

MEMOIRE pour l'obtention du : **MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

Option : **GENIE CIVIL**

ETUDE D'INGENIERIE D'UNE VILLA R+1 POUR L'OBTENTION D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE. CONFRONTATION AVEC UNE ETUDE SIMILAIRE FAITE SANS INTENTION D'OBTENIR LE PERMIS DE CONSTRUIRE.

Présenté et soutenu publiquement le 13 juin 2011 par :

Thierry Sikoudouin Maurice KY

Sous la direction de : **Dr Raffaele VINAI : Professeur permanent au ZiE**

UTER : **ISM**

Président du Jury : **Dr Ismaila GUEYE**

Membres : **Dr Raffaele VINAI**

Dr Jean Hugues THOMASSIN

Promotion [2010/2011]

Au Parent Cosmique,

Aux Vrais Parents du Ciel et de la Terre,

A toute ma Famille Spirituelle et Physique ...

Remerciements :

Je vous remercie, Dr Ismaila GUEYE, de votre participation au Jury que vous avez bien voulu présider.

Je vous remercie, Dr Raffaele VINAI, de votre participation au Jury.

Je vous remercie, Dr Jean Hugues THOMASSIN, de votre participation au Jury.

Je vous remercie, Dr Raffaele VINAI, Professeur au 2iE, pour avoir accepté d'être mon Tuteur Pédagogique et avoir ainsi accompagné et diriger ce travail.

Je remercie l'entreprise TECHNOVA pour avoir accepté ma demande de stage et m'avoir offert un cadre pour ce travail.

Je vous remercie, Monsieur Christophe SANON, Directeur de l'entreprise TECHNOVA, pour avoir accepté d'être mon Directeur de stage, et m'avoir accompagné et guidé tout au long de ce stage.

Je Remercie le Cabinet ERCI pour avoir accepté une collaboration fructueuse dans le cadre de ce stage.

Je vous remercie, Monsieur Aubert MANTORO, Ingénieur et Directeur du Cabinet ERCI, pour avoir accepté ce Tutorat, et pour votre encadrement riche en partage de connaissances qui ont permis l'aboutissement de ce travail.

Je remercie la Cabinet ARCHI CONSULT pour sa franche collaboration dans le cadre de ce travail.

Je vous remercie, Monsieur Christophe SANON, Directeur de l'entreprise TECHNOVA, pour avoir encouragé mon inscription au 2iE, et en avoir supporté les frais de scolarité.

Je remercie tout le personnel d'encadrement de l'entreprise TECHNOVA, en particulier Monsieur Jules Raymond GAMBOUE, Monsieur Henri KERE et Monsieur Bakary OUEDRAOGO pour leur bonne collaboration dans le déroulement de mon stage.

Je remercie toute personne qui aurait d'une manière ou d'une autre, contribué au bon déroulement de ce stage.

Résumé :

Cette étude dont le thème est : « Etude d'ingénierie d'une villa R+1 pour l'obtention d'un permis de construire. Confrontation avec une étude similaire faite sans intention d'obtenir le permis de construire. », a porté sur l'établissement des documents architecturaux et techniques d'une construction R+1 à usage d'habitation, et le montage de l'ensemble du dossier permettant d'obtenir le permis de construire pour ladite construction au Burkina Faso.

Par suite, cette étude a mis en contraste les écarts de couts et les risques encourus lorsque le maitre d'ouvrage tente de se dispenser du permis du construire.

Cette étude a obtenu en résultat, une différence de 2 308 500Frs CFA sur les couts de réalisation des fondations, et un risque sécuritaire de tassement différentiel sur la semelle la plus grande par rapport aux autres lorsque le bâtiment est construit sans étude des sols.

En conclusion, cette étude a permis de se rendre compte du gain économique, écologique et sécuritaire du permis de construire désormais obligatoire, et dont les démarches ont été simplifiées.

Mots Clés :

- permis de construire,
- étude d'ingénierie,
- étude des sols,
- tassement différentiel,
- obligatoire.

Abstract:

This study with the theme: "Engineering study for a stage in order to obtain the building permission. Confrontation with a similar study done without intention to obtain the building permission", consisted in establishing architectural and technical documents for a stage construction for a residential purpose, and in preparing the folder in order to obtain the building permission in Burkina Faso.

Then, this study put in contrast the difference of costs and security while a house applicant tries to avoid obtaining the building license prior to construct.

This study obtained as result, a gap of 2 308 500 f CFA on the realization cost of the basements, and a risk of differential settling under the biggest foundation regarding the others when the construction is built without a soil study.

In conclusion, this study permitted to observe the economical, ecological and security benefit of the building permission, which is now compulsory, and acquirement simplified.

Keywords:

- building permission.
- engineering study.
- soil study.
- differential settling.
- compulsory.

Liste des abréviations.

CECAC : CEntre de Facilitation des Actes de Construire

ELS : Etats Limites de Service

ELU : Etats Limites Ultimes

HA : Haute adhérence

lg : Longrine

LNBTB : Laboratoire National du Bâtiment et Travaux Publiques

R+1 : Bâtiment à 1 étage. Peut vouloir dire également le niveau de l'étage.

RDC : Ré de chaussée

Sf : Semelle filante

TN : Terrain Naturel

TABLE DES MATIERES :

LISTE DES TABLEAUX :	7
LISTE DES FIGURES :	8
INTRODUCTION	9
1. CONTEXTE DE L'ETUDE	10
2. ELEMENTS REQUIS ET PROCEDURE POUR L'OBTENTION DU PERMIS DE CONSTRUIRE	13
2.1. Eléments requis pour l'obtention d'un permis de construire.	13
2.1.1. Réalisation d'un plan sommaire en concertation avec le maitre d'ouvrage.	13
2.1.2. Le Plan de l'architecte.	13
2.1.3. Quelques mots sur l'étude des sols.	14
2.1.4. Etude d'ingénierie et hypothèses préliminaires.	14
2.2. Procédures pour l'obtention du permis de construire.	16
2.2.1. Éléments constitutifs du permis de construire de catégorie C.	16
2.2.2. Pourquoi un permis de construire.	17
3. PRESENTATION DE L'ETUDE DE L'INGENIEUR.	19
3.1. Résultats en infrastructure.	19
3.1.1. Les semelles isolées.	19
3.1.2. Les Chainages bas ou Longrines.	22
3.2. Résultats en superstructure.	24
3.2.1. Les poteaux et raidisseurs.	24
3.2.2. Les Poutrelles (ou nervures).	26
3.2.3. Les poutres.	28
3.2.4. Les ouvrages annexes (toiture, escalier, ...)	29
3.2.5. Le devis estimatif des travaux.	30
4- COMPARAISON AVEC UNE ETUDE REALISEE SANS ANALYSE DES SOLS.	32
4.1. Comparaison des fondations.	32
4.1.1. Analyse financière.	32
4.1.2. Analyse sécuritaire.	33
4.1.3. Analyse écologique.	34
4.2. Comparaison des éléments de superstructures.	34
CONCLUSION :	35
BIBLIOGRAPHIE :	36
ANNEXES :	37

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau N°1 : Résumé des éléments constitutifs du permis de construire	16
Tableau N°2 : Récapitulatif des semelles	19
Tableau N°3 : Récapitulatif des Poteaux et Raidisseurs.....	25
Tableau N°4 : Résultats comparatifs - Poutre 1	28
Tableau N°5 : Inventaire des semelles de l'étude X.....	32

LISTE DES FIGURES :

Figure N°1 : Diagramme de relations.....	12
Figure N°2 : Plan d'avant projet du RDC, modifications de structures	14
Figure N°3 : Plan de fondations	20
Figure N°4 : Charges sur semelles isolées.....	21
Figure N°5 : Plan de soubassement	23
Figure N°6 : Coffrage du plancher sur RDC	27
Figure N°7 : Dalle pleine avec charges	29

INTRODUCTION

L'un des secteurs les plus évolutifs ici au Burkina Faso est le secteur du Génie Civil. En effet, comme tout pays aspirant à l'émergence, le Burkina Faso se doit de mettre l'accent sur le développement de ses infrastructures. C'est ainsi que nous remarquons des nombreux immeubles qui poussent de toute part, surtout dans les grandes villes telles que Ouagadougou et Bobo-Dioulasso.

Cependant, une interrogation est à porter sur la conformité de ces constructions. Il n'est pas en effet étonnant de voir des immeubles à plusieurs étages édifiés dans le non-respect de quelque norme que ce soit, et ceci malgré les risques que cela suscite. Pourtant au Burkina Faso, il existe une loi selon laquelle toute construction à niveau doit se faire après obtention d'un permis de construire, (loi N° 017-2006 du 18 mai 2006 citée en partie en **annexe1**, et dans le dossier complet joint en fichier numérique ci-contre - Burkina-Code urbanisme construction.pdf).

Ce mémoire est une étude complète, c'est-à dire architecturale et d'ingénierie, d'un bâtiment R+1 dans le quartier de Ouaga 2000, dans le but d'obtenir un permis de construire. Se servant de cette étude, ce mémoire fera une comparaison entre ce même dossier étudié hors permis de construire et hors étude des sols. Il mettra en contraste les risques éventuels encourus ainsi que les économies réalisées selon que l'on choisit de construire avec ou sans permis.

Ce mémoire évoluera de la manière suivante :

En un premier temps, il expliquera la procédure du montage d'un dossier dans le cadre de l'obtention d'un permis de construire tout en expliquant le travail tant sur le plan architectural que d'ingénierie à réaliser dans ce contexte.

En un second lieu, après analyse du même dossier monté hors étude des sols et hors permis de construire, il effectuera des comparaisons avec le dossier étudié précédemment, et critiquera les choix de chacun dans les deux montages.

Il conclura enfin sur les contrastes éventuels entre les deux études, ainsi que les risques sécuritaires et économiques que cela comporte.

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

La structure dans laquelle le stage a été effectué est l'entreprise TECHNOVA, une entreprise de construction générale dont une présentation sommaire est faite en **annexe2**. Elle a été contactée par un particulier qui a sollicité la construction d'une villa R+1 selon le plan de l'architecte ci-contre. (Documents graphiques du projet de construction d'un immeuble d'habitation R+1 à Ouagadougou, Agence PERSPECTIVE, juin 2008)

Le plan d'architecte fourni peut être décrit comme suite :

Au RDC, Il y a deux chambres, un séjour, une salle de repas, une cuisine, et un garage pour deux véhicules. Au R+1, se trouve la chambre principale, une seconde chambre et un séjour privé. Dans la cour arrière se trouve une piscine.

Le particulier a également fait faire une étude complète de l'ingénieur, c'est-à dire, des notes de calcul, un carnet de ferrailage des semelles, longrines, poteaux RDC/R+1, poutres, nervures et autres détaillies. Ces éléments peuvent être trouvés ci-contre (Note de Calcul, projet de construction d'un immeuble d'habitation R+1 à Ouagadougou, juillet 2008).

En remarque, l'on peut dire que les dossiers de l'architecte et de l'ingénieur sont assez complets. On note cependant que :

- Le plan de masse ne comprend pas le positionnement des fosses septiques.
- Les devis descriptif et estimatif ont été faits par l'ingénieur.
- Il n'y a pas eu d'étude de sol préalable.
- La sécurité incendie n'a pas été effectuée.

Pour tout dire, le dossier n'est pas constitué dans l'intention d'acquérir un permis de construire.

