

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi ouzou
Faculté du génie de la construction
Département de génie civil



Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de MASTER professionnel en génie civil.
Option : construction civil et industriel.

THEME

Etude et calcul d'un bâtiment à usage multiple
contreventé par voiles et portiques
(R+7+S SOL)



Proposé par : BEDAT

Dirigé par : M^r : MEHADDENE

Etudié par: M^{elle} : Mokeddem souad
M^{elle} : Mohammedi safia

Année 2010/2011

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Mr mehaddene pour avoir accepté de diriger ce modeste travail, tout au long de l'élaboration du présent mémoire.

Nous tenons à remercier tous les enseignants de GENIE CIVIL qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons à remercier aussi le personnel de la bibliothèque de Génie Civil pour leur disponibilité.

Nos remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire et qui se sont dévoués pour nous venir en aide parmi eux je cite Mr chihaoui Ramdane que je respecte énormément.

Nos remerciements à nos familles et tous les amis (es)

Enfin, nous tenons à remercier également les membres de jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

Merci à tous

Sommaire :

pages

Chapitre I : Présentation et description l'ouvrage.....	1-08
Chapitre II : Pré dimensionnement des éléments.....	9-20
Chapitre III : Calcul des éléments.....	21-84
• III-1 - Plancher	
• III-2 - Dalle pleine	
• III-3 - Acrotère	
• III -4 - Balcons	
• III-5 - Escalier	
• III-6 - Salle machine	
Chapitre IV : Etude du contreventement.....	85-134
Chapitre V: Etude sous charges verticales	135-178
Chapitre VI : Etude au séisme.....	179-193
Chapitre VII: Etude sous charges horizontales.....	194-225
Chapitre VIII : Combinaisons d'actions.....	226-264
Chapitre IX : Ferrailage de la structure.....	365-308
Chapitre X : Etude de l'infrastructure.....	309-341

Introduction :

Le projet à étudier, comme tout ouvrage de génie civil doit être calculé de façon à assurer la stabilité de l'ouvrage et une bonne qualité en terme de résistance et de fonctionnement, on ce base pour le calcul de leurs différents éléments sur les règles de calculs de bâtiment ,notamment les documents techniques réglementaires (**DTR**) et les normes algériennes (**NA**), documents techniques unifiés (**DTU**). Pour cela nos calculs se font a l'état limite ultime (**ELU**) et a l'état limite de service (**ELS**). de plus les bâtiments sont calculés et vérifiés sous différentes actions possibles (charge permanentes , charges d'exploitation , séisme , ...etc.) .

I - Présentation de l'ouvrage :**I. 1. Description :**

Ce projet consiste en l'étude et le calcul d'un bâtiment (**R+7+SSOL**) a usage multiple qui sera implanté a **TIZI OUZOU** classé zone de moyenne sismicité (**zone IIa**) selon le **RPA 99** version **2003** .il comporte un :

- ✓ **01** sous sol à usage parking.
- ✓ **01** RDC à usage commercial.
- ✓ **01** étage a usage bureaux.
- ✓ **06** étages courants à usage d'habitation.
- ✓ **02** cages d'escaliers.
- ✓ **01** cage d'ascenseur.

I. 2. Caractéristiques géométriques de l'ouvrage:

- Hauteur totale	H =	26.54m.
- Hauteur du RDC	H _{RDC} =	4,08m.
- Hauteur de l'étage courant	H _e =	3,06m.
-Hauteur de l'étage de service	H _{SER} =	3,50m
- Hauteur du sous sol.....	H _{s sol} =	2.50m
- Longueur totale du bâtiment		20.70m
- Largeur total du bâtiment		15.9 m

Remarque :

D'après l'étude technique effectuée sur le sol d'implantation de l'ouvrage ; les résultats obtenus sont les suivants :

- * une contrainte admissible du sol de **2.5 bars**
- * aucune trace d'eau n'est signalée lors de la campagne de reconnaissance du sol donc pas de risque de remontée des eaux

I.3. Eléments de l'ouvrage :➤ **Ossatures du bâtiment :**

- Portiques transversaux et longitudinaux dont le rôle est de reprendre les charges et les surcharge verticales.

- Les voiles en béton armé disposés suivant les deux sens (transversal et longitudinal) constituant un système de contreventement assurant avec les portiques la rigidité et la stabilité de l'ensemble de l'ouvrage vis-à-vis des charges horizontales et verticales.

