_2 = V (6,46) = - 139,90 \text{ kN}$$

✚ Diagramme des efforts



❖ Calcul des aciers principaux sur travée

➤ Moment réduit

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = \frac{0,40}{0,20 * 0,36^2 * 11,33} = 1,36 > \mu_{lim} = 0,372 ; \text{ donc nécessité d'armatures comprimées.}$$

Vu la complexité du calcul de la section avec des aciers comprimés et dans le souci d'uniformiser le coffrage des poutres de la structure, nous convenons de dimensionner la poutre à l'aide du logiciel CYPE CAD.

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF

1.- NORMES CONSIDÉRÉES

Béton: BAEL-91 (R-99)

Catégorie d'utilisation: Bureau

2.- ÉTATS LIMITES

-----	-----
E.L.U. de rupture. Béton	BAEL 91
E.L.U. de rupture. Béton Altitude inférieure ou égale à 500 m	
-----	-----
Déplacements	Actions caractéristiques
-----	-----

3.- Coefficients partiels de sécurité (g) et coefficients de combinaison (y)

Pour chaque situation de projet et état limite les coefficients à utiliser seront:

	Durable ou transitoire			
	Coefficients partiels de sécurité (g)		Coefficients de combinaison (y)	
	Favorable	Défavorable	Principal (yp)	Accompagnement (ya)
Charge permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Surcharge (Q)	0.000	1.500	1.000	0.670

CONCEPTION ET ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A
USAGE ADMINISTRATIF

Déplacements

Actions variables sans séisme		
Coefficients partiels de sécurité (g)		
	Favorable	Défavorable
Charge permanente (G)	1.000	1.000
Surcharge (Q)	0.000	1.000

4.- Combinaisons

•Noms des hypothèses

PP Poids propre

G Charges permanentes

Qa Charge d'exploitation

Comb.	PP	G	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.350	1.350	
3	1.000	1.000	1.500
4	1.350	1.350	1.500

•Déplacements

Comb.	PP	G	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

5.- MATÉRIAUX UTILISÉS

5.1.- Bétons

Élément	Béton	fck (MPa)	gc	Taille maximale du granulat (mm)	Ec (MPa)
Planchers	B20	20	1.50	15	29859
Poteaux et noyaux	B20	20	1.50	15	29859

5.2.- Aciers

Élément	Acier	fyk (MPa)	gs
Tous	Fe E400	400	1.15

4-Poteaux

Pré dimensionnement

Les poteaux sont pré dimensionnés en respectant la condition de résistance au flambement suivante :

❖ **Pour une section rectangulaire ou carrée**

On a : A * B (B ≥ A), avec :

$$A \geq \frac{lf * \sqrt{12}}{\lambda_{lim}}$$

λ_{lim} : l'élancement maximal, pour notre cas $\lambda_{lim} = 35$

L_f : la longueur de flambement = $k * l_0$ avec $k = 0,7$ (Poteau encastré à une extrémité et articulé à l'autre) ;

l_0 : la longueur libre du poteau compté entre niveaux supérieurs de deux planchers consécutifs) = 3,80 m

$l_f = 2,66$ m

Nous convenons de prendre des poteaux de section carrés, donc :

$$A \geq \frac{2,66 * \sqrt{12}}{35}$$

$A \geq 0,26$ m

Le degré de coupe-feu choisi étant de deux heures, il faut pour un poteau de section carrée au minimum une dimension de 30 cm, nous convenons de considérer des poteaux de dimensions **30 cm * 30 cm.**

❖ Pour une section circulaire

$$\emptyset \geq \frac{l_f * 4}{\lambda_{lim}}$$

$$\emptyset \geq \frac{2,66 * 4}{35}$$

$\emptyset \geq 0,30$ m

Le degré de coupe-feu choisi étant de deux heures, il faut pour un poteau de section carrée au minimum une dimension de 30 cm, nous convenons de considérer des poteaux de dimensions **30 cm.**

Dimensionnement

- Condition de fissuration : peu préjudiciable : Ces éléments seront donc dimensionnés à l'ELU.
- Actions : $G = 299,26$ kN $Q = 86$ kN
- Combinaison d'actions :
 $ELU : (1,35 * G) + (1,5 * Q) = 521,23$ kN = 0,52123 MN

❖ Calcul des aciers principaux

- Longueur de flambement

$$l_f = 0,7 * l_0$$

$$l_f = 0,7 * 3,8 = 2,66 \text{ m}$$

➤ **L'élancement du poteau**

$\lambda = 35$ (hypothèse faite lors du pré dimensionnement du poteau)

➤ **Coefficient fonction de l'élancement**

$$\alpha = \frac{0,85}{1+0,2*\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$$

$$\alpha = \frac{0,85}{1+0,2*\left(\frac{35}{35}\right)^2} = 0,71$$

➤ **Section réduite du poteau**

$B_r = (a-2,5 \text{ cm}) * (b-2,5 \text{ cm})$ avec a et b côtés du poteau

$$B_r = 756,25 \text{ cm}^2 = 0,08 \text{ m}^2$$

➤ **Section théorique d'aciers**

$$A_{sc} = (N_u/\alpha - B_r*f_{c28}/0,9*\gamma_b) * (1/f_{su})$$

$$A_{sc} = (0,52123/0,71 - 0,08*20/0,9*1,5) * (1/435)$$

$$A_{sc} = - 0,00102 \text{ m}^2 = - 10,2 \text{ cm}^2$$

➤ **Section minimale d'aciers**

$$A_{scmin} = \text{Max} [(4 \text{ cm}^2/\text{m}*u) ; (0,2*B/100)]$$

u : le périmètre de la section = $4 * 0,30 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$

B : l'aire de la section du poteau = $0,3^2 = 0,09 \text{ m}^2$

$$A_{scmin} = \text{Max} (4,8 \text{ cm}^2 ; 1,8 \text{ cm}^2) = 4,80 \text{ cm}^2$$

➤ **Section maximale**

$$A_{scmax} = 5*B/100 = 45 \text{ cm}^2$$

$A_{sc} \leq A_{scmin} \leq A_{scmax}$; nous choisissons donc la section minimale d'aciers A_{scmin}

➤ **Choix des armatures**

$A_{scmin} = 4,80 \text{ cm}^2$ Soit 6HA12 totalisant $6,79 \text{ cm}^2$

❖ **Calcul des armatures transversales et leur espacement**

$\varnothing_t = \varnothing_l / 3 = 4,67 \text{ mm}$, Nous prenons $\varnothing_t = 8 \text{ mm}$.

$S_t \leq \min (40 \text{ cm} ; a + 10 \text{ cm})$ avec a le coté du poteau

$S_t \leq \min (40 \text{ cm} ; 40 \text{ cm})$

$S_t \leq 40 \text{ cm}$; nous prenons $S_t = 15 \text{ cm}$.

❖ **Jonction de recouvrement**

$l_r \geq 0,6 * l_s$

l_s : la longueur de scellement = $40 * \varnothing_l = 40 * 1,4 = 56 \text{ cm}$.

$l_r = 0,6 * 56 = 33,6 \text{ cm}$, nous prenons 40 cm .

