

ECOLE POLYTECHNIQUE THIES.

DEPARTEMENT GENIE-CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

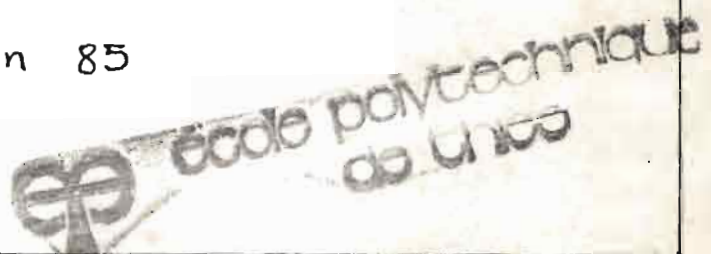
Titre : ETUDE COMPARATIVE
DE FILIERES DE
CONSTRUCTION

Auteur : Abdoulaye Bâ

Directeur de projet : M^r Moustapha Ndiaye

Codirecteur de projet : M^r philipp Garin.

Juin 85



A mes parents

A mes frères et sœurs

et mes amis

et Maman Ngianga .

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce sujet et plus particulièrement :

- M^r Moustapha Ndiaye, mon directeur de projet, professeur de structure et de béton à l'École polytechnique de Thiès pour sa grande disponibilité, la pertinence de ses idées et aussi
 - M^r Philipp Garin Chercheur au CERER pour sa grande disponibilité et ses conseils utiles.
 - Les employés des sociétés HANO et Senac, pour leur étroite collaboration.
-

SOMMAIRE

Cette étude a pour but de déterminer la filière de construction la plus économique aussi bien sur le plan macro que micro économique.

En premier lieu nous avons tenté de faire une présentation des différentes filières. Dans cette présentation les différents aspects aboutissant à la réalisation du gros œuvre ont été exposés :

- L'analyse structurale
- le dimensionnement
- l'estimation des quantités de matériaux.

En second lieu nous avons effectué une analyse sur les plans micro et macro économiques. Nous avons estimé également les conditions nécessaires pour l'acquisition d'un logement de ce type.

En dernier lieu, une étude énergétique a été réalisée afin de déterminer le bilan énergétique pour un mètre carré de surface bâtie.

Nous avons achevé notre étude en faisant des recommandations, afin d'optimiser le coût de construction.

| | |
|---|----|
| II-2-1-1-a) analyse structural | 19 |
| II-2-1-1-b) dimensionnement | 21 |
| II 2-1-2/ Realisation du gros oeuvre | 27 |
| II 2-2/ Presentation de la filière Senac | 29 |
| II-2-2-1) Methodologie. | 29 |
| II-2-2-2/ Realisation du gros oeuvre | 33 |
| II-2-2-2-1/ fabrication ds panneau | 33 |
| II-2-2-2-2/ fabrication de la mousse | 33 |
| II-2-2-2-3/ Fondation | 34 |
| II 2-2-2-4/ pose ds panneaux. | 34 |
| II-2-2-2-5/ chainage superieur et contreventement | 35 |
| II-2-2-2-6/ Pose du Toit. | 35 |

Chapitre III et IV : Etudes economiques Micro et
macro

| | |
|--|----|
| III-0 Introduction. | 36 |
| III-1/ Calcul des quantités | 36 |
| III-1-1/ Cas ① | 36 |
| III-1-2/ " ②" Filière Hamo. | 49 |
| III-1-3/ Cas ② | 54 |
| III-1-4) Filière Senac | 58 |
| III-2) Analyse Micro economique | 61 |
| IV Analyse Macro-economique | 66 |
| IV-1) Methode d'analyse | 66 |
| IV-2) choix de la filière la plus economique | 68 |

Chapitre V

| | | |
|--------|--------------------|----|
| V-1/ | Energie Consommée. | 71 |
| V-1-2/ | Hano | 71 |
| V-1-3/ | Senac | 73 |
| V-1-4/ | Traditionnelle | 73 |
| V-2/ | Solution Ideale | 75 |
| VI | Conclusion | 76 |
| VII | Recommandations | 77 |

Annexes

Annexe 1 : plans disponible pour

le choix du plan type 78

Annexe 2 : Calculs détaillés de

la filière traditionnelle cas 1 84

Annexe 3 plan architectural et
plans de coffrage.

Annexe 4 Devis estimatif

Bibliographie 108.

INTRODUCTION

1

Concevoir et construire un bâtiment, c'est, dans les conditions sociales et économiques du moment, donner une réponse à des questions qui pour beaucoup d'entre elles, peuvent trouver l'expression commune suivante : "Comment pour un prix donné (ou à quel prix) un bâtiment destiné à abriter une activité définie peut-il la favoriser ou, plus modestement, lui permettre de s'effectuer normalement?"

Pour donner des réponses aux multiples questions posées que le CERER (Centre d'Etudes et de Recherches sur les Energies Renouvelables) a initié un vaste projet qui s'intitule "Confort et Economie dans l'Habitant Urbain Sénégalais." Il s'agit donc de trouver un compromis entre l'économie et le Confort. Notre étude s'inscrit dans ce cadre.

Raisons de ce sujet: Une première tentative de réduire le coût de construction a été d'agir sur les matériaux de construction. Toute économie réalisée sur les matériaux de construction peut s'avérer inutile si les méthodes de réalisation du gros œuvre sont peu rationnelles. On se pose donc naturellement la question suivante : "Realiser le gros œuvre au moyen de quelle filière de construction?"

Pour répondre à cette interrogation nous nous sommes proposés de faire une "étude comparative entre les différentes filières de construction du bâtiment."

2 Une seconde interrogation tout à fait naturelle nous vient à l'esprit : " Comparer sur quel plan et sur quelle base ?"

Pour répondre à cette question, nous sommes proposer de choisir un plan architectural et de le faire réaliser par chacune des filières. A partir donc d'une surface bâtie constante, nous allons estimer les quantités de matériaux que chaque filière doit utiliser pour la réalisation du plan architectural donné. Notre base donc de comparaison sera le plan architectural choisi et ayant la même surface bâtie pour toute les filières. Ainsi il sera aisé de faire des ratios de comparaison.

Nous pourrions également déterminer le coût induit par la réalisation du gros œuvre pour chaque filière.

L'utilisation de matériaux locaux ou imputés nous permettra de faire une étude sur les plans macro et micro. En effet, chaque filière se caractérise par les matériaux utilisés durant la mise en œuvre et les moyens techniques de réalisation du gros œuvre.

Pour atteindre nos objectifs nous avons adopté le plan de travail suivant :

- choix d'un plan type
- présentation des différentes filière
- Etude énergétique
- Etude économique (micro et macro)

Chapitre 1

CHOIX D'UN
PLAN TYPE

CHOIX DU PLAN TYPE

Parmi toutes les réalisations architecturales la maison individuelle est la plus sociale, la plus humaine et la plus attachante. On peut dire que chaque maison est conçue à l'image d'une enceinte plus ou moins vaste enveloppant un espace habitable et ayant toute liberté d'adaptation à une certaine fonction et d'aménagement selon le goût de l'occupant.

I.1 CRITERES DE CHOIX

Nous devons pas perdre de vue que l'étude que nous menons est destinée à une famille sénégalaise. C'est pourquoi dans nos critères, nous allons nous efforcer à tenir compte de cette particularité sénégalaise.

- Comme premier critère, nous retenons le nombre de chambre que doit comprendre une maison sénégalaise. D'une manière classique, nous pouvons dire qu'une famille sénégalaise est composée : d'un époux, des épouses et des enfants. Mais comme cette étude est destinée à l'habitat urbain, nous devons élargir cette définition. Un citadin provenant d'un village donné est généralement considéré comme un représentant de ce village au niveau de la ville. Sa maison représente par conséquent un lieu naturel de transit pour ses proches du village. C'est pourquoi on peut étendre cette famille : aux cousins, beaux frères etc... (Référence : Analyse personnelle)

5

Nous apercevons donc que la construction d'un grand nombre de chambres s'avère nécessaire. Donc le nombre de chambres constitue un critère important.

* Notre deuxième critère sera l'aménagement intérieur; on a les points suivants :

. Les chambres à coucher doivent être très proches de la salle de bains ; la salle de bains peut servir de séparation entre la chambre des parents et celle des enfants.

. Plutôt une grande baie que de petites fenêtres.

. Moins de portes communicantes afin d'avoir des surfaces murales plus grandes.

. Pas de portes dans les angles des pièces ni dans l'axe des murs car elles réduisent les surfaces meublables.

* Troisième critère : la géométrie.

Selon Rainer Wolff, le schéma de la construction la plus économique est théoriquement le carré.

. Dimensions des pièces : La maison doit disposer de chambres aérées. Les dimensions des lits doivent être prévues.

* Référence : "choix d'habitation individuelle"

⁶ I.2/ ACQUISITION DE PLANS

Pour effectuer ce choix, la possession d'une gamme variée de plans est nécessaire. Pour ce faire, nous avons sollicité différentes sociétés compétentes. C'est ainsi que nous avons contacté :

- La BHS (Banque de l'Habitat du Sénégal)
- L'OHLM (Office des Habitations à loyer Modéré)
- La Sicap (Société Immobilière du Cap-Vent)
- HAMO (Habitation Modérée)
- Someed Afrique.

On effectua un premier choix au niveau de chacune de ces sociétés. Pour passer à un choix définitif, nous avons disposé ces plans en vue plane. Voir Annexe 1.

Selon nos critères nous avons choisi le plan de "Keur Bourba". Voir annexe.

chapitre II

PRESENTATION
DES
DIFFERENTES FILIERES
DE
CONSTRUCTION

II-0/INTRODUCTION

Nous avons principalement deux filières : La filière traditionnelle et la filière prefabriquée. La technique prefabriquée est appliquée principalement par la société HANO et la société de la Senac Etannit.

II-i/ But visé par cette présentation

Nous rappelons que le but de cette étude est la comparaison de ces filières sur les plans économique et énergétique. Au sortir donc de cette présentation, nous devrons pouvoir déboucher sur des éléments nous permettant de faire cette comparaison.

II-ii) Ce qu'on entend par présentation

Du point de vue même, toute comparaison suppose l'existence d'une certaine base de comparaison. Par conséquent l'établissement d'une base de comparaison s'avère nécessaire. Ceci nous amène, à adopter comme base de comparaison, la réalisation d'un plan type choisi au préalable.

Nous entendons donc par présentation, l'évaluation et la détermination des quantités de matériaux utilisés ainsi que les modes et méthodes d'exécution employées par chacune de ces filières pour la réalisation du plan type choisi comme base de comparaison.

Cette présentation débouche naturellement sur une étude économique et énergétique qui constitueront les parties ultérieures.

II.1/PRESENTATION DE LA FILIERE TRADITIONNELLE

C'est la filière la plus ancienne de toutes et la plus répandue. Ce mode de construction est utilisé par les institutions, les entreprises d'Etat et privées et toutes personnes ou organismes chargées de la construction d'habitation.

La "maçonnerie de bati" se trouve pour de multiples raisons, en puissance d'évolutions profondes. Après un siècle où, dans tous les domaines, s'est manifestée une industrialisation à outrance, il est resté à l'état presque artisanal où nos aïeux l'on connu et exercé.

II.1.0/ Définition de la filière traditionnelle :

On peut dire que la construction traditionnelle résulte de la juxtaposition de matériaux solides : pierres, briques ou agglomérées, liés entre eux, et formant un ensemble stable, de forme et de dimensions déterminées. (Référence : les Maçonnerie)

Dans une construction, l'ensemble des matériaux d'un ouvrage doit se comporter comme s'il constituait un seul bloc, c'est à dire que ses éléments doivent être en équilibre sous l'action des différentes forces qui les sollicitent.

Pour des fins d'études, nous avons adopté la construction en maçonnerie; c'est à dire construction de ~~concrète~~ en béton armé et mur et cloison en maçonnerie.

II.i) Methodologie

Bien qu'étant traditionnelle, cette filière ne cesse de se moderniser. Elle se fonde sur une méthodologie aussi rigoureuse que toutes les autres branches de la science.

Ainsi nous pouvons noter les étapes suivantes :

- L'analyse structurale
- Le dimensionnement des éléments en béton armé et en maçonnerie.
- L'estimation des quantités de matériaux nécessaires pour la réalisation de l'ouvrage : ciment, sable, eau, gravier, acier d'armature etc...
- L'estimation des coûts
- La mise en œuvre : cette mise en œuvre est essentiellement manuelle.

Pour être plus explicite, nous allons réaliser notre plan type par cette filière.

C'est ainsi que nous avons eu à considérer les deux cas suivants :

- Le toit est constitué d'une dalle pleine en béton armé
- Le toit est en tôle d'amiante ciment.

10
II.11

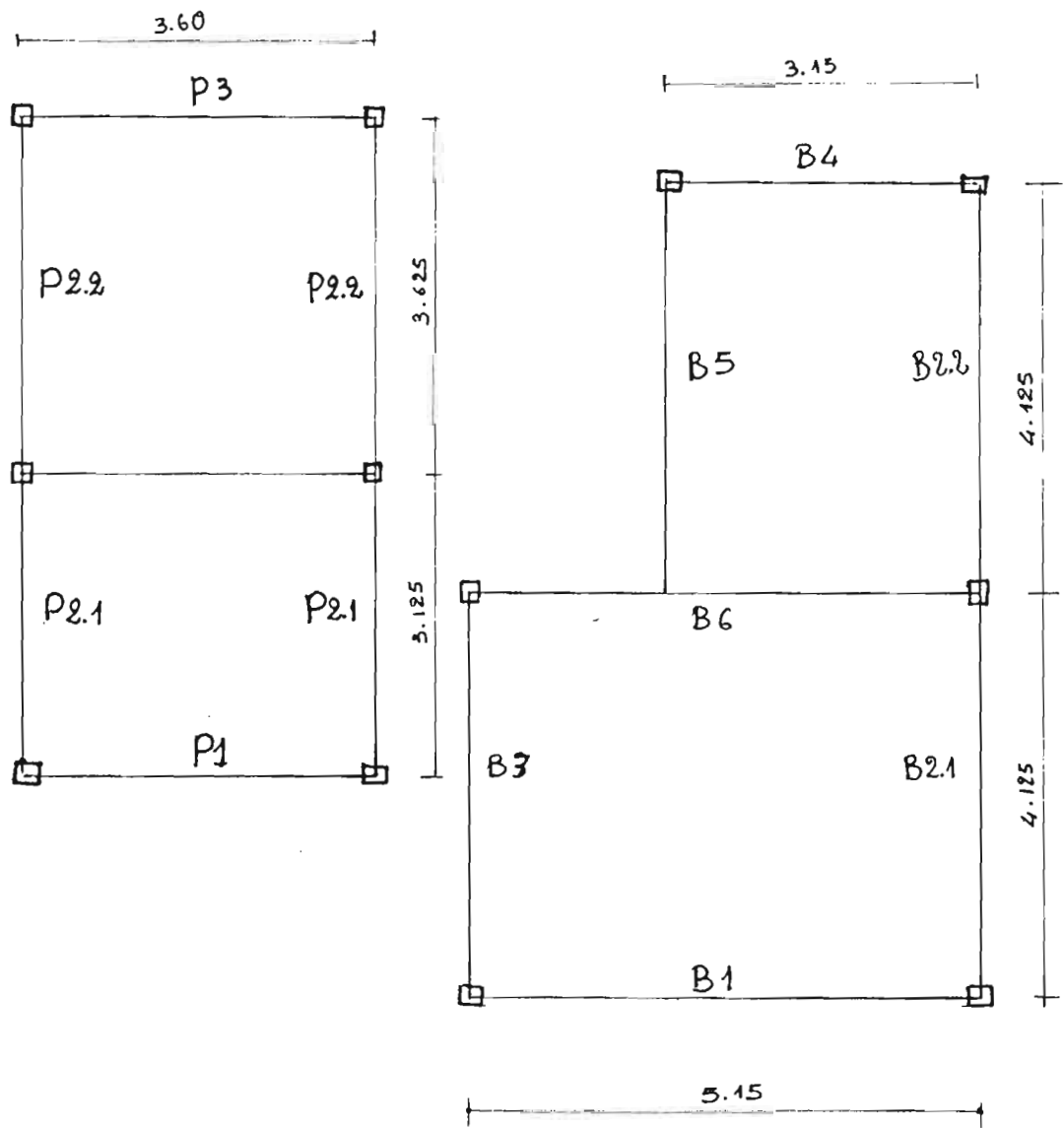
CAS 1 TOIT EN BETON ARME

ANALYSE STRUCTURALE

Choix du grillage de poutres devant supporter

La dalle pleine :

(Plan architectural voir annexe) Cependant nous avons modifier la toiture.



ECHELLE 1/175

Z1.1.1 CHARGEMENT DES POUTRES

Principe de calcul.

Le chargement de chaque poutre est déterminé par la surface tributaire assignée à cette poutre.

Nous avons ici des dalles rectangulaire dont

$b < a < 2b$: a : la grande dimension
b : petite dimension.

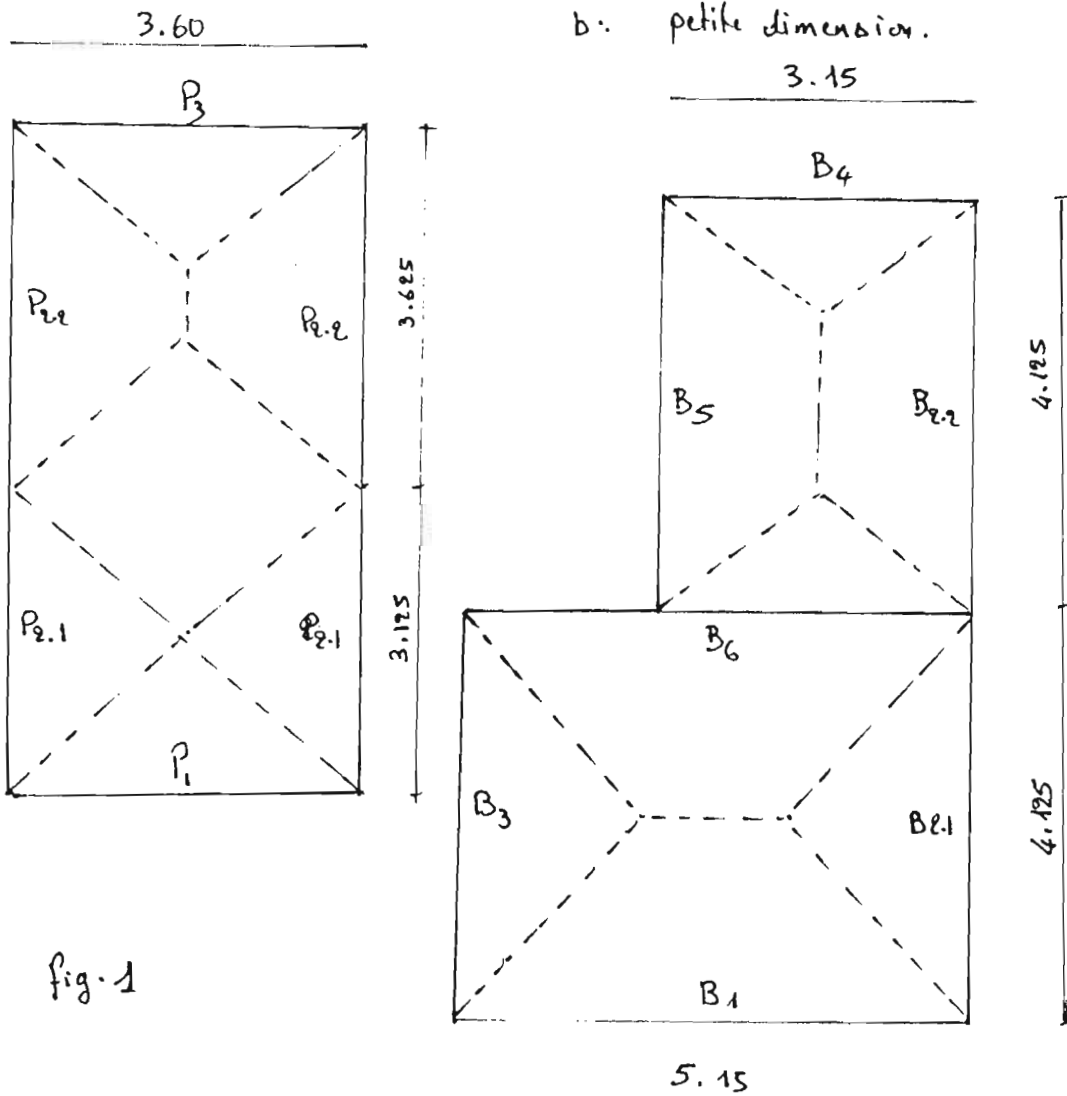


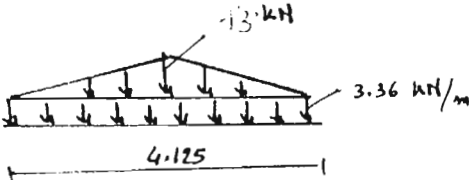
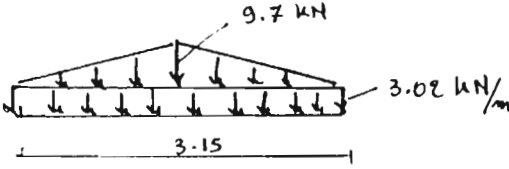
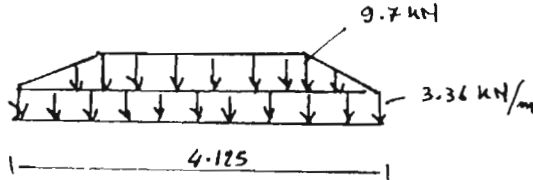
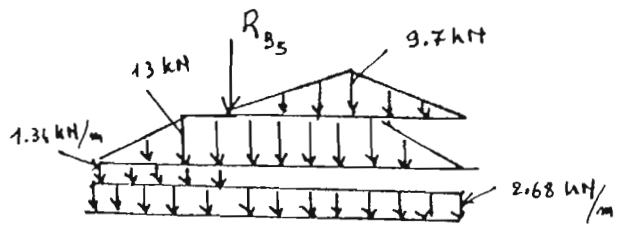
fig. 1

Le détail des calculs est montré en annexe .

Cependant nous avons les résultats suivant sous forme de tableau.