Le particulier, c'est-à dire le Maitre d'ouvrage, a également souhaité des modifications importantes avant la réalisation de la construction :

- Chaque niveau sera composé de trois chambres avec salle de bain à chaque chambre, un séjour, une salle de repas, et une cuisine.

- Chaque niveau pourrait être mis en location indépendamment, avec la possibilité pour chaque locataire de bénéficier d'un espace vert, d'un garage de véhicules à deux places, d'un débarras, d'une chambre de bonne et d'une entrée totalement indépendante.

C'est ainsi que ce stage a porté sur la mission de :

1- Réaliser un plan sommaire d'architecte correspondant à la « maison envisagée » par le maître d'ouvrage.

2- Convaincre le maître d'ouvrage de la nécessité de monter un dossier en vue de l'obtention du permis de construire.

3- Trouver l'architecte agréé qui va reprendre le plan dans les règles de l'art sans s'écarter considérablement du plan de la « maison envisagée » du maître d'ouvrage.

4- Trouver l'ingénieur qui va réaliser l'étude, et en fait, qui va accepter un tutorat pour la réalisation de l'étude technique sous sa supervision.

5- Après l'acquisition du permis de construire, effectuer le suivi du chantier en tant que Conducteur des Travaux de l'entreprise en charge des travaux.

L'ensemble des relations de collaboration entre les différents intervenants dans le projet peut être résumé par le diagramme ci-contre (Figure No1).

En résumé :

- l'étude des sols a été réalisée par le Laboratoire National du Bâtiment et Travaux Publics (LNBTP)

- Les plans architectes sont réalisés par le Cabinet ARCHI CONSULT

- Les calculs de l'ingénieur par le stagiaire et sous la tutelle du Cabinet ERCI

- Le devis estimatif par le stagiaire et vérifié par le Cabinet ARCHI CONSULT

- Les notes de Sécurité-incendie par le Service des pompiers de Ouagadougou.

Diagramme des Relations

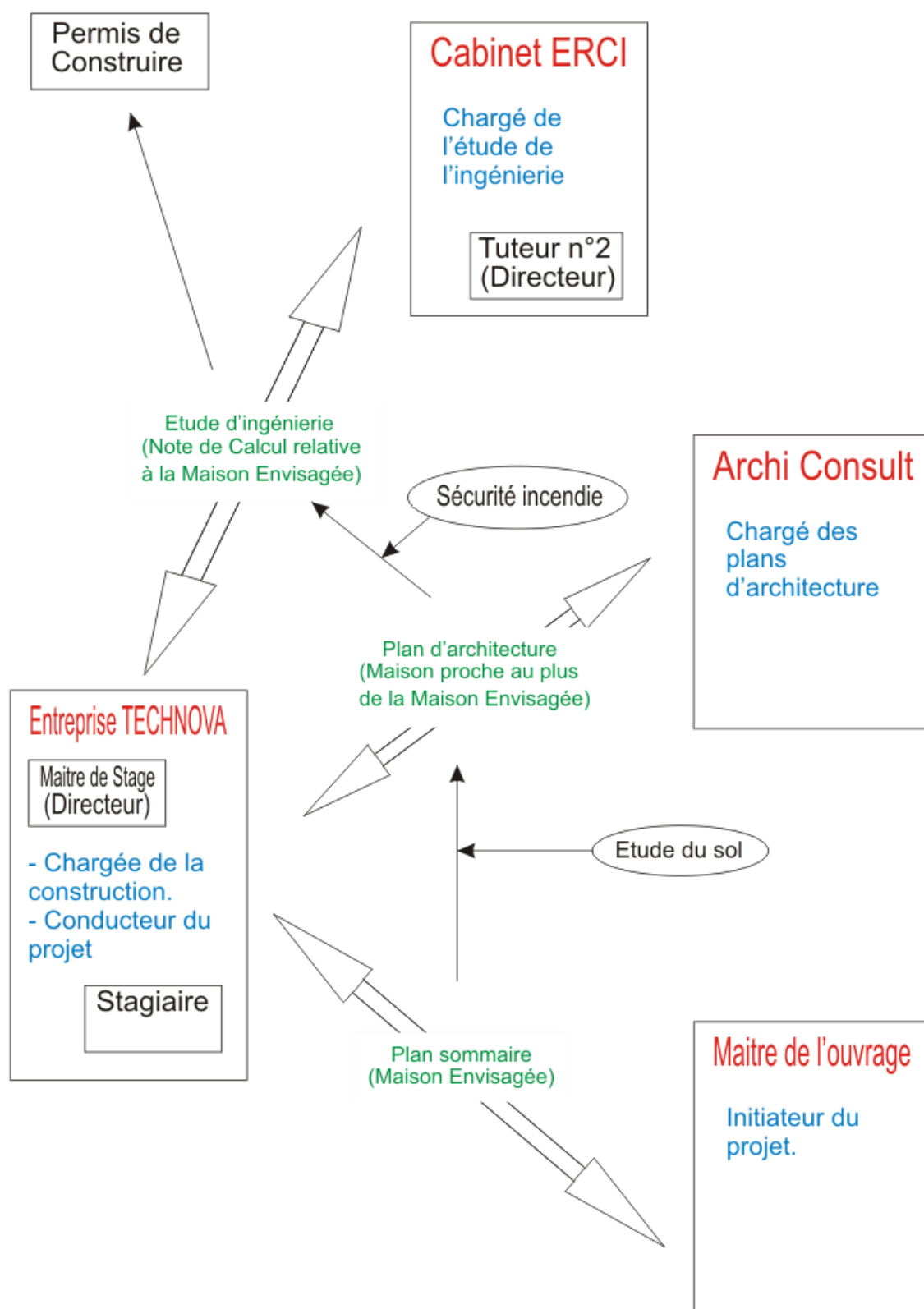


Figure N°1 : Diagramme de relations

2. ELEMENTS REQUIS ET PROCEDURE POUR L'OBTENTION DU PERMIS DE CONSTRUIRE

2.1. Eléments requis pour l'obtention d'un permis de construire.

2.1.1. Réalisation d'un plan sommaire en concertation avec le maitre d'ouvrage.

Les différentes rencontres avec le Maitre d'ouvrage permirent de réaliser les plans sommaires ci-contre : dossier (PLAN AVANT PROJET : Construction d'un R+1).

En première analyse, on peut dire que la forme générale du bâtiment est maintenue. Pour multiplier le nombre de chambres au RDC, l'escalier est installé dans un bâtiment attenant, et dont le prolongement sert de garage pour le R+1. Ce bâtiment est donc situé à l'emplacement de la piscine qui est supprimée. Le bâtiment principal laisse cependant le mur arrière d'un mètre pour ne pas que l'on ait recours à des semelles excentrées. Toutes les doléances du maitre d'ouvrage ont été Prises en compte : un mur sépare les deux bâtiments, partageant ainsi la concession en deux propriétés indépendantes, et cela par la fermeture de la porte se trouvant dans le prolongement de couloir du RDC du bâtiment principal.

2.1.2. Le Plan de l'architecte.

Le plan de l'architecte lui-aussi répond à quelques détails près au plan sommaire. La structure est conservée. En tout, seuls quatre poteaux ont été déplacés, et seul un souci d'esthétique en est la cause : certains ne permettaient pas à l'architecte de réaliser les beaux arcs au niveau des auvents et balcons, car leurs espacements n'étaient pas assez convenables. D'autres ne collaient pas avec les formes de toitures choisies par l'architecte, ce choix étant différent de la proposition de toiture dans l'avant projet. Les poteaux déplacés sont mis en relief sur le plan ci-contre par les encerclements bleus. (Figure N°2)

Une remarque supplémentaire à faire est la réduction non justifiée de la porte au 1^{er} étage à la sortie de l'escalier, rétrécissant ainsi le passage qui était sensé autoriser la circulation d'objets allant jusqu'à 120cm de largeur.

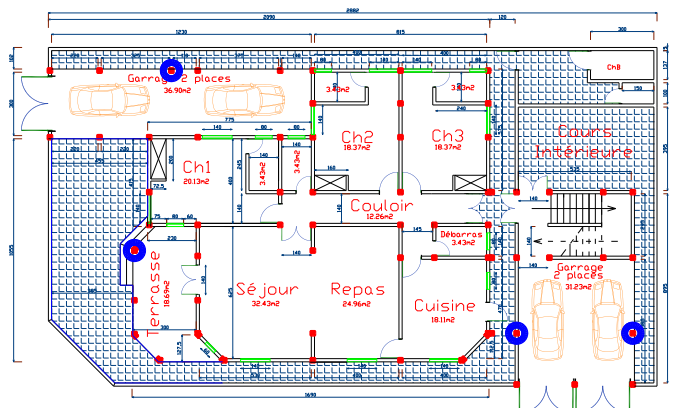


Figure N°2 : Plan d'avant projet du RDC, modifications de structures

2.1.3. Quelques mots sur l'étude des sols.

Les résultats d'étude des sols sont joints ci-contre (Dossier N° OUA/2010-625/DSF1).

Le Laboratoire National propose d'utiliser les caractéristiques suivantes :

- Contraintes admissibles : 0.15MPa
- Profondeur d'ancrage : -1.00 m/TN.

Une interprétation sommaire permet de dire que les contraintes admissibles proposées sont supposées correspondre aux cas des sols les plus défavorables de la région de Ouagadougou. C'est en effet cette valeur de 0.15MPa que les ingénieurs faisant les notes de calcul sans étude des sols utilisent. C'est donc l'hypothèse choisie par l'ingénieur ayant calculé sans analyse des sols. Cet ingénieur propose une profondeur d'encrage de 1.20m/TN. Cependant, avec une argile compacte kaolinisée en profondeur, et il est évidemment conseillé de rester suffisamment éloigné d'un tel sol.

2.1.4. Etude d'ingénierie et hypothèses préliminaires.

Le Cabinet ERCI et son Directeur ont bien voulu poursuivre le travail de collaboration, c'est-à dire que l'étude d'ingénierie est donc faite sous la tutelle de Monsieur le Directeur du Cabinet ERCI. Le Cabinet ERCI est bien entendu agréé pour la constitution du

dossier en vue de l'obtention du permis de construire, et cet encadrement permet une formation dans les règles de l'art.

Le dossier déposé pour postuler un permis de construire se trouve ci-joint sous les références ci-dessous :

- Note de calculs
- Plans structure Béton Armé
- Descriptif des travaux
- Devis estimatif des travaux

L'étude s'appuie sur les règles du BAEL 91 révisé 99 et le DTU 13.12

Les caractéristiques adoptées pour les matériaux sont les suivantes :

Pour l'acier : Armatures HA FeE400MPa. Ce choix se justifie par le fait qu'il est très difficile voir impossible de définir la provenance et donc la classe du fer HA ici au Burkina Faso.

Pour le béton : $f_{c28}=20\text{MPa}$. Ce choix se justifie par l'absence de rigueur dans la mise en œuvre des bétons au Burkina Faso : béton non mélangé à la bétonnière, vibré de façon rudimentaire, etc.

Densité du béton : 25kN/m^3 . Cela suppose l'utilisation du quartz ou du granite concassé comme agrégats, avec une granulométrie plus fine pour le coulage des nervures.

Pour les sols : Coefficient de sécurité = 3. Densité du sol : 18kN/m^3

La Modélisation du bâtiment pour le calcul se fera par :

- Le logiciel Robot DDC v.14.5
- Le logiciel Robot millennium v.17.5

Les dessins sont repris sous le logiciel AutoCAD 2006.