5-Escaliers

Pré dimensionnement

L'escalier est décrit comme suit :

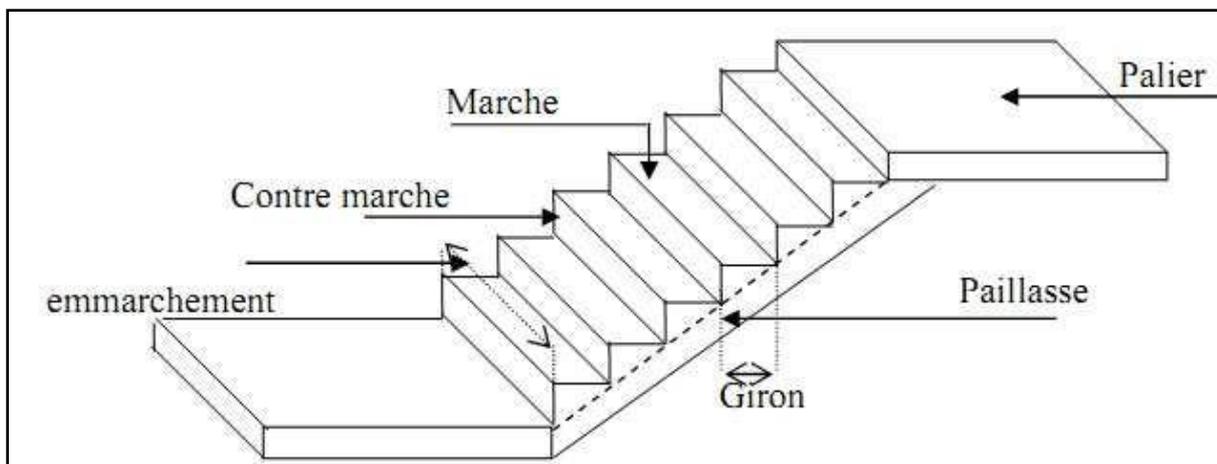


Figure 44 : description de l'escalier droit

- La paillasse : est une dalle inclinée en béton armé, elle supporte les marches et les contres marches ;
- Palier de repos : l'escalier est équipé avec une petite dalle dite palier de repos, elle permet aux usagers de se reposer ;
- L'embranchement : la longueur d'une marche
- Le giron (g) : la largeur d'une marche
- Contre marche (h) : la hauteur de marche.
- H : hauteur entre les faces supérieures des deux paliers successifs d'étage.
- n : nombre de contre marches
- L : projection horizontale de la longueur totale de la volée

Pour les dimensions des marches (g) et contre marches (h), on utilise généralement la formule de « BLONDEL » :

$$0,60 \text{ m} \leq 2h + g \leq 0,65 \text{ m}, \text{ on prend } 2h + g = 0,64 \text{ m} = 64 \text{ cm}$$

Le pré dimensionnement est effectué sur une volée, ce qui permet de poser :

$$H = \text{hauteur d'un niveau} / 2 = 1,70 \text{ m.}$$

- Longueur totale de la volée (L) = 3,85 – L_{pal} avec L_{pal} (longueur du palier) = 1,4 m.

$$L = 2,4 \text{ m.}$$

- $h = H/n$ et $g = L/n-1$ avec $2h + g = 64 \text{ cm}$

$$(L/n-1) + 2 * (H/n) = 64$$

$$2 * H * (n - 1) + L * n = 64 * (n-1) * n$$

$$64n^2 - n(2H + L + 64) + 2H = 0$$

$$64n^2 - 69,46n + 3,4 = 0$$

On obtient :

$$n_1 = 9,49 \text{ et } n_2 = 0,5$$

On prend $n = 9,49 = 10$ marches, donc $h = 17 \text{ cm}$ et $g = 30 \text{ cm}$.

$g + 2h = 30 + 2 \cdot 17 = 64$ cm, condition vérifiée.

- Nombre de contre marches $n_c = H/h = 10$
- L'inclinaison de la paillasse

$\text{tg}(\alpha) = h/g = 0,57$ donc $\alpha = 29,7^\circ$

- Longueur de la paillasse (L')

$L' = (n_c - 1) \cdot g / \cos(\alpha) = 3,1$ m.

- Epaisseur de la paillasse (e_p)

Elle est obtenue par la condition de résistance suivante :

$L'/30 < e_p < L'/20$

$10,33$ cm $< e_p < 15,5$ cm, nous prenons $e_p = 15$ cm.

- Epaisseur du palier

L'épaisseur est prise égale à celle de la paillasse :

$e_{pa} = 15$ cm.

Descente de charges

❖ Sur volée

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids surfacique (kN/m ²)
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose (ciment)	0,02	20	0,4
Paillasse	0,15	25	3,75
Marche	0,3	25	7,5
Contre marche	0,17	25	4,25
Enduit en plâtre sous volée	0,02	10	0,2
Garde-corps			1
Charges permanentes totales (G)			17,54

Charge d'exploitation (Q)	2,5
----------------------------------	------------

❖ **Sur palier**

Désignation	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)	Poids surfacique (kN/m ²)
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose (ciment)	0,02	20	0,4
Palier	0,15	25	3,75
Garde-corps			1
Charges permanentes totales (G)			5,59
Charge d'exploitation (Q)			2,5

Dimensionnement

- Condition de fissuration : peu préjudiciable : Cet élément sera donc dimensionné à l'ELU.
- Actions : le calcul s'effectue pour 1 m de largeur

G = 17,54 kN/m Q = 2,5 kN/m

G = 5,59 kN/m Q = 2,5 kN/m

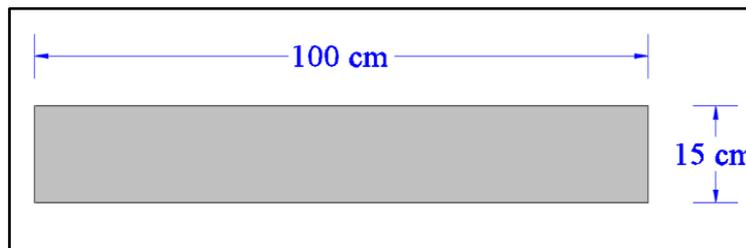
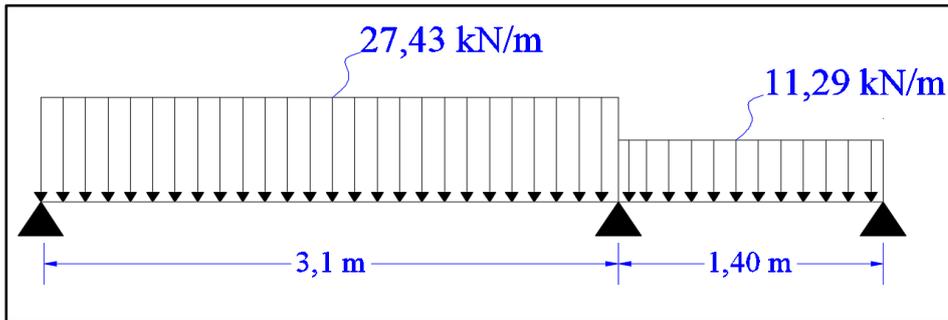
- Combinaison d'actions :

