

المملكة المغربية  
Royaume du Maroc

*Ecole Hassania  
des Travaux Publics*



المدرسة الحسنانية للأشغال العمومية



# Rapport de stage d'ingénieur

*Dimensionnement d'un R+4*

CHARKANI-EL HASSANI Walid

EHTP promo 2013

## Remerciement.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à :  
Monsieur Amine Bennouna, chef de département bâtiment pour son accueil au sein de CID.

Monsieur OUKHATRA, ingénieur dans le même département, qui m'a donné l'opportunité de passer d'agréables moments avec une équipe très chaleureuse et aimable. Je le remercie également pour son encadrement, ses conseils, l'expérience enrichissante qu'il m'a transmise et surtout sa patience dont il a fait preuve devant mes questions interminables.

Je remercie également tous les ingénieurs et les techniciens qui m'ont accueillie dans leur bureau durant la période de mon stage.

## INTRODUCTION:

Le stage ingénieur, a pour objectif de mettre l'élève ingénieur dans le milieu professionnel auquel il est destiné et de le préparer pour son Projet de Fin d'Etude.

Dans cette optique, j'ai estimé que la société conseil ingénierie développement « C.I.D. » pourrait satisfaire mes besoins et ce pour diverses raisons. D'une part, pour profiter d'un excellent encadrement vue la professionnalité et la qualité de ses ingénieurs. D'autre part, on pourrait profiter d'une documentation consistante et variée.

Mon stage consiste à faire la conception et le dimensionnement d'un bâtiment R+4.

J'essaierai à travers ce rapport de montrer jusqu'à quel point ce stage m'a-t-il permis d'atteindre les fins recherchées.

Dans un premier lieu, je ferai une présentation générale de l'organisme d'accueil à savoir la société conseil ingénierie développement « C.I.D. » ; par la suite je ferai un dimensionnement manuel de quelque composante de ce bâtiment à savoir une poutre, un poteau, et une semelle tout en présentant brièvement les méthodes de calcul utilisées ; et finalement je referai les mêmes calcul en utilisant le logiciel ROBOT Structural Analysis.

## Sommaire:

|  |    |
|--|----|
| <i>Remerciement:</i> .....   | 1  |
| <i>INTRODUCTION:</i> .....   | 2  |
| I. Première partie: Présentations .....                                  | 5  |
| A. Présentation de l'organisme d'accueil : "C.I.D." .....                | 5  |
| B. Personnels de CID: .....  | 5  |
| C. Compétences techniques : .....  | 5  |
| D. Activités de CID : .....  | 5  |
| E. Organigramme général de CID : .....                                   | 6  |
| II. Aperçu sur le Règlement de Construction Parasismique RPS 2000: ..... | 7  |
| A. Objectif Du Règlement :.....  | 7  |
| B. Domaine d'application: .....  | 7  |
| C. Objectifs des exigences: .....  | 7  |
| III. Etude d'un bâtiment R+4 .....                                       | 8  |
| A. Introduction: .....   | 8  |
| B. Conception:.....  | 8  |
| 1. Elaboration des plans de coffrage: .....                              | 8  |
| 2. Détermination des sens de portées:.....                               | 8  |
| 3. Les plans de coffrage : .....   | 9  |
| C. Descente de charge :.....   | 9  |
| 1. Charge permanente: .....  | 9  |
| 2. Charge d'exploitation : .....   | 10 |
| 3. Vent :.....   | 10 |
| 4. Sismique :.....   | 11 |
| 5. Pré dimensionnement des éléments structuraux : .....                  | 11 |
| 6. Calcul de dimensionnement :.....                                      | 13 |
| IV. Modélisation de la structure par logiciel .....                      | 32 |
| A. Description du logiciel : .....                                       | 32 |
| B. Etapes de modélisation :.....   | 33 |
| C. Définition des charges : .....  | 35 |
| D. Calcul :.....   | 39 |
| E. Affichage des résultats.....  | 39 |
| 1. Note de calcul: .....   | 39 |
| 2. Déplacements:.....  | 44 |
| 3. Réactions:.....   | 45 |
| 4. Flèches maximales:.....   | 45 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 5. | Efforts: .....  | 46 |
| 6. | Contraintes: .....  | 46 |
| 7. | Dimensionnement du poteau N 41:.....                                | 46 |
| 8. | Dimensionnement de la semelle N95: .....                            | 50 |
| 9. | Dimensionnement de la poutre N 733 : .....                          | 57 |
|    | <i>Conclusion:.....</i>   | 68 |
|    | <i>Annexe 0 :Plans de coffrages :.....</i>                          | 69 |
|    | <i>Annexe 1 : Calcul des moments sur appuis.....</i>                | 71 |
|    | <i>Annexe 2 : Calcul des moments de référence.....</i>              | 72 |
|    | <i>Annexe 3 : Calcul des moments sur travées.....</i>               | 73 |
|    | <i>Annexe 4 : Calcul des efforts tranchants isostatiques :.....</i> | 74 |
|    | <i>Annexe 5 : Efforts tranchants sur travées.....</i>               | 75 |

## I. Première partie: Présentations

### A. Présentation de l'organisme d'accueil : "C.I.D."

Créée en 1981, la CID -Conseil Ingénierie Développement- est une société d'ingénierie pluridisciplinaire intervenant dans les projets de génie civil, de bâtiment, de transport et d'hydraulique. L'un des pionniers dans le domaine de l'ingénierie au Maroc, la C.I.D. se dote d'une équipe qui compte plus de 350 ingénieurs et techniciens et assure :

- Les prestations de maîtrise d'œuvre : études techniques, études économiques, analyses environnementales, suivi des travaux de réalisation, ordonnancement.
- Pilotage et coordination (OPC), management de la qualité, assistance à l'exploitation et à la maintenance.
- Planification des projets, préparation des termes de références, assistance pour l'évaluation des offres et la sélection des entreprises, suivi et pilotage des études et des investigations, assistance sur les plans juridique et institutionnel...

### B. Personnels de CID:

A chaque intervention, CID met en place une équipe pluridisciplinaire d'ingénieurs et de techniciens, choisis en fonction de leurs compétences et de la nature du problème posé.

Cette équipe travaille de façon intégrée sous la direction d'un chef de projet, ingénieur de haut niveau, qui reste l'interlocuteur privilégié du client et qui appuie son intervention sur une étroite concertation avec tous les intervenants impliqués dans le projet, de sorte à aboutir à des solutions qui s'adaptent le mieux aux spécificités de celui-ci, et qui répondent aux préoccupations du client.

### C. Compétences techniques :

Pour améliorer le niveau de compétence et suivre l'évolution des techniques et des procédés, CID réalise chaque année, pour l'ensemble de son personnel, un programme de formation continue dans les différentes disciplines de son activité.

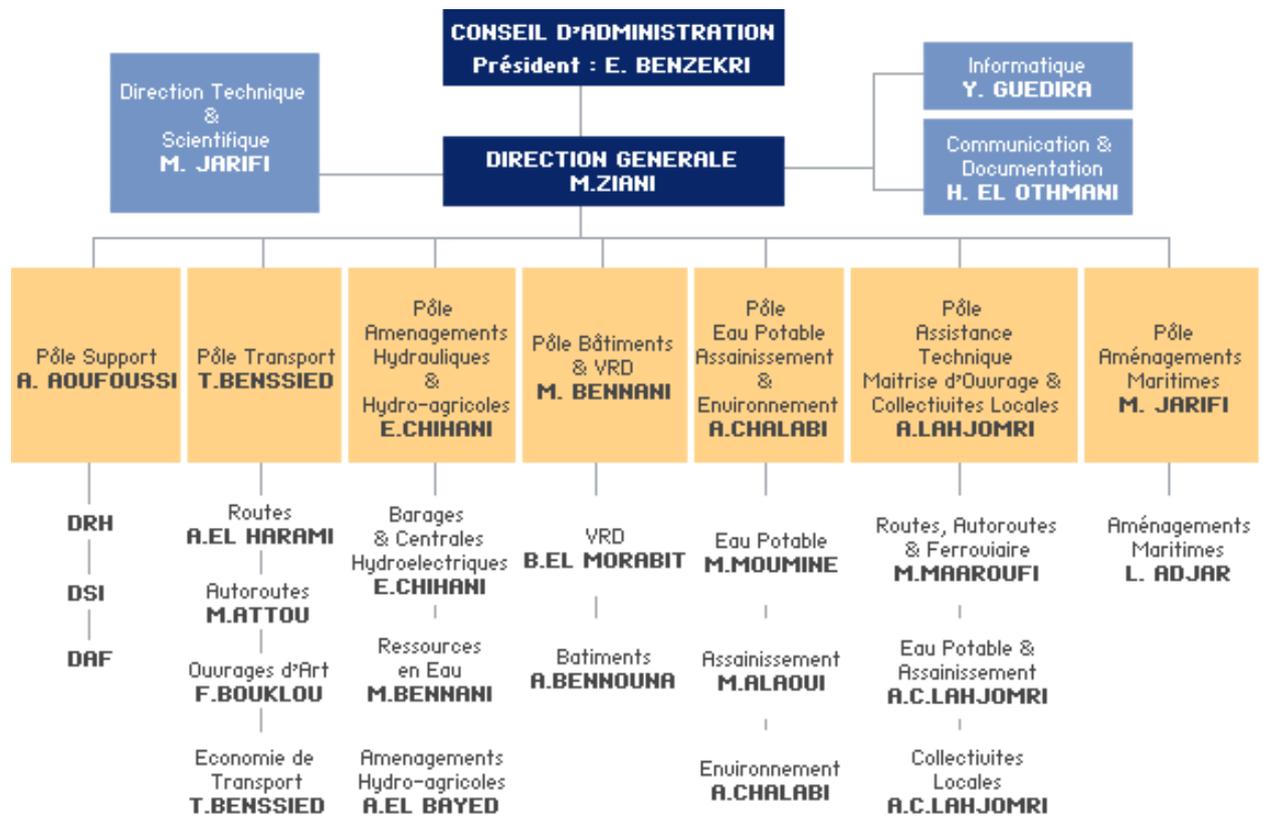
### D. Activités de CID :

Dans ses principaux domaines d'activités, le bureau d'études CID peut intervenir dans toutes les phases de la vie d'un projet ou d'un ensemble de projets :

- Etudes d'identification et d'évaluation ;
- Plans directeurs ;
- Etudes de factibilité ;
- Etudes préliminaires et d'avant-projet ;

- Etudes d'impact sur l'environnement ;
- Etudes d'exécution ;
- Préparation des documents de consultation des entreprises ;
- Assistance technique à la construction ;
- Assistance à l'exploitation et à la maintenance ;
- Etudes de post-évaluation ;
- Mise en place de systèmes qualité.

### E. Organigramme général de CID :



## II. Aperçu sur le Règlement de Construction Parasismique RPS 2000:

### A. Objectif Du Règlement :

Le présent règlement de construction parasismique (RPS 2000) a pour objectif de limiter les dommages en vies humaines et en matériel susceptibles de survenir suite à des tremblements de terre.

Il définit ainsi la méthode de l'évaluation de l'action sismique sur les bâtiments à prendre en compte dans le calcul des structures et décrit les critères de conception et les dispositions techniques à adopter pour permettre à ces bâtiments de résister aux secousses sismiques.

Ce règlement est complémentaire aux règlements en vigueur utilisés dans la construction. Il est par ailleurs appelé à être révisé périodiquement pour tenir comptes des progrès scientifiques dans le domaine du génie parasismique.

### B. Domaine d'application:

- Le présent règlement s'applique aux constructions nouvelles et aux bâtiments existants subissant des modifications importantes tels que changement d'usage, transformation pour des raisons de sécurité publique ou construction d'un ajout.
- Le champ d'application du présent règlement couvre les structures, en béton armé et en acier dont le contreventement est assuré par un des trois systèmes structuraux suivants :
  - Système de portiques
  - Système de refends
  - Système mixte

### C. Objectifs des exigences:

Les objectifs essentiels du « Règlement de Construction Parasismique (RPS 2000) » visent à :

- Assurer la sécurité du public pendant un tremblement de terre
- Assurer la protection des biens matériels.

### III. Etude d'un bâtiment R+4

#### A. Introduction:

Les calculs seront faits suivant le règlement BAEL 91 et le règlement parasismique RPS 2000. On commencera par la conception et puis on fera une étude manuelle ensuite on traitera une modélisation sur le Robot Structure Analysis.

#### B. Conception:

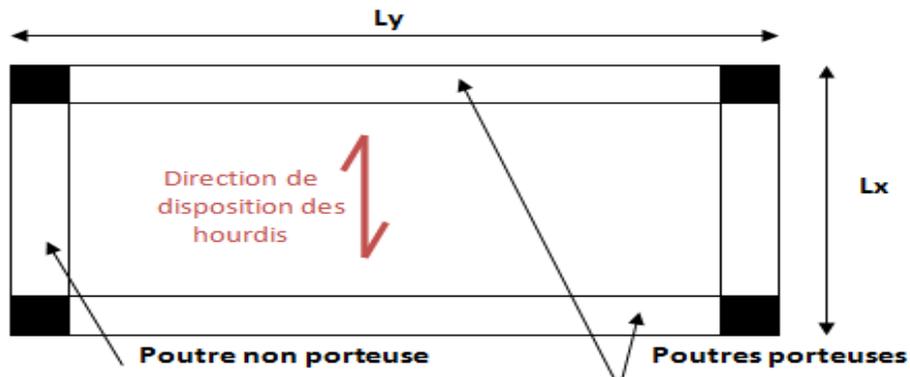
##### 1. Elaboration des plans de coffrage:

On s'est basé, pour élaborer les plans de coffrage, sur les points suivants :

- On a opté pour des sections carrée pour les poteaux de 25 cm de côté sauf pour le poteau 8 qui a une section de  $25 \times 45 \text{ cm}^2$  et ceci afin de respecter au maximum les plans d'architecte de telle manière à faire cacher les poteaux dans les cloisons.
- On a veillé à ce que les poteaux ne gênent pas le fonctionnement du bâtiment, gêner les ouvertures des portes etc.
- On a lié les poteaux par des poutres tout en faisant attention à ce que la retombée de ces dernières ne soit pas visible dans certains endroits.
- Concevoir des bandes noyées dans la dalle dans le cas où on ne veut pas avoir de retombée visible.
- Déterminer le sens de portée des hourdis des différents planchers suivant la petite portée.
- Pour les escaliers deux cas se poser : soit on les met en voiles soit on les considère comme charge surfacique alors on a retenu le 1eme cas.
- Enfin et en se basant sur les plans archis, on a utilisé l'AUTOCAD pour dresser le plan de coffrage de chaque niveau.

##### 2. Détermination des sens de portées:

Déterminer les sens de portée dans les différents panneaux de la structure permet de connaître les directions des dispositions des poutrelles dans les planchers ainsi que de différencier les poutres porteuses des poutres non porteuses, selon le schéma simplifiant ci-dessous :



La règle générale de détermination du sens de portée est tel que les poutrelles porte dans la plus petite direction.

Dans quelque rectangle de charge on s'est trouvée obligée d'inverser le sens de portée afin d'éviter les retombée dans les salons.

### 3. Les plans de coffrage :

Voir annexe 0.

#### C. Descente de charge :

##### 1. Charge permanente:

- Toit de la cage d'escalier :

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Dalle corps creux 16+4 | 0,265 T/m <sup>2</sup> |
| Forme de pente         | 0,114 T/m <sup>2</sup> |
| Enduit sous plafond    | 0.03 T/m <sup>2</sup>  |
| Protection mécanique   | 0.096 T/m <sup>2</sup> |
| Etanchéité             | 0.012 T/m <sup>2</sup> |
| G                      | 0,614 T/m <sup>2</sup> |

- Terrasse :

|                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| corps creux 16+4      | 0,265 T/m <sup>2</sup>            |
| forme de pente        | 0,216 T/m <sup>2</sup>            |
| revêtement            | 0.07*2000 = 0,14 T/m <sup>2</sup> |
| L'enduit sous plafond | 0,03 T/m <sup>2</sup>             |
| Total                 | G = 0,651 T/m <sup>2</sup>        |

- Étages habitations:

|                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| corps creux 16+4      | 0,265 T/m <sup>2</sup>            |
| cloisons très légères | 0,075 T/m <sup>2</sup>            |
| revêtement            | 0.07*2000 = 0,14 T/m <sup>2</sup> |
| L'enduit sous plafond | 0,03 T/m <sup>2</sup>             |
| Total                 | G = 0,51 T/m <sup>2</sup>         |

- Balcon en porte à faux

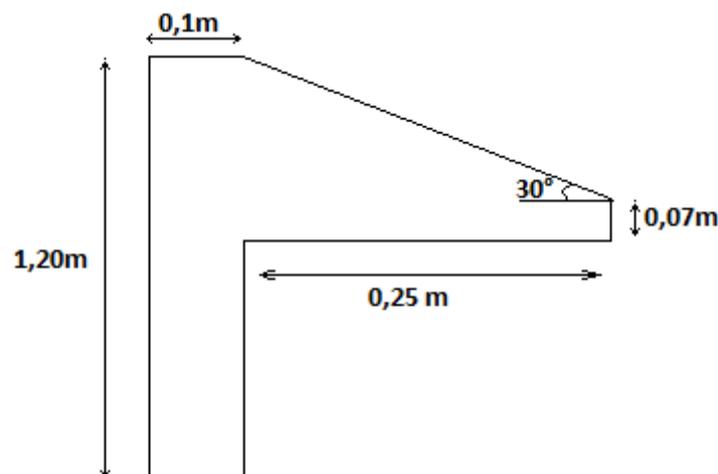
La charge du balcon est répartie linéairement sur la poutre qui le supporte, donc les poids des éléments surfaciques sont multipliés par la portée du balcon qui est égale à 0,5m.

| Élément        | Poids linéaire (kg/ml) |
|----------------|------------------------|
| Dalle pleine   | 187,5                  |
| Forme de pente | 76,8                   |
| Étanchéité     | 5                      |
| Revêtement     | 70                     |
| Total          | G=339,3                |

\* Détail du calcul :

- Poids de la dalle :  $0,5 \times 0,15 \times 2500 = 187,5$  kg/ml
- Forme de pente :  $0,5 \times 0,064 \times 2400 = 76,8$  kg/ml
- Étanchéité :  $10 \times 0,5 = 5$  kg/ml
- Revêtement :  $140 \times 0,5 = 70$  kg/ml

- L'acrotère



Surface acrotère :  $S = 0,155 \text{ m}^2$

Donc  $G = 0,155 \times 2500 = \underline{\underline{387,5 \text{ kg/ml}}}$

## 2. Charge d'exploitation :

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Terrasse accessible       | $Q = 0,150 \text{ T/m}^2$ |
| Étages à usage habitation | $Q = 0,150 \text{ T/m}^2$ |
| Escalier                  | $Q = 0,250 \text{ T/m}^2$ |
| Balcon                    | $Q = 0,350 \text{ T/m}^2$ |

## 3. Vent :

Le vent est négligé.

#### 4. Sismique :

- Le bâtiment est courant à usage habitation donc classé dans la classe II.

Coefficient de priorité  $I = 1$

- Le bâtiment est localisé à Dar Bouazza à la province de Nouaceur donc dans la zone sismique II.
- Niveau de ductilité :  
Zone II + classe II donc ND1
- Le facteur de comportement :  
Portique + ND1 donc  $K=2$
- Amortissement :  
Structure en béton armé donc  $\zeta = 0,05$ .
- La régularité :
  - structure est irrégulière en plan :
    - forme qui n'est pas simple.
    - existence de parties saillantes ou rentrantes.
  - structure régulière en élévation :
    - rigidité uniforme.
    - pas de retraits ou élargissements.

Structure irrégulière donc il faut une approche dynamique

#### 5. Pré dimensionnement des éléments structuraux :

##### a) Pré dimensionnement des planchers :

-Le maitre d'ouvrage a opté pour des planchers à corps creux parce que :

- Ils sont faciles à la réalisation.
- &
- Les portées de l'ouvrage ne sont pas très importantes (max 6.5m).
- Réduction du poids de la structure et ainsi la résultante de l'effort sismique.

-Résistance au feu :

D'après le BAEL 91 :

- $e = 7 \text{ cm}$  pour une heure de coupe-feu.
- $e = 11 \text{ cm}$  pour deux heures de coupe-feu.
- $e = 17,5$  pour un coupe feu de quatre heures

-Résistance à la flexion :

Dalles en hourdis creux

$$H \geq \frac{l}{22,5}$$

La portée maximale est de  $L=4,5\text{m}$  et d'après les abaques de la SADET on peut

Choisir les dalles creuses d'épaisseur 16+4

### **b) Pré dimensionnement des voiles :**

D'après le RPS 2000, l'épaisseur d'un voile est de  $e_{min} = \min (15\text{cm}; h/20 )$

Donc  $e_{min} = \min (15\text{cm}, 280/20) = 14 \text{ cm}$ .

On a pris un voile de 20 cm

### **c) Pré dimensionnement des poutres :**

D'après le BAEL 91, pour des travées continues :

$$\bullet \quad L/12 \leq h \leq L/16 \cdot$$

Avec  $h$  : la hauteur de la poutre et  $L$  sa portée.

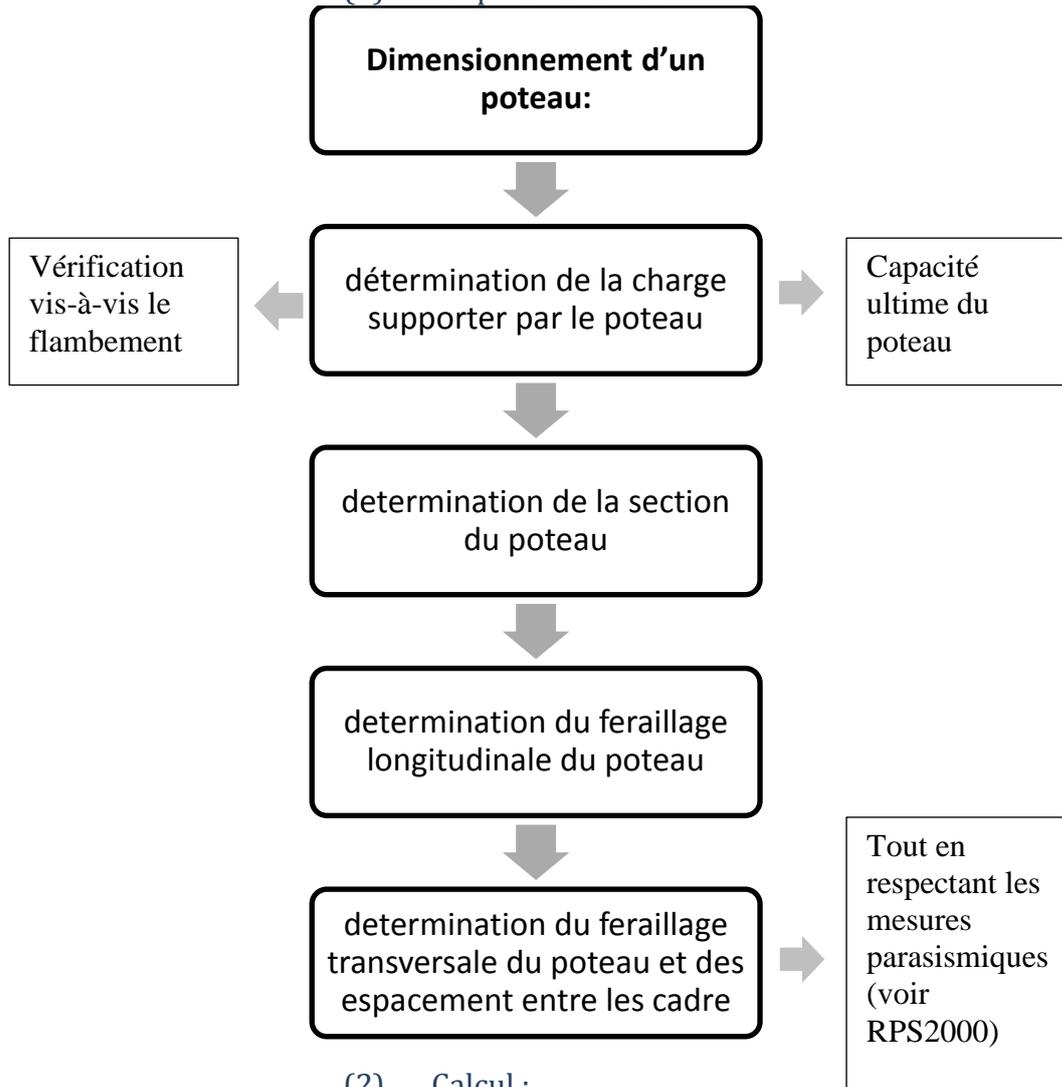
### **d) Pré dimensionnement des poteaux :**

Pour les poteaux, les dimensions minimales de RPS2000 sont de :  $a_{min}=25 \text{ cm}$ , on a opté pour des poteaux de 25cm de côté sauf dans le poteau 8 qui aura une section de  $45*25\text{cm}^2$ .