Les calculs de Béton Armé se font grâce à un programme EXCEL.

Le dimensionnement en infrastructure se fera en **conditions préjudiciables**, donc calcul à l'ELU vérifié à l'ELS, et en **milieu** considéré comme **agressif**.

Le dimensionnement en superstructure se fera en conditions **peu préjudiciables**, donc calcul à l'ELU, et en **milieu non agressif**.

2.2. Procédures pour l'obtention du permis de construire.

Au Burkina Faso, toute construction à niveau et d'importance similaire au projet doit faire l'objet d'un permis de construire de catégorie C. Les modalités d'acquisition ont été désormais facilitées pour permettre le dépôt des dossiers à un guichet unique, le CEFAC dont le décret de création est partiellement porté en **annexe3**, et le dossier complet joint en fichier numérique ci-contre (Décret 2008-034 portant création organisation et fonctionnement du CEFAC.pdf). L'utilité du CEFAC est que le dossier y est déposé en quatre exemplaires, et le CEFAC se charge d'envoyer les exemplaires aux services concernés après vérification des pièces apportées. C'est donc une simplification de la procédure.

2.2.1. Éléments constitutifs du permis de construire de catégorie C.

Le permis de construire de catégorie C se délivre suite à la constitution d'un dossier comportant les pièces citées en **annexe4**.

On peut résumer cela comme suit et se faire une idée du coût (pour un R+1):

Tableau N°1 : Résumé des éléments constitutifs du permis de construire

Eléments à fournir	Etude faite par :	Coût approximatif TTC (en frs CFA)
- Etude des sols	- Laboratoire agréé	300 000
- Plan architecte	- Architecte agréé	425 000
- Etude d'ingénierie	- Ingénieur ou Cabinet agréé	275 000
- Etude de sécurité incendie.	- Personne physique ou morale agréée	125 000
- Frais de dépôt	- Toute personne physique ou morale	165 000
Total		1 290 000

Les quatre premières parties sont donc signataires des pièces constitutives.

Une remarque est à faire cependant en ce qui concerne les agréments. Les architectes sont regroupés en corps, ce qui permet une vérification d'appartenance au dit corps et un

contrôle des titres. Cela n'est pas le cas des ingénieurs, et une vérification des titres devient alors difficile.

2.2.2. Pourquoi un permis de construire.

Les réticences de certains maitres d'ouvrages à l'obtention du permis de construire résident dans le coût (~ 1 290 000 frs CFA TTC), et également dans la longueur de la démarche. Celle-ci peut en effet s'étaler sur plus de trois mois, malgré la facilitation de la procédure par la création du guichet unique de dépôt : le CEFAC.

Cependant, outre le fait que acquisition d'un permis de construire avant début de tout travaux est obligatoire, il a beaucoup d'avantages tels qu'avec une bonne explication, on peut très vite convaincre tout maitre d'ouvrage de s'en prémunir. Ces avantages sont les suivants :

1- Lorsqu'il y a une volonté de revaloriser la zone où une maison est construite comme ce fut le cas pour le projet ZACA, les détenteurs d'un permis de construire ne sont pas traités de la même manière que ceux qui n'en ont pas. Il est proposé un montant forfaitaire aux non détenteurs du permis de construire avec obligation de partir après dépossession de leur concession, tandis que ceux qui en détiennent sont rencontrés au cas par cas pour négociation.

2- Lorsque l'on construit à niveau avec pour intention de mettre en location, les futurs locataires sont de plus en plus regardants sur les conditions selon lesquelles la maison qu'ils s'appêtent à louer à été construite. Vu en plus le standing de la maison de notre maitre d'ouvrage, il est très fortement probable que son futur locataire ait ce genre de réflexe.

3- Lorsque l'on engage une étude d'ingénierie sans bien-sûr une étude des sols puisqu'on n'a pas l'intension de postuler pour un permis de construire, l'ingénieur s'appuiera sur le cas de sol le plus défavorable de la région pour choisir ses hypothèses de calcul. Dans l'étude précédente par exemple (dossier Note de calcul de juillet 2008 p.3), l'ingénieur à choisi comme hypothèse de calcul, un sol aux caractéristiques suivantes :

- Contraintes admissibles : 0.15MPa
- Profondeur d'ancrage : 1.20m en dessous du terrain naturel.

De telles hypothèses ont pour conséquence, un dimensionnement excessif des semelles en infrastructures, alors que l'on pourrait avoir un sol moins exigeant et réduire les frais de réalisation des fondations. Il faut constater cependant que la proposition de contraintes admissibles de l'ingénieur est la même que celles proposées par le LNBTP. Au vue de la coupe stratigraphique du sol que le LNBTP montre dans son rapport, le sol de fondation sur lequel se tiendra la construction n'est effectivement pas un bon sol.

4- Si l'on est pris entrain de construire sans le permis à ce jour, l'on peut être soumis à une amande de pénalité.

Toutes ces raisons touchent directement au portefeuille du maitre d'ouvrage, et de ce fait, il n'y a pas meilleurs argument pour le convaincre à adopter la conformité.

3. PRESENTATION DE L'ETUDE DE L'INGENIEUR.

3.1. Résultats en infrastructure.

3.1.1. Les semelles isolées

Après calcul et descente de charges, Il a été comptabilisé en tout 56 semelles isolées réparties selon le plan de fondation ci-dessous (Figure N°3). Se reporter également au document « PLANS STRUCTURE BETON ARME » page N° St01. La profondeur de fouille est de 1.00m par rapport au TN selon les conseils du LNBTP. Ces semelles sont totalisées comme suites :

Tableau N°2 : Récapitulatif des semelles

Type	Poteaux portant ce type de semelle	Nombre de poteaux correspondant à chaque type	Caractéristiques	Dimension (cm)
S1	P16, P19, P24, P27, P34, P36, P37, P39, P42, P46, P48, P58	12	Semelle carrées, Fût unique, Ferrailage simple nappe	60x60x30
S2	P1, P7, P8, P18, P21, P25, P29, P30, P35, P40, P41, P47, P49, P57, P59, P61	16		80x80x30
S3	P2, P3, P4, P5, P9, P10, P13, P14, P22, P28, P52, P59, P60	13		100x100x30
S4	P6, P12, P15, P20, P50, P53, P55, P56	8		120x120x30
S5	P11, P17, P51, P54	4		140x140x35
S1e	P32, P33	2	Fût double, Ferrailage double nappe	90x90x30
S2e	P23, P38	2		120x120x30
S3e	P26, P43	2		90x50x30

Le ferrailage des semelles est indiqué dans le document « PLAN STRUCTURE BETON ARME » page St02. On distingue donc 2 groupes de semelles isolées :

- Le groupe de semelles isolées à simple fût, c'est-à dire que chacune des semelles supporte un et un seul poteau : c'est le groupe de la majorité des semelles. Elles ont toutes été choisi carrées, et leur ferrailage est en simple nappe de fer HA8. Ce groupe comporte 5 types identifiés de S1 à S5.

ETUDE D'INGENIERIE D'UNE VILLA R+1 POUR L'OBTENTION D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE - CONFRONTATION AVEC UNE ETUDE SIMILAIRE FAITE SANS INTENTION D'OBTENIR LE PERMIS DE CONSTRUIRE.

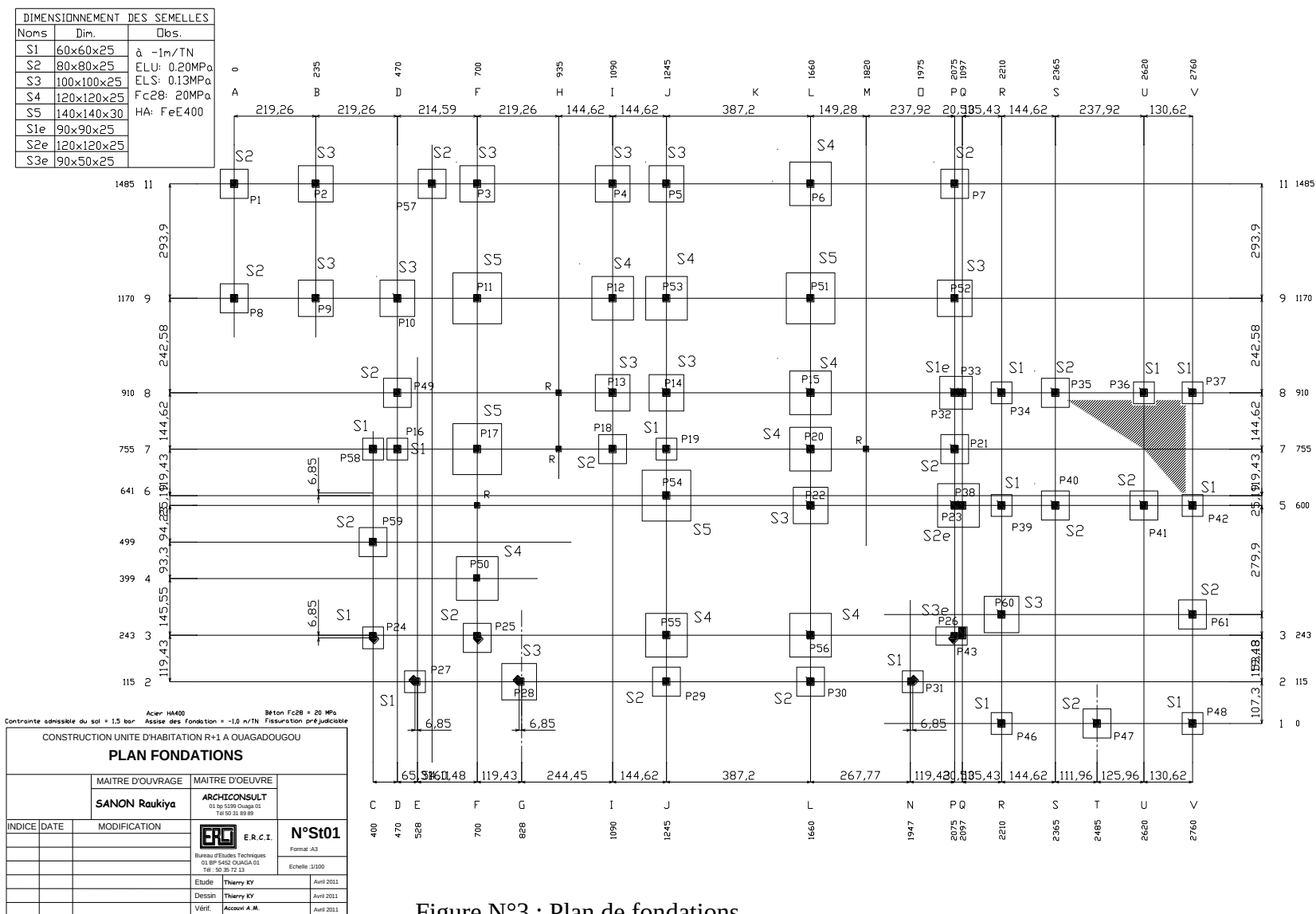


Figure N°3 : Plan de fondations

- le groupe de semelles isolées à double fût, c'est-à dire que chaque semelle de ce groupe supporte deux poteaux : il y a 3 types, deux sont de section carrée et un est rectangulaire. Leur ferrailage est en double nappe de fer HA10. Ces types sont identifiés de S1e à S3e.

a. Le dimensionnement de semelles se fait de la méthode suivante :

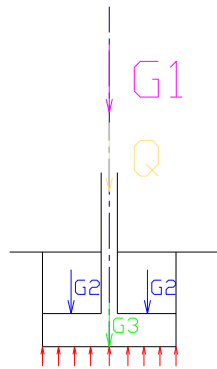


Figure N°4 : Charges sur semelles isolées

- Toutes les charges permanentes et fonctionnelles en superstructure sont répercutées sur les poteaux (Descente de charges).
- La semelle, qui est donc l'interface entre le sol et l'édifice, est dimensionnée selon la formule suivante, où l'inconnue est la section de la semelle.

$$\frac{(1.35G1 + 1.50Q + 1.35G2 + 1.35G3)}{B * B} \leq \sigma_{ELU}$$

Avec :

G1 : Charge permanente totale descendue sur le fût

Q : Charge d'exploitation totale descendue sur le fût

G2 : Charge due au poids propre de la fondation

G3 : Charge due au poids du remblai sur la fondation

B*B : Section recherchée de la semelle (inconnue)

σ_{ELU} : Contrainte du sol à l'ELU

Noter que la contrainte du sol à l'ELS est égale à la contrainte du sol à la rupture divisée par 3. Il y a donc bien un **coefficient de sécurité de 3** qui est pris en compte.