➤ **Volée**

ELU : $p_u = (1,35 * G) + (1,5 * Q) = 27,43 \text{ kN/m}$

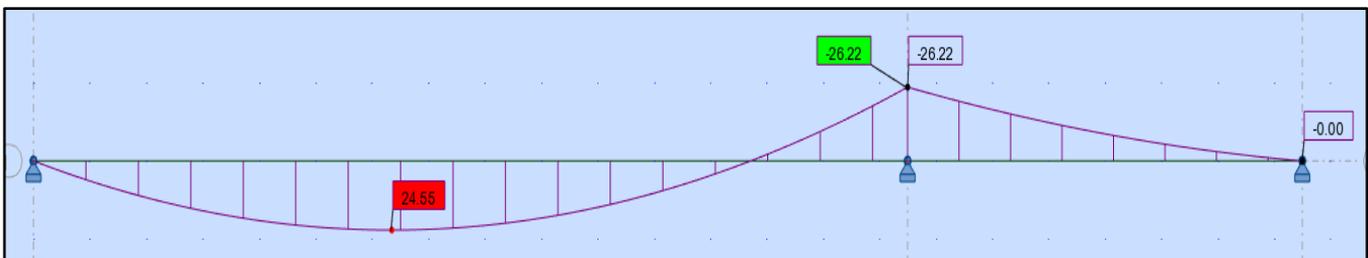
➤ **Palier**

ELU : $p_u = (1,35 * G) + (1,5 * Q) = 11,29 \text{ kN/m}$

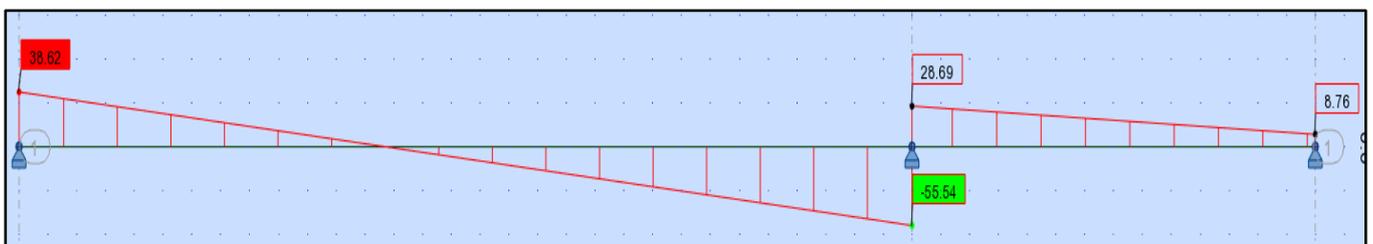


❖ Calcul des sollicitations

➤ Moments maximaux



➤ Effort tranchant



❖ Calcul des aciers principaux sur travée

➤ Moment réduit

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = \frac{0,02455}{1 \cdot 0,13^2 \cdot 11,33} = \mathbf{0,13} < \mu_{lim} = \mathbf{0,372} ; \text{ donc pas d'armatures comprimées.}$$

➤ **Bras de levier**

$$Z = d (1 - 0,4 \cdot \alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{(1 - 2 \cdot \mu_{bu})})$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{(1 - 2 \cdot 0,13)}) = 0,18 \longrightarrow Z = 0,13 (1 - 0,4 \cdot 0,18) = \mathbf{0,12}$$

➤ **Section théorique d'aciers**

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z \cdot \sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{0,02455}{0,12 \cdot 435} = \mathbf{4,70 \cdot 10^{-4} m^2} = \mathbf{4,70 cm^2}$$

➤ **Condition de non fragilité**

$$A_{st,min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{st,min} = 0,23 \cdot 1 \cdot 0,13 \cdot \frac{1,8}{500} = \mathbf{1,07 \cdot 10^{-4} m^2} = \mathbf{1,07 cm^2} < A_{st} ; \text{ condition vérifiée.}$$

➤ **Choix des armatures**

$$4,70 \text{ cm}^2 \longrightarrow 5\text{HA}12 \text{ totalisant } 5,65 \text{ cm}^2$$

❖ **Calcul des aciers principaux sur appuis**

➤ **Moment réduit**

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = \frac{0,02622}{1 \cdot 0,13^2 \cdot 11,33} = \mathbf{0,13} < \mu_{lim} = \mathbf{0,372} ; \text{ donc pas d'armatures comprimées.}$$

➤ **Bras de levier**

$$Z = d (1 - 0,4 \cdot \alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{(1 - 2 \cdot \mu_{bu})})$$

$$\alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{(1 - 2 * 0,13)}) = 0,18 \longrightarrow Z = 0,54 (1 - 0,4 * 0,45) = \mathbf{0,12}$$

➤ **Section théorique d'aciers**

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z * \sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{0,02622}{0,12 * 435} = \mathbf{5,02 * 10^{-4} m^2 = 5,02 cm^2}$$

➤ **Condition de non fragilité**

$$A_{st,min} = \mathbf{0,23 * b * d * \frac{ft_{28}}{f_e}}$$

$$A_{st,min} = 0,23 * 1 * 0,13 * \frac{1,8}{500} = \mathbf{1,07 * 10^{-4} m^2 = 1,07 cm^2} < A_{st}; \text{ condition vérifiée.}$$

➤ **Choix des armatures**

$$5,02 cm^2 \longrightarrow \mathbf{5HA12} \text{ totalisant } 5,65 cm^2$$

❖ **Calcul des aciers de répartition**

➤ **Vérification de la contrainte tangentielle**

$$\tau_u = \frac{V_u}{b * d}$$

$$\tau_u = \frac{0,05554}{1 * 0,13} = \mathbf{0,43 MPa} < \tau_{ul} = \mathbf{2,60 MPa}; \text{ condition vérifiée.}$$

➤ **Détermination du diamètre**

$$\Phi_t \leq \min (h/35 ; b/10 ; \Phi_l)$$

$$\Phi_t \leq \min (15/35 ; 100/10 ; 12)$$

$$\Phi_t \leq \min (0,43 ; 10 ; 12) = 0,43 \text{ mm.}$$

Nous convenons de prendre un diamètre de 10 mm.

6-Fondation

❖ **Vérifications**

➤ **Contrainte sous la semelle**

$$\frac{Nu}{S} \leq \sigma_u (\text{sol}) = 0,20 \text{ MPa}$$

$$N_u' = N_u + (1,35 * (\text{poids propre de la semelle}))$$

$$N_u : \text{charge ultime apportée par le poteau} = 0,52123 \text{ MN}$$

$$\frac{Nu'}{S} = \frac{0,52123 + (1,35 * 2,30 * 2,30 * 0,60 * 0,025)}{2,30 * 2,30} = 0,11 \text{ MPa} < 0,20 \text{ MPa}$$

Le pré dimensionnement est donc vérifié.

➤ Condition de non poinçonnement

$$N_u' \left(1 - \frac{(a+2h)(b+2h)}{B*A}\right) \leq \frac{0,45 * U_c * h * f_{c28}}{\gamma_b} \quad \text{avec } U_c = (a + b) * 2$$

$$N_u' \left(1 - \frac{(a+2h)(b+2h)}{B*A}\right) = 0,628 \left(1 - \frac{(0,30+2*0,60)(0,30+2*0,60)}{2,30*2,30}\right) = 0,36 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,45 * U_c * h * f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,45 * (0,30+0,30) * 2 * 0,60 * 20}{1,5} = 6,48 \text{ MPa} > 0,36 \text{ MPa}$$

La condition de non poinçonnement est donc vérifiée.