## 6. Calcul de dimensionnement :

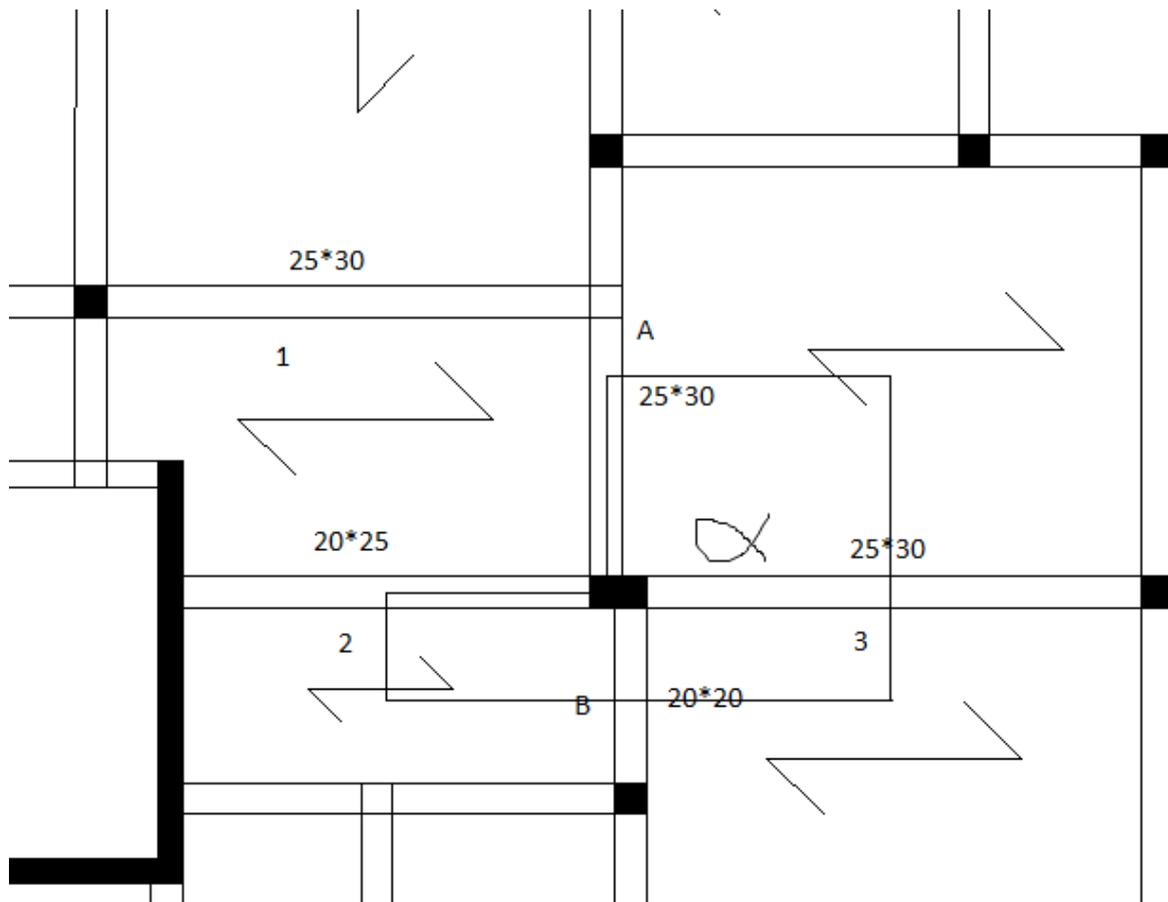
### a) Dimensionnement d'un poteau:

(1) Etapes de calcul :



(2) Calcul :

On a choisi le poteau numéro 8, le poteau le plus défavorable, pour le calculer.



- Rectangle de charge de la partie alpha :

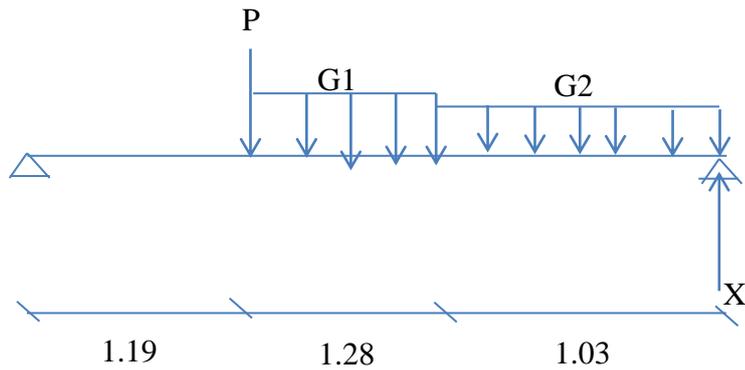
$$B = [(2.05 * 0.125) * (1.625 + 0.125) + (0.7 + 0.125) * (1.7 + 0.25 + 1.95)] * 1.1$$

$$B = 7.73 \text{ m}^2$$

- Effort apporté par le planché terrasse :

$$G_T = 0.651 * 7.73 + 1.1 * 2.5 * (0.25 * 0.1 * 1.75 + 0.25 * 0.05 * 1.88 + 0.25 * 0.1 * 2.3) \\ + 1.1 * \left(0.7 * \frac{2.3}{2} + 0.7 * \frac{1.88}{2}\right) * 1.1 * X$$

Avec X est l'effort apporté par le poutre A (hors la charge incluse dans le rectangle de charge alpha)



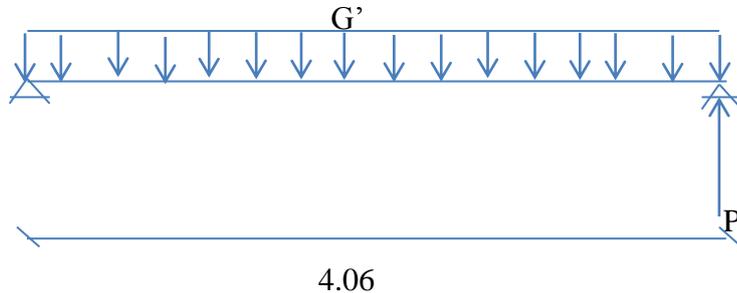
- Calcul de G1 :

$$G1 = (3.81 + 0.25) * 0.5 * 0.651 = 1.32 \text{ T/ml}$$

- Calcul de G2 :

$$G1 = (3.21 + 0.125 + 0.1) * 0.5 * 0.651 = 1.12 \text{ T/ml}$$

- Calcul de P :



$$\text{Avec } G' = \frac{4.75}{2} * 0.651 = 1.55 \frac{\text{T}}{\text{ml}}$$

$$\text{D'où } P = 1.55 * 4.06 / 2 = 3.15 \text{ T}$$

Ainsi

$$X = \frac{1.32 * 1.28 * (1.19 + 0.5 * 1.28) + 1.12 * 1.03 * (1.19 + 1.28 + 0.5 * 1.03) + 3.15 * 1.19}{1.19 + 1.28 + 1.03}$$

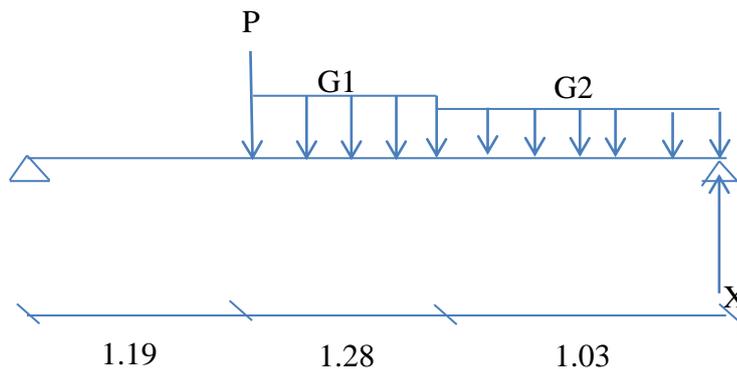
$$\text{D'où } X = 2.94 \text{ T}$$

$$\text{Ainsi } GT = 10.02 \text{ T}$$

- Effort apporté par le planché habitation :

$$G_T = 0.51 * 7.73 + 1.1 * 2.5 * (0.25 * 0.1 * 1.75 + 0.25 * 0.05 * 1.88 + 0.25 * 0.1 * 2.3) \\ + 1.1 * \left(0.7 * \frac{2.3}{2} + 0.7 * \frac{1.88}{2}\right) * 1.1 * X$$

Avec X est l'effort apporté par le poutre A (hors la charge incluse dans le rectangle de charge alpha)



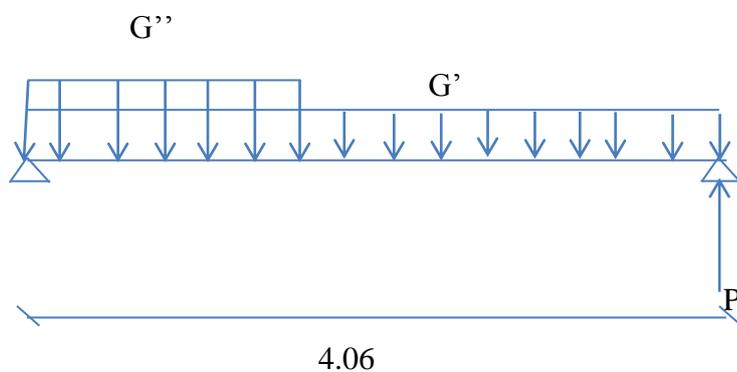
- Calcul de G1 :

$$G1 = (3.81 + 0.25) * 0.5 * 0.51 = 1.035 \text{ T/ml}$$

- Calcul de G2 :

$$G1 = (3.21 + 0.125 + 0.1) * 0.5 * 0.51 = 0.876 \text{ T/ml}$$

- Calcul de P :



$$\text{Avec } G' = \frac{4.75}{2} * 0.51 = 1.21 \text{ T/ml}$$

$$\text{Et } G'' = 0.3 * 2.8 = 0.84 \text{ T/ml}$$

$$D'o\grave{u} P = \frac{1.21 \cdot 4.06}{2} + \frac{0.7 \cdot 2.135^2}{2 \cdot 4.06} = 2.93 \text{ T}$$

Ainsi

$$X = \frac{1.035 \cdot 1.28 \cdot (1.19 + 0.5 \cdot 1.28) + 0.876 \cdot 1.03 \cdot (1.19 + 1.28 + 0.5 \cdot 1.03) + 2.93 \cdot 1.19}{1.19 + 1.28 + 1.03}$$

D'o\grave{u} X=2.4 T

Ainsi Gh=8.54 T

- Descente de charge :

| Etage | permanente |       | surchage |       |      | Poteau  |       |
|-------|------------|-------|----------|-------|------|---------|-------|
|       | partiel    | cumul |          | coeff |      | Section | poids |
| T     | 10,02      | 10,02 | 1,9      | 1     | 1,9  | 25*45   | 0,787 |
| 4     | 8,54       | 18,56 | 1,9      | 1     | 3,8  | 25*45   | 0,787 |
| 3     | 8,54       | 27,1  | 1,9      | 0,9   | 5,51 | 25*45   | 0,787 |
| 2     | 8,54       | 35,64 | 1,9      | 0,8   | 7,03 | 25*45   | 0,787 |
| 1     | 8,54       | 44,18 | 1,9      | 0,7   | 8,36 | 25*45   | 0,787 |
|       |            |       |          |       |      | Σ       | 3,935 |

- Calcul de ferrailage longitudinal :

Pour le ferrailage des poteaux, on prend la combinaison de l'ELU (1,35G+1,5Q).

Notre poteau est encast\re dans les deux extr\emites, d'o\grave{u}  $L_f = 0.7 \cdot L_0$ .

Et on a  $\lambda = L_f / \sqrt{i}$

Avec  $i = \sqrt{I/S} = a / \sqrt{(12)}$

D'o\grave{u}

$$\lambda = (L_f \cdot \sqrt{(12)}) / a$$

$$AN \quad \lambda = \frac{(0.7 \cdot 2.8 \cdot \sqrt{(12)})}{0.25} = 27.12$$

$$\text{Et comme } \lambda < 50 \text{ donc } \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \cdot \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0.76$$

- + Il faut que la section d'acier A v\erifie l'in\egalit\e suivante :

$$Nu < \alpha \left( \frac{Br * fc28}{0,9 * \gamma_b} + \frac{A * fe}{\gamma_s} \right)$$

Avec :

fc28: Résistance caractéristique à la compression à 28 jours

fe: limite d'élasticité de l'acier

Br: section réduite

$\gamma_b$ : coefficient de sécurité= 1,5

$\gamma_s$ : coefficient de sécurité= 1,15

la relation précédente étant vérifiée pour tout le poteau on prend alors la section minimal d'acier définit par :

$$A_{min} = \begin{cases} 0,2\% * a * b = 0,2\% * 25 * 45 = 2.25 \\ 4cm^2/m * \text{périmètre} = 4 * (0.25 + 0.45) * 2 = 5.6 cm^2 \end{cases}$$

- Choix des barres :

4HA12+2HA10

Calcul de ferrailage transversal :

Le diamètre des armatures transversales est au moins égal à la valeur la plus proche de 1/3 du diamètre maximal des armatures longitudinales qu'elles maintiennent.

$$\varphi_t \geq \frac{\varphi_l}{3}$$

Puisque le diamètre maximal des armatures longitudinales est de : HA12.

On aura donc  $\varphi_t = \frac{12}{3} = 4 \text{ mm}$

Donc, on utilisera des barres HA6 pour le ferrailage transversal.

Espacement des aciers transversaux :

On a  $St = \min (a+10 \text{ cm}; 15 \Phi_l; 40 \text{ cm})$

Avec :  $\Phi_l$ : diamètre max du ferrailage longitudinal.

St: Espacement des aciers transversaux.

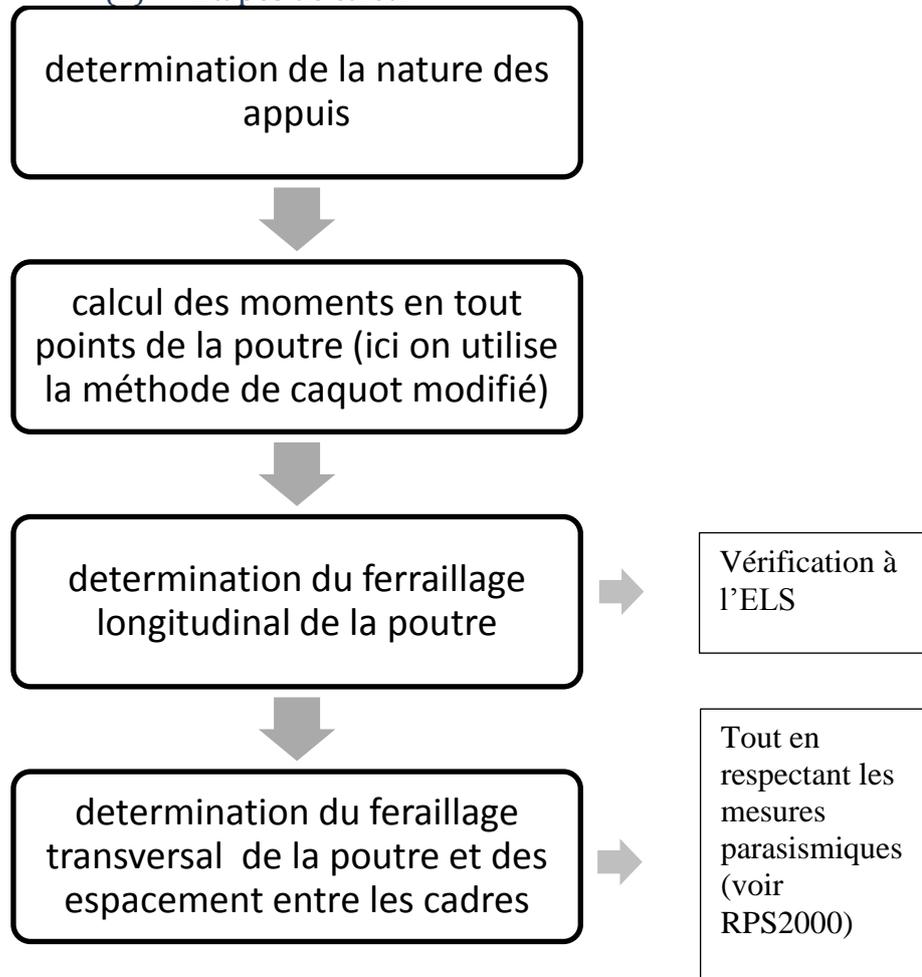
D'où:  $St = \min (45+10 \text{ cm}; 15*1.2; 40 \text{ cm})$

Ainsi

$$S_t = 18 \text{ cm}$$

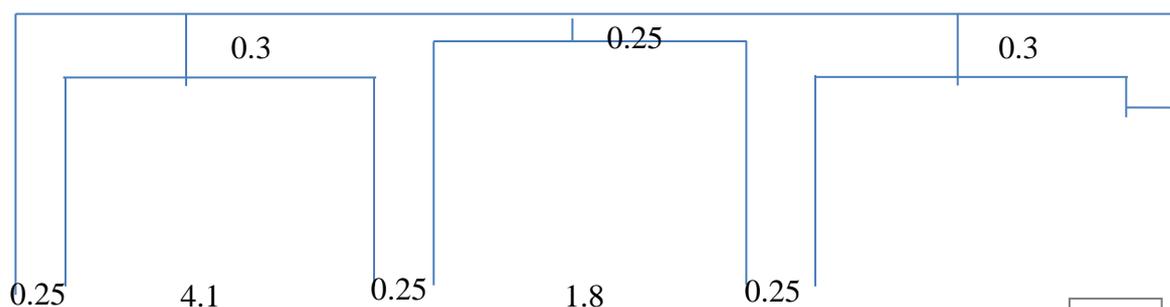
### b) Dimensionnement d'une poutre continue:

(1) Etapes de calcul :



(2) Calcul d'une poutre continue P4:

- Pour calculer les moments max en travée et sur appuis, on va procéder par la méthode de Caquot modifié (inertie variante).
- On effectuera les calculs pour la poutre du planché terrasse.



3.81

0.25



- Présentation de la méthode utilisée :

Puisqu'il s'agit d'une poutre continue dont l'inertie est variable, on utilise la méthode de Caquot modifiée.

Il s'agit du même enchaînement de la méthode de Caquot, sauf que les charges permanentes sont pondérées d'un coefficient égal à  $\frac{2}{3}$  et qu'on introduit des coefficients  $\beta$  pour prendre en considération la variation de l'inertie.

Il est à noter également que la majoration des charges de 10% à considérer pour les appuis voisins aux appuis de rives est à considérer. La poutre C étant dans cette position, le poids de la dalle qu'elle supporte subit cette majoration.

- Chargement

|          |                       |                           |  |            |
|----------|-----------------------|---------------------------|--|------------|
| Travée 1 | Rectangle de charge   |                           | 3,25                                   | 2 T/ml     |
|          | Charge permanente     | Poids de la dalle         | $3,25 \times 0,51 \times 1,15 = 1,906$ |            |
|          |                       | Poids propre de la poutre | $0,15 \times 0,25 \times 2,5 = 0,094$  |            |
|          | Charge d'exploitation |                           | $3,25 \times 0,15 \times 1,15$         |            |
| Travée 2 | Rectangle de charge   |                           | 3,25                                   | 1,906 T/ml |
|          | Charge permanente     | Poids de la dalle         | $3,25 \times 0,51 \times 1,15 = 1,906$ |            |
|          |                       | Poids propre de la poutre | 0                                      |            |
|          | Charge d'exploitation |                           | $3,25 \times 0,15 \times 1,15$         |            |
| Travée 3 | Rectangle de charge   |                           | 2.35                                   | 1,46T/ml   |
|          | Charge permanente     | Poids de la dalle         | $2,35 \times 0,51 \times 1,15 = 1,38$  |            |
|          |                       | Poids propre de la poutre | $0,15 \times 0,25 \times 2,5 = 0,094$  |            |
|          | Charge d'exploitation |                           | $2.35 \times 0,15 \times 1,15$         |            |

- Chargement réduit

| Travée   | Coefficient de sécurité | Chargement réduit |
|----------|-------------------------|-------------------|
| Travée 1 | $G=2*1,35= 2,7$         | $G_r = 1,8$       |
|          | $Q= 0,56*1,5= 0,84$     |                   |
| Travée 2 | $G=1,906*1,35= 2,57$    | $G_r = 1,72$      |
|          | $Q=0,56*1,5= 0,84$      |                   |
| Travée 3 | $G=1,46*1,35= 1,97$     | $G_r = 1,31$      |
|          | $Q=0,40*1,5= 0,6$       |                   |

- Calcul des longueurs réduites

Pour les travées de rive,  $l'=l$  et pour les travées intermédiaires  $l'=0,8l$ .

| Travée   | $l'$             |
|----------|------------------|
| Travée 1 | 4,1              |
| Travée 2 | $1,8*0,8 = 1,44$ |
| Travée 3 | 3,81             |

- Calcul des coefficients  $\beta$

$$\beta = \frac{l'e}{l'w} * \frac{I_w}{I_e}$$

Coefficients  $\beta$

$$\beta_2 = \frac{1,44}{4,1} * \frac{35^3}{20^3} = 1,88$$

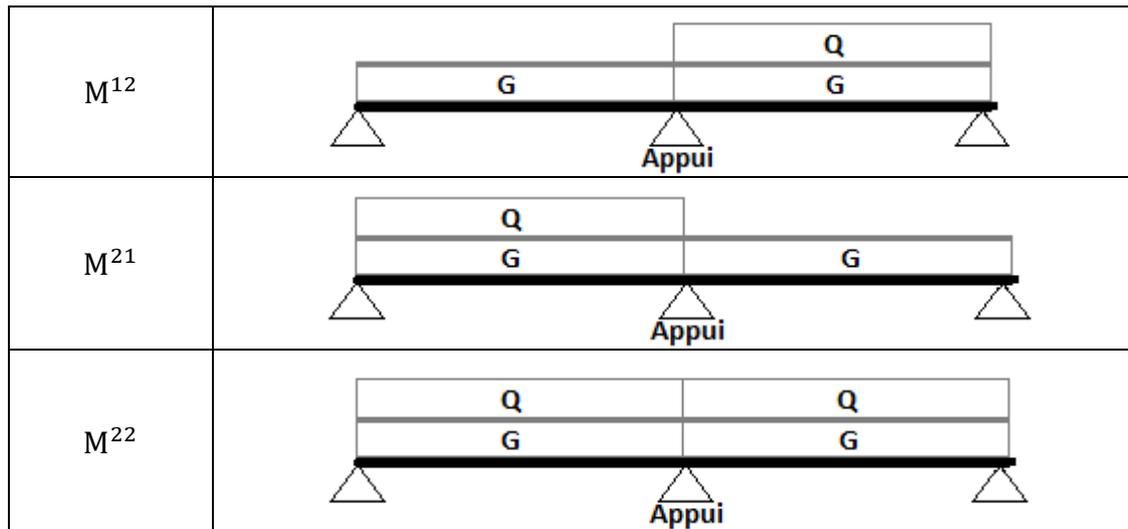
$$\beta_3 = \frac{3,81}{1,44} * \frac{20^3}{35^3} = 0,49$$

- Calcul des moments sur appui

Formules

|                     |  |
|---------------------|--|
| Charges réparties   | $M_{appui} = \frac{P_w * l'_w{}^2 + P_e * \beta * l'_e{}^2}{8,5(1+\beta)}$ |
| Charges ponctuelles | $M_{appui} = \frac{K_w P_w * l'_w + K_e P_e * \beta * l'_e}{8,5(1+\beta)}$ |

Cas de chargements :



Résultats :

|         |                               |
|---------|-------------------------------|
| Appui 2 | $M_2^{12} = 1,64 \text{ T.m}$ |
|         | $M_2^{21} = 2,09 \text{ T.m}$ |
|         | $M_2^{22} = 2,22 \text{ T.m}$ |
| Appui 3 | $M_3^{12} = 1,31 \text{ T.m}$ |
|         | $M_3^{21} = 1,11 \text{ T.m}$ |
|         | $M_3^{22} = 1,45 \text{ T.m}$ |

Le détail du calcul est présenté à l'Annexe 1.

- Calcul des moments de références :

Les moments de référence sont les moments maximaux des poutres isostatiques associées, on distingue :

- $M_{01}$  : On considère que la poutre est chargée uniquement par les sollicitations permanentes.
- $M_{02}$  : On considère que la poutre est chargée par les sollicitations permanentes et les surcharges.

| Travée   | $M_{01}$ | $M_{02}$ |
|----------|----------|----------|
| Travée 1 | 5,67     | 7,44     |
| Travée 2 | 1,04     | 1,38     |
| Travée 3 | 3,57     | 4,66     |

Ps : Pour les moments de référence, on n'utilise pas  $G_r$ , mais  $G$  !

Les détails du calcul sont présentés à l'Annexe 2.

- Calcul des moments sur les appuis de rive

On considère que sur les appuis de rive, le moment est égal à 15% du moment de référence sur la travée de rive adjacente.

On a donc :

Appui1 :  $M_1 = 0,15 M_{02}(\text{Travée 1}) = 0,15 * 7,44 = 1,12 \text{ T.m}$

Appui6 :  $M_4 = 0,15 M_{02}(\text{Travée 3}) = 0,15 * 4,66 = 0,70 \text{ T.m}$

- Calcul des moments sur travées

Formules

|                        |  |
|------------------------|--|
| Travées intermédiaires | $M_{T \max} = M_{02} - 0,5 (M_{Aw}^{12} + M_{Ae}^{21})$  |
|                        | $M_{T \min} = M_{01} - 0,5 (M_{Ae}^{12} + M_{Aw}^{21})$  |
| Travées de rive        | $M_{T \max} = M_{02} - 0,42 (M_{Aw}^{12} + M_{Ae}^{21})$ |
|                        | $M_{T \min} = M_{02} - 0,42 (M_{Aw}^{12} + M_{Ae}^{21})$ |

- $M_{T \max}$  est le moment de ferrailage de la travée.
- $M_{T \min}$  nous permet de déterminer la nécessité ou non du ferrailage supérieure, si  $M_{T \min} < 0$ , il faut prévoir des armatures comprimées.