D'autres vérifications sont à faire, surtout si la semelle est soumise à des charges inclinées. Ce sont les vérifications de soulèvement et de glissement.

b- Les armatures des semelles sont déterminées selon la méthode « de talon ». Cette méthode est explicitée en **annexe5**. Pour une semelle carrée de 1.00x1.00m, le calcul à ELS donne :

$$M1=16.592\text{kPa} < \text{MRB}$$

$A_s=3.5\text{cm}^2$, ce qui donne une armature de 7HA8 (dans un sens) ;

3.1.2. Les Chainages bas ou Longrines.

Les chainages bas ou longrines sont représentées sur le plan de soubassement ci-dessous (figure N°5). Se reporter également au document « PLANS STRUCTURE BETON ARME » page N° St03. La profondeur de fouille des longrines est comprise entre 50cm et 60cm par rapport au TN, et sa largeur est de 40cm. Nous distinguons deux types de longrines :

- Les Longrines sur semelles filantes identifiées « Sf+lg » : elles courts sur le pourtour extérieur des deux bâtiments pris séparément.

- La semelle filante est constituée d'un béton de 20cm de hauteur et de 40cm de largeur. Les fonds de fouille sont alors de 50cm. Elle est ferrailée de filants en HA8 au nombre de 3, et d'étriers en HA6 espacés de 20cm. Son béton est dosé à 350kg/m^3 .
- Sur cette semelle filante sont disposées 2 rangées d'agglos pleins de 20cm.
- Les longrines sont constituées de 4 filants de HA8 et de cadres en HA6 espacés de 20cm. Ses cotes sont de 20cm de hauteur et de largeur. Son béton est dosé à 350kg/m^3 .

- Les longrines sur béton cyclopéen sont identifiés « lg » : elles sont disposées sous les cloisonnements restants des bâtiments.

- Le béton cyclopéen est un béton à base de cailloux sauvages et de béton dosé à 300kg/m^3 . Il n'est pas armé.
- Les autres éléments sont identiques à ceux du Sf+lg : 2 rangées d'agglos pleins de 20cm et une longrine de 20cmx20cm.

ETUDE D'INGENIERIE D'UNE VILLA R+1 POUR L'OBTENTION D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE – CONFRONTATION AVEC UNE ETUDE SIMILAIRE FAITE SANS INTENTION D'OBTENIR LE PERMIS DE CONSTRUIRE.

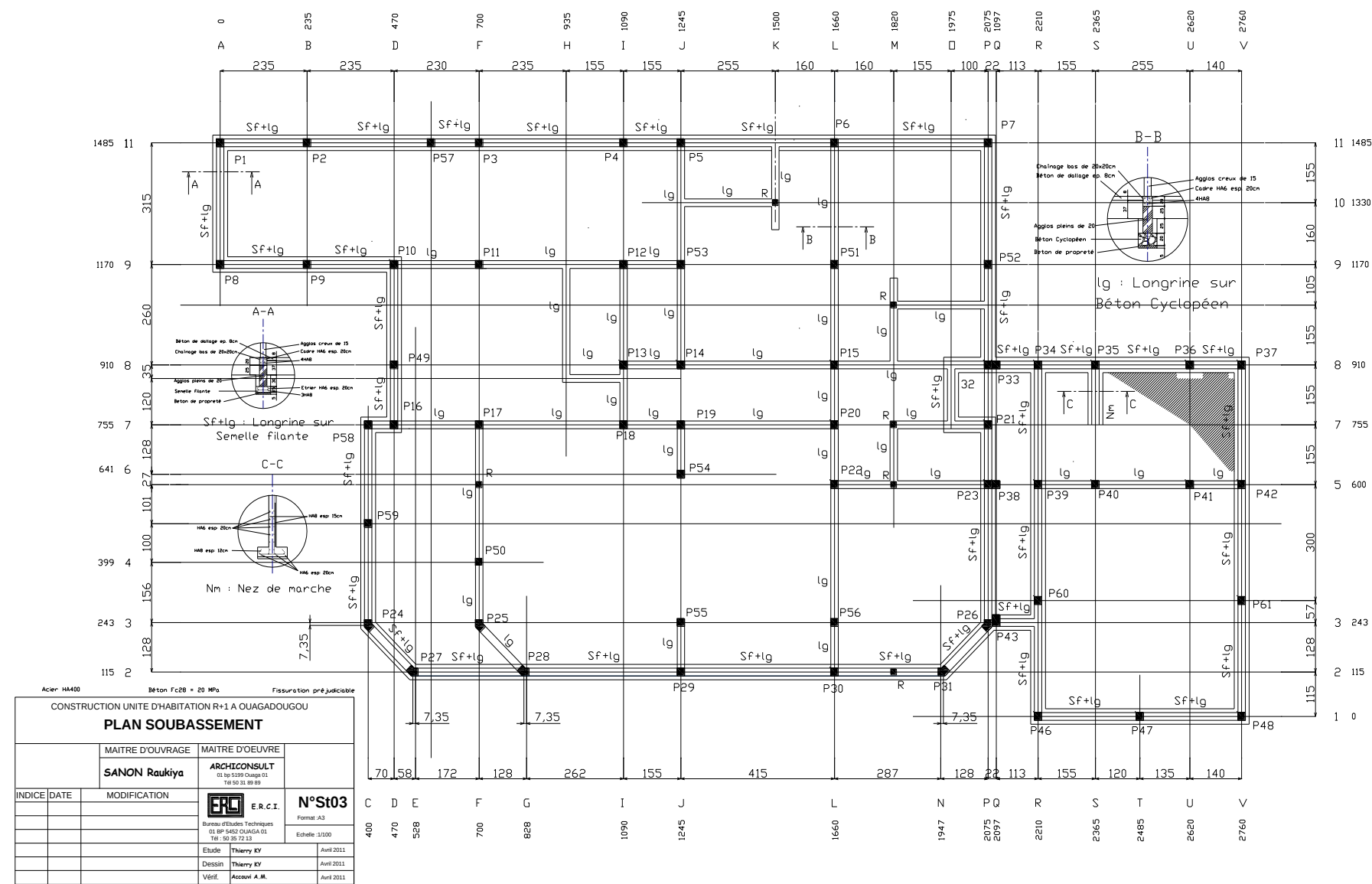


Figure N°5 : Plan de soubassement

Le calcul des semelles filantes se fait de la même manière que celui des semelles isolées. De même, leurs armatures sont déterminées à l'identique.

Il est à remarquer que les longrines ne supportent que les charges des cloisons du RDC. De plus, elles ne transmettent pas ces charges aux poteaux. Ce-sont en fait des Chainages bas, leur ferrailage est choisi de façon forfaitaire.

- Sur le plan figure également le nez de marche identifié « Nm » : il se trouve juste sous la première marche de l'escalier. Les fonds de fouilles sont de 1.00m. Le nez de marche est composé de :

- Une semelle de 80cm de large sur 120cm de long. Les filants sont en HA6 espacée se 20cm et les étriers sont en HA8 espacés de 15cm.
- Un voile de 1.80m de longueur et de 20cm de largeur. Les cadres horizontaux sont en HA6 espacés de 20cm et les filants verticaux sont en HA8 espacés de 15cm. Elle est en béton dosé à 350kg/m³.

Toute la fondation est surmontée d'un dallage de 10cm d'épaisseur, armé d'un quadrillage de HA6 espacé de 25cm. Son béton est dosé à 300kg/m³. Le dallage est situé à +45cm/TN dans les bâtiments, +40cm/TN sur les terrasses aux entrées et +30cm/TN dans les garages automobiles.

3.2. Résultats en superstructure.

3.2.1. Les poteaux et raidisseurs.

Ils sont représentés sur les deux plans précédents ; leurs caractéristiques peuvent être résumées dans le tableau ci-dessous (Tableau N°3).

Le ferrailage des poteaux est montré dans le document « PLANS STRUCTURE BETON ARME » page N° St03. Se reporter également à la page N° St04. On trouve donc en résumé 6 classes de poteaux et raidisseurs :

- Les poteaux carrés de 20x20cm qui vont depuis les fondations jusqu'à la toiture. Ils sont au nombre de 45. Ils ont un ferrailage général de 4 filants de HA12 et des cadres de HA6 espacés de 17cm ou 18cm.

- Les poteaux carrés de 20x20cm qui s'arrêtent au planché supérieur du RDC. Ils sont au nombre de 8. Ils ont le même ferrailage que précédemment.

Tableau N°3 : Récapitulatif des Poteaux et Raidisseurs

Eléments concernés	Nombre	Continuité	Caractéristiques	Dimensions (cm)
P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P23, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P38, P40, P41, P42, P49, P50, P51, P52, P53, P54, P55, P57, P58, P59,	45	RDC et R+1	Poteaux carrés	20x20
P22, P39, P46, P47, P48, P56, P60, P61	8	RDC		
P24, P25, P26, P27, P28	5	RDC et R+1	Poteaux d'angle	-
P43	1	RDC	Poteau rectangle	20x30
R	-	RDC ou R+1	Raidisseurs carrés	15x15
Ra	1	R+1	Raidisseur d'angle	-

- Les poteaux d'angle qui continuent jusqu'à la toiture au nombre de 4. Ils ont pour ferrailage, 6 filants de HA12 et des cadres et étriers de HA6 espacés de 17cm ou 18cm.

- Un poteau rectangulaire de 20x30cm avec 6 filants de HA12 et des cadres et étriers de HA6 espacés de 18cm.

- Des raidisseurs carrés de 15x15cm avec 4 filants de HA10 et des cadres de HA6 espacés de 17cm ou 18cm.

- Un raidisseur d'angle avec 6 filants de HA10 et des cadres et étriers de HA6 espacés de 17cm.

Le ferrailage des poteaux se calculent à l'ELU selon la méthode en **annexe6**.

On postule préalablement pour une section carrée de 20cmx20cm, puis l'on s'assure que cette section supporte les charges qui lui sont transmises.