II.1.1.2 TABLEAU DONNANT LE CHARGEMENT LES REACTIONS et LE MOMENT Max.

| | Poutres | Reactions R_1 R_2 | Moment Max |
|-----------|---------|--------------------------|---------------|
| P_1 | | 23.07 kN | 17.45 kN.m |
| $P_{2.1}$ | | 13 kN | 12.16 kN.m |
| $P_{2.2}$ | | 27 kN | 18 kN.m |
| P_3 | | 26.5 | 24.4 kN.m |
| B_1 | | 42 kN | 45 kN.m |
| $B_{2.1}$ | | 20 kN | 25.58 kN.m |
| $B_{2.2}$ | | 33 kN | 30 kN |

| | | |
|--|---------------------|------------------------|
| <p>B_3 :</p>  | <p>20.33 kN</p> | <p>13 25.58 kN</p> |
| <p>B_4 :</p>  | <p>18.4 kN</p> | <p>10.52 kN.m</p> |
| <p>B_5 :</p>  | <p>22.65</p> | <p>24 kN.m</p> |
|  | <p>47.5 ; 46.92</p> | <p>80 kN.m</p> |

¹⁴ II.1.3 DIMENSIONNEMENT DES POUTRES

DESIGN EN FLEXION

D'après le Code CAN : pour les poutres, dalles et poteaux, la résistance à la compression du béton composant ces éléments $f'_c = 30 \text{ MPa}$
et $F_y = 400 \text{ MPa}$; F_y étant la contrainte d'écoulement de l'acier

Le design des poutres en flexion comporte 3 étapes principales :

- choix de la section de béton
- choix de l'acier d'armature aux endroits où les sollicitations sont maximales
- détermination des points de terminaison des barres.

Nous allons donner un exemple de ce calcul ; car toutes les poutres sont dimensionnées sur le même principe.

Poutre B₁ :

Moment de design $M_D = 45.0 \text{ kN.m}$

Nous prenons l'épaisseur de la poutre égale à l'épaisseur du mur ; on a donc $b = 200 \text{ mm}$.

• Choix du pourcentage d'acier ρ :

D'après les tables nous avons pour $f_y = 400 \text{ MPa}$ et $f'_c = 30 \text{ MPa}$

$\rho_b = 0.0325$; ρ_b étant le pourcentage d'acier correspondant aux conditions balancées

essayons $p = 0.375 \rho_b = 0.0122$.

• détermination de bd^2 requis.

$$M_D = bd^2 \cdot k_u \quad \text{avec} \quad k_u = \phi \rho f_y \left(1 - \frac{0.59 \phi \rho f_y}{f_c'}\right)$$

$$\Rightarrow bd^2 = \frac{45 \cdot 10^6}{3.97} = 11.33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

donc pour $b = 200 \text{ mm}$ on a

$$d = \left[\frac{11.33 \cdot 10^6}{200} \right]^{1/2} = 238.$$

• Calcul de l'acier d'armature.

$$A_s = \rho b d = 0.0122 \times 200 \times 238 = 580.72 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 4 \# 8 + 3 \# 10$$

• hauteur de la section.

$$h = d + \frac{1}{4} \phi \text{ barre} + \phi \text{ étrier} + \text{recouvrement}$$

DESIGN AU CISAILLEMENT.

Methodologie

- détermination de la contrainte de cisaillement.
- Capacité du béton
- Vérification de la section
- Espacement des étriers
- Vérification de l'espacement max.
- choix de l'espacement.

détails: voir plan de coffrage.

Z1.2 CAS 2.: TOIT EN FIBRO-CIMENT

Cette alternative se calcule de la même façon que la solution précédente.

Ce pendant dans ce cas précis, la toiture nous est fournie en pièces préfabriquées provenant de la senac-Etenite.

Dans ce calcul donc, seul les changes vont varier impliquant nécessairement une variation des dimensions des différents éléments : poutres, semelles, poteaux, etc...

Nous rappelons que cette solution a été déjà réalisée par la SICAP.^{**} Par conséquent les quantités de matériaux utilisées nous ont été livrées par la SICAP. Nous tentons de les présenter dans l'étude économique.

L'analyse structurale, le dimensionnement ainsi que la réalisation, ont été faits par l'Entreprise de Bâtiment et des Travaux Publics (EBTP).^{*}

Nous contenons donc de présenter les différents résultats obtenus.

** Référence : plan architectural : "keur Bourba" (voir annexe.

* Référence : devis descriptif et estimatif "keur Bourba.

II-1.2.1/ MISE EN ŒUVRE :

17

La mise en œuvre est le stade final au niveau de cette filière traditionnelle. Les règles de l'Art qui président à la mise en œuvre de toute construction, visent la réalisation d'une maçonnerie bien serrée capable de résister aux contraintes.

L'essentiel de la réalisation du gros-œuvre se fait en combinant ou répétant les opérations suivantes :

- Effectuer les différents dosages nécessaires pour obtenir les résistances spécifiées
- briquetage :
- coffrage et coulage des éléments en béton armé.

Le montage des briques se fait par assise réglée à joints croisés. Ainsi donc on réalise les murs sur lesquels vient s'appuyer le toit.

On note donc que dans la filière traditionnelle, la réalisation est essentiellement manuelle.

Cette description sommaire a pour but principal de montrer les moyens utilisés pour la mise en œuvre. Ce qui va nous permettre de faire une analyse parfaite de la consommation énergétique.

II.2/ PRESENTATION DE LA FILIERE "PREFABRIQUEE"

Dans cette filière, les constructions résultent de l'assemblage d'éléments tridimensionnels produits en usine par des techniques diverses puis équipés de la quasi-totalité des ouvrages du second œuvre avant leur transport au chantier de montage. La fragmentation de la construction fait inévitablement surgir des problèmes nouveaux de fabrication, transport, manutention etc...

Au niveau du Sénégal nous avons deux sociétés de construction qui appliquent cette technique qu'est la préfabrification. Ce sont : - La société HAMO : Habitations Modernes
- La Senac Eternit.

II.2.1/ PRESENTATION DE LA FILIERE "HAMO"

Dans un premier temps nous présentons l'usine proprement dite. Nous passerons en suite à la filière elle-même.

L'usine est constituée d'un complexe industriel ayant une surface couverte de 4500m^2 environ. L'aire de stockage a une superficie de 12000m^2 et on distingue également des emplacements destinés aux matériaux pour la préfabrification des panneaux tels que : ciment, gravier, sable, acier etc... La capacité de production du complexe est

de 8 logements par jour en vitesse de croisière. Elle est équipée de matériel de chantier en unités indépendantes lui permettant de travailler en 4 endroits différents, simultanément, chaque unité possédant son propre matériel complet.

II.2.1.1/Methodologie :

Cette filière revêt comme particularité, un certain caractère industriel. Elle est surtout caractérisée par la systématisation de la conception. Cependant on observe les étapes suivantes :

- L'analyse structurale
- Dimensionnement des éléments
- Prefabrication des éléments en usine.
- pose et assemblage des éléments sur le chantier en construction.

II-2-1-1.a). L'analyse structurale.

On commence par fragmenter le bâtiment en éléments indépendants. Ces éléments vont constituer les panneaux. On affecte à chaque panneau une surface tributaire provenant de la dalle qui constitue le toit. Cette surface tributaire se détermine de la même façon que dans les

20

filière traditionnelle voir fig 1

Au niveau de HAMO, cette analyse ne se fait pour chaque cas. En effet on utilise des dimension standard réglementaire. ainsi Le ferrailage. On se base surtout sur l'expérience antecedente. Ainsi on a les panneaux suivants :

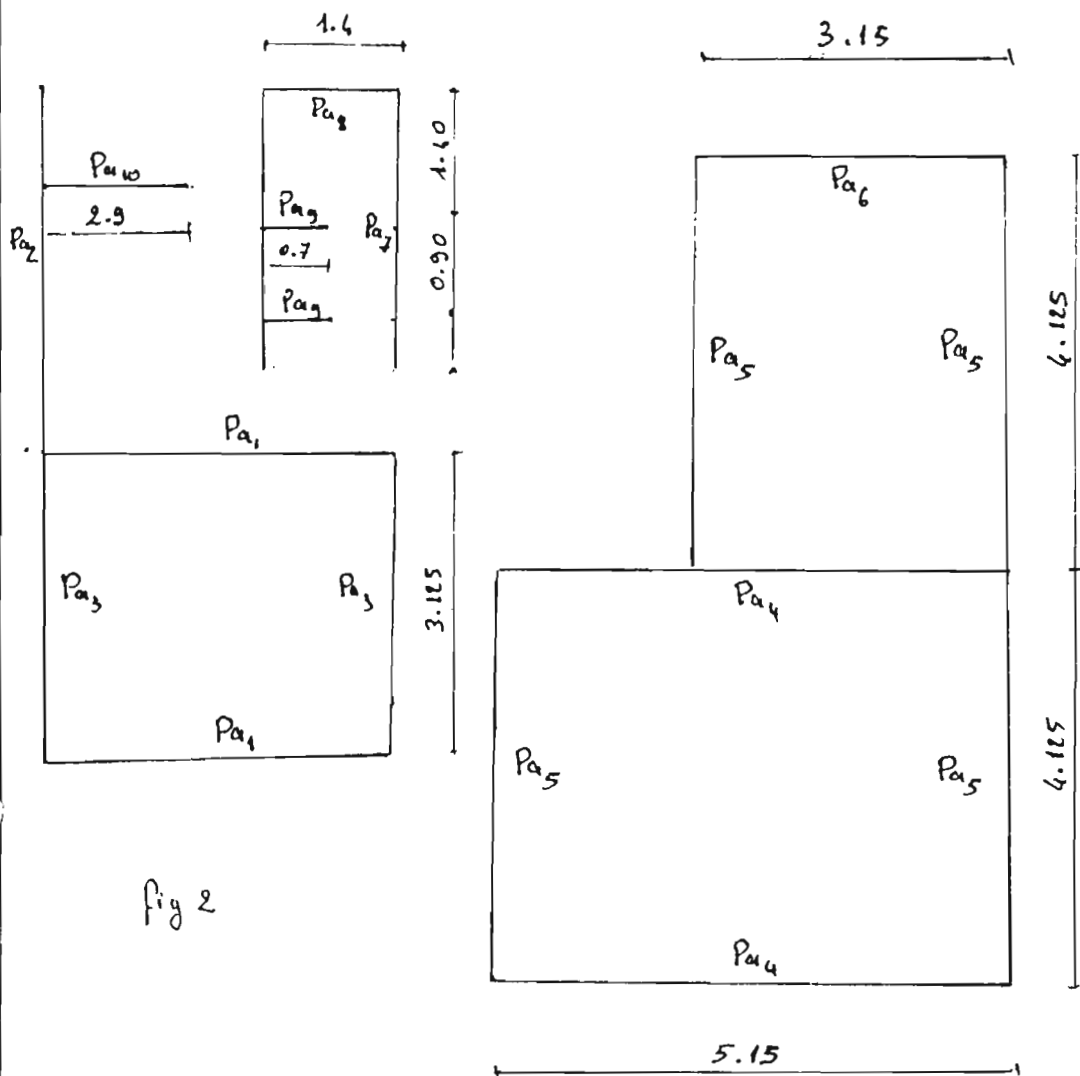


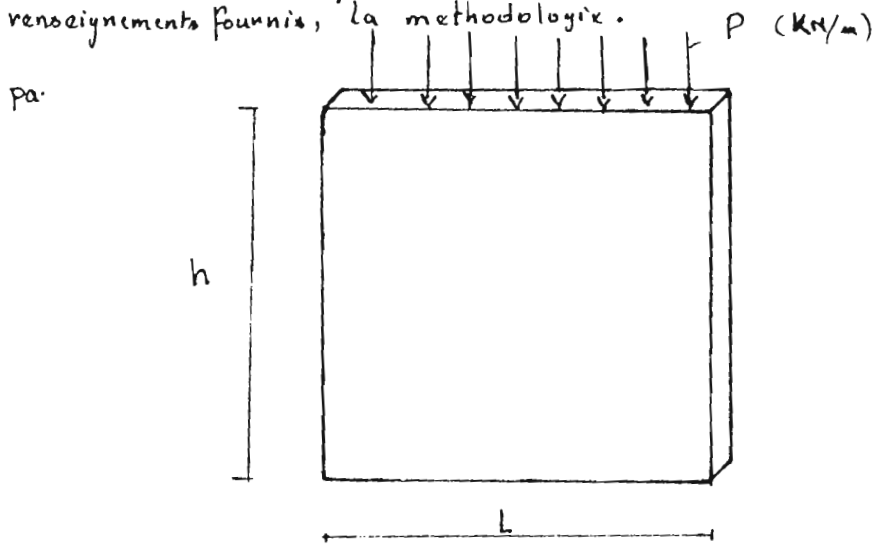
fig 2

Plan architectural : c'est le meme que celui de "Keur Bouba"
Ce pendant, dans le cas present, le toit sera realise en beton
armé prefabrique. (voir Annexe B)

II-2.1.1b) DIMENSIONNEMENT

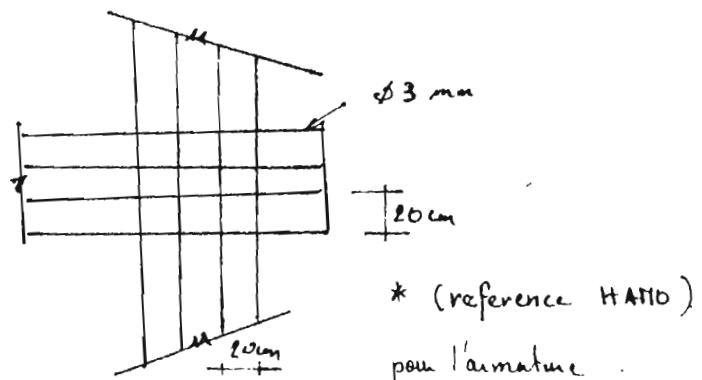
21

Il se fait d'une manière standard. Les dimensions des moules sont réglées d'avance. Selon l'architecture les dimensions des panneaux devant constituer les murs varie de 7 cm à 10 cm. Tandis que celles du toit peuvent aller jusqu'à 14 cm. Ces informations nous ont été fournies par la société HANO. Nous contentons donc d'exposer à partir des renseignements fournis, la méthodologie.



Systematiquement un grillage de fer est réalisé au niveau de chaque panneau. Ce grillage est constitué des armatures souples de diamètre 3 mm avec un écartement constant de 20 cm.*

Armature :



22

Pour déterminer la quantité d'armature on considère chaque direction d'une manière indépendante. Et on effectue le rapport de la direction considérée sur l'espacement des armatures et en considérant que le nombre d'armatures est égale au nombre d'espacement moins un.

Donc en résumé :

Nombre d'armature dans une direction = Nbre d'intervalles - 1.

Exemple : panneau 1 :

- Armature transversale :

$$N = \frac{360}{20} - 1 = 17 \text{ barres.}$$

- Armature longitudinale :

$$N = \frac{210}{20} - 1 = 10 \text{ barres.}$$

b.1) Dimensionnement de la dalle

La dalle est également morcelée en panneau. Le toit doit débiter chaque côté de 10 cm. (Référence : Étude HAHO)

• Épaisseur : On fixe une épaisseur de 14 cm.

• Armature : - Dans le sens de la plus grande portée on utilise des barres # 8 espacées de 15 cm.

- Dans le sens de la plus petite portée on utilise des # 6 espacées de 20 cm.

La dalle est donc morcelée de la façon suivante :

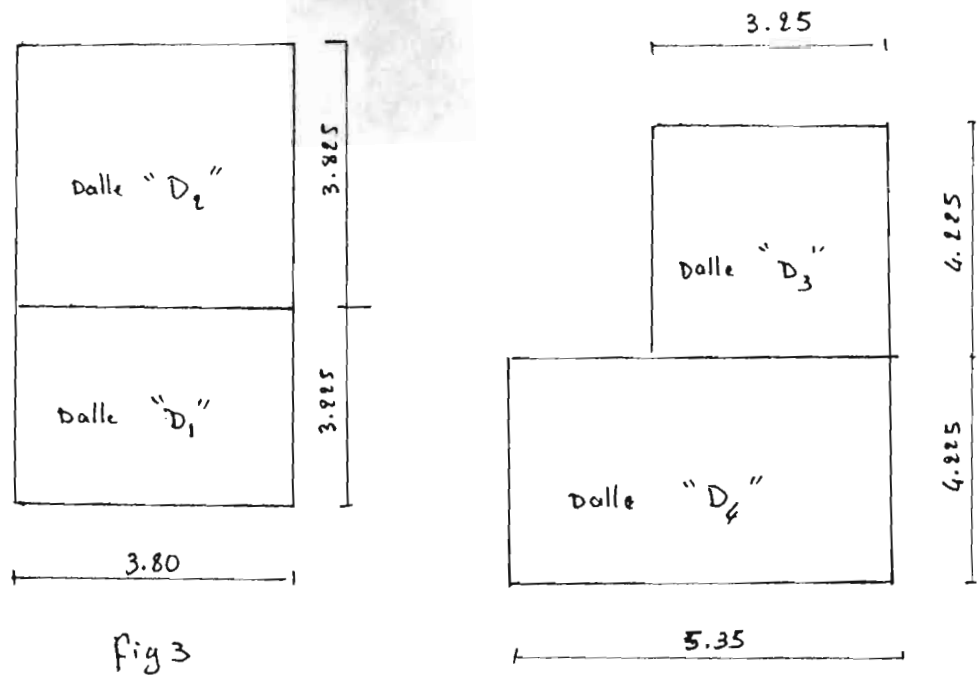
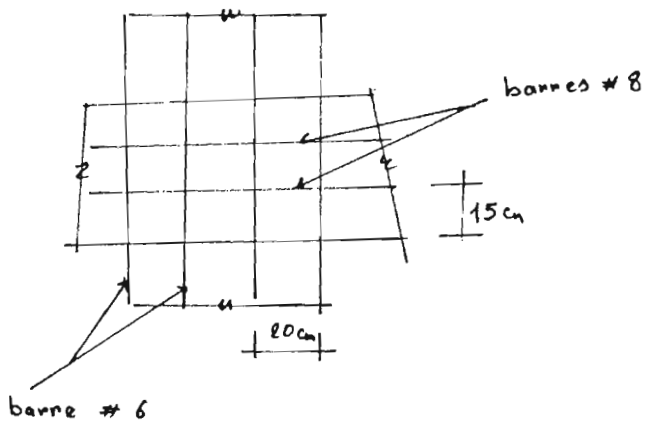


Fig 3

Pour chaque dalle l'armature est disposée sous forme de grille.
 ge : d'après " Bureau d'étude HAMO".



(Nos calculs sont faits en nous basant sur les informations
 Nombre de barres = Nombre d'espaces - 1 fournies par Hamo)
 dans
 une direction

On applique donc cette relation pour toutes les Dalles "Di".
 On détermine ainsi la quantité totale d'armature.

24

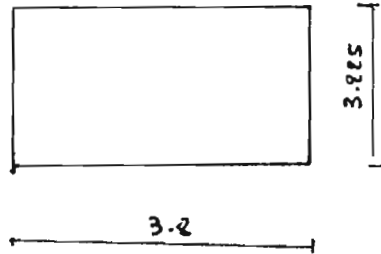
Exemple : dalle "D₁"

Nombre de barre # 8 ?

Le nombre de barres # 8 est

$$\text{donné par : } N = \frac{3.225}{0.15} - 1$$

$$N = 21 \text{ barres \# 8.}$$



Nombre de barres # 6

$$N = \frac{3.8}{0.2} - 1 = 18 \text{ barres \# 6.}$$

Longueur des armatures :

En plus de la longueur de la dalle, on prévoit 20 cm de crochet pour chaque barre.

Nous fournirons les quantités des différents matériaux. Lors de l'étude économique.

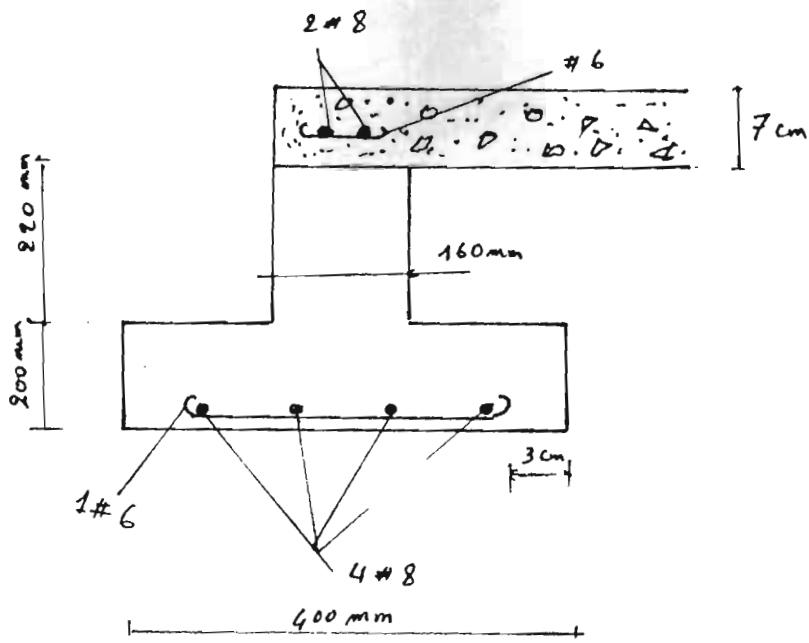
b-2) Fondation :

La construction repose sur une fondation composée :

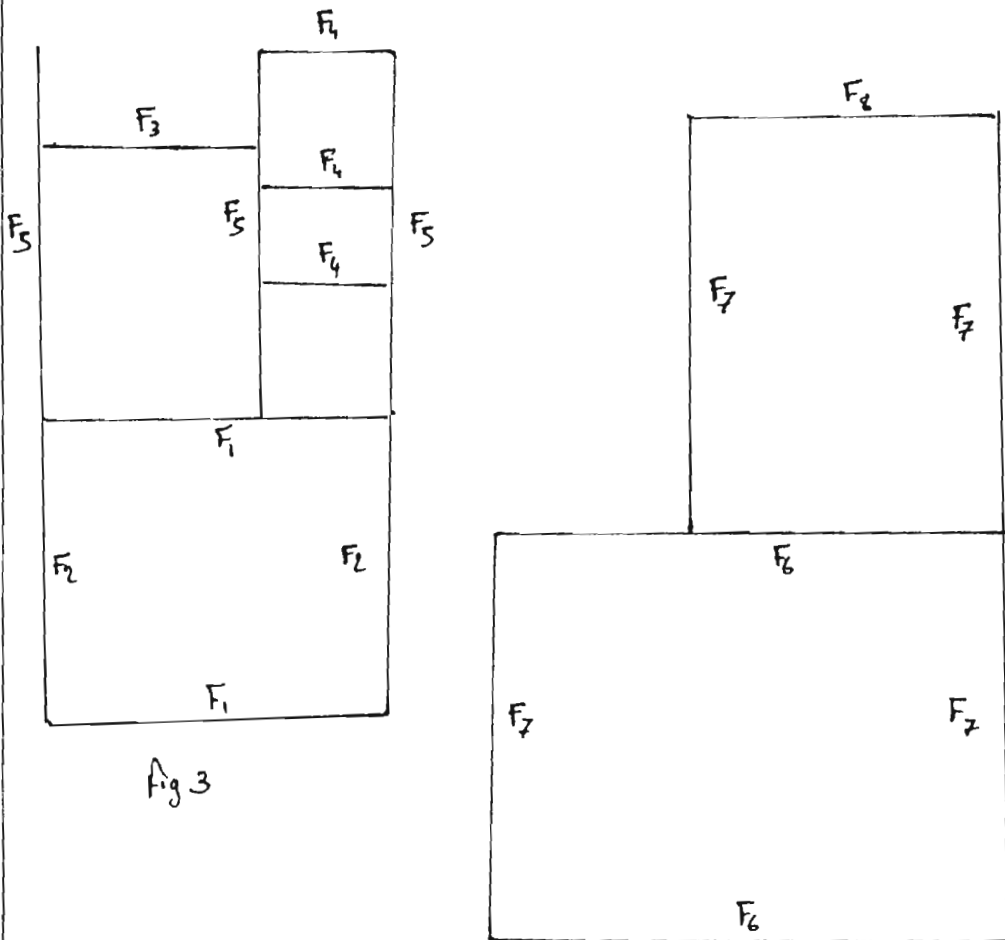
- d'un dallage.
- des semelles filantes.