### Résultats

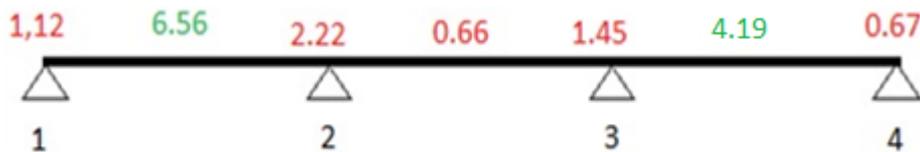
| Travée   | $M_{T \max}(\text{T.m})$ | $M_{T \min}(\text{T.m})$ |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| Travée 1 | 6,56                     | 4,98                     |
| Travée 2 | -0,005                   | -0,66                    |
| Travée 3 | 4,19                     | 3,01                     |

Le détail des calculs est présenté à l'Annexe 3.

Puisque

$M_{T \min 2} < 0$ , on doit prévoir du ferrailage supérieur.

Récapitulation



- Efforts tranchants :

### Formules

$$T = T_0 + \left| \frac{M_{Aw} - M_{Ae}}{l} \right|$$

Où  $T_0$  est l'effort tranchant maximal de la poutre isostatique équivalente en considérant un chargement permanent et d'exploitation.

Efforts tranchants isostatiques

| Travée   | $T_0$ |
|----------|-------|
| Travée 1 | 7,26  |
| Travée 2 | 3,07  |
| Travée 3 | 4,9   |

Le détail du calcul est présenté à l'Annexe 4.

### Résultats

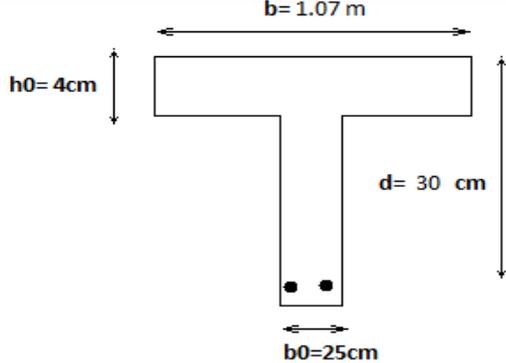
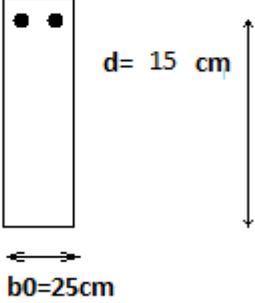
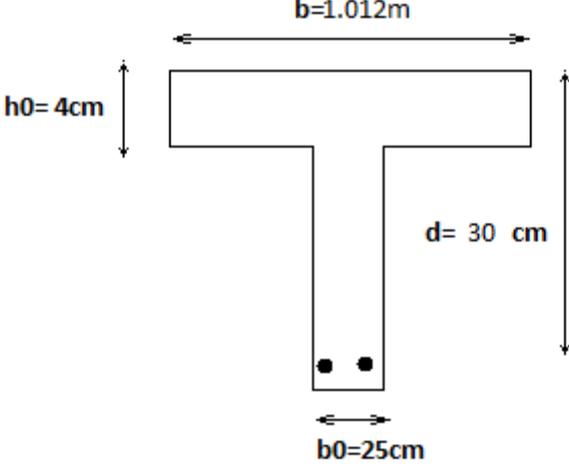
| Travée    | T (T/ml) |
|-----------|----------|
| Travée 1  | 9,48     |
| Travée 35 | 4,87     |
| Travée 23 | 5,62     |

Le détail du calcul est présenté à l'Annexe 5.

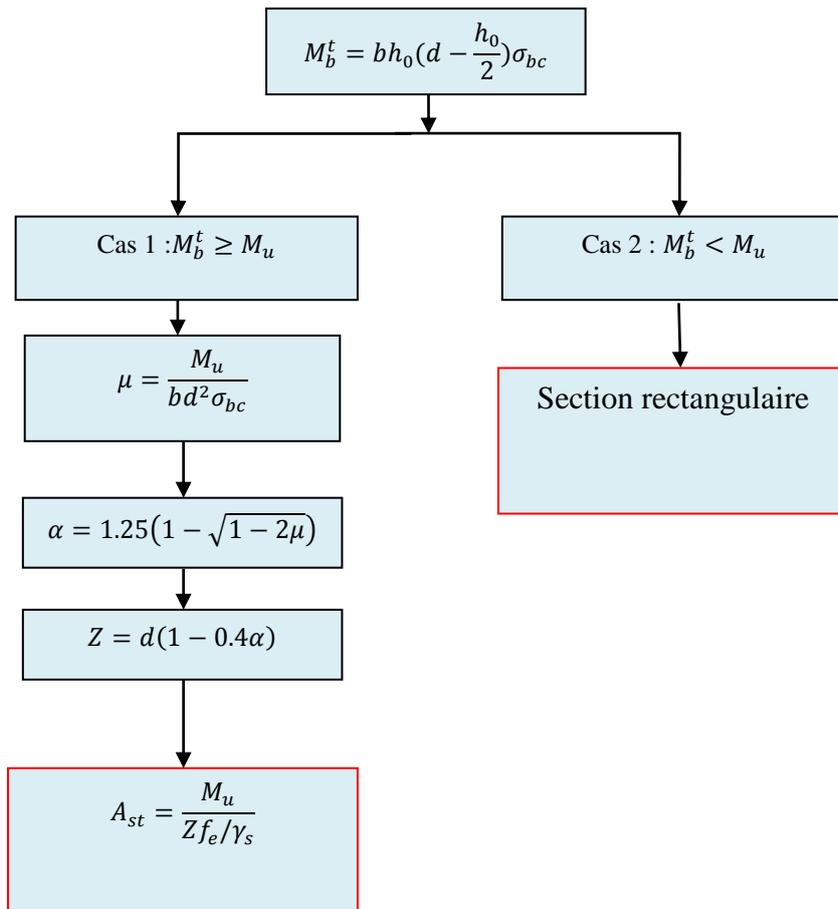
Ferrailage de la poutre

- Ferrailage en travée à l'ELU

Les sections des poutres en travées sont des sections en T qui vérifient :  $\frac{b-b_0}{2} = \frac{l}{10}$  où  $l$  est la portée à nu. On considère un enrobage de 5cm. On a donc :

| Travée   | Section  |
|----------|--|
| Travée 1 |    |
| Travée 2 |   |
| Travée 3 |  |

L'algorithme consiste à calculer le moment repris par la table de compression  $M_T^b$  et de le comparer au moment ultime appliqué à la section. Si ce dernier est inférieur, la section est assimilée à une section rectangulaire  $b \cdot d$ .

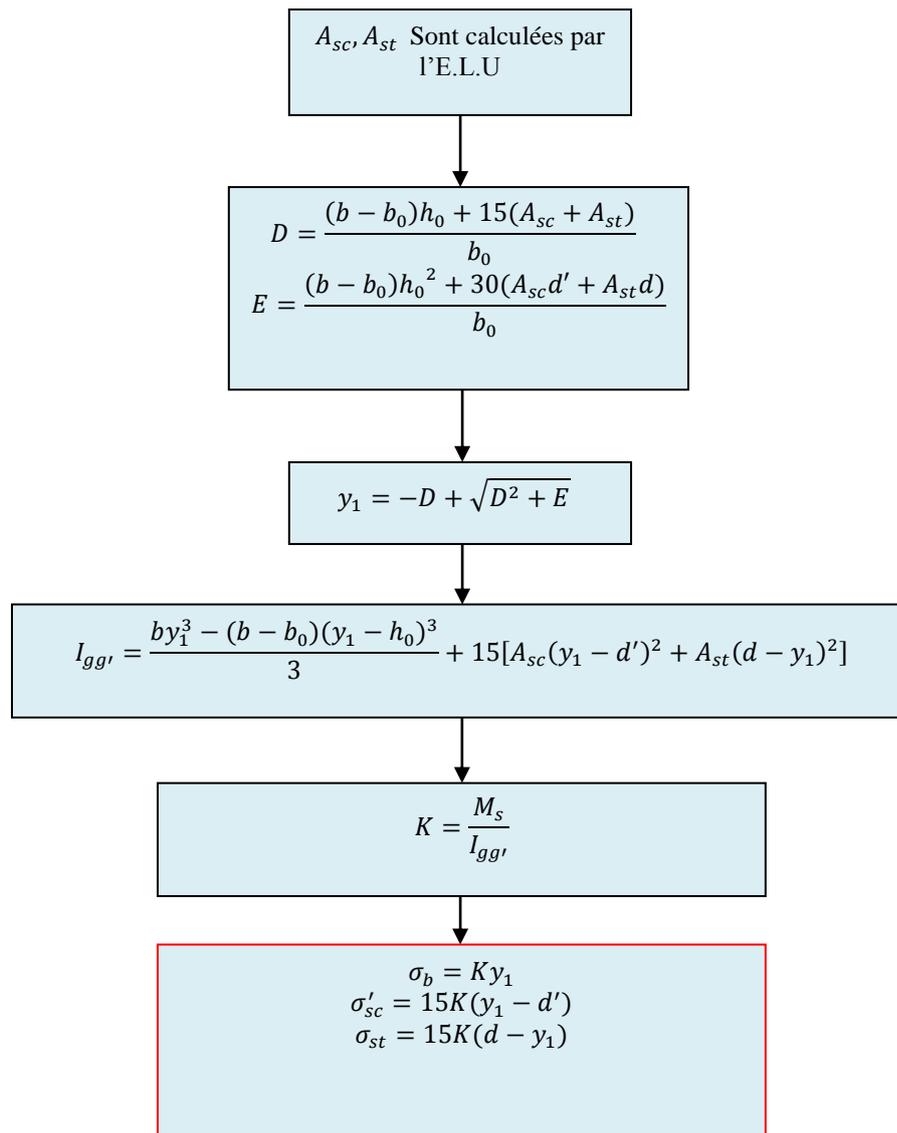


Avec  $M_u$  : le moment ultime et  $M_T^b$  : le moment repris par la table de compression

| Travée   | Mu (MN.m) | Calcul                |   | Armatures                                       |
|----------|-----------|-----------------------|---|---|
|          |           | $M_T^b$               | $M_T^b > M_u \rightarrow$ Section rectangulaire |   |
| Travée 1 | 0,0656    | $\mu$                 | 0,206   | 4HA12+2HA10                                     |
|          |           | $\alpha$              | 0,291   |   |
|          |           | z                     | 0,27  |   |
|          |           | A                     | 5,69  |   |
|          |           |                       |   |   |
| Travée 2 | 0,0066    | Section rectangulaire |   | 2HA10 (le ferrailage est en haut de la section) |
|          |           | $\mu$                 | 0,083   |   |
|          |           | $\alpha$              | 0,108   |   |
|          |           | z                     | 0,14  |   |
|          |           | A                     | 1,06  |   |
| Travée 3 | 0,0419    | $M_T^b$               | $M_T^b > M_u \rightarrow$ Section rectangulaire | 2HA12+2HA10                                     |
|          |           | $\mu$                 | 0,131   |   |
|          |           | $\alpha$              | 0,177   |   |
|          |           | z                     | 0,28  |   |
|          |           | A                     | 3,46  |   |

- Vérification en ELS

Puisque les fissurations sont peu préjudiciables, on se contente de vérifier les contraintes à l'ELS, on se contentera de faire cette vérification pour la travée 1. l'algorithme suivant :



la poutre est vérifiée à l'ELS

- Ferrailage des appuis

Pour les appuis, on considère des sections  $b_0 * d$  rectangulaires et on utilise un algorithme similaire à celui du ferrailage en travées, sauf que le ferrailage calculé est disposé en haut de la section :

| Appui   | Mu (MN .m) | Calcul   |       | Armatures  |
|---------|------------|----------|-------|------------|
| Appui 1 | 0.0112     | $\mu$    | 0,035 | 2HA8       |
|         |            | $\alpha$ | 0,045 |            |
|         |            | $z$      | 0,29  |            |
|         |            | $A$      | 0,87  |            |
| Appui 2 | 0.0222     | $\mu$    | 0,141 | 2HA12      |
|         |            | $\alpha$ | 0,19  |            |
|         |            | $z$      | 0,14  |            |
|         |            | $A$      | 1,86  |            |
| Appui 3 | 0.0145     | $\mu$    | 0,182 | 2HA8+2HA10 |
|         |            | $\alpha$ | 0,253 |            |
|         |            | $z$      | 0,13  |            |

|         |        |          |       |      |
|---------|--------|----------|-------|------|
|         |        | A        | 2,47  |      |
| Appui 4 | 0.0067 | $\mu$    | 0,021 | 2HA8 |
|         |        | $\alpha$ | 0,027 |      |
|         |        | z        | 0,3   |      |
|         |        | A        | 0.52  |      |

Ferrailage transversal

On prend  $\Phi_t = 8\text{mm}$ .

On a

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 d}$$

| Travée   | $\tau_u$ (MPa) |
|----------|----------------|
| Travée 1 | 1,0            |
| Travée 2 | 0,9            |
| Travée 3 | 0,75           |

Dans tous les cas, on a  $\tau_u \leq \min \begin{cases} 0,04f_{c28} = 1 \text{ MPa} \\ 1,5 \text{ MPa} \end{cases}$

Donc l'espacement des cadres est similaire à celui d'un poteau :

$$S_t = \min(20 + 10; 15 * 1.2\text{cm}; 40 \text{ cm}) = 18 \text{ cm}$$

Pour la travée 1 :

**c) Dimensionnement d'une semelle isolée:**

Les semelles adoptées sont des semelles isolées de géométrie rectangulaire sous des poteaux rectangulaires.

- Rappel de cours : Etapes de calcul :
  - Calcul du coffrage:

Dimensionnement de la semelle AxB

$$A * B * \sigma_{sol} > Pu$$
$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b}$$

On résous le système et on obtient A  
et B

$$\begin{cases} d_a = \frac{A - a}{4} \\ d_b = \frac{B - b}{4} \end{cases}$$

- Calcul du ferrailage:

Calcul du ferrailage de la semelle

$$\begin{cases} A_a = \frac{P_U(\text{ou } P_S) * (A - a)}{8 * d_a * \sigma_s} \\ A_b = \frac{P_U(\text{ou } P_S) * (B - b)}{8 * d_b * \sigma_s} \end{cases}$$

On obtient le diamètre  $\phi$  de ferrailage nécessaire et les espacements

$$l_s = \frac{\phi}{4} * \frac{f_e}{\tau_s}$$

La forme des barres du ferrailage aux extrémités est déterminée comme suit :

- Si  $l_s > B/4$  : toutes les barres doivent être prolongées jusqu'aux extrémités de la semelle et comporter des ancrages courbes
- Si  $B/8 < l_s < B/4$  : Toutes les barres doivent être prolongées jusqu'aux extrémités de la semelle mais peuvent ne pas comporter des crochets
- Si  $l_s < B/8$  : On n'utilise pas de crochets et on peut arrêter une barre sur deux à la longueur  $0,71*B$  ou alterner des barres de longueur  $0,86*B$

- Calcul de la semelle du poteau N°8 :

- Calcul du coffrage:

On a  $\begin{cases} P_s = 56.47 \text{ T} \\ \sigma_{\text{sol}} = 2,5 \text{ bars} \end{cases}$

$$D'o\grave{u} S = A * B = \frac{0.564}{0.25} = 2,256 \text{ m}^2$$

$$\text{Et on a } \frac{A}{B} = \frac{a}{b} = 1,8$$

$$\text{Ainsi on prend } A=2 \text{ m, } B=1.2 \text{ m, } d_a = \frac{A-a}{4} = 0.39 \text{ m, } d_b = \frac{B-b}{4} = 0.24 \text{ m et } h=0.8 \text{ m}$$

- Poids propre de la semelle :

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 * 1 * 0.2 = 0.4 \\ 0.45 * 0.25 * 0.6 = 0.0675 \\ \frac{1 * 0.6}{2} * 0.45 * 2 + \frac{0.6 * 0.6}{2} * 0.25 * 2 = 0.36 \\ \frac{1 * 0.6 * 0.6}{4} * 8 = 0.72 \end{array} \right.$$

$$D'o\grave{u} P_{se}=1.55 \text{ T}$$

$$\text{Ainsi } N = 1.35 * 0.977 + 56.47 = 58.56 \text{ T}$$

- Calcul du ferrailage:

Les sections sont \u00e9gales \u00e0 :

$$A_s = N \frac{A-a}{8d_a * \epsilon_s} \quad \text{et} \quad B_s = N \frac{B-b}{8d_b * \epsilon_s}$$

Tout calcul fait nous donne :

$$\text{Acier a} = 6,69 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acier b} = 6,67 \text{ cm}^2$$

- Choix de barres :

On prend pour l'acier A les barres de type :

6HA12

On prend pour l'acier B les barres de type :

6HA12

## IV. Modélisation de la structure par logiciel

### A. Description du logiciel :

Il s'agit d'un logiciel de calcul de structures utilisant la méthode des éléments finis.

Le logiciel ROBOT Millennium est constitué d'une bibliothèque de modules conçus pour les études d'exécution. Il produit pour chaque élément du projet les notes de calcul et les plans de ferrailage conformément à la réglementation en vigueur.

Il échange des données en amont et en aval avec les modules ROBOT Millennium Structures, CBS Pro, RCAD Béton Armatures et RCAD Béton

Coffrage des modules disponibles :

- Poutres
- Poutres Voiles
- Poteaux
- Semelles
- Longrines

La Calculette BA met à la disposition des ingénieurs d'études un outil immédiat de calcul et d'analyse des sections en Béton Armé.

La Calculette BA intègre les méthodes de calcul les plus sophistiquées qui vous permettent de traiter les éléments soumis à la compression simple, traction simple, flexion simple, flexion composée, flexion composée déviée et sous effort tranchant. Il intègre la prise en compte de l'élançement et permet l'analyse détaillée des diagrammes d'interaction.

CBS Pro est la nouvelle génération de notre logiciel de pré-dimensionnement de bâtiment Béton Armé. Il intègre trois méthodes de calcul :

- surface d'influence : l'utilisateur retrouve plus facilement une approche manuelle des calculs; elle convient bien pour les bâtiments avec des dalles de type rectangulaires
- éléments finis partiels : cette approche, plus réelle, convient très bien aux dalles quelconques

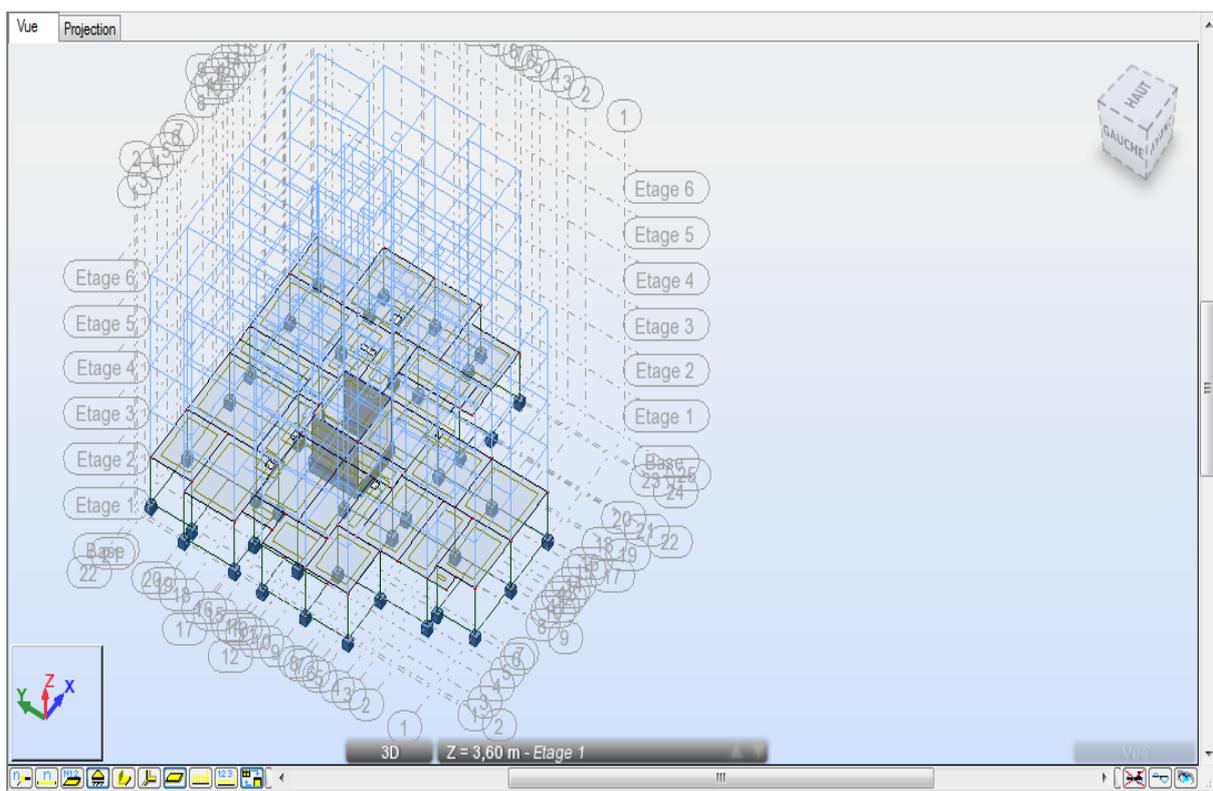
- méthode globale : traduit le comportement réel du bâtiment et permet notamment la prise en compte des remontées de charges, dalles de transfert, voile suspendu. De plus, cette méthode est indispensable dès qu'un calcul sismique est nécessaire

Les hypothèses de pré dimensionnement vous permettent d'avoir, après analyse, un quantitatif très précis (volume de béton, poids d'acier, surface de coffrage...).

En plus d'un calcul statique, il est possible d'effectuer des analyses dynamiques suivant les règlements PS92, RPA99 modifié 2004, RPS2000.

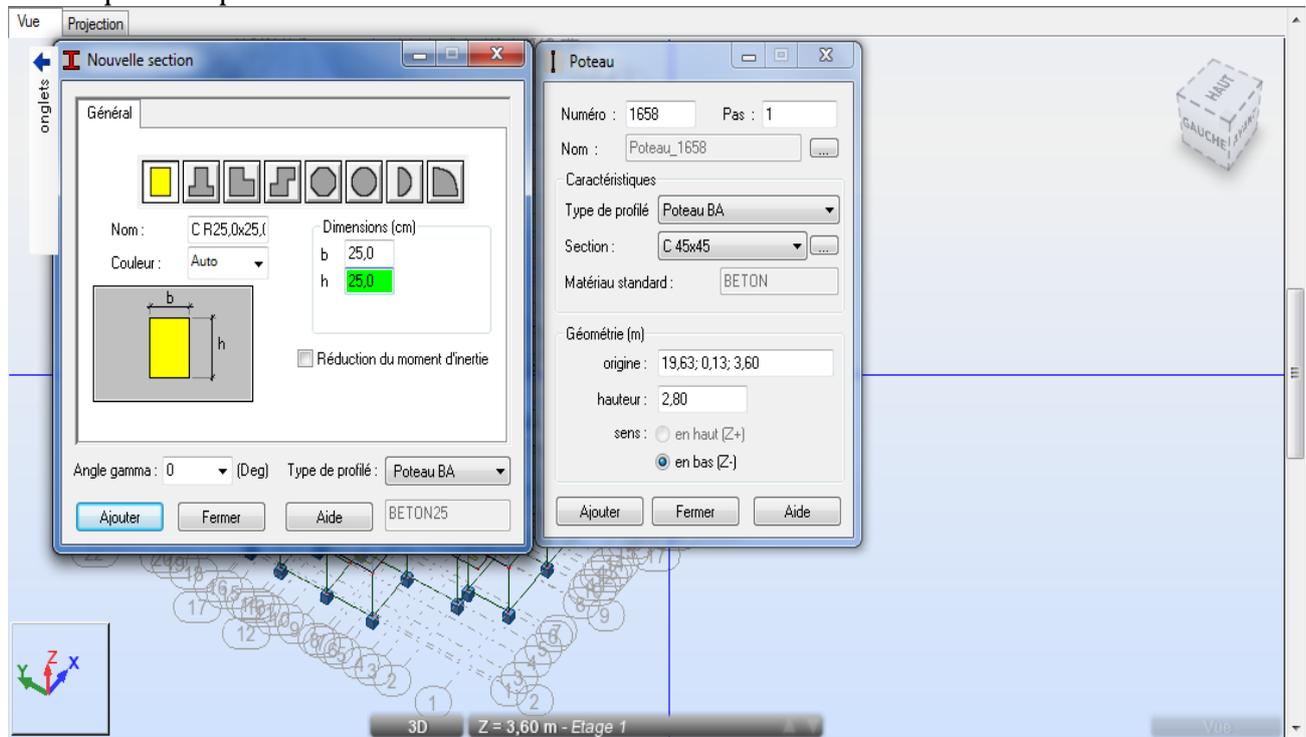
## B. Etapes de modélisation :

- Etape1 : Implantation des éléments principaux de la structure : poteaux, poutres, dalles etc.



