



République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tunis El Manar
École nationale d'ingénieurs de Tunis



Département de Génie Civil

RAPPORT DE STAGE INGÉNIEUR

Conception et calcul des différents éléments de structure d'un immeuble à sous-sol, rez-de-chaussée et deux étages

Réalisé Par

Fares FRIKHA

Classe

3 Année Génie Civil 2

Réalisé au sein du bureau d'études

S.E.P.
ENGINEERING

شركة الدراسات والتسهير
Société d'Etudes et de Pilotage
Béton armé, Charpente métallique, VRD

Remerciements

Suite à mon affectation pour un stage ingénieur, j'ai le plaisir de témoigner ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé àachever ce stage dans les meilleures conditions et ceux qui m'ont soutenu l'effort par des conseils et des encouragements.

*Mes plus vives gratitude s'adressent à Monsieur **Mohamed MILADI** pour l'encadrement sérieux duquel il m'a fait profiter. Ma reconnaissance envers lui est immense pour les conseils et les remarques constructives qu'il m'a fournis durant cette période. Qu'il veuille trouver ici l'expression de ma sincère admiration et mon profond respect.*

*J'adresse également mes remerciements à toute l'équipe du bureau d'études **Société d'Etudes et de Pilotage "SEP ENGINEERING"** au près du quel j'ai trouvé l'aide et la compréhension.*

*Sans oublier de remercier toute l'équipe pédagogique de l'**Ecole Nationale d'Ingénieur de Tunis** et les intervenants professionnels responsables de la formation génie civil pour me donner l'opportunité de vivre cette belle expérience.*

Mes remerciements les plus vifs vont également à tous ceux qui, de près ou de loin, ont apporté leurs contributions à ce travail.

Table des matières

Introduction générale	1
1 Présentation de l'organisme d'accueil	2
1.1 Introduction	3
1.2 Présentation générale	3
1.3 Activités	4
1.4 Spécialités	4
1.5 Principales Projets	4
2 Présentation du Projet	5
2.1 Introduction	6
2.2 Conception architecturale	7
2.3 Conclusion	8
3 Conception et prédimensionnement de la structure	9
3.1 Introduction	10
3.2 Etude du dossier architectural	10
3.3 Traçage des axes	10
3.4 Choix des poteaux	10
3.5 Choix des poutres et raidisseurs	11
3.6 Choix des planchers	12
3.6.1 Plancher en corps creux	12
3.6.2 Plancher en dalle pleine	12
3.7 Plan de coffrage	13
4 Caractéristiques des matériaux, hypothèses du calcul et évaluation des charges	14
4.1 Introduction	15
4.2 Caractéristiques des matériaux	15
4.2.1 Béton	15
4.2.2 Béton pour les semelles	15

4.2.3	Acier	16
4.3	Hypothèses de calcul	16
4.4	Évaluation des charges	16
4.4.1	Charges permanentes	16
4.4.2	Charges d'exploitation	17
4.5	Conclusion	17
5	Modélisation de la structure par le logiciel Arche	18
5.1	Introduction	19
5.2	Saisie des données sur Arche	19
5.2.1	Traçage de la structure sur Arche	20
5.2.2	Configuration des paramètres des éléments de structure	21
5.2.3	Saisie des poutres et des dalles	21
5.2.4	Génération des semelles	23
5.3	Descente des charges	23
5.3.1	Saisir	23
5.3.2	Modéliser	24
5.3.3	Calculer la descente des charges	25
5.4	Conclusion	25
6	Calcul manuel des éléments de la structure et ferraillage	27
6.1	Etude des nervures	28
6.1.1	Introduction	28
6.1.2	Dimensionnement d'une nervure	28
6.2	Etude des poutres	32
6.2.1	Introduction	32
6.2.2	Dimensionnement d'une poutre isostatique	32
6.3	Etude des poteaux	36
6.3.1	Descentes de charges	37
6.3.2	Poteau 22 du 2eme étage	37
6.3.3	Poteau 22 du 1er étage	38
6.3.4	Poteau 8 du RDC	39

6.3.5	Ferraillage du poteau	40
6.4	Etude des semelles	41
6.4.1	Données	42
6.4.2	Dimensionnement de la semelle	42
6.4.3	Détermination des armatures	43
6.4.4	Dimensionnement de la semelle en gros	44
	Conclusion générale	46
	Annexes	47

Table des figures

1.1	Logo du bureau d'études	3
2.1	Façade principale	6
2.2	Coupe longitudinale	6
2.3	Coupe transversale	6
3.1	Plancher corps creux	12
5.1	Interface graphique du logiciel Arche	19
5.2	Les calques des poteaux utilisés	19
5.3	Enregistrement du fichier .dxf	20
5.4	Importation des poteaux	20
5.5	Configuration des matériaux	21
5.6	Icône pour le traçage des poutres et dalles	21
5.7	Chargement des poutres	22
5.8	Chargement des dalles	22
5.9	Icône pour la génération du semelles	23
5.10	Activation de l'option "Analyser-Vérifier-Saisir"	23
5.11	Vérification des erreurs de saisir	24
5.12	Activation de l'option "Analyser-Modéliser"	24
5.13	Vérification des erreurs de modélisation	24
5.14	Activation de l'option "Analyser-Calculer DDC"	25
5.15	Vérification des erreurs de Calcul DDC	25
5.16	Vue en 3D de l'immeuble	26
6.1	Aperçu de la nervure étudiée sur "Autocad"	28
6.2	Coupe du plancher	29
6.3	Aperçu de la poutre étudiée sur "Autocad"	32
6.4	Aperçu du poteau étudié sur "Autocad"	36
6.5	Aperçu de la semelle étudiée sur "Autocad"	42

7.1	Plan architecturale du sous-sol de l'immeuble	48
7.2	Plan architecturale du RDC de l'immeuble	49
7.3	Plan architecturale du 1er étage de l'immeuble	50
7.4	Plan architecturale du 2eme étage de l'immeuble	51
7.5	Conception du sous-sol avec Arche	52
7.6	Conception du RDC avec Arche	53
7.7	Conception du 1er étage avec Arche	54
7.8	Conception du 2eme étage avec Arche	55
7.9	Descentes de charges sur les poteaux du sous-sol	56
7.10	Plan structural du sous-sol de l'immeuble	57
7.11	Plan structural du RDC de l'immeuble	58
7.12	Plan structural du 1er étage de l'immeuble	59
7.13	Plan structural du 2eme étage de l'immeuble	60
7.14	Plan structural de l'implantation des semelles de l'immeuble	61
7.15	Ferraillage de la poutre C32	62

Liste des tableaux

2.1	Les surfaces des niveaux du projet	7
2.2	Les hauteurs sous plafond des niveaux du projet	8
3.1	Valeurs indicatives des planchers à corps creux	12
7.1	Tableau de feraillage des poteaux rectangulaires	47

Introduction générale

L'enseignement dans l'Ecole Nationale d'Ingénieur de Tunis « E.N.I.T » est basé sur des matières théoriques ainsi que des travaux pratiques. Dans le cadre d'enrichir le cursus de formation des élèves ingénieurs, le stage ingénieur est considéré très utile et a un rôle primordial visant à préparer les étudiants à acquérir des nouvelles compétences pratiques telles que la conception et le dimensionnement.

En tant qu'élève ingénieur en GENIE CIVIL, le stage que j'ai effectué au sein de la société SEP ENGINEERING m'a donné l'opportunité de voir sur scène le processus et la démarche d'étude d'un projet de bâtiment civil pour acquérir ainsi des connaissances.

Durant ce stage, je me suis ramené à faire la conception et les calculs nécessaire des différents éléments de structure d'un immeuble à un sous-sol, un rez-de-chaussée et de deux étages. Dans un premier temps, j'ai été consacré à faire la conception du projet et préparer le plan de coffrage sur le logiciel AUTOCAD en choisissant la meilleure variante de point de vue coût et stabilité et en respectant le plan architectural. Dans un deuxième temps, j'ai été consacré modéliser la structure sur le logiciel ARCHE afin d'étudier et dimensionner les éléments du bâtiment.

Ce rapport se subdivise en six parties majeures. Dans la première partie, on présente l'organisme d'accueil SEP ENGINEERING. Dans la deuxième partie, on parle du projet. La troisième partie est consacrée pour la conception et le prédimensionnement de la structure. La quatrième partie décrit les caractéristiques des matériaux, les hypothèses du calcul et l'évaluation des charges. Dans la cinquième partie, on va décrire les étapes pour modéliser notre structure sur le logiciel "ARCHE". Quant à la dernière partie, on va faire le calcul manuel de quelques éléments de structure et faire leurs plans de ferraillage.

PRÉSENTATION DE L'ORGANISME

D'ACCUEIL

Plan

1	Introduction	3
2	Présentation générale	3
3	Activités	4
4	Spécialités	4
5	Principales Projets	4

1.1 Introduction

S.E.P. ENGINEERING est une société d'études et d'assistance technique dans le secteur du bâtiment et génie civil. S.E.P. met ses compétences à disposition des maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvres. Ce bureau d'études réalise des missions d'assistance technique, calcul et conception des plans à tous les stades du projet.

S.E.P. est constitué par une équipe de passionnés qui mettent leurs compétences variées au service des maîtres d'ouvrage publics et privés, des architectes et des entreprises, ceci depuis les études préliminaires jusqu'à la réception des travaux.

1.2 Présentation générale

- **Nom :** Société d'Etudes et de Pilotage S.E.P. ENGINEERING
- **Fondateur :** Mr Mokhles FOURATI
- **Date de création :** 2006
- **Organigramme du bureau :**
 - 2 ingénieurs
 - 4 projeteurs
 - Une personne administrative
- **Adresse :** 8, Boulevard de l'environnement, Immeuble Essadaka II 4émé étage, 2080 Ariana
- **Téléphone :** 71 709 602 - 71 713 315
- **Fax :** 71 705 410
- **Email :** contact@sep-engineering.com.tn
- **Logo :**



Figure 1.1: Logo du bureau d'études

1.3 Activités

- Etudes générales
- Assistance au Maître d'ouvrage
- Maîtrise d'œuvre pluridisciplinaire
- Conception, projets détaillés
- Analyse de structures complexes
- Etudes d'exécution
- Supervision des travaux
- Ordonnancement, Pilotage et Coordination
- Conseil et expertise technique

1.4 Spécialités

- Voirie et Réseaux Divers
- Structure en Béton Armé et Charpente Métallique
- Expertise technique dans le domaine de la construction

1.5 Principales Projets

- Réaménagement Hotel EL MAHDI
- ISET Beja
- Square Soukra
- Résidence Panorama Ennasr
- Résidence Le Zenith El Ghazala
- Résidence Babel El Ghazala

Chapitre 2

PRÉSENTATION DU PROJET

Plan

1	Introduction	6
2	Conception architecturale	7
3	Conclusion	8

2.1 Introduction

Le projet consiste à réaliser une étude en béton armé d'un immeuble principalement à usage habitats.

Le projet se situe au rue Yakout El amaoui à la municipalité de la Soukra.

Le projet comporte un sous-sol, un rez-de-chaussée et deux étages.



Figure 2.1: Façade principale

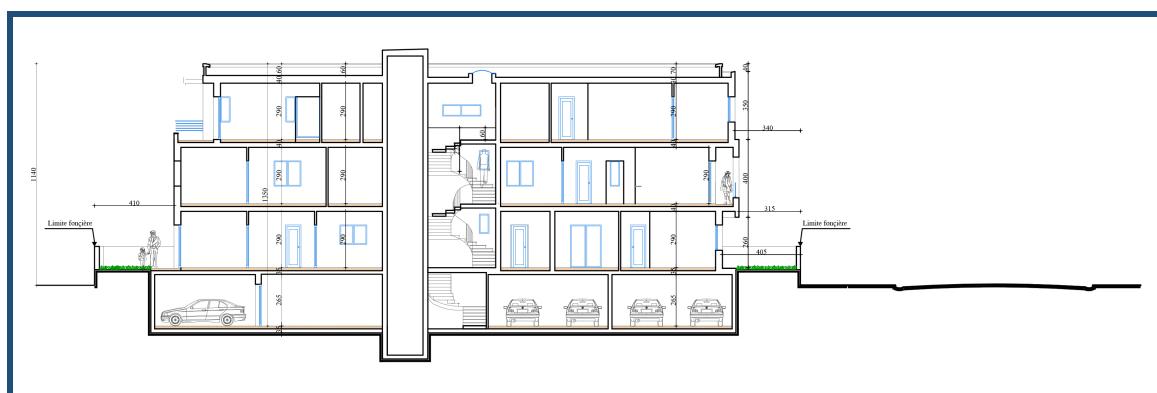


Figure 2.2: Coupe longitudinale

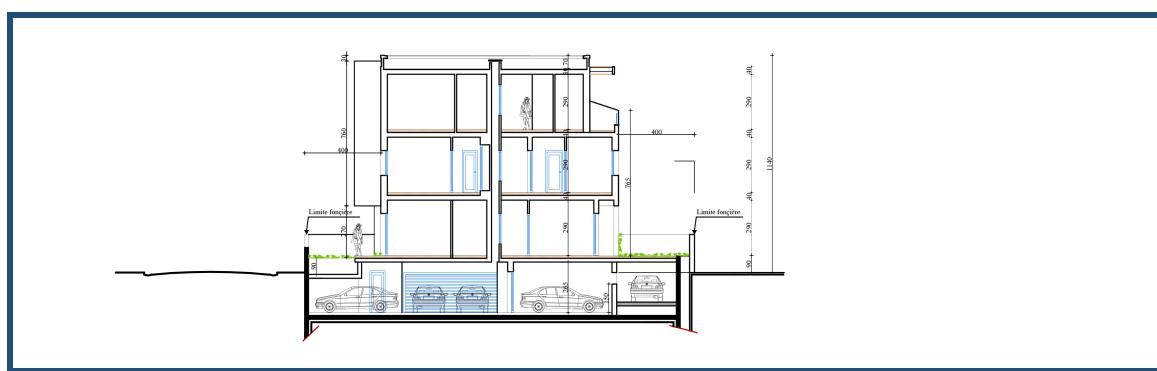


Figure 2.3: Coupe transversale

2.2 Conception architecturale

Le terrain de notre projet a un terrain avec une surface de 746m² et un périmètre de 114m.

La hauteur par rapport au chaussée de notre projet est 11.8m.

Comme j'ai déjà indiqué, l'immeuble est constitué d'un sous-sol, un rez-de-chaussée et deux étages chacune de conception différente et donc de surface différente.

Le sous-sol contient 14 places de parking. Il comporte aussi un escalier et un ascenseur pour accéder aux autres étages. Le sous-sol a une hauteur sous plafond de 2.65m, une surface de 465m² et un périmètre de 100m (voir annexe Figure 7.1).

Le rez-de-chaussée contient deux appartements S+2, appartement S+1 et un local syndic. Il comporte aussi un escalier et un ascenseur pour accéder aux autres étages. Le rez-de-chaussée a une hauteur sous plafond de 2.9m, une surface de 340m² et un périmètre de 82m (voir annexe Figure 7.2).

Le 1^{er} étage contient deux appartements S+2 et deux appartements S+1. Il comporte aussi un escalier et un ascenseur pour accéder aux autres étages. Le 1^{er} étage a une hauteur sous plafond de 2.9m, une surface de 375m² et un périmètre de 88m (voir annexe Figure 7.3).

Le 2^{eme} étage contient une appartement S+3 et deux appartements S+1. Il comporte aussi un escalier et un ascenseur pour accéder aux autres étages. Le 1^{er} étage a une hauteur sous plafond de 2.9m, une surface de 320m² et un périmètre de 80m (voir annexe Figure 7.4).

Les deux tableaux suivants récapitulent les surfaces des différents niveaux de l'immeuble et les hauteurs sous plafond :

Tableau 2.1: Les surfaces des niveaux du projet

Niveaux	Surfaces en m ²
Sous-sol	465
Rez-de-chaussée	340
1 ^{er} étage	375
2 ^{eme} étage	320
TOTAL	1500

Tableau 2.2: Les hauteurs sous plafond des niveaux du projet

Niveaux	Hauteurs sous plafond en m
Sous-sol	2.65
Rez-de-chaussée	2.9
1er étage	2.9
2eme étage	2.9
Dalles	2.6
TOTAL	13.95

2.3 Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai décrit la conception architecturale du projet tout en décrivant les étages qui vont être étudiés dans le cadre de mon stage ingénieur.

CONCEPTION ET PRÉDIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE

Plan

1	Introduction	10
2	Etude du dossier architectural	10
3	Traçage des axes	10
4	Choix des poteaux	10
5	Choix des poutres et raidisseurs	11
6	Choix des planchers	12
7	Plan de coffrage	13

3.1 Introduction

La conception réside dans le choix judicieux des éléments de la structure, la prise en compte des contraintes architecturales où l'aspect des plans et l'esthétique du bâtiment doivent être conservés, sans oublier une certaine réflexion à propos de l'économie que présente la structure conçue en évitant les grandes portées, et le surdimensionnement de quelques éléments de la structure.

Les principales étapes de conception d'une structure sont les suivantes :

- Etude du dossier architectural (plans, coupes, façades, ...)
- Choix de l'emplacement des poteaux, poutres, raidisseurs, nervures.
- Choix de type du plancher.
- Choix du type des fondations en fonction des caractéristiques du sol.

La conception passe par les étapes suivantes :

3.2 Etude du dossier architectural

Un examen des plans d'architecture permet de détecter les principales caractéristiques du bâtiment et de définir par suite les contraintes architecturales à respecter.

3.3 Traçage des axes

On commence la conception par le traçage des axes sur le plan architectural.

Pour les axes et selon le prédimensionnement on choisit des poteaux 20*20 donc l'axe doit être placé avec un espacement de 12.5cm du la coté extérieur du mur : 10cm pour la moitié du poteau et 2.5 cm pour l'enduit.

3.4 Choix des poteaux

L'emplacement des poteaux a été choisi en superposant les plans des différents étages et en respectant les contraintes architecturales.