❖ Calcul des aciers

$$A_{S//B} = A_{S//A} = \frac{Nu' * (B-b)}{8 * d * f_{su}}$$
$$= \frac{0,63 * (2,30 - 0,30)}{8 * 0,55 * 435} = 6,58 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 6,58 \text{ cm}^2$$

❖ Choix des aciers

$$6,58 \text{ cm}^2 \longrightarrow 9\text{HA}10 \text{ totalisant } 7,07 \text{ cm}^2$$

❖ Arrêt des barres

$$\tan \Theta = \frac{0,90 * d}{\frac{B}{4} - \frac{b}{4}}$$
$$= \frac{0,90 * 0,55}{\frac{2,30}{4} - \frac{0,30}{4}} = 1 \longrightarrow \Theta = 45^\circ$$

$$T = \frac{Nu'}{2 * \tan \Theta}$$
$$= \frac{0,63}{2 * 1} = 0,32 \text{ MN}$$

➤ Calcul de la longueur de scellement droit L_s

$$T = m * \pi * \emptyset * \tau_{su} * L_s$$

$$L_s = \frac{T}{m \cdot \pi \cdot \emptyset \cdot \tau_{su}}$$

$$\tau_{su} = 0,6 \cdot \psi_s^2 \cdot f_{t28} \text{ avec } \psi_s = 1,6 \text{ (aciers à haute adhérence)}$$

m = nombre d'armatures = 9

$$L_s = \frac{0,32}{9 \cdot 3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,60 \cdot 1,60^2 \cdot 1,80} = 0,34 \text{ m}$$

$$\frac{B}{4} = 0,58 \text{ m} > L_s$$

On conclut donc que toutes les barres doivent être prolongées jusqu'à la semelle, mais ne comportent pas de crochets.

ANNEXE III : Notes de calcul des réseaux divers

1-Alimentation en eau

Calcul du réseau

Le calcul s'effectue après avoir établi les plans du réseau de distribution d'eau présentés dans l'annexe précédent.

❖ Calcul du débit de pointe

Ce débit est déterminé par la formule suivante :

$$Q_d = Q_b * k$$

Q_d = débit probable de pointe

$$Q_b : (\text{débit brute}) = \sum n * Q_s$$

n : le nombre d'appareil

Q_s le débit spécifique

$$K (\text{coefficient de simultanéité}) = \frac{0,8}{\sqrt{n-1}}$$

n : nombre d'appareil desservi par le tronçon :

Les résultats du calcul du débit de pointe sont présentés dans le tableau suivant :

Niveau	Tronçon	Désignation des appareils à alimenter	Nombre de robinet		Débit spécifique (l/s)	Débit brute		Coefficient de simultanéité k	Débit de dimensionnement Qd (l/s)
			Par appareil	Par tronçon		Qb (l/s)	ΣQb (l/s)		
RDC	1_2	W.C + Lavabo	1	8	-	-	1.20	0.30	0.36
	2_3	W.C + Lavabo	1	6	-	-	0.88	0.36	0.31
	3_4	W.C + Lavabo	1	6	-	-	0.88	0.36	0.31
	4_5	W.C + Lavabo	1	6	-	-	0.88	0.36	0.31
	5_6	W.C + Lavabo	1	5	-	-	0.76	0.40	0.30
	6_7	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	7_8	W.C	1	1	0.12	0.12	0.12	0.20	0.02
	8_9	W.C	1	1	0.12	0.12	0.12	0.20	0.02
	6_10	Lavabo	1	2	-	-	0.24	0.80	0.19
	10_11	Lavabo	1	2	-	-	0.24	0.80	0.19
	10_12	Lavabo + W.C	1	2	-	-	0.24	0.80	0.19
	2_13	Lavabo + W.C	1	2	-	-	0.32	0.80	0.26
	13_14	Lavabo	1	1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04
	14_15	Lavabo	1	1	0.20	0.20	0.20	1.20	0.24
R+1	1_2	Lavabo + W.C	1	10	-	-	1.52	0.27	0.41
	2_3	Lavabo + W.C	1	9	-	-	1.40	0.28	0.40
	3_4	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	4_5	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	5_6	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	6_7	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30

CONCEPTION ET ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A USAGE ADMINISTRATIF ET SANITAIRE

7_8	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
8_9	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
9_10	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
10_11	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
11_12	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
12_13	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
13_14	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
14_15	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
15_16	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
16_17	Lavabo + W.C	1	3	-	-	0.52	0.57	0.29
17_18	Lavabo + W.C	1	2	-	-	0.32	0.80	0.26
18_19	W.C	1	1	0.12	0.12	0.12	0.20	0.02
1_20	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
20_21	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
21_22	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
22_23	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
23_24	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
24_25	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
25_26	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
26_27	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
27_28	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
28_29	Lavabo + W.C	1	3	-	-	0.52	0.57	0.29
29_30	Lavabo + W.C	1	2	-	-	0.32	0.80	0.26
30_31	W.C	1	1	0.12	0.12	0.12	0.20	0.02
4_32	Lavabo	1	2	0.20	0.40	0.40	0.80	0.32

CONCEPTION ET ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A USAGE ADMINISTRATIF ET SANITAIRE

	32_33	Lavabo	1	2	0.20	0.40	0.40	0.80	0.32
R+2	1_2	Lavabo + W.C	1	10			1.52	0.27	0.41
	2_3	Lavabo + W.C	1	9			1.40	0.28	0.40
	3_4	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	4_5	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	5_6	W.C	1	2	0.12	0.24	0.24	0.80	0.19
	6_7	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	7_8	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	8_9	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	9_10	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	10_11	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	11_12	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	12_13	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	13_14	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	14_15	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	15_16	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	16_17	Lavabo + W.C	1	3	-	-	0.52	0.57	0.29
	17_18	Lavabo + W.C	1	2	-	-	0.32	0.80	0.26
	18_19	W.C	1	1	0.12	0.12	0.12	0.20	0.02
	1_20	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
	20_21	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
21_22	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30	
22_23	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30	
23_24	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30	
24_25	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30	

25 _ 26	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
26 _ 27	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
27 _ 28	Lavabo + W.C	1	4	-	-	0.64	0.46	0.30
28 _ 29	Lavabo + W.C	1	3	-	-	0.52	0.57	0.29
29 _ 30	Lavabo + W.C	1	2	-	-	0.32	0.80	0.26
30 _ 31	W.C	1	1	0.12	0.12	0.12	0.20	0.02
4 _ 32	Lavabo	1	2	0.20	0.40	0.40	0.80	0.32
32 _ 33	Lavabo	1	2	0.20	0.40	0.40	0.80	0.32

❖ Calcul des diamètres et des pressions

Le calcul du diamètre et de la pression par tronçon s'effectue en suivant la méthode suivante :

➤ Calcul du diamètre théorique

$$D_{th} = \sqrt{\frac{Qd*4}{\pi*V}}$$

V : vitesse d'écoulement du fluide ; on fixe une vitesse maximale V = 1,5 m/s

Choix du diamètre

Nous avons choisi d'utiliser la tuyauterie en PPR (polypropylène random). Le tube PPR est indiqué dans le transport de l'eau sanitaire. Il présente une grande résistance à la corrosion. Sa paroi interne très lisse évite les dépôts de calcaire, donc les risques d'entartrage et réduit les pertes de charges. De plus, l'utilisation du tube PPR permet de réduire le bruit dans l'utilisation. En effet, l'élasticité et l'absorption phonique du matériau réduit la propagation du bruit mais aussi celui des vibrations résultant de l'écoulement de l'eau et des coups de bélier.