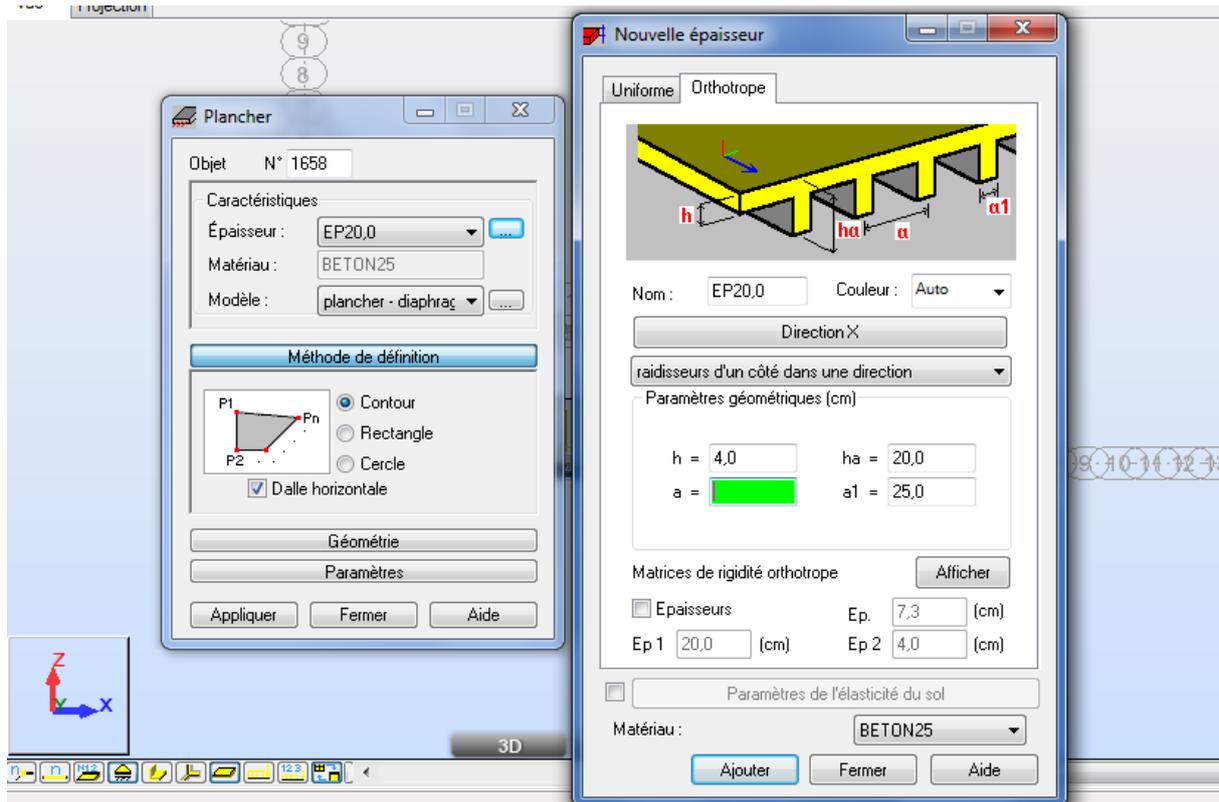
- Définition des profilés (coffrages des différentes barres):

On définit les différentes sections et aussi le genre de liaison entre les éléments poutre-poutre (poutre qui est appuyée sur une autre poutre) et poutre-voile (poutre qui est appuyée sur un voile) qui sont des rotules et ceci afin que le moment ne puisse pas passer d'une poutre à l'autre poutre car sa création crée une torsion dans la poutre d'appui chose qui n'est pas voulue.



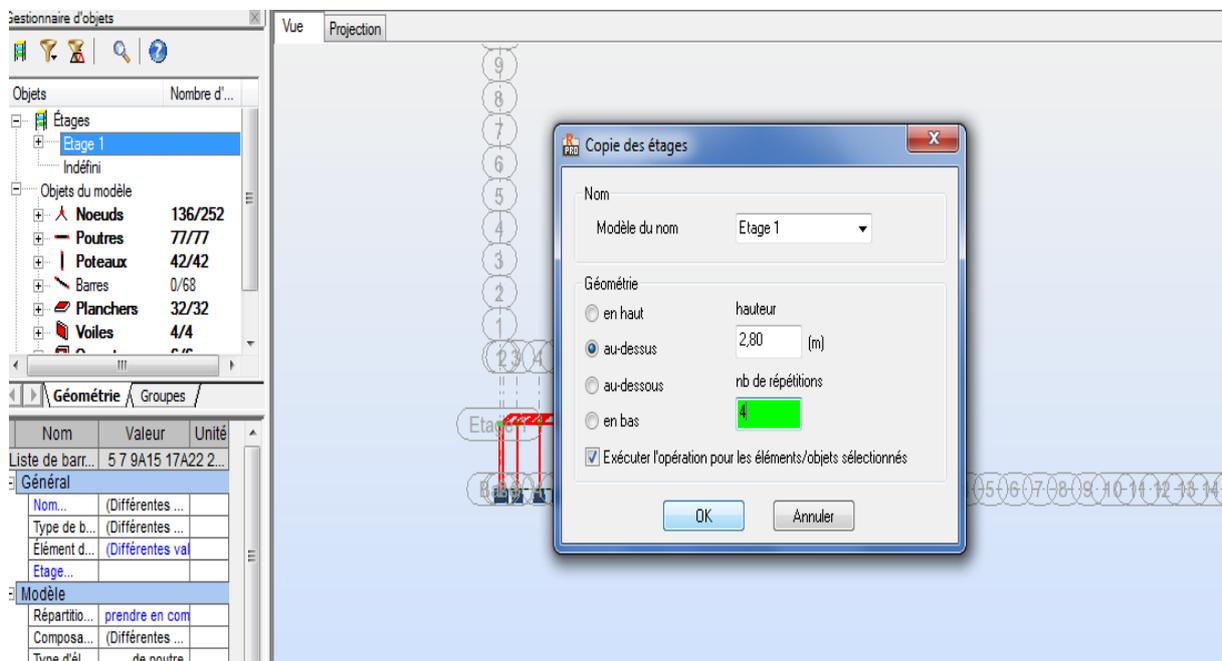
- saisie des épaisseurs des dalles:

La modélisation de la dalle à corps creux a été faite en utilisant une dalle orthotrope en suivant une seule direction de transmission des charges.



- copie des étages:

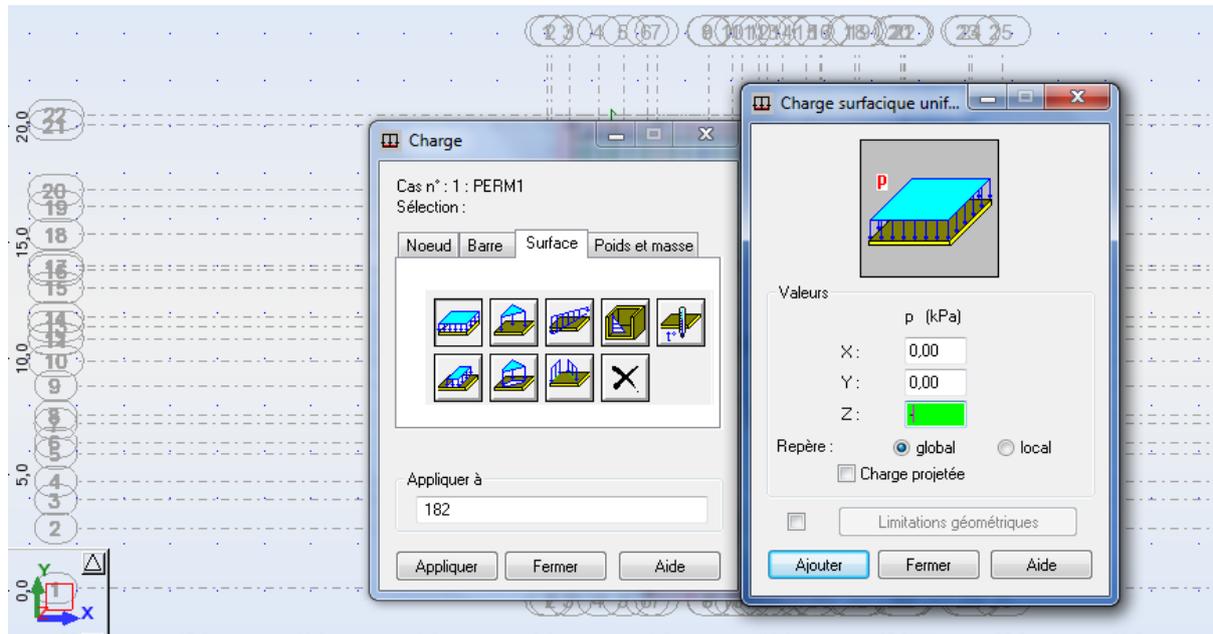
On copie les étages vue la symétrie.



### C. Définition des charges :

- Affectation des charges:

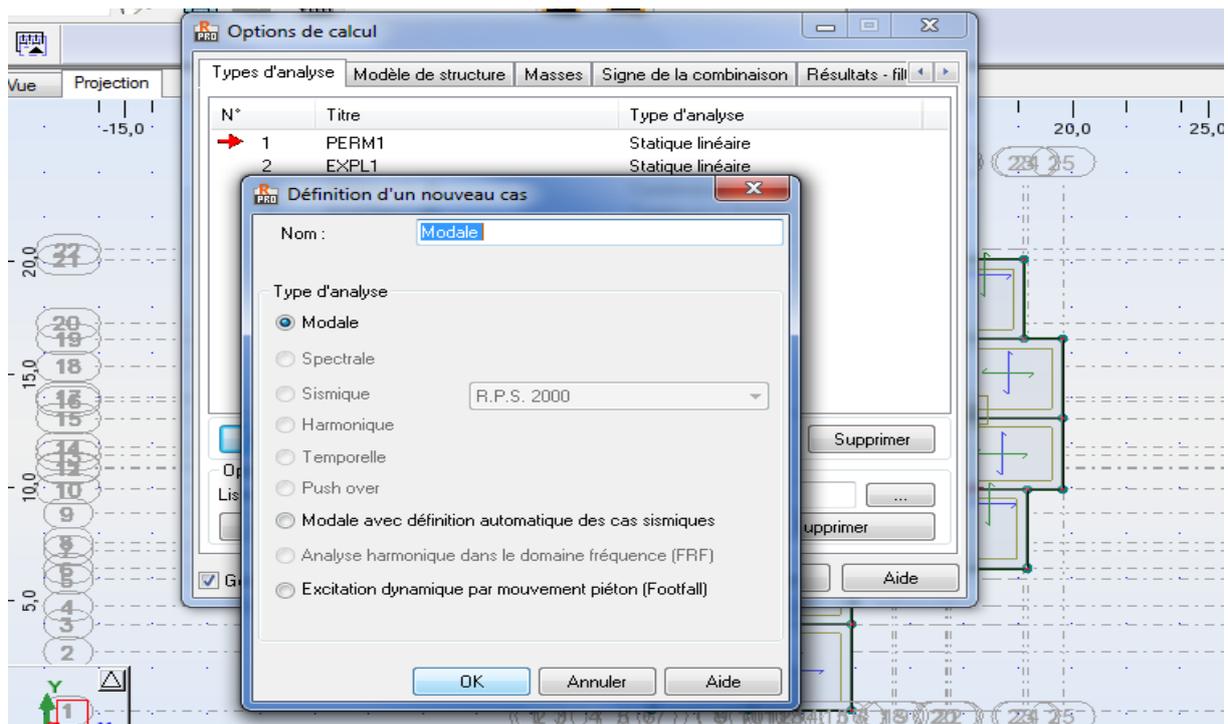
On affecte les charges et permanentes et d'exploitations aux planchers et qui sont déjà calculer précédemment dans la partie du calcul manuel.

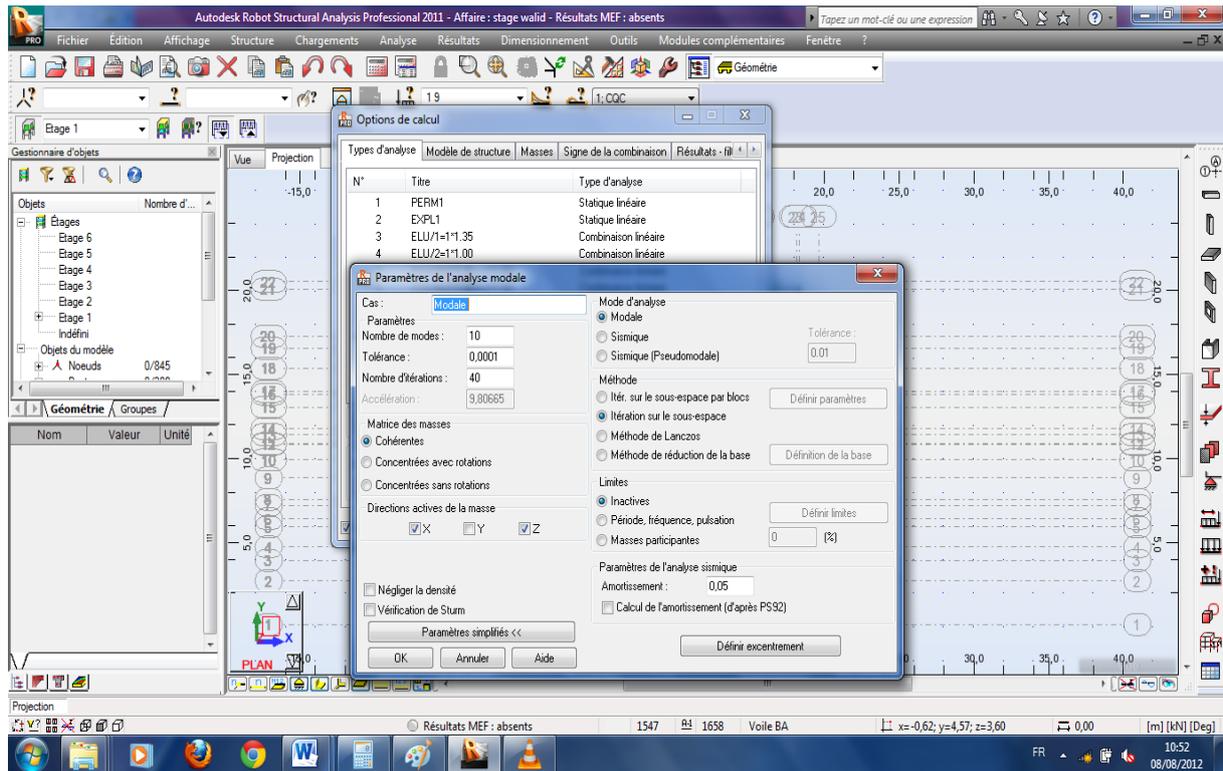


- Paramètre du RPS 2000:

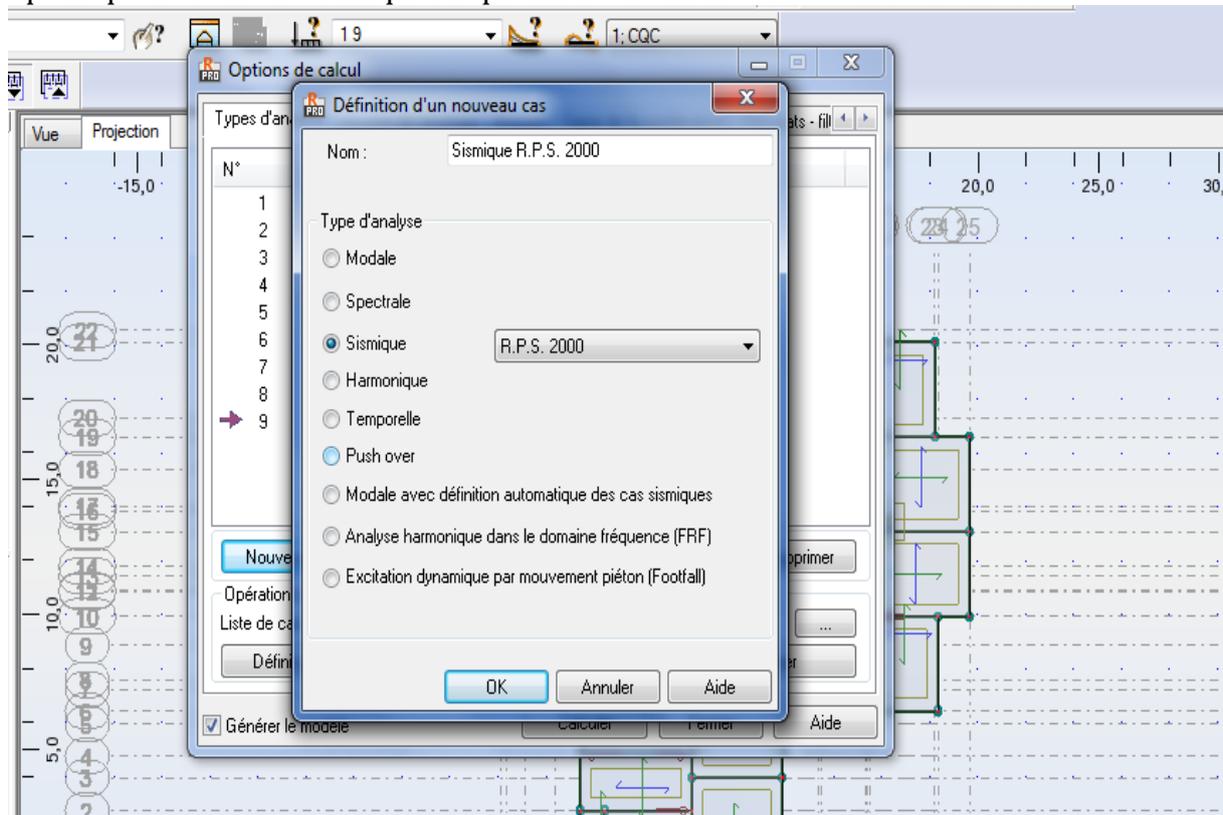
Pour le dimensionnement parasismique on a veillez tout d'abord à ce que notre modélisation soit optimal et ceci en adoptant un voile en U pour la cage d'escalier afin qu'il puisse absorber – vue son grande inertie – une grande partie des moments sismique (plus de 90%).

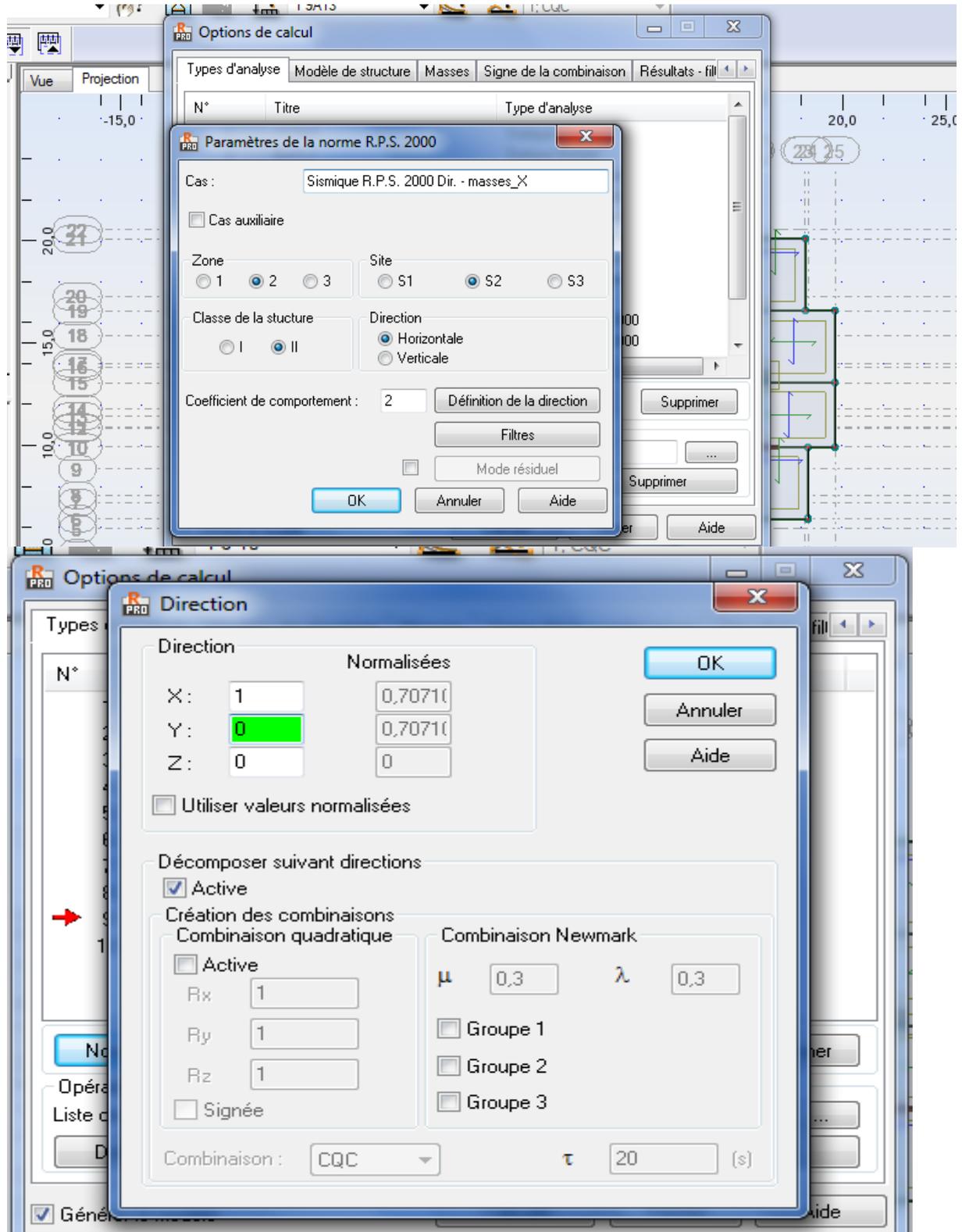
le type d'analyse choisi était une analyse modale.



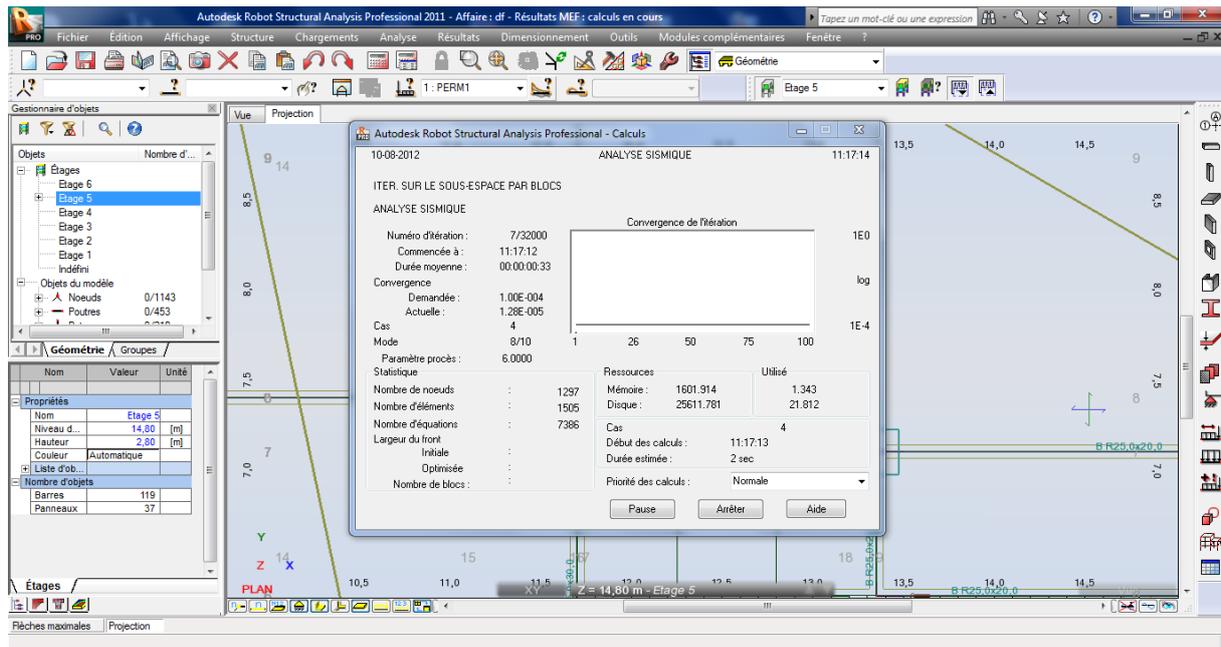


Après on a entré les paramètres du RPS 2000 qu'on détermine précédemment en optant pour deux cas sismique : le premier suivant X et le second suivant Y.