Les semelles filantes sont dimensionnées selon les méthodes usuelles de dimensionnement.

Nous aboutissons aux dimensions suivantes : voir figure ci-après : (Les dimensions ont été fournies par Bureau d'étude HAMD)



Ces filantes sont disposées suivant le schéma suivant :



26

Les armatures longitudinales sont retenues par des épingles espacées de 20 cm. Le nombre d'épingles au niveau de chaque filante est donné par $N = \frac{\text{Longueur de la filante}}{\text{Espacement}} - 1$.

Le dallage est séparé de la filante par une rangée d'agglos pleins "15x40".

Dallage: Il est constitué d'un béton grossier dosé à 300 kg de ciment par mètre cube.

Agglos pour soubassement:

On utilise des agglos pleins "15x20x40"; disposés en une seule rangée.

Dosage des agglos: 300 kg de ciment par mètre cube de sable.

(Les quantités sont données dans l'étude économique).

Une fois donc les quantités de matériaux déterminées, on passe à la réalisation de l'œuvre.

II-2-1-2/ REALISATION DU GROS-ŒUVRE

27

Cette réalisation débute à l'usine même. Cette usine peut être classée dans la catégorie des usines à chaîne. Les moules sont ici posés sur un châssis à galets qui permet leur déplacement sur des rails. Le long de la voie sont répartis des postes de travail spécialisés, devant lesquels se succèdent les moules. Chaque poste est servi par une équipe spécialisée qui effectue donc les mêmes opérations élémentaires sur tous les moules, à l'image de ce qui se passe pour une ligne de montage.

Au niveau de l'usine on distingue les étapes suivantes :

- Fabrication du béton : Il s'agit d'une bétonnière de forte capacité alimentée à partir de silos par un système à dosage pondéral.
- Transport du béton : on utilise un convoyeur à bande fixe.
- Mise en place du béton : on utilise des vibrateurs électriques.
- Moules horizontaux : ces moules sont constitués d'une aine horizontale complétée par des joues amovibles. Les dimensions des moules sont réglables.
- Parc de stockage : le parc de stockage joue un rôle régulateur en permettant à l'atelier de fabrication de conserver la

28

Continuité de fonctionnement qui lui est nécessaire.

- Transport des éléments au chantier: Après donc bouchage et murissement des éléments préfabriqués, on s'occupe maintenant de leur transport au chantier de construction. On utilise alors des camions-plate-formes qui reçoivent un chevalet monté sur un châssis horizontal.
- Réalisation de la fondation: elle se fait d'une manière classique: Béton de propreté, coffrage et coulage des éléments.
- Pose des panneaux: On utilise de la colle mélangée à du ciment pour assembler les panneaux entre eux.

Ainsi donc le gros-œuvre est réalisé.

II-2-2/ PRESENTATION DE LA FILIERE ²⁹ SENAC ETERNIT

Cette filière ressemble beaucoup, dans son ensemble et ses procédés à la filière HAMD. La Senac a été pour la construction de plaque en amiante-ciment. Mais avec l'évolution, la Senac s'est lancée dans un nouveau domaine qu'est la prefabrication. On a assisté donc à la création d'une section C.C.M (Construction à Coût Moderne) pour la construction d'habitations.

Pour éviter de nous répéter, nous ne présenterons que les aspects différents de ceux de HAMD. En effet ces deux filières ont la même méthodologie et le même mode de réalisation. La différence principale réside dans la composition des panneaux et le mode d'assemblage de ces derniers.

II-2-2-1/ Méthodologie.

Nous avons les mêmes étapes que dans la filière HAMD.

1^{er}) L'analyse structurale : Elle présente un caractère routinier. En effet au niveau de la Senac, cette analyse proprement dite ne se fait pas systématiquement. L'établissement des dimensions et de l'épaisseur des panneaux ^{se fait} y a partir d'expériences basées sur des essais de compression et de tension.* Ces types de construction étant de type "léger", les charges varient peut d'une

* Référence : Veritas et "bureau d'étude Senac".

d'une construction à un autre.

1-b) DIMENSIONNEMENT

On commence d'abord par fragmenter la construction en panneaux comme le montre la figure 4 :

- Panneaux

Pour cette filière on note l'utilisation de panneaux sandwich. Un panneau est constitué par deux plaques d'amiante-ciments entre lesquelles on a interposé une mousse.

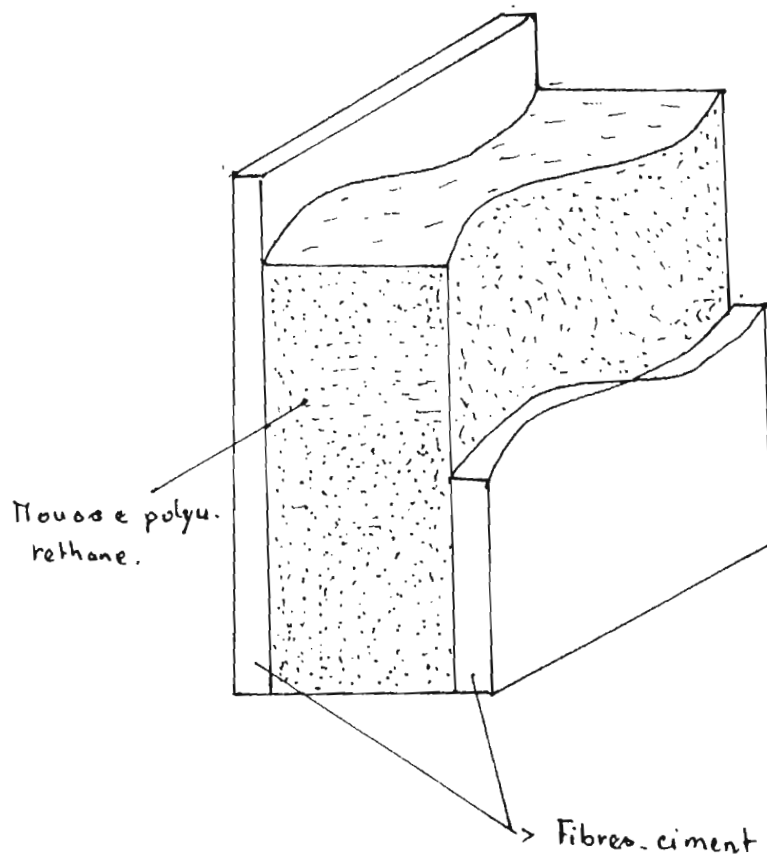


fig 4

Les plaques en fibre ciment sont composées de ciment, d'amiante et d'eau. Donnons sous forme de tableau la composition en matériaux de base par mètre carré de

| Plaque d'amiante ciment de 1 m ² de surface | | |
|--|---------------------------|------------|
| Matériaux de base | composition en masse (kg) | provenance |
| Ciment | 5.55 | Sococim |
| Amiante - Russe | 0,400 | URSS |
| Amiante - Canadien | 0.046 | CANADA. |
| eau | 2.7 | |

Tableau : 1

(Reference Senac-Eternit)

1.c) Composition de la mousse

Elle est composée du Napiol, du Naflu du Freon 11 et d'un catalyseur le DMCHA.

Pour un bloc de mousse de 3m de long, 60cm de large et 50cm d'épaisseur: (reference Senac-Eternit)

| Elements de base | masse en Kg |
|------------------|-------------------|
| Naflu | 21 |
| Napiol | 20 |
| Freon 11 | 7 |
| DMCHA | $9 \cdot 10^{-2}$ |

Tableau : 2

(Reference Senac-Eternit).

32

1-d) OSSEATURE

Les panneaux sont reliés entre eux par une ossature

- Composée de :
- poteaux "profilé omega" galvanisé
 - poteaux - tubes 60x60 peints à l'anti.rouille.
 - cornière galvanisée.

II-2-2-2/ REALISATION DU GROS-ŒUVRE

33

Les éléments principaux du gros œuvre sont fabriqués à l'usine. Sur le chantier, nous n'avons que le montage des éléments préfabriqués.

II-2-2-2-1/ Fabrication des panneaux

On dispose de deux plaques d'amiante-ciment déjà préparées à la dimension voulue. On repend de la colle spéciale sur la face lisse de ces plaques. Entre les deux surfaces pétries de colle, on intercale deux galettes de mousse déjà préparées. Cet ensemble plaques-mousse est regroupé sous une masse de 4 tonnes environ pendant 24 heures. Après cette durée, on demoule, et le panneau est fait.

II-2-2-2-2/ Fabrication de la mousse.

On débute, en préparant les pesées des différentes composantes dans des bidons. En second lieu, on verse le Naflu dans le malaxeur qu'on fait fonctionner pendant 3 secondes. A la fin donc de ce temps de malaxage requis, le Freon 11 et le catalyseur sont ajoutés au mélange. Le malaxeur est actionné de nouveau pendant 20 à 30 s pour permettre une homogénéisation parfaite. Le produit est ensuite versé dans un moule, où on le maintient pendant 5 à 10 mn. Le bloc est mûri pendant 2 à 3 jours avant d'être coupé en galettes.

34

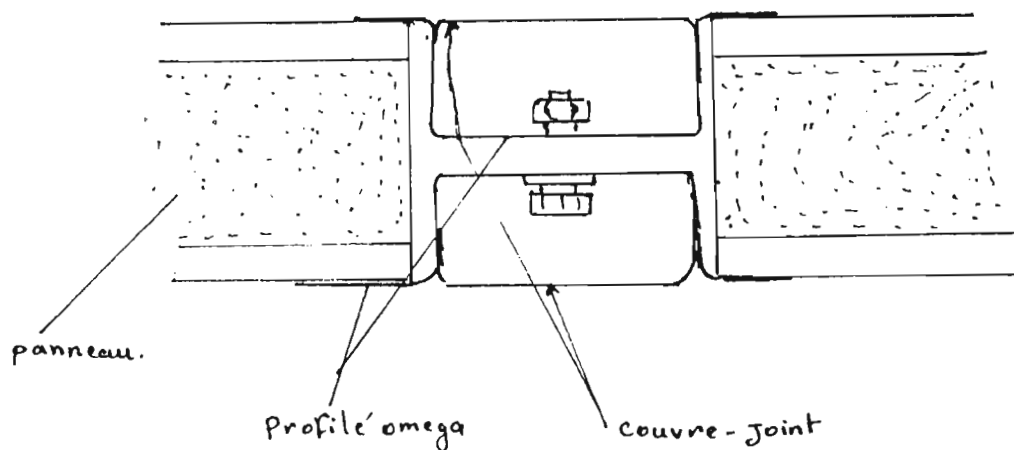
Une fois les différents éléments réalisés en usine, ces derniers sont transportés sur le chantier. On procède alors à l'assemblage des différents éléments qui composent le "KIT".

Au chantier on observe les opérations suivantes :

II-2-2-2-3/- Fondation : La construction est montée sur un chaînage béton classique sur lequel est fixé la semelle des profilés en acier galvanisé. Ce profilé a pour fonction d'assurer une bonne étanchéité.

II-2-2-2-4/ Pose des panneaux :

Les panneaux sandwichs préfabriqués reposent sur les profilés en U de la fondation. Les panneaux sont reliés entre eux par des profilés omega. Au niveau de chaque jonction, deux profilés sont disposés et boulonnés de sorte qu'ils forment un poteau profilé en "I".



II-2-25/ chainage superieur et contreventements

Le chainage superieur est realise' en profile' acier galvanise'. Ce chainage superieur est boulonne' a l'ossature metallique afin de reprendre les efforts de soulèvement de la toiture dus au vents.

Les contreventements sont constitues par des raidisseurs et cables en crois, réglables par ridoirs.

II-2-26/ Pose du toit

La pose du toit s'effectue de la même manière que la pose classique des toles ondulees.

Chapitre IV et VI

ETUDES
ECONOMIQUES :
MICRO
ET
MACRO

III-0 INTRODUCTION

Nous rappelons le but principale de notre sujet est de faire une étude comparative entre les différentes filières de construction. Une question nous vient naturellement à l'esprit : Comparer sur quel plan ? Pour répondre à cette interrogation, nous avons invoqué les raisons de cette étude. En effet notre sujet entre dans le cadre d'un projet globale qui s'intitule : "Confort et Economie dans l'Habitat Urbain". Ainsi donc nous avons décidé que cette comparaison allait se faire sur les plans économiques et énergétiques. Nous nous proposons donc de déterminer pour chaque filière, les quantités de matériaux utilisés et leur coût.

III-1- / CALCUL DES QUANTITES

III-1-1 / FILIERE TRADITIONNELLE

CAS ① : Toit en Béton Armé

III-1-1-1 / Fondation

III-1-1-1a) Volume de béton au niveau des longrines.

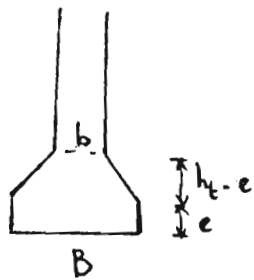
Volume pour une longrine = $L \times l \times h$

Nous présentons les résultats sous forme de tableau.

| Longrine | Volume (m ³) | nombre de Longrines | Volume Total (m ³) |
|--------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Equigrine F ₁ | 0.1756 | 3 | 0.536 |
| F _{2.1} | 0.1143 | 2 | 0.229 |
| F _{2.2} | 0.1327 | 2 | 0.265 |
| F ₄ | 0.355 | 1 | 0.355 |
| F _{5.1} | 0.1708 | 1 | 0.171 |
| F _{5.2} | 0.1708 | 1 | 0.171 |
| F ₆ | 0.1228 | 1 | 0.1228 |
| F ₇ | 0.330 | 1 | 0.330 |
| F ₅ | 0.2269 | 2 | 0.454 |
| tableau 3 | | | $\Sigma = 2.63 \text{ m}^3$ |

$$V = 2.63 \text{ m}^3$$

III-11b) Volume de beton au niveau des semelles



$$V = B^2 \times e + b^2 (h_t - e) + \frac{B}{3} (B - b) (h_t - e)$$

Maux avons 12 semelles de mêmes dimensions :

$$B = 0.6 \text{ m} \quad b = 0.2 \text{ m} \quad e = 0.11 \quad h_t = 0.175$$

$$\text{donc } V = 0.6^2 \times 0.11 + 0.2^2 (0.175 - 0.11) + \frac{0.6}{3} (0.6 - 0.2) (0.175 - 0.11) \\ = 0.0474 \text{ m}^3$$

$$\text{Pour les 12 semelles } V = 0.57 \text{ m}^3$$

III-112/Quantité de matériel au niveau des colonnes

Toutes les colonnes ont les mêmes dimensions.

Volume de béton pour les 12 colonnes :

$$V = 12 \times 0.16 \times 0.16 \times 2.6 = 0.798 \text{ m}^3$$

Ce qui correspond aux quantités suivantes.

| Elements | quantité par m ³ de béton | quantité totale |
|----------------|--------------------------------------|-----------------|
| ciment (kg) | 350 | 279.3 |
| grès 8/16 (l) | 350 | 279.3 |
| grès 16/25 (l) | 400 | 359.1 |
| sable (l) | 400 | 359.2 |
| Eau | 180 | 143.6 |

Tableau.4

Quantité d'armature

- acier longitudinale : Longueur = $12 \times 2.8 \times 4 = 134 \text{ m}$

$$\text{Masse de fer } \#8 = 52.9 \text{ kg.}$$

- acier transversale : Longueur = $12 \times 110 \cdot 10^{-3} = 1.32 \text{ m}$

$$\text{Masse de fer } \#6 = 0.29 \text{ kg.}$$

Voir par dimensionnement pour la détermination des quantités.

III-1-1-c) Quantité en matériaux de base pour les longrines

Les longrines sont faites avec du béton dosé à 350 kg/m³

| Elementa | Quantité pour 1 m ³ de beton | Quantité totale |
|------------|---|-----------------|
| Ciment | 350 kg | 920.5 kg |
| Grés 8/16 | 350 litres | 920.5 l |
| Grés 16/25 | 450 litres | 1183.5 l |
| Sable | 400 litres | 1052 l |
| eau | 180 litres | 473.4 l |
| | | |

Tableau 5

III-1-1-d) Quantité de matériaux constituant les semelles

Les semelles sont constituées d'un béton dosé à 300 kg/m³

| Elementa | Quantité par m ³ de beton | Quantité totale |
|----------------|--------------------------------------|-----------------|
| Ciment (kg) | 300 | 171 |
| Grés 16/25 (l) | 800 | 456 |
| Sable (l) | 600 | 228 |
| Eau (l) | 180 | 103 |
| | | |

Tableau 6

Béton de propreté

On que ce beton est reparti sur une longueur de 57.525m et une épaisseur de 2 cm et une largeur de 15cm..

$$V = 57.525 \times 0.02 \times 0.15 = 0.17 \text{ m}^3$$

Ce beton est dosé à 250 kg/m³. Ce qui nous permet de déterminer les quantités suivantes.

| | | | |
|----|---------------|------------------------------|------------------|
| 40 | Elements | quantite' par m ³ | quantite' totale |
| | Ciment (kg) | 250 | 43 |
| | Graa 3/16 (l) | 800 | 137.6 |
| | sable (l) | 400 | 68.8 |
| | Eau (l) | 180 | 30.96 |

Tableau 7

III-1-1-1-e) Quantite d'acier d'armature au niveau de

La Fondation

| Longrine | Numero des barres | Case "1" "2" "3" "4" "5" "6" "7" "8" | | | | | | | |
|------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------|---------------------------|--|
| | | Nbre de barre ayant la même longueur | Longueur d'acier Longitudinale | Longueur Totale (m) | Dimension des cadres | Longueur d'un cadre | Nombre de cadres | Longueur d'acier de cadre | |
| F ₁ | # 8 (0.395) | 4 | 4.2 | 21.532 | 130 142 | 0.864 | 7 | 6.048 | |
| | | 2 | 2.366 | | | | | | |
| F _{2.1} | # 8 (0.395) | 4 | 3.425 | 13.7 | 115 115 | 0.734 | 8 | 5.872 | |
| | | 2 | 2.366 | | | | | | |
| F _{2.2} | # 8 (0.395) | 4 | 4.054 | 16.216 | 115 115 | 0.734 | 8 | 5.872 | |
| F ₄ | # 8 (0.395) | 4 | 5.750 | 30.168 | 142 137 | 1.058 | 10 | 10.580 | |
| | | 2 | 3.584 | | | | | | |
| F ₅ | # 8 (0.395) | 4 | 4.425 | 23.122 | 142 142 | 0.918 | 8 | 7.344 | |
| | | 2 | 2.711 | | | | | | |
| F ₆ | # 8 (0.395) | 4 | 3.750 | 15 | 142 137 | 0.758 | 7 | 5.306 | |
| | | 2 | 2.070 | | | | | | |
| F _{5.1} | # 8 (0.395) | 4 | 4.625 | 18.5 | 142 142 | 0.782 | 8 | 6.256 | |
| F _{5.2} | # 8 (0.395) | 4 | 4.625 | 18.5 | 142 142 | 0.782 | 8 | 6.256 | |
| F ₇ | # 8 (0.395) | 4 | 5.75 | 30.168 | 142 142 | 1.058 | 10 | 10.580 | |
| | | 2 | 3.584 | | | | | | |

Tableau. 8

Legende du tableau

Les cases situées au coin droit indique le nombre de longrines

les nombres entre parenthèses indique la masse lineaire de la

barre d'acier. Pour les longueurs nous avons tenu compte des crochets

Masse d'acier Longitudinal

$$\text{Masse} = \sum (\text{"4"}) \times [x] \times (y) \quad ; \quad x : \text{nbre de longrines}$$

y : masse lineaire

"4" : longueur totale.

$$\text{Masse} = \underline{131 \text{ kg.}}$$

Masse d'acier transversal

$$\text{Masse} = \sum [(\text{"8"}) \times [x] \times 0.222]$$

0.222 étant la masse lineaire de barre # 6.

$$\text{Masse} = \underline{21 \text{ kg.}}$$

Armature au Niveau des semelles

Au niveau de chaque semelle nous avons sur chaque coté 6 # 8

$$\text{Longueur d'acier # 8} = 12 \times 12 (600 + 100) \cdot 10^{-3} = 100.8 \text{ m}$$

$$\text{Masse de fer} = 39.816 \text{ kg.}$$

Pour la determination des quantités voir dimensionnement des semelles.