Afin de satisfaire à la condition $V \leq V_{\max}$, on doit avoir $D_{th} \leq D_i$; avec $D_i = D_N - 2ep$

D_i : diamètre intérieur

D_N : diamètre nominal

ep : épaisseur de la section de la tuyauterie

➤ **Calcul des pertes de charge totale dans le tronçon**

$$J_t = 1,1 * J * L$$

L : la longueur du tronçon

J : la perte de charge linéaire

Elle sera calculée avec la formule de Manning Strickler :

$$J = 10,29 * \frac{Q^2}{K_s^2 * D^{16/2}}$$

K_s : coefficient de rugosité de la conduite = 110 (PPR)

➤ **Calcul de la pression de sortie**

$$P_{\text{aval}} = P_{\text{amont}} - J_t$$

➤ **Calcul de la pression résiduelle**

$$P_r = P_{\text{aval}} - Z_{\text{aval}}$$

Z_{aval} : côte du point aval

Nous devons vérifier que cette pression résiduelle est supérieure à 3 m.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

Niveau	Troncon	Longueur (m)	Débit de dimensionnement Qd (l/s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Dth (mm)	DN (mm)	Epaisseur (mm)	Di standard (mm)	J (m/m)	Jt (m)	Pamont (m)	Paval (m)	Zaval (m)	Pr (m)
RDC	1_2	0.5	0.36	1.50	17.49	32	5	22	2.14	3.82	232.00	232.00	220.30	11.70
	2_3	9.38	0.31	1.50	16.23	32	5	22	4.42	4.56	232.00	232.00	221.30	10.70
	3_4	0.51	0.31	1.50	16.23	32	5	22	4.42	5.48	231.50	231.50	222.30	9.20
	4_5	2.7	0.31	1.50	16.23	32	5	22	4.42	5.31	231.50	231.50	222.40	9.10
	5_6	0.16	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	7.53	231.50	231.50	222.40	9.10
	6_7	0.73	0.19	1.50	12.70	32	5	22	1.71	2.18	231.50	231.50	222.40	9.10
	7_8	0.97	0.02	1.50	4.12	32	5	22	2.85	3.04	231.50	231.50	222.40	9.10
	8_9	0.43	0.02	1.50	4.12	32	5	22	2.85	3.35	231.50	231.50	222.40	9.10
	6_10	0.32	0.19	1.50	12.70	32	5	22	2.71	3.54	231.50	231.50	222.40	9.10
	10_11	0.12	0.19	1.50	12.70	32	5	22	2.71	3.58	231.50	231.50	222.40	9.10

CONCEPTION ET ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A USAGE ADMINISTRATIF ET SANITAIRE

											0	0	0	
	10_12	0.61	0.19	1.50	12.70	32	5	22	2.71	3.82	231.5 0	231.5 0	222.4 0	9.10
	2_13	0.8	0.26	1.50	14.86	32	5	22	3.71	4.26	231.5 0	231.5 0	222.4 0	9.10
	13_14	0.56	0.04	1.50	5.83	32	5	22	5.71	6.51	231.5 0	231.5 0	222.4 0	9.10
	14_15	0.89	0.24	1.50	14.28	32	5	22	3.42	4.35	231.5 0	231.5 0	225.2 0	6.30
R+1	1_2	0.36	0.41	1.50	18.66	32	5	22	5.85	6.32	230.5 0	230.5 0	225.2 0	5.30
	2_3	0.93	0.4	1.50	18.43	32	5	22	5.71	5.84	230.5 0	230.5 0	225.2 0	5.30
	3_4	0.33	0.19	1.50	12.70	32	5	22	2.71	3.84	230.5 0	230.5 0	225.2 0	5.30
	4_5	0.67	0.19	1.50	12.70	32	5	22	2.71	3.00	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	5_6	0.1	0.19	1.50	12.70	32	5	22	2.71	2.98	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	6_7	0.3	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.41	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	7_8	2.26	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.06	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	8_9	1.2	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.65	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	9_10	0.3	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.41	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	10_11	5.2	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.45	230.5 0	230.5 0	226.1 0	4.40
	11_12	0.3	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.41	230.5	230.5	226.1	4.40

CONCEPTION ET ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A USAGE ADMINISTRATIF ET SANITAIRE

											0	0	0	
12_13	5.94	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.80	230.5	230.5	226.1	4.40	
13_14	2.59	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.22	230.5	230.5	226.1	4.40	
14_15	0.41	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.93	230.5	230.5	226.1	4.40	
15_16	0.77	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.62	230.5	230.5	226.1	4.40	
16_17	2.89	0.29	1.50	15.69	32	5	22	4.14	5.32	230.5	230.5	226.1	4.40	
17_18	1.1	0.26	1.50	14.86	32	5	22	3.71	4.49	230.5	230.5	226.1	4.40	
18_19	1.2	0.02	1.50	4.12	32	5	22	2.85	3.77	230.5	230.5	226.1	4.40	
1_20	2.39	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.13	230.5	230.5	226.1	4.40	
20_21	0.33	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	1.55	230.5	230.5	226.1	4.40	
21_22	0.21	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.89	230.5	230.5	226.1	4.40	
22_23	5.98	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.81	230.5	230.5	226.1	4.40	
23_24	0.32	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.51	230.5	230.5	226.1	4.40	
24_25	4.79	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.25	230.5	230.5	226.1	4.40	
25_26	2.49	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.17	230.5	230.5	226.1	4.40	
26_27	0.54	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.54	230.5	230.5	226.1	4.40	

											0	0	0	
	27_28	0.39	0.3	1.50	15.96	32	5	22	4.28	5.84	230.5	230.5	226.1	4.40
											0	0	0	
	28_29	0.88	0.29	1.50	15.69	32	5	22	4.14	5.00	230.5	230.5	226.1	4.40
											0	0	0	
	29_30	2.9	0.26	1.50	14.86	32	5	22	3.71	4.18	230.5	230.5	226.1	4.40
											0	0	0	
	30_31	1.6	0.02	1.50	4.12	32	5	22	2.85	5.02	230.5	230.5	226.1	4.40
											0	0	0	
	4_32	2.59	0.32	1.50	16.49	32	5	22	4.56	5.30	230.5	230.5	226.1	4.40
											0	0	0	
	32_33	0.42	0.32	1.50	16.49	32	5	22	4.56	5.11	230.5	230.5	226.1	4.40
											0	0	0	

2-Réseaux d'assainissement

Assainissement intérieur

L'assainissement intérieur consiste au transport des eaux du bâtiment vers l'extérieur. Le réseau d'eau usée intérieur doit assurer une évacuation rapide et sans stagnation des eaux usées provenant des appareils sanitaires. Il se compose comme suit : le collecteur d'appareil, la descente ou la chute et le collecteur principal. Les conduites que nous utiliserons pour ce réseau seront des tubes PVC.

❖ Le collecteur d'appareil

Le collecteur d'appareil est la conduite d'allure horizontale sur laquelle se raccordent les appareils sanitaires.