➤ **La maçonnerie :**

- **Murs extérieurs:** ils sont réalisés en double cloison de 25cm d'épaisseur (en brique creuse de 10cm d'épaisseur avec une lame d'air de 5cm d'épaisseur) et cela pour assurer l'isolation phonique et thermique.

- **Murs intérieurs:** ils sont réalisés en briques creuses de 10cm d'épaisseur.

➤ **Les planchers :**

Les planchers sont des aires planes ; ils représentent un écran isolant thermique et phonique. Ils sont constitués de corps creux et d'une dalle de compression de 4cm d'épaisseur reposant sur des poutrelles préfabriquées. Ces planchers supportent leur poids propre et les surcharges, et transmettent les résultantes aux éléments porteurs de la structure (poutres principales).

Le plancher terrasse est équipé d'une isolation thermique et d'une pente pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales, ainsi que d'une étanchéité multicouches avec une protection mécanique en gravier roulé.

➤ **Les escaliers :**

Notre ouvrage sera muni de deux cages d'escaliers, une destinée pour les fonctionnaires comporte quatre volées et qui sera arrêtée au niveau de l'étage de service. L'autre destinée pour les habitants donc continue jusqu'au dernier étage; comporte trois volées. Elles sont réalisées en BA et coulé sur place.

➤ **Cage d'ascenseur :**

Le bâtiment comporte un ascenseur, sa cage sera réalisée en maçonnerie.

➤ **Les revêtements :**

. Plâtre pour les cloisons intérieures et plafond.

. Mortier de ciment pour les façades extérieures.

. Carrelage pour les planchers et les escaliers.

. Revêtements en céramique pour les murs de cuisine et les salles d'eau.

II- Les caractéristiques mécaniques des matériaux :

1. Le béton :

Le béton est un matériau de construction composé d'un mélange de ciment, de granulats et d'eau, il est défini du point de vue mécanique par sa résistance à la compression qui varie avec la granulométrie, le dosage et l'âge du béton. La composition du béton doit être conforme aux règles du BAEL91 (modifié 99) et du RPA99 (Version 2003), dont les dosages sont :

- Ciment 350kg/m^3 en CPJ 325(Art A1-1)
- Sable propre $D_g \leq 5\text{mm}$
- Gravier $D_g \leq 25\text{mm}$
- Eau 170 l/m^3

a) Résistance caractéristique à la compression du béton :

Le béton est défini par sa résistance à la compression à l'âge de **28** jours (f_{c28}), elle est mesurée par compression axial de cylindres droits de révolution de **200 cm²** de section, d'une hauteur de **32 cm** et **16 cm** de diamètre. La résistance à la compression est calculée par la formule selon le **BAEL91** (modifié99) :

- **Pour : J < 28 jours :**

$$-f_{cj} = j / (4,76 + 0,83j) f_{c28} \quad \text{pour} \quad f_{c28} \leq 40 \text{MPa.}$$

$$-f_{cj} = j / (1,40 + 0,95j) f_{c28} \quad \text{pour} \quad f_{c28} > 40 \text{MPa}$$

- **Pour : J > 28 jours :**

$$-f_{cj} = 1.10 f_{c28} \text{ (MPa)} \quad \text{pour} \quad f_{c28} \geq 40 \text{MPa}$$

Pour notre cas : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$.

b) Résistance à la traction f_{ij} :

Selon le **BAEL91** (modifié99) (art **A 2.1. 12**) :

$$- f_{ij} = 0,275(f_{cj})^{2/3} \quad \text{pour} \quad f_{cj} \geq 60 \text{Mpa}$$

$$- f_{ij} = 0,6 + 0,06 f_{cj} \quad \text{pour} \quad 40 \text{MPa} \leq f_{cj} < 60 \text{Mpa}$$

Ainsi pour notre cas : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 = 2,1 \text{ Mpa}$

c) Contrainte limite à la compression :(art 4.3.41BAEL91) :

- ❖ **Les différents états limites :**

On définit les états limites comme des états qui correspondent aux diverses conditions de Sécurité et de bon comportement en service, pour lesquels une structure est calculée.

- 1) Etat limite ultime (ELU) :**

C'est la valeur maximale de la capacité portante sans risque d'instabilité. Il correspond à la limite :

-De la résistance des matériaux : concerne le non rupture des différents éléments de l'ouvrage.

-De la limite de déformation (instantanée ou différée) et l'ouverture des fissures.

-De la stabilité de forme.