I-1-2/ESTIMATION DES QUANTITES AU NIVEAU DU TOIT

• DALLE "A" (fig)

$$V = L \times l \times h = 6.8 \times 3.8 \times 0.11 = 2.842 \text{ m}^3$$

• Dalle "B" (fig

$$V = V_1 + V_2 = 0.11 \times [3.25 \times 4.325 + 5.25 \times 4.325]$$

$$V = 4.044 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = 4.044 + 2.842 = 6.886 \text{ m}^3 \approx 7 \text{ m}^3$$

Ce qui correspond aux quantités suivantes

| Dosage 350 kg/m ³ | | |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Elements | quantite par m ³ | quantite totale |
| Ciment (kg) | 350 | 2410 |
| Grés 2/16 (l) | 350 | 2410 |
| Grés 16/25 (l) | 450 | 3098.7 |
| Sable (l) | 400 | 2754 |
| Eau (l) | 180 | 1239.5 |

Tableau 9

I-1-2-1 Quantité d'Armature au niveau du Toit.

| | casé "(1)" | "(2)" | "(3)" | "(4)" | "(5)" | "(6)" |
|--------------------------|-----------------------|--|--|--------------------|--|---|
| Dalle considérée | L _x (m) | Nbre d'arma- ture par mètre selon L _x | Longueur d'armature selon L _x (m) | L _y (m) | Nbre d'arma- ture / mètre selon L _y | longueur d'armature selon L _y (m) |
| Dalle "A" | 3.6 | 18 # $\frac{122}{8}$ | 439 | 6.8 | 12 # $\frac{43}{8}$ | 292.4 |
| Dalle "B" panneau (1) | 3.15 | 14 # $\frac{58}{8}$ | 182.7 | 4.125 | 11 # $\frac{35}{8}$ | 144.4 |
| Dalle "B" panneau (2) | 4.125 | 18 # $\frac{98}{8}$ | 379.5 | 5.15 | 15 # $\frac{62}{8}$ | 319.3 |

tableau 10

44

Volume total de beton pour les poutres

$$V = \sum V_i = 3.196 \text{ m}^3$$

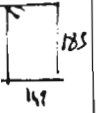
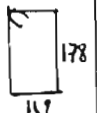
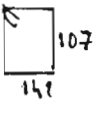


determinons les quantités de matériaux de base pour ce volume

dosage 350 kg/m^3

| Element | Quantité par m^3 | quantité totale |
|--------------|---------------------------|-----------------|
| ciment (kg) | 350 | 1118.6 |
| Gr 8/16 (l) | 350 | 1118.6 |
| Gr 16/25 (l) | 450 | 1438.2 |
| Sable (l) | 400 | 1278.4 |
| Eau (l) | 180 | 575.28 |

tableau 11

III-1-1.2.3/Quantité d'Armature au niveau du chaînage supérieur.

| Poutre | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|------------------|---|------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------|--|-------------------|------------------|-------------------|
| | | Numero de barres | Nbre de barres ayant la même longueur | longueur d'une barre longitudinale | longueur totale (m) | dimension de cadre | longueur de cadre | Nombre de cadres | longueur de cadre |
| P ₁ | 1 | # 8 (0.395) | 2 | 2.366 | 21.532 |  | 0.854 | 7 | 5.978 |
| | | # 10 (0.785) | 4 | 4.900 | | | | | |
| | | # 8 (0.395) | 2 | 2.366 | 4.732 | | | | |
| P ₃ | 1 | # 8 (0.395) | 4 | 4.2 | 27.532 |  | 0.840 | 7 | 5.88 |
| | | # 10 (0.785) | 2 | 2.366 | | | | | |
| | | # 8 (0.395) | 3 | 2.366 | 7.098 | | | | |
| P _{2.1} | 2 | # 8 (0.395) | 4 | 3.425 | 17.808 |  | 0.698 | 8 | 5.584 |
| | | # 10 (0.785) | 2 | 2.054 | | | | | |
| | | # 8 (0.395) | 1 | 2.054 | 2.054 | | | | |
| P _{2.2} | 2 | # 8 (0.395) | 4 | 4.025 | 20.502 |  | 0.750 | 19 | 14.25 |
| | | # 10 (0.785) | 2 | 2.201 | | | | | |
| | | # 8 (0.395) | 2 | 2.201 | 4.402 | | | | |
| B ₁ | 1 | # 8 (0.395) | 4 | 5.75 | 30.168 |  | 0.926 | 10 | 9.26 |
| | | # 10 (0.785) | 2 | 3.584 | | | | | |
| | | # 8 (0.395) | 4 | 3.584 | 14.336 | | | | |



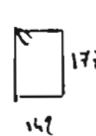
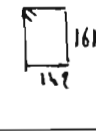
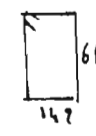
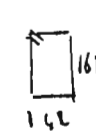

| | | | | | | | | | |
|------------------|---|-----------------|---|-------|--------|--|-------|----|--------|
| B ₁ | 1 | # 8 | 4 | 5.75 | 30.168 |  | 0.926 | 10 | 11.26 |
| | | (0.395) | 2 | 3.584 | | | | | |
| | | # 10 (0.785) | 4 | 3.584 | 14.336 | | | | |
| B _{2.1} | 1 | # 8 | 4 | 4.625 | 23.922 |  | 0.926 | 12 | 13.512 |
| | | (0.395) | 2 | 2.711 | | | | | |
| | | # 10 (0.785) | 3 | 2.711 | 8.133 | | | | |
| B _{2.2} | 1 | # 8 | 4 | 4.625 | 23.922 |  | 0.838 | 17 | 14.246 |
| | | (0.395) | 2 | 2.711 | | | | | |
| | | # 10 (0.785) | 3 | 2.711 | 8.133 | | | | |
| B ₃ | 1 | # 10 | 3 | 2.711 | 8.133 |  | 0.806 | 8 | 6.448 |
| | | # 8 | 4 | 4.625 | | | | | |
| | | (0.395) | 2 | 2.711 | 23.922 | | | | |
| B ₄ | 1 | # 10 (0.785) | 1 | 2.070 | 2.070 |  | 0.606 | 7 | 4.242 |
| | | # 8 | 4 | 3.750 | 13.14 | | | | |
| | | (0.395) | 2 | 2.070 | | | | | |
| B ₅ | | # 8 | 4 | 4.625 | 23.122 |  | 0.806 | 8 | 6.448 |
| | | (0.395) | 2 | 2.711 | | | | | |
| | | # 10 (0.785) | 3 | 2.711 | 8.133 | | | | |
| B ₆ | | # 8 | 4 | 5.75 | 30.168 |  | 1.086 | 20 | 21.72 |
| | | (0.395) | 2 | 3.584 | | | | | |
| | | # 25 (1.57) | 3 | 3.584 | 10.752 | | | | |

tableau : 12

(Légende voir tableau 8)

Nous avons calculé les différentes quantités du tableau à partir du plan de coffrage.

$$\text{Masse d'armature} = \sum (n) \cdot (y) \cdot (4) = 167.78 \text{ kg.}$$

46

Masse d'armature ayant un diamètre $d > 16$

$$M = 59.824 \text{ kg.}$$

I.1.3/ ESTIMATION DES MATERIAUX CONSTITUANT LES AGGLOS

- Nombre d'agglos de 15

. Surface de mur de 15 = longueur totale x hauteur

$$= (6 + 3.5 + 3.5 + 1.4 + 2.44 + 5 + 8 + 3 + 8) \times 2.10 = 93.932$$

. surface des ouvertures :

- Fenêtre : $4 \times 0.83 \times 1.86 = 4.183 \text{ m}^2$

- Porte : $2.10 \times 0.83 \times 2 = 3.486 \text{ m}^2$

surface d'un agglo "15" : $(20 \times 50) \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ m}^2$

Nombre d'agglos de 15 : $\frac{93.932 - (4.183 + 3.486)}{0.1} \approx 863 \text{ unités.}$

- Nombre d'agglos de 7

Avec le même raisonnement que précédemment on a

$$N \approx 97 \text{ unités.}$$

- Nombre d'agglos de 10.

Même raisonnement $N = 188 \text{ unités.}$

Volume de béton pour les agglos

| Type d'agglos | Volume unitaire (m^3) | Nombre d'unités | Volume Totale. (m^3) |
|---------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Agglos "15" | 0.0121 | 863 | 10.44 |
| Agglos "10" | $7.85 \cdot 10^{-3}$ | 188 | 1.47 |
| Agglos "7" | 0.0071 | 97 | 0.69 |

$$\text{Volume de ce beton} = 12.6 \text{ m}^3$$

Dosage : 300 kg de ciment par mètre cube de sable.

$$\text{densité du ciment} = 3.14 \Rightarrow \rho_{\text{ciment}} = 3.14 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{donc le volume occupé par 300 kg est } V_c = \frac{300}{3.14 \cdot 10^3} = 0.096 \text{ m}^3$$

Ce volume correspond à 1 m³ de sable :

donc le volume de sable correspondant à 12.6 m³ de matière

$$\text{est } V_s = \frac{1 \text{ m}^3 \times 12.6 \text{ m}^3}{(1 + 0.096)} = 11.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Masse de ciment} = 11.5 \times 300 = \underline{3450 \text{ kg}}$$

$$\text{Volume de sable} = \underline{11500 \text{ l}}$$

$$\text{Volume d'eau} = 180 \times 12.6 = \underline{2268 \text{ l}}$$

Estimation du Nombre d'Agglos pleins : "15x10x40"

Avec un raisonnement similaire on a 144 Agglos pleins

ce qui correspond à un volume de 1.7 m³

avec un dosage de 300 kg de ciment par mètre cube de sable

$$\text{on a : } \text{Masse de ciment} = \frac{1 \times 1.7}{1.096} \times 300 = \underline{465 \text{ kg}}$$

$$\text{Volume de sable} = \underline{1550 \text{ l}}$$

$$\text{Volume d'eau} = \underline{306 \text{ l}}$$

Estimation du Volume d'enduit

$$V = \text{surface} \times \text{épaisseur} = (2 \times 9.5 \cdot 10^{-3}) \times 229.36 = 1.15 \text{ m}^3$$

$$V = 1.15 \text{ m}^3$$

dosage 350 kg/m³ de sable

$$\text{Masse ciment} = 1.15 \cdot \left(1 + \frac{350}{3.14}\right)^{-1} \times 350 = \underline{362 \text{ kg}}$$

f)

48

Volume de sable : 1189 l

Volume d'eau : 207 l.

Estimation du volume de Joint

$$V = \text{Surface devant être recouverte} \times 18 \text{ l/m}^2$$

$$V = 4199 \text{ l} = 4.199 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Ciment} = 1300 \text{ kg.}$$

$$\text{sable} : 3714 \text{ l}$$

$$\text{Eau} : 743 \text{ l}$$

III-1-1-4) Quantité de matériaux constituant les Linteaux

D'après le design, nous avons besoin d'une poutre de 100 mm de hauteur; nous choisissons de mettre les armatures dans les agglos. On utilise 2 # 6 pour chaque linteau.

$$\text{Longueur de fer } \# 6 : 10 \text{ m} \Rightarrow \text{masse} = 2.22 \text{ kg.}$$

III-1-2/

FILIERE "HAMO"

49

III-1-2-1/ QUANTITE DE MATERIAUX AU NIVEAU du TOIT

- QUANTE D'ARMATURES

En se referent à la figure on a les quantités suivante.

| Dalle " N " | Longueur (m) | Largeur (m) | Nombre de barre # 8 | Nombre de barre # 6 | Longueur Totale d'acier # 8 (m) | Longueur totale d'acier # 6 (m) |
|-------------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Dalle " 1 " | 3.80 | 3.225 | 21 | 18 | 79.8 | 58.05 |
| Dalle " 2 " | 3.825 | 3.80 | 25 | 19 | 95.95 | 72.2 |
| Dalle " 3 " | 4.225 | 3.35 | 22 | 21 | 92.95 | 70.35 |
| Dalle " 4 " | 5.35 | 4.225 | 28 | 26 | 149.8 | 109.85 |
| Tableau 18 | | | | | Z = 418.175 | Σ = 310.45 |

Si on prévoit 10 cm de crochet à chaque extrémité de barre :

$$\text{Longueur de crochet} = 2 \times 10 \times 180 = 3600 \text{ cm} = 36 \text{ m}.$$

$$\text{ce qui correspond pour les \# 8} \quad 96 \times 20 = 1920 \text{ cm} = 19.2 \text{ m}$$

$$\text{pour les \# 6} \quad 84 \times 20 = 1680 \text{ cm} = 16.8 \text{ m}$$

$$\text{Masse de fer \# 8} = (418.175 + 19.2) \times 0.395 = 172.76 \text{ kg}.$$

$$\text{Masse de fer \# 6} = (310.45 + 16.8) \times 0.222 = 72.65 \text{ kg}.$$

$$\text{Masse totale de Fer: } \underline{245.41 \text{ kg}}.$$

- QUANTITE DE BETON.

Epaisseur du Toit: 14 cm.

$$V = \text{Surface} \times h = [(3.825 + 3.225) \times 3.80 + 4.225(5.35 + 3.35)] \times 0.14$$

$$V = 8.9 \text{ m}^3$$

avec un dosage de 300 kg de ciment par metre cube de

beton on a les quantités suivantes :

| | | | |
|----|---------------|---|-----------------|
| 50 | Eléments | quantité pour 1 m ³ de béton | quantité totale |
| | ciment (kg) | 300 | 2670 |
| | Gris 8/16 (l) | 800 | 7120 |
| | Sable (l) | 400 | 3560 |
| | Eau (l) | 180 | 1602 |

tableau: 13

III-1-2-2/Quantité de Matériaux au Niveau des Panneaux

- quantité d'Armatures

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|------------|--------------|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Panneau | Longueur (m) | hauteur (m) | Nombre d'armatures Transversales | Nombre d'armatures Longitudinales | Nombre de panneaux de ce type | Longueur Totale d'armature (m) |
| Panneau 1 | 3.6 | 2.10 | 10 | 17 | 2 | 143.4 |
| Panneau 2 | 3.625 | " | 10 | 17 | 1 | 71.95 |
| Panneau 3 | 3.125 | " | 10 | 15 | 2 | 125.5 |
| Panneau 4 | 5.15 | " | 10 | 25 | 2 | 208.0 |
| Panneau 5 | 4.125 | " | 10 | 20 | 4 | 333.0 |
| Panneau 6 | 3.15 | " | 10 | 15 | 5 | 315 |
| Panneau 7 | 2.925 | " | 10 | 15 | 2 | 121.5 |
| Panneau 8 | 1.4 | " | 10 | 7 | 1 | 28.7 |
| Panneau 9 | 0.7 | " | 10 | 4 | 2 | 30.8 |
| Panneau 10 | 2.9 | " | 10 | 15 | 1 | 60.5 |

$\Sigma = 1438.35$

Tableau : 14

Legende Tableau 14 :

$$\text{case "(6)"} = [(1) \times (3)] + [(2) \times (4)] \times (5)$$

Longueur pour crochet : $20 \text{ cm} \times 566 = 11320 \text{ cm} = 113.2 \text{ m}$

Longueur totale d'armature = 1551.5 m

Masse d'armature : $1551.5 \times 0.055 \text{ kg/m} = 85.33 \text{ kg.}$

Volume de beton au niveau des panneaux :

Volume de beton au niveau d'un panneau = surface \times ep.

épaisseur : 10 cm hauteur 2.10 m .

En établissant un tableau similaire au tableau

on a le volume suivant : $V = 13.68 \text{ m}^3$

ce qui correspond aux quantités de matériaux suivantes :

| Elemente | quantité par m^3 de beton | quantité totale |
|-------------|------------------------------------|-----------------|
| ciment (kg) | 300 | 4104 |
| Gr 8/16 (l) | 800 | 10944 l |
| sable (l) | 400 | 5472 |
| Eau (l) | 180 | 2462 |

Tableau 15

III-1-2-3/ Quantité de matériaux au niveau de
La fondation.

Quantité d'armatures

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|----------------|----------------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Semelle | Longueur de la Semelle (m) | Nombre de barres # 8 | Masse de Fer # 8 | Nombre d'épingles | Longueur de barre # 8 (m) | Longueur de # 8 (m) | Masse de Fer # 6 |
| F ₁ | 3.6 | 6 | 18.01 | 17 | 14.79 | 22.8 | 6.57 |
| F ₂ | 3.125 | 6 | 15.6 | 15 | 13.05 | 19.95 | 5.79 |
| F ₃ | 2.2 | 6 | 5.69 | 10 | 8.7 | 14.4 | 1.93 |
| F ₄ | 1.4 | 6 | 11.38 | 7 | 6.09 | 9.6 | 4.056 |
| F ₅ | 3.625 | 6 | 27.2 | 17 | 14.79 | 22.95 | 6.57 |
| F ₆ | 5.15 | 6 | 25.36 | 25 | 21.75 | 32.1 | 9.56 |
| F ₇ | 4.125 | 6 | 41.00 | 20 | 17.4 | 25.95 | 15.45 |
| Tableau 16 | | | $\Sigma = 144.4$ | | | | $\Sigma = 49.93$ |

52

Legende tableau .

$$"(2)" = "(6)" \times "(e)" \quad ; \quad "(7)" = "(5)" \times 0.222$$

$$"(5)" = "(4)" \times 0.87$$

$$\text{poids de barre \# 8} = [x] \times "(6)" \times 0.395$$

$$\text{Poids de barre \# 6} = [x] \times "(5)" \times 0.222$$

$$\text{Masse totale de Fer : } \underline{194.33 \text{ kg.}}$$

III-1-2-4 Quantité de béton au niveau de la fondation.

Nous avons le même type de semelle à tous les niveaux .

voir fig.

Volume de béton constituant les semelles .

Les semelles ont une épaisseur constante donc

$$\text{Volume} = \text{Longueur totale} \times \text{épaisseur} \times \text{hauteur}$$

$$= 57.725 \times 0.2 \times 0.4 = 4.602 \text{ m}^3$$

Avec un dosage de 350 kg/m^3 nous obtenons des quantités suivantes :

| Elementa | quantité par m^3 de béton | Quantité totale |
|---------------|------------------------------------|-----------------|
| ciment (kg) | 350 | 1610 |
| Grès 16/25(l) | 800 | 3682 |
| Sable (l) | 400 | 1841 |
| Eau (l) | 180 | 828 |

Tableau 17

Volume de béton au niveau du dallage.

$$\text{Volume} = \text{Surface} \times \text{hauteur}$$

$$= [3.6 \times (3.125 + 3.625) + 5.15 \times 4.125 + 4.125 \times 3.15] \times 0.07$$

$$= 4.1 \text{ m}^3$$

Avec un dosage de 300 kg/m^3 on a les quantités suivantes :

| Element | Quantité par m^3 de béton | Quantité Totale |
|----------------|------------------------------------|-----------------|
| ciment (kg) | 300 | 1230 |
| Grés 16/25 (l) | 800 | 3280 |
| Sable (l) | 400 | 1640 |
| Eau (l) | 180 | 738 l |

Tableau : 18

Quantité de matériaux constituant le soubassement

Nombre d'agglos pleines $(15 \times 20 \times 40) = 144$ unités

Volume de joint : 0.16 m^3

Volume de mortier constituant les agglos.

$$V = 144 \times 0.012 = 1.728 \text{ m}^3$$

ce qui correspond à un volume de sable de 1.56 m^3

avec donc un dosage de 300 kg de ciment par m^3 de sable

Pour Agglos: ciment : ~~468.4~~ 468.4 kg

Sable : 1560 l

Eau : 311 l .

Pour les joints on a les quantités suivantes :

Ciments : 50.4 kg .

Sable : 1440 l

Eau : 28.8 l

Enduit pour le soubassement: ciment : 123 kg .

Sable : 410 l

Eau : 82.8 l .

III-13/CAS 2 TOIT EN FIBRO-CIMENT

QUANTITE DE MATERIAUX AU NIVEAU DU TOIT.

Les données de ce cas nous ont été fournies par un devis descriptif et quantitatif élaboré par L'E.B.T.P. Voir annexe

III-13a) Couverture: plaques ondulées Eternite 80 m² de surface.

Cette couverture a une épaisseur de 5mm. Ce qui correspond à un volume de 0.4 m³

| Elements | Quantité pour 5.10 ⁻³ m ³ (kg) | Quantité total pour le toit (kg) |
|------------------|--|----------------------------------|
| ciment (kg) | 5.55 | 444 |
| Amiante Russe | 0.4 | 32 |
| Amiante Canadien | 0.3 | 24 |
| cellulose | 0.046 | 3.68 |
| Eau (l) | 2.7 | 222 |

tableau :: 19

3-b) Faux plafond: en staff lisse de 54.5 m² d'aire.

3-c) charpente en bois.

3-d) Maçonnerie :

. Agglos creux 15x20x40 : 133 m²

donc le nombre d'agglos de ce type est 1662 unités

Volume de mortier : $V = 0.012 \times 1662 = 19.94 \text{ m}^3$

. Agglos creux 10x20x40 : 33 m² => 412 unités

Volume de mortier : $V = 3.2343 \text{ m}^3$

donc volume total pour la maçonnerie : $V = 23.17 \text{ m}^3$.

avec un dosage de 300 kg de ciment par m³ de sable

Nous avons les quantités suivantes:

| Element | quantite par m ³ de sable | quantite totale |
|-------------|--------------------------------------|----------------------|
| Ciment (kg) | 300 | 6345 |
| sable (l) | 1000 | 21150 m ³ |
| Eau (l) | 180 l | 4170 l. |
| | | |

Tableau 20

3e) Enduit au mortier de ciment

Surface : 340 m² epaisseur totale 3.5 cm

donc volume = 11.9 m³.

dosage 350 kg : Ciment : 3745 kg.

Sable : 10700 l

Eau : 2142 l.

III-1-3-Quantite' de materieux au niveau de la fondation.

- beton de fondation : Volume = 2.26 m³ ; dosage 350 kg/m³

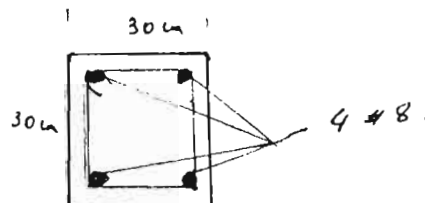
| Elementa | quantite par m ³ | Quantite totale |
|----------------|-----------------------------|-----------------|
| Ciment (kg) | 350 | 791 |
| grés 16/33 (l) | 800 | 1808 |
| Sable (l) | 400 | 904 l |
| Eau (l) | 180 | 407 |

Tableau : 21

- Quantite' d'armature.