Nous avons deux types de collecteur : le collecteur d'appareil individuel et le collecteur d'appareils groupés.

Le collecteur d'appareil individuel

Le collecteur est dit individuel lorsqu'il n'est raccordé qu'à un seul appareil. Le diamètre du collecteur est fonction de l'appareil sanitaire. Le diamètre minimal du collecteur est celui du siphon. Comme diamètre, nous avons :

Désignation appareil	Diamètre minimal \varnothing_{\min} (mm)	Diamètre choisi DN (mm)
Lavabo	30	40
W-C	80	110

Le collecteur d'appareils groupés

Le collecteur d'appareils groupés reçoit le raccordement de plusieurs appareils. Lorsque le nombre d'appareils se raccordant au collecteur est inférieur ou égal à trois, le diamètre du collecteur est pris supérieur ou égal au diamètre de l'appareil le plus important. Pour plus de 3 appareils à raccorder, le diamètre de la conduite est déterminé à partir du débit continu probable et de la pente de pose. Nous utiliserons une pente de 2%.

Le débit continu probable est calculé avec la formule suivante :

$$Q_c = k * \sqrt{Q_p}$$

K : indice caractéristique de débit. On a $k = 0,5$ pour les bâtiments à usage de bureau.

Q_p : Débit de pointe d'eau usée (l/s) = $\sum (n_i * DU_i)$

DU : débit unitaire des appareils sanitaires

Désignation appareil	DU (l/s)
Lavabo	0,5
W-C	2,5

Le diamètre du collecteur d'appareils groupés sera déterminé par lecture dans le tableau ci-dessous :

DN	0,5 %		1,0 %		1,5 %		2,0 %		2,5 %		3,0 %		4,0 %		5,0 %	
	Qc	v														
40	0,10	0,23	0,15	0,33	0,18	0,41	0,21	0,47	0,24	0,53	0,26	0,58	0,30	0,67	0,34	0,75
50	0,21	0,28	0,30	0,40	0,37	0,49	0,43	0,57	0,48	0,60	0,53	0,70	0,61	0,81	0,69	0,90
56	0,30	0,30	0,43	0,43	0,53	0,54	0,61	0,62	0,68	0,70	0,75	0,76	0,87	0,88	0,97	0,99
63	0,43	0,33	0,61	0,48	0,75	0,59	0,87	0,68	0,97	0,76	1,07	0,87	1,24	0,97	1,39	1,08
75	0,72	0,38	1,02	0,55	1,26	0,67	1,46	0,78	1,63	0,87	1,79	0,96	2,07	1,11	2,32	1,24
90	1,07	0,42	1,53	0,60	1,88	0,74	2,17	0,86	2,43	0,96	2,67	1,06	3,08	1,22	3,45	1,37
110	1,95	0,49	2,78	0,71	3,42	0,87	3,95	1,00	4,42	1,12	4,85	1,23	5,61	1,42	6,28	1,59
125	2,85	0,54	4,06	0,78	4,97	0,95	5,75	1,10	6,43	1,23	7,05	1,35	8,15	1,57	9,12	1,75
160	5,79	0,65	8,23	0,93	10,10	1,14	11,68	1,32	13,06	1,47	14,32	1,62	16,55	1,87	18,52	2,09
200	10,43	0,75	14,80	1,07	18,16	1,32	20,99	1,52	23,49	1,71	25,74	1,87	29,75	2,16	33,27	2,42
250	18,92	0,88	26,85	1,24	32,94	1,53	38,07	1,77	42,59	1,98	46,67	2,17	53,93	2,50	60,32	2,80
315	34,98	1,02	49,62	1,45	60,85	1,78	70,32	2,05	78,66	2,30	86,20	2,57	99,59	2,91	111,3	3,25

RDC				
Collecteur	Appareil branchés	Qp (l/s)	Qc (l/s)	Diamètre (mm)
1 (chute 1)	2 * W.C	5	1,11	110
2 (chute 2)	2 * W.C	5	1,11	110
3 (chute 3)	W.C	2,5	0,79	110
4 (Descente 1)	2 * Lavabo	1	0,5	63
5 (Descente 2)	Lavabo	0,5	0,35	63

ETAGES				
Collecteur	Appareil branchés	Qp (l/s)	Qc (l/s)	Diamètre (mm)
1	2 * W.C	5	1,11	110
2	2 * W.C	5	1,11	110
3	W.C	2,5	0,79	110
4	W.C	2,5	0,79	110
5	W.C	2,5	0,79	110
6	W.C	2,5	0,79	110

7	2 * Lavabo	1	0,5	63
8	2 * Lavabo	1	0,5	63
9	2 * Lavabo	1	0,5	63

❖ **Les chutes et les descentes**

Les chutes et les descentes sont des canalisations verticales qui font suite aux collecteurs. Les chutes desservent uniquement les W-C tandis que les descentes reçoivent les eaux ménagères.

Le diamètre de la canalisation verticale doit au moins être égal à celui du collecteur et est constant sur toute la hauteur du bâtiment. A chaque canalisation verticale, on doit associer une conduite de ventilation qui continue jusqu'à l'extérieur de la toiture. Cette conduite est indispensable car elle permet d'aérer la canalisation et de lutter contre la dépression. On l'appelle la ventilation primaire.

Le choix du diamètre de la canalisation verticale et de la ventilation primaire se fait en fonction du débit d'évacuation. Nous utiliserons donc le tableau ci-dessous pour le choix des diamètres.

Ø chute (mm)	Ø ventilation (mm)	Q _{max} d'évacuation Q _c (l/s)
63	63	0,50
75	75	1,30
90	90	2,00
100	100	2,70
110	110	4,00

125	125	5,80
160	160	9,50
200	200	16,00

D'après le plan d'assainissement intérieur établi, nous identifions trois (3) descentes :

Déscente	Q _c (l/s)	Ø Descente (mm)	Ø ventilation (mm)
1	0,5	63	63
2	0,35	63	63
3	0,5	63	63

Pour les chutes (qui sont au nombre de six), nous utiliserons le même diamètre que les collecteurs de W-C. Ainsi, nous aurons : $DN_{chute} = 110$ mm et $DN_{ventilation} : 110$ mm.

❖ Le collecteur principal

Le collecteur principal est une canalisation d'allure horizontale qui recueille les eaux venant des descentes et des chutes. Le diamètre du collecteur est choisi en fonction du débit d'évacuation et ne doit pas être inférieur au diamètre de la descente ou de la chute. Nous utiliserons le tableau ci-dessous pour le choix du diamètre.

Ø int (mm)	Débit en litres par seconde pour une pente par mètre de :				
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
69	0,96	1,36	1,67	1,93	2,16
77	1,31	1,85	2,26	2,61	2,92
84	1,66	2,35	2,86	3,32	3,71
94	2,26	3,20	3,92	4,53	5,06
104	2,99	4,23	5,18	5,98	6,89
119	4,33	6,12	7,50	8,66	9,66
129	5,40	7,64	9,35	10,80	12,07
134	5,99	8,47	10,38	11,98	13,40
153	8,60	12,17	14,90	17,51	19,58
154	8,76	12,38	15,17	17,51	19,58
191	15,72	22,24	27,23	3,45	35,16
203	18,55	26,23	32,12	37,09	41,47
238	28,51	40,31	49,38	57,01	63,74
266	38,47	54,40	66,63	76,94	86,02
300	53,15	75,17	92,06	105,31	118,85
317	61,62	87,15	106,74	123,25	137,80

Afin de procéder au choix du diamètre des collecteurs, nous optons pour une pente de pose de 2 %.