Pour une charge de **407.09kN**, qui correspond à la charge maximale sur un poteau de 20x20cm dans ce projet, l'on obtient une section d'acier de **4.11cm²**, ce qui donne **4HA12**. De plus la condition d'acier minimale donne **3.2cm²**, ce qui donne également **4HA12**.

Ce dernier résultat est très important, car il permet de comprendre qu'il est d'emblé inconcevable d'avoir pour un bâtiment à niveau avec une hauteur sous plancher de 3m, des poteaux de structures aux sections inférieures à 20x20cm, et/ou un ferrailage inférieur à 4HA12.

Remarque : les raidisseurs ne sont pas considérés comme éléments porteurs de charges, et ne sont donc pas calculés. Ils servent essentiellement à la cohésion des éléments de cloisonnement. Ceux-ci d'ailleurs ont bien une section de 15cm (<20cm) et un ferrailage forfaitaire de 4HA10 (<4HA12).

3.2.2. Les Poutrelles (ou nervures).

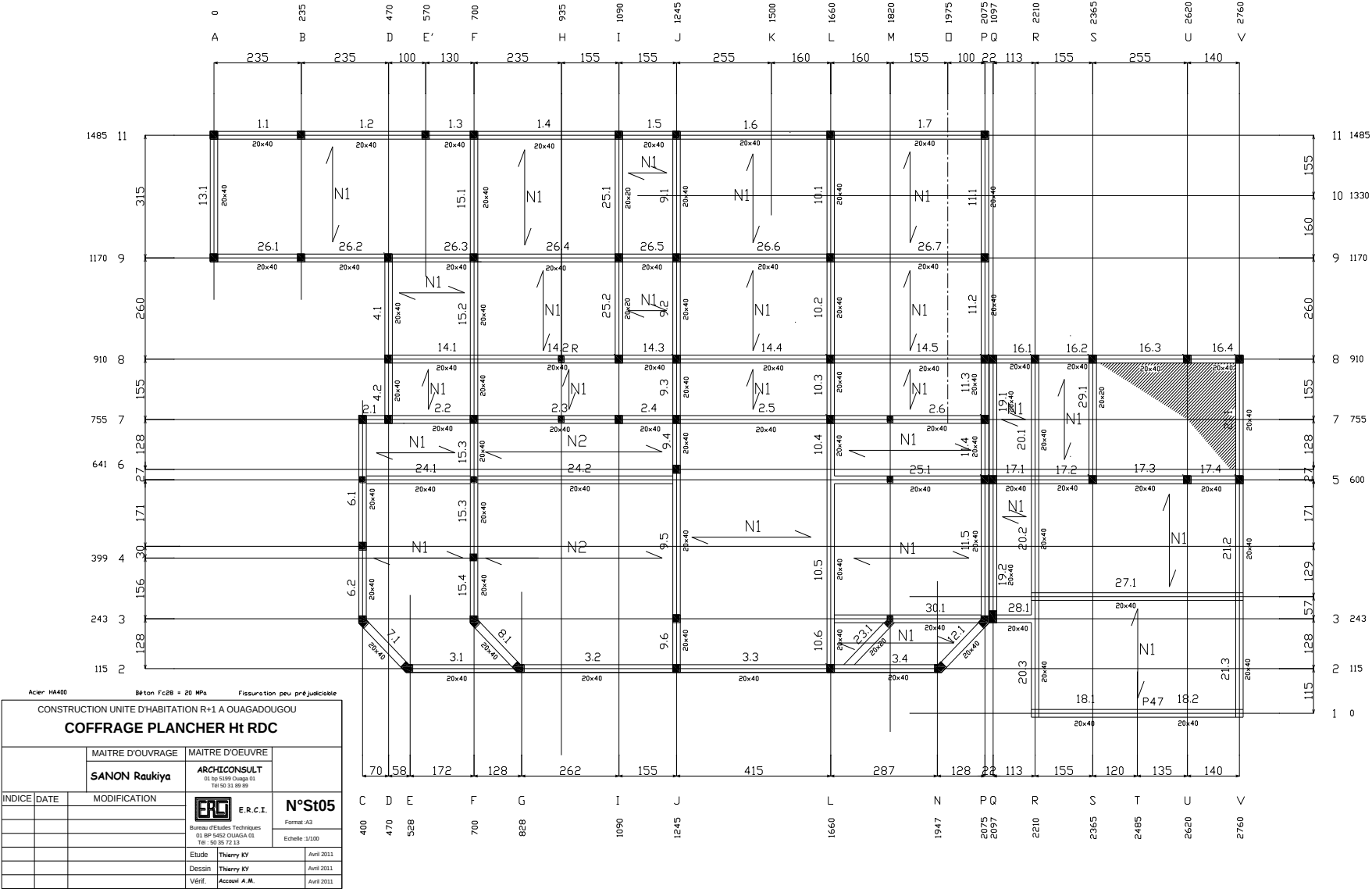
Le plancher sur RDC est constitué de dalles à corps creux (ou ourdis). Ce genre de dalles est à sens de portées, et les portées sont assurées par des poutrelles dont le ferrailage est indiqué dans le document « PLANS STRUCTURE BETON ARME » N° St06. Leur sens de portée ainsi que leur position dans le plancher sont indiqués dans le même document à la page N° St05. On en distingue deux types dans ce projet :

- Le type N1 : portée généralement inférieure à 4.50m. Il a pour armatures inférieures 2HA10 et supérieures, 1HA8.

- Le type N2 : portée comprise entre 4.50m et 5.45m. Il a pour armatures inférieures 2HA14 et supérieures, 1HA8.

Les poutrelles (ou nervures) se calculent comme des poutres de sections en T avec la dalle de compression d'épaisseur 5cm formant le tablier du T. Le calcul tient également compte de la charge utile que supporte la dalle, ainsi que les revêtements (carreaux, etc.). Une méthodologie de calcul de poutre (et donc des poutrelles) en flexion simple à l'ELU est donnée en **annexe7**. Toutes les valeurs de chargement sont précisées dans la « Note de Calculs » P.15. Il est à noter que pour les poutrelles, les armatures supérieures n'ont pas besoins d'être calculées.

ETUDE D'INGENIERIE D'UNE VILLA R+1 POUR L'OBTENTION D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE - CONFRONTATION AVEC UNE ETUDE SIMILAIRE FAITE SANS INTENTION D'OBTENIR LE PERMIS DE CONSTRUIRE.



3.2.3. Les poutres.

Le calcul des poutres est de loin le plus compliqué. Le béton ne résistant pas à la flexion, les armatures dans les poutres doivent être par conséquent calculées en fonction du chargement et de la portée des différentes travées qui les constituent. Les notes de calcul consacrées à chaque poutre témoignent de ce fait que chacune doit être calculée selon sa spécificité.

On distingue cependant dans ce cas d'étude, deux types de sections de poutre.

- Les poutres de section 20x40cm.

- Les poutres dites noyées de 20x20cm, car ayant la même épaisseur que la dalle à corps creux. Celles-ci ont habituellement de très faible portée (dans le cas du projet, la plus grande est de 3.15m). Elles servent d'éléments d'appui pour les cloisons qui seront construites au R+1, lorsque ces éléments ne sont pas déjà portés par des poutres et qu'on ne souhaite pas avoir de retombées visibles au RDC.

Il est à remarquer que les portées de poutres sont suffisamment réduites par rapport à leur chargement pour que l'ensemble des poutres du bâtiment soit de 20x40cm. Le carnet de ferrailage montre de la page N° St07a à N° St07c, la spécificité de l'armature de chaque poutre. Une méthodologie de calcul des poutres et poutrelles à l'ELU est fournie en **annexe7**.

Tableau N°4 : Résultats comparatifs - Poutre 1

	travée1	travée2	travée3	travée4	travée5	travée6	travée7	
Mu :	11.70	20.56	0	34.83	0	40.14	54.73	kN.m
As (trouvé) :	0.93	1.65	0	2.87	0	3.35	4.71	cm2
As (note de calcul) :	0.98	1.76	0	3.06	0	3.57	5.05	cm2

Les résultats trouvés par le calcul impliquant les formules en annexe et ceux de la note de calcul pour la poutre 1 à la page 16 sont résumés ci-dessus (Tableau N°4). Ils sont assez voisins.

Le calcul des charges sur chaque travée s'effectue en répercutant les charges permanentes et d'exploitation de chaque dalle vers les poutres (en suivant les sens de portées), puis en déterminant les moments tout le long de la poutre par la méthode des « trois moments ».

3.2.4. Les ouvrages annexes (toiture, escalier, ...)

3.2.4.1. La toiture.

Si l'on se réfère aux différents dossiers concernant le projet, l'on peut se rendre compte que le maître d'ouvrage voulait au départ, une toiture en tuile, alors que l'architecte propose une toiture en tôle légère. De plus, au niveau des balcons, l'architecte propose des auvents en dalle pleine. Bref, pour permettre une flexibilité de choix du maître d'ouvrage, l'étude a effectué le calcul de la structure du projet en considérant une dalle pleine en guise de toiture sur l'ensemble de l'ouvrage.

Cette dalle pleine est soumise à une charge d'entretien de 100 daN/m^2 , et à son poids propre bien entendu. On prendra une épaisseur de dalle de 12cm. Elle n'a pas de sens privilégié de portée des charges.

Le ferrailage du quadrillage inférieur se détermine en faisant un calcul en flexion simple dans le sens x, puis dans le sens y comme indiqué ci-dessous : le quadrillage supérieur est constitué d'armature de couture, sauf si pour des raisons de portée excessive, des aciers comprimés s'avèrent nécessaires.

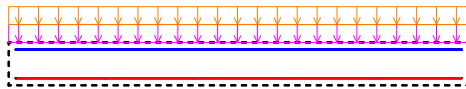
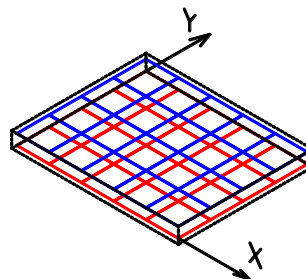


Figure N°7 : Dalle pleine avec charges



En bleu : Armature de couture

En Rouge : Armature

inférieure.

En orange : Charges d'entretien

orange :

En violet : Poids propre

Dans ce projet, la portée la plus grande est de $l=6.40\text{m}$. Les portées courantes sont inférieures à 4.5m .

$$M1 = \frac{(1.35g1 + 1.5q1) * l^2}{8} = 28.41kN.m$$

Cela nous donne après utilisation de la formule de flexion simple en **annexe7**, un ferrailage de HA12 avec un espacement de :

- 12.5cm pour les armatures inférieures dans les sens des portées >4.5m.
- 22.5cm pour les armatures inférieures dans le sens des portées ≤ 4.5m

On adoptera du HA8 espacé de 22.5cm pour les armatures de couture (supérieures).

3.2.4.2. Les escaliers et le palier de repos.

Le palier de repos et les escaliers sont considérés chargés forfaitairement à 350daN/m2, car il constitue un passage pouvant recevoir des baguages d'un certain poids.

Le palier de repos, fait en dalle pleine de 12cm, se calcule de façon analogue que toutes les dalles. On obtient ainsi :

- Pour la plus grande longueur l=3.10m : HA10 esp. 20cm. Choix : esp. 15cm.
- Pour la plus petite longueur l=1.40m : HA8 esp. 45cm. Choix : esp. 20cm.

Les escaliers sont également calculés en flexion simple, et le détail de calcul se trouve à la page60 du dossier « Note de calculs ». Le résultat de calcul ainsi que le ferrailage obtenu sont présentés dans un tableau du document « Plans structure Béton Armé » P. N°St08.