D'après le devis descriptif ; l'armature sera forfaitaire.

ment composés de 4 # 8 avec des cadres de Ø 6 tous les 0.20 m.



56

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|----------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------------|
| Semelle | Nbre de ce type | Longueur d'une barre (m) | Longueur totale d'acier # 8 | Nbre de cadre | longueur totale de cadre (m) |
| F ₁ | 2 | 3.80 | 30.4 | 17 | 8.5 |
| F ₂ | 2 | 3.145 | 25.16 | 15 | 7.5 |
| F ₃ | 1 | 2.4 | 9.6 | 10 | 9.5 |
| F ₄ | 3 | 1.6 | 19.2 | 7 | 5.25 |
| F ₅ | 3 | 3.825 | 45.9 | 17 | 12.75 |
| F ₆ | 2 | 5.35 | 42.8 | 25 | 11.5 |
| F ₇ | 4 | 4.225 | 67.6 | 20 | 20 |
| | | | $\Sigma = 240.65$ | | $\Sigma = 69$ |

tableau: 22

$$(3) = (2) \times (1) \quad (5) = (4) \times (1)$$

masse de fer # 8 : 95.66 kg.

masse de fer # 6 : 15.32 kg

total : 110.38 kg

- Béton armé de dallage (référence devis Sicap)Surface 66 m² épaisseur 10 cm \Rightarrow Volume = 6.6 m³

Ce volume est constitué des quantités de matériaux suivantes:

| Element | quantité par m ³ | quantité totale |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| Ciment (kg) | 300 | 1980 |
| grès 16/25 (kg) | 800 | 5280 |
| sable (l) | 400 | 2640 |
| Eau (l) | 180 | 1188 l |

Tableau 23

- Agglos pleins 17 m^3 : Nombre : 213 unités

Volume de matériau : 3.323 m^3

Ciment : 909.9 kg

Sable 3033 l

Eau 598 l.

- Béton de propreté (référence devis scap)

Volume : 0.97 m^3 dosage 150 kg.

Ciment 145.5 kg

Grés 16/15 776 l

Sable 436.5 l

Eau 174.6 l.

- Béton armé en élévation : poutre et linteau. (ref. devis scap)

Volume : 1.6 m^3 dosage 350 kg/m^3 de béton.

| Elemento | quantité par m^3 de béton | quantité totale |
|----------------|------------------------------------|-----------------|
| ciment (kg) | 350 | 560 |
| grés 9/16 (l) | 350 | 560 |
| grés 16/15 (l) | 450 | 710 |
| sable (l) | 400 | 640 |
| Eau | 180 | 288 |

tableau. 24

II-1-4) FILIÈRE SENAC

II-1-4) QUANTITE DE MATERIAUX AU NIVEAU DE LA FONDATION.

QUANTITE D'ARMATURES

Nous avons les mêmes quantités d'armatures que dans la filière traditionnelle cas 2. (Référence desir Sicap)

Masse de Fer : 110.38 kg.

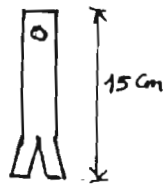
- Quantité de béton : identique au cas ②
- béton de propreté : identique au cas ②
- Dallage : voir cas ②
- Matériaux pour l'étanchéité entre la fondation et les panneaux.

Pour assurer cette étanchéité, on utilise des cornières L 60x40.

Longueur de cornière nécessaire : 57.525 m.

- Patte de scellement

Les panneaux sont reliés à la fondation à l'aide de pattes de scellement qui sont des fer plats 30x4. Ces pattes de scellement se trouvent au niveau de chaque intersection de panneau.



Nombre de patte : 20

Longueur total de Fer 30x4 : 3 m.

Quantité de matériaux constituant les poteaux.

Nous avons deux types de poteaux: des poteaux d'intersection et des poteaux d'angle.

- Poteaux d'intersection : chaque poteau de ce type comprend

2 couvre-joints ; 6 boulons et deux profilés omega.

Nous avons 9 poteaux de ce type. Ce qui correspond aux quantités suivantes :

boulons 8×30 : 54

Couvre-joints : 18

profilé omega : 18 \Rightarrow longueur 38 m.

- Poteaux d'angles : Ils sont composés par une cornière métallique galvanisée : 110×100 ; 6 boulons 10×80 .

Au total on a : 10 profilés 110×100 \Rightarrow longueur 38 m.

13 profilés 40×40 \Rightarrow longueur 28 m

138 boulons 10×80

III-1-4-2/ QUANTITE DE MATERIAUX Constituant les Panneaux.

La maçonnerie étant remplacée par des panneaux sandwich donc nous avons deux fois plus de surface : $2 \times 166 \text{ m}^2$. L'épaisseur des deux panneaux est de 80 mm. donc nous avons un volume de matériaux $V = 2 \times 166 \times 0.08 = 3.32 \text{ m}^3$.

Quantité en éléments de base :

| Element | Quantité pour un volume de 5.10^3 m^3 (kg) | Quantité totale (kg) |
|-----------------------|--|----------------------|
| Ciment (| 5.55 | 3685.5 |
| Amiante Russe | 0.4 | 265.6 |
| Amiante canadien | 0.3 | 199.2 |
| cellulose | 0.046 | 30.54 |
| Eau (m ³) | 2.7 | 1842 |

tableau. 25

Elementa composant la mousse.

Volume de mousse : 8.3 m^3 .

| Elements | Quantité pour 0.9 m^3 (kg) | Quantité totale (kg) |
|----------|--------------------------------------|----------------------|
| Naflu | 21 | 193.67 |
| Napiol | 20 | 184.44 |
| Freon 11 | 7 | 64.56 |
| DmCHA | $2 \cdot 10^{-2}$ | 0.83 |

Tableau: 26

III-4-3) QUANTITE DE MATERIAUX AU NIVEAU DU TOIT.

Contreventement : Il est assuré par des cables #8.

Longueur de cable : $2 \times 6.6 + 5.2 \times 2 + 2 \times 4.8 + 2 \times 5.1 = 43.4 \text{ m}$

Les cables reposent sur des longons 60×60 :

Longueur 28 m.

Chainage supérieur.

Il est constitué par 2 cornières 50×50 ayant une longueur totale de 115.1 m.

chaque cable est soutenu par un tendeur, 2 boulons 30×8 et un plat d'enerage

donc on a 8 tendeur

16 boulons 30×8

8 plats d'enerage : longueur : 1.2 m.

Couverture

Tôle ondulé de surface $80 \text{ m}^2 \times 5 \text{ mm}$.

Quantité en matériaux de base (voir cas (2))

Faux plafond : staff voir cas (2).

61

III-2) ANALYSE SUR LE PLAN MICRO- ECONOMIQUE

III-2-1) METHODE D'ANALYSE

Nous allons faire notre analyse en considérant chaque composante de la réalisation à part. Pour ce faire nous séparons notre gros-œuvre en 4 éléments principaux : Toiture, ossature ; remplissage entre ossatures ; fondation. Ainsi nous établissons un tableau comparatif pour chacun.

FONDATION

| Matières | Traditionnelle cas ① | | Traditionnelle cas ② | | Filière HANO | | Filière Senac | |
|------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------|--------|------------------|--------|
| | quantité (unité) | coût | quantité | coût | quantité | coût | quantité | coût |
| ciment (T) | 3.134 | 143233 | 3.826 | 174860 | 3.627 | 165765 | 2.916 | 133220 |
| Gris 8/16 (m ³) | 1.057 | 7576 | | | | | | |
| Gris 16/20 (m ³) | 6.919 | 47762 | 7.861 | 54285 | 7.738 | 53415 | 7.864 | 54285 |
| sable (m ³) | 3.989 | 4787 | 3.980 | 4776 | 6.891 | 8269 | 3.980 | 4776 |
| Eau (m ³) | 1.79 | 470 | 2.368 | 622.9 | 1.99 | 523.4 | 1.770 | 465.5 |
| Fer : 6CØ16 (kg) | 192 | 53890 | 110.38 | 30981 | 194.33 | 54544 | 110.38 | 30981 |
| Fut plat 30x4 (m) | | | | | | | 3 | 1359 |
| Courtoie L60x40 (m) | | | | | | | 57.525 | 83319 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| coût total | 257 718 | | 265 525 | | 282 516 | | 308 455 | |

Tableau. 27

62

OSSATURE

| Matériaux (unité) | Traditionnelle Cas (1) | | Traditionnelle Cas (2) | | Filière HAND | | Filière Senac | |
|------------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|-----------------|---------|------------------|--------|
| | quantité | coût | quantité | coût | quantité | coût | quantité | coût |
| Ciment (T) | 1.398 | 63 892 | 0.56 | 25 394 | 4.104 | 187 565 | | |
| Arès 7/16 (m ³) | 1.398 | 10 019 | 0.56 | 4 013 | 10.944 | 78 435 | | |
| Arès 16/35 (m ³) | 1.737 | 12 404 | 0.72 | 4 970 | | | | |
| Sable (m ³) | 1.573 | 1895 | 0.64 | 768 | 5.472 | 1566 | | |
| Fer $\phi 6 \leq 16$ (kg) | 220.97 | 62022 | | | | | | |
| Fer $\phi 26$ (kg) | | | | | 85.33 | 23305 | | |
| cornière 50x30 (m) | | | | | | | 115.1 | 91540 |
| cable # 8 | | | | | | | 43.4 | 36 873 |
| Longueur 60x60 (m) | | | | | | | 28 | 31 718 |
| Tendeur (unité) | | | | | | | 8 | 10032 |
| Boulon 8x30 | | | | | | | 70 | 2688 |
| Couvre joint (m) | | | | | | | 38 | 88 236 |
| profilé omega (m) | | | | | | | 38 | 70 771 |
| boulon 10x100 | | | | | | | 138 | 30360 |
| profilé 40x40 | | | | | | | 28 | 22 680 |
| profilé 110x100 (m) | | | | | | | 21 | 39039 |
| Fer plat (m) | | | | | | | 1.2 | 543.3 |
| Eau (m ³) | | | | | | | | |
| Coût total | 150 421 | | 35 420 | | 296 518 | | 424 480 | |

Tableau 27

REPLISSAGE ENTRE OSSATURES

| Materiaux (unité) | Traditionnelle Cus ① | | Traditionnelle Cus ② | | Filière HAMO | | Filière Senac | |
|---------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-----------------|--------------------|------------------|---------|
| | quantité | coût | quantité | coût | quantité | coût | quantité | coût |
| Ciment (T) | 5.577 | 254885 | 10.09 | 461143 | | | | |
| Sable (m³) | 16.764 | 20116 | 31.85 | 38220 | | | | |
| Eau (m³) | 3.317 | 872 | 6.312 | 1660 | | | 1.842 | 484.4 |
| ciment speci- ale (kg) | | | | | | | 3685.2 | 129110 |
| Amiante Russe (kg) | | | | | | | 265.6 | 53110 |
| Amiante canadien (kg) | | | | | | | 193.2 | 127488 |
| cellulose (kg) | | | | | | | 30.55 | 10081.5 |
| Naflu (kg) | | | | | | | 193.67 | 238911 |
| Napiol (kg) | | | | | | | 184.44 | 173722 |
| Freon 11 | | | | | | | 64.56 | 67478 |
| DMCHA | | | | | | | 0.83 | 11480 |
| Semi-colle | | | | | | 40000 ^F | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Coût total | | | | | | | | |
| Coût total | | 275 873 | | 501 023 | | 40 000 | | 812 024 |

Tableau 28

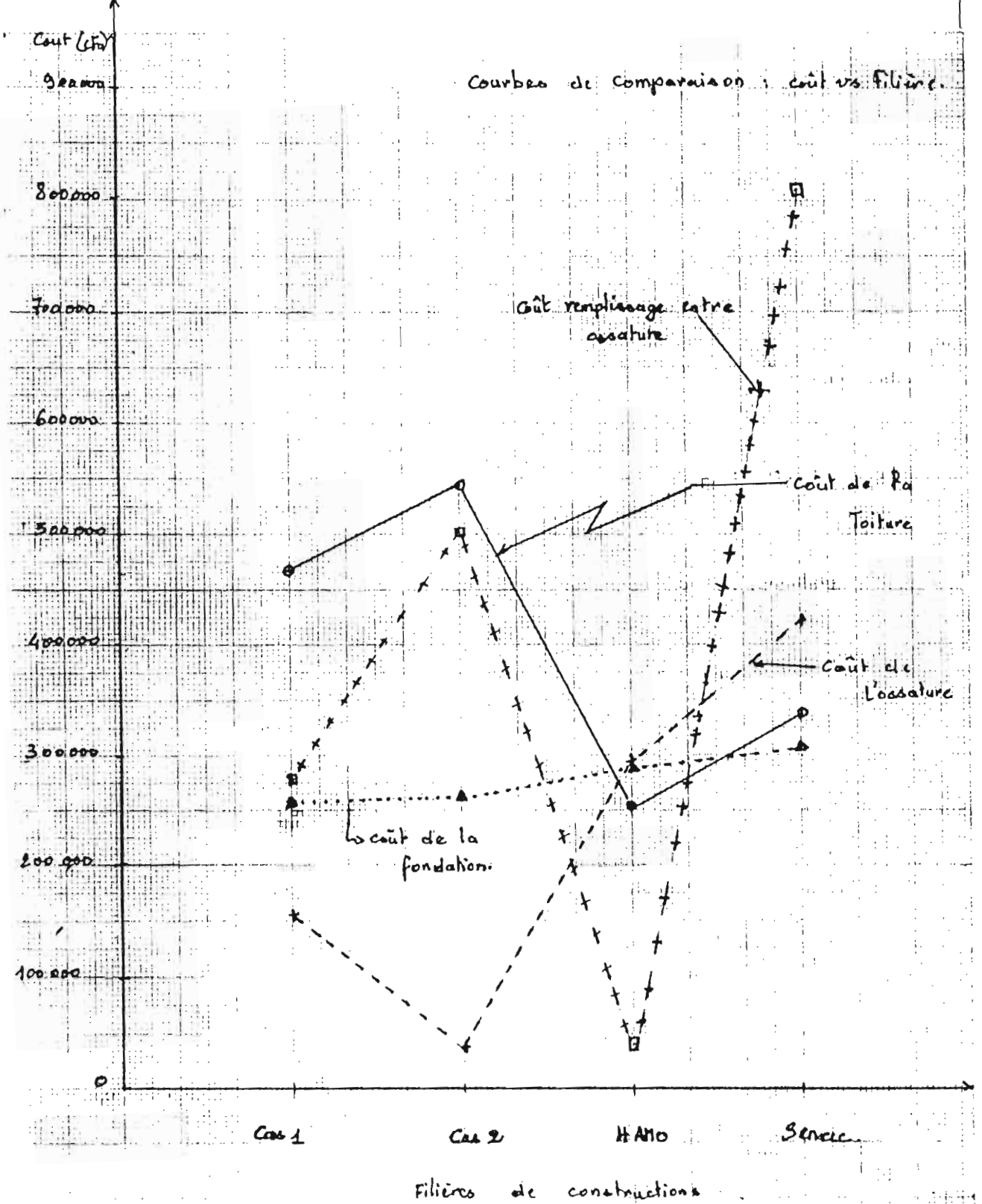
64

TOITURE

| Matériau | Filière Traditionnelle Cas (1) | | Traditionnelle Cas (2) | | Filière HANO | | Filière SENG | |
|---------------------------------|--------------------------------|---------|------------------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| | quantité | cost | quantité | cost | quantité | cost | quantité | cost |
| Ciment (T) | 2.410 | 110 144 | | | 2.67 | 122 027 | | |
| Fa (64φ≤16) (kg) | 694 | 194 792 | | | 245.41 | 68882 | | |
| CS 16/25 (m ²) | 3.099 | 21 392 | | | | | | |
| CS 8/16 (m ²) | 2.410 | 47 272 | | | 7.120 | 51029 | | |
| sable (m ³) | 2.754 | 3 305 | | | 3.56 | 4 272 | | |
| bois (m ³) | 2.5 | | 2.5 | 204 000 | | | | |
| staff (m ²) | | | 54.5 | 299 750 | | | 54.5 | 299 750 |
| Eau (m ³) | 1.239 | 325.8 | 0.222 | 57.86 | 1.602 | 421 | 0.222 | 57.86 |
| Etanchéité (m ²) | 58.5 | 108 950 | | | | | | |
| Ciment special (kg) | | | 444 | 15 571 | | | 444 | 15 571 |
| Amiante Russe (kg) | | | 32 | 6 400 | | | 32 | 6 400 |
| Amiante canadien (kg) | | | 24 | 15 360 | | | 24 | 15 360 |
| cellulose (kg) | | | 3.68 | 1214.4 | | | 3.68 | 1214.4 |
| Cable #8 (m) | | | | | | | | |
| Tendreau (unité) | | | | | | | | |
| boulon | | | | | | | | |
| Peinture | | | | | 54.5 | 8 175 | | |
| cost total - | 464 355 | | 542 353 | | 254 806 | | 338 353 | |

Tableau 29

Une fois ces tableaux obtenus, nous pouvons tracer les courbes de comparaison suivantes :



Interpretation des courbes.

Ces courbes nous permettent d'identifier pour chaque élément du gros-œuvre, la filière la moins économique et celles ayant un coût plus élevé. Cependant nous voyons que globalement la filière Senac est la moins économique. En effet sur 4 courbes, 3 présentent un maximum au niveau de la filière Senac. On remarque également que la courbe "coût fondation vs filières", constitue globalement une enveloppe supérieure pour les autres courbes ; ceci nous édifie donc l'élément sur lequel on doit agir pour réduire les coûts.

IV ANALYSE SUR LE PLAN MACRO-ECONOMIQUE

IL s'agit de faire une analyse économique en se plaçant ~~sous~~ la place de l'État. Nous nous sommes fixés comme objectif d'identifier la filière qui nécessite le minimum de "sortie de devise".

IV-1/ Méthode d'analyse.

Pour parvenir à cette analyse, nous nous proposons d'établir les ratios représentant les coûts des matériaux importés sur le coût global du gros-œuvre. Pour ce faire nous déterminerons en premier lieu le coût total du gros œuvre. Ainsi nous obtenons le tableau suivant.

| Filière Elemente | Traditionnelle cas 1 | traditionnelle cas ② | HAMO | Senec ⁶⁷ |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|---------------------|
| Toiture | 464 355 | 542 358 | 254 806 | 338 353 |
| ossature | 150 421 | 35 420 | 296 518 | 424 480 |
| remplissage entre ossature | 275 873 | 501 023 | 40 000 | 812 024 |
| Fondation | 257 418 | 265 525 | 282 516 | 308 455 |
| cout total: | 1.148 367 | 1 344 321 | 873 840 | 1 883 312 |

tableau: 30

Donnons le coût des matériaux importés au niveau de chaque
Filière.

| Matériaux importés (unité) | cas ① | | cas ② | | HAMO | | Senec | |
|----------------------------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | quantité | cout | quantité | cout | quantité | cout | quantité | cout |
| Acier d'armature (kg) | 1106.97 | 310 690 | 110.38 | 30 981 | 525.07 | 146 731 | 110.38 | 30 981 |
| staff (m) | | | 54.5 | 299 750 | | | | |
| feuille bitumée (m) | 58.5 | 10 895 | | | | | | |
| Amiante Russe | | | 32 | 6400 | | | 297.6 | 59 520 |
| Amiante Cana- dient | | | 24 | 15360 | | | 223.2 | 142 848 |
| cellulose | | | 3.68 | 1214.4 | | | 34.23 | 11 295 |
| cable | | | | | | | 43.4 | 3 6873 |
| tendeur et boulons | | | | | | | - | 43080 |
| Fu plat | | | | | | | 1.2 | 543.3 |
| profilés | | | | | | | - | 221269 |
| taflu | | | | | | | 193.67 | 238911 |
| Hapiol | | | | | | | 184.44 | 173742 |

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|-------|----------|-------|----------|---------|---------|
| 68 Freon 11 | | | | | | 64,56 | 67472 |
| catalyseur | | | | | - | 0,83 | 11480 |
| Énergie consommée | | 16567 | | 12636 | | 27436,5 | - |
| coût total (Fct) | 436207 | | 366341,4 | | 174167,5 | | 1058546 |

Tableau 31

Ainsi donc nous avons les ratios suivants :

| Filière ratio | Cas ① | Cas ② | HANO | Senac |
|---|-------|-------|------|-------|
| $r = \frac{\text{Impôts}}{\text{Coût total}}$ | 38% | 27% | 20% | 56% |

Sur le plan macro économique donc ^{Senac} est la filière la ^{Senac} moins économique pour l'état.

IV-2/ CHOIX DE LA FILIERE LA PLUS ECONOMIQUE

On constate que la filière HANO constitue la filière la plus économique, tant sur le plan micro économique que sur le plan macro économique.

CONDITION D'ACQUISITION.

Nous supposons qu'une personne x desire acquérir cette maison en 10ans. Il porte son choix donc sur la filière HANO. Estimons dans un premier temps le coût globale de la construction.

A partir du devis estimatif on a les coûts suivantes.

| | | |
|----------------------------|---|------------------|
| Electricité | : | 87 854 |
| Peinture | | 67 245 |
| plomberie + Sanitaire | | 220 500 |
| Menuiserie + Quincaillerie | | <u>2 62 602.</u> |
| | | 6 38 201 |

Ces valeurs datant de 1982, nous les actualisons pour l'année 1985 avec un taux 7% environ. Ce qui nous donne une valeur de: $638201 \times 1.07 = 682875$

Si on suppose une valeur de 600 000^F pour la réalisation le coût global sera: $873840 + 682875 + 600000 = 2156715$.

Si on suppose que "X" desire acquérir la maison en 10 ans déterminons le montant qu'il doit verser à la fin de chaque mois.

Evaluons le taux d'augmentation du coût de la vie à 3% par an.