Le choix de l'endroit pour l'emplacement du poteau à travers l'axe est en fonction d'un nombre de critères qui doivent respecter les conditions suivantes :

- Alignement des poteaux (vertical et horizontal) pour :
 - Faciliter la mise en œuvre des poutres et des dalles.
 - Faciliter les calculs de dimensionnement des autres éléments structuraux dans les prochaines étapes.
- Espacement judicieux entre les poteaux pour :
 - Eviter les distances importantes.
 - Favoriser l'utilisation des poutres continues.
- Obtenir une configuration optimale au moindre coût :
 - Eviter les poteaux naissants.

Le pré-dimensionnement se base sur l'élancement et les charges appliquées, la section minimale est de 20*20.

3.5 Choix des poutres et raidisseurs

La charge et le poids de la dalle seront supportés par les poutres qui les transmettent aux poteaux. Dans ce contexte, des règles rigoureuses doivent être respectées afin de pallier à toute défaillance au niveau de la structure du bâtiment.

Les raidisseurs sont des poutres noyées dans le plancher portant dans le sens parallèles aux nervures. Dans un panneau de dalle, et en règle générale, la poutre est placée suivant la travée la plus longue, par contre le raidisseur est placé suivant la portée la plus petite.

Le choix des poutres dépend des portées. Du point de vue esthétique, on essaie toujours d'éviter les grands retombés.

- Cas d'une poutre continue : $\frac{L}{16} \leq h \leq \frac{L}{12}$
- Cas d'une poutre isostatique : $\frac{L}{12} \leq h \leq \frac{L}{10}$

avec :

- h : hauteur de la poutre.
- L : longueur de la poutre entre nus.

On a mis des poutres de dimensions (20*21).

3.6 Choix des planchers

En ce qui concerne le choix des planchers, la logique nous prescrive d'utiliser les planchers les plus économiques, mais parfois on est imposé à utiliser des planchers sans se soucier du coût dans le cas où on est forcé à répondre aux exigences de l'architecte ou du propriétaire du bâtiment.

3.6.1 Plancher en corps creux

Les plancher en corps creux sont utilisées pour les planchers hauts des étages.

Pour le choix de l'épaisseur du plancher, on se réfère au tableau suivant :

Tableau 3.1: Valeurs indicatives des planchers à corps creux

Travée (m)	Plancher
$L \leq 4.7$	$16+5=21\text{cm}$
$4.7 \leq L \leq 5.6$	$19+6=25\text{cm}$
$5.6 \leq L \leq 6.75$	$25+5=30\text{cm}$
$6.75 \leq L \leq 8$	$30+6=36\text{cm}$

Dans ce projet, on va utiliser le plancher $16+5$ seulement.

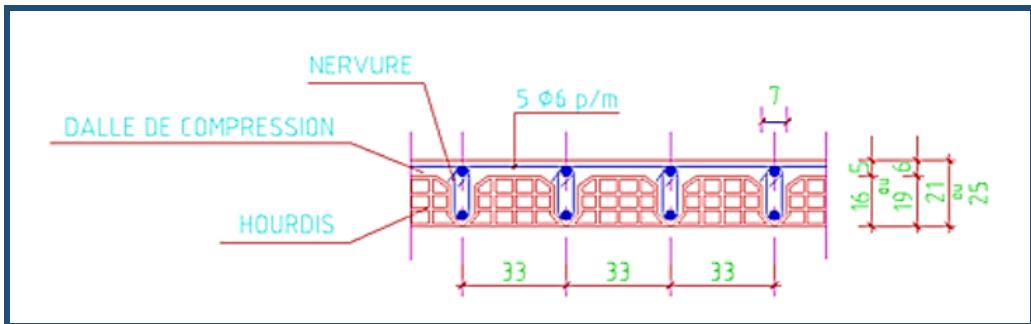


Figure 3.1: Plancher corps creux

3.6.2 Plancher en dalle pleine

Les plancher en dalle pleine sont utilisées pour le sous-sol.

Dans ce projet, l'épaisseur du plancher en dalle pleine est 20cm.

3.7 Plan de coffrage

En prenant en considération de tous ses critères et ses hypothèses, on a placé les poteaux, les poutres, les raidisseurs et les dalles de nervures pour mener enfin à l'élaborer des plans de coffrage des différents niveaux de l'immeuble étudié et ce en utilisant le logiciel de dessin Autocad.

Les plans de coffrage que j'ai réalisé au cours de ce stage se trouvent dans l'annexe Figure 7.10 à la Figure 7.14

CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX, HYPOTHÈSES DU CALCUL ET ÉVALUATION DES CHARGES

Plan

1	Introduction	15
2	Caractéristiques des matériaux	15
3	Hypothèses de calcul	16
4	Évaluation des charges	16
5	Conclusion	17

4.1 Introduction

Donc pour le calcul des éléments constituants un ouvrage, on se base sur le règlement Béton Armé aux Etats Limites B.A.E.L. 91 modifié 99 qui d'appuie sur la connaissance des matériaux béton et aciers et du dimensionnement des éléments résistants de la structures.

4.2 Caractéristiques des matériaux

4.2.1 Béton

- Dosage en ciment : $350Kg/m^3$
- Classe du ciment : CPA45
- Pour l'infrastructure la probabilité de présence de sulfates dans la nappe impose l'utilisation du ciment de haute résistance aux sulfates (HRS)
- La résistance caractéristique à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 22MPa$.
- La résistance caractéristique à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0.6 + 0.06f_{c28} = 1.92MPa$.
- La résistance de calcul de béton : $f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\gamma_b\theta} = 12.47MPa$.
- Le coefficient partiel de sécurité pour le béton : $\gamma_b = 1.5$.
- Le coefficient prenant en compte la durée d'application des charges : $\theta = 1$ si $t > 24$ heures.
- Fissuration Peu Préjudiciable pour la superstructure.

4.2.2 Béton pour les semelles

- Dosage en ciment : $400Kg/m^3$
- Classe du ciment : HRS
- La résistance caractéristique à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25MPa$.
- La résistance caractéristique à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0.6 + 0.06f_{c28} = 2.1MPa$.
- La résistance de calcul de béton : $f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\gamma_b\theta} = 14.167MPa$.
- Le coefficient partiel de sécurité pour le béton : $\gamma_b = 1.5$.
- Fissuration Préjudiciables pour les fondations.

4.2.3 Acier

4.2.3.1 Aciers longitudinaux

- Le coefficient partiel de sécurité pour les aciers : $\gamma_s = 1.15$.
- La limite d'élasticité pour les barres haute adhérence FeE400 : $f_e = 400 \text{ MPa}$.
- La contrainte limite de calcul des armatures à hautes adhérences $f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 347.8 \text{ MPa}$.

4.2.3.2 Aciers Transversaux

- Le coefficient partiel de sécurité pour les aciers : $\gamma_s = 1.15$.
- La limite d'élasticité pour les barres ronds lisses FeE235 : $f_e = 235 \text{ MPa}$.
- La contrainte limite de calcul des armatures rondes lisses $f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 204.3 \text{ MPa}$.

4.3 Hypothèses de calcul

En effet, on est tenu de suivre les recommandations apportées par le BAEL 91 modifié 99 que ce soit au niveau du dimensionnement et aussi les prescriptions pour le ferraillage des différents éléments en béton armé.

- Pour le dimensionnement et le ferraillage des éléments de la structure :
 - L'enrobage des armatures sera égal à 2,5cm.
 - La fissuration sera considérée comme peu préjudiciable et sans reprise de bétonnage.
- Les coefficients de pondération des charges :
 - A ELU : $\gamma_G = 1.35$ et $\gamma_Q = 1.5$
 - A ELS : $\gamma_G = 1$ et $\gamma_Q = 1$

4.4 Évaluation des charges

4.4.1 Charges permanentes

Dans notre cas, les charges permanentes se présentent en deux types :

- Charges permanentes sur les dalles : $g_d = 300 \text{ daN/m}^2$
- Charges permanentes sur quelques poutres venant des murs : $g_p = 1 \text{ T/m}$

4.4.2 Charges d'exploitation

Dans notre cas, les charges d'exploitation se présentent sur les dalles comme : $q_d = 150\text{daN}/m^2$

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les hypothèses de calcul et l'évaluation des charges. Ces données serviront de base pour le calcul de la structure porteuse de l'immeuble étudié.

MODÉLISATION DE LA STRUCTURE PAR LE LOGICIEL ARCHE

Plan

1	Introduction	19
2	Saisie des données sur Arche	19
3	Descente des charges	23
4	Conclusion	25

5.1 Introduction

La modélisation de notre bâtiment a été réalisée à l'aide du logiciel « Arche » et précisément à l'aide du module « Arche OSSATURE ». « Arche » nous permet de réaliser les tâches suivantes :

- Prédimensionner la structure.
- Calculer les descentes de charges.
- Produire les plans de ferraillage de tous les éléments de structures.

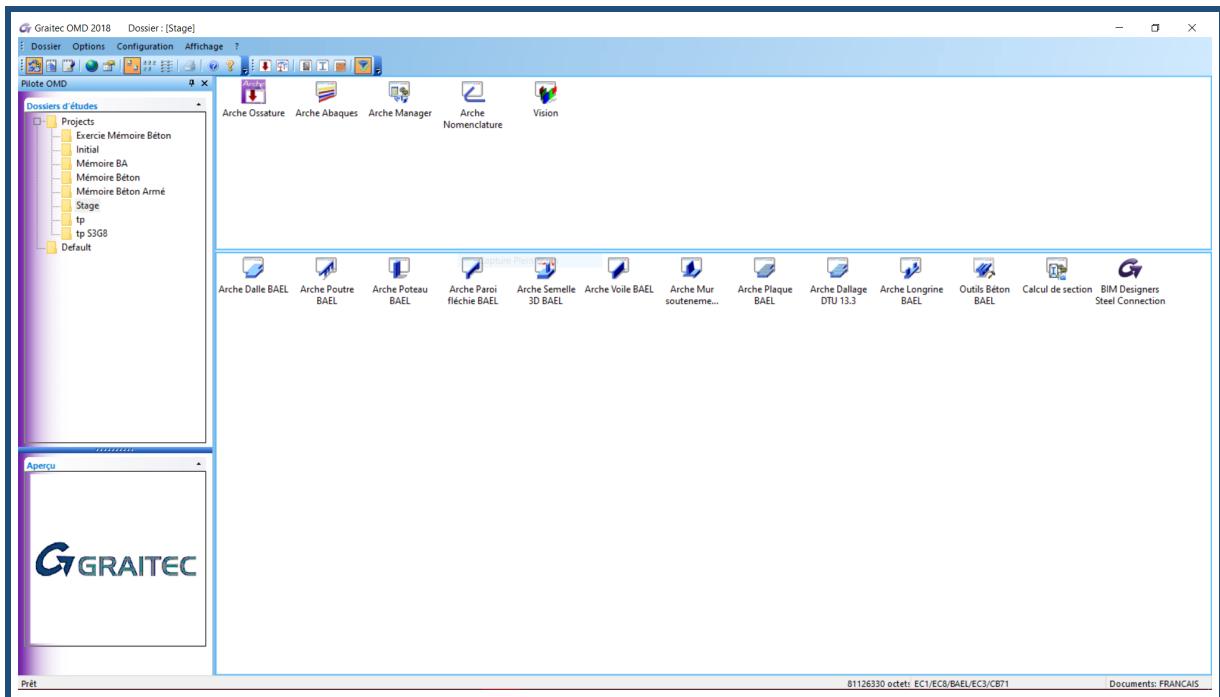


Figure 5.1: Interface graphique du logiciel Arche

5.2 Saisie des données sur Arche

Avant de commencer à apporter les poteaux du fichier ".dxf", il faut bien vérifier que ces derniers font tous parties d'un même calque spécifique pour les poteaux de chaque étage.



Figure 5.2: Les calques des poteaux utilisés

Cette tache est constituée des étapes suivantes :

5.2.1 Traçage de la structure sur Arche

La première étape consiste à enregistrer la conception réalisée sur « AutoCAD » sous un fichier ".dxf", tout en gardant uniquement le calque des poteaux de chaque étage actif, et l'exporter vers le logiciel « Arche ossature ».

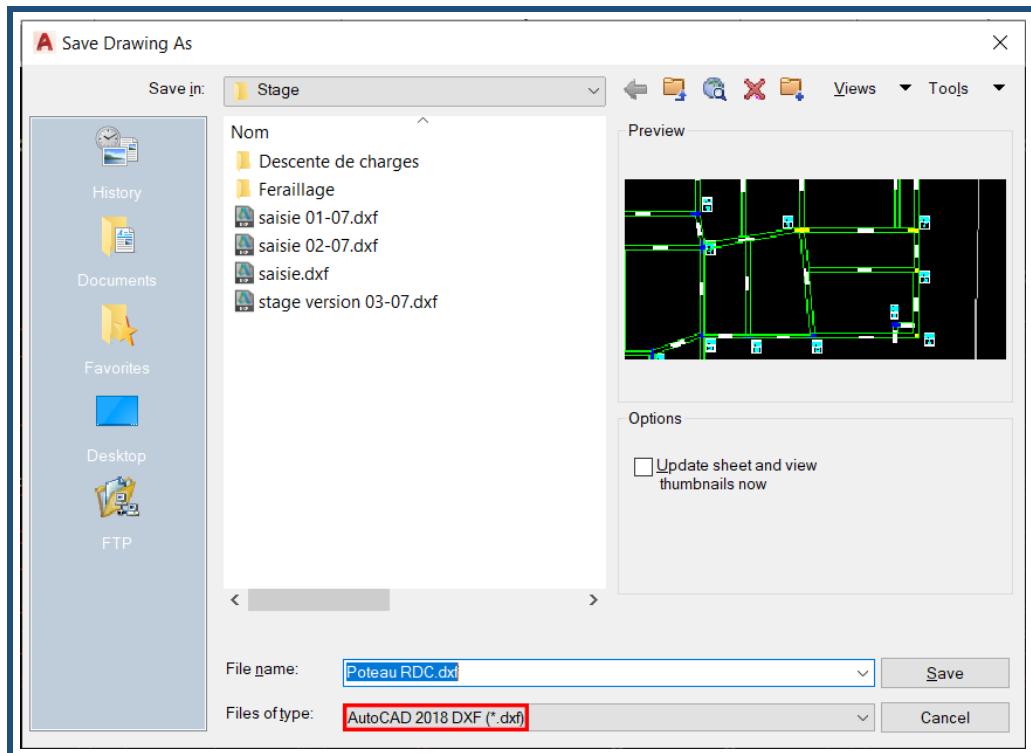


Figure 5.3: Enregistrement du fichier .dxf

Ensuite, on passe à l'étape de l'importation des poteaux.

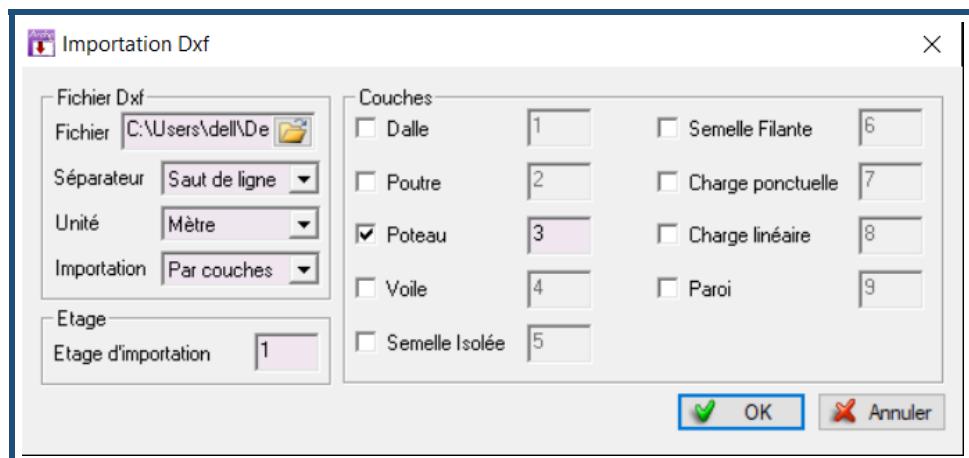


Figure 5.4: Importation des poteaux

5.2.2 Configuration des paramètres des éléments de structure

Après l'importation de la structure, nous devons configurer un certain nombre de paramètres : unité, affichage des éléments de structure, les matériaux utilisés ainsi que leurs caractéristiques.

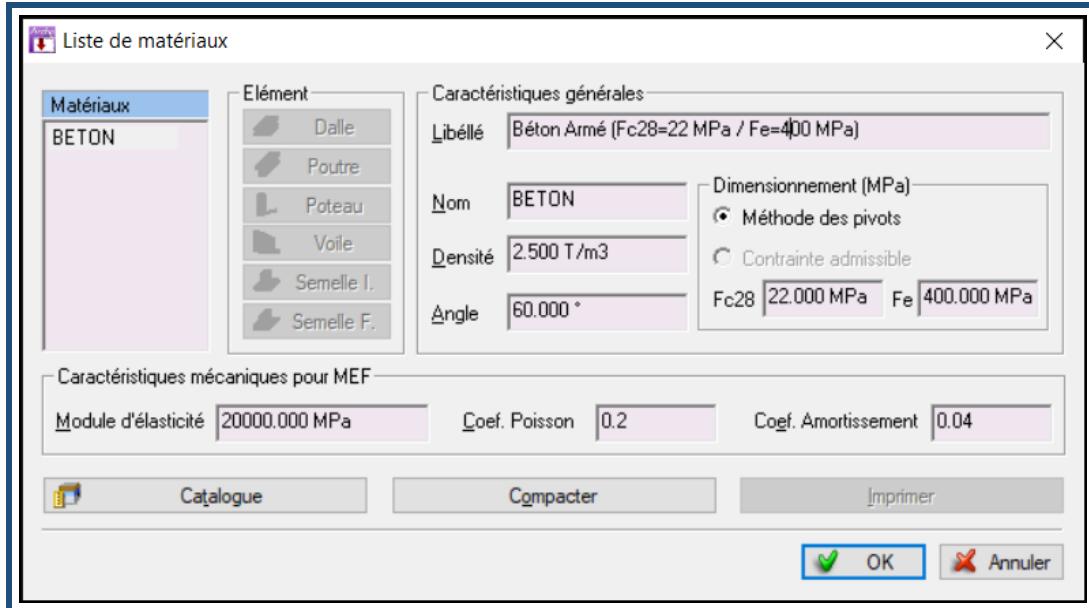


Figure 5.5: Configuration des matériaux

Puis, on fixe le nom et la hauteur sous plafond de chaque étage.