3.2.5. Le devis estimatif des travaux.

Le devis estimatif des travaux est livré dans un document ci-joint. Il donne en résultat total pour la réalisation de l'immeuble, un montant hors taxes de : **101 282 854 frs CFA**. Ce montant inclut les ouvrages annexes tels que le mur de clôture, les stores roulants des garages, le gazon au sol, le pavage antidérapant dans la cour et la dépendance.

4- COMPARAISON AVEC UNE ETUDE REALISEE SANS ANALYSE DES SOLS.

La même étude avait été sommairement engagée sans avoir fait une étude des sols préalable. Les calculs ont donnés le plan d'implantation et de fondation en **annexe8**. Cette étude sera appelée « Etude X ».

4.1. Comparaison des fondations.

Tableau N°5 : Inventaire des semelles de l'étude X

DIMENSIONS DES ELEMENTS				
ELEMENTS	NOMS	NOMBRE	DIMENSION (cm)	OBSERVATION
SEMELLES ISOLEES	S1	24	110x110x30	à 1.20m/TN
	S2	6	120x120x35	
	S3	4	140x140x35	
	S4	2	160x160x40	
	S5	4	170x170x45	
	S6	4	190x190x50	
	S7	1	300x300x55	
	S8	3	210x120x45	

Ce tableau est l'inventaire des semelles isolées que l'on trouve dans le plan et les notes en infrastructures données par le calcul de l'étude X (Tableau N°5).

Il y a donc en tout 47 semelles dont la plus petite commence à 1,10x1,10m et la plus grande fait 3,00x3,00m. Certaines ont des doubles nappes, et seront donc beaucoup plus chères à la réalisation.

4.1.1. Analyse financière.

Si l'on fait une comparaison sommaire des quantités de béton, il est à remarquer que le béton des semelles isolées peut être évalué à **12.80m³** (voir devis estimatif ci-joint). Un tableau de calcul est également proposé en **annexe9**, tandis que l'étude X évalue ses bétons de semelles isolées à **28.19m³**. Il y a donc une différence de **15.39m³**. Avec un béton armé à 150 000f Cfa le m³, cela donne un coût différentiel de **2 308 500 frs CFA**. Les calculs sont en **annexe10**. A priori, le maitre d'ouvrage qui voulait faire des économies sur les études risque de trouver l'exécution de ces semelles assez coûteuse.

4.1.2. Analyse sécuritaire.

La plus grande des semelles de l'étude X, la plus chargée sans doute, fait une dimension de 3.00m x 3.00m x 0.55m, Celle-ci est effectivement dimensionnée avec les hypothèses qui sont identiques à celles préconisées par le LNBTP, et qui doivent correspondre à la capacité portante de la couche d'argile. Cependant, la profondeur de fouille rapproche dangereusement cette semelle de cette couche d'argile. La capacité portante de la couche d'argile n'est pas la cause du danger, mais le fait que l'argile est plus sujette au tassement que les autres sols.

Les analyses du LNBTP ne permettent pas malheureusement de faire une étude de tassement, car il n'y a pas assez d'information sur la couche d'argile compacte kaolinisée. Si cette couche d'argile se retrouvait engorgée d'eau, cette semelle de par sa taille et les charges qu'elle porte, créerait des tassements en profondeur, générant ainsi un tassement différentiel d'une partie du bâtiment, et compromettant ainsi son équilibre structurel.

En effet, à contrainte identique, la semelle la plus large aura tendance à avoir des répercussions en profondeur plus importantes que les petites semelles. Les effets sur la couche d'argile sont fonctions du rapport : $\frac{\text{Profondeur d'ancrage}}{\text{Largeur de semelle}}$. Si ce rapport est inférieur à 1.5, l'on considère que la semelle a un impact à prendre en compte sur la couche d'argile. Si celui-ci est supérieur à 3.5, on considère que l'impact de la semelle sur la couche d'argile est négligeable.

De ce fait, avec en plus le rapprochement de la couche d'argile par l'ancrage choisit par l'ingénieur, cette répercussions agira sur cette couche d'argile par ailleurs plus sensible au tassement que les autres sols. Le tassement occasionné par cette semelle sera donc plus sensible que celui de ces voisines plus petites, générant un tassement différentiel possible, et donc un déséquilibre structurel.

4.1.3. Analyse écologique.

Le ciment lors de sa mise en œuvre dégage du dioxyde de carbone, contribuant à l'effet de serre et au réchauffement de la planète. S'il est donc possible d'éviter cet effet de serre par l'économie du ciment à mettre en œuvre, cela doit être doublement appréciable.

4.2. Comparaison des éléments de superstructures.

Le projet X ne contient pas de notes relatives aux éléments de superstructures. Cependant, les portées adoptées pour certaines travées de poutres (>4.5m) postulent pour des retombées de celles-ci d'au moins 25cm. Il y a donc des charges fixes, et donc des coûts supplémentaires dues aux portées importantes de certaines travées. De plus, les éléments en corps creux sont eux-aussi disposés sur des portées importantes, en tout cas supérieures aux portées adoptées par le projet. Cela entraîne une disposition conséquente d'armatures dans les nervures.

Ceci conduit à la remarque que la réduction autant que possible des portées conduit à l'adoption de poutres de sections raisonnables et finalement à des sections de semelles réduites. L'effet de jouer sur le nombre de poteaux à inclure dans le projet est plus payant sur les plans sécuritaire, écologique et financier. Cette démarche est donc à priori indiquée pour les constructions R+1 à usage d'habitation destinées à des maîtres d'ouvrage pas nécessairement nantis.

CONCLUSION :

Dans ce mémoire, un travail de construction d'un Bâtiment R+1 à été étudié dans le but de répondre le plus possible aux attentes du maitre d'ouvrage et de satisfaire ses objectifs. Par la suite, une étude technique d'ingénierie a été produite. Cette étude comprend la production d'une note de calculs, des plans structurels de béton armé et d'un devis estimatif des travaux qui, en additions avec d'autres pièces, ont servi à constituer un dossier qui a été engagé auprès du CEFAC pour obtenir un permis de construire. Des informations pratiques et juridiques pour l'obtention du permis de construire ont été également fournies. Enfin, une analyse comparative de cette étude avec une étude similaire faite sans intention de postuler pour un permis de construire a été effectuée.

Suite à cette étude, il en ressort que les raisons économiques et de temps généralement évoquées par le maitre d'ouvrage pour se soustraire à l'obtention du permis de construire ne tiennent pas. En effet, une analyse financière quoique sommaire sur ce projet a permis de mettre en évidence une différence en cout de 2 308 500f CFA sur les bétons de fondation en comparant les cas de dimensionnement avec ou sans étude des sols. De plus, la création d'un guichet unique - le CEFAC - pour le dépôt du dossier assure un gain de temps appréciable et une démarche simplifiée.

Enfin, cette étude a également montré que faire un dimensionnement après étude des sols est plus écologique et sécuritaire. En effet, il est important de connaitre la stratigraphie du sol et de savoir si le choix d'encrage que l'on fait ne rapproche pas les fondations d'une couche que l'on souhaite éviter, surtout si celle-ci est plus sensible au tassement. Par exemple, le choix de -1.20m/TN adopté par l'étude X s'est avéré plus risqué que celui de -1.00m/TN suggéré par le LNBTP, car il rapproche les semelles de la couche d'argile située à -1.95m/TN, ce qui pourrait générer des tassements différentiels sous la semelle la plus grande par rapport aux autres en cas d'humidité.

D'autres observations ont également été tirées, telles que la réduction de coût et la démarche sécuritaire liées généralement au choix autant que possible de portée de travée inférieure à 4.50m, choix qui contribue à la réduction des retombées de poutres et la réduction également des tailles de semelles pour l'ensemble de l'ouvrage à construire.

En conclusion, l'imposition du permis de construire, ainsi que la sanction des contrevenants est une mesure économique, écologique et sécuritaire bon gré mal gré.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Agence PERSPECTIVE, “ DOCUMENTS GRAPHIQUES – Projet de construction d’un immeuble d’habitation R+1 à Ouagadougou “. Ouagadougou – Juin 2008.
- [2] B. V. Noël GANLAKY, “ NOTE DE CALCUL – Projet de construction d’un immeuble R+1 à usage d’habitation à Ouagadougou “. Ouagadougou – Juillet 2008.
- [3] B. V. Noël GANLAKY, “ CARNET DE FERRAILLAGE DES SEMELLES –LONGRINES –POTEAUX – RDC/R+1 –POUTRES –NERVURES -DETAILS – Projet de construction d’un immeuble R+1 à usage d’habitation à Ouagadougou “. Ouagadougou – Juillet 2008.
- [4] T. S. M. KY - TECHNOVA, “ PLANS AVANT PROJET – construction d’unité d’habitation R+1 à Ouagadougou secteur 15 “. Ouagadougou – avril 2011.
- [5] LNBTP, “ETUDE DES SOLS ET FONDATION D’UN IMMEUBLE R+1 DE MADAME SANON RAUKIYA“. Ouagadougou – Décembre 2010.
- [6] ARCHI CONSULT. “PLAN ARCHITECTURAL - Construction dune unité d’habitation R+1 au profit de SANON RAUKIYA au secteur 15“. Ouagadougou – avril 2011.
- [7] T. S. M. KY – Cabinet ERCI, “NOTE DE CALCULS – Construction dune unité d’habitation R+1 au profit de SANON RAUKIYA à Ouagadougou“. Ouagadougou – avril 2011.
- [8] T. S. M. KY – Cabinet ERCI, “PLANS STRUCTURE BETON ARME – Construction dune unité d’habitation R+1 à Ouagadougou secteur 15“. Ouagadougou – avril 2011.
- [9] T. S. M. KY – ARCHI CONSULT, “DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX – Construction d’un duplex à Ouagadougou secteur 15“. Ouagadougou – avril 2011.
- [10] ARCHI CONSULT, “DEVIS DESCRIPTIF DES TRAVAUX – Construction d’un duplex à Ouagadougou secteur 15“. Ouagadougou – avril 2011.
- [11] loi n° 017-2006 du 18 mai 2006. “CODE DE L’URBANISME ET DE LA CONSTRUCTION “. Ouagadougou – mai 2006.
- [12] Prés. B. COMPAORE, “Décret du 6 février 2008 n°2008-034/PRES/PM/MHU/MATD/MEF/MCPEA portant création organisation et fonctionnement du CEFAC “. Ouagadougou – février 2008.
- [13] Ismaila GUEYE, “FONDATIONS SUPERFICIELLES – cours géotechnique “. Ouagadougou – 2009-2010.
- [14] Ismaila GUEYE, “RECONNAISSANCE DES SOLS – cours géotechnique “. Ouagadougou – 2009-2010.
- [15] Samy LEBELLE, “l’essentiel du Béton Armé : partie 2 - le BA en flexion simple “. Ouagadougou – Octobre 2007.
- [16] T. S. M. KY “Programme EXCEL de calcul BA“. Ouagadougou – 2011.