Soit V_p la valeur présente

soit y le montant du versement par mois.

$$\text{on a } V_p = y \times a_{\overline{n}|i}$$

n étant le nombre de mois

i = taux mensuel.

$$n = 10 \times 12 = 120 \text{ mois}$$

$$i = 3\% ; 12 = 0.25\%$$

$$a_{\overline{n}|i} = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

70

$$C_{m7i} = \frac{C_{110/0.25\%}}{0.025} = \frac{1 - (1 + 0.025)^{-120}}{0.025} = 37.9.$$

$$y = \frac{V_p}{C_{m7i}}$$

$$y = \frac{2156715}{37.9} = 56905^F$$

Donc pour acquérir cette maison x doit économiser 56.905^F par mois durant une période de 10 ans.

MATERIAUX AYANT LE CÔT LE PLUS ÉLEVÉ

Nous considérons principalement les matériaux entrant dans le gros.

| Matériaux principaux | coût | ratio = $\frac{\text{coût}}{\text{Coût total}}$ |
|----------------------|---------|---|
| Ciment | 415 357 | 54.4% |
| Fer | 146 731 | 16.8% |
| Grais | 188 879 | 21.6% |
| Sable | 19 107 | 2.2% |

Tableau 32

Pour le gros-œuvre, le ciment possède le ratio le plus élevé. Nous réservons nos observations pour les recommandations.

Chapitre V

ETUDE

ENERGETIQUE

Comme prévu dans le sommaire, nous terminons ce sujet en faisant une étude comparative sur le plan énergétique.

But: L'opportunité de ce chapitre est de déterminer le coût sur le plan énergétique du gros-œuvre pour chacune de ces filières.

Ainsi donc nous nous fixons comme objectif la détermination du coût énergétique pour un mètre carré bâti.

V-1/ Détermination de la quantité d'énergie consommée pour la réalisation du Gros-œuvre.

V-1-1/ Filière Hamo:

La consommation en énergie se situe à deux niveaux :
La fabrication à l'usine, et le transport des éléments préfabriqués de l'usine au chantier. Notons que le chantier se trouve à la Sicap Libéré.

Energie consommée en usine.

Pour déterminer cette consommation, nous avons procédé à un bilan énergétique pour un mètre cube de béton fabriqué à l'usine.

Ce bilan énergétique nous donne le ratio suivant: 0.85 kWh/m^3

(voir Annexe 5) . * Référence : Relevé au niveau de Hamo.

Nous déterminons ensuite le volume total de béton produit à l'usine pour le gros-œuvre. (voir Annexe 5)

consommation totale à l'usine pour la fabrication des différents

éléments : $24.31 \text{ m}^3 \times 0.85 \text{ kWh/m}^3 = 20.66 \text{ kWh}$.

72

Energie Consommée pour le transport des éléments prefabriqués

Le transport des éléments prefabriqués est assuré par des camions 30 tonnes avec une consommation de 45 l au 100 km.

La réalisation de chaque gros-œuvre nécessite deux voyages.

La distance séparant HATO du lieu de réalisation étant de 15 km;

Nous avons une consommation globale de 27 litres de gas-oil

. Choix du lieu du chantier : Voir introduction.

Energie Consommée pour le transport des matériaux de base.

A partir de l'étude économique nous avons déterminé les quantités de matériaux à transporter. A partir de la consommation au "100" des véhicules utilisés, nous pouvons obtenir la consommation énergétique.

Tableau 33

| Matériaux transportés | Provenance | Nombre de voyages | Moyen de Transport | Distance parcourue | Consommation au 100 | Consommation totale (l) |
|--------------------------|------------|-------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Gris: 26 m ³ | Paki | 3 * | camion 8m ³ | 210 km | 20 * | 42 |
| Sable: 16 m ³ | NGor | 2 ** | " | 60 km | 20 * | 12 |
| Fer: 525 kg | Dakar-cent | 1 | " | 30 km | 20 * | 6 |
| Ciment: 9T | Rufisque | 1 | " | 26 km | 20 * | 5 |

(*) Paki-HATO: 35 km. (**) Ngor-HATO: 15 km

$\Sigma = 65 \text{ l}$

Energie Consommée pour la pose des panneaux

d'après les informations fournies par HATO; La pose d'une maison nécessite une consommation en gas-oil de 40 l.

Donc pour la réalisation du gros-œuvre nous avons besoin de 20.66 kWh et 105 litres de gas-oil.

* Ces chiffres sont donnés par le Chef garagiste de L.E.P.T. Ils constituent une moyenne.

V-1-3) filière Senac

Energie consommée en usine :

La fabrication d'une plaque de $1\text{ m}^2 \times 5\text{ mm}$ nécessite une consommation en électricité de 0.85 kWh .

Donc pour la fabrication des panneaux nous avons une consommation de $166 \times 0.85 = 141\text{ kWh}$.

- Energie consommée pour le transport des matériaux de base.

Ciment : 1 voyage : consommation 6 l.

Cellux + Amiante : 1 voyage : consommation 18 l.

~~Les~~ matériaux sont destinés à l'usine. : (Dakar-Senac : 45 km)

tableau 34

| Matériaux transportés au chantier | Provenance | Moyen de Transport | Nbre de voyage | Distance parcourue | Consommation l/m au 100 | Consommation totale |
|-----------------------------------|------------|-----------------------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Craie | Pahi | Camion 9 m^3 | 1 * | 50 | 20 | 10 |
| Sable | Nga | " | 1 * | 18 | 90 | 2.4 |
| Fer + poutres + bois | Dakar | " | 1 * | 18 | 90 | 2.4 |
| Ciment | Rufisque | " | 1 * | 28 | 90 | 5.6 |

*1 destination Dakar. Dakar-Rufisque : 28 km Nga-Dakar : 9 km. $\Sigma = 20.4\text{ l}$

Pour la réalisation du gros œuvre nous avons besoin en énergie :

141 kWh et 44 litres de gasoil.

V-1-4) filière Traditionnel.

La consommation énergétique réside principalement dans le transport des matériaux de base. Pour les deux cas nous résumons l'étude sous forme de tableau.

74

Cas ①

Tableau 35

| Quantité de matériaux à transporter | Provenance | Moyen de transport | Consommation au 100 | Nombre de Voyages | Distance parcourue | consommation (l) |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| Gris : 16.68 m ³ | Paki | camion 8 m ³ | 20 l * | 2 | 200 km | 40 |
| Sable : 25.086 m ³ | NGor | " | 20 l * | 4 | 72 km | 14.4 |
| Fer : 1106.97 kg | Dakar. centre | " | 20 l * | 1 | 18 km | 3.6 |
| ciment : 12.515 T | Rufisque | " | 20 l * | 1 | 56 km | 11.2 |

 $\Sigma = 69.2 \text{ l}$

* Référence Garage E.P.T. : consommation au 100 km des

Camion avec moteur Diesel : entre 17 et 22 l ; Nous avons pris

Cas ②

une moyenne de 20 l.

Tableau 36

| Quantité de matériaux à transporter | Provenance | Moyen de transport | consommation au 100 | Nombre de Voyage | Distance parcourue | consommation (l) |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Gris : 9.144 m ³ | Paki | camion 8 m ³ | 20 l * | 1 | 100 km | 20 |
| Sable : 36.47 m ³ | NGor | " | 20 l * | 5 | 90 km | 18 |
| Fer : | Dakar. centre | " | 20 l * | 1 | 18 km | 3.6 |
| ciment : | Rufisque | " | 20 l * | 1 | 56 km | 11.2 |

 $\Sigma = 52.8$

* Référence Garage E.P.T.

Pour être plus explicite nous allons rapporter ces résultats au mètre carré bâti.

Nous rappelons que nous avons une surface bâtie de 58.5 m². En faisant le rapport des différentes consommations à la surface bâtie nous obtenons les résultats suivants:

| Consommation énergétique pour (un) 1 m ² de surface bâtie. | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|-------|
| Consommation Filières | consommation de gas-oil (l) | consommation en électricité (kwh) | Coût |
| Filière traditionnelle cas ① | 1.18 | . | 283.2 |
| Filière Traditionnelle cas ② | 0.90 | . | 216 |
| Filière HANO | 1.79 | 0.35 | 469 |
| Filière Senac | 0.35 | 2.4 | 355.5 |

tableau 37

De par ce tableau nous voyons que la filière HANO est la plus grande consommatrice d'énergie parmi les filières étudiées.

V-2/ SOLUTION IDEALE

Pour réaliser notre gros-œuvre nous allons faire notre analyse en considérant élément par élément. Et nous choisirons pour chaque filière la plus économique. Ainsi donc nous aurons :

Toiture : HANO.

Ossature : filière traditionnelle cas ②

Remplissage
entre
Ossature : HANO

Fondation : filière traditionnelle cas ①

Cependant des moyens techniques devront être trouvés pour réaliser ce jumelage.

VI CONCLUSIONS

Cette étude nous amène à affirmer que la filière HATIO constitue la filière la plus économique aussi bien sur le plan micro économique que sur le plan macro économique.

Cependant, sur le plan énergétique, elle constitue, l'une des plus grosses consommatrices d'énergie comme en témoigne les ratios représentant la consommation par mètre carré de surface bâtie.

Sur le plan macro économique, la filière Senac présente un ratio $\left(\frac{\text{Impôts}}{\text{coût gros œuvre}}\right)$ très élevé : 56% ; ce qui constitue sa principale faiblesse.

Au sortir de cette étude on constate que le coût d'une construction reste élevé quelque soit la filière considérée. Pour l'acquisition d'un tel logement, un sénégalais moyen doit économiser à la fin de chaque mois une somme de 57000 $\frac{\text{f}}{\text{mois}}$ pendant 10 ans!

Nous constatons que le coût du ciment représente 54% du prix global du gros œuvre.

Pour terminer nous dirons que prefabriquer implique que l'on se livre à des activités apparemment peu rationnelles : découpage du bâtiment du projet, fabrication des "morceaux" ainsi définis et "recollage" des morceaux pour enfin construire le bâtiment réel. Cependant, la prefabrication constitue une voie pour régler le problème de l'habitat.

VII RECOMMANDATIONS

77

Après le diagnostic, nous^{nous} sommes proposé de livrer quelques recommandations qui tenteront de résoudre certains aspects du problème.

→ Nous nous sommes rendu compte que la toiture présente relativement élevé. Pour réduire le coût de la construction, le concepteur doit minimiser autant que possible l'utilisation des matériaux au niveau du toit.

→ Des voies et moyens devront être trouvés pour réduire le coût du ciment qui représente 54% du gros œuvre.

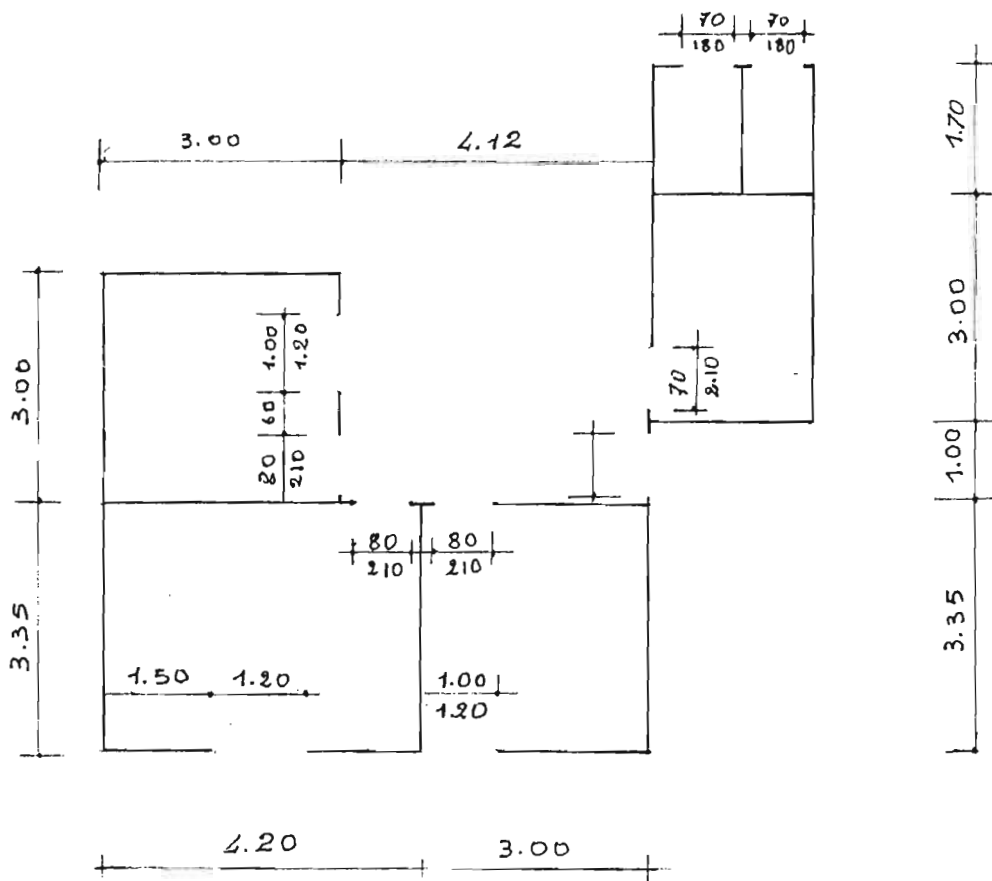
→ Pour beaucoup de sociétés, les quantités de matériaux sont estimées d'une manière forfaitaire. Ceci présente beaucoup d'inconvénients, car elle aboutit à une surestimation des quantités. Par exemple, on note que pour la réalisation de la fondation le cas ② utilise plus de matériaux que le cas ① alors que ce dernier supporte plus de charges.

→ Une synthèse pourrait se faire afin d'optimiser les coûts des éléments au niveau de chaque filière. Théoriquement le coût minimal de la construction s'obtient en considérant les minimas des courbes de comparaison. Des moyens techniques devront être trouvés pour faire un certain mariage des filières afin d'aboutir à un coût optimum.

ANNEXE 1

Plans disponibles pour le choix du
"plan Type".

Logement trois pieces type "economique" 79

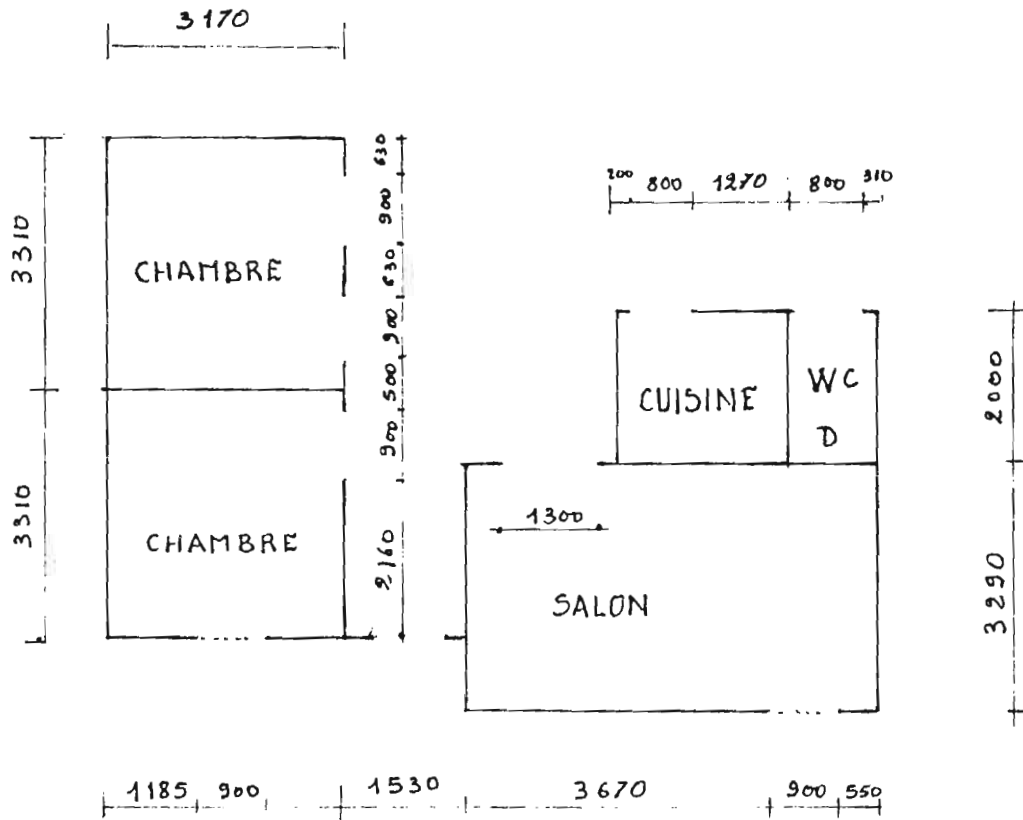


| |
|-----------------------|
| ECOLE POLYTECHNIQUE |
| PROJET DE FIN D'ETUDE |
| ECHELLE 1/100 |

80

PLAN PROVENANT DE HAMO

Logement trois pieces type "Moyen Standing"



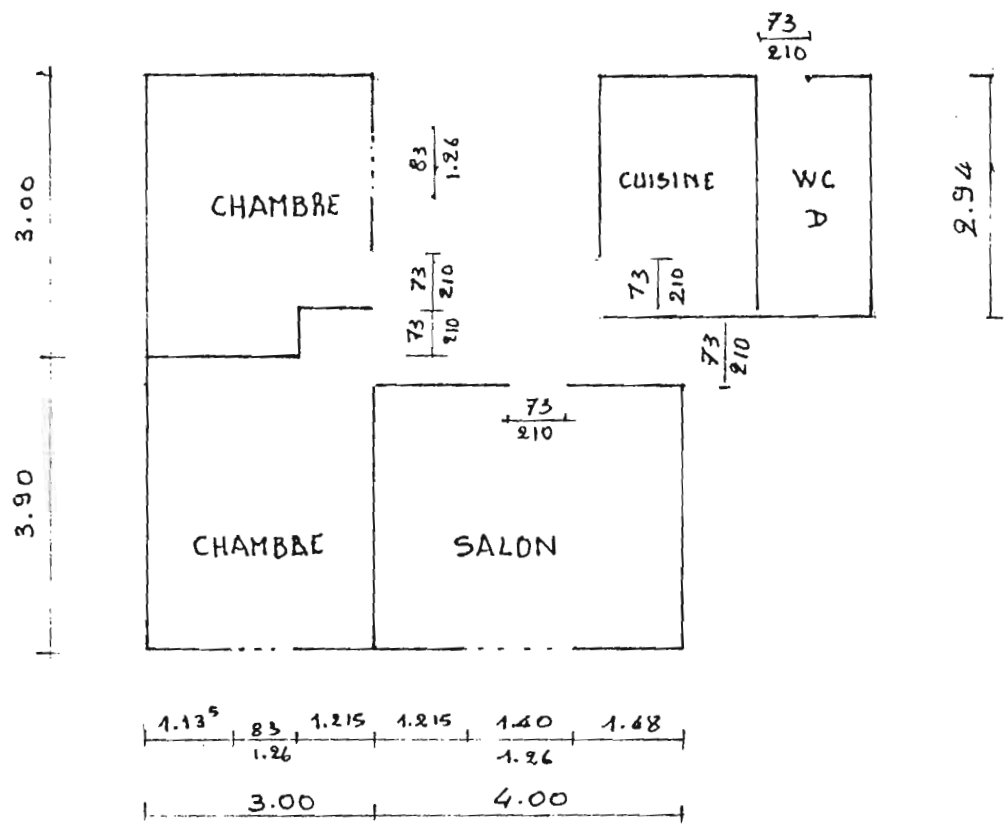
ECOLE POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDE

ECHELLE 1/100

PLANS PROVENANT DE LA SICAP

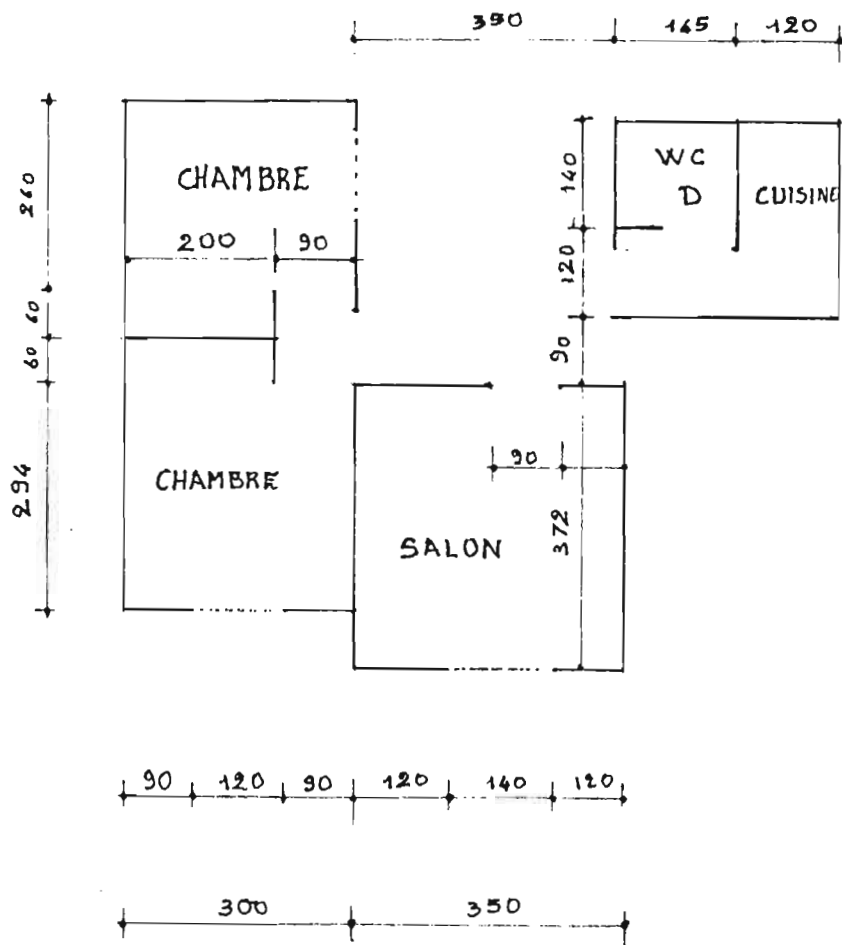
Logement économique



ECOLE POLYTECHNIQUE
PROJET DE FIN D'ETUDE
ECHELLE 1/100

82

Logement tres 'economique' 3 pieces.