Soit : f_{bu} la contrainte limite ultime à la compression :

$$f_{bu} = 0.85 \times f_{cj} / \theta \gamma_b \quad [\text{Mpa}] \quad (\text{art A.4.3.41 BAEL 91}).$$

Avec θ : Coefficient dépendant de la durée d'application des combinaisons d'actions.

$\theta = 1$: si la durée d'application est supérieur à 24h heures ($t \geq 24h$).

$\theta = 0.9$: si la durée d'application est entre 1heure et 24 heures ($1 h \leq t \leq 24h$).

$\theta = 0.85$: si la durée d'application est inférieur à 1 heure ($t \leq 1h$).

Pour : **J = 28 jours** et en situation courante :

$$\theta = 1 \quad \gamma_b = 1.5 \quad f_{c28} = 25 \text{ MPA}$$

- $\gamma_b = 1.5$ en situation courante : $f_{bc} = 14.2 \text{ Mpa}$
- $\gamma_b = 1.15$ en situation accidentelle : $f_{bc} = 18.48 \text{ Mpa}$.
- Nous adoptons le diagramme parabole rectangle de calcul défini ci-dessous :

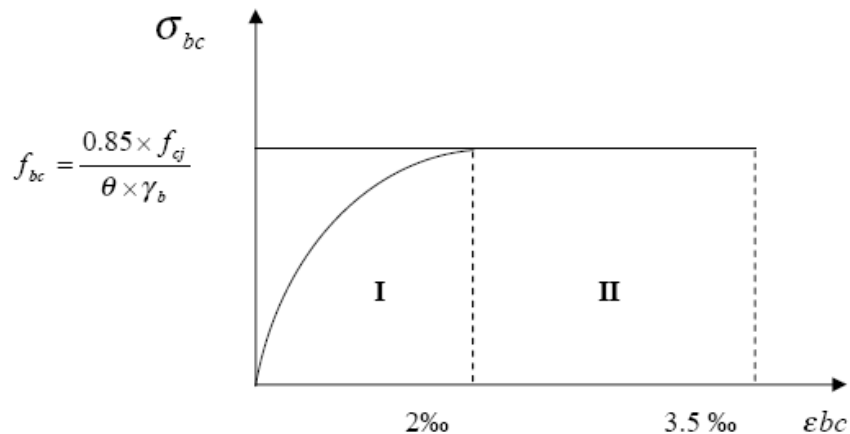


Fig. I.1 : Diagramme contraintes - déformation du béton à ELU.

Pour :

- $0 \leq \epsilon_{bc} \leq 2\text{‰}$ il s'agit d'une compression pure avec (ϵ_{bc} raccourcissement du béton)
- $2\text{‰} \leq \epsilon_{bc} \leq 3.5\text{‰}$ il s'agit d'une compression avec flexion.

En compression pure les déformations relatives du béton sont limitées à 2‰ .

2) Etat limite de service (ELS) :

C'est l'état au-delà duquel les conditions normales d'exploitation et de durabilité des structures ne sont pas vérifiées, il correspond à :

- Etats limites de service vis-à-vis de la compression du béton.
- Etats limites d'ouvertures des fissures.
- Etats limites de service de déformation.

Soit $\bar{\sigma}_{bc}$ la contrainte limite de service à la compression :

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} \quad (\text{contrainte admissible à l'ELS})$$

Au 28^{ème} jour : $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times 25 = 15 \text{ MPA}$ (ART/ A.4.5.2 BAEL 91)

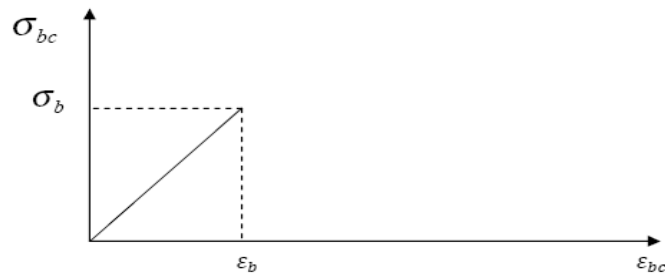


Fig. I.2 : Diagramme contrainte -déformation du béton à ELS.