## D. Calcul :



## E. Affichage des résultats

### 1. Note de calcul:

ROBOT 2011

Date: 11/08/12

Propriétés du projet: **R+4 ADDOHA**

Nom du fichier :: **R+4 ADDOHA.rtd**

Emplacement: C:

Créé: 10/08/12 11:15

Modifié: 10/08/12 11:52

Taille: 91218944

Auteur : CHARKANI-EL HASSANI Walid

Bureau:

Adresse:

Caractéristiques de l'analyse de l'exemple :

Type de structure : Coque

Coordonnées du centre géométrique de la structure:

X = 9.750 (m)

Y = 9.975 (m)

Z = 9.200 (m)

Coordonnées du centre de gravité de la structure:

X = 9.328 (m)

$$Y = 11.264 \text{ (m)}$$

$$Z = 8.206 \text{ (m)}$$

Moments d'inertie centraux de la structure:

$$I_x = 18959781.400 \text{ (kg*m}^2\text{)}$$

$$I_y = 19432362.944 \text{ (kg*m}^2\text{)}$$

$$I_z = 21213572.370 \text{ (kg*m}^2\text{)}$$

$$\text{Masse} = 399820.971 \text{ (kg)}$$

Coordonnées du centre de gravité de la structure avec la prise en compte des masses dynamiques globales:

$$X = 9.226 \text{ (m)}$$

$$Y = 11.318 \text{ (m)}$$

$$Z = 8.626 \text{ (m)}$$

Moments d'inertie centraux de la structure avec la prise en compte des masses dynamiques globales:

$$I_x = 79489457.494 \text{ (kg*m}^2\text{)}$$

$$I_y = 133829984.639 \text{ (kg*m}^2\text{)}$$

$$I_z = 186641282.745 \text{ (kg*m}^2\text{)}$$

$$\text{Masse} = 2167329.560 \text{ (kg)}$$

#### Description de la structure

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Nombre de noeuds:             | 1297 |
| Nombre de barres:             | 663  |
| Eléments finis linéiques:     | 809  |
| Eléments finis surfaciques:   | 696  |
| Eléments finis volumiques:    | 0    |
| Liaisons rigides:             | 454  |
| Relâchements:                 | 135  |
| Relâchements unilatéraux:     | 0    |
| Relâchements non-linéaires:   | 0    |
| Compatibilités:               | 0    |
| Compatibilités élastiques:    | 0    |
| Compatibilités non-linéaires: | 0    |
| Appuis:                       | 66   |
| Appuis élastiques:            | 0    |
| Appuis unilatéraux:           | 0    |
| Appuis non-linéaires:         | 0    |
| Rotules non-linéaires:        | 0    |
| Cas:                          | 16   |
| Combinaisons:                 | 11   |

#### Resumé de l'analyse

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Méthode de solution - SPARSE M        |          |
| Nbre de degrés de liberté stat.:      | 7386     |
| Largeur de la bande                   |          |
| avant/après optimisation:             | 0 0      |
| Durée des calculs [s]                 |          |
| Durée max agrégation + décomp.:       | 2        |
| Durée max itér. sur sous-espace:      | 5        |
| Durée max solution prb. nonlin.:      | 0        |
| Durée totale:                         | 20       |
| Espace disque et mémoire utilisés [o] |          |
| Espace totale du disque utilisé:      | 24407672 |
| Espace pour fichier TMP solveur:      | 0        |
| Espace pour itérat. s/sous-esp.:      | 1831976  |

Mémoire: 5161568

Elém. diagon. de la matrice de rigidité  
Min/Max après décomposition: 9.743966e+005 2.525591e+017  
Précision: 3

## Liste de cas de charges/types de calculs

Cas 1 : PERM1  
Type d'analyse: Statique linéaire

Energie potentielle : 8.56225e+000 (kN\*m)  
Précision : 2.33165e-007

Cas 2 : EXPL1  
Type d'analyse: Statique linéaire

Energie potentielle : 1.90109e-001 (kN\*m)  
Précision : 2.63284e-007

Cas 3 : Modale  
Type d'analyse: Modale

**Données:**

Mode d'analyse : Modal  
Méthode : Itération sur le sous-espace  
Type de matrices de masses : Cohérente  
Nombre de modes : 15  
Nombre d'itérations : 40  
Tolérance : 1.00000e-004  
Amortissement : 0.050  
Limites : 0.000  
Coefficient des masses participantes : 0.000

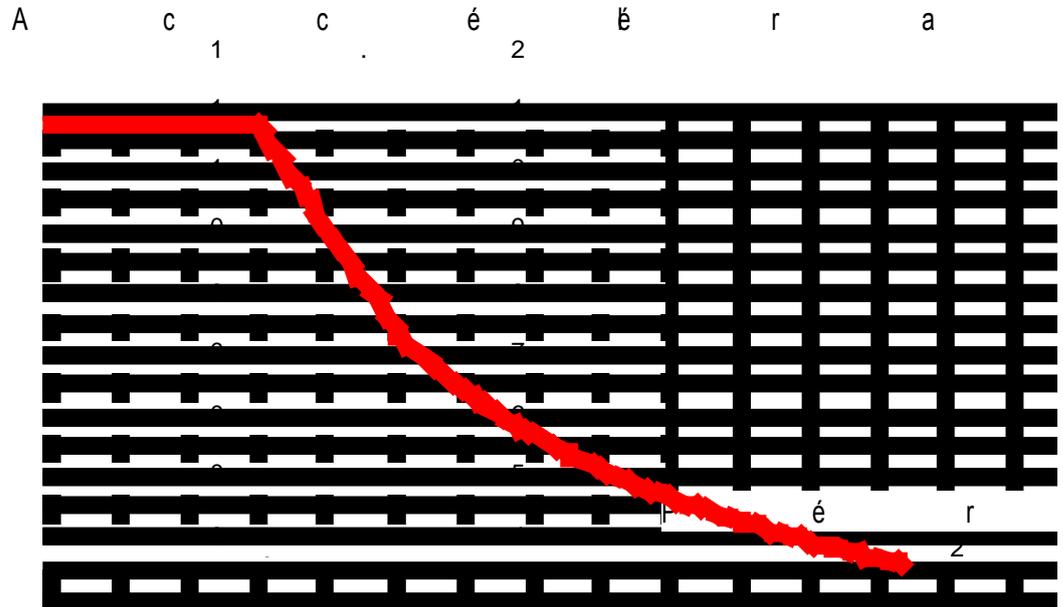
Cas 4 : Sismique R.P.S. 2000 suivant X Dir. - masses\_X  
Type d'analyse: Sismique - R.P.S. 2000

Direction de l'excitation:

X = 1.000

Y = 0.000

Z = 0.000



**Données:**

Zone : 2  
 Site : S2  
 Structure : II  
 Direction : Horizontale  
 K = : 2.000  
 $\mu = (5/\xi)^{0.4} = 1.000$

**Paramètres du spectre:**

A = 0.080  
 I = 1.000  
 S = 1.200

Cas 5 : Sismique R.P.S. 2000 suivant Y Dir. - masses\_X  
 Type d'analyse: Sismique - R.P.S. 2000

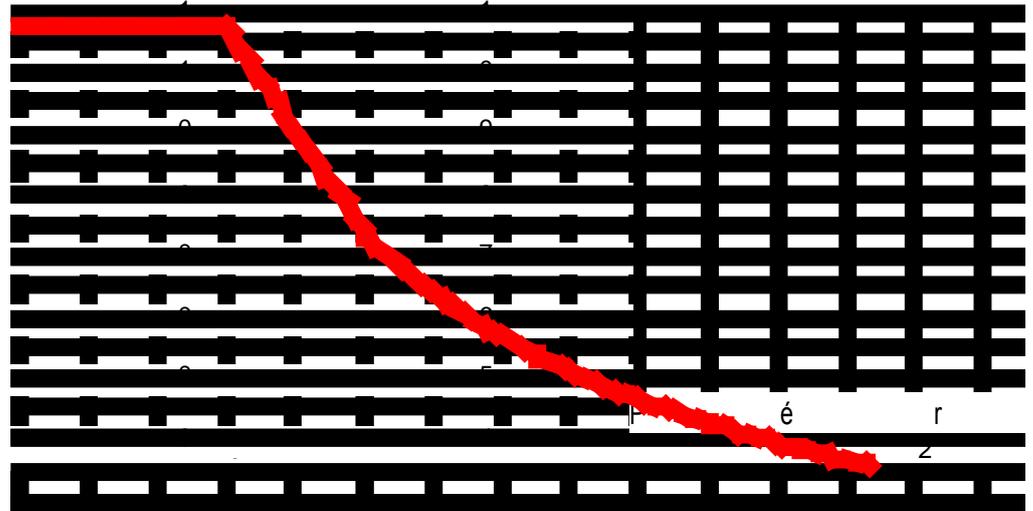
Direction de l'excitation:

X = 0.000

Y = 1.000

Z = 0.000

A c 1 c é 2 è r a

**Données:**

Zone : 2  
 Site : S2  
 Structure : II  
 Direction : Horizontale  
 K = : 2.000  
 $\mu = (5/\xi)^{0.4} = 1.000$

**Paramètres du spectre:**

A = 0.080  
 I = 1.000  
 S = 1.200

Cas 6 : ELU/1=1\*1.35  
 Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 7 : ELU/2=1\*1.00  
 Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 8 : ELU/3=1\*1.35 + 2\*1.50  
 Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 9 : ELU/4=1\*1.00 + 2\*1.50  
 Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 10 : ELS/1=1\*1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 11 : ELS/2=1\*1.00 + 2\*1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 12 : ACC/1=1\*1.00 + 2\*0.80 + 5\*1.00 + 4\*1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 13 : ACC/2=1\*1.00 + 5\*1.00 + 4\*1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 14 : ACC/3=1\*1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 15 : ACC/4=1\*1.00 + 2\*0.80 + 5\*-1.00 + 4\*-1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

Cas 16 : ACC/5=1\*1.00 + 5\*-1.00 + 4\*-1.00  
Type d'analyse: Combinaison linéaire

## 2. Déplacements:

|  | UX [cm] | UY [cm] | UZ [cm] | RX [Rad] | RY [Rad] | RZ [Rad] |  |
|--|---------|---------|---------|----------|----------|----------|--|
|--|---------|---------|---------|----------|----------|----------|--|

|       |                 |                 |       |        |                 |              |
|-------|-----------------|-----------------|-------|--------|-----------------|--------------|
| MAX   | 0,3             | 0,2             | 0     | 0,001  | 0               | 0            |
| Noeud | 429             | 410             | 433   | 479    | 1331            | 468          |
| Cas   | 13 (C)<br>(CQC) | 13 (C)<br>(CQC) | 5     | 6 (C)  | 8 (C)           | 13 (C) (CQC) |
| Mode  |                 |                 | CQC   |        |                 |              |
| MIN   | -0,3            | -0,3            | -0,4  | -0,001 | 0               | 0            |
| Noeud | 429             | 410             | 479   | 483    | 731             | 468          |
| Cas   | 15 (C)<br>(CQC) | 15 (C)<br>(CQC) | 6 (C) | 6 (C)  | 15 (C)<br>(CQC) | 15 (C) (CQC) |
| Mode  |                 |                 |       |        |                 |              |

### 3. Réactions:

|       | FX [kN]         | FY [kN]         | FZ [kN]         | MX [kNm]        | MY [kNm]        | MZ [kNm]        |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| MAX   | 240,38          | 204,53          | 978,21          | 29,78           | 35,97           | 0,98            |
| Noeud | 1371            | 682             | 724             | 724             | 471             | 29              |
| Cas   | 12 (C)<br>(CQC) | 13 (C)<br>(CQC) |
| Mode  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| MIN   | -248,71         | -172,4          | -98,77          | -20,6           | -39,3           | -0,98           |
| Noeud | 1368            | 686             | 724             | 473             | 670             | 29              |
| Cas   | 15 (C)<br>(CQC) | 15 (C)<br>(CQC) | 16 (C)<br>(CQC) | 15 (C)<br>(CQC) | 15 (C)<br>(CQC) | 15 (C)<br>(CQC) |
| Mode  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |

### 4. Flèches maximales:

|       | UX [cm] | UY [cm]         | UZ [cm] |
|-------|---------|-----------------|---------|
| MAX   | 0       | 0               | 0,1     |
| Barre | 787     | 587             | 820     |
| Cas   | 8 (C)   | 12 (C)<br>(CQC) | 6 (C)   |
| Mode  |         |                 |         |
| MIN   | 0       | 0               | -2,6    |
| Barre | 787     | 787             | 431     |
| Cas   | 4       | 15 (C)<br>(CQC) | 8 (C)   |
| Mode  | CQC     |                 |         |

### 5. Efforts:

|       | FX [kN] | FY [kN]         | FZ [kN] | MX [kNm] | MY [kNm]        | MZ [kNm]        |
|-------|---------|-----------------|---------|----------|-----------------|-----------------|
| MAX   | 566,49  | 4,93            | 68,6    | 1,04     | 27,67           | 7,01            |
| Barre | 41      | 41              | 59      | 832      | 41              | 41              |
| Noeud | 95      | 95              | 97      | 63       | 95              | 95              |
| Cas   | 8 (C)   | 13 (C)<br>(CQC) | 8 (C)   | 6 (C)    | 15 (C)<br>(CQC) | 12 (C)<br>(CQC) |
| Mode  |         |                 |         |          |                 |                 |
| MIN   | -49,97  | -4,94           | -68,6   | -0,98    | -53,46          | -6,99           |
| Barre | 787     | 41              | 372     | 780      | 734             | 41              |
| Noeud | 468     | 95              | 290     | 431      | 409             | 95              |
| Cas   | 8 (C)   | 15 (C)<br>(CQC) | 8 (C)   | 8 (C)    | 8 (C)           | 16 (C)<br>(CQC) |
| Mode  |         |                 |         |          |                 |                 |

### 6. Contraintes:

|       | S max<br>[MPa]  | S min<br>[MPa] | S max(My)<br>[MPa] | S max(Mz)<br>[MPa] | S min(My)<br>[MPa] | S min(Mz)<br>[MPa] | Fx/Sx<br>[MPa]  |
|-------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| MAX   | 31,03           | 6              | 31,03              | 1,91               | 0                  | 0                  | 6,65            |
| Barre | 739             | 33             | 739                | 33                 | 49                 | 426                | 1               |
| Noeud | 408             | 77             | 408                | 77                 | 93                 | 252                | 1               |
| Cas   | 8 (C)           | 8 (C)          | 8 (C)              | 12 (C) (CQC)       | 2                  | 9 (C)              | 12 (C)<br>(CQC) |
| Mode  |                 |                |                    |                    |                    |                    |                 |
| MIN   | -0,05           | -31,03         | 0                  | 0                  | -31,03             | -1,91              | -1,25           |
| Barre | 787             | 739            | 49                 | 426                | 739                | 33                 | 787             |
| Noeud | 469             | 408            | 93                 | 252                | 408                | 77                 | 468             |
| Cas   | 16 (C)<br>(CQC) | 8 (C)          | 2                  | 9 (C)              | 8 (C)              | 12 (C)<br>(CQC)    | 8 (C)           |
| Mode  |                 |                |                    |                    |                    |                    |                 |

### 7. Dimensionnement du poteau N 41:

#### a) Note du calcul :

#### 1 Niveau :

- Nom :
- Cote de niveau : 0,80 (m)
- Tenue au feu : 0 h

- Fissuration : peu préjudiciable
- Milieu : non agressif

## 2 Poteau : Poteau41

Nombre : 1

### 2.1 Caractéristiques des matériaux :

- Béton :  $f_{c28} = 25,00$  (MPa) Poids volumique = 2501,36 (kG/m<sup>3</sup>)
- Aciers longitudinaux : type HA 500  $f_e = 500,00$  (MPa)
- Aciers transversaux : type HA 500  $f_e = 500,00$  (MPa)

### 2.2 Géométrie :

- 2.2.1 Rectangle 25,0 x 45,0 (cm)
- 2.2.2 Epaisseur de la dalle = 0,00 (m)
- 2.2.3 Sous dalle = 2,83 (m)
- 2.2.4 Sous poutre = 2,53 (m)
- 2.2.5 Enrobage = 3,0 (cm)

### 2.3 Hypothèses de calcul :

- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Dispositions sismiques : non
- Poteau préfabriqué : non
- Tenue au feu : forfaitaire
- Prédimensionnement : non
- Prise en compte de l'élanement : oui
- Compression : simple
- Cadres arrêtés : sous poutre
- Plus de 50% des charges appliquées : : après 90 jours

### 2.4 Chargements :

| Cas                                       | Nature | Groupe        | N (kN) |        |  |
|---|--------|---------------|--------|--------|--|
| ELU/1=1*1.35                              |        | de calcul     | 41     | 489,18 |  |
| ELU/2=1*1.00                              |        | de calcul     | 41     | 362,35 |  |
| ELU/3=1*1.35 + 2*1.50                     |        | de calcul     | 41     | 566,49 |  |
| ELU/4=1*1.00 + 2*1.50                     |        | de calcul     | 41     | 439,67 |  |
| ACC/1=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00   |        | de calc. acc. | 41     | 517,75 |  |
| ACC/2=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00            |        | de calc. acc. | 41     | 476,51 |  |
| ACC/3=1*1.00                              |        | de calc. acc. | 41     | 362,35 |  |
| ACC/4=1*1.00 + 2*0.80 + 5*-1.00 + 4*-1.00 |        | de calc. acc. | 41     | 289,43 |  |
| ACC/5=1*1.00 + 5*-1.00 + 4*-1.00          |        | de calc. acc. | 41     | 248,20 |  |

### 2.5 Résultats théoriques :

#### 2.5.1 Analyse de l'Elancement

|               | Lu (m) | K    | $\lambda$ |
|---------------|--------|------|-----------|
| Direction Y : | 2,80   | 1,00 | 21,55     |

#### 2.5.2 Analyse détaillée

$\lambda = \max(\lambda_y; \lambda_z)$   
 $\lambda = 38,80$   
 $\lambda < 50$   
 $\alpha = 0,85/(1+0,2*(\lambda/35)^2) = 0,68$   
 $Br = 0,10 \text{ (m}^2\text{)}$   
 $A = 6,09 \text{ (cm}^2\text{)}$   
 $N_{ulim} = \alpha[Br*fc28/(0,9*\gamma_b)+A*Fe/\gamma_s] = 1430,45 \text{ (kN)}$

### 2.5.3 Ferrailage :

- Coefficients de sécurité
- global (Rd/Sd) = 2,53
- section d'acier réelle A = 6,09 (cm<sup>2</sup>)

## 2.6 Ferrailage :

### Barres principales :

- 2 HA 500 10 l = 2,80 (m)
- 4 HA 500 12 l = 2,80 (m)

### Barres de construction :

- 2 HA 500 10 l = 2,80 (m)

### Ferrailage transversal :

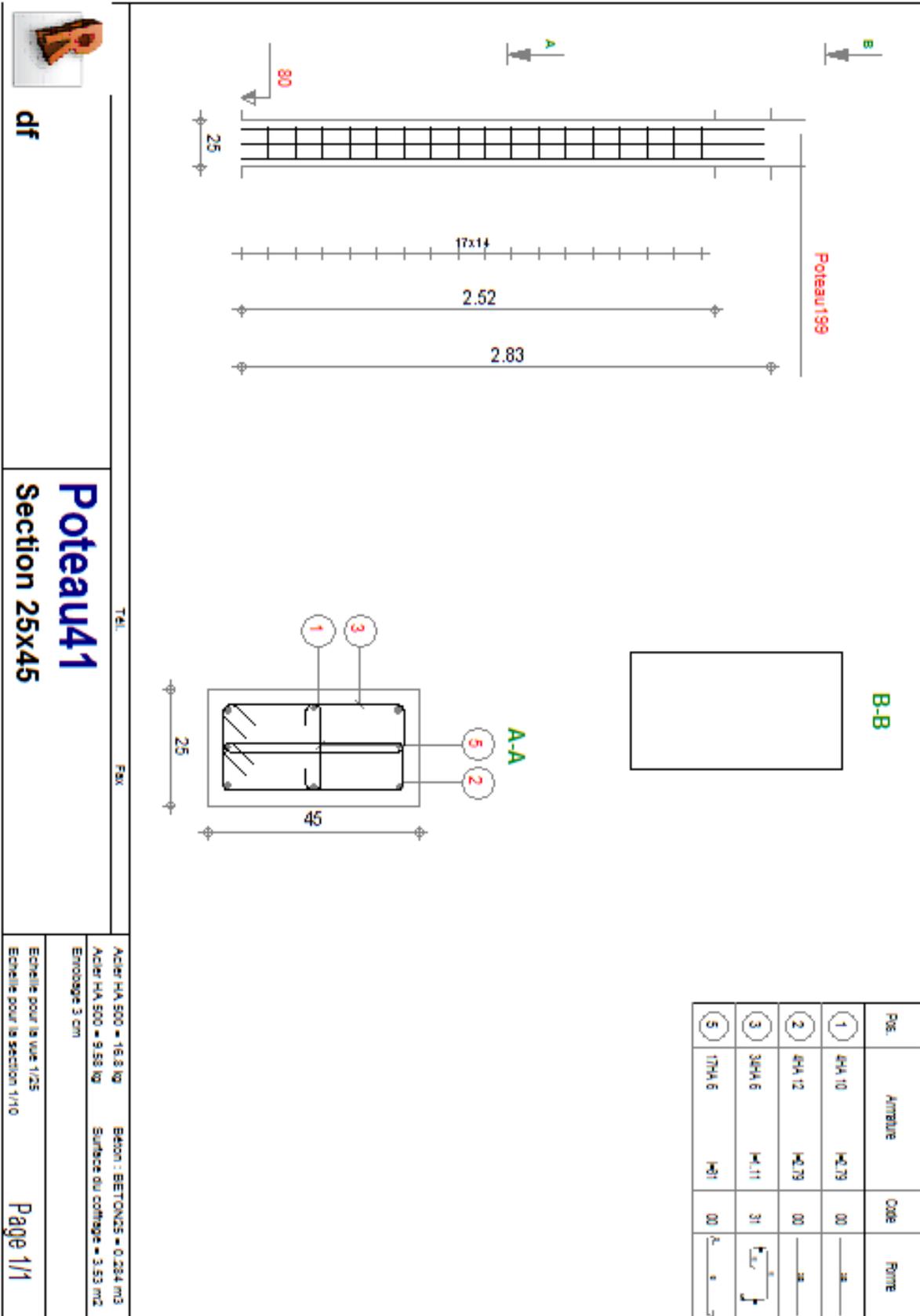
- 17 Cad HA 500 6 l = 1,11 (m)  
e = 17\*0,14 (m)
- 17 Cad HA 500 6 l = 1,11 (m)  
e = 17\*0,14 (m)
- 17 Ep HA 500 6 l = 0,31 (m)  
e = 17\*0,14 (m)

## 3 Quantitatif :

- Volume de Béton = 0,28 (m<sup>3</sup>)
- Surface de Coffrage = 3,54 (m<sup>2</sup>)
- Acier HA 500
  - Poids total = 26,41 (kG)
  - Densité = 92,96 (kG/m<sup>3</sup>)
  - Diamètre moyen = 7,7 (mm)
  - Liste par diamètres :

| Diamètre | Longueur<br>(m) | Poids<br>(kG) |
|----------|-----------------|---------------|
| 6        | 43,16           | 9,58          |
| 10       | 11,18           | 6,90          |
| 12       | 11,18           | 9,93          |

**b) Plan d'exécution:**



df

**Poteau 41**  
Section 25x45

TAI  
FAI

Acier HA 500 = 16.8 kg  
Acier HA 500 = 9.58 kg  
Enrobage 3 cm

Béton : BETONS = 0.284 m3  
Surface du coffrage = 3.53 m2

Echelle pour la vue 1/25  
Echelle pour la section 1/10

## 8. Dimensionnement de la semelle N95:

### a) Note du calcul :

## 1 Semelle isolée : Semelle95

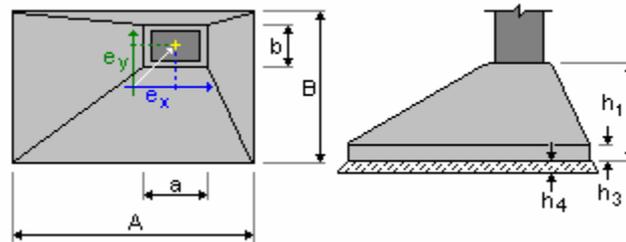
Nombre : 1

### 1.1 Données de base

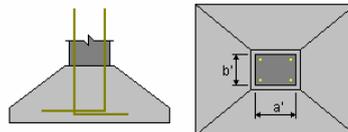
#### 1.1.1 Principes

- Norme pour les calculs géotechniques : DTU 13.12
- Norme pour les calculs béton armé : BAEL 91 mod. 99
- Forme de la semelle : homothétique

#### 1.1.2 Géométrie :



|    |            |    |            |
|----|------------|----|------------|
| A  | = 1,90 (m) | a  | = 0,45 (m) |
| B  | = 1,30 (m) | b  | = 0,25 (m) |
| h1 | = 0,45 (m) | ex | = 0,00 (m) |
| h3 | = 0,25 (m) | ey | = 0,00 (m) |
| h4 | = 0,05 (m) |    |            |



|    |             |
|----|-------------|
| a' | = 35,0 (cm) |
| b' | = 25,0 (cm) |
| c1 | = 5,0 (cm)  |
| c2 | = 3,0 (cm)  |

#### 1.1.3 Matériaux

- Béton : BETON; résistance caractéristique = 25,00 MPa  
Poids volumique = 2501,36 (kG/m3)
- Aciers longitudinaux : type HA 500 résistance caractéristique = 500,00 MPa
- Aciers transversaux : type HA 500 résistance caractéristique = 500,00 MPa

#### 1.1.4 Chargements :

##### Charges sur la semelle :

| Cas          | Nature | Groupe    | N (kN) | Fx (kN) | Fy (kN) | Mx (kN*m) | My (kN*m) |      |
|--------------|--------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----------|------|
| ELU/1=1*1.35 |        | de calcul | ----   | 498,79  | -0,00   | 0,00      | 0,33      | 0,94 |
| ELU/2=1*1.00 |        | de calcul | ----   | 369,47  | -0,00   | 0,00      | 0,25      | 0,70 |

|   |                |        |        |        |        |        |       |
|---|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| ELU/3=1*1.35 + 2*1.50                   | de calcul ---- | 576,10 | -0,00  | 0,00   | 0,34   | 0,92   |       |
| ELU/4=1*1.00 + 2*1.50                   | de calcul ---- | 446,79 | -0,00  | 0,00   | 0,25   | 0,68   |       |
| ELS/1=1*1.00                            | de calcul ---- | 369,47 | -0,00  | 0,00   | 0,25   | 0,70   |       |
| ELS/2=1*1.00 + 2*1.00                   | de calcul ---- | 421,02 | -0,00  | 0,00   | 0,25   | 0,68   |       |
| ACC/1=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 | de calcul ---- |        |        | 524,87 | -19,51 | -4,93  | -6,75 |
| -26,91                                  |                |        |        |        |        |        |       |
| ACC/2=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00          | de calcul ---- | 483,63 | -19,51 | -4,93  | -6,75  | -26,91 |       |
| ACC/3=1*1.00                            | de calcul ---- | 369,47 | -0,00  | 0,00   | 0,25   | 0,70   |       |
| ACC/4=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 | de calcul ---- | 296,55 | 19,51  | 4,94   | 7,25   | 28,30  |       |
| 28,29                                   |                |        |        |        |        |        |       |
| ACC/5=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00          | de calcul ---- | 255,31 | 19,51  | 4,94   | 7,25   | 28,30  |       |

**Charges sur le talus :**

| Cas | Nature | Q1<br>(kN/m2) |
|-----|--------|---------------|
|-----|--------|---------------|