Le plan d'assainissement que nous avons établi nous permet d'identifier les différents collecteurs principaux qui desservent les trois (3) descentes d'eaux usées ménagères. Le calcul des collecteurs est le suivant :

Collecteur	Q _c (l/s)	Ø (mm)
1	0,5	77
2	0,35	77
3	0,5	77

Les collecteurs qui sont reliés aux chutes auront le même diamètre que ces dernières, à savoir un DN110.

Système d'assainissement autonome

Ce travail consiste à mettre en place un ouvrage à plusieurs compartiments avec des dimensions bien définies, qui a pour rôle de traiter les eaux usées à l'aide de la digestion anaérobique des excréta. Son dimensionnement se fera par la méthode de CREPA (centre de recherche pour l'eau potable et de l'assainissement).

➤ **Hypothèse de calcul**

T = période de vidange = (1 à 3ans), nous prenons 2 ans

A = taux d'accumulation des boues (varie de 60 à 110 litres/usager/an).

Dans notre cas, nous optons de prendre **60 litres/usager/an** avec une fosse septique de trois (3) compartiments pour un bon stockage et un bon prétraitement des eaux usées afin d'assurer une meilleure hygiène.

➤ **Volume utile de la fosse septique**

$$V_u = NTA$$

$N = \text{nombre de personnes permanentes} \simeq 150$

$$V_u = 150 * 2 * 60 = 18\,000 \text{ litres} = 18 \text{ m}^3$$

➤ **Calcul des dimensions de la fosse**

✚ **Hauteur utile**

$$1 \text{ m} \leq H_u \leq 2,5 \text{ m}$$

On prend : $H_u = 2 \text{ m}$

✚ **Surface utile**

$$S_u = V_u / H_u$$

$$S_u = 18 / 2 = 9 \text{ m}^2$$

✚ **Largeur utile**

$$S_u = 3 * l_u^2 \quad \longrightarrow \quad l_u = (S_u / 3)^{(1/2)}$$

$$l_u = (9 / 3)^{(1/2)} = 1,73 \text{ m}$$

✚ **Longueur utile**

$$L_u = S_u / l_u$$

$$L_u = 9 / 1,73 = 5,20 \text{ m}$$

3-Electricité

Bilan de puissance

Récepteurs	Circuit	Nmbre de récepteurs	Pu (kW)	Rendement	Pa (kW)	Ks	Ku	Pf (kW)	Q (KVAR)	S (KVA)
ECLAIRAGE	C1	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C2	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C3	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C4	7.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C5	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C6	7.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C7	7.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C8	7.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C9	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C10	7.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C11	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C12	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
	C13	8.00	0.18	1.00	0.18	1.00	1.00	0.18	0.13	1.51
PRISE 2P+T	C1	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C2	7.00	0.28	1.00	0.28	0.14	0.30	0.04	0.03	0.72
	C3	7.00	0.28	1.00	0.28	0.14	0.30	0.04	0.03	0.72
	C4	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67

CONCEPTION ET ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES D'UN BATIMENT A TROIS NIVEAUX A USAGE ADMINISTRATIF ET SANITAIRE

	C5	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C6	8.00	0.28	0.28	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C7	8.00	0.28	0.28	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C8	8.00	0.28	0.28	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C9	8.00	0.28	0.28	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C10	8.00	0.28	0.28	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C11	8.00	0.28	0.28	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
PRISE PT1	C1	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C2	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C3	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C4	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C5	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C6	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C7	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C8	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C9	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C10	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
	C11	8.00	0.28	1.00	0.28	0.13	0.30	0.04	0.03	0.67
BRASSEUR D'AIR	C1	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
	C2	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
	C3	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
	C4	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
	C5	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
	C6	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
	C7	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91

	C8	8.00	0.28	1.00	0.28	1.00	0.80	0.28	0.21	1.91
--	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

ANNEXE IV : PLANIFICATION DU PROJET

1-Devis quantitatif estimatif

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	PT
I-INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
I-1	Etude géotechnique	Ens	1	1 000 000	1 000 000
I-2	Installation de chantier / Amenée et repli du matériel	Ens	1	1 000 000	1 000 000
I-3	Panneau de chantier	Unité	1	150 000	150 000
Sous total 1				2 150 000	
II-TRAVAUX PREPARATOIRES ET TERRASSEMENTS					
II-1	Débroussaillage, décapage	m ²	724.89	250	181 223
II-2	Fouille en puits et rigoles	m ³	569.22	2 000	1 138 440
II-3	Implantation et piquetage	Forfait	1	300 000	300 000
II-4	Nivellement	m ²	312.11	650	202 872
II-5	Remblai d'apport latéritique compacté	m ³	91.23	2 500	228 075
Sous total 2				2 050 609	
III-INFRASTRUCTURES					
III-1	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour amorces poteaux	m ³	11.95	125 000	1 493 750
III-2	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour longrines	m ³	91.12	125 000	11 390 000
III-3	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³	m ³	21.74	40 000	869 600
III-4	Béton légèrement armé pour dallage dosé à 300 kg/m ³	m ³	72.87	100 000	7 287 000
III-5	Film polyane sous dallage ép. 200 microns	m ²	538.56	820	441 619
III-6	Maçonnerie en agglos pleins de 20 * 20 * 40 cm	m ²	122.41	5 400	661 014

III-7	Traitement anti-termites y compris film polyéthylène 180 mm	m ²	538.56	2 000	1 077 120
			Sous total 3	23 220 103	
IV-SUPERSTRUCTURE-MACONNERIE					
VI-1	Béton armé pour appuis de baies dosé à 300 kg/m ³	m ³	22.78	103 000	2 346 340
VI-2	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour marches d'accès et emmarchement	m ³	0.84	115 000	96 600
VI-3	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour éléments décoratifs	m ³	0.57	125 000	71 250
VI-4	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour linteaux	m ³	136.68	125 000	17 085 000
VI-5	béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour poteaux	m ³	60.53	125 000	7 566 250
VI-6	béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour poutres	m ³	91.12	125 000	11 390 000
VI-7	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour raidisseurs	m ³	37.58	125 000	4 697 500
VI-8	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour escaliers	m ³	7.14	130 000	928 200
VI-9	Béton armé dosé à 250 kg/m ³ pour rampe d'accès	m ³	0.35	90 000	31 500
VI-10	Chape lisse et bouchardé	m ²	2154.8	2 000	4 309 600
VI-11	Chape talochée pour les rampes d'accès	m ²	3.8	2 500	9 500
VI-12	Enduit en sous face plancher	m ²	1597.35	2 500	3 993 375
VI-13	Enduit extérieur d'esthétique sur la façade	m ²	74.05	2 500	185 125
VI-14	Enduit extérieur taloché	m ²	342.63	2 500	856 575
VI-15	Enduit intérieur taloché et lissé	m ²	889.48	2 750	2 446 070
VI-16	Enduit tyrolien extérieur	m ²	74.05	1 500	111 075
VI-17	Lit de sable sous dalle ep. 5 cm	m ²	521.09	6 000	3 126 540
VI-18	Maçonnerie d'agglos creux de 15 * 20 * 40 cm	m ²	96.37	6 000	578 220
VI-19	Plancher en hourdis corps creux de 16 + 4 cm	m ²	1683.9	20 000	33 678 000
			Sous total 4	93 506 720	
V-MENUISERIE					
V-1	Fourniture et pose de fenêtre aluminium vitrée 120 * 150 cm y compris grille de	Unité	41	100 000	4 100 000