✓ **contrainte limite de cisaillement : [ART/A.5.1.21 BAEL91] :**

$\tau_u = \min (0.13 f_{c28} ; 5 \text{ Mpa})$ pour une fissuration peu nuisible

$\tau_u = \min (0.10 f_{c28} ; 4 \text{ Mpa})$ pour une fissuration préjudiciable

✓ **Module d'élasticité :**

Par définition le module d'élasticité est le rapport entre la contrainte normale et la déformation engendrée. Selon la durée d'application de la contrainte, nous distinguons deux types de modules :

a- Longitudinal :

○ **Module d'élasticité instantanée : [ART/A.2.1.21 BAEL91] :**

Lorsque la durée de la contrainte appliquée est inférieure à 24 heures, il en résulte un module égale à :

$$E_{ij} = 11000 f_{cj}^{1/3} \text{ [MPa]} \text{ et } f_{c28} = 25 \text{ Mpa} \quad \text{soit : } E_{ij} = 32164,195 \text{ MPA}$$

○ **Module d'élasticité différée : [ART/A.2.1.22 BAEL91] :**

Lorsque la contrainte normale appliquée est de longue durée et afin de tenir compte de l'effet de fluage du béton, nous prendrons un module égal :

$$E_{vj} = 3700 f_{cj}^{1/3} \text{ [Mpa]}. \quad \text{Soit : } E_{vj} = 10819 \text{ Mpa}$$

b- module d'élasticité transversale G :

$$G = E/2(1+\nu) \text{ [Mpa]} \quad \text{avec} \quad \nu : \text{coefficient de poisson}$$

$$E : \text{module de Young}$$

✓ **Coefficient de poisson : [ART/A.2.1.3 BAEL91] :**

C'est le rapport entre déformations transversales et longitudinales, il sera pris à :

- $\nu = 0.2$ à l'état limite de service (béton fissuré)
- $\nu = 0$ à l'état limite ultime (béton non fissuré)

2. les aciers :

L'acier est un matériau caractérisé par sa bonne résistance à la traction et à la compression. Dans notre projet, nous aurons à utiliser 03 types d'aciers dont les principales caractéristiques sont mentionnées dans le tableau ci- dessous :

Tableau I.a : Caractéristiques des aciers utilisés

Type d'acier	nomination	symbole	Limite d'élasticité Fe en Mpa	Coefficient de fissuration	Coefficient de scellement ψ
	Haute adhérence FeE 400	HA	400	1.6	1.5
Aciers en treillis	Treillis soudé (ts) TL520 ($\Phi < 6$)	TS	520	1.3	1
		TL			

a) Limite d'élasticité longitudinale :

Le module d'élasticité longitudinale (E_s), a une valeur constante quelque soit la nuance de l'acier.

$$E_s = 200\,000 \text{ MPA} \quad (\text{art. A.22.1 BAEL 99})$$

b) Coefficient de poisson des aciers :

Le coefficient de poisson ν pour les aciers est pris égal à **0,3**.

c) La limite élastique f_e :

C'est la contrainte pour laquelle le retour élastique donne une déformation résiduelle de 2‰.

d) Diagramme contrainte déformation :

Le diagramme contrainte déformation est illustré dans la figure suivante (**art A2.2.2BAEL91**)

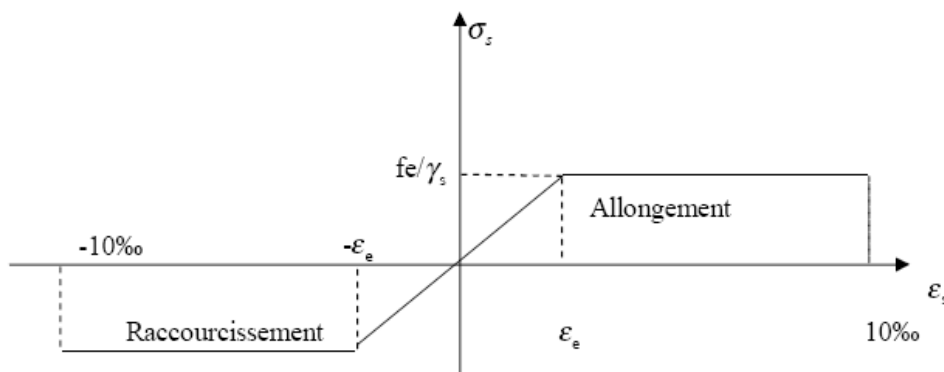


Fig. I.3 : Diagramme contrainte –déformation de l'acier .