**1.1.5 Liste de combinaisons**

|          |   |
|----------|---|
| 1/       | ELU : ELU/1=1*1.35 N=498,79 Mx=0,33 My=0,94 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 2/       | ELU : ELU/2=1*1.00 N=369,47 Mx=0,25 My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 3/       | ELU : ELU/3=1*1.35 + 2*1.50 N=576,10 Mx=0,34 My=0,92 Fx=-0,00 Fy=0,00               |
| 4/       | ELU : ELU/4=1*1.00 + 2*1.50 N=446,79 Mx=0,25 My=0,68 Fx=-0,00 Fy=0,00               |
| 5/       | ELS : ELS/1=1*1.00 N=369,47 Mx=0,25 My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 6/       | ELS : ELS/2=1*1.00 + 2*1.00 N=421,02 Mx=0,25 My=0,68 Fx=-0,00 Fy=0,00               |
| 7/       | ACC : ACC/1=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 N=524,87 Mx=-6,75 My=-26,91 Fx=-19,51 |
| Fy=-4,93 |   |
| 8/       | ACC : ACC/2=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00 N=483,63 Mx=-6,75 My=-26,91 Fx=-19,51 Fy=-4,93 |
| 9/       | ACC : ACC/3=1*1.00 N=369,47 Mx=0,25 My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 10/      | ACC : ACC/4=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 N=296,55 Mx=7,25 My=28,29 Fx=19,51    |
| Fy=4,94  |   |
| 11/      | ACC : ACC/5=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00 N=255,31 Mx=7,25 My=28,30 Fx=19,51 Fy=4,94     |
| 12/*     | ELU : ELU/1=1*1.35 N=498,79 Mx=0,33 My=0,94 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 13/*     | ELU : ELU/2=1*1.00 N=369,47 Mx=0,25 My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 14/*     | ELU : ELU/3=1*1.35 + 2*1.50 N=576,10 Mx=0,34 My=0,92 Fx=-0,00 Fy=0,00               |
| 15/*     | ELU : ELU/4=1*1.00 + 2*1.50 N=446,79 Mx=0,25 My=0,68 Fx=-0,00 Fy=0,00               |
| 16/*     | ELS : ELS/1=1*1.00 N=369,47 Mx=0,25 My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 17/*     | ELS : ELS/2=1*1.00 + 2*1.00 N=421,02 Mx=0,25 My=0,68 Fx=-0,00 Fy=0,00               |
| 18/*     | ACC : ACC/1=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 N=524,87 Mx=-6,75 My=-26,91 Fx=-19,51 |
| Fy=-4,93 |   |
| 19/*     | ACC : ACC/2=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00 N=483,63 Mx=-6,75 My=-26,91 Fx=-19,51 Fy=-4,93 |
| 20/*     | ACC : ACC/3=1*1.00 N=369,47 Mx=0,25 My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00                        |
| 21/*     | ACC : ACC/4=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 N=296,55 Mx=7,25 My=28,29 Fx=19,51    |
| Fy=4,94  |   |
| 22/*     | ACC : ACC/5=1*1.00 + 5*1.00 + 4*1.00 N=255,31 Mx=7,25 My=28,30 Fx=19,51 Fy=4,94     |

**1.2 Dimensionnement géotechnique****1.2.1 Principes**

Dimensionnement de la fondation sur :

- Capacité de charge
- Glissement
- Renversement
- Soulèvement

**1.2.2 Sol :**

**Contraintes dans le sol :**  $\sigma_{ELU} = 0.25 \text{ (MPa)}$   $\sigma_{ELS} = 0.17 \text{ (MPa)}$

Niveau du sol :  $N_1 = 0,00 \text{ (m)}$

Niveau maximum de la semelle :  $N_a = 0,00 \text{ (m)}$

Niveau du fond de fouille :  $N_f = -0,50 \text{ (m)}$

**Argiles et limons fermes**

- Niveau du sol : 0.00 (m)
- Poids volumique: 2039.43 (kg/m3)
- Poids volumique unitaire: 2692.05 (kg/m3)

- Angle de frottement interne : 30.0 (Deg)
- Cohésion : 0.02 (MPa)

### 1.2.3 États limites

#### Calcul des contraintes

Type de sol sous la fondation: uniforme  
 Combinaison dimensionnante **ELU : ELU/3=1\*1.35 + 2\*1.50 N=576,10**  
**Mx=0,34 My=0,92 Fx=-0,00 Fy=0,00**  
 Coefficients de chargement: **1.35** \* poids de la fondation  
**1.35** \* poids du sol  
 Résultats de calculs: au niveau du sol  
 Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 34,78  
 (kN)  
 Charge dimensionnante:  
 Nr = 610,89 (kN) Mx = 0,34 (kN\*m) My = 0,92 (kN\*m)  
 Dimensions équivalentes de la fondation:  
 B' = 1  
 L' = 1  
 Épaisseur du niveau: Dmin = 0,45 (m)

#### Méthode de calculs de la contrainte de rupture: pressiométrique de contrainte (ELU), (DTU 13.12, 3.22)

q ELU = 0.25 (MPa)  
 qu = 0.50 (MPa)

Butée de calcul du sol:  
 qlim = qu / γf = 0.25 (MPa)  
 γf = 2,00

Contrainte dans le sol : qref = 0.25 (MPa)  
 Coefficient de sécurité : qlim / qref = 1.007 > 1

#### Soulèvement

Soulèvement ELU  
 Combinaison dimensionnante **ELU : ELU/2=1\*1.00 N=369,47 Mx=0,25**  
**My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00**  
 Coefficients de chargement: **1.00** \* poids de la fondation  
**1.00** \* poids du sol  
 Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 25,76  
 (kN)  
 Charge dimensionnante:  
 Nr = 395,24 (kN) Mx = 0,25 (kN\*m) My = 0,69 (kN\*m)  
 Surface de contact s = 100,00 (%)  
 s<sub>lim</sub> = 10,00 (%)

Soulèvement ELS  
 Combinaison défavorable : **ELS : ELS/1=1\*1.00 N=369,47 Mx=0,25**  
**My=0,70 Fx=-0,00 Fy=0,00**  
 Coefficients de chargement: **1.00** \* poids de la fondation  
**1.00** \* poids du sol  
 Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 25,76  
 (kN)

Charge dimensionnante:

$$N_r = 395,24 \text{ (kN)}$$

$$M_x = 0,25 \text{ (kN*m)}$$

$$M_y = 0,69 \text{ (kN*m)}$$

Surface de contact

$$s = 100,00 \text{ (\%)}$$

$$s_{lim} = 100,00 \text{ (\%)}$$

### Glissement

Combinaison dimensionnante **ELU : ELU/3=1\*1.35 + 2\*1.50 N=576,10**  
**Mx=0,34 My=0,92 Fx=-0,00 Fy=0,00**

Coefficients de chargement: **1.00** \* poids de la fondation**1.00** \* poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 25,76

(kN)

Charge dimensionnante:

$$N_r = 601,87 \text{ (kN)}$$

$$M_x = 0,34 \text{ (kN*m)}$$

$$M_y = 0,92 \text{ (kN*m)}$$

Dimensions équivalentes de la fondation: A\_ = 1,90 (m) B\_ =

1,30 (m)

Surface du glissement:

$$2,47 \text{ (m}^2\text{)}$$

Cohésion :

$$C = 0,02 \text{ (MPa)}$$

Coefficient de frottement fondation - sol:  $\text{tg}(\phi) = 0,58$ 

Valeur de la force de glissement F = 0,00 (kN)

Valeur de la force empêchant le glissement de la fondation:

- su niveau du sol:

$$F(\text{stab}) = 350,33 \text{ (kN)}$$

Stabilité au glissement :

$$1,356e+005 > 1$$

### Renversement

Autour de l'axe OX

Combinaison dimensionnante **ACC : ACC/5=1\*1.00 + 5\*-1.00 + 4\*-1.00**  
**N=255,31 Mx=7,25 My=28,30 Fx=19,51 Fy=4,94**

Coefficients de chargement: **1.00** \* poids de la fondation**1.00** \* poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 25,76

(kN)

Charge dimensionnante:

$$N_r = 281,08 \text{ (kN)}$$

$$M_x = 5,03 \text{ (kN*m)}$$

$$M_y = 37,08 \text{ (kN*m)}$$

Moment stabilisateur :

$$M_{\text{stab}} = 184,92 \text{ (kN*m)}$$

Moment de renversement :

$$M_{\text{renv}} = 7,25 \text{ (kN*m)}$$

Stabilité au renversement :

$$25,51 > 1$$

Autour de l'axe OY

Combinaison défavorable : **ACC : ACC/5=1\*1.00 + 5\*-1.00 + 4\*-1.00**  
**N=255,31 Mx=7,25 My=28,30 Fx=19,51 Fy=4,94**

Coefficients de chargement: **1.00** \* poids de la fondation**1.00** \* poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: Gr = 25,76

(kN)

Charge dimensionnante:

$$N_r = 281,08 \text{ (kN)}$$

$$M_x = 5,03 \text{ (kN*m)}$$

$$M_y = 37,08 \text{ (kN*m)}$$

Moment stabilisateur :

$$M_{\text{stab}} = 267,02 \text{ (kN*m)}$$

Moment de renversement :

$$M_{\text{renv}} = 37,08 \text{ (kN*m)}$$

Stabilité au renversement :

$$7,202 > 1$$

## 1.3 Dimensionnement Béton Armé

### 1.3.1 Principes

- Milieu : non agressif
- Condition de non-fragilité

### 1.3.2 Analyse du poinçonnement et du cisaillement

#### Poinçonnement

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
| Combinaison dimensionnante  | <b>ELU : <math>ELU/3=1*1.35 + 2*1.50 N=576,10</math></b> |                     |
| <b><math>M_x=0,34</math> <math>M_y=0,92</math> <math>F_x=-0,00</math> <math>F_y=0,00</math></b> |  |                     |
| Coefficients de chargement:   | <b>1.00</b> * poids de la fondation                      |                     |
|   | <b>1.00</b> * poids du sol                               |                     |
| Charge dimensionnante:  |  |                     |
| Nr = 601,87 (kN)  | $M_x = 0,34$ (kN*m)                                      | $M_y = 0,92$ (kN*m) |
| Longueur du périmètre critique :  |  | 2,61 (m)            |
| Force de poinçonnement :  |  | 283,05 (kN)         |
| Hauteur efficace de la section  |  | heff = 0,45 (m)     |
| Contrainte de cisaillement :  |  | 0,24 (MPa)          |
| Contrainte de cisaillement admissible :   |  | 0,75 (MPa)          |
| Coefficient de sécurité :   |  | 3.116 > 1           |

### 1.3.3 Ferrailage théorique

#### Semelle isolée :

Aciers inférieurs :

|  |  |              |              |             |
|--|--|--------------|--------------|-------------|
| ACC : $ACC/1=1*1.00 + 2*0.80 + 5*1.00 + 4*1.00 N=524,87$ | $M_x=-6,75$                              | $M_y=-26,91$ | $F_x=-19,51$ | $F_y=-4,93$ |
| $M_y = 108,95$ (kN*m)                                    | $A_{sx} = 5,06$ (cm <sup>2</sup> /m)     |              |              |             |
| ELU : $ELU/3=1*1.35 + 2*1.50 N=576,10$                   | $M_x=0,34$                               | $M_y=0,92$   | $F_x=-0,00$  | $F_y=0,00$  |
| $M_x = 70,21$ (kN*m)                                     | $A_{sy} = 4,04$ (cm <sup>2</sup> /m)     |              |              |             |
|  | $A_{s \min} = 4,04$ (cm <sup>2</sup> /m) |              |              |             |

#### Fût :

|                      |     |                           |             |                           |
|----------------------|-----|---------------------------|-------------|---------------------------|
| Aciers longitudinaux | A   | = 0,00 (cm <sup>2</sup> ) | $A_{\min.}$ | = 0,00 (cm <sup>2</sup> ) |
|                      | A   | = 2 * (Asx + Asy)         |             |                           |
|                      | Asx | = 0,00 (cm <sup>2</sup> ) | Asy         | = 0,00 (cm <sup>2</sup> ) |

### 1.3.4 Ferrailage réel

#### 2.3.1 Semelle isolée :

##### Aciers inférieurs :

|        |             |              |             |
|--------|-------------|--------------|-------------|
| En X : |             |              |             |
|        | 9 HA 500 10 | l = 1,80 (m) | e = 1*-0,90 |
| En Y : |             |              |             |
|        | 16 HA 500 8 | l = 1,20 (m) | e = 0,11    |

#### 2.3.2 Fût

##### Aciers longitudinaux

|        |             |              |                      |
|--------|-------------|--------------|----------------------|
| En X : |             |              |                      |
|        | 2 HA 500 12 | l = 1,25 (m) | e = 1*-0,17 + 1*0,34 |
| En Y : |             |              |                      |
|        | 2 HA 500 12 | l = 1,70 (m) | e = 1*-0,19          |

**Aciers transversaux**

3 HA 500 6

l = 1,28 (m)

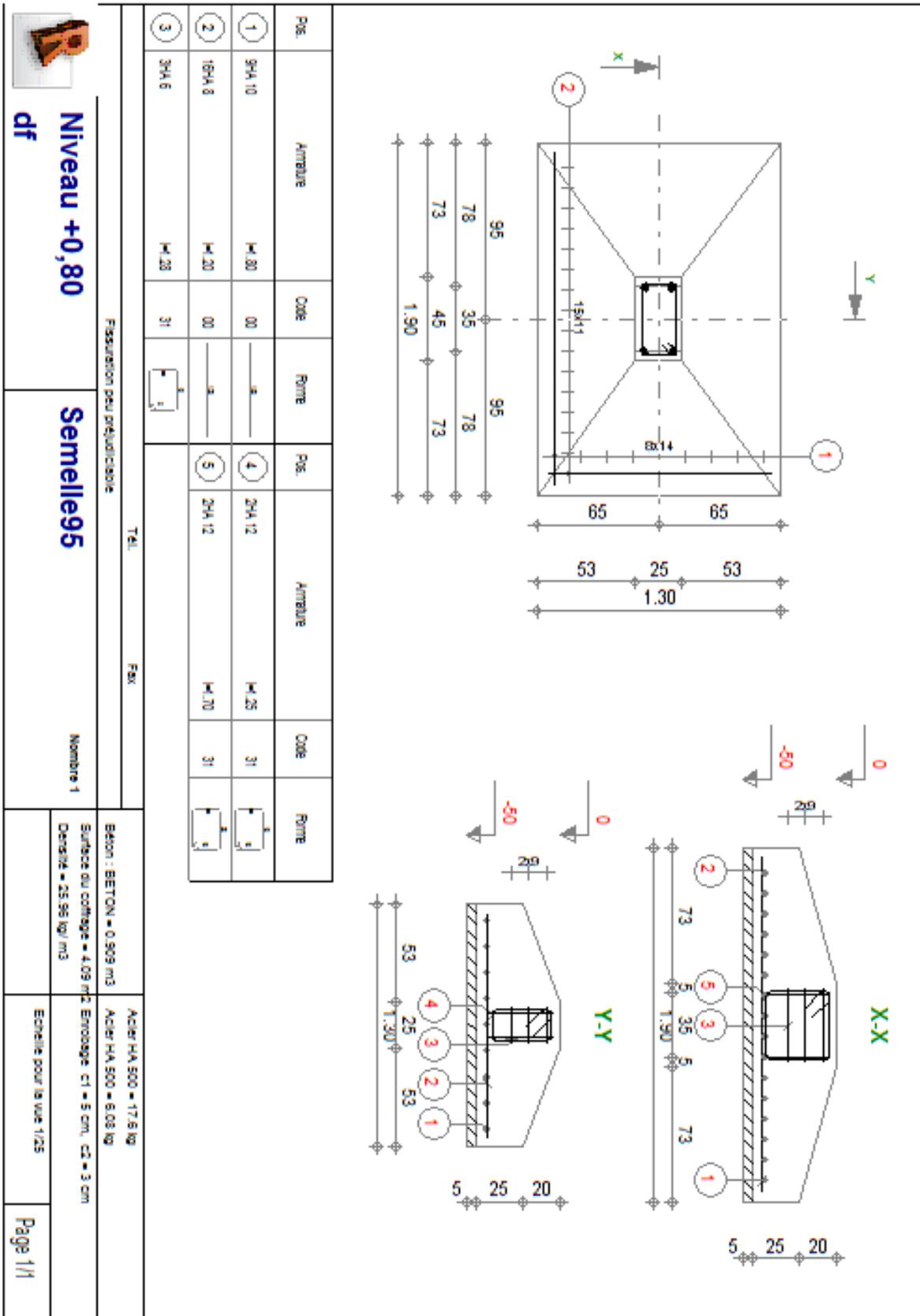
e = 1\*0,20

**2 Quantitatif :**

- Volume de Béton = 0,91 (m<sup>3</sup>)
- Surface de Coffrage = 4,09 (m<sup>2</sup>)
  
- Acier HA 500
  - Poids total = 23,65 (kG)
  - Densité = 26,03 (kG/m<sup>3</sup>)
  - Diamètre moyen = 9,1 (mm)
  - Liste par diamètres :

| Diamètre | Longueur<br>(m) | Poids<br>(kG) |
|----------|-----------------|---------------|
| 6        | 3,83            | 0,85          |
| 8        | 19,20           | 7,58          |
| 10       | 16,20           | 9,99          |
| 12       | 5,89            | 5,23          |

**b) Plans d'exécutions :**



## 9. Dimensionnement de la poutre N 733 :

### a) Note du calcul :

#### 1 Niveau :

- Nom : Etage 5
- Cote de niveau : ---
- Tenue au feu : 0 h
- Fissuration : peu préjudiciable
- Milieu : non agressif

#### 2 Poutre : Poutre733...741

Nombre : 1

##### 2.1 Caractéristiques des matériaux :

- Béton :  $f_{c28} = 25,00$  (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m<sup>3</sup>)
- Aciers longitudinaux : type HA 500  $f_e = 500,00$  (MPa)
- Aciers transversaux : type HA 500  $f_e = 500,00$  (MPa)

##### 2.2 Géométrie :

| 2.2.1 | Désignation | Position      | APG<br>(m)  | L<br>(m)    | APD<br>(m)  |
|-------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|       | <b>P1</b>   | <b>Travée</b> | <b>0,25</b> | <b>4,10</b> | <b>0,25</b> |

Section de 0,00 à 4,10 (m)  
25,0 x 30,0 (cm)  
Pas de plancher gauche  
Pas de plancher droit

| 2.2.2 | Désignation | Position      | APG<br>(m)  | L<br>(m)    | APD<br>(m)  |
|-------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|       | <b>P2</b>   | <b>Travée</b> | <b>0,25</b> | <b>1,80</b> | <b>0,25</b> |

Section de 0,00 à 1,80 (m)  
25,0 x 25,0, Excentrement (+ haut, - bas): 0,0 x +5,0 (cm)  
Pas de plancher gauche  
Pas de plancher droit

| 2.2.3 | Désignation | Position      | APG<br>(m)  | L<br>(m)    | APD<br>(m)  |
|-------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|       | <b>P3</b>   | <b>Travée</b> | <b>0,25</b> | <b>3,80</b> | <b>0,25</b> |

Section de 0,00 à 3,80 (m)  
25,0 x 30,0, Excentrement (+ haut, - bas): 0,0 x -5,0 (cm)  
Pas de plancher gauche  
Pas de plancher droit

##### 2.3 Hypothèses de calcul :

- Règlement de la combinaison : BAEL 91
- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Dispositions sismiques : non
- Poutres préfabriquées : non
- Enrobage : Aciers inférieurs  $c = 3,0$  (cm)

: latéral c1 = 3,0 (cm)  
 : supérieur c2 = 3,0 (cm)

- Tenue au feu : forfaitaire
- Coefficient de redistribution des moments sur appui : 0,80
- Ancrage du ferrillage inférieur :
  - appuis de rive (gauche) : Auto
  - appuis de rive (droite) : Auto
  - appuis intermédiaires (gauche) : Auto
  - appuis intermédiaires (droite) : Auto

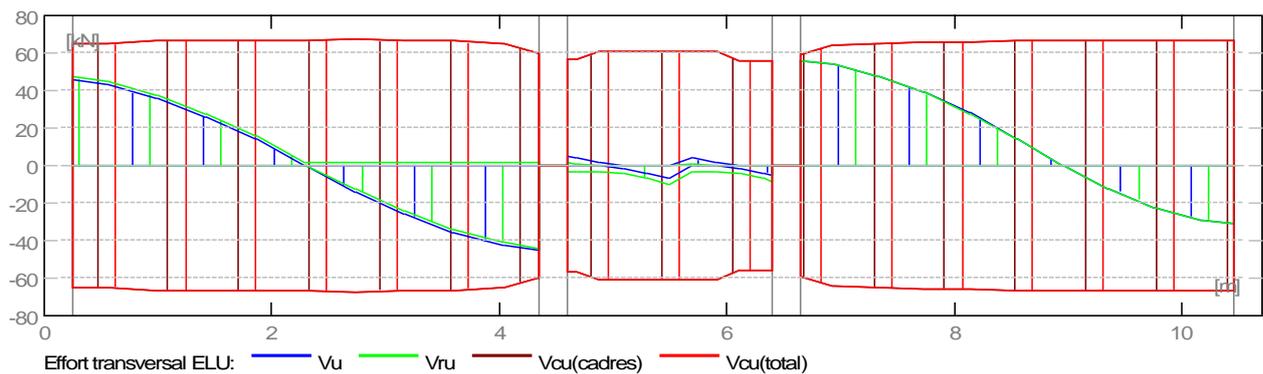
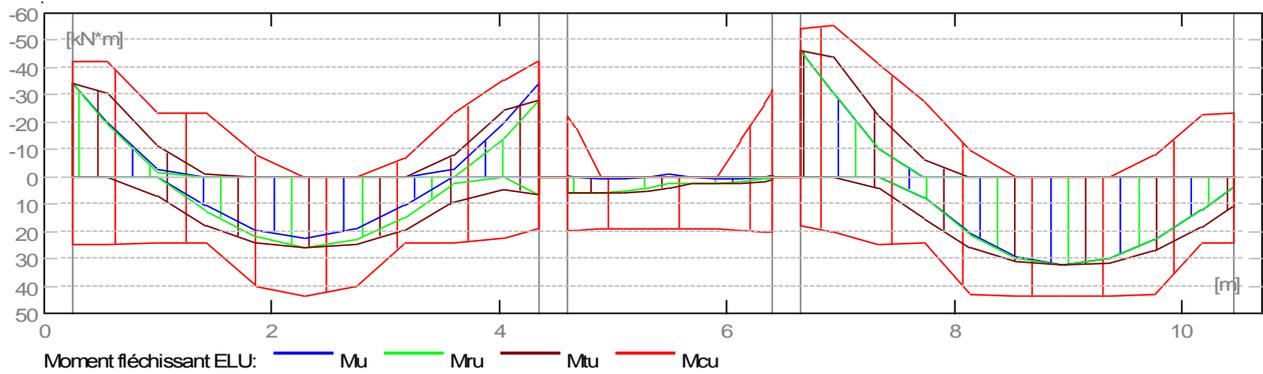
**2.4 Chargements :**

**2.5 Résultats théoriques :**

L'effort axial sera négligé lors des calculs.  
Pour le dimensionnement, la quantité des armatures inférieures a été augmentée étant donné l'influence du cisaillement dans l'appui de rive (A.5.1.312)

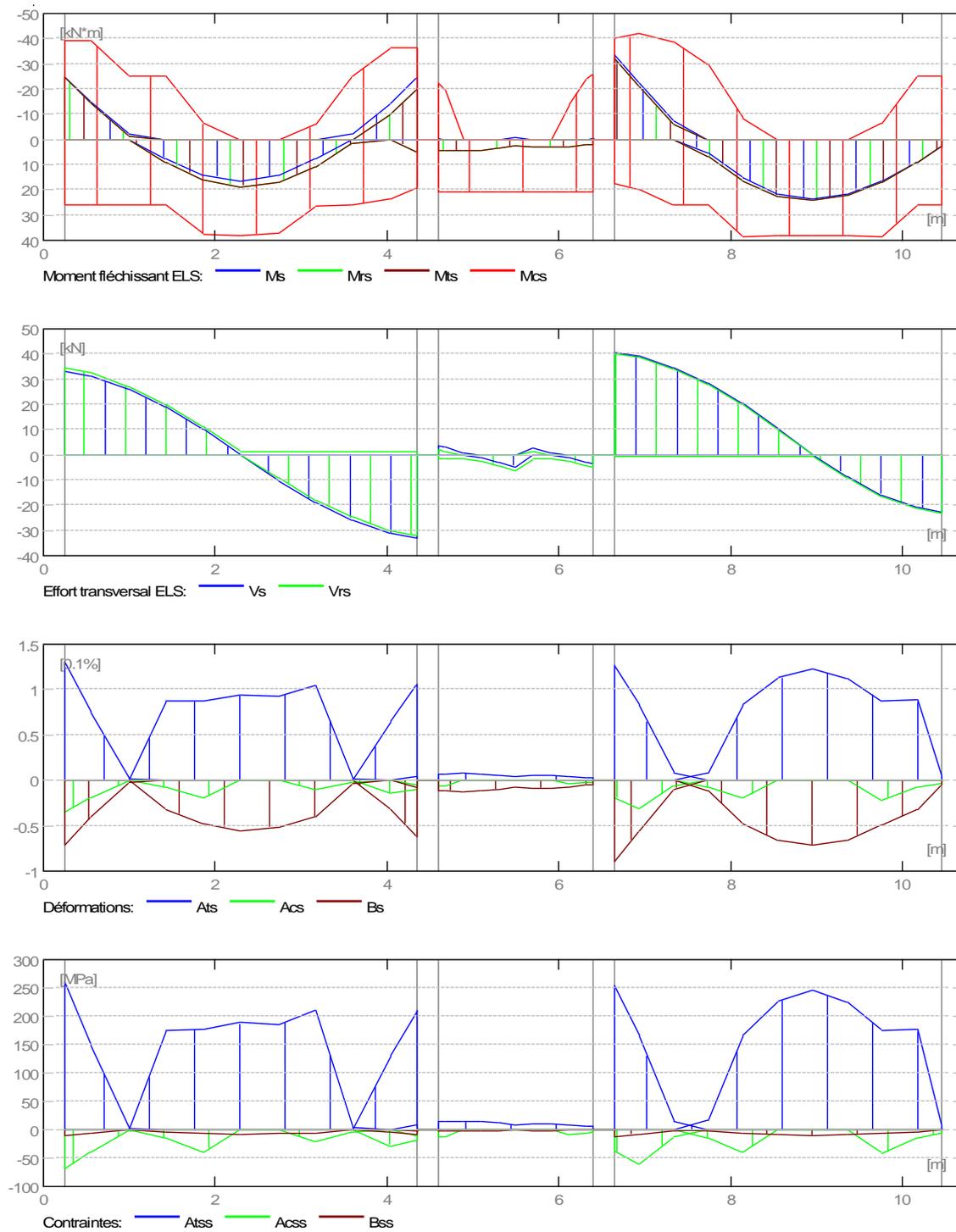
**2.5.1 Sollicitations ELU**

| Désignation | Mtmax.<br>(kN*m) | Mtmin.<br>(kN*m) | Mg<br>(kN*m) | Md<br>(kN*m) | Vg<br>(kN) | Vd<br>(kN) |
|-------------|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| P1          | 25,72            | -0,85            | -34,17       | -27,71       | 45,75      | -45,30     |
| P2          | 5,79             | -0,00            | 5,79         | 1,45         | 5,01       | -4,92      |
| P3          | 32,48            | -5,98            | -46,31       | 11,22        | 56,10      | -31,02     |