5.2.3 Saisie des poutres et des dalles

Dans cette étape, on va tracer les poutres entre les poteaux importés et on termine par les dalles.

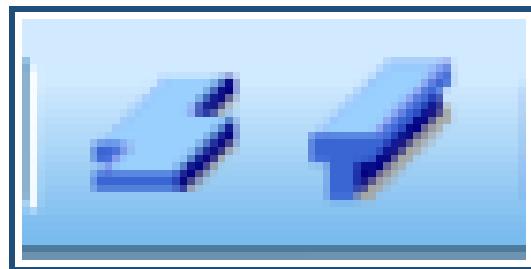


Figure 5.6: Icône pour le traçage des poutres et dalles

Pour les poutres, elle subit un chargement permanent (mur, acrotère...), nous devons alors introduire la charge par la valeur convenable à ce chargement ($1T/m$).

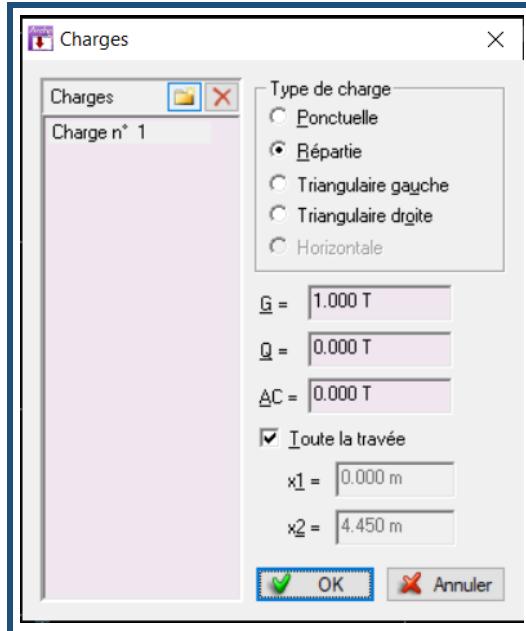


Figure 5.7: Chargement des poutres

Quant aux dalles, nous saisissons le chargement ($G=0.3\text{T}/m^2$ et $Q=0.1\text{T}/m^2$), nous fixons l'épaisseur du plancher (12cm pour RDC et deux étages et 20cm pour le sous-sol). Ensuite, nous découpons automatiquement les dalles. Finalement, nous choisissons le sens de portée de chaque panneau de la dalle conformément au plan de coffrage (Cas du RDC et deux étages).

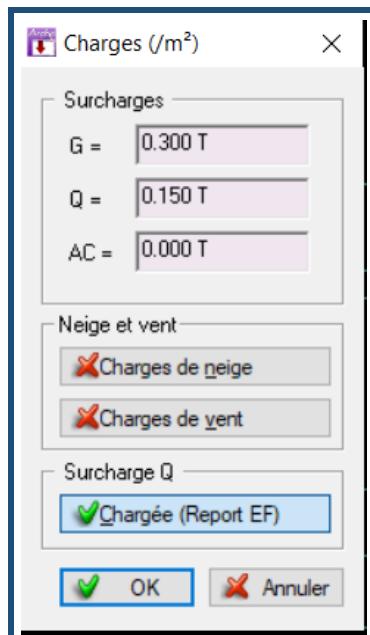


Figure 5.8: Chargement des dalles

5.2.4 Génération des semelles

Pour générer les semelles de fondation, il suffit de cliquer sur l'icône "générer automatiquement des semelles adaptées sous chaque porteur".



Figure 5.9: Icône pour la génération du semelles

On voit les plans de structures créer par « Arche OSSATURE » dans l'annexe.

On note que ces processus sont faits 4 fois, une fois pour le RDC, une fois pour le 1er étage, une fois pour le 2eme étage et une fois pour le sous-sol.

5.3 Descente des charges

Avant de lancer la procédure de modélisation il est nécessaire de s'assurer de la validité et de la cohérence de notre modèle :

5.3.1 Saisir

Activation de l'option (Analyser-Vérifier-Saisir) le programme va préparer le modèle en vue de calcul.

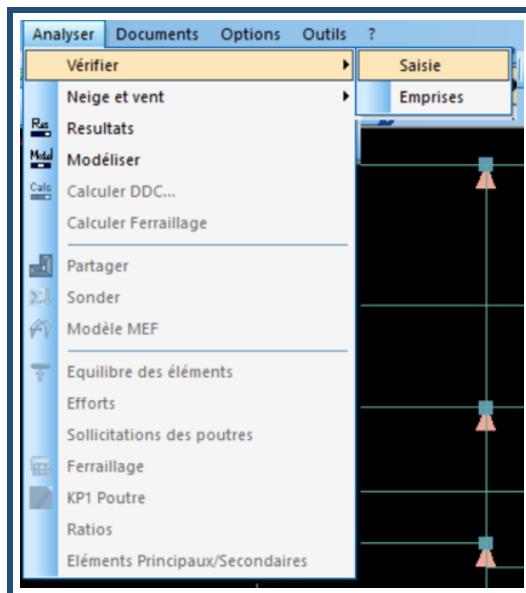


Figure 5.10: Activation de l'option "Analyser-Vérifier-Saisir"

On vérifie après cette qu'on n'a pas d'erreurs.

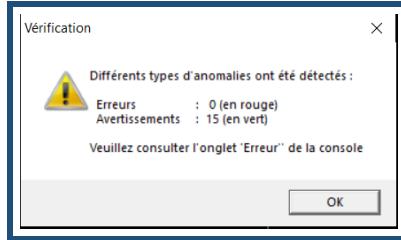


Figure 5.11: Vérification des erreurs de saisir

5.3.2 Modéliser

Il est maintenant possible de lancer la modélisation à l'aide de menu (Analyser-Modéliser) d'où le programme va préparer un premier résultat quantitatif de la descente de charge.

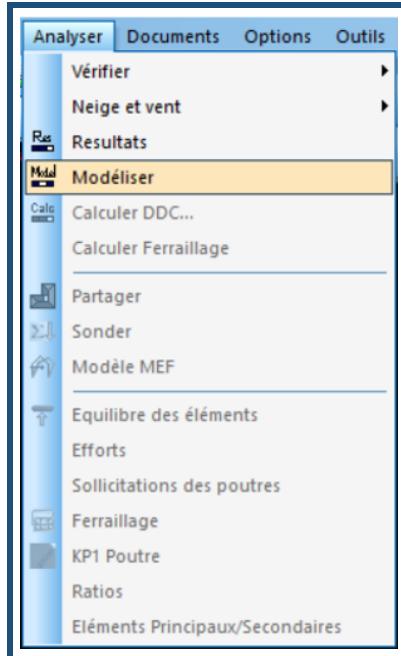


Figure 5.12: Activation de l'option "Analyser-Modéliser"

On vérifie après cette qu'on n'a pas d'erreurs.

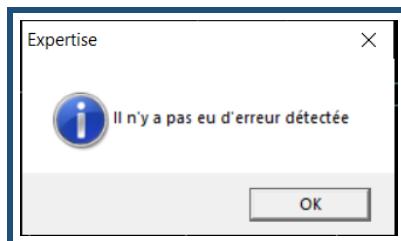


Figure 5.13: Vérification des erreurs de modélisation

5.3.3 Calculer la descente des charges

Activation de l'option (Analyser-Calculer DDC) le programme va lancer le calcul de la structure.

Le programme nous demande si nous avons bien effectué les étapes de contrôle, après validation, le calcul s'effectue.

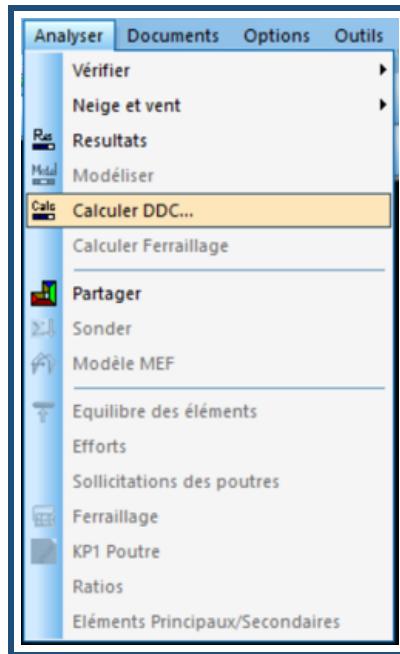


Figure 5.14: Activation de l'option "Analyser-Calculer DDC"

On vérifie après cette qu'on n'a pas d'erreurs.

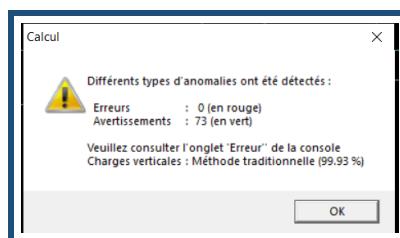


Figure 5.15: Vérification des erreurs de Calcul DDC

5.4 Conclusion

Après avoir passé par toutes ces étapes, on peut visualiser les plans de structure dans l'annexe Figure 7.5 à la Figure 7.8. et la structure en 3D :

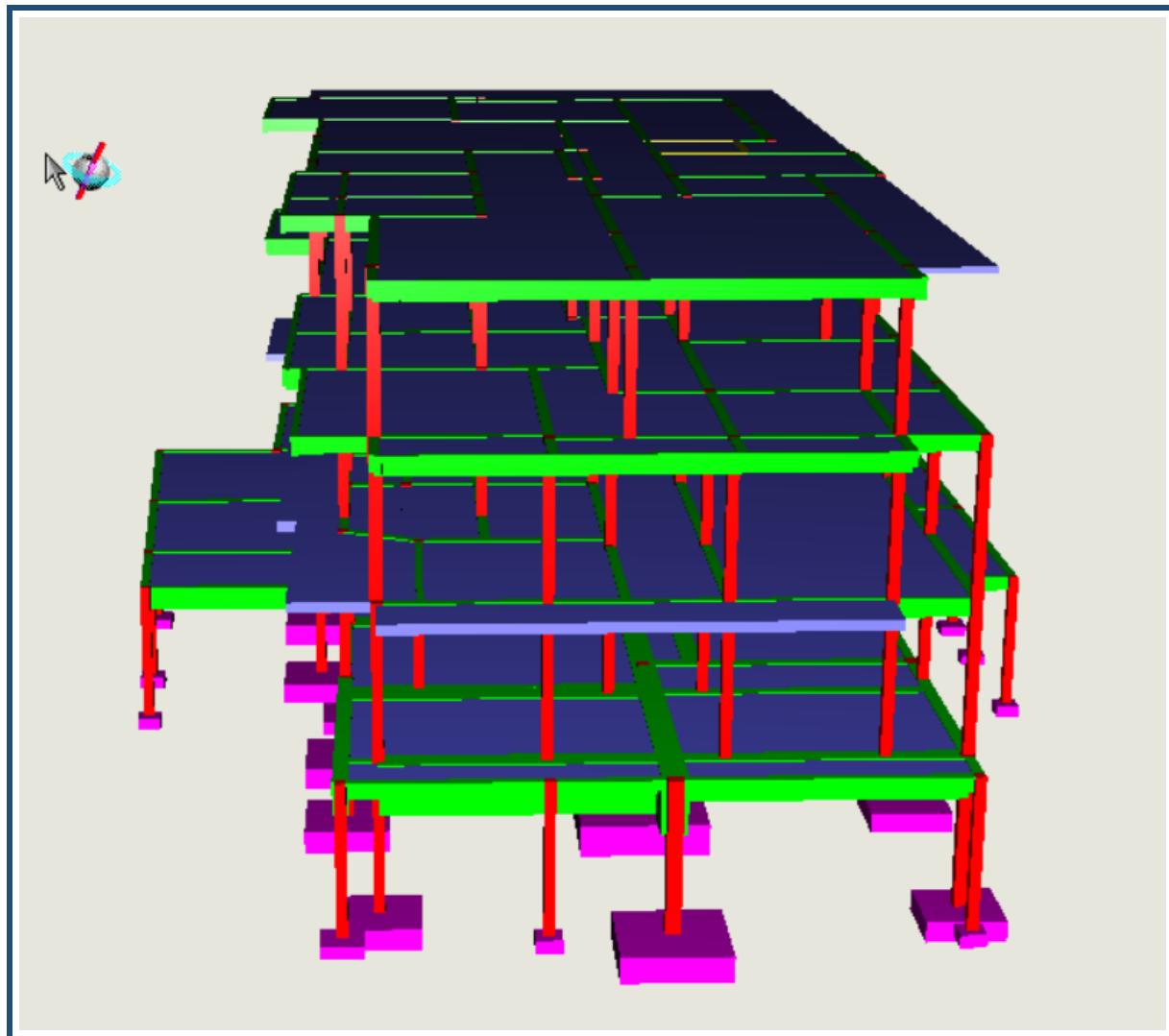


Figure 5.16: Vue en 3D de l'immeuble

CALCUL MANUEL DES ÉLÉMENTS DE LA STRUCTURE ET FERRAILLAGE

Plan

1	Etude des nervures	28
2	Etude des poutres	32
3	Etude des poteaux	36
4	Etude des semelles	41

6.1 Etude des nervures

6.1.1 Introduction

La conception d'un plancher en corps creux repose sur l'utilisation des nervures. La dalle de compression et la géométrie de l'hourdis font que la nervure soit de section de "T". Donc, suivant sa conception, une nervure est dimensionnée comme une poutre continue (ou isostatique) sollicitée à la flexion simple.

Dans notre projet, on a utilisé un seul de type de nervures (16+5). Le choix du type a été basé sur la valeur du porté.

Dans la suite, on va étudier une nervure isostatique.

6.1.2 Dimensionnement d'une nervure

Dans cette partie on va étudier la nervure située dans le plancher haut RDC.

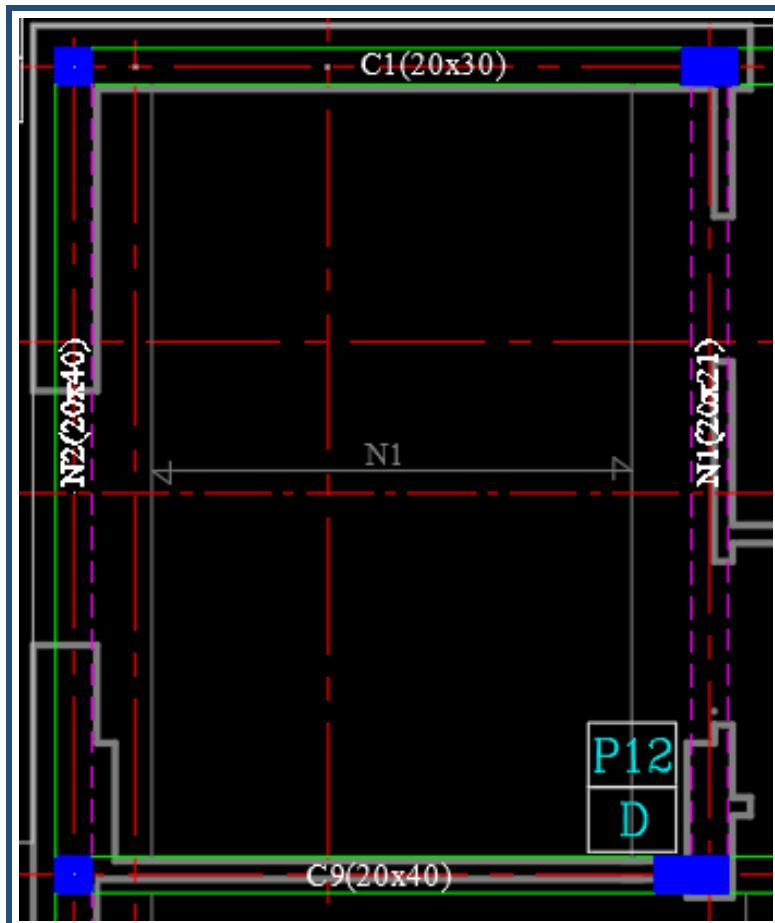


Figure 6.1: Aperçu de la nervure étudiée sur "Autocad"

6.1.2.1 Données

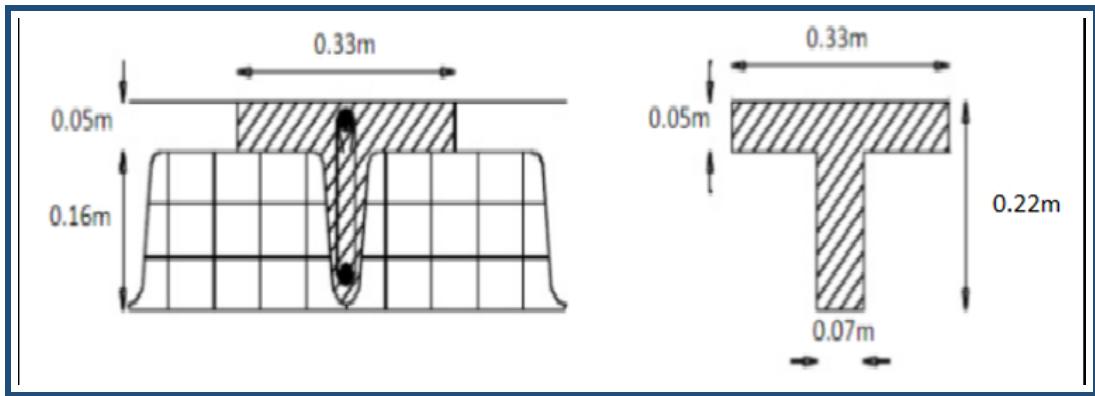


Figure 6.2: Coupe du plancher

- $G = 3kN/m$
- $Q = 1.5kN/m$
- $h = 21cm$
- $b = 33cm$
- $h_0 = 5cm$
- $b_0 = 7cm$
- $d = 0.9 * h = 18.9cm$
- $l = 4.45m$

6.1.2.2 Calcul des charges

- Charge permanent appliquée sur la nervure :

$$g = 0,33 * G = 0,33 * 3 = 0.99kN/m$$

- Charge d'exploitation appliquée sur la nervure :

$$q = 0,33 * Q = 0,33 * 1.5 = 0.495kN/m$$

6.1.2.3 Combinaisons des charges (à ELU)

$$P_u = 1,35 * g + 1,5 * q = 1,35 * 0.99 + 1,5 * 0,495 = 2.079kN/m$$

6.1.2.4 Calcul des sollicitations maximales(à ELU)

- Calcul du moment :

$$M_u = P_u \frac{l^2}{8} = 2.079 \frac{4.45^2}{8} = 5,146 \text{kN.m}$$

- Calcul de l'effort tranchant :

$$V_u(0) = P_u \frac{l}{8} = 2.079 \frac{4.45}{2} = 4.625 \text{kN}$$

6.1.2.5 Determination de l'armature longitudinale

- Données :

— $M_u = 5.146 \text{kN.m}$

— $f_{c28} = 22 \text{MPa}$

— $f_{bc} = 12.47 \text{MPa}$

— $f_e = 400 \text{MPa}$

— $d = 0.189 \text{m}$

- Calcul du moment réduit :

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{5.146 \cdot 10^{-3}}{0.33 \cdot 0.189^2 \cdot 12.46} = 0,035$$

$$\mu_{bu} \leq \mu_{AB} = 0,186$$

Alors on est en pivot A et il n'y a pas d'aciérs comprimés.