σ_s : contrainte limite de déformation de l'acier

f_e : nuance de l'acier

E_s : module d'élasticité longitudinale

γ_s : coefficient de sécurité

e) Contrainte limite de l'acier :**1. Etat limite ultime ELU :**

La contrainte limite de déformation de l'acier est donnée dans (**art A 4.3.2 BAEL91**) par :

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

avec γ_s : coefficient de sécurité

$$\gamma_s = 1.15 \quad \text{en situation durable}$$

$$\gamma_s = 1.00 \quad \text{en situation accidentelle}$$

2. Etat limite de service ELS :

Il est nécessaire de limiter l'ouverture des fissures, et cela en limitant les contraintes dans les armatures tendues sous l'action des sollicitations de service. On distingue trois cas de fissurations :

***Fissuration peu nuisible (BAEL 91/Art 4-5-32) :**

C'est le cas des éléments situés dans des locaux couverts, dans ce cas, il n'y a pas de

Vérifications à effectuer.

***Fissuration préjudiciable (BAEL 91/Art 4-5-33) :**

C'est le cas des éléments exposés aux intempéries. Dans ce cas la contrainte de traction des armatures est limitée à : $\bar{\sigma}_s = \min \{ 2/3 f_e, 110\sqrt{\eta f_{tj}} \}$

Avec :

η est le coefficient de sécurité

$$\eta = 1,0 \dots \dots \dots \text{pour les rend lisse}$$

$$\eta = 1,6 \dots \dots \dots \text{pour les hautes adhérences si } \Phi \geq 6 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,3 \dots \dots \dots \text{pour les hautes adhérences si } \Phi < 6 \text{ mm}$$

les valeurs obtenues sont :

$$\bar{\sigma}_s = 159.79 \text{ Mpa pour les R L}$$

$$\bar{\sigma}_s = 201.63 \text{ Mpa pour les H A}$$

***Fissuration très préjudiciable (BAEL 91/ Art 4.5.34) :**

C'est le cas d'un milieu agressif ou' on doit assurer une étanchéité. Dans ce cas, la contrainte de traction des armatures est limitée à :

$$\bar{\sigma}_s = \min \{ 1/2 f_e, 90\sqrt{\eta f_{tj}} \}$$

Avec :

η : est le coefficient de fissuration

$$\eta = 1,0 \dots \dots \dots \text{pour les rend lisse}$$

$$\eta = 1,6 \dots \dots \dots \text{pour les hautes adhérences}$$

les valeurs obtenues sont :

$$\bar{\sigma}_s = 165 \text{ Mpa pour les H A}$$

$$\bar{\sigma}_s = 130 \text{ Mpa pour les R L}$$

f) protection des armatures : (art A.7.2BAEL 91) .

Pour avoir un bétonnage correct et prémunir les armatures des effets intempéries et des agent agressif, on doit veiller que l'enrobage (c) des armatures soit :

- **C ≥ 5 cm** : pour les ouvrages exposés à la mer, aux brouillards ainsi que pour les éléments exposés aux atmosphères très agressives.
- **C ≥ 3 cm** : pour les éléments situés au contact d'un liquide (réservoir, tuyaux, canalisation)
- **C ≥ 1 cm** : pour des parois situées dans un local couvert et clos et qui ne sont pas exposées aux condensations.

Alors pour notre cas on va prendre :

- ✓ Pour les éléments exposés aux intempéries, on va prendre **C=3cm**
- ✓ Pour les éléments qui se trouvent à l'intérieur de la structure, on va prendre **C=2cm**.

Introduction :

En se basant sur les règles **BAEL 91(modifié 99)**, **RPA 99** modifié en **2003**, on fera le pré dimensionnement et le calcul des éléments de la construction.

II.1-les planchers :

Les planchers sont des éléments horizontaux de la construction séparent deux niveaux d'un bâtiment, ils s'appuient sur les éléments porteurs. Ils sont réalisés pour :

- Résister aux charges permanentes et surcharges mobiles.
- Assurer l'isolation acoustique et thermique.
- Supporter les plafonds.
- Transmettre les différentes charges aux éléments porteurs.
- Résister à l'incendie.
- Assurer l'étanchéité ...etc.

Ces planchers sont constitués de panneaux à corps creux, associés à des poutrelles Préfabriquées qui sont disposées suivant l'axe de la plus petite portée. La hauteur du plancher sera déterminée par la condition :

$$h_t \geq L / 22.5$$

Avec:

h_t : hauteur totale du plancher.

L : la portée libre maximale de la plus grande travée, dans le sens des poutrelles.