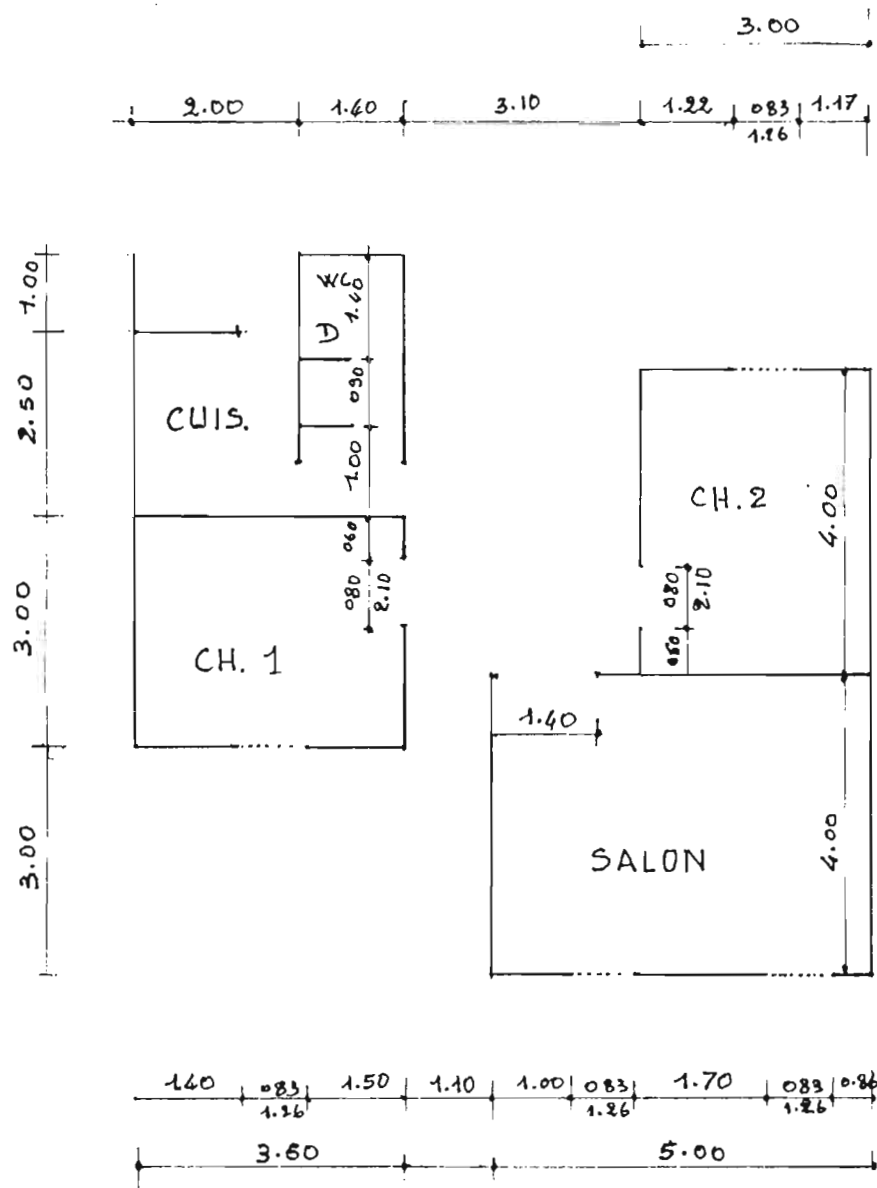


ECOLE POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDE

ECHELLE 1/100

Logement 3 pièces "Moyen Standing"



ECOLE POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDE

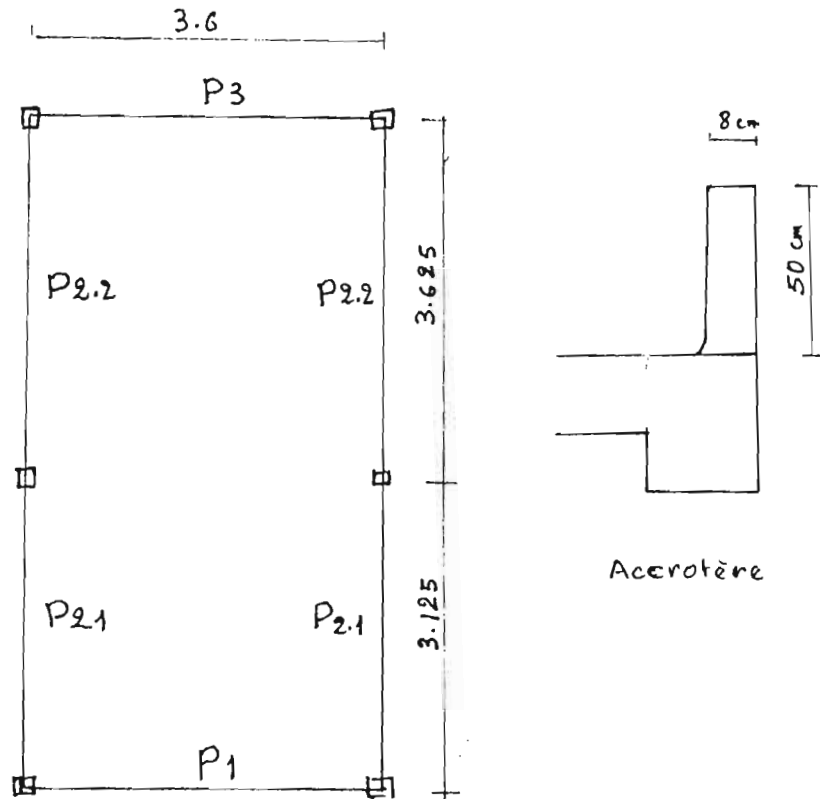
ECHELLE 1/100

ANNEXE 2 :

Detail des calculs concernant
la filière traditionnelle cas 1.

CALCUL DES CHARGES

- Dalle "A"



. D'après la norme la force due à la pesanteur par un béton normal est de 24 N/m^3 . (ref Note de cours tableau 3.1 ch. 3)

. La surcharge L sur un toit est $L = 1 \text{ kN/m}^2$

Estimation de l'épaisseur de la dalle

d'après la Norme ACNOR art

$$h_{\text{dalle}} = \frac{L}{16} = \frac{3625}{16} = 225 \text{ mm}$$

Nous pourrions estimer h égale à 150 mm.

Estimation du poids de l'étanchéité

Le toit en raison de sa structure, présente une certaine perméabilité à l'eau atmosphérique donc sa protection par un revêtement étanche continu s'impose.

Plusieurs possibilités s'offrent à nous :

- . Étanchéité par asphalte : procédé difficile à réaliser
- . Étanchéité multicouche par bitume armé : très rare sur le marché
- . Étanchéité par ciment volcanique : n'est produite au Sénégal
- . Étanchéité multicouche par feutre bitumé. Procédé très utilisé.

Parmi celles-ci nous retenons nous retenons la dernière qui a un poids au mètre carré 10,4 kg (ref: Technique de l'ingénieur C3)

Charges de service : partie "A"

charges permanente de toit :

- . Dalle en béton pleine : $24 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} = 3,6 \text{ kN/m}^2$
 - . Étanchéité multicouche $10,4 \times 9,81 \cdot 10^{-3} = 0,102 \text{ kN/m}^2$
-
- 3,7 kN/m²**

Poids propre des différentes poutres

- . Nous considérons que ces poutres sont simplement appuyées.

86

Poutre P₁ : $h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{3.6 \cdot 10^3}{16} = 231 \text{ mm}$

$h \approx 30 \text{ cm} \Rightarrow w = 24 \times 0.3 \times 0.2 = 1.44 \text{ kN/m}$

Poutre P_{2.1} : $h_{\min} = \frac{3.675}{16} \approx 230 \text{ mm}$

$h \approx 30 \text{ cm} \Rightarrow w = 1.44 \text{ kN/m}$

Poutre P_{2.2} : $h_{\min} = \frac{3125}{16} \approx 200 \text{ mm} \Rightarrow h = 30 \text{ cm}$

$w = 1.44 \text{ kN/m}$

Poutre P₃ : même calcul que pour P₁ : $w = 1.44 \text{ kN/m}$

Accrotère : $w = 24 \times 0.08 \times 0.5 = 0.96 \text{ kN/m}$

charges pondérées

$w = \alpha_D w_D + \alpha_L w_L$ w_D : charge permanente

w_L : charge vive.

α_D et α_L : coefficients de pondérations.

D'après le code national du bâtiment du Canada,

pour le béton : $\alpha_D = 1.4$

$\alpha_L = 1.7$

Dalle : $w = 1.4 \times 12.1 + 1.7 \times 1 = 18.64 \text{ kN/m}^2$

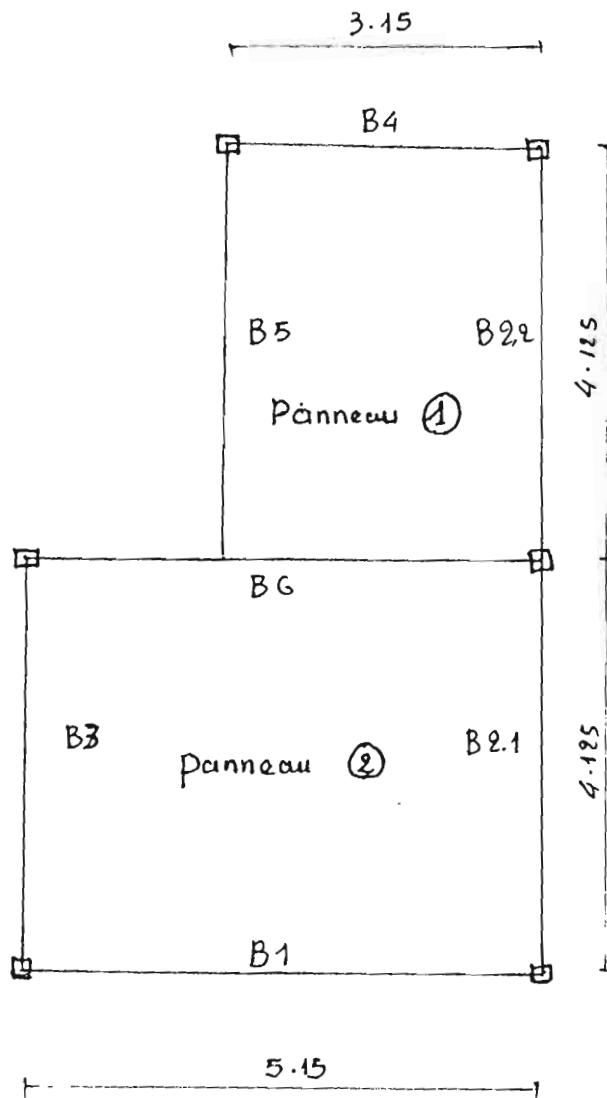
P₁ : $w = 1.4 \times 1.44 = 2.02 \text{ kN/m}$

P_{2.1} : $w = 1.4 \times 1.44 = 2.02 \text{ kN/m}$

P_{2.2} : $w = 1.4 \times 1.44 = 2.02 \text{ kN/m}$

P₃ : $w = 1.4 \times 1.44 = 2.02 \text{ kN/m}$

Accrotère : $w = 1.4 \times 0.96 = 1.34 \text{ kN/m}$.



Estimation de l'épaisseur de dalle

$$h_{dalle} = \frac{4125}{16} = 257 \text{ mm} \Rightarrow h = 15 \text{ cm}$$

▣ Nous avons la même étanchéité que sur "A"

$$w_{\text{étanchéité}} = 0,100 \text{ KN/m}^2$$

88

charges de service : partie "B"

. dalle $24 \times 0.15 = 3.2 \text{ KN/m}^2$

. Etanchéité $\underline{0,1 \text{ KN/m}^2}$

$\dots 3.3 \text{ KN/m}^2$

Poids propre des poutres

Poids propre de B1 : $h_{\min} = \frac{5.15}{16} = 0.32 \Rightarrow h = 40 \text{ cm}$

$W = 24 \times 0.4 \times 0.2 = 1.92 \text{ KN/m}$

- B_{2.1} : $h_{\min} = \frac{4.125 \cdot 10^3}{16} = 255 \text{ mm} \Rightarrow h = 30 \text{ cm}$

$W_{B_{2.2}} = W_{B_{2.1}} = W = 24 \times 0.3 \times 0.2 = 1.44 \text{ KN/m}$

Poutre B₃ : $h_{\min} = \frac{4.125 \cdot 10^3}{16} = 255 \text{ mm} \quad h = 30 \text{ cm}$

$W = 24 \times 0.3 \times 0.2 = 1.44 \text{ KN/m}$

Poutre B₄ $h_{\min} = \frac{3.15 \cdot 10^3}{16} = 200 \text{ mm} \Rightarrow h = 25 \text{ cm}$

$W = 24 \times 0.25 \times 0.2 = 1.2 \text{ KN/m}$

Poutre B₅ $W_{B_5} = W_{B_{2.1}} = 1.44 \text{ KN/m}$

Poutre B₆ $W_{B_6} = W_{B_1} = 1.92 \text{ KN/m}$

charges pondérées

Dalle : $W = 1.4 \times 13.3 + 1.7 \times 1 = 20.32 \text{ KN/m}^2$

B₁ $W = 1.4 \times 1.92 = 2.69 \text{ KN/m}$

B_{2.1}, B_{2.2} $W = 1.4 \times 1.44 = 2.02 \text{ KN/m}$

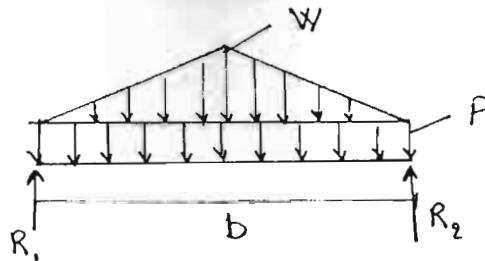
B₃, B₅ $W = 1.4 \times 1.44 = 2.02 \text{ KN/m}$

B₄ $W = 1.4 \times 1.2 = 1.68 \text{ KN/m}$

B₆ $W = 1.4 \times 1.92 = 2.69 \text{ KN/m}$

CALCUL DES REACTIONS

- Les poutres ^{chargées} de la façon suivante.



Nous avons un chargement symétrique donc $R_1 = R_2$

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow P \cdot b + \frac{W \cdot b}{2} = 2R_1$$

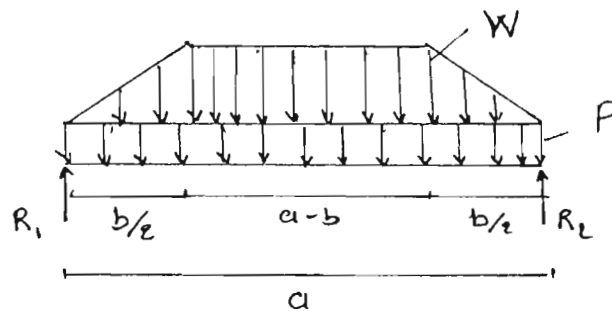
$$\Rightarrow R_1 = \frac{1}{2} \left[P \cdot b + \frac{W \cdot b}{2} \right]$$

donc pour ce cas on a :

$$R_1 = R_2 = \frac{1}{2} \left[P \cdot b + \frac{W \cdot b}{2} \right]$$

Pour ces différents cas les valeurs de R_1 et R_2 sont résumées dans le tableau

- Les poutres chargées de la façon suivante :



Pour ce cas aussi la poutre est symétriquement chargée

et donc $R_1 = R_2$

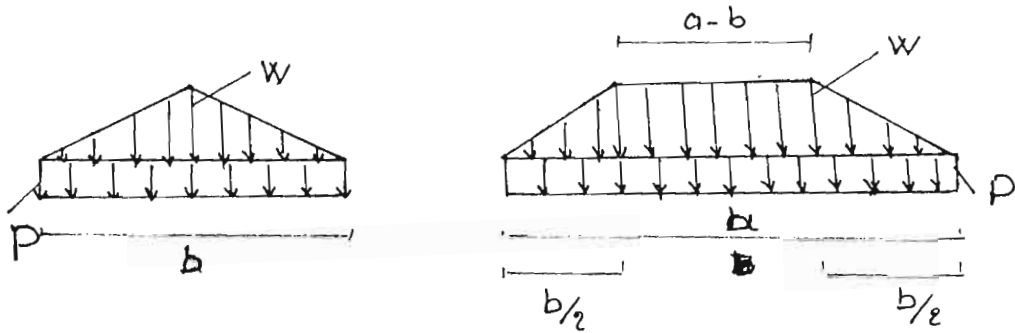
$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow 2R_1 = P \cdot b + 2 \times \frac{W \cdot b}{4} + W(a-b)$$

$$\Leftrightarrow R_1 = P \cdot \frac{b}{2} + W \cdot \frac{b}{2} + W \left(\frac{a-b}{2} \right)$$

Les poutres vont donc supporter :

- Leur poids propre
- L'accrotène
- Le poids de la dalle

Nous avons donc les types de chargement suivant



P : poids linéaire de poutre + poids linéaire de l'accrotène

W : poids linéaire provenant de la dalle.

si w est le poids par unité de surface de la dalle on a :

$$W = \frac{w \times b}{2}$$

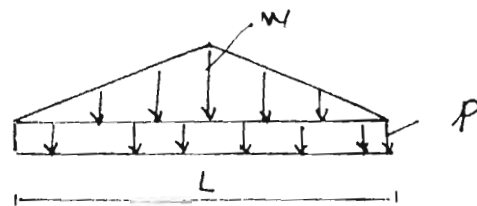
Donc les chargements des poutres sont de ces types ou une superposition des deux cas précédents. Les différents cas sont résumés dans le tableau

Calcul des moments Maximums au niveau des poutres

- Poutres sur Appuis simples

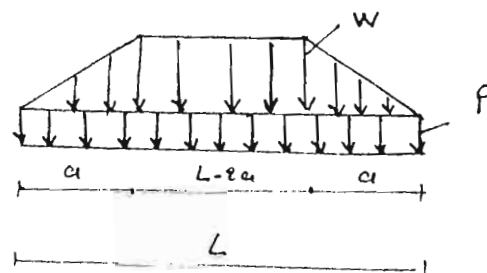
Pour ces différentes poutres, nous avons un chargement symétrique. De sorte que le moment maximum se trouve au centre.

• Poutre ayant un chargement du type :



$$\text{Moment maximum} = \frac{PL^2}{8} + \frac{wL^2}{12}$$

• Poutre ayant un chargement du type

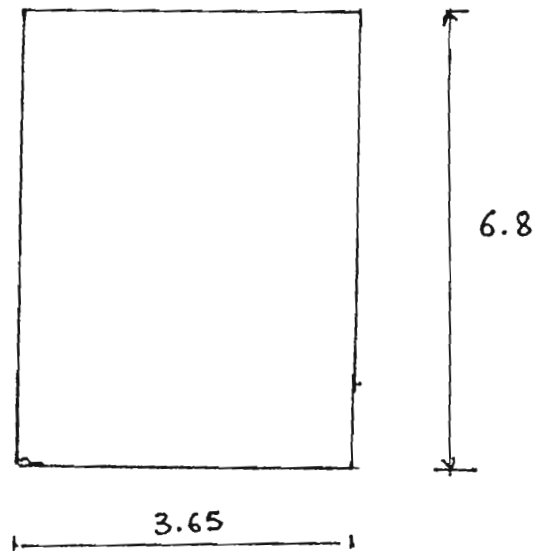


$$\text{moment maximum} = \frac{PL^2}{8} + \frac{w(3L^2 - 4a^2)}{24}$$

En remplaçant P , L , w et a par leur valeur, on détermine ainsi les moments maximums. Les résultats sont donnés dans le tableau

92 DIMENSIONNEMENT DES DALLES

DALLE 'A'



Pour ce dimensionnement nous utilisons la méthode dite "méthode Caquot"

Soient L_x et L_y les dimensions, mesurées entre nus des appuis et P la charge uniformément répartie par unité d'aire.

Les moments flechissants développés au centre du panneau pour expression :

a) dans le sens de la plus petite portée L_x :

$$M_x = \mu_x \cdot P \cdot L_x^2$$

b) dans le sens de la plus grande portée L_y :

$$M_y = \mu_y M_x$$

on détermine ensuite μ_x .

μ_x est donné par les tables en fonction du coefficient α .

$$\alpha = \frac{L_x}{L_y}$$

- détermination de μ_y

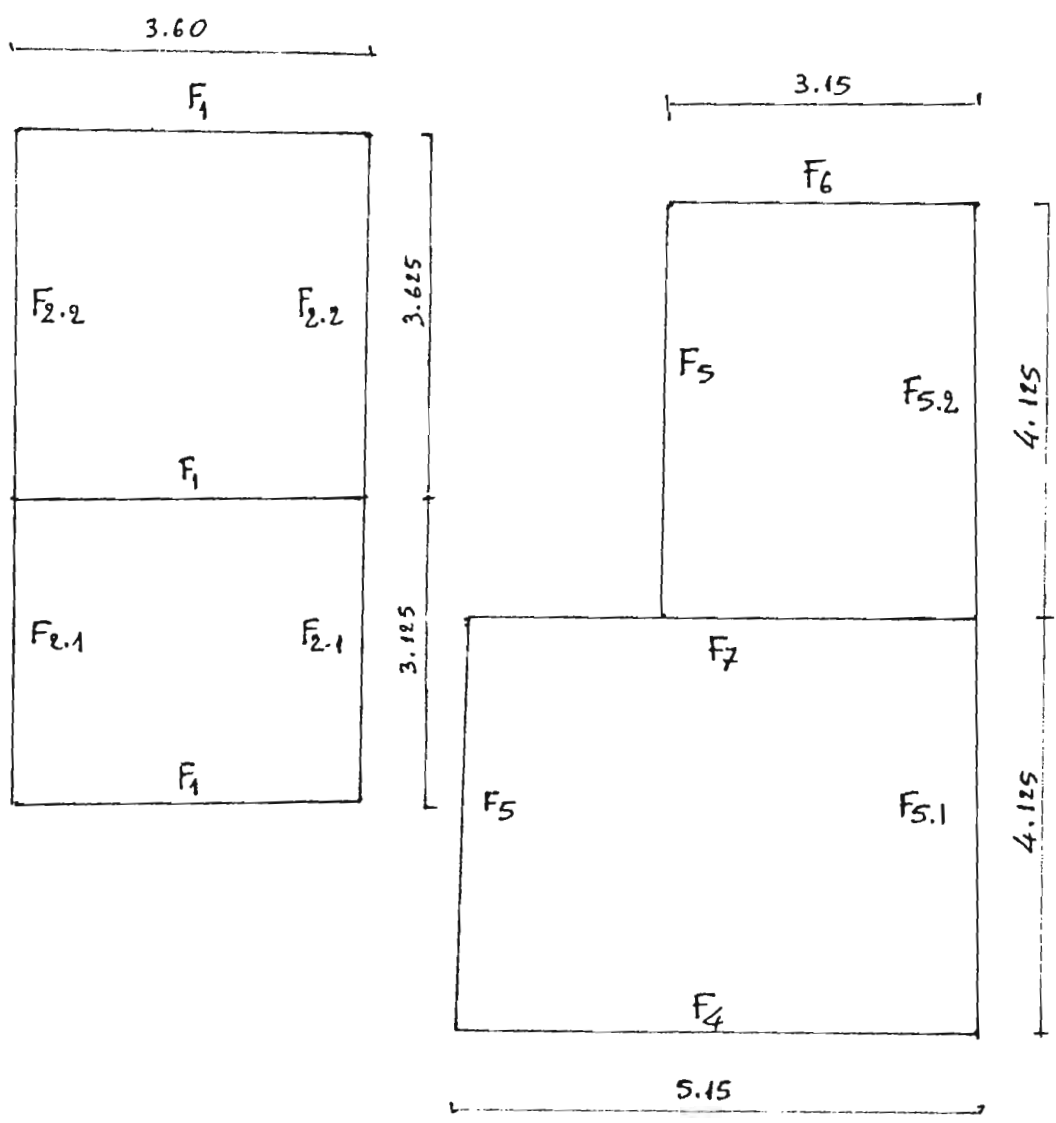
à l'aide des tables nous déterminons la valeur de μ_y .