- Calcul de la section d'armatures :

$$A_s = \frac{M_u}{Z_b \cdot \delta_s}$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 * 0,035}) = 0,045$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha) = 0,189(1 - 0,4 * 0,045) = 0,185 \text{m}$$

$$A_s = \frac{5.146 \cdot 10^{-3}}{0,185 \left(\frac{400}{1,15} \right)} = 0,8 \text{cm}^2$$

Soit 1 HA 14 ($A_{sx} = 1,54 \text{cm}^2$) et 1 HA 10 (armature de montage).

6.1.2.6 Détermination de l'armature transversale

- Données :

$$— v_u(0) = 4.625 \text{ kN.m}$$

$$— f_{c28} = 22 \text{ MPa}$$

$$— f_{bc} = 12.47 \text{ MPa}$$

- Calcul de l'effort tranchant réduit :

$$v_{ur} = V_u(0) - P_u \left(\frac{5}{6} h \right) = 4.625 - 2.079 \left(\frac{5}{6} 0, 21 \right) = 4.26 \text{ kN}$$

- Calcul de la contrainte réduit :

$$\tau_{ur} = \frac{V_u}{b_0 d} = \frac{4.625 * 10^{-3}}{0,07 * 0,189} = 0,35 \text{ MPa}$$

- Diamètre de l'armature transversale :

$$\varphi_t \leq \min \left(\frac{h}{35}; \frac{b_0}{10} \varphi_l \right)$$

$$\varphi_t \leq \min \left(\frac{21}{35}; \frac{7}{10}; 1.4 \right)$$

$$\varphi_t \leq \min(0.6; 0.7; 1.4)$$

$$\varphi_t \leq 0,6 \Rightarrow \varphi_t = 6 \text{ mm}$$

\Rightarrow Donc on prendra pour acier $\phi 6$ comme armature transversale.

$$S_{t\max} \leq \min \left(0, 9d; 40 \text{ cm}; \frac{A_t f_{et}}{b_0 \max \left(\frac{\tau_{ur}}{2}; 0, 4 \text{ MPa} \right)}; 15 \varphi_{\lim} \right)$$

avec A_t la section d'armatures cisaiillées ; il s'agit de deux ronds lisses $\phi 6$

$$\Rightarrow A_t = 0.57 \text{ cm}^{-2}$$

$$S_{t\max} \leq \min \left(0, 9 * 0, 189; 40 \text{ cm}; \frac{0,57 * 10^{-3} * 235}{\max \left(\frac{0,35}{2}; 0,4 * 0,07 \right)}; 15 \varphi_{\lim} \right)$$

$$S_{t\max} = \min(17 \text{ cm}; 40 \text{ cm}; 76 \text{ cm}) \Rightarrow S_{t\max} = 17 \text{ cm}$$

- Espacement initiale de l'armature transversale :

$$S_{t0} = \frac{0,9A_tf_{et}(\cos\alpha + \sin\alpha)}{b_0(\tau ur - 0,3kf_{tj})\gamma_s}$$

$$S_{t0} = \frac{0,9 * 0,57 * 235 * 1}{7 * 0,35 * 1,15} = 42\text{cm} > S_{tMAX} = 17\text{cm}$$

6.2 Etude des poutres

6.2.1 Introduction

Nous allons étudier dans ce chapitre une poutre isostatique située dans le plancher haut RDC.

La poutre est soumise à une charge permanente et à une charge d'exploitation uniformément réparties, le ferraillage longitudinal sera dimensionné vis-à-vis de la flexion simple à l'ELUR car la fissuration est supposée peu préjudiciable et ensuite le ferraillage transversal est dimensionné vis-à-vis de l'effort tranchant à l'ELUR.

6.2.2 Dimensionnement d'une poutre isostatique

Dans cette partie on va étudier la poutre C32 située dans les planchers haut du RDC.

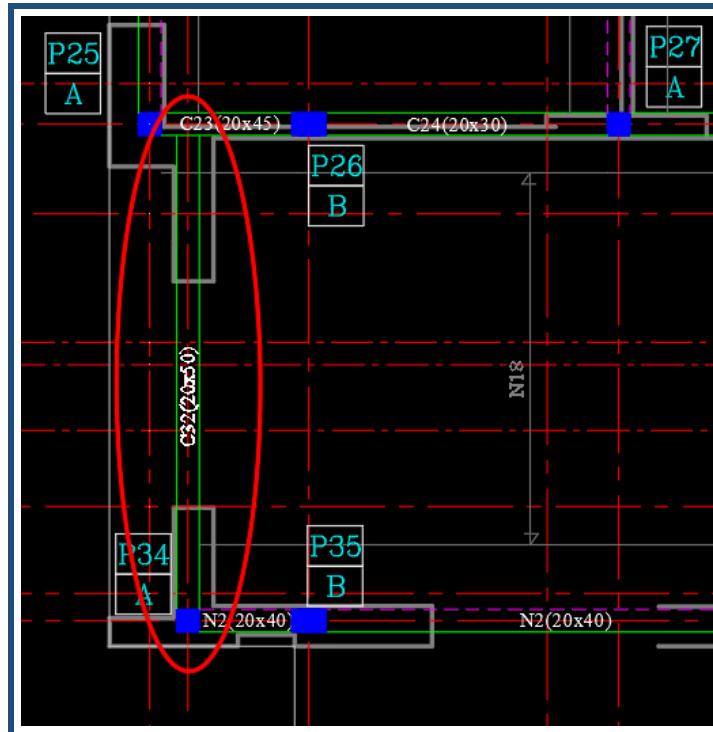


Figure 6.3: Aperçu de la poutre étudiée sur "Autocad"

6.2.2.1 Données

- Fissuration peu préjudiciable
- $f_{c28} = 22MPa$
- $f_{et} = 235MPa$
- $f_e = 400MPa$
- $G = 3kN/m$
- $Q = 1.5kN/m$

6.2.2.2 Calcul des charges

- Charge permanente appliquée sur la poutre :

- Poids propre de la poutre : $25 * 0.2 * 0.5 = 2.5kN/m$
- Planchers : $3 * \frac{6.37}{2} = 9.555kN/m$

$$g = 2.5 + 9.555 = 12.055kN/m$$

- Charge d'exploitation appliquée sur la poutre :

$$1.5 * \left(\frac{6.37}{2} + 0.2 \right) = 5.0775kN/m$$

6.2.2.3 Combinaisons des charges (à ELU)

$$P_u = 1,35g + 1,5q$$

$$P_u = 1,35 * 12.055 + 1,5 * 7.0775 = 26.9kN/m$$

$$P_u = 26.9kN/m$$

6.2.2.4 Calcul des sollicitations maximales(à ELU)

- Calcul du moment :

$$M_u = P_u \frac{l^2}{8} = 26.9 * \frac{4.38^2}{8} = 64.5kN.m$$

$$M_u = 64.5kN \cdot m$$

- Calcul de l'effort tranchant :

$$V_u(0) = P_u \frac{l}{2} = 26.9 * \frac{4.38}{2} = 58.9\text{kN}$$

$$V_u(0) = 58.9\text{kN}$$

6.2.2.5 Determination de l'armature longitudinale

- Données :

- $M_u = 64.5\text{kN.m}$
- $f_{c28} = 22\text{MPa}$
- $f_{bc} = 12.47\text{MPa}$
- $f_e = 400\text{MPa}$
- $d = 0.45\text{m}$

- Calcul du moment réduit :

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{64.5 * 10^{-3}}{0.20 * 0,45^2 * 12,47} = 0.127$$

$$\mu_{bu} \leq \mu_{AB} = 0,186$$

\Rightarrow alors on est en pivot A et il n'y a pas d'acières comprimés.

- Calcul de la section d'armatures :

$$A_s = \frac{M_u}{Z_b \cdot \delta_s}$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 * 0,127}) = 0,17$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha) = 0,45(1 - 0,4 * 0,17) = 0,42\text{m}$$

$$A_s = \frac{64.5 * 10^{-3}}{0,42 * \left(\frac{400}{1,15}\right)} = 4.41\text{cm}^2$$

$$A_s = 4.41\text{cm}^2$$

\Rightarrow Soit 3 HA10 + 3 HA10 = 4.71 cm²

Et 3 HA10 (armature de montage).

6.2.2.6 Détermination de l'armature transversale :

- Données :

- $V_u(0) = 58.9kN$
- $f_{c28} = 22MPa$
- $f_{bu} = 12.47MPa$
- $f_e = 400MPa$
- $f_{et} = 235MPa$

- Calcul de l'effort tranchant réduit :

$$V_{ur} = V_u(0) - P_u \left(\frac{5}{6}h \right) = 58.9 - 26.9 \left(\frac{5}{6}0,5 \right) = 47.7kN$$

- Calcul de la contrainte réduite :

$$\tau_{ur} = \frac{V_u}{b_0 d} = \frac{47.7 * 10^{-3}}{0,20 * 0,45} = 0,477MPa$$

- Diamètre de l'armature transversale :

$$\varphi_t \leq \min \left(\frac{h}{35}; \frac{b_0}{10}; \varphi_l \right)$$

$$\varphi_t \leq \min \left(\frac{50}{35}; \frac{20}{10}; 1,4 \right)$$

$$\varphi_t \leq \min(1,42; 2; 1)$$

$$\varphi_t \leq 1$$

\Rightarrow Donc on prendra pour acier $\phi 6$ comme armature transversale :

$$S_{t \max} \leq \min \left(0,9d; 40\text{cm}; \frac{A_t f_{et}}{b_0 \max \left(\frac{\tau_{ur}}{2}; 0,4MPa \right)} \right)$$

avec A_t la section d'armatures cisaiillées ; il s'agit de 4 ronds lisses $\phi 6 \Rightarrow A_t = 1.13cm^2$

$$S_{t \max} \leq \min \left(0,9 * 0,45; 40\text{cm}; \frac{1,13 * 10^{-3} * 235}{b_0 * \max \left(\frac{0,477}{2}; 0,4 \right)} \right)$$

$$S_{t\max} = \min(40.5\text{cm}; 40\text{cm}; 14.75\text{cm})$$

$$S_{t\max} = 14.75\text{cm}$$

- Espacement initiale de l'armature transversale :

$$S_{t0} = \frac{0,9A_tf_{et}(\cos \alpha + \sin \alpha)}{b_0 (\tau_{ur} - 0,3k f_{tj}) \gamma_s}$$

$$S_{t0} = \frac{0,9 * 1,13 * 235 * 1}{20 * 0,477 * 1,15} = 12.58$$

$$S_{t0} = 13\text{cm}$$

$$S_{t0} = 13\text{cm} < S_{tMAX} = 14.75\text{cm}$$

Alors on adoptera un espacement constant de 13cm.

Le ferraillage de la poutre C32 se trouve dans l'annexe Figure 7.15 obtenu par le logiciel "Arche" avec le module "Arche Poutre".

6.3 Etude des poteaux

Dans ce chapitre , on va étudier le poteau le plus sollicité du rez-de-chaussée (le poteau P22) qui est de section rectangulaire (20*40) et soumis à une force de compression centrée. La figure suivante nous présente l'emplacement du poteau dans le plan du coffrage du RDC :

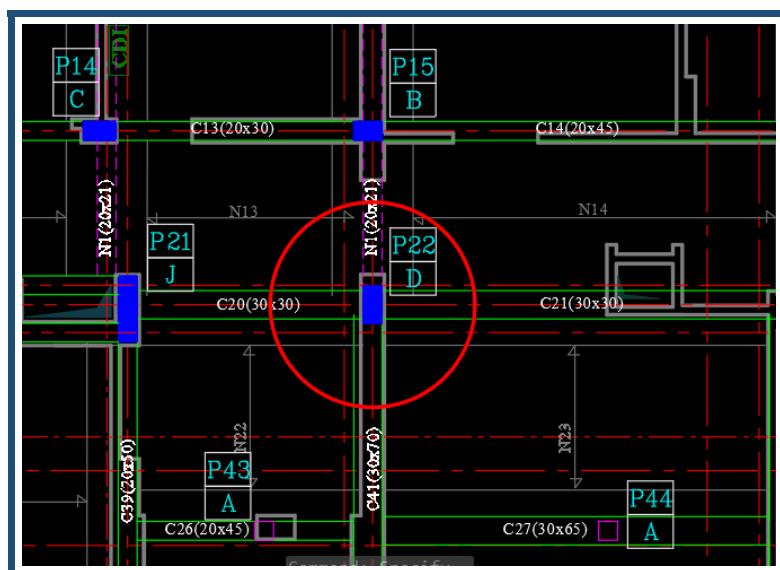


Figure 6.4: Aperçu du poteau étudié sur "Autocad"

6.3.1 Descentes de charges

C'est la surface de charge qui sera reprise par un élément structurel d'un niveau inférieur.

Quel que soit le matériau de construction, pour déterminer les charges transmises par la dalle aux poutres, et pour tout type de charges G, Q, il faut se servir de la surface de plancher reprise par ces poutres. Ces surfaces de planchers sont appelées surfaces d'influences.

Ce poteau supporte différents types de charges :

- Charges surfaciques permanentes et d'exploitations appliquées / m^2 de plancher.
- Charges linéaires dues aux poutres et raidisseurs appuies sur le poteau.
- Charges venant des poteaux des deux étages.
- Poids propre du poteau étudié.

6.3.2 Poteau 22 du 2eme étage

La surface d'influence du poteau étudié est :

$$S = \frac{3.54 * 2.41}{4} + \frac{2.6 * 1.84}{4} + \frac{4.77 * 4.73}{4} + \frac{2.41 * 2.5}{4} = 10.48m^2$$

- Charges permanentes

- Plancher terrasse :

$$g_{plancher} = g_d * S = 3 * 7.53 = 31.42kN$$

- Poids des poutres et des raidisseurs solidaires au poteau :

$$g_{poutre} = \left(25 * 0.20 * 0.21 * \frac{1.84}{2} \right) + \left(25 * 0.20 * 0.40 * \frac{3.54}{2} \right) + \left(25 * 0.20 * 0.21 * \frac{2.4}{2} \right) + \left(25 * 0.20 * 0.40 * \frac{4.73}{2} \right) = 10.496kN$$

- Poids propre du poteau :

$$g_{poteau} = 25 * 0.20 * 0.20 * 3 = 3kN$$

Ainsi,

$$g_{etage2} = g_{planchier} + g_{poutre} + g_{poteau} = 44.92kN$$

- Charges d'exploitation

$$q_{etage2} = q_d * S = 1.5 * 10.48 = 15.71kN$$

6.3.3 Poteau 22 du 1er étage

La surface d'influence du poteau étudié est :

$$S = \frac{2.6 * 2.41}{4} + \frac{2.6 * 3.65}{2} + \frac{1.84 * 4.71}{4} = 8.48m^2$$

- Charges permanentes

— Plancher intermédiaire :

$$g_{plancher} = g_d * S = 3 * 8.48 = 25.43kN$$

— Poids des poutres et des raidisseurs solidaires au poteau :

$$\begin{aligned} g_{poutre} &= \left(25 * 0.20 * 0.21 * \frac{1.84}{2} \right) + \left(25 * 0.20 * 0.40 * \frac{1.15}{2} \right) + \left(25 * 0.20 * 0.45 * \frac{4.71}{2} \right) \\ &= 7.41kN \end{aligned}$$

— Poids propre du poteau :

$$g_{poteau} = 25 * 0.30 * 0.20 * 3 = 4.5kN$$

Ainsi,

$$g_{etage1} = g_{planchier} + g_{poutre} + g_{poteau} = 37.34kN$$

- Charges d'exploitation

$$q_{etage1} = q_d * S = 1.5 * 4.48 = 12.72kN$$

6.3.4 Poteau 8 du RDC

La surface d'influence du poteau étudié est :

$$S = \frac{2.6 * 2.41}{4} + \frac{2.6 * 1.84}{4} + \frac{1.84 * 4.71}{4} + \frac{2.41 * 4.31}{4} = 7.53\text{m}^2$$

- Charges permanentes

- Plancher intermédiaire :

$$g_{plancher} = g_d * S = 3 * 7.53 = 22.59\text{kN}$$

- Poids des poutres et des raidisseurs solidaires au poteau :

$$g_{poutre} = \left(25 * 0.20 * 0.21 * \frac{1.84}{2} \right) + \left(25 * 0.30 * 0.30 * \frac{2.6}{2} \right) + \left(25 * 0.30 * 0.30 * \frac{4.71}{2} \right) + \\ \left(25 * 0.30 * 0.70 * \frac{4.41}{2} \right) = 20.766\text{kN}$$