ANNEXES :

Sommaire des annexes :

Annexe 1. Quelques articles tirés de code de l'urbanisme et de la construction.....	38
Annexe 2. Présentation de l'entreprise TECHNOVA	39
Annexe 3 : Partie du décret portant sur la création du CEFAC.....	40
Annexe 4. Permis de construire de catégorie C.....	41
Annexe 5. Méthode de détermination des armatures dans une semelle isolée.	42
Annexe 6. Méthode de détermination des armatures dans un poteau.....	43
Annexe 7. Méthode de détermination des armatures : poutre, poutrelle, dalle pleine.....	44
Annexe 8 : Plan d'implantation (projet sans analyse des sols).....	45
Annexe 9. Volume des bétons des semelles isolées dimensionnées avec analyse des sols.	46
Annexe 10. Volume des bétons des semelles isolées dimensionnées sans analyse des sols. ...	47

Annexe 1. Quelques articles tirés de code le l'urbanisme et de la construction

Loi n° 017-2006 du 18 mai 2006.

Titre 2 - Des règles fondamentale sen matière d'urbanisme et de construction

Chapitre 2 - Des règles fondamentales en matière de construction

Art.29.- Toute construction soumise à permis de construire doit faire appel à un bureau d'études d'architecture ou à un architecte agréé, et/ou au service technique chargé de la construction territorialement compétent pour l'établissement du projet architectural.

Art.30.- Toute construction soumise à permis de construire doit faire appel à un bureau d'études d'ingénierie ou à un ingénieur agréé, et/ou au service technique chargé de la construction territorialement compétent pour les études techniques du projet.

Art.31.- Le projet architectural définit par des plans et documents écrits l'implantation des bâtiments, leur composition, leur organisation et l'expression de leur volume, ainsi que le choix des matériaux et des couleurs.

Les études techniques définissent par des plans, des détails techniques et des notes de calcul et documents écrits, les prescriptions techniques relatives à l'exécution des ouvrages.

Art.32.- L'édification de tout établissement recevant du public doit se faire conformément aux règles de sécurité en vigueur.

Art.33.- Les ouvrages d'assainissement construits sont agréés par les services techniques compétents.

Art.34.- Les dispositions architecturales des immeubles collectifs à usage d'habitation, des lieux de travail, des établissements recevant du public, des locaux scolaires et sanitaires doivent permettre leur accessibilité aux personnes handicapées.

Chapitre 4 - Des responsabilités des constructeurs

Art.39.- Est réputé constructeur de l'ouvrage :

- tout architecte, ingénieur, entrepreneur, technicien lié au maître de l'ouvrage par un contrat de louage d'ouvrage ;
- toute personne physique ou morale qui vend, après achèvement, un ouvrage qu'elle a construit ou fait construire.

Art.40.- Tout constructeur d'un ouvrage est responsable, envers le maître ou l'acquéreur de l'ouvrage, des dommages, même résultant d'un vice du sol, qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou qui l'affectent dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipement, le rendant impropre à sa destination. Le constructeur est déchargé de cette responsabilité, s'il apporte la preuve que les dommages proviennent d'une cause étrangère.

Art.41.- L'architecte est responsable de la conception de l'œuvre, de sa fonctionnalité, de son esthétique, de l'harmonie des formes et des couleurs.

Art.42.- L'ingénieur est responsable de la tenue de l'édifice et des spécifications techniques des corps d'état secondaires.

Art.43.- L'entrepreneur est responsable de l'exécution proprement dite des ouvrages sous le contrôle technique de l'architecte et de l'ingénieur. Il a la responsabilité de la bonne exécution et de la finition des ouvrages. Il assume une responsabilité décennale sur les ouvrages exécutés à compter de la date de leur réception définitive.

Art.44.- Le promoteur immobilier est l'intermédiaire qui réalise ou fait réaliser des opérations d'urbanisme et de construction prévues à l'article 35 du présent code au profit d'accédants à la propriété foncière et / ou immobilière. Il a la responsabilité de procéder ou de faire procéder à la réalisation d'un programme de construction d'un ou de plusieurs édifices. Il procède lui-même ou fait procéder à l'exécution de tout ou partie des opérations juridiques, administratives et financières concourant au même objet. Le promoteur immobilier est tenu au respect du contrat de promotion immobilière qui le lie au maître de l'ouvrage.

Art.45.- L'exercice des professions d'architecte, d'ingénieur de génie civil, d'entrepreneur et de promoteur immobilier est soumis à l'obtention préalable d'un agrément délivré par le ministère en charge de l'urbanisme et de la construction.

Art.46.- Les conditions d'obtention dudit agrément sont précisées par décret pris en Conseil des ministres, sur proposition du ministre en charge de l'urbanisme et de la construction.

Annexe 2. Présentation de l'entreprise TECHNOVA

L'entreprise TECHNOVA a été créée le 06 juin 2001 avec pour activité principale la Construction Générale sous le N° RCCM BF OUA 2001 A 1001.

De sa date de création à nos jours, l'entreprise TECHNOVA est passée de la catégorie C2 à B4 sous le visa CF N°00130.

Les activités principales jusque là menées par l'entreprise TECHNOVA sont :

La construction, la rénovation et la réhabilitation de bâtiments.

Les aménagements intérieurs

La réalisation d'aires de stationnement, de clôtures, de dalots.

La réalisation de station d'épuration des eaux usées.

Etc.

Nous comptons parmi ses Maitres d'ouvrage, la Direction Générale du Trésor, Faso Baara, AXIOS, ONATEL-SA, la SONATUR, ECOBANK, Banque Atlantique, La Coopération Japonaise, la CEGECI, etc.

L'évolution du chiffre d'affaire (CA) de l'entreprise depuis sa date de création jusqu'à nos jours peut se traduire à l'aide du tableau suivant :

Année	Progression du CA par rapport à l'année précédente
2001	-
2002	-14,50%
2003	156,47%
2004	50,81%
2005	-33,21%
2006	171,24%
2007	27,74%
2008	66,13%
2009	-8.49%
2010	20.00%

L'entreprise TECHNOVA comporte sa propre structure de construction métallique pour la conception de ses ouvertures et des ouvrages métallo-soudés préfabriqués. Elle possède une annexe dans la capitale économique de Bobo-Dioulasso.

L'entreprise TECHNOVA est donc une jeune entreprise affichant une bonne progression sur le plan national (Burkina Faso) avec des aspirations de marché à l'échelle sous régionale (Zone UEMOA) et des collaborateurs internationaux. Elle est organisée et hiérarchisée, comptant sur un personnel professionnel, diplômé et expérimenté, et des ouvriers qualifiés et régulièrement formés.

Annexe 3 : Partie du décret portant sur la création du CEFAC.

AS/HO
BURKINA FASO

Unité - Progrès - Justice

DECRET N° 2008- 034/PRES/PM/MHU/
MATD/MEF/MCPEA portant création,
attributions, organisation et fonctionnement,
du Centre de Facilitation des Actes de
Construire (CEFAC).

LE PRESIDENT DU FASO,
PRESIDENT DU CONSEIL DES MINISTRES

Visa FN°0026
31-01-08
Uth

- VU le décret n° 2007-349/PRES du 04 juin 2007 portant nomination du Premier Ministre ;
VU le décret n° 2007-381/PRES/PM du 10 juin 2007 portant composition des membres du Gouvernement du Burkina Faso ;
VU le décret n°2007-424/PRES/PM/SGG-CM du 13 juillet 2007 portant attributions des membres du Gouvernement ;
VU le décret n° 2006-413/PRES/PM/MHU du 11 septembre 2006 portant organisation du Ministère de l'habitat et de l'urbanisme ;
VU la loi n° 014/96/ADP du 23 mai 1996 portant Réorganisation Agraire et Foncière au Burkina Faso ;
VU le décret n°97-054/PRES/PM/MEF du 06 février 1997 portant conditions et modalités d'application de la loi n°014/96/ADP du 23 mai 1996, portant Réorganisation Agraire et Foncière au Burkina Faso ;
VU la loi n° 055-2004/AN du 21 décembre 2004 portant code général des collectivités territoriales au Burkina Faso ;
VU la loi n° 017-2006/AN du 18 mai 2006 portant code de l'urbanisme et de la construction au Burkina Faso ;
VU les statuts et le règlement intérieur de la Maison de l'Entreprise du Burkina Faso adoptés le 10 septembre 2002 ;
Sur rapport du Ministre de l'habitat et de l'urbanisme ;
Le Conseil des Ministres entendu en sa séance du 14 décembre 2007 ;

DECRETE

CHAPITRE I : CREATION

ARTICLE 1 : Il est créé près la Maison de l'Entreprise du Burkina Faso, le Centre de Facilitation des Actes de Construire, en abrégé « CEFAC ».

La création d'un bureau du CEFAC dans une région fait l'objet d'un arrêté conjoint des Ministres chargés de la construction, de l'administration territoriale, des finances et du commerce.

Annexe 4. Permis de construire de catégorie C

Il concerne les :

- Bâtiments à niveau, à usage d'habitation et autre qu'habitation ; exemple : R+1, R+2, R+n
- Maisons à usage autre que d'habitation en RDC dont la surface totale du bâtiment à construire est supérieure à 150m² ; exemple : Villa F4, F5, F6, ... Fn, station d'essence, magasin de stockage, lieu de culte, entrepôt, ...

Pièces à fournir : (Dossier en 4 exemplaires)

Une demande adressée au Maire de la Commune timbrée à 300 Francs (timbre communal), ou une demande adressée au Ministre en charge de la construction timbrée à 200 Francs (Timbre fiscal). Formulaire de demande disponible au CEFAC.

La photocopie de la carte d'identité, du passeport ou de tout autre document d'identité (2 légalisées au moins);

La photocopie du titre de jouissance ou de propriété du terrain : PUH, Permis d'exploitation, titre foncier, attestation d'attribution, arrêté de mise à disposition ou d'affectation (2 légalisées au moins) ;

Le plan de bornage (2 originaux au moins),

Les reçus de paiement de la taxe de résidence des trois (3) dernières années.

Une étude architecturale établie par un architecte agréé :

Un plan des fosses sceptiques ou de raccordement au réseau d'égout délivré par l'ONEA,

Un plan d'implantation du bâtiment avec l'emplacement des fosses septiques à l'échelle 1/200^e ou 1/100^e.

Un plan de masse à l'échelle 1/200^e, 1/500^e, 1/1000^e

Les plans de chaque niveau du bâtiment avec l'emplacement des fosses septiques à l'échelle 1/50^e ou 1/100^e.

Les coupes significatives et détaillées du projet.

Les façades du bâtiment.

Les plans des corps d'états secondaires

Le devis descriptif des travaux de construction.

Le devis estimatif des travaux de construction.

Un état des lieux des constructions existantes à l'échelle 1/50^e ou 1/100^e et le plan de réaménagement pour les travaux d'extension, de modification et de réhabilitation.

Une étude d'ingénierie établie par un ingénieur ou un bureau d'étude agréé :

Un rapport d'étude du sol établi par un laboratoire agréé par l'état.

Une note de calcul ;

Un plan de coffrage et de ferrailage de la structure du bâtiment.

Une note d'étude de sécurité incendie établie par une personne physique ou morale agréée.

Nb :

Toutes les pièces suscitées sont fournies en quatre (4) exemplaires sauf la demande

Pour les personnes morales (Organismes, Administration et société), fournir quatre (4) copies du RCCM, des statuts de la société ou des documents de reconnaissance légale (2 légalisées au moins).

Fournir quatre (4) chemises à sangles au dépôt du dossier (disponible au CEFAC).