- calcul de M_x et M_y .

- Dimensionnement :

On fait le dimensionnement en choisissant une dalle de 1 mètre de largeur.

94 CALCUL DES LONGRINES



ESTIMATION DES CHARGES

95

Les longrines doivent supporter des murs de 15 et 20 cm.

• Pour les murs de 15

pois par unité de surface : 210 daN/m^2 .

pour une hauteur de 2.10 m on a

$$w_D = (210 \times 2.1) \times 1.4 = 6.17 \text{ kN/m}$$

• Pour les mur de 20

pois par unité de surface : 255 daN/m^2

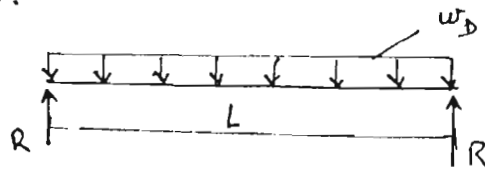
pour une hauteur de 2.10 m on a :

$$w_D = (255 \times 2.1) \times 1.4 = 7.36 \text{ kN/m}$$

Les différents chargements sont résumés dans le tableau

DETERMINATION DES SOLLICITATIONS

Nous avons pour la plupart des charges uniformes uniformément réparties.



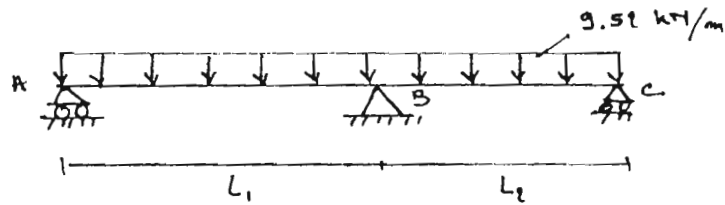
$$R = \frac{w_D \times L}{2}$$

Le moment maximum se trouvant au centre on a

$$M_{\text{max}} = \frac{w_D L^2}{8}$$

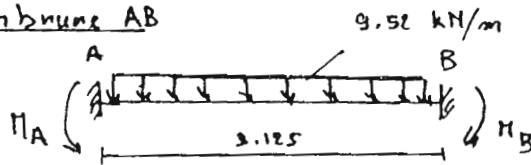
98

- Cas de la File de poutre $F_{2.1}$ et $F_{2.2}$



Nous appliquerons la méthode de Cross pour trouver les moments.

- membrane AB



$$\pi_A = \pi_B = \frac{wL^2}{12} = \frac{9.52 \times 3.125^2}{12} = 7.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

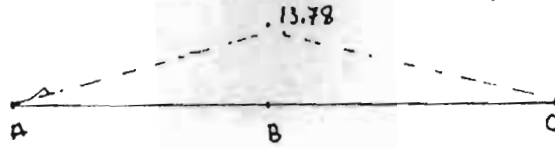
L'inertie étant constante nous pouvons considérer: $p = \frac{1}{L}$

- Pour BC:

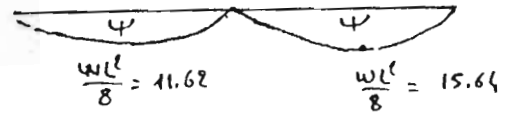
$$\pi_B = \pi_C = 10.42$$

| Nœud | A | B | | C |
|---------------|----------------------|-------|---------|---------------------|
| Element | AB | BA | BC | CB |
| p | 0.32 | 0.32 | 0.276 | 0.276 |
| α | | 0.56 | 0.66 | |
| $\pi \cdot E$ | -7.75 | 7.75 | -10.42 | 10.42 |
| | | | -5.81 | -10.42 |
| | 2.13 | 4.26 | 3.62 | 1.81 |
| | 5.62 | 2.81 | | |
| | -0.76 | -1.52 | -1.23 | -0.65 |
| | 0.16 | 0.31 | -0.58 | -1.16 |
| | 0.6 | 0.3 | 0.27 | 0.13 |
| | -0.08 | -0.16 | -0.14 | -0.07 |
| | 0.08 | 0.04 | | |
| | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -9.10 ⁻³ |
| | | | -0.025 | -0.05 |
| | 6.5.10 ⁻³ | 0.013 | 0.01 | 5.10 ⁻³ |
| | 0 | 13.78 | -13.785 | 0 |

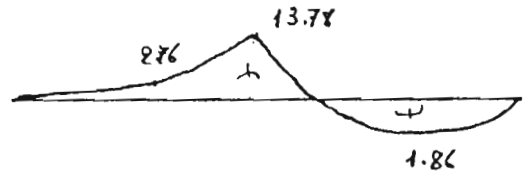
Le diagramme des moments est donné par :



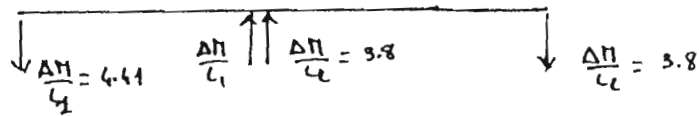
Poutre sur appuis simple \Rightarrow



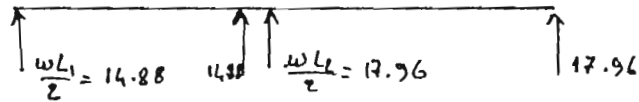
Continuité : \Rightarrow



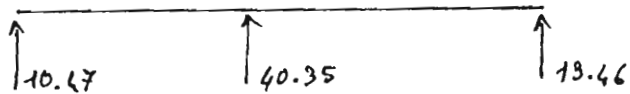
donc nous avons pour poutre sur appuis simples



- Reactions produite par les charge uniquement :



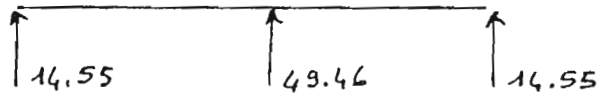
En combinant les deux on obtient :



988

- cas de la file de poutre $F_{5.1}$ et $F_{5.2}$

On applique le même raisonnement que précédemment et nous aboutissons à :



TABEAU DE CHARGEMENT DES LONGRINES

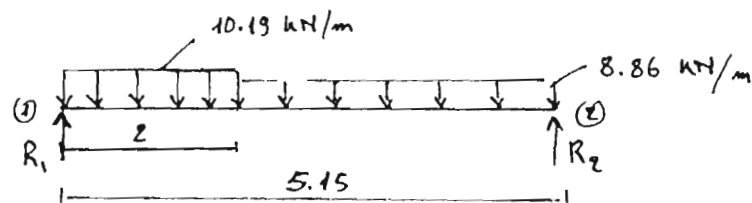
| Longrines | Reactions (kN) | Moments (kNm) Max |
|-------------|----------------|-------------------|
| F_1 : | 17.14 | 15.42 |
| $F_{2.1}$: | 10.47 ; 14.88 | - 2.16 |
| $F_{2.2}$: | 17.26 ; 13.46 | 1.86 |
| F_4 : | 25.53 | 35.44 |
| F_5 : | 16.64 | 20.25 |
| F_6 : | 14.46 | 11.38 |
| F_7 : | 24.96 ; 23.42 | 30.72 |

DIMENSIONNEMENT DES LONGRINES

Le dimensionnement est fait suivant le même principe que pour les poutres supportant la dalle pleine.

Les dimensions sont données sur le plan de coffrage.

Exemple de calcul : F7



• Calcul des réactions

$$\sum \overset{\curvearrowright}{M} / \text{②} = 0 \Leftrightarrow R_1 \times 5.15 - 10.19 \times 2 \times 4.15 - \frac{8.86 \times 3.15^2}{2} = 0$$

$$\Rightarrow R_1 = 24.96 \text{ kN.}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow R_2 = 23.42 \text{ kN}$$

• Calcul du moment maximum :

$$\text{pour } z < \alpha < 5.15 \Rightarrow V_x = R_1 - 10.19 \times z - 8.86 \times (\alpha - z)$$

$$V_x = 0 \Leftrightarrow 24.96 - 10.19 \times z - 8.86 \alpha + z \times 8.86 = 0$$

$$\Rightarrow \alpha = 2.577 \text{ m}$$

$$\text{donc } M_{\max} = R_1 \alpha - 10.19 \times z \times 1.517 - \frac{8.86 \times 0.517^2}{2} = 30.72 \text{ kNm}$$

• Dimensionnement en flexion

$$\text{- choix de } \rho : \left. \begin{array}{l} f'_c = 15 \text{ MPa} \\ f_y = 400 \text{ MPa} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho_b = 0.0163$$

$$\text{on essaie } \rho = 0.375 \rho_b = 6.11 \cdot 10^{-3}$$

$$K_u = 1.988 \text{ MPa}$$

$$\text{- détermination du } bd^2 \text{ requis : } bd^2 = \frac{M_s \cdot 10^6}{K_u}$$

$$\Rightarrow d \approx 278$$

100

Calcul de l'acier d'armature

$$k_{u, \text{cwise}} = \frac{30.72 \cdot 10^6}{200 \times (278)^2} = 1.98 \text{ MPa}$$

$$\rho = 6.11 \cdot 10^{-3} \times \frac{1.98}{1.988} = 6.08 \cdot 10^{-3}$$

$$A_s = 6.08 \cdot 10^{-3} \times 200 \times 278 = 338.048 \text{ mm}^2 = 4\#8 + 2\#10$$

Longueur de développement des armatures : même principe que pour les poutres supportant la dalle.

Cisaillement :

Nous avons ici $\frac{V_e}{l} < V_u < V_e + 0.35 \text{ MPa}$.

Nous aurons donc du renforcement minimal.

Détail d'armature : voir plan de coffrage.

DIMENSIONNEMENT DES POTEAUX

101

Procédure.

- Détermination des charges pondérées
- Dimensions approximatives
- Vérifier si la colonne est courte ou longue.
- Renforcement.
- Design.

Exemple de calcul : colonne C₉.

- Détermination des charges pondérées.

.. charge axiale P_u.

P_u = poids propre de la poutre + Réaction de B₁ + Réaction de B₃.

Supposons que la section est un carré de 200 x 200.

$$\text{poids propre} = 0.2 \times 0.2 \times 24 \text{ kN/m}^3 \times 2.6 = 2.5 \text{ kN.}$$

$$P_u = (1.4 \times 2.5) + 75.13 + 50.15 = 128.78 \text{ kN.}$$

- Moments de flexion.

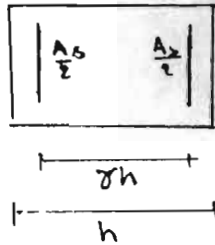
Le poteau C₉ est considéré comme un appui simple pour les poutres B₁ et B₃ donc le moment est nul à l'extrémité supérieure. Le moment au niveau de l'extrémité inférieure est aussi nul.

- Dimensions approximative.

Supposons une valeur du pourcentage d'acier : $\rho_g = 0.01$.

$$\rho_g = \frac{A_s}{A_g} \quad ; \quad A_s = \text{aire d'armature} \quad A_g = \text{aire brute.}$$

1024

Estimation de "gamma": γ .on suppose $\gamma = 0.75$.avec les courbes d'interaction on a: $\frac{P_u}{A_g} = 20.2 \text{ MPa}$

$$\Rightarrow A_g = \frac{P_u}{20.2} = \frac{129 \cdot 10^3}{20.2} = 6386 \text{ mm}^2$$

$$b = \sqrt{A_g} = 80 \text{ mm.}$$

• Verifions si la colonne est courte.

Il n'y a pas de deversement donc $\frac{h l_u}{r} < 34 - 12 \frac{\pi_1}{\pi_2}$

determination de k.



$$\psi_A = 10$$

$$\psi_B = \frac{\sum (EI/L)_{\text{colonne}}}{\sum (EI/L)_{\text{poutre}}}$$

$$I_{B_1} = \frac{b h^3}{12} = \frac{0.455^3 \times 0.2}{12} = 1.57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_{B_3} = \frac{0.2 \times 0.335^3}{12} = 6.26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_{C_g} = \frac{0.80^4}{12} = 0.034 \text{ m}^4$$

$$W_B = \frac{\frac{0.034}{2.6}}{\frac{1.57 \cdot 10^{-3}}{5.15} \cdot \frac{6.26 \cdot 10^{-4}}{4.125}} \approx 29$$

$$\left. \begin{array}{l} W_A = 10 \\ W_B = 29 \end{array} \right\} \Rightarrow h = 0.92$$

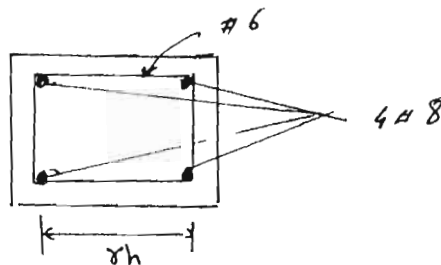
$$r = 0.3 h = 0.3 \times 9.6 = 0.78 \text{ m}^3$$

$$\frac{h l_u}{r} = \frac{0.9 \times 7.6}{0.78} = 3.1 < 34 \quad \text{o.k.}$$

donc la colonne est courte.

• Armature

Essayons 150×150 pour avoir un recouvrement suffisant.



$$\gamma h = 150 - 2 \times \left(25 + \frac{6}{2} + 6 \right) = 82 \text{ mm}$$

$$\gamma = \frac{82}{150} = 0.55 \approx 0.6$$

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{129 \cdot 10^3}{150^2} = 5.7 \text{ MPa}$$

déterminons le pourcentage d'acier

$$\gamma = 0.6$$

avec $\frac{P_u}{A_g} = 5.7 \text{ MPa}$ on voit que $\rho_g < 1\%$

d'après la norme ACI 318-11 : L'armature longitudinale des pièces comprimées non composite ne doit pas être inférieure à 0.01 fois la section totale de la pièce.

$$\text{donc } \rho_g = 1\% \Rightarrow A_D = 0.01 \times 150^2 = 225 \text{ mm}^2 \approx 4\#8$$

104

Ligatures

diamètre : nous prenons des ϕ barres #6

Espacement maximum : d'après l'article 5.13.3.3 . l'espacement vertical maximum entre la semelle ou la planche et le premier cadre ne doit pas être supérieur à la moitié de la largeur cadre.

$$\text{Espacement: } 16 \times 8 = 128$$

$$48 \times 6 = 288$$

$$b = 160$$

$$\text{donc } S = 128 \text{ mm.}$$

Nombre de cadres :

$$\text{Largeur de cadre : } 160 - 25 \times 2 = 110$$

$$\frac{1}{2} \text{ largeur de cadre} = 55$$

on a donc 20 cadres de 120 mm de longueur chacun

DIMENSIONNEMENT DES SEMELLES

Procédure

- détermination de la section nécessaire
- détermination de la pression nette
- vérification du poinçonnement
- vérification du cisaillement
- dimensionnement en flexion.

Exemple : Semelle S_1

$$\text{poids de la colonne: } 0.2 \times 0.2 \times 2.6 \times 24 = 2.5 \text{ kN}$$

. P_u = charge non pondérée :

$$P = 26.8 + 17.85 = 45 \text{ kN.}$$

. Surface requise.

on suppose que la capacité portante du sol est de 1.6 MPa.

$$A_{\min} = \frac{P}{\gamma} = \frac{45 \cdot 10^3}{1.6} = 28125 \text{ mm}^2$$

$$B = \sqrt{A} = 168 \text{ mm.}$$

. Pression nette du sol :

On l'évalue en utilisant les charges pondérées.

$$P = 36.5 + 17.85 = 54.35$$

$$p = \frac{54.35 \cdot 10^3}{(600)^2} = 0.15 \text{ MPa}$$

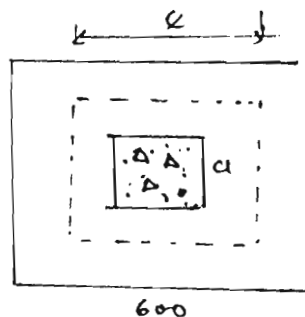
Nous avons pris 600 mm pour assurer une répartition complète.

. Estimation de l'épaisseur des semelles.

d'après l'article 13.10-2 ; la hauteur des semelles en béton armé, mesurée à partir du centre du lit d'armature inférieur, ne doit pas être inférieure à 150 mm lorsque les semelles reposent sur le sol.

Nous prenons donc $d = 150 \text{ mm}$.

. Poinçonnement.



$$a = 160$$

106

$$V_u = p \cdot [l^2 \cdot e^2]$$

$$e = a + d = 160 + 150 = 310 \text{ mm}$$

$$V_u = 39585$$

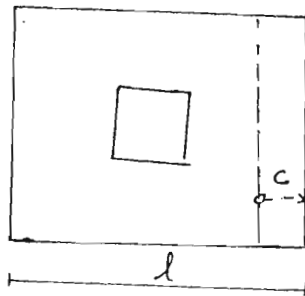
$$v_u = \frac{V_u}{b d} = \frac{39585}{0.85 \times 4 \times 310 \times 150} = 0.25 \text{ MPa}$$

$$N_c = 0.33 \sqrt{f_c'} = 1.81 \text{ MPa} > v_u \text{ o.k.}$$

* cisaillement.

$$c = \frac{l-a}{2} = \frac{600-160}{2} = 220$$

$$c-d = 220 - 150 = 70 \text{ mm}$$



$$N_u = 0.15 \times (c-d) \times l = 0.15 \times 70 \times 600 = 6300 \text{ N}$$

$$n_u = \frac{6300}{0.85 \times 600 \times 150} = 0.08 < 0.17 \sqrt{30} \text{ o.k.}$$

* Flexion.

$$M_u = \frac{p \times l \times c^2}{2} = \frac{0.15 \cdot 10^4 \times 0.6 \times 0.22^2}{2} = 2178 \text{ N.m}$$

$$\left. \begin{array}{l} f_y = 400 \text{ MPa} \\ f_c' = 30 \text{ MPa} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho_b = 0.0325$$

$$\text{choisissons } \rho = 0.375 \rho_b = 0.0119$$

$$\rho_{\min} = 0.0035$$

$$M_D = b d^2 k_u \Rightarrow k_u = \frac{M_D}{b d^2} = \frac{2.178 \cdot 10^6}{600 \times 150^2} = 1.61 \cdot 10^{-1}$$

$$\text{donc } \rho < \rho_{\min} \text{ Nous prenons donc } \rho = \rho_{\min} = 3.5 \cdot 10^{-3}$$

Energie Consommée par Hamo.

Annexe

107

5

| | | |
|-------------------------|----------------------|-----|
| 1/ Malaxeur | | |
| Mixeur | 0.54 | kwh |
| Tapis | 0.035 | " |
| Transfert ciment | 0.052 | " |
| compresseur | $9.8 \cdot 10^{-3}$ | " |
| 2. Treillis mobile | $4.5 \cdot 10^{-3}$ | " |
| 3. Distributeur à béton | 0.057 | " |
| 4. Entraîneur de galet | $3.57 \cdot 10^{-3}$ | " |
| 5. Vibreur | 0.037 | " |
| 6. Transbudeur | 0.1 | " |
| 7. Basculeur | $9.17 \cdot 10^{-3}$ | " |
| | <hr/> | |
| | 0.85 kwh | |

Cette consommation est bien entendue pour 1 m^3 de béton fini.

Volume de béton nécessaire pour la réalisation du gros œuvre

| | | |
|---------|-------|--------------|
| Panneau | 13.68 | m^3 |
| Toit | 8.9 | m^3 |
| Agglos | 1.73 | m^3 |
| | <hr/> | |
| | 24.31 | m^3 |

consommation totale sera : $0.85 \times 24.31 = 20.66 \text{ kwh.}$

Pour la pose on utilise 40l de gasoil par maison.

(Ref: Ces informations nous ont été fournies par "bureau d'étude Hamo.")

BIBLIOGRAPHIE

1. R. DELEBEC : elements de construction
Technon Edition 1975
2. ASSOCIATION DE NORMALISATION CANADIENNE:
Calcul et la mise en œuvre de la mason-
nerie pour le bâtiment . Edition 1979.
3. EMILE OLIVIER : Technologie des methodes
de construction Edition 1973.
4. R.G Wiesheman : Construction en beton : traduit
de l'almend par Ali SBAGHDI Edition
EYROLLS .
5. SOCIETE CIVILE D'ARCHITESTES: Recherches pour
un habitat personnalisé : Edition EYROLLS 1973
6. PIERRE GUINCHAT : Exemple de maison à
Patio en milieu URBAIN . Edition EYROLLS 1972
7. RAINER WOLFF : choix d'habitations individue-
les Edition EYROLLS 1971.
8. J. LUGER : La fabrication lourde en panneaux
Edition EYROLLS 1974
9. Encyclopedie du bâtiment section C .
technique de l'ingenieur.
10. D.T.U. Règles Techniques CC.BA 68 1975
11. METRIC Design Handbook PCA 1983.