- Poids propre du poteau :

$$g_{poteau} = 25 * 0.20 * 0.40 * 3 = 6\text{kN}$$

Ainsi,

$$g_{RDC} = g_{planchier} + g_{poutre} + g_{poteau} = 49.356\text{kN}$$

- Charges d'exploitation

$$q_{RDC} = q_d * S = 1.5 * 7.53 = 11.295\text{kN}$$

Tout calcul fait, on aura :

$$g = g_{RDC} + g_{etage1} + g_{etage2} = 131.616\text{kN}$$

$$q = q_{RDC} + q_{etage1} + q_{etage2} = 39.725\text{kN}$$

Ainsi, l'effort normal appliqué sur le poteau étudié est :

- A l'ELU : $N_u = 1.35 * g + 1.5 * q = 237.27kN$
- A l'ELS : $N_s = g + q = 171.341kN$

6.3.5 Ferraillage du poteau

6.3.5.1 Géométrie

- Section du poteau : $B = 0.20 * 0.40 = 0.08m^2$
- Surface réduite : $B_r = (0.20 - 0.015)^2 = 0.0342m^2$
- Longueur : $l_0 = 3m$
- Périmètre : $U = 1.2m$

6.3.5.2 Longeur de flambement

$$l_f = l_0 * k = 3 * 0.7 = 2.1m$$

6.3.5.3 Elancement

$$\lambda = \frac{l_f}{i_{min}} = \frac{2.1\sqrt{12}}{0.20} = 36.37m$$

$\lambda < 50$ donc :

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 * \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = \frac{0.85}{1 + 0.2 * \left(\frac{36.37}{35}\right)^2} = 0.7$$

6.3.5.4 Ferraillage longitudinal

Il faut respecter la condition suivante : $N_u < N_{u,lim}$, avec :

$$N_{u,lim} = \alpha(\lambda) \left[\frac{B_r * f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A \frac{f_c}{\gamma_s} \right]$$

$$\Rightarrow A (cm^2) \geq \frac{\gamma_s}{f_e} \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r * f_{bu}}{0.765} \right] = \frac{1.15}{400} \left[\frac{0.237}{0.70} - \frac{0.0342 * 14.17}{0.765} \right] * 10^4 = 0.97cm^2$$

La section d'acier doit satisfaire la condition suivante : $A_{min} < A_{sc} < A_{max}$ avec :

$$A_{min} = \max \begin{cases} 4 \frac{U(cm)}{100} = \frac{4*1.2}{100} = 4.8cm^2 \\ 0.2 * B = 0.2 * 0.08 = 1.6cm^2 \end{cases} = 4.8cm^2$$

$$A_{\max} = \frac{5B}{100} = 40\text{cm}^2$$

→ $A_{sc} = A_{min} = 4.8\text{cm}^2 \rightarrow$ soit $A_{sc} = 6\text{HA12} = 6.79\text{cm}^2$

6.3.5.5 Ferraillage transversale

- Diamètre des armatures transversales

Le diamètre des armatures transversales est donné par :

$$\frac{1}{3}\Phi_{l,\max} \leq \Phi \leq 12mm \rightarrow \frac{12}{3} \leq \Phi \leq 12mm \rightarrow 4 \leq \Phi \leq 12mm$$

→ on prend un diamètre $\Phi 6mm$

- Espacement en zone de recouvrement

$$l_r = 0.6 * l_s \text{ avec } l_s = \frac{\Phi_{l,\max}}{4} \cdot \frac{f_c}{\tau_{su}} \text{ où } \tau_{su} = 0.6 * \Psi_s^2 * f_{t28} \text{ et } \Psi_s = 1.5$$

$$l_s = \frac{1.2}{4} * \frac{400}{0.6 * 1.5^2 * 1.92} = 46.3\text{cm}$$

$$l_r = 0.6 * 46.9 = 27.77\text{cm} \rightarrow l_r = 30\text{cm}$$

- Espacement en zone courante

$$S_t \leq \min \begin{cases} 40\text{cm} \\ 15\Phi_{l,\min} = 18\text{cm} \rightarrow S_t = 18\text{cm} \\ a + 10\text{cm} = 35\text{cm} \end{cases}$$

Le ferraillage des poteaux se fait manuellement par les dessinateurs du bureau "SEP ENGINEERING" par le logiciel "Autocad" à l'aide du tableau 7.1 de l'annexe.

6.4 Etude des semelles

Les fondations d'une construction sont constituées par les parties de l'ouvrage qui sont en contact avec le sol auquel elles transmettent les charges de la superstructure, leur bonne conception et réalisation assurent une bonne tenue de l'ouvrage. Quant à leur type, il est choisi en fonction de la portance du sol et la nature des charges transmises.

On protège la construction contre l'agressivité en présence de l'eau de provenance naturelle (nappe, pluie) on exige de prendre les précautions suivantes :

- Utilisation pour les fondations un ciment de haute résistance aux sulfates (HRS).
 - Prévoir un dosage en ciment de 350 Kg/m^3 .
 - Le béton doit être vibré pour obtenir une meilleure résistance.
 - Bien choisir les composantes du béton (sable, gravier...).

6.4.1 Données

$$— \gamma_{\text{béton}} = 25 \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\gamma_{qb} = 22 \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$— \gamma_{sol} = 15kN \cdot m^{-3}$$

— $\sigma_{qb} = 6bars$

— $\sigma_{sol} = 2bars$

6.4.2 Dimensionnement de la semelle

Il s'agit d'une semelle de dimensions (A*B*h) sous le poteau P73 de dimension (a=0.3m ; b=0.6m).



Figure 6.5: Aperçu de la semelle étudiée sur "Autocad"

Avec le module "Arche OSSATURE", on visualise les descentes de charges sur les poteaux du sous-sol (voir annexe Figure 7.9), on constate que le poteau P97 porte, autre que son poids propre, les charges suivantes :

- Charges permanantes : $G = 1226kN$
- Charges d'exploitats : $Q = 181kN$

Alors, la semelle la semelle doit supporté :

- Charges permanantes : $g_s = 1226 + 25 * 0.3 * 0.6 * 3 = 1239.5kN$
- Charges d'exploitats : $q = 181kN$

Ainsi, on obtient :

- Un effort normale ultime : $N_u = (1.35g_s + 1.5q) = 1944.825kN$
- Un effort normal de service $N_s = g_s + q = 1420.5kN$

• **Condition de portance**

$$a' \geq \sqrt{\frac{a * 1.05 * N_s}{b * \sigma_g b}} = \sqrt{\frac{0.3 * 1.05 * 1.42}{0.6 * 0.6}} = 1.24 \Rightarrow a' = 1.25mm$$

On a $\frac{a'}{b'} = \frac{a}{b} \Rightarrow b' = 2.5m$

• **Condition de rigidité**

$$d_1 = h - d'_b \geq (1.25 - 0.3)/4 = 0.2375m \Rightarrow h \geq (0.2375 + 0.03 + \Phi_1/2)$$

$$d_2 = (d_1 - (\Phi_1 + \Phi_2)/2) \geq (2.5 - 0.6)/4 = 0.5m \Rightarrow d_1 \geq (0.3 + (\Phi_1 + \Phi_2)/2)$$

$$h \geq (0.3 + \Phi_1 + \Phi_2/2 + 0.05) m$$

Soit $h = 0.4m$

6.4.3 Détermination des armatures

$$A_{1,ELU} = \frac{N_u (a' - a)}{8 (h - d'_b)' f_{su}} = \frac{1.944(1.25 - 0.3)}{8 * 0.35 * 347.8} = 13.97\text{cm}^2$$

On a fissuration peu préjudiciables donc $\bar{\sigma}_s = f_e = 400MPa$

$$A_{1,ELS} = \frac{N_s (b' - b)}{8(h - d'_b) \bar{\sigma}_s} = \frac{1.42(2.5 - 0.6)}{8 * 0.35 * 400} = 24.09\text{cm}^2 < A_{1,ELU}$$

On adopte 12 HA 16 ce qui donne une section réelle égale à 24.13 cm^2

$$A_{2,ELS} = \frac{N_s(a' - a)}{8(h - d'_a \bar{\sigma}_s)} = \frac{1.42(1.25 - 0.3)}{8 * 0.35 * 400} = 12.05 \text{ cm}^2$$

On adopte 8 HA 14 ce qui donne une section réelle égale à 12.32 cm^2

6.4.4 Dimensionnement de la semelle en gros

$$A = \sqrt{\frac{a' * N_s}{b' * \sigma_{sol}}} = \sqrt{\frac{1.25 * 1.42}{2.5 * 0.2}} = 1.88 \text{ m}$$

$$\frac{a'}{b'} = \frac{A}{B} \Rightarrow B = 3.76 \text{ m}$$

6.4.4.1 Vérification de la condition de portance du sol

$$\frac{N + G_{\text{semelle}}}{a' * b'} = \frac{1.42 + 1.25 * 2.5 * 0.4 * 0.025}{1.25 * 2.5} = 0.46 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow \frac{N + G_{\text{semelle}}}{a' * b'} \leq \sigma_{gb} = 0.6 \text{ MPa}$$

\rightarrow condition vérifiée

6.4.4.2 Vérification au non-poinçonnement

Il faut remplir la condition suivante :

$$P_{\text{red}} = N_u * \left[1 - \frac{(a + 2h)(b + 2h)}{a' * b'} \right] - 1.35 * G_0 * \frac{(a + 2h)(b + 2h)}{a' * b'} < 0.045 * u_c * h * f_{c28} / 1.5$$

avec :

- P_{red} : Charge obtenue en déduisant de P_u la part de réaction du sol agissant sur la base de la pyramide de diffusion à 45 degré sous le poteau.
 - Périmètre de la section de cette pyramide à mi-hauteur de la semelle.
 - $u_c = 2 * (a + b + 2h) = 2 * (0.3 + 0.6 + 2 * 0.4) = 3.4 \text{ m}$
- $$P_{\text{red}} = 1.944 * \left[1 - \frac{(0.3 + 0.8) * (0.6 + 0.8)}{1.25 * 2.5} \right] - 1.35 * 1.25 * 2.5 * 0.4 * 25 * \frac{(0.3 + 0.8) * (0.6 + 0.8)}{1000 * 1.25 * 2.5} = 0.413 \text{ MN}$$
- Or $0.045 * u_c * h * f_{c28} / 1.5 = 0.045 * 2.48 * 0.4 * 25 / 1.5 = 0.744 \text{ MN}$

Donc la condition de poinçonnement est vérifiée.

Le ferraillage des semelles se fait manuellement par les dessinateurs du bureau "SEP ENGINEERING" par le logiciel "Autocad" comme dans le cas des poteaux.

Conclusion générale

Ce stage m'a finalement permis de me faire ma propre idée du métier d'ingénieur, de ce qu'il représente et de ce qu'il suppose et de découvrir le monde des bureaux d'études, les activités qui y sont pratiquées et les exigences qui lui sont associées.

Au cours de ce stage, j'ai pu découvrir le métier, et plus encore, le quotidien de plusieurs ingénieurs. J'ai donc pu préparer mes armes afin d'affronter le monde professionnel dans les meilleures conditions.

Ainsi, il me paraît indispensable de compléter mes connaissances théoriques dans le domaine du B.T.P afin de pouvoir mieux m'insérer dans ce milieu. En effet, ma formation généraliste m'a empêché de répondre pleinement aux besoins de l'entreprise, et pour éviter ce genre de désagréments, il n'y a pas d'autre moyen que d'emmagasiner le maximum de connaissances spécifiques au monde de la construction.

Quoiqu'il en soit, j'ai aujourd'hui réussi à faire un pas vers le milieu de l'ingénierie, et il ne tient qu'à moi de continuer d'avancer en exploitant au mieux ma formation et les expériences que j'aurai la chance de vivre.

En ce sens, j'estime avoir répondu à la problématique du rapport et par conséquent avoir pleinement rempli l'objectif de mon stage.

Annexes

Tableau 7.1: Tableau de feraillage des poteaux rectangulaires

REF	SECTION	CAPACITE A L'ELS	FERAILLAGE	CAPACITE A L'ELS	FERAILLAGE
A	20x20	23	4HA12		
B	20x30	35	6HA12		
C	20x35	40	6HA12		
D	20x40	45	6HA12	50	6HA14
E	20x45	55	8HA12		
F	20x50	60	8HA12		
G	20x55	65	8HA12		
H	20x60	70	8HA12	75	8HA14
I	20x65	75	8HA12	80	8HA14
J	20x70	80	8HA12	85	8HA14
K	20x75	85	8HA12	90	8HA14
L	20x80	95	8HA14		
M	20x85	95	8HA12	100	8HA14
N	30x30	70	8HA12		
O	30x35	80	8HA12	85	8HA14
P	30x40	90	8HA12		
Q	30x45	100	8HA12	105	8HA14
R	30x50	120	10HA14		
S	30x55	125	10HA12	135	10HA14
T	30x60	140	12HA12	150	12HA14
U	30x65	150	12HA12	160	12HA14
V	30x70	170	12HA14		
W	30x75	170	12HA12	180	12HA14
X	30x80	190	12HA14		
Y	30x85	200	14HA12	205	14HA14
Z	30x90	215	14HA14	225	14HA16
AA	30x100	235	14HA14	250	14HA16
AB	40x40	135	8HA14	140	8HA16
AC	40x50	170	10HA14	180	10HA6
AD	40x60	205	12HA14	215	12HA6
AE	40x70	240	14HA14	255	14HA6
AF	40x80	275	16HA14	290	16HA6
AG	40x90	310	16HA14	320	16HA6
AH	40x100	345	18HA14	360	18HA6
AI	50x50	215	10HA14	225	10HA16
AJ	50x60	260	12HA14	270	12HA16
AK	50x70	305	14HA14	320	14HA16
AL	50x80	350	16HA14	365	16HA16
AM	50x90	395	18HA14	410	18HA16
AN	50x100	440	20HA14	460	20HA16
AO	60x60	315	12HA14	325	12HA16
AP	60x70	370	14HA14	385	14HA16
AQ	60x80	425	16HA14	440	16HA16
AR	60x90	480	18HA14	495	18HA16
AS	60x100	535	20HA14	550	20HA16
AT	70x70	440	16HA14	450	16HA16
AU	70x80	505	18HA14	520	18HA16
AV	70x90	565	20HA14	585	20HA16
AW	70x100	630	22HA14	650	22HA16

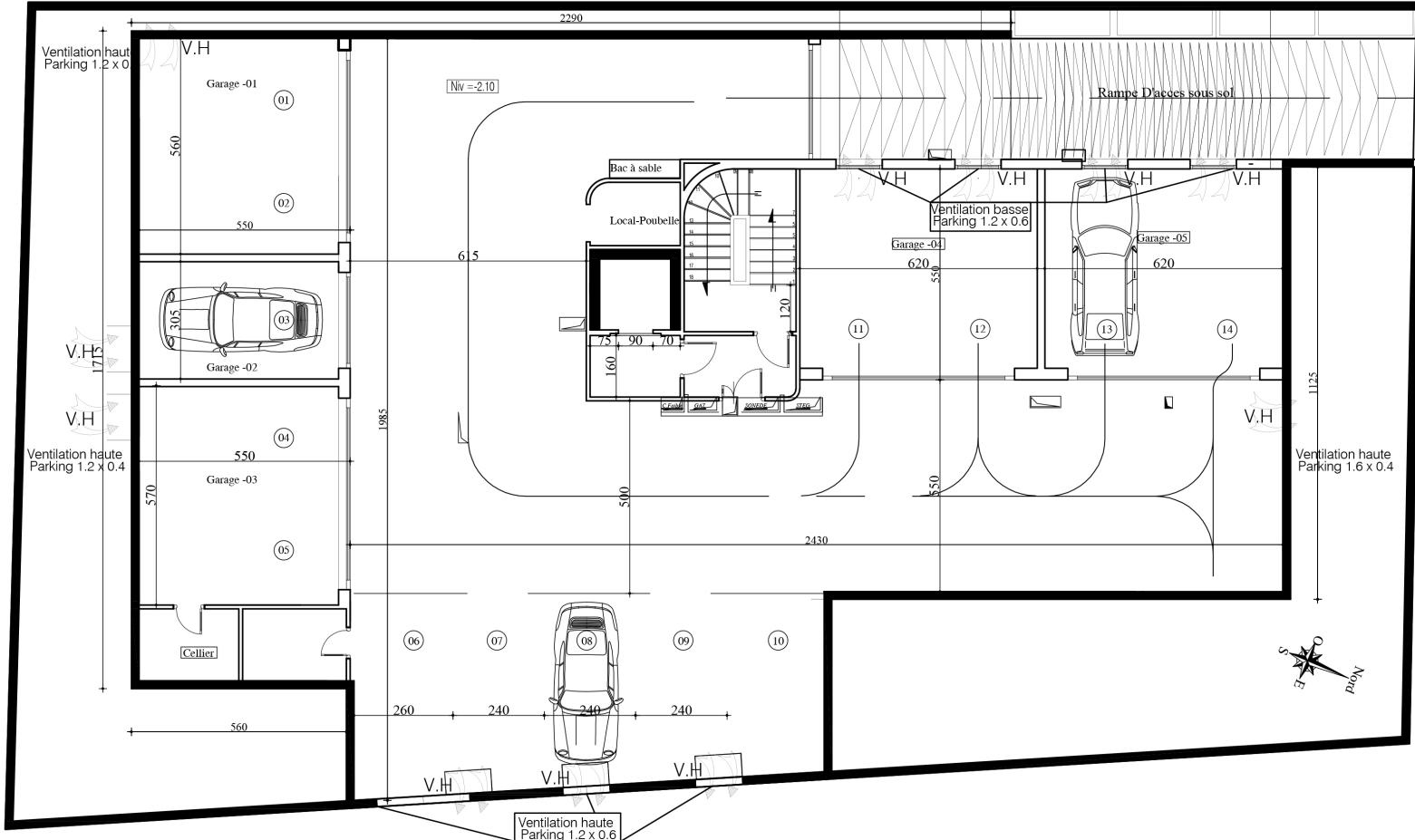


Figure 7.1: Plan architecturale du sous-sol de l'immeuble

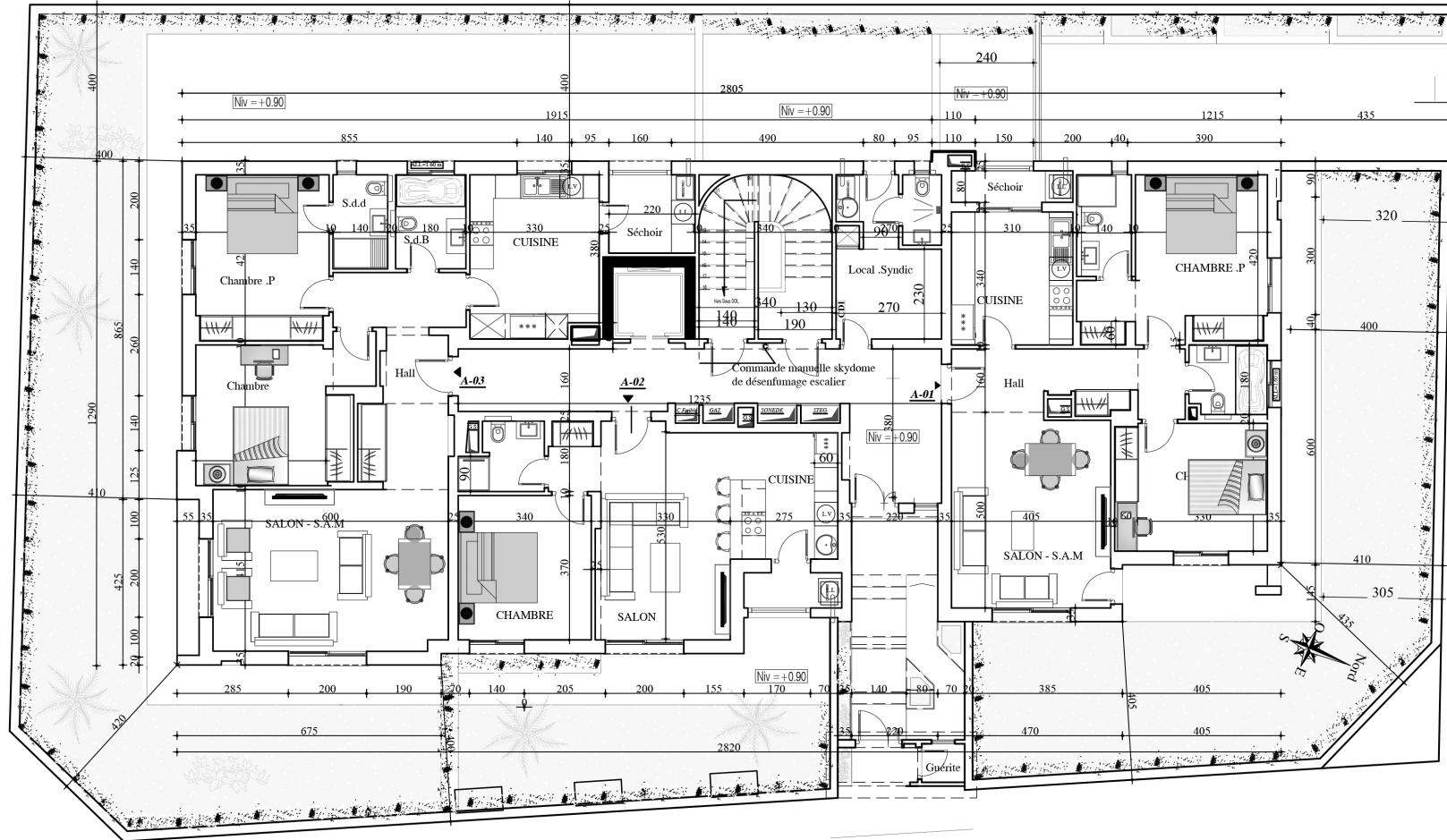


Figure 7.2: Plan architecturale du RDC de l'immeuble

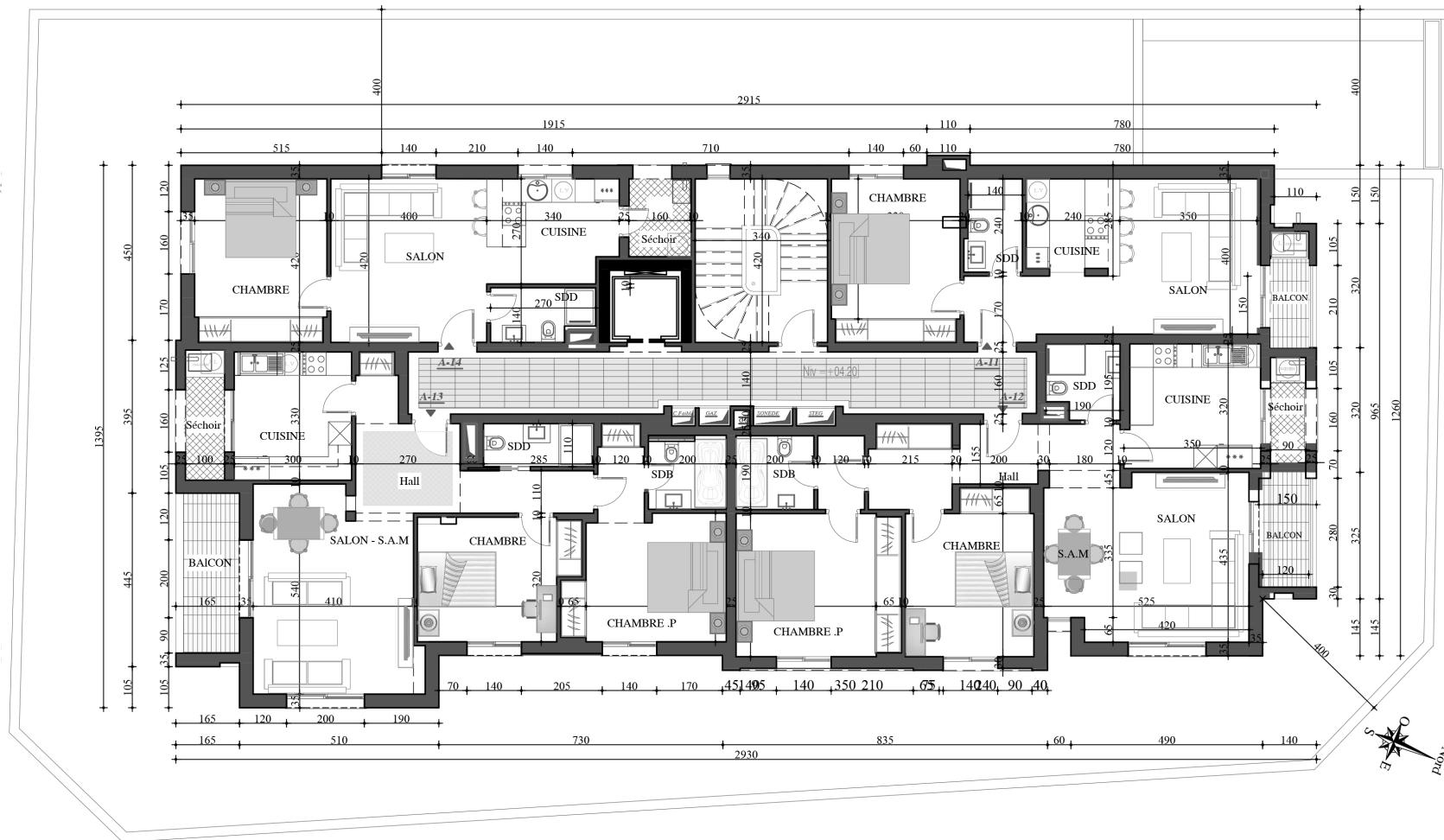


Figure 7.3: Plan architecturale du 1er étage de l'immeuble

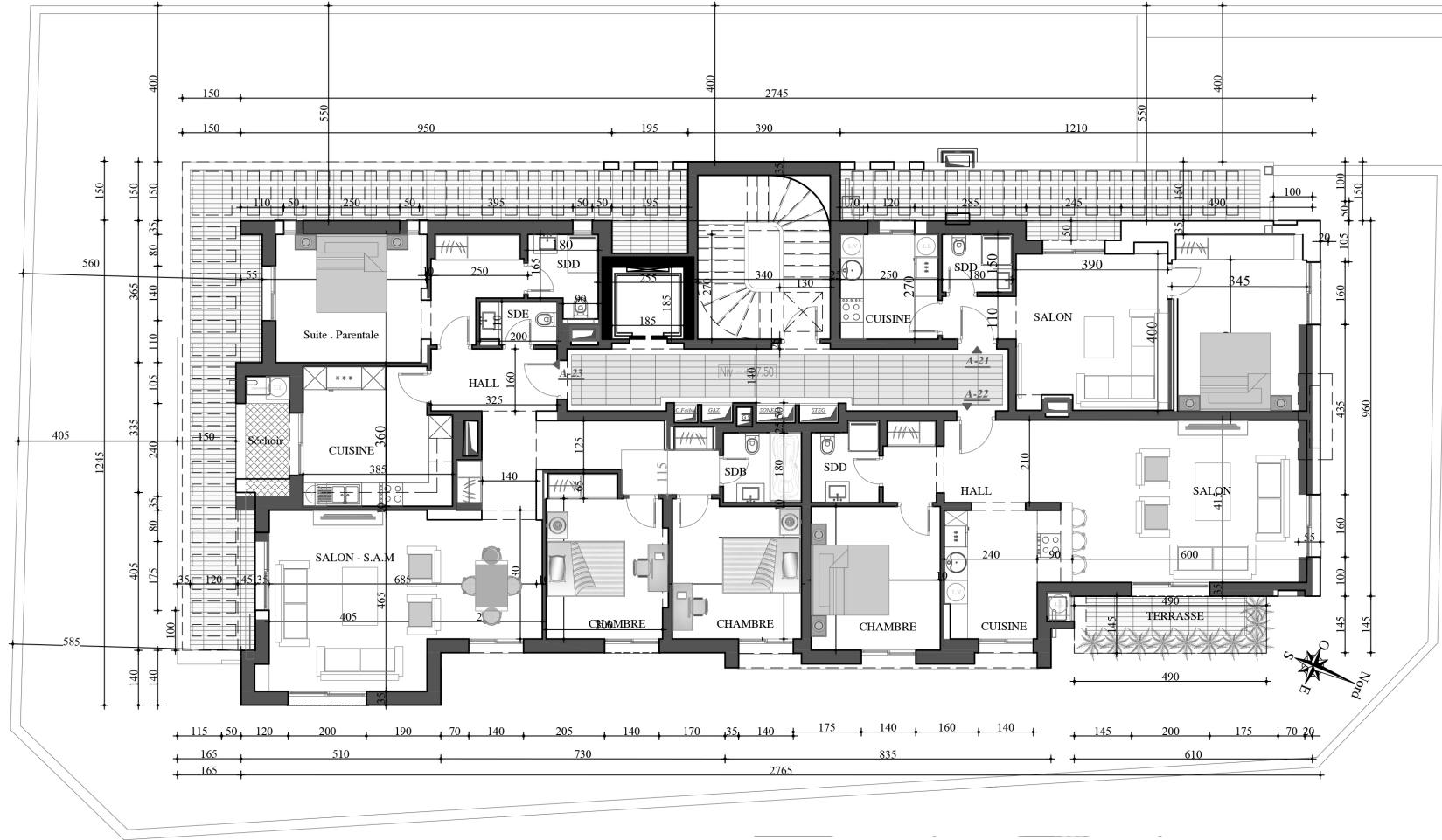


Figure 7.4: Plan architecturale du 2eme étage de l'immeuble

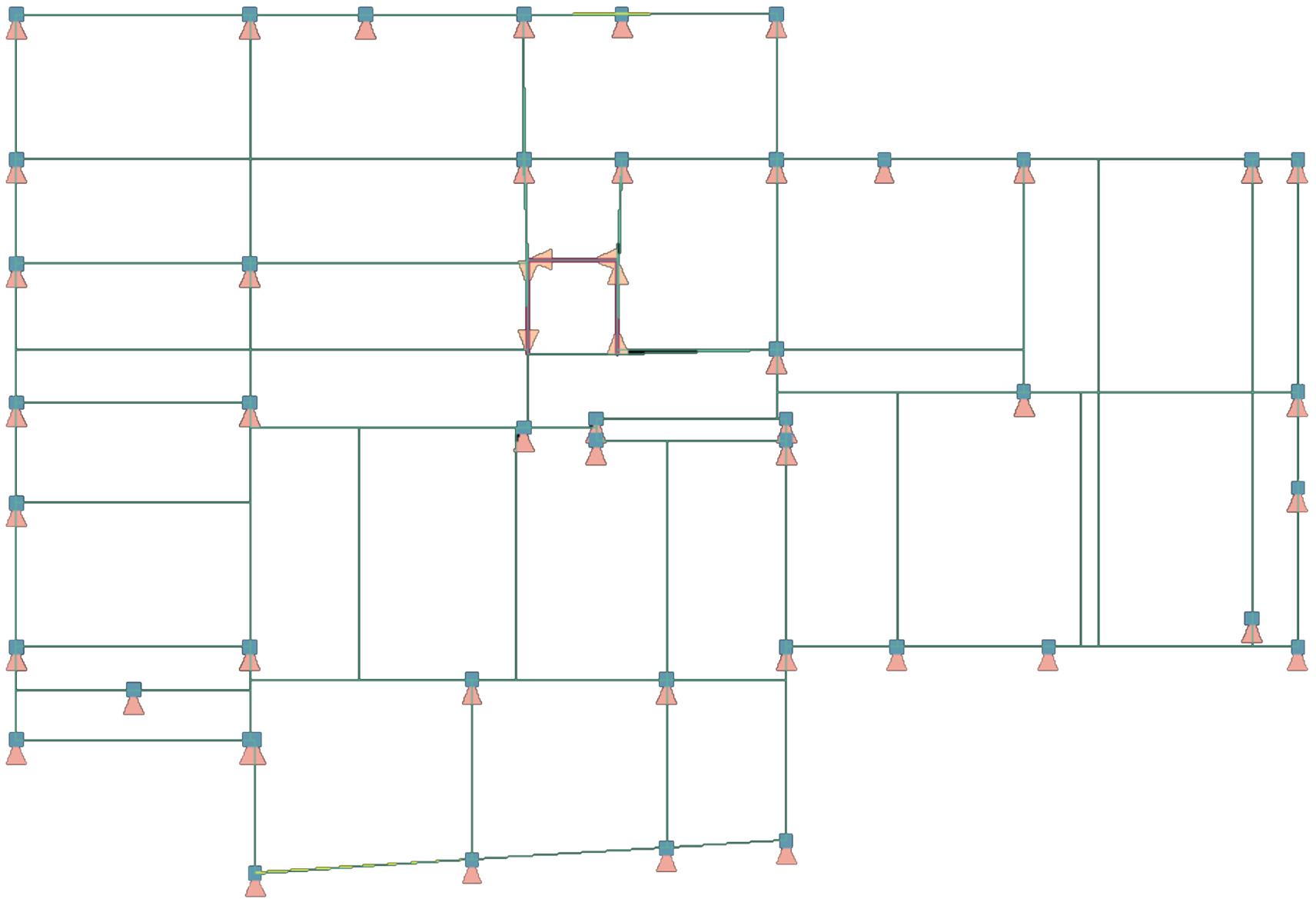


Figure 7.5: Conception du sous-sol avec Arche

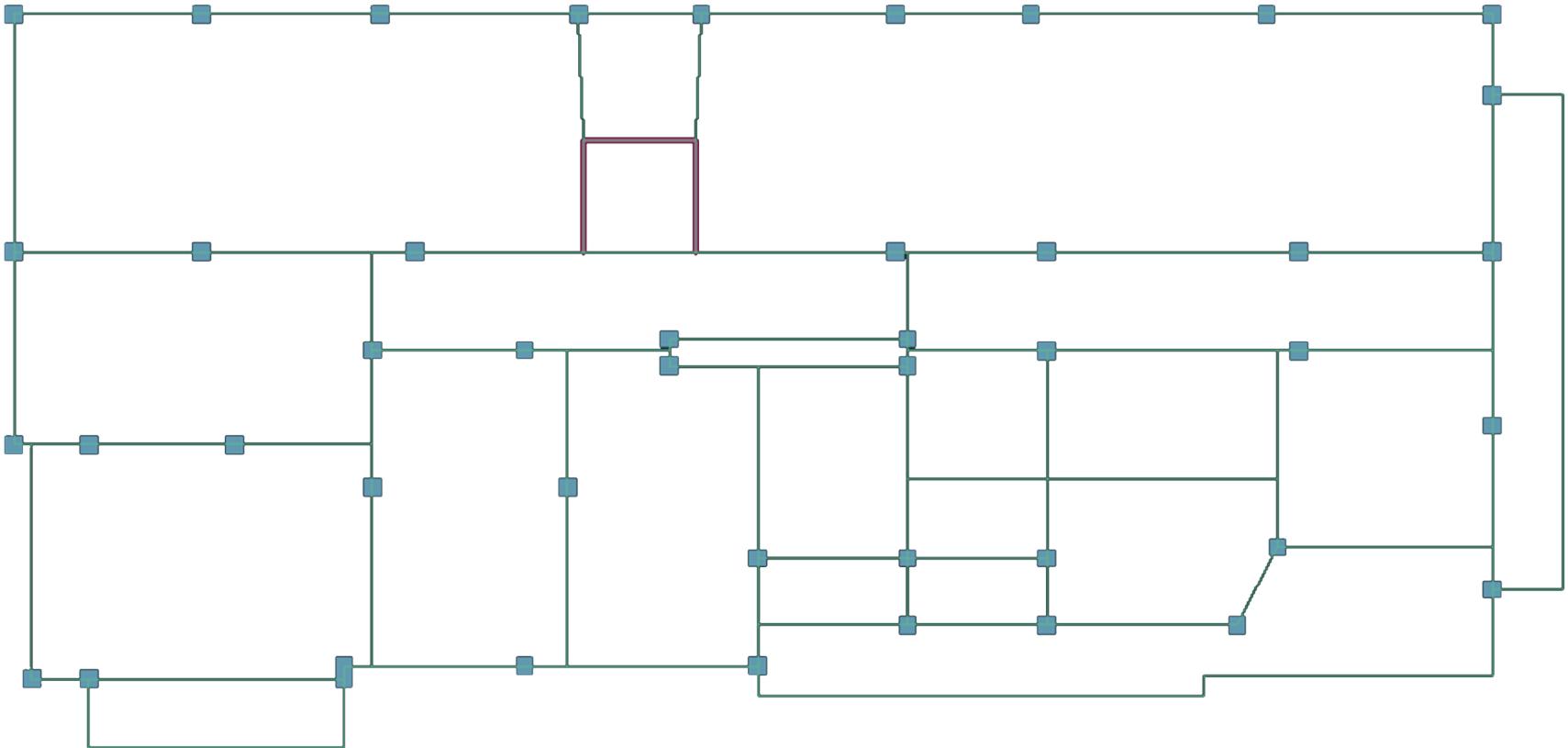


Figure 7.6: Conception du RDC avec Arche

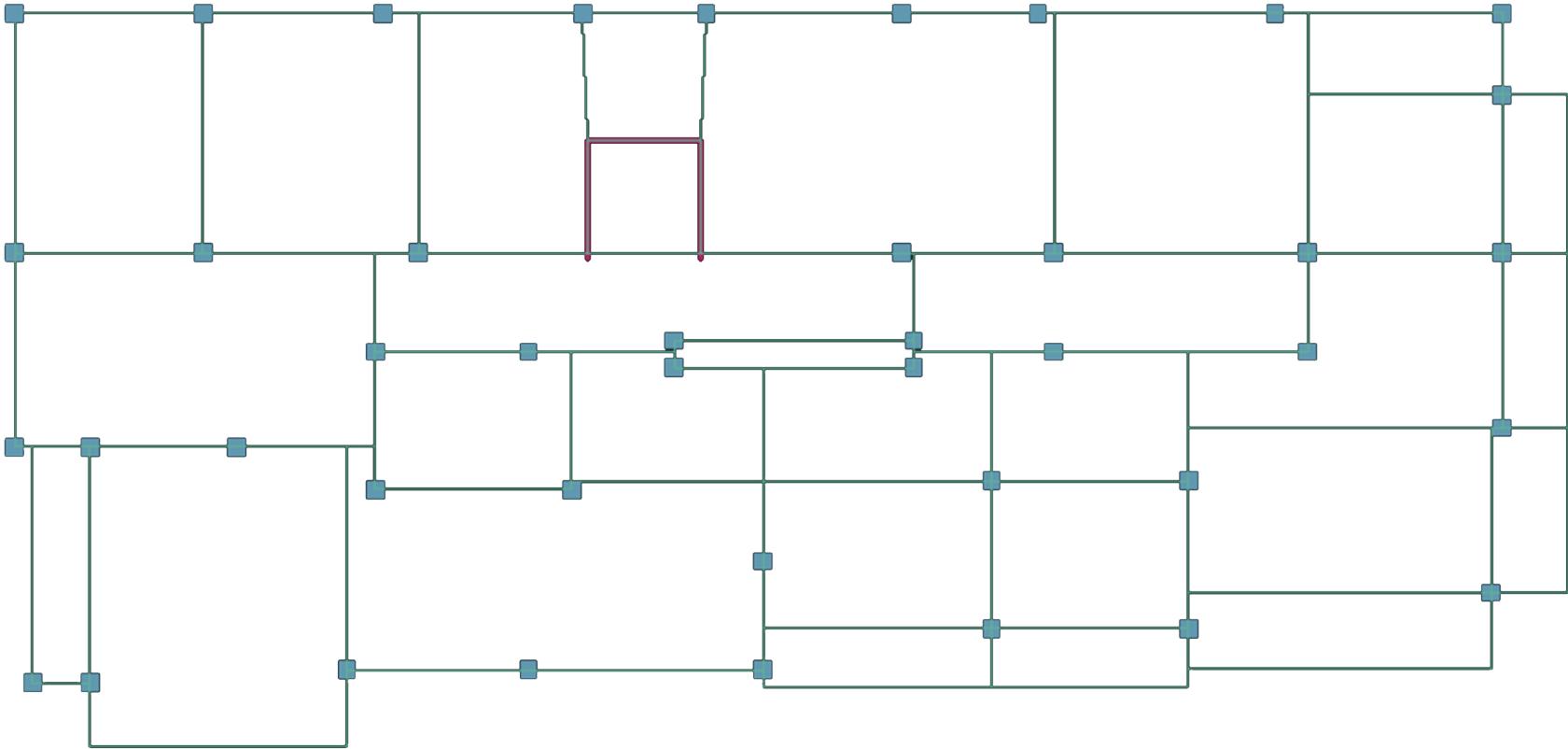


Figure 7.7: Conception du 1er étage avec Arche

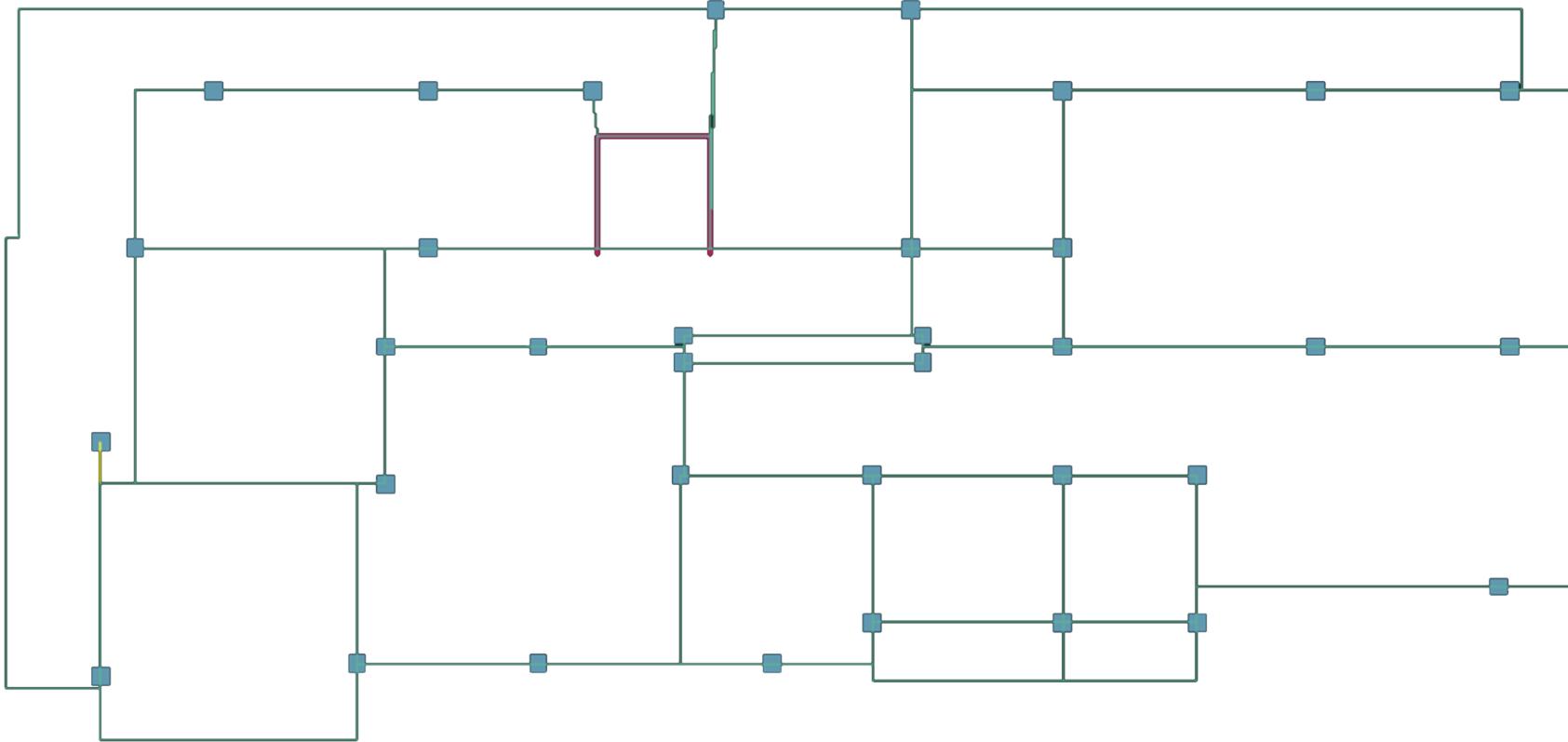


Figure 7.8: Conception du 2eme étage avec Arche

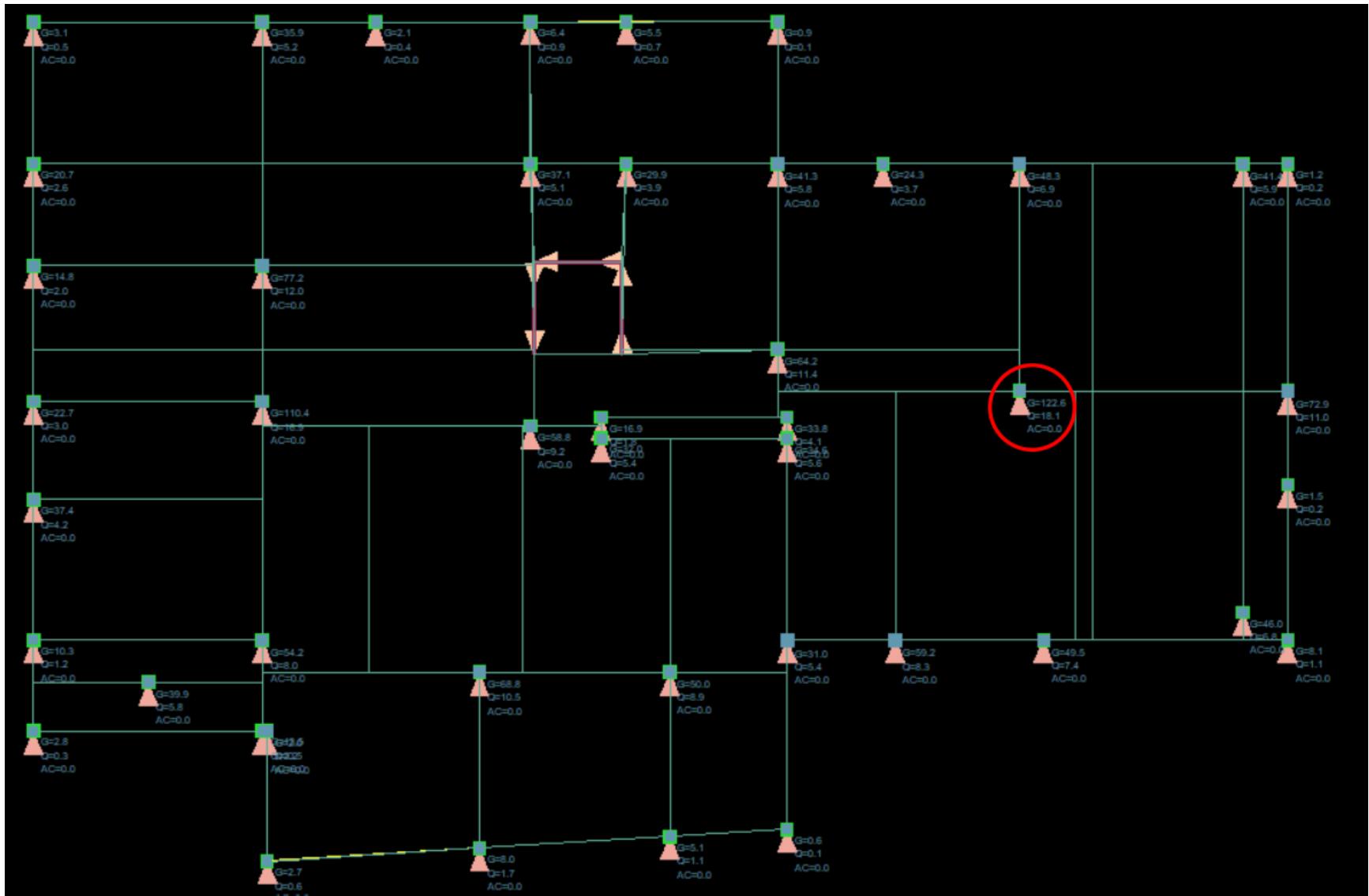


Figure 7.9: Descentes de charges sur les poteaux du sous-sol

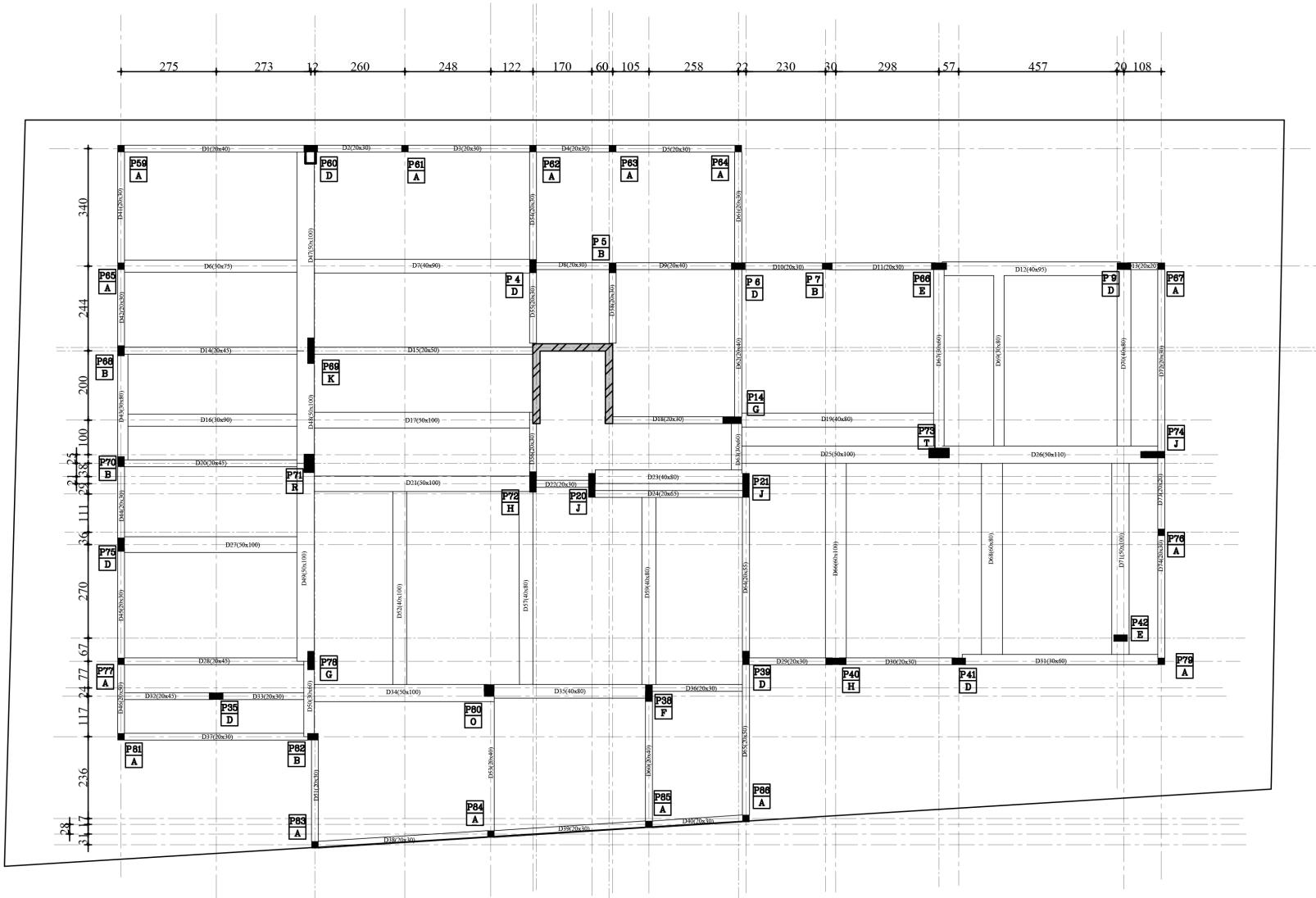


Figure 7.10: Plan structural du sous-sol de l'immeuble

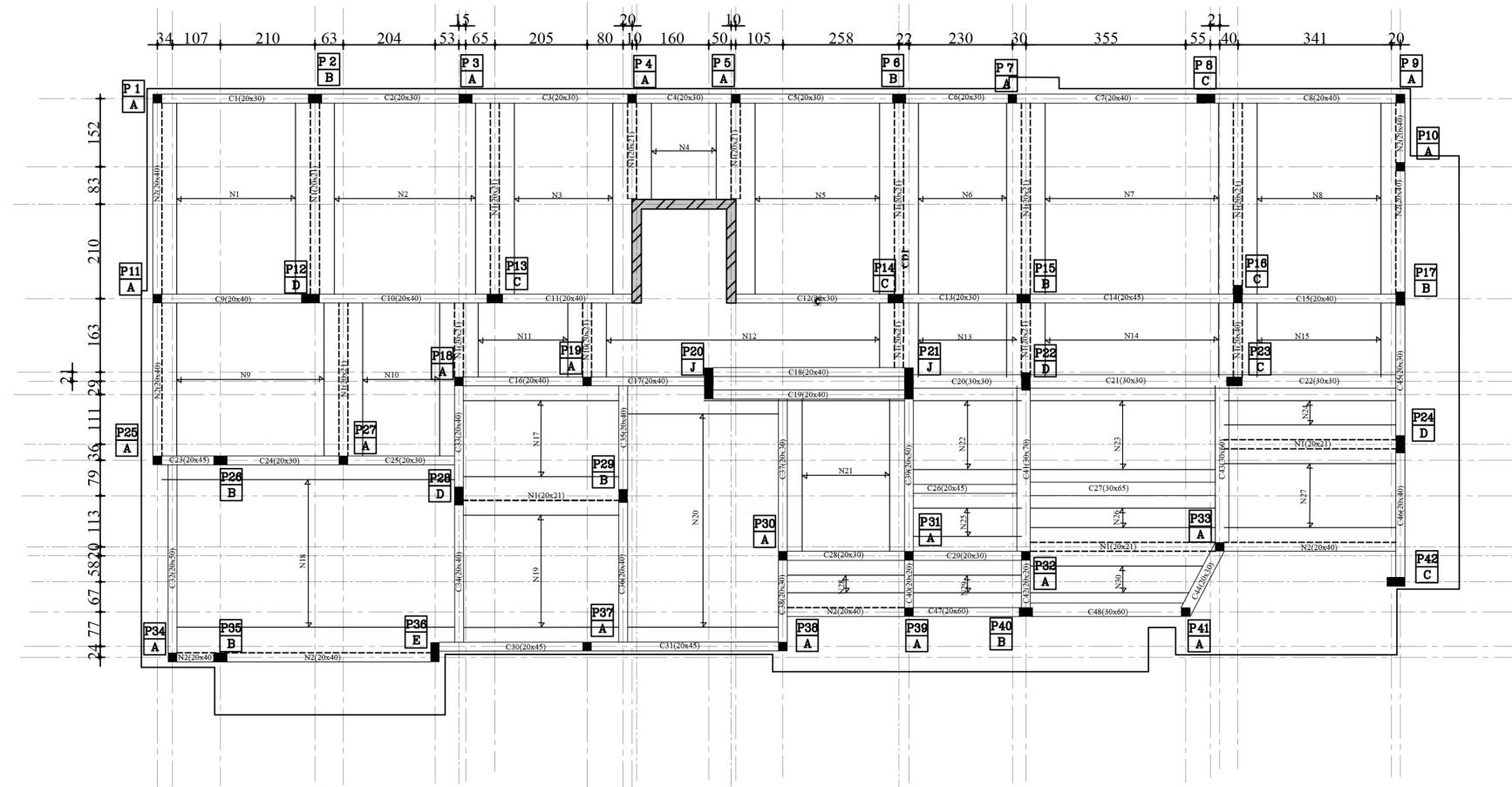


Figure 7.11: Plan structural du RDC de l'immeuble

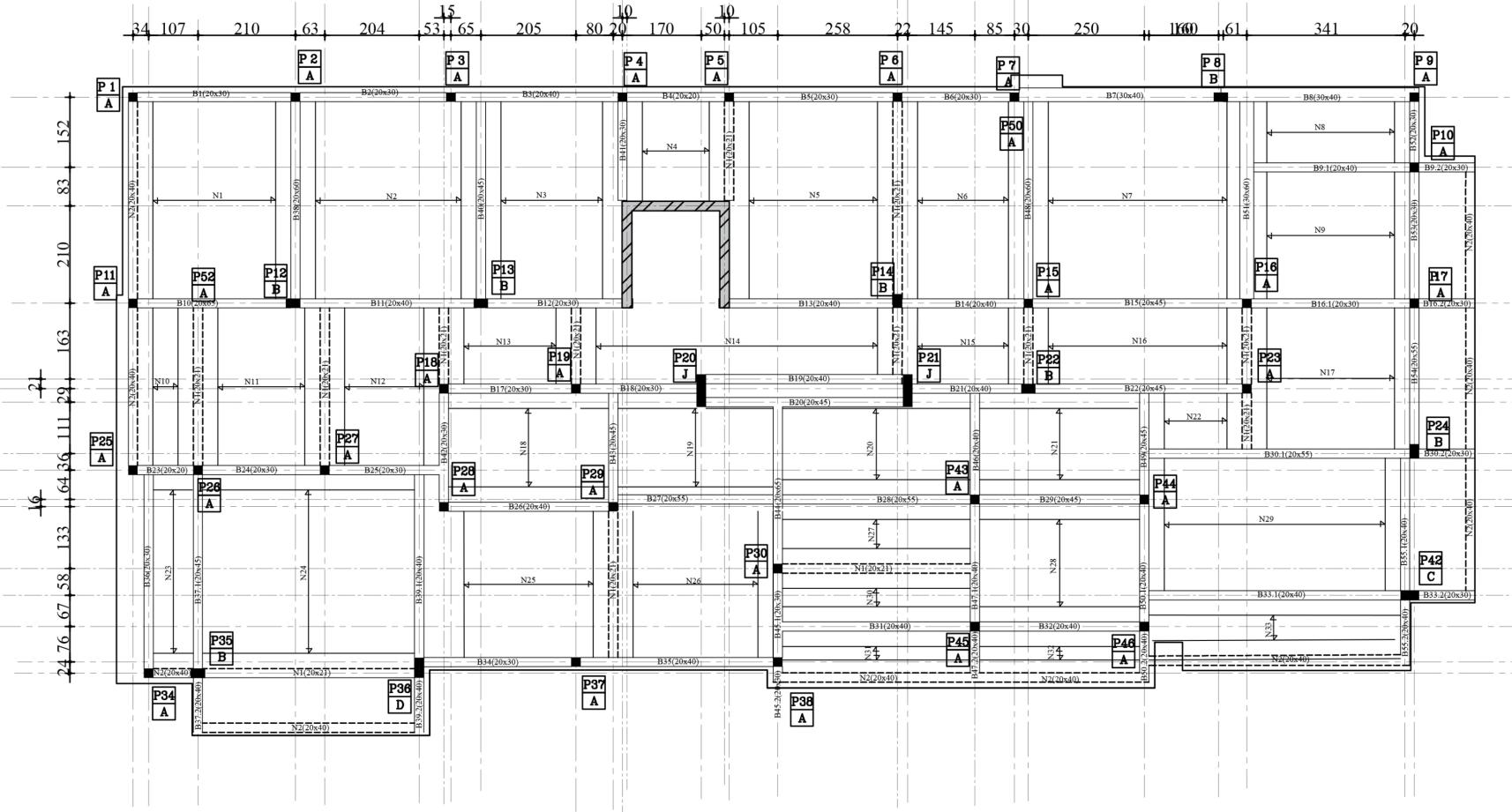


Figure 7.12: Plan structural du 1er étage de l'immeuble

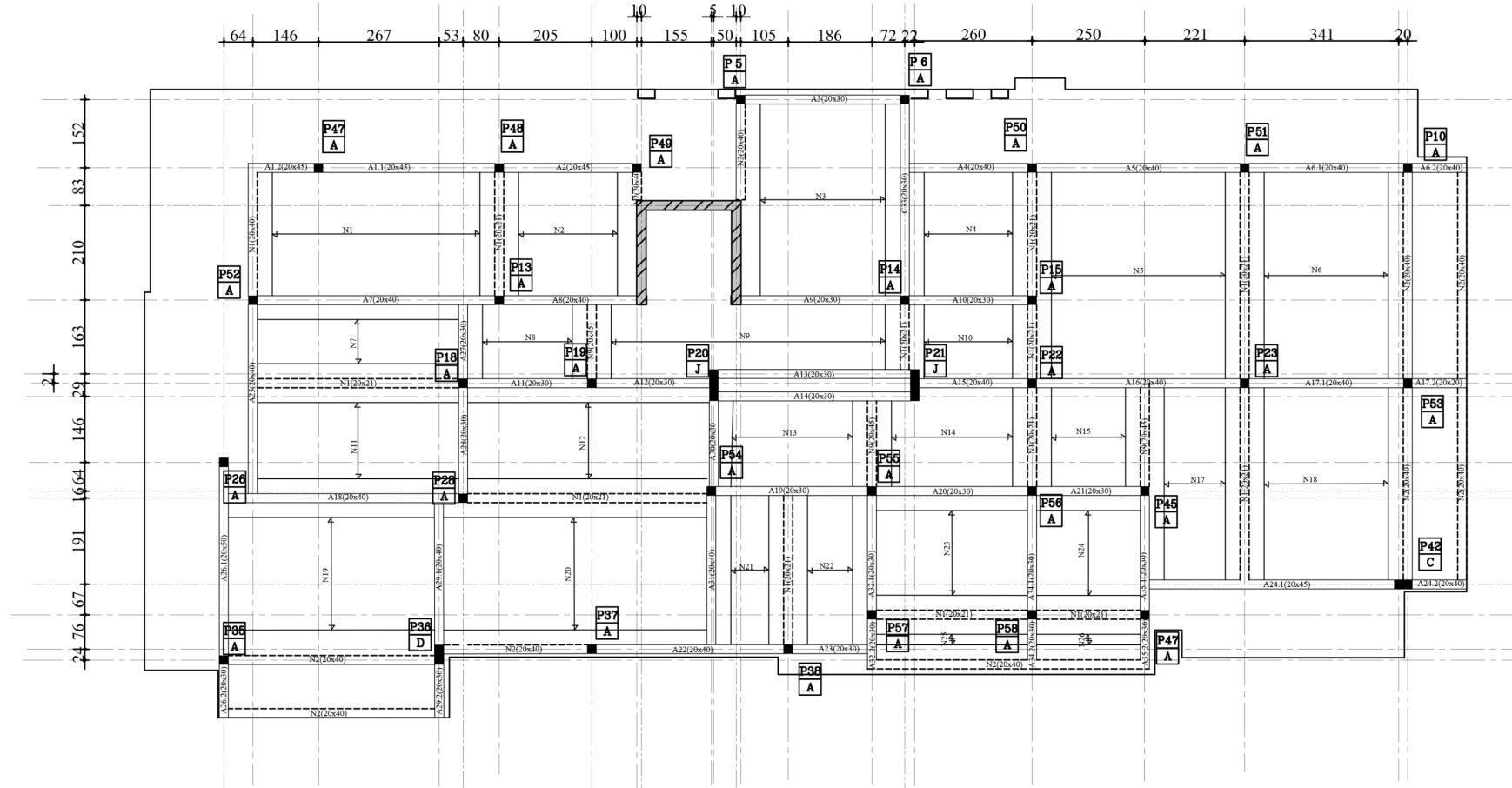


Figure 7.13: Plan structural du 2eme étage de l'immeuble

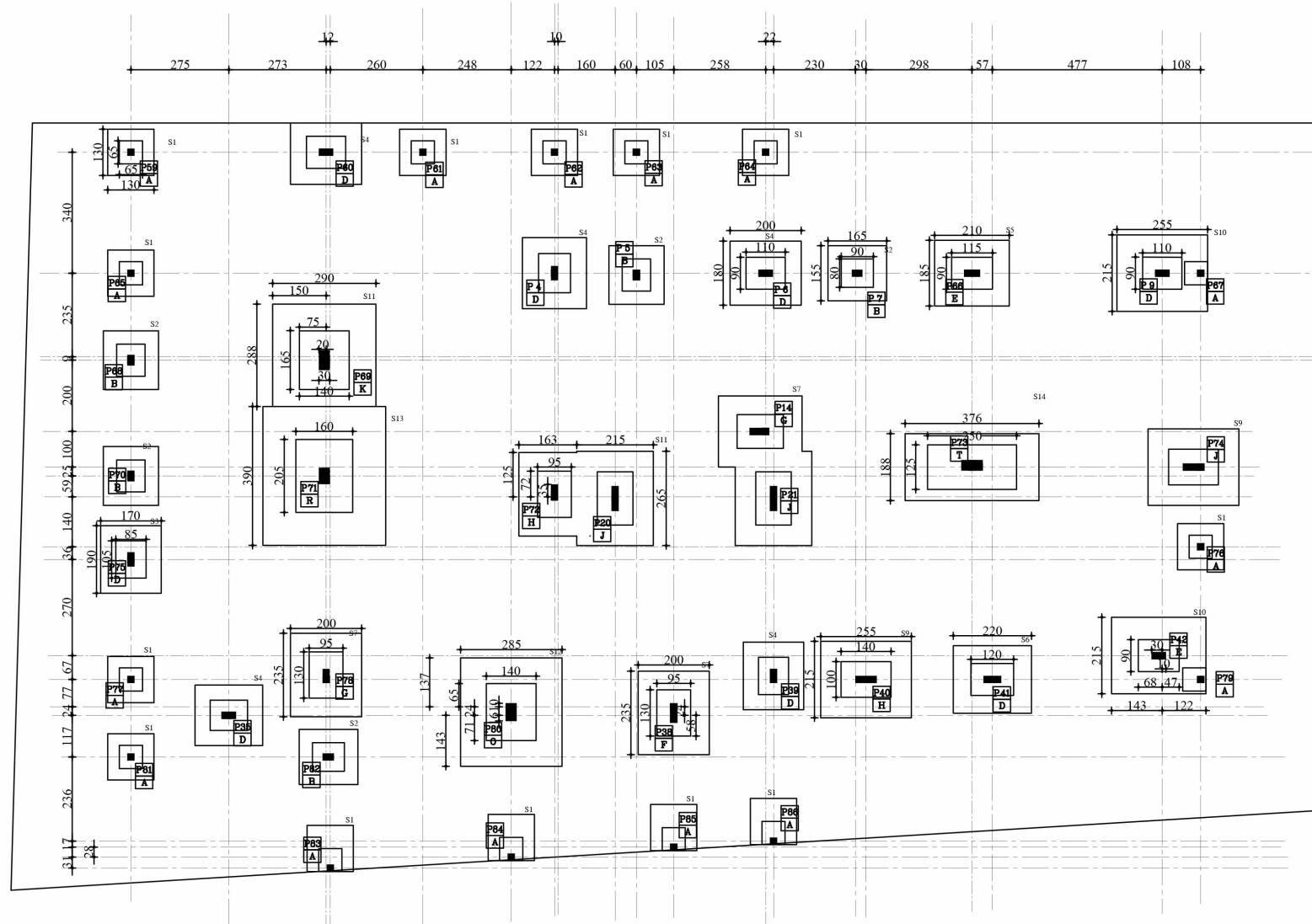


Figure 7.14: Plan structural de l'implantation des semelles de l'immeuble

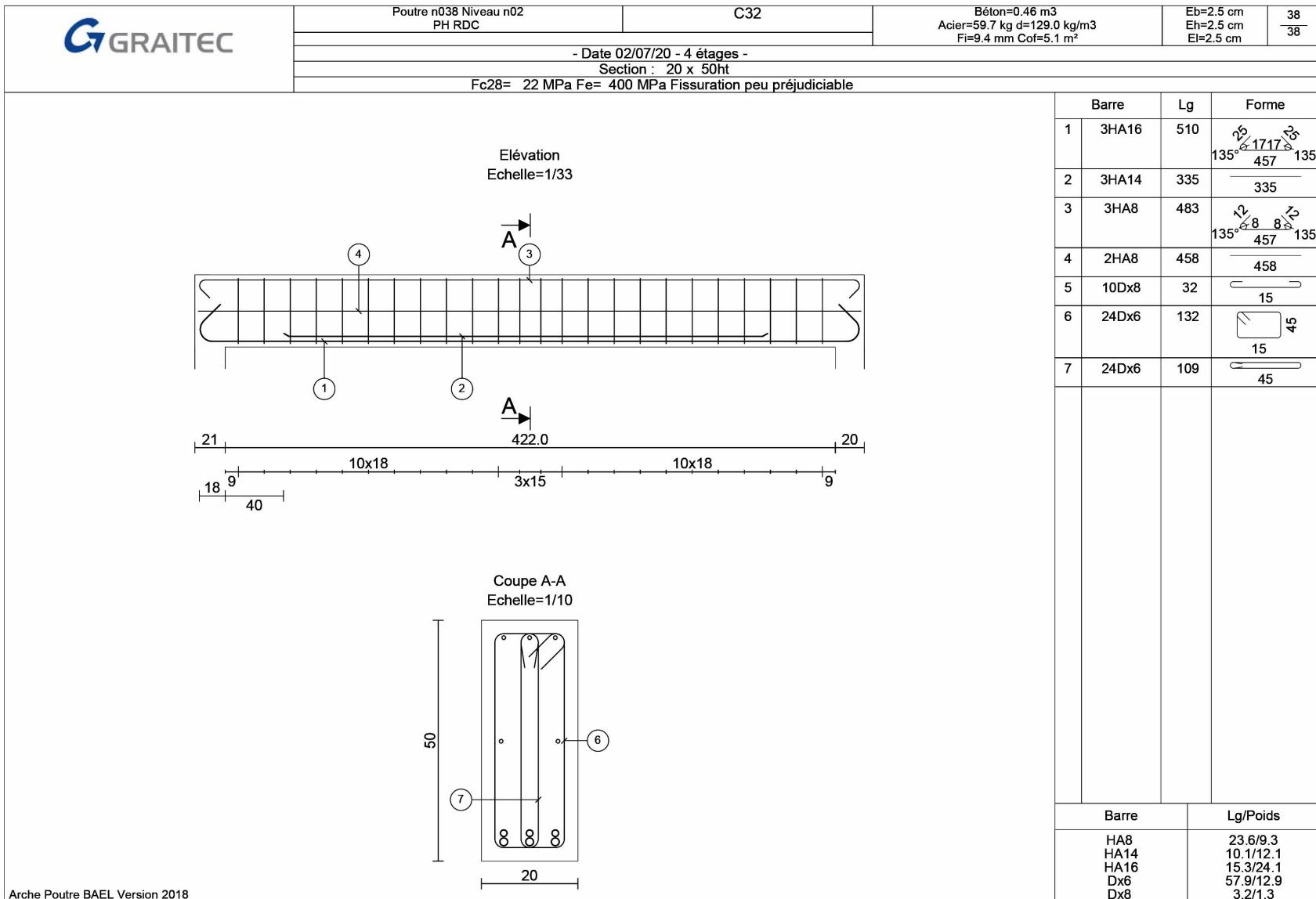


Figure 7.15: Ferraillage de la poutre C32

Annexes