Soit :

$$L = 490 - 30 = 460 \text{ cm}$$

$$h_t \geq 460 / 22.5 = 20.44 \text{ cm} \quad \text{on prend : } h_t = (20+4) = 24 \text{ cm}$$

Avec:

Epaisseur du corps creux : 20 cm.

Epaisseur de la dalle de compression : 4 cm

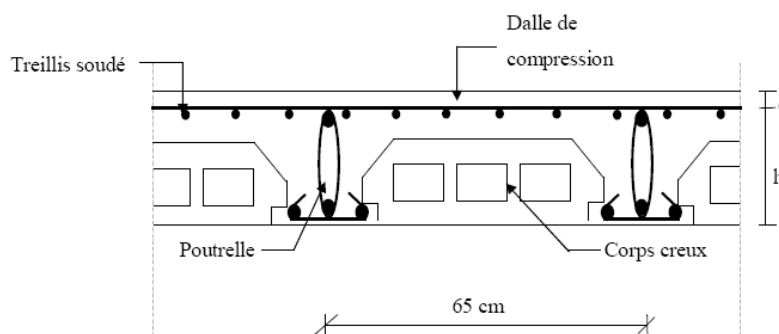


Fig. II.1 Schéma d'un plancher à corps creux.

II.2 : Les poutres :

Les poutres sont généralement des éléments en béton armé coulés sur place, elles se raccordent aux poteaux, à d'autres poutres ou à des murs refends auxquels elles transmettent les charges et surcharges qu'elles reçoivent des planchers.

D'après les prescriptions préconisées par le **RPA99** version **2003**, les dimensions des poutres doivent satisfaire les conditions suivantes :

- 1- Largeur : $b \geq 20 \text{ cm}$.
- 2- Hauteur : $h \geq 30 \text{ cm}$.
- 3- Le rapport : $h/b \leq 4 \text{ cm}$
- 4- $b_{\max} \leq 1,5h + b$.

II.2.1 : Poutres principales :

Se sont des poutres porteuses ; constitue des appuis pour les poutrelles .Leurs hauteurs est donnée par :

$$L/15 \leq h_t \leq L/10 \quad (\text{Art A.4.14 BAEL 91}).$$

Avec :

L: Portée libre entre nus d'appuis dans le sens considéré.

h_t : Hauteur de la poutre principale.

$$L = 500 - 30 = 470 \text{ cm}.$$

D'où la hauteur de la poutre principale est déterminée par :

$$470/15 \leq h_t \leq 470/10$$

$$31,333 \leq h_t \leq 47$$

On opte pour : **$h_t = 40 \text{ cm}$** .

- La largeur des poutres est déterminée par :

$$0,4h \leq b \leq 0,7h \Rightarrow 0,4 \times 40 \leq b \leq 0,7 \times 40 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad 16 \text{ cm} \leq b \leq 28 \text{ cm}$$

On opte pour : **$b = 30 \text{ cm}$** .

La section des poutres principales est : **$(30 \times 40) \text{ cm}^2$** .

• Vérification des conditions du RPA : (Art 7.5, 1)

$$b = 30 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm} \quad ; \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$h_t = 40 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm} \quad ; \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$h_t/b = 40/30 = 1,33 \text{ cm} < 4 \quad ; \quad \text{Condition vérifiée}$$

II.2.2-Poutres secondaires :

Assurent le chaînage et qui sont perpendiculaires aux poutres principales, leur hauteur est donnée par :

$$L/15 \leq h_t \leq L/10 \quad \text{avec : } L = 490 - 30 = 460 \text{ cm}$$

D'où :

$$460/15 \leq h_t \leq 460/10 \quad \Rightarrow \quad 30,67 \text{ cm} \leq h_t \leq 46 \text{ cm}. \quad \text{On opte pour : } \mathbf{h_t = 35 \text{ cm}}.$$

- La largeur des poutres secondaires est donnée par :
 $0,4h \leq b \leq 0,7h \Rightarrow 14\text{cm} \leq b \leq 24,5\text{cm}$

On opte pour : **b = 30cm**.

La section des poutres secondaires est : **(30 X 35) cm²**.

• **Vérification des conditions du RPA : (Art 7.5, 1)**

- $b = 30\text{cm} \geq 20\text{cm}$; Condition vérifiée
- $h_t = 35\text{cm} \geq 30\text{cm}$; Condition vérifiée
- $h_t/b = 35/30 = 1,16\text{cm} < 4$; Condition vérifiée

Conclusion :

On adoptera des poutres dont les dimensions sont les suivants :

- Poutres