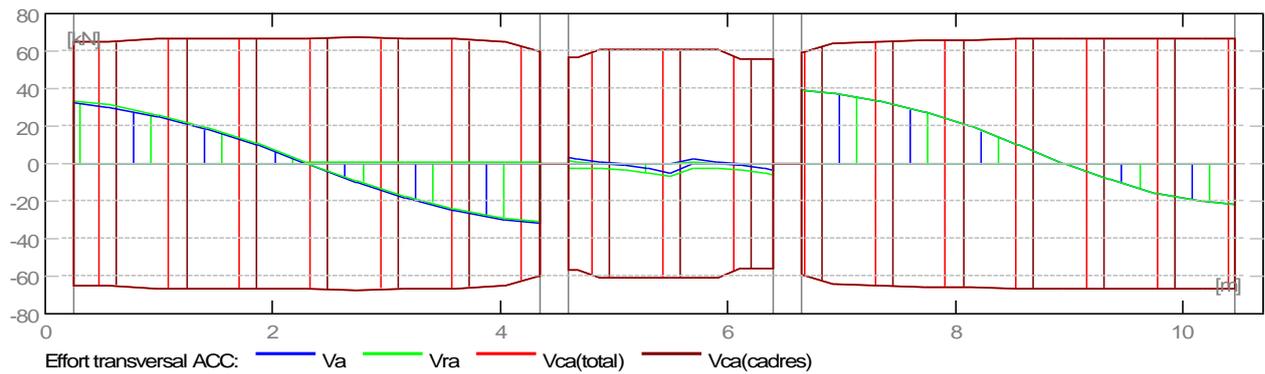
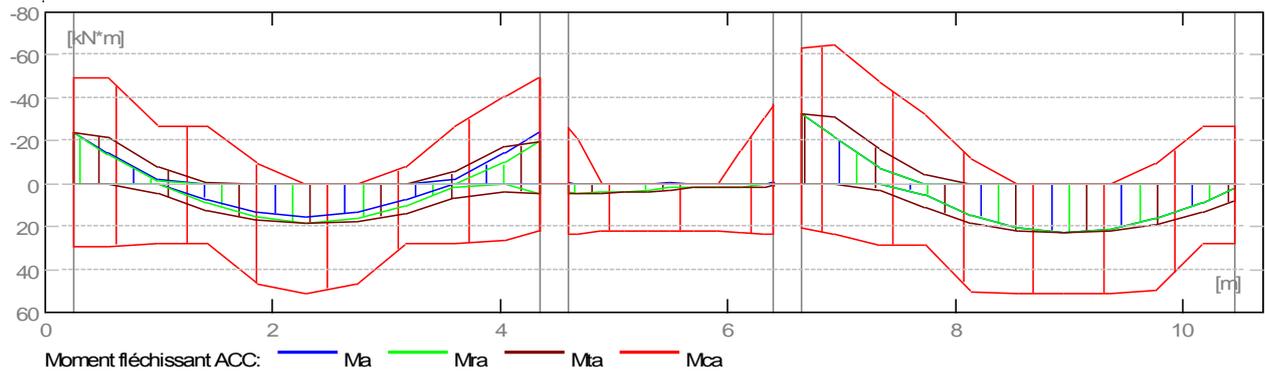
**2.5.2 Sollicitations ELS**

| Désignation | Mtmax.<br>(kN*m) | Mtmin.<br>(kN*m) | Mg<br>(kN*m) | Md<br>(kN*m) | Vg<br>(kN) | Vd<br>(kN) |
|-------------|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| P1          | 18,74            | 0,00             | -24,85       | -20,06       | 33,28      | -32,95     |
| P2          | 4,56             | 0,00             | 4,26         | 2,01         | 3,65       | -3,58      |
| P3          | 24,29            | 0,00             | -32,03       | 2,85         | 40,80      | -22,56     |



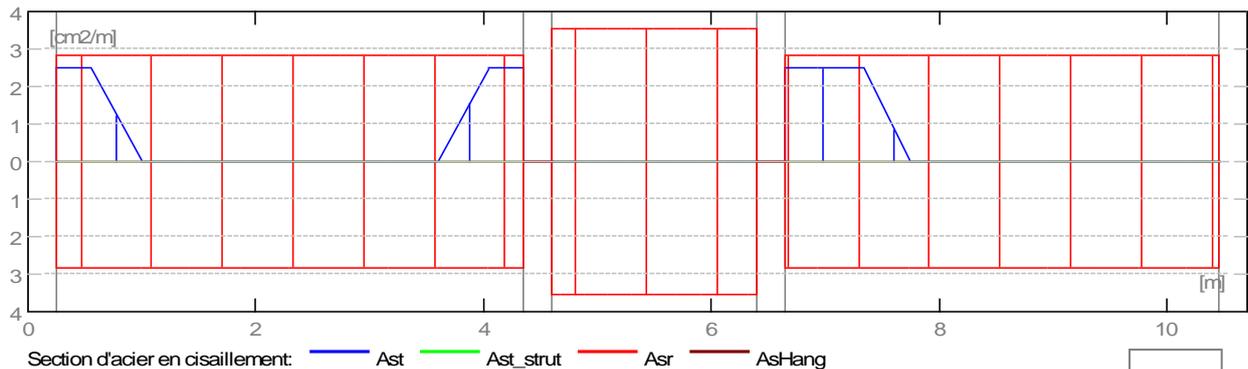
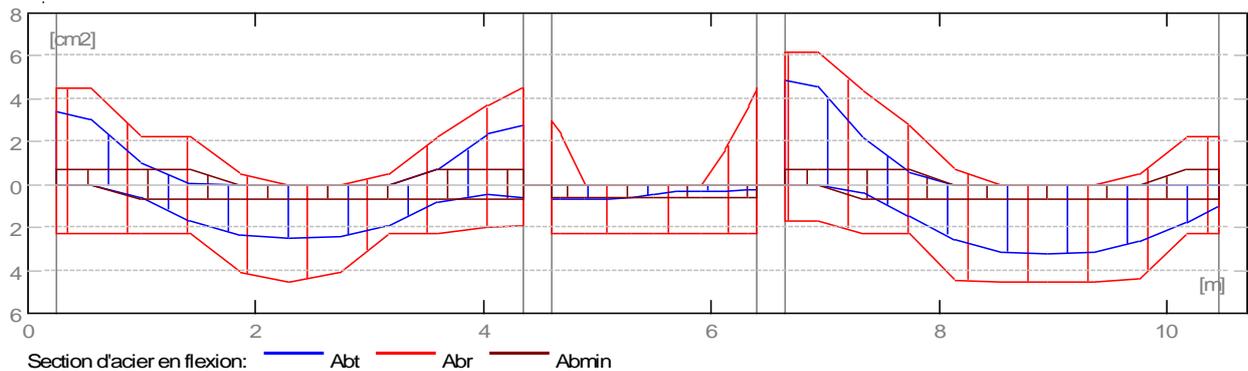
**2.5.3 Sollicitations ELU - combinaison rare**

| Désignation | Mtmax.<br>(kN*m) | Mtmin.<br>(kN*m) | Mg<br>(kN*m) | Md<br>(kN*m) | Vg<br>(kN) | Vd<br>(kN) |
|-------------|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| P1          | 18,18            | -0,57            | -24,01       | -19,23       | 32,17      | -31,86     |
| P2          | 4,29             | -0,00            | 4,29         | 1,06         | 3,53       | -3,47      |
| P3          | 22,81            | -4,20            | -32,53       | 7,89         | 39,44      | -21,82     |



**2.5.4 Sections Théoriques d'Acier**

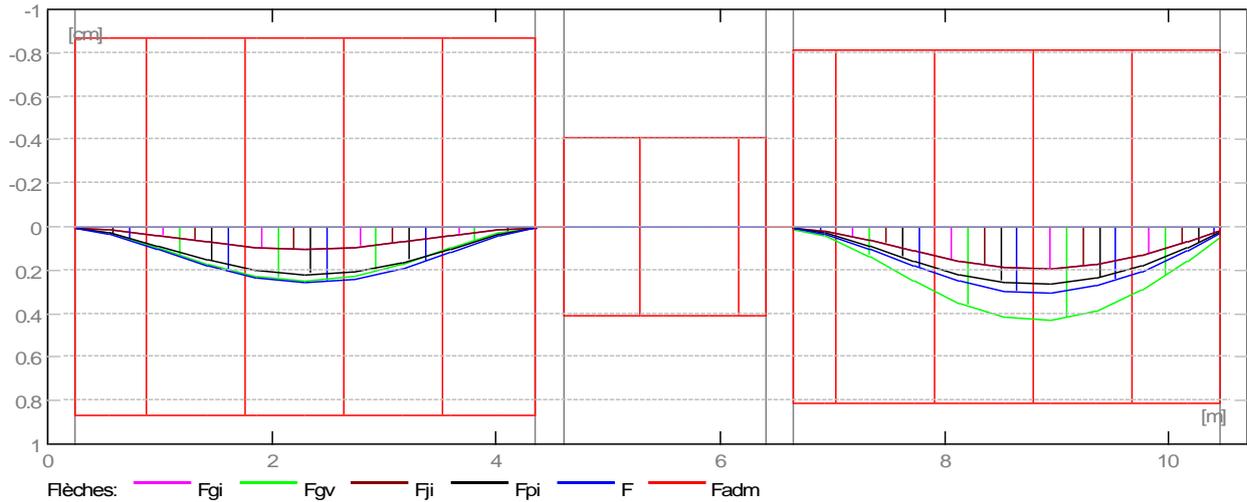
| Désignation | Travée (cm <sup>2</sup> ) |      | Appui gauche (cm <sup>2</sup> ) |      | Appui droit (cm <sup>2</sup> ) |      |
|-------------|---------------------------|------|---------------------------------|------|--------------------------------|------|
|             | inf.                      | sup. | inf.                            | sup. | inf.                           | sup. |
| P1          | 2,52                      | 0,00 | 0,00                            | 3,43 | 0,59                           | 2,73 |
| P2          | 0,68                      | 0,00 | 0,68                            | 0,00 | 0,21                           | 0,00 |
| P3          | 3,25                      | 0,00 | 0,00                            | 4,83 | 1,06                           | 0,00 |



**2.5.5 Flèches**

- Fgi - flèche due aux charges permanentes totales
- Fgv - flèche de longue durée due aux charges permanentes
- Fji - flèche due aux charges permanentes à la pose des cloisons
- Fpi - flèche due aux charges permanentes et d'exploitation
- $\Delta Ft$  - part de la flèche totale comparable à la flèche admissible
- Fadm - flèche admissible

| Travée | Fgi (cm) | Fgv (cm) | Fji (cm) | Fpi (cm) | $\Delta Ft$ (cm) | Fadm (cm) |
|--------|----------|----------|----------|----------|------------------|-----------|
| P1     | 0,1      | 0,2      | 0,1      | 0,2      | 0,3              | 0,9       |
| P2     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0              | 0,4       |
| P3     | 0,2      | 0,4      | 0,2      | 0,3      | 0,3              | 0,8       |



**2.5.6 Contrainte dans la bielle comprimée**

Valeur admissible : 13,33 (MPa)

|  | a/add (m) | $\sigma_{bc A}$ (MPa) | Atheor (cm <sup>2</sup> ) | Ar (cm <sup>2</sup> ) |
|--|-----------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| <u>Travée P1</u> Appui gauche<br>Vu = 45,75(kN)<br>Bielle inférieure | 0,20      | 1,83                  | 1,05                      | 2,26                  |
| <u>Travée P1</u> Appui droit<br>Vu = 45,30(kN)<br>Bielle inférieure  | 0,21      | 1,73                  | 0,00                      | 1,89                  |
| <u>Travée P2</u> Appui gauche<br>Vu = 5,01(kN)<br>Bielle inférieure  | 0,21      | 0,19                  | 0,06                      | 2,26                  |
| <u>Travée P2</u> Appui droit<br>Vu = 4,92(kN)<br>Bielle inférieure   | 0,21      | 0,19                  | 0,06                      | 2,26                  |
| <u>Travée P3</u> Appui gauche<br>Vu = 56,10(kN)<br>Bielle inférieure | 0,21      | 2,14                  | 0,00                      | 1,71                  |
| <u>Travée P3</u> Appui droit<br>Vu = 31,02(kN)<br>Bielle inférieure  | 0,20      | 1,24                  | 0,71                      | 2,26                  |

## 2.6 Résultats théoriques - détaillés :

### 2.6.1 P1 : Travée de 0,25 à 4,35 (m)

| Abscisse<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | ELU - comb. acc. |                  | A chapeau<br>(cm <sup>2</sup> ) | A travée<br>(cm <sup>2</sup> ) | A compr.<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                 | M max.<br>(kN*m) | M min.<br>(kN*m) | M max.<br>(kN*m) | M min.<br>(kN*m) | M max.<br>(kN*m) | M min.<br>(kN*m) |                                 |                                |                                |
| 0,25            | 0,00             | -34,17           | 0,00             | -24,85           | 0,00             | -24,01           | 3,43                            | 0,00                           | 0,00                           |
| 0,56            | 0,00             | -30,85           | 0,00             | -14,15           | 0,00             | -21,67           | 3,07                            | 0,00                           | 0,00                           |
| 1,00            | 6,94             | -11,44           | 0,00             | -1,11            | 4,92             | -8,00            | 1,03                            | 0,62                           | 0,00                           |
| 1,43            | 17,77            | -0,85            | 9,18             | 0,00             | 12,57            | -0,57            | 0,08                            | 1,70                           | 0,00                           |
| 1,87            | 24,04            | -0,00            | 16,01            | 0,00             | 17,00            | -0,00            | 0,00                            | 2,35                           | 0,00                           |
| 2,30            | 25,72            | -0,00            | 18,74            | 0,00             | 18,18            | -0,00            | 0,00                            | 2,52                           | 0,00                           |
| 2,74            | 24,59            | -0,00            | 16,92            | 0,00             | 17,40            | -0,00            | 0,00                            | 2,40                           | 0,00                           |
| 3,17            | 19,54            | -0,00            | 11,00            | 0,00             | 13,89            | -0,00            | 0,00                            | 1,89                           | 0,00                           |
| 3,61            | 9,29             | -7,87            | 1,68             | 0,00             | 6,71             | -5,40            | 0,68                            | 0,81                           | 0,00                           |
| 4,04            | 4,86             | -24,67           | 0,00             | -10,29           | 3,60             | -17,10           | 2,41                            | 0,45                           | 0,00                           |
| 4,35            | 6,28             | -27,71           | 4,65             | -20,06           | 4,65             | -19,23           | 2,73                            | 0,59                           | 0,00                           |

| Abscisse<br>(m) | ELU            |                | ELS            |                | ELU - comb. acc. |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
|                 | V max.<br>(kN) | V red.<br>(kN) | V max.<br>(kN) | V red.<br>(kN) | V max.<br>(kN)   | V red.<br>(kN) |
| 0,25            | 45,75          | 47,23          | 33,28          | 34,38          | 32,17            | 33,27          |
| 0,56            | 43,17          | 44,66          | 31,39          | 32,50          | 30,34            | 31,44          |
| 1,00            | 35,76          | 37,24          | 26,00          | 27,10          | 25,11            | 26,22          |
| 1,43            | 25,90          | 27,39          | 18,83          | 19,93          | 18,19            | 19,29          |
| 1,87            | 13,96          | 15,45          | 10,15          | 11,25          | 9,80             | 10,90          |
| 2,30            | -0,08          | 1,49           | -0,06          | 1,10           | -0,05            | 1,10           |
| 2,74            | -14,12         | -12,63         | -10,26         | -9,16          | -9,91            | -8,80          |
| 3,17            | -26,01         | -24,53         | -18,91         | -17,81         | -18,26           | -17,16         |
| 3,61            | -35,53         | -34,04         | -25,83         | -24,73         | -24,96           | -23,85         |
| 4,04            | -42,73         | -41,24         | -31,07         | -29,97         | -30,03           | -28,93         |
| 4,35            | -45,30         | -43,81         | -32,95         | -31,85         | -31,86           | -30,75         |

| Abscisse<br>(m) | $\epsilon_{\alpha}$ | $\epsilon_{\alpha\chi}$ | $\epsilon_{\beta}$ | $\sigma$                   |                                | $\sigma_{\beta}^*$<br>(MPa) |
|-----------------|---------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                 |                     |                         |                    | $\sigma_{\alpha}$<br>(MPa) | $\sigma_{\alpha\chi}$<br>(MPa) |                             |
| 0,25            | 1,30                | 0,00                    | -0,71              | 259,87                     | 0,00                           | -9,51                       |
| 0,56            | 0,74                | 0,00                    | -0,41              | 148,53                     | 0,00                           | -5,42                       |
| 1,00            | 0,01                | 0,00                    | -0,02              | 2,77                       | 0,00                           | -0,26                       |
| 1,43            | 0,88                | 0,00                    | -0,32              | 175,83                     | 0,00                           | -4,26                       |
| 1,87            | 0,88                | 0,00                    | -0,48              | 176,19                     | 0,00                           | -6,39                       |
| 2,30            | 0,95                | 0,00                    | -0,55              | 189,02                     | 0,00                           | -7,40                       |
| 2,74            | 0,93                | 0,00                    | -0,51              | 185,93                     | 0,00                           | -6,86                       |
| 3,17            | 1,05                | 0,00                    | -0,40              | 209,58                     | 0,00                           | -5,28                       |
| 3,61            | 0,02                | 0,00                    | -0,03              | 4,21                       | 0,00                           | -0,40                       |
| 4,04            | 0,65                | 0,00                    | -0,32              | 130,60                     | 0,00                           | -4,23                       |
| 4,35            | 1,05                | 0,00                    | -0,62              | 210,67                     | 0,00                           | -8,21                       |

### 2.6.2 P2 : Travée de 4,60 à 6,40 (m)

| Abscisse<br>(m) | ELU              |                  | ELS              |                  | ELU - comb. acc. |                  | A chapeau<br>(cm <sup>2</sup> ) | A travée<br>(cm <sup>2</sup> ) | A compr.<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                 | M max.<br>(kN*m) | M min.<br>(kN*m) | M max.<br>(kN*m) | M min.<br>(kN*m) | M max.<br>(kN*m) | M min.<br>(kN*m) |                                 |                                |                                |
| 4,60            | 5,79             | -0,00            | 4,26             | 0,00             | 4,29             | -0,00            | 0,00                            | 0,68                           | 0,00                           |
| 4,68            | 5,79             | -0,00            | 4,46             | 0,00             | 4,29             | -0,00            | 0,00                            | 0,68                           | 0,00                           |
| 4,89            | 5,79             | -0,00            | 4,56             | 0,00             | 4,29             | -0,00            | 0,00                            | 0,68                           | 0,00                           |
| 5,09            | 5,69             | -0,00            | 4,27             | 0,00             | 4,20             | -0,00            | 0,00                            | 0,67                           | 0,00                           |
| 5,30            | 5,06             | -0,00            | 3,58             | 0,00             | 3,73             | -0,00            | 0,00                            | 0,59                           | 0,00                           |
| 5,50            | 3,88             | -0,00            | 2,51             | 0,00             | 2,88             | -0,00            | 0,00                            | 0,45                           | 0,00                           |
| 5,71            | 2,64             | -0,00            | 2,97             | 0,00             | 1,96             | -0,00            | 0,00                            | 0,31                           | 0,00                           |
| 5,91            | 2,64             | -0,00            | 3,07             | 0,00             | 1,95             | -0,00            | 0,00                            | 0,32                           | 0,00                           |
| 6,12            | 2,54             | -0,00            | 2,77             | 0,00             | 1,86             | -0,00            | 0,00                            | 0,29                           | 0,00                           |
| 6,32            | 1,90             | -0,00            | 2,09             | 0,00             | 1,39             | -0,00            | 0,00                            | 0,22                           | 0,00                           |
| 6,40            | 1,45             | -0,00            | 2,01             | 0,00             | 1,06             | -0,00            | 0,00                            | 0,21                           | 0,00                           |

| Abscisse<br>(m) | ELU            |                | ELS            |                | ELU - comb. acc. |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
|                 | V max.<br>(kN) | V red.<br>(kN) | V max.<br>(kN) | V red.<br>(kN) | V max.<br>(kN)   | V red.<br>(kN) |
| 4,60            | 5,01           | -3,07          | 3,65           | 2,20           | 3,53             | -2,27          |
| 4,68            | 3,98           | -3,07          | 2,90           | 1,45           | 2,81             | -2,27          |
| 4,89            | 1,35           | -3,07          | 0,98           | -1,45          | 0,95             | -2,27          |
| 5,09            | -1,28          | -4,35          | -0,93          | -2,38          | -0,90            | -3,17          |

|      |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5,30 | -3,91 | -6,98 | -2,85 | -4,30 | -2,76 | -5,03 |
| 5,50 | -6,54 | -9,61 | -4,76 | -6,21 | -4,62 | -6,89 |
| 5,71 | 3,95  | -3,07 | 2,88  | -1,45 | 2,79  | -2,27 |
| 5,91 | 1,34  | -3,07 | 0,97  | -1,45 | 0,94  | -2,27 |
| 6,12 | -1,28 | -4,35 | -0,93 | -2,38 | -0,90 | -3,17 |
| 6,32 | -3,90 | -6,96 | -2,84 | -4,28 | -2,75 | -5,02 |
| 6,40 | -4,92 | -7,97 | -3,58 | -5,03 | -3,47 | -5,73 |

| Abscisse (m) | $\epsilon_\alpha$ | $\epsilon_{\alpha\chi}$ | $\epsilon_\beta$ | $\sigma_\alpha$ (MPa) | $\sigma_{\alpha\chi}$ (MPa) | $\sigma_\beta^*$ (MPa) |
|--------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| 4,60         | 0,07              | 0,00                    | -0,11            | 14,15                 | 0,00                        | -1,45                  |
| 4,68         | 0,07              | 0,00                    | -0,12            | 14,80                 | 0,00                        | -1,54                  |
| 4,89         | 0,08              | 0,00                    | -0,13            | 15,11                 | 0,00                        | -1,69                  |
| 5,09         | 0,07              | 0,00                    | -0,12            | 14,14                 | 0,00                        | -1,58                  |
| 5,30         | 0,06              | 0,00                    | -0,10            | 11,87                 | 0,00                        | -1,33                  |
| 5,50         | 0,04              | 0,00                    | -0,07            | 8,30                  | 0,00                        | -0,93                  |
| 5,71         | 0,05              | 0,00                    | -0,08            | 9,83                  | 0,00                        | -1,10                  |
| 5,91         | 0,05              | 0,00                    | -0,09            | 10,16                 | 0,00                        | -1,14                  |
| 6,12         | 0,05              | 0,00                    | -0,07            | 9,21                  | 0,00                        | -0,98                  |
| 6,32         | 0,03              | 0,00                    | -0,05            | 6,94                  | 0,00                        | -0,70                  |
| 6,40         | 0,03              | 0,00                    | -0,05            | 6,66                  | 0,00                        | -0,65                  |

### 2.6.3 P3 : Travée de 6,65 à 10,45 (m)

| Abscisse (m) | ELU           |               | ELS           |               | ELU - comb. acc. |               | A chapeau (cm <sup>2</sup> ) | A travée (cm <sup>2</sup> ) | A compr. (cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|              | M max. (kN*m) | M min. (kN*m) | M max. (kN*m) | M min. (kN*m) | M max. (kN*m)    | M min. (kN*m) |                              |                             |                             |
| 6,65         | 0,00          | -46,31        | 0,00          | -32,03        | 0,00             | -32,53        | 4,83                         | 0,00                        | 0,00                        |
| 6,93         | 0,00          | -44,08        | 0,00          | -20,80        | 0,00             | -30,96        | 4,57                         | 0,00                        | 0,00                        |
| 7,34         | 4,43          | -22,31        | 0,00          | -5,99         | 3,12             | -15,66        | 2,16                         | 0,41                        | 0,00                        |
| 7,74         | 15,58         | -5,98         | 6,62          | 0,00          | 10,95            | -4,20         | 0,55                         | 1,46                        | 0,00                        |
| 8,15         | 26,22         | -0,00         | 16,39         | 0,00          | 18,41            | -0,00         | 0,00                         | 2,57                        | 0,00                        |
| 8,55         | 31,35         | -0,00         | 22,44         | 0,00          | 22,02            | -0,00         | 0,00                         | 3,12                        | 0,00                        |
| 8,96         | 32,48         | -0,00         | 24,29         | 0,00          | 22,81            | -0,00         | 0,00                         | 3,25                        | 0,00                        |
| 9,36         | 31,45         | -0,00         | 22,29         | 0,00          | 22,09            | -0,00         | 0,00                         | 3,13                        | 0,00                        |
| 9,77         | 27,08         | -0,00         | 16,99         | 0,00          | 19,03            | -0,00         | 0,00                         | 2,67                        | 0,00                        |
| 10,17        | 18,65         | -0,00         | 9,23          | 0,00          | 13,11            | -0,00         | 0,00                         | 1,79                        | 0,00                        |
| 10,45        | 11,22         | -0,00         | 2,85          | 0,00          | 7,89             | -0,00         | 0,00                         | 1,06                        | 0,00                        |

| Abscisse (m) | ELU         |             | ELS         |             | ELU - comb. acc. |             |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
|              | V max. (kN) | V red. (kN) | V max. (kN) | V red. (kN) | V max. (kN)      | V red. (kN) |
| 6,65         | 56,10       | 56,05       | 40,80       | 40,35       | 39,44            | 39,40       |
| 6,93         | 53,90       | 53,86       | 39,19       | 38,74       | 37,88            | 37,84       |
| 7,34         | 47,51       | 47,47       | 34,54       | 34,09       | 33,37            | 33,34       |
| 7,74         | 39,06       | 39,01       | 28,39       | 27,94       | 27,42            | 27,39       |
| 8,15         | 27,96       | 27,91       | 20,32       | 19,87       | 19,63            | 19,59       |
| 8,55         | 14,04       | 13,99       | 10,21       | 9,76        | 9,86             | 9,83        |
| 8,96         | 0,09        | 0,05        | 0,07        | -0,45       | 0,07             | 0,04        |
| 9,36         | -12,12      | -12,16      | -8,80       | -9,25       | -8,50            | -8,53       |
| 9,77         | -22,13      | -22,17      | -16,08      | -16,53      | -15,53           | -15,56      |
| 10,17        | -28,82      | -28,87      | -20,96      | -21,41      | -20,25           | -20,28      |
| 10,45        | -31,02      | -31,07      | -22,56      | -23,01      | -21,82           | -21,85      |

| Abscisse (m) | $\epsilon_\alpha$ | $\epsilon_{\alpha\chi}$ | $\epsilon_\beta$ | $\sigma_\alpha$ (MPa) | $\sigma_{\alpha\chi}$ (MPa) | $\sigma_\beta^*$ (MPa) |
|--------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| 6,65         | 1,27              | 0,00                    | -0,90            | 253,89                | 0,00                        | -12,03                 |
| 6,93         | 0,82              | 0,00                    | -0,56            | 163,66                | 0,00                        | -7,43                  |
| 7,34         | 0,07              | 0,00                    | -0,10            | 14,89                 | 0,00                        | -1,34                  |
| 7,74         | 0,08              | 0,00                    | -0,12            | 16,55                 | 0,00                        | -1,55                  |
| 8,15         | 0,84              | 0,00                    | -0,48            | 167,63                | 0,00                        | -6,36                  |
| 8,55         | 1,13              | 0,00                    | -0,66            | 226,30                | 0,00                        | -8,86                  |
| 8,96         | 1,22              | 0,00                    | -0,72            | 244,94                | 0,00                        | -9,59                  |
| 9,36         | 1,12              | 0,00                    | -0,66            | 224,76                | 0,00                        | -8,80                  |
| 9,77         | 0,88              | 0,00                    | -0,50            | 175,29                | 0,00                        | -6,64                  |
| 10,17        | 0,88              | 0,00                    | -0,32            | 176,78                | 0,00                        | -4,28                  |
| 10,45        | 0,04              | 0,00                    | -0,05            | 7,13                  | 0,00                        | -0,68                  |

\*- contraintes dans ELS, déformations en ELS

## 2.7 Ferrailage :

### 2.7.1 P1 : Travée de 0,25 à 4,35 (m)

**Ferrailage longitudinal :**

- Aciers inférieurs
 

|   |        |    |                         |
|---|--------|----|-------------------------|
| 2 | HA 500 | 12 | l = 4,67 de 0,03 à 4,51 |
| 2 | HA 500 | 12 | l = 1,74 de 1,43 à 3,17 |
- Aciers de montage (haut)
 

|   |        |   |                         |
|---|--------|---|-------------------------|
| 2 | HA 500 | 8 | l = 4,42 de 0,03 à 4,45 |
|---|--------|---|-------------------------|
- Chapeaux
 

|   |        |    |                         |
|---|--------|----|-------------------------|
| 2 | HA 500 | 12 | l = 2,14 de 0,03 à 1,99 |
| 2 | HA 500 | 12 | l = 1,19 de 0,08 à 1,09 |
| 2 | HA 500 | 12 | l = 1,87 de 3,05 à 4,92 |
| 2 | HA 500 | 12 | l = 1,26 de 3,71 à 4,98 |

**Ferrailage transversal :**

- |    |        |   |          |
|----|--------|---|----------|
| 21 | HA 500 | 6 | l = 0,97 |
|----|--------|---|----------|
- e = 1\*0,05 + 20\*0,20 (m)

**2.7.2 P2 : Travée de 4,60 à 6,40 (m)****Ferrailage longitudinal :**

- Aciers inférieurs
 

|   |        |    |                         |
|---|--------|----|-------------------------|
| 2 | HA 500 | 12 | l = 2,86 de 4,07 à 6,93 |
|---|--------|----|-------------------------|
- Aciers de montage (haut)
 

|   |        |   |                         |
|---|--------|---|-------------------------|
| 2 | HA 500 | 8 | l = 1,99 de 4,51 à 6,50 |
|---|--------|---|-------------------------|

**Ferrailage transversal :**

- |    |        |   |          |
|----|--------|---|----------|
| 12 | HA 500 | 6 | l = 0,87 |
|----|--------|---|----------|
- e = 1\*0,02 + 11\*0,16 (m)

**2.7.3 P3 : Travée de 6,65 à 10,45 (m)****Ferrailage longitudinal :**

- Aciers inférieurs
 

|   |        |    |                          |
|---|--------|----|--------------------------|
| 2 | HA 500 | 12 | l = 4,33 de 6,53 à 10,67 |
| 2 | HA 500 | 12 | l = 2,64 de 7,63 à 10,27 |
- Aciers de montage (haut)
 

|   |        |   |                          |
|---|--------|---|--------------------------|
| 2 | HA 500 | 8 | l = 4,12 de 6,56 à 10,67 |
|---|--------|---|--------------------------|
- Chapeaux
 

|   |        |    |                          |
|---|--------|----|--------------------------|
| 2 | HA 500 | 14 | l = 2,32 de 5,97 à 8,29  |
| 2 | HA 500 | 14 | l = 1,65 de 5,93 à 7,59  |
| 2 | HA 500 | 12 | l = 1,21 de 9,65 à 10,67 |

**Ferrailage transversal :**

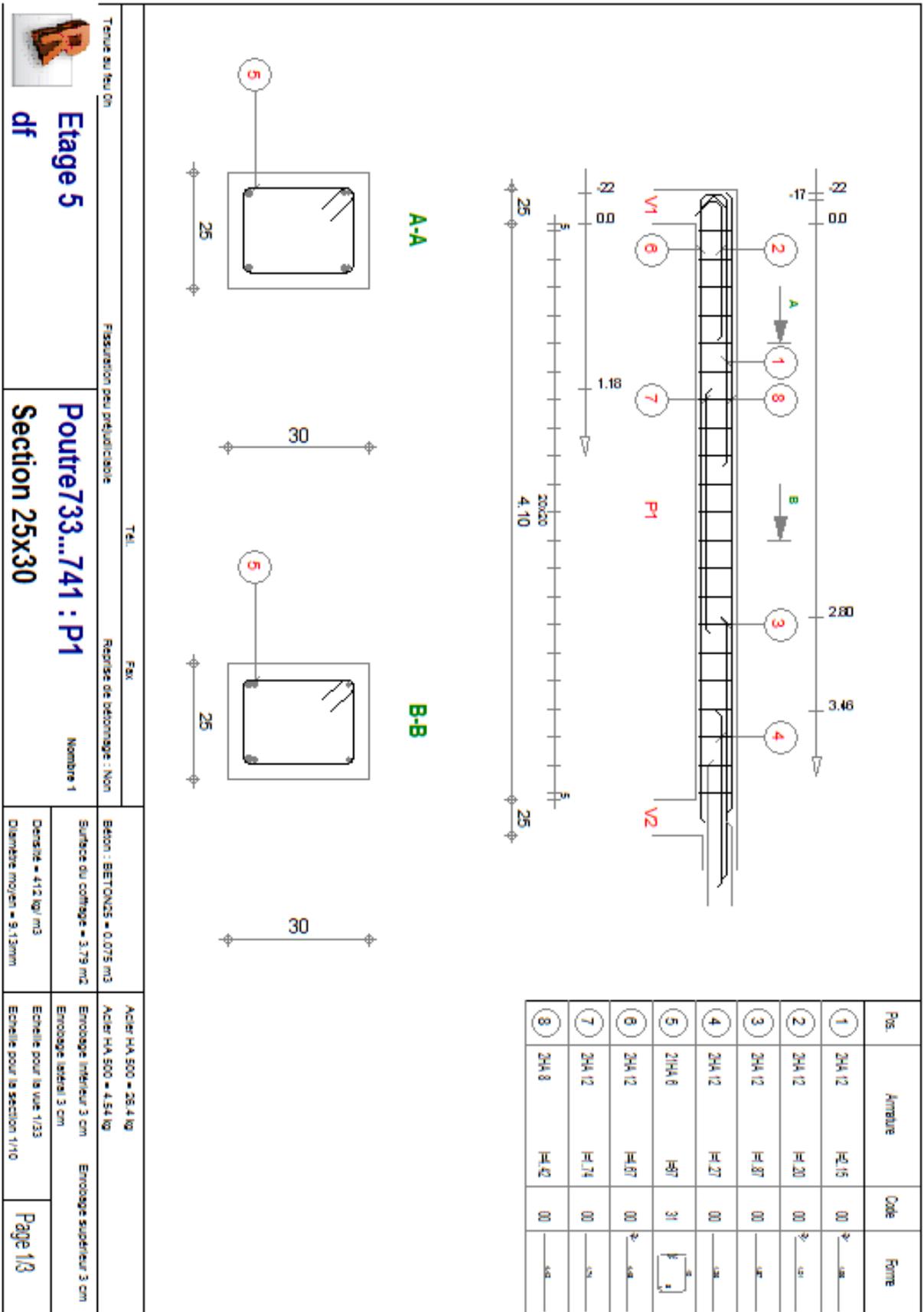
- |    |        |   |          |
|----|--------|---|----------|
| 19 | HA 500 | 6 | l = 0,97 |
|----|--------|---|----------|
- e = 1\*0,10 + 18\*0,20 (m)

**3 Quantitatif :**

- Volume de Béton = 0,79 (m3)
- Surface de Coffrage = 8,88 (m2)
- Acier HA 500
  - Poids total = 71,39 (kG)
  - Densité = 90,80 (kG/m3)
  - Diamètre moyen = 9,1 (mm)
  - Liste par diamètres :

| Diamètre | Longueur (m) | Poids (kG) |
|----------|--------------|------------|
| 6        | 49,45        | 10,98      |
| 8        | 21,04        | 8,30       |
| 12       | 47,86        | 42,50      |
| 14       | 7,94         | 9,60       |

**b) Plans d'exécutions :**





**Etage 5**  
df

**Poutre 733...741 : P2** Nombre 1  
**Section 25x25**

Tenue au feu 0h  
Fissuration peu préjudiciable  
Régime de dimensionnement : Non

TEL :

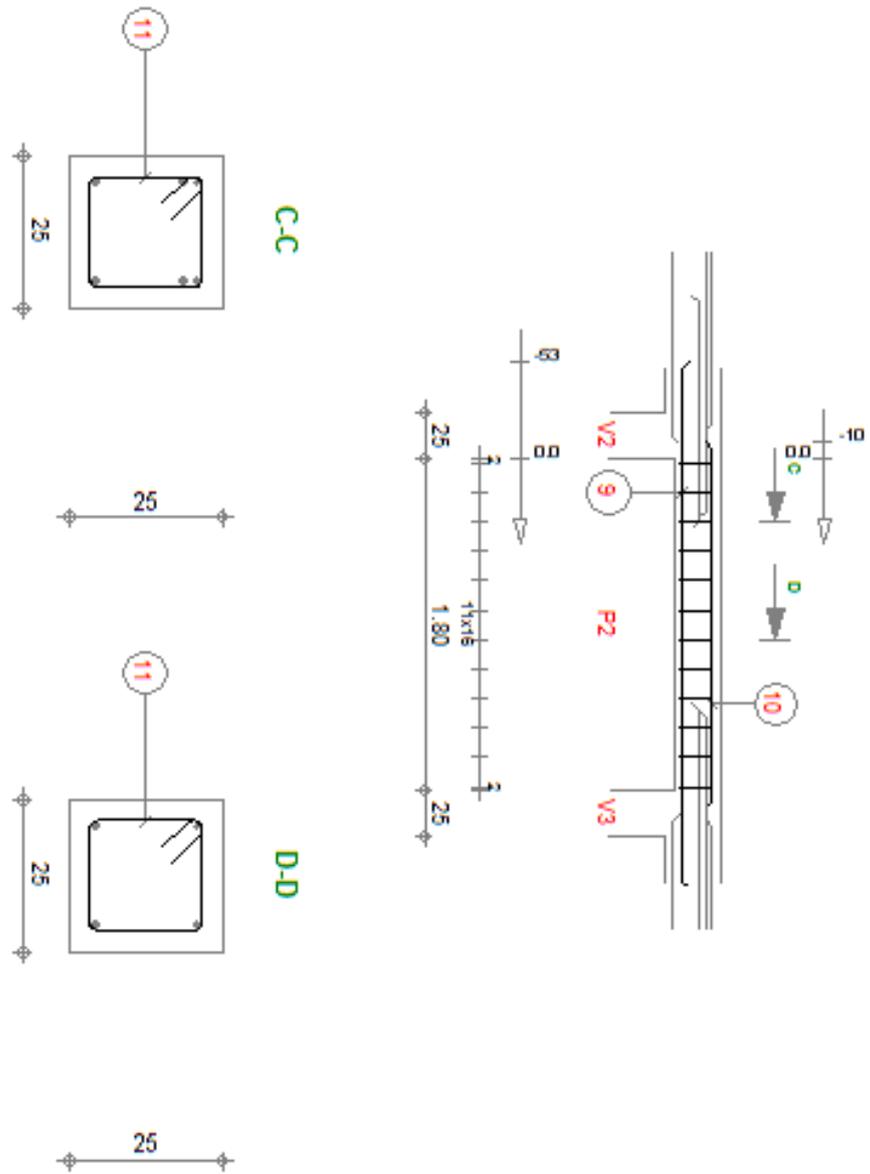
FAX :

Béton : BETONS = 0.0625 m<sup>3</sup> ACIER HA 500 = 2.33 kg  
Surface du coffrage = 1.51 m<sup>2</sup> Enrobage inférieur 3 cm Enrobage supérieur 3 cm  
Enrobage latéral 3 cm

Densité = 143.5 kg/m<sup>3</sup>  
Diamètre moyen = 8.09mm

ACIER HA 500 = 6.65 kg  
Enrobage pour la vue 1/33  
Echelle pour la section 1/10

Page 2/3



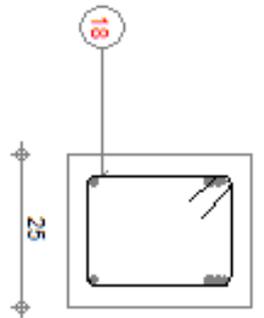
| Pos. | Armature | Code | Forme |
|------|----------|------|-------|
| 9    | 2HA 12   | M-06 | 00    |
| 10   | 2HA 8    | M-09 | 00    |
| 11   | 12HA 6   | M-07 | 31    |



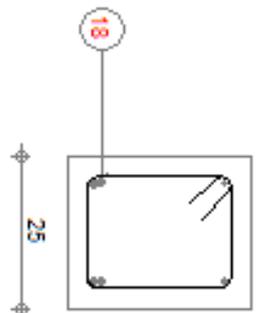
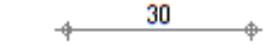
**Etage 5**  
df

**Poutre 733...741 : P3** Nombre 1  
**Section 25x30**

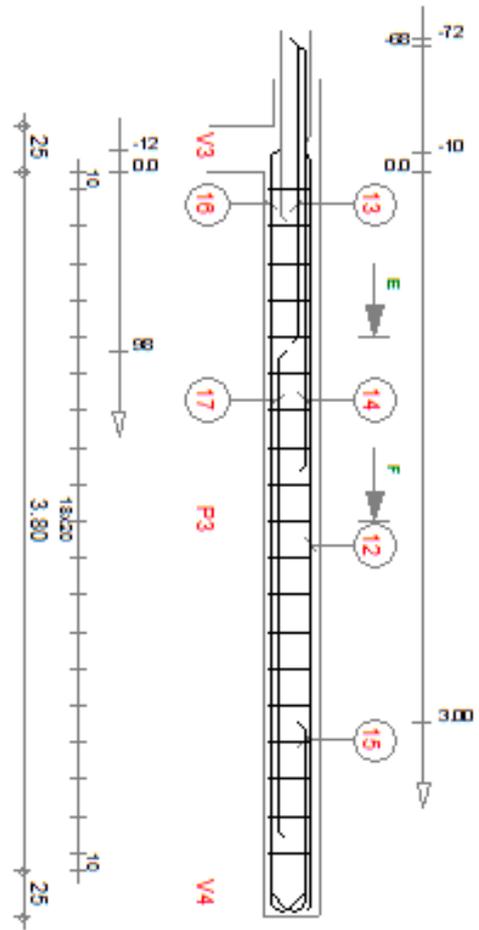
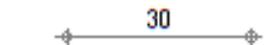
Tenue au feu 0h  
Fissuration peu préjudiciable  
Tél.  
Fax  
Reprise de bétonnage : Non



E-E



F-F



| Pos. | Armature | Code | Forme |
|------|----------|------|-------|
| 12   | 2HA 8    | M 12 | 00    |
| 13   | 2HA 14   | M 65 | 00    |
| 14   | 2HA 14   | M 32 | 00    |
| 15   | 2HA 12   | M 22 | 00    |
| 16   | 2HA 12   | M 33 | 00    |
| 17   | 2HA 12   | M 64 | 00    |
| 18   | 19HA 8   | M 7  | 31    |

|  |  |
|--|--|
| Béton : BETONS = 0.075 m3<br>Surface du coffrage = 3.58 m2<br>Densité = 420 kg/m3<br>Diamètre moyen = 9.48mm | Acier HA 500 = 27.4 kg<br>Acier HA 500 = 4.11 kg<br>Enrobage inférieur 3 cm<br>Enrobage (intérieur) 3 cm<br>Enrobage supérieur 3 cm<br>Enrobage (extérieur) 3 cm<br>Echelle pour la vue 1/33<br>Echelle pour la section 1/10 |
|--|--|

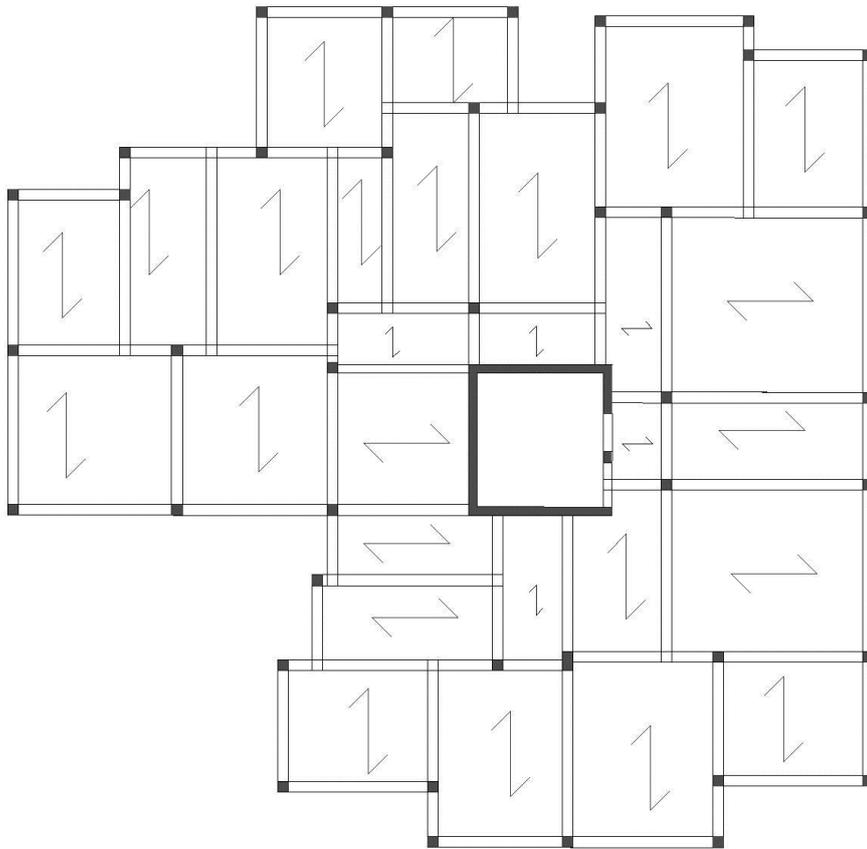
## Conclusion:

Ce stage de fin de deuxième année m'a été bénéfique sur les deux plans : technique et humain.

En plus de la solidification des connaissances théoriques, l'apprentissage et la maîtrise des outils de calcul; l'expérience professionnelle et humaine acquises durant ce stage était pour moi l'objectif ultime à atteindre.

Merci infiniment à tous ceux qui m'ont fait profiter, et avec générosité, de leurs expériences durant ce stage.

Annexe 0 : Plans de coffrages :





## Annexe 1 : Calcul des moments sur appuis

Appui 2

$$M_2^{12} = \frac{1.8 * 4.1^2 + 1.88 * (1.72 + 0.84) * 1.44^2}{8,5 * (1 + 1.88)} = 1,64 \text{ T.m}$$

$$M_2^{21} = \frac{(1.8 + 0.84) * 4.1^2 + 1.88 * 1.72 * 1.44^2}{8,5 * (1 + 1.88)} = 2.09 \text{ T.m}$$

$$M_2^{22} = \frac{(1.8 + 0.84) * 4.1^2 + 1.88 * (1.72 + 0.84) * 1.44^2}{8,5 * (1 + 1.88)} = 2.22 \text{ T.m}$$

Appui 3

$$M_3^{12} = \frac{1.72 * 1.44^2 + 0.49 * (1.31 + 0.61) * 3.81^2}{8,5 * (1 + 3,65)} = 1,31 \text{ T.m}$$

$$M_3^{21} = \frac{(1.72 + 0.84) * 1.44^2 + 0.49 * 1.31 * 3.81^2}{8,5 * (1 + 3,65)} = 1,11 \text{ T.m}$$

$$M_3^{22} = \frac{(1.72 + 0.84) * 1.44^2 + 0.49 * (1.31 + 0.61) * 3.81^2}{8,5 * (1 + 3,65)} = 1,45 \text{ T.m}$$

## Annexe 2 : Calcul des moments de référence

Travée 1

$$M_{01} = \frac{2.7 * 4.1^2}{8} = 5.67 \text{ T.m}$$

$$M_{02} = \frac{3.54 * 4.1^2}{8} = 7.44 \text{ T.m}$$

Travée 2

$$M_{01} = \frac{2.565 * 1.8^2}{8} = 1.04 \text{ T.m}$$

$$M_{02} = \frac{3.405 * 1.8^2}{8} = 1.38 \text{ T.m}$$

Travée 3

$$M_{01} = \frac{1.755 * 3.81^2}{8} = 3.57 \text{ T.m}$$

$$M_{02} = \frac{2.88 * 3.81^2}{8} = 4.66 \text{ T.m}$$

### Annexe 3 : Calcul des moments sur travées

Travée 1

$$M_{T \max} = 7.44 - 0,42 * 2,09 = 4,98 \text{ T.m}$$

$$M_{T \min} = 5,67 - 0,42 * 1,64 = 4,98 \text{ T.m}$$

Travée 2

$$M_{T \max} = 1,38 - 0,5 * (1,64 + 1,11) = -0.005 \text{ T.m}$$

$$M_{T \min} = 1,04 - 0,5 * (2,09 + 1,31) = -0.66 \text{ T.m}$$

Travée 3

$$M_{T \max} = 4,66 - 0,42 * 1,11 = 4,19 \text{ T.m}$$

$$M_{T \min} = 3,57 - 0,42 * 1.31 = 3,01 \text{ T.m}$$

Annexe 4 : Calcul des efforts tranchants  
isostatiques :

Travée 1

$$T = \frac{(1,35 * 2,7 + 0,84) * 4,1}{2} = 7,26 \text{ T}$$

Travée 2

$$T = \frac{(1,35 * 1,906 + 0,84) * 1,8}{2} = 3,07 \text{ T}$$

Travée 3

$$T = \frac{(1,35 * 1,38 + 0,61) * 3,81}{2} = 4,9 \text{ T}$$

### Annexe 5 : Efforts tranchants sur travées

Travée 1

$$T = 7,26 + \frac{2,22}{4,1} = 7,80 \text{ T}$$

Travée 2

$$T = 3,07 + \frac{2,22 - 1,37}{1,8} = 3,54 \text{ T}$$

Travée 3

$$T = 4,9 + \frac{1,45}{3,81} = 5,28 \text{ T}$$