	protection				
V-2	Fourniture et pose de fenêtre aluminium vitrée 60 * 60 cm y compris grille de protection	Unité	21	60 000	1 260 000
V-3	Fourniture et pose de murs rideau 200 * 200	Unité	26	230 000	5 980 000
V-4	Fourniture et pose de porte aluminium vitrée 150 * 220 cm y compris grille de protection	Unité	36	160 000	5 760 000
V-5	Fourniture et pose de porte isoplane pleine avec hublot 90 * 220 cm	Unité	4	130 000	520 000
V-6	Fourniture et pose de porte isoplane pleine de 70 * 220 cm	Unité	14	103 000	1 442 000
V-7	Fourniture et pose denssemble placards de rangement	m ²	19.98	62 500	1 248 750
V-8	Fourniture et pose de faux plafond en staff décoratif y compris toute sujétion	m ²	1563.27	10 000	15 632 700
V-9	Mains courantes métalliques en Tube rond de 45 pour escalier y c. toutes suggestions	ml	365.12	3 000	1 095 360
				Sous total 5	37 038 810
VI-ELECTRICITE					
VI-1	Branchement au local compteur NIGELEC/TGBT	Forfait	1	200 000	200 000
VI-2	Fourniture et pose Disjoncteur de branchement C160 RDC	Unité	1	78 000	78 000
VI-3	Fourniture et pose Disjoncteur de branchement C80 R+1 et R+2	Unité	2	46 000	92 000
VI-4	Fourniture et pose Reglette fluorescente 204X1XTFP 36w IC type le grand	Unité	53	12 000	636 000
VI-5	fourniture et pose Applique Palma 277 équipée de lampe EF 13W de chez MAZDA	Unité	15	10 000	150 000
VI-6	Fourniture et pose Hublot rond Koro étanche équipé de lampe fluocompacte 2XEFS 9W de chez le grand	Unité	15	11 000	165 000
VI-7	Fourniture et pose Prise de courant 2P+T mosaïc encastrée de chez LEGRAND	Unité	67	6 000	402 000
VI-8	Fourniture et pose Prise de courant PT1 mosaïc encastrée	Unité	67	10 000	670 000
VI-9	Fourniture et pose Filerie, tuberie, raccordements divers	Ens	1	6 500 000	6 500 000
VI-10	Fourniture et pose Interrupteur simple allumage encastré type mosaïc de chez LEGRAND	Unité	47	5 000	235 000
VI-12	fourniture et pose de disjoncteur divisionnaire C10 type le GRAND	Unité	9	10 000	90 000
VI-13	fourniture et pose de disjoncteur divisionnaire C16 type le GRAND	Unité	8	15 000	120 000

VI-14	fourniture et pose de disjoncteur divisionnaire C20 type le GRAND	Unité	8	20 000	160 000
VI-15	fourniture et pose d interrupteur différentiel AC C20 type le GRAND	Unité	4	45 000	180 000
VI-16	fourniture et pose d interrupteur différentiel AC C32 type le GRAND	Unité	3	50 000	150 000
VI-18	Fourniture et pose de la Mise à la terre	Ens	1	180 000	180 000
VI-19	Brasseur d'air + rhéostat	Unité	38	30 000	1 140 000
Sous total 6				11 148 000	
VII-SECURITE INCENDIE					
VII-1	Fourniture et pose Bloc autonome d'éclairage de sécurité de 70 lumens de chez LEGRAND	Unité	32	6 000	192 000
VII-2	Fourniture et pose Bloc autonome d'éclairage d'ambiance 360 lumens de chez Legrand	Unité	20	10 000	200 000
VII-3	Fourniture et pose d'extincteur à poudre ABC de 6 kg	Unité	36	15 000	540 000
VII-4	Fourniture et pose d'alarme incendie	Unité	4	45 000	180 000
Sous total 7				1 112 000	
VIII-PLOMBERIE-SANITAIRE					
VIII-1	Branchement SEEN	Forfait	1	150 000	150 000
VIII-2	Tuyauterie de distribution et d'évacuation	Forfait	1	3 400 000	3 400 000
VIII-3	Robinet de puisage au niveau W.C	Unité	20	6 000	120 000
VIII-4	Vanne d'arrêt	Unité	5	1 500	7 500
VIII-5	Lavabo complet sur pieds	Unité	19	20 000	380 000
VIII-6	W.C anglaise à chasse basse complet	Unité	17	35 000	595 000
VIII-7	Siphon au sol au niveau W.C	Unité	17	2 000	34 000
VIII-8	Miroir au dessus du lavabo	Unité	19	5 000	95 000
VIII-9	Porte-papier hygiénique	Unité	19	2 500	47 500
VIII-10	Fosse septique (fosse + drain + puisard)	Unité	1	1 500 000	1 500 000
VIII-11	Regard de visite avec dalle de couverture en béton armé	Unité	7	25 000	175 000

				Sous total 8	6 354 000
VX-REVETEMENT-CARRELAGE					
VX-1	Cornière pour arrêt de carrelage et de marche	ml	20.13	1 200	24 156
VX-2	Fourniture et pose de carreaux gré cérame antidérapant de 20*20 cm	m ²	1652.84	13 000	21 486 920
VX-3	Fourniture et pose de carreaux faênce blanche 15 * 15 cm	m ²	36.62	12 000	439 440
VX-4	Fourniture et pose de carreaux gré cérame pour plinthes	m ²	98.35	10 000	983 500
				Sous total 9	22 934 016
X-PEINTURE					
X-1	Enduit peinture pelliculaire à huile sur murs intérieurs y c. toutes suggestions	m ²	658	2 000	1 316 000
X-2	Peinture FOM sous dalle et staff	m ²	1 563	1 600	2 501 104
X-3	Peinture à huile sur les menuiseries métalliques	m ²	22	13 000	285 740
				Sous total 10	4 102 844
XI-AMENAGEMENT PAYSAGER					
XI-1	Aménagement paysager	Ens	1	1 300 000	1 300 000
				Sous total 11	1 300 000
MONTANT TOTAL HORS TAXE DU PROJET				204 917 102 Fcfa	

2-Planning prévisionnel d'exécution des travaux

Prix N°	DESIGNATION	NBRE JOURS	Mois 1				Mois 2				Mois 3				Mois 4				Mois 5				Mois 6			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1	Installation générale de chantier	14	■	■																						
2	Travaux préparatoires et terrassements	12			■	■																				
3	Infrastructure	30			■	■	■	■																		
4	Superstructure-Maçonnerie	60							■	■	■	■	■	■	■	■										
5	Menuiserie	15															■	■								
6	Electricité	14															■	■								
7	Sécurité incendie	5															■									
8	Plomberie-Sanitaire	20																■	■	■						
9	Revêtement-Carrelage	30																				■	■	■	■	
10	Peinture	7																								■
11	Aménagement paysager	2																								■