Autres informations :

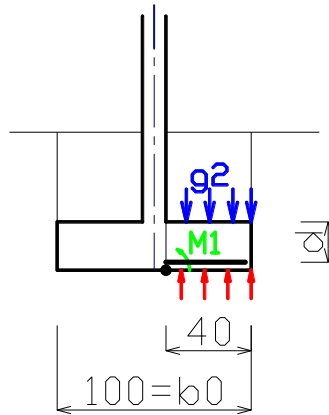
- Frais de dépôt : 150 000frs + 15 000 frs d'établissement de la plaque de police.

- Lieu de dépôt : CEFAC (Centre de facilitation des actes de construire).

- Tél : 50 39 80 58 / 60

- Site Web: www.me.bf

Annexe 5. Méthode de détermination des armatures dans une semelle isolée.



Calcul à l'ELS pour une semelle isolée de 1.00x1.00m :

$\sigma_{bc} = 0.6 * f_{c28} = 0.6 * 20 = 12MPa$	$Y_{RB} = d * \frac{\sigma_{bc}}{\frac{\sigma_s}{15} + \sigma_{bc}} = 0.092$
$\sigma_s = 250MPa$	
$d = 0.22m$	
$b0 = 1.00m$	$N_{BC} = Y_{RB} * \frac{\sigma_{bc}}{2} * b0 = 0.552kN ; M_{RB} = N_{BC} * \left(d - \frac{Y_{RB}}{3}\right) = 104m.kN$
$M1 = -g2 * 0.4 * \frac{0.4}{2} + \sigma * 0.4 * \frac{0.4}{2} = 16.592m.KN$	$As = \frac{M1}{\left(d - \frac{Y_{RB}}{3}\right) * \sigma_s} = 3.5cm^2$

Vérification par la condition de non fragilité :

$f_{t28} = 0.6 + 0.06 * f_{c28} = 1.8MPa$	$As_{min} = 0.23 * b0 * d * \frac{f_{t28}}{f_e} = 2.27cm^2$
$f_e = 400MPa$	

Le moment M1 est la résultante des moments causés par les forces extérieures s'exerçant au point 0.

Si $M1 < M_{rb}$, le béton seul suffit à reprendre le moment, pas besoin d'acier comprimé : $Asup=0$

La méthode adoptée est une méthode simplifiée qui surévalue As de 10%.

Annexe 6. Méthode de détermination des armatures dans un poteau.

Calcul à l'ELU pour tous les poteaux. Dans cet exemple, l'on calculera les poteaux de 20x20cm.

Hypothèse : plus de la moitié des charges sera appliquée après 28 jours et avant 90 jours.

1. Armatures longitudinales

$l_f = l = 3.20m$	$As \geq \frac{1}{f_e} * (1.35 * \beta * Nu - 0.85 * Br * f_{c28})$ $As \geq 4.11cm^2 \text{ pour } Nu = 407.09kN$
$\lambda = \sqrt{12} * \frac{l_f}{a} = 69.28$	
$50 \leq \lambda \leq 70 \rightarrow \beta = 0.85 * 1.10 * \frac{\lambda^2}{1500}$	
$Br = 0.18 * 0.18 * .0324cm^2$	

Vérification par la condition de non fragilité :

a : coté de la poutre B : Aire de la section du béton du poteau en cm ²	$As_{min} = Max \left\{ 4 * 4 * a ; \frac{0.2 * B}{100} \right\} = 3.2cm^2$ $As_{Max} = \frac{5 * B}{100} = 20cm^2$
---	---

2. Armatures transversales :

Diamètre ϕ_t : * $\phi_t \geq \frac{\phi_{l_{Max}}}{3}$ * $6 \leq \phi_t \leq 12$ Avec : $\phi_{l_{Max}}$: Diamètre de la plus grosse armature longitudinale	Espacement st : $st \leq min\{15 * \phi_{l_{min}} ; 40cm ; a + 10cm\}$ Avec : $\phi_{l_{min}}$: Diamètre de la plus petite armature longitudinale a : Coté le plus petit du poteau
---	---

Le diamètre et l'espacement des armatures transversales sont un choix judicieux qui doit respecter les critères ci-dessus définis.

λ est le paramètre qui traduit l'élancement du poteau. Le poteau en effet pourrait subir un flambement. D'ordre général, si $\lambda > 50$, le poteau est considéré comme élancé, donc susceptible de flamber.

La constante de 1.10 dans la formule de β tient compte de l'hypothèse que la moitié des charges sera appliquée après 28jrs et avant 90jrs

Remarque générale :

La disposition des armatures transversales en cas de recouvrement, Les longueurs de recouvrement, les longueurs et dispositions d'ancrage sont également à spécifier.

Annexe 7. Méthode de détermination des armatures : poutre, poutrelle, dalle pleine.

Calcul à l'ELU pour toutes les poutres. Dans cet exemple, une poutre de 20x40cm sera calculée.

Hypothèse : Toutes les poutres sont supposées travailler en flexion simple. On supposera que la multiplicité des poteaux dans toutes les directions est suffisante pour servir de contreventement.

$\mu u = \frac{Mu}{b_0 * d^2 * f_{bu}}$	μu : Moment réduit
Si $\mu u < \mu_{lu} = 0.27$; $\alpha u = 1.25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu u})$	Mu : Moment de flexion maxi sur la travée considérée
Armature longitudinale : $As = \frac{Mu}{d * (1 - 0.4 * \alpha u) * f_{su}}$	Condition de non fragilité : $A_{min} = 0.23 * b_0 * d * \frac{f_{t28}}{f_e}$
Avec : $f_{bu} = \frac{0.85}{\gamma_b} f_{c28} = \frac{0.85}{1.5} * 20 = 11.33 MPa$; $f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.82 MPa$	Armature transversale : $* \phi_t \geq \frac{\phi_{l_{max}}}{3}$

Le moment Mu est la résultante des moments maxi trouvé sur la travée considérée.

Si $\mu u < \mu_{lu}$, le béton seul suffit à reprendre le moment dans la partie comprimée, donc pas besoin d'acier comprimé : $A' = 0$

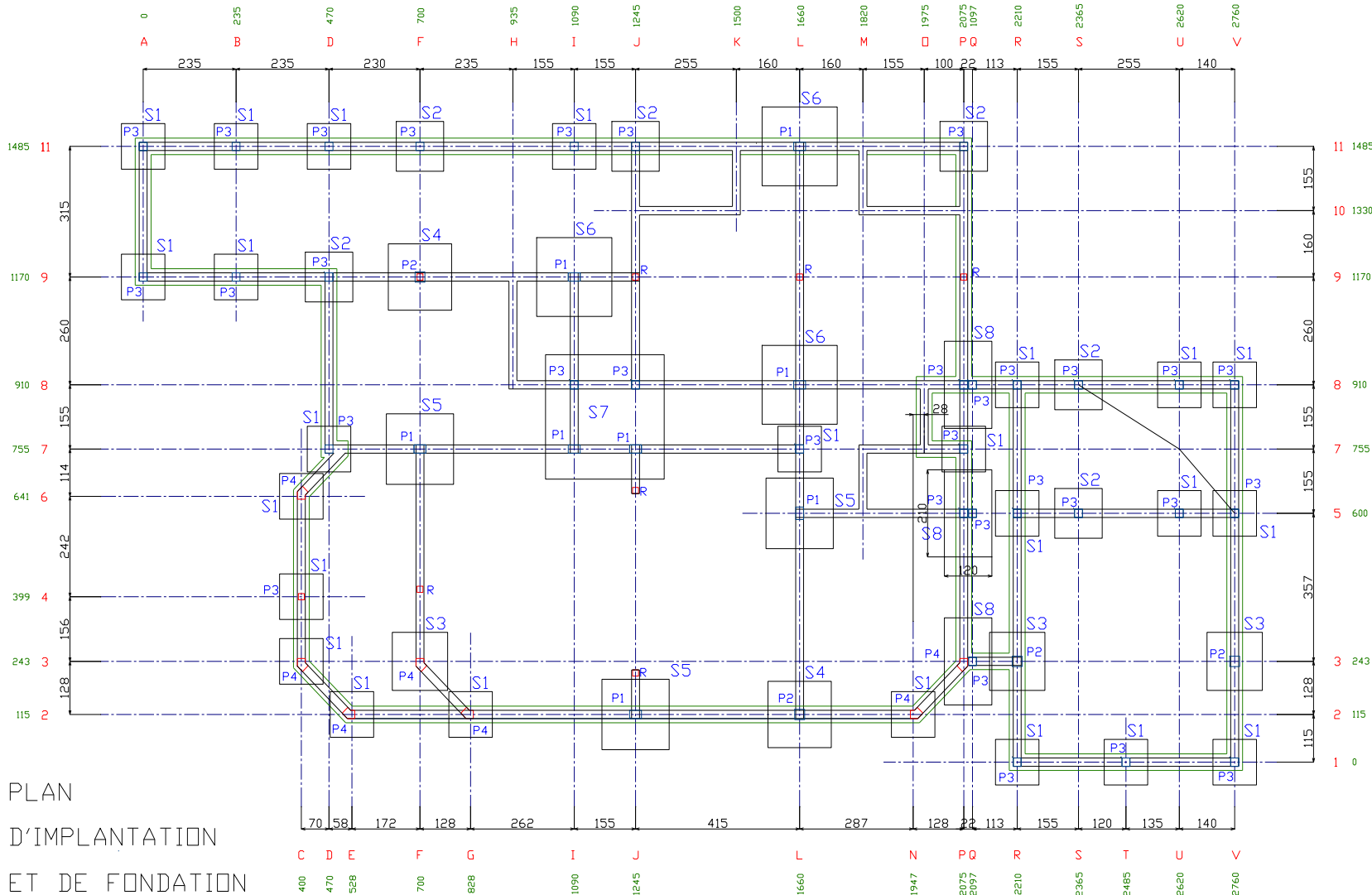
Ces formules utilisées ici correspondent aux formules de calcul des poutres en flexion simple.

Remarques générales :

Des vérifications de résistance au cisaillement doivent également être faites.

La disposition des armatures transversales en cas de recouvrement, Les longueurs de recouvrement, les longueurs et dispositions d'ancrage sont également à spécifier.

Annexe 8 : Plan d'implantation (projet sans analyse des sols)



Annexe 9. Volume des bétons des semelles isolées dimensionnées avec analyse des
sols.

Nom	cote1	cote2	hauteur	Nb	Volume	
S1	0,6	0,6	0,25	12	1,08	
S2	0,8	0,8	0,25	16	2,56	
S3	1	1	0,25	13	3,25	
S4	1,2	1,2	0,25	8	2,88	
S5	1,4	1,4	0,3	4	2,352	
S1e	0,9	0,9	0,25	1	0,2025	
S2e	1,2	1,2	0,25	1	0,36	
S3e	0,9	0,5	0,25	1	0,1125	
				Total	12,797	m3

Annexe 10. Volume des bétons des semelles isolées dimensionnées sans analyse des
sols.

Nom	cote1	cote2	hauteur	Nb	Volume	
S1	1,1	1,1	0,25	24	7,26	
S2	1,2	1,2	0,3	6	2,592	
S3	1,4	1,4	0,3	4	2,352	
S4	1,6	1,6	0,35	2	1,792	
S5	1,7	1,7	0,4	4	4,624	
S6	1,9	1,9	0,45	4	6,498	
S7	0,3	0,3	0,5	1	0,045	
S8	2,1	1,2	0,4	3	3,024	
				Total	28,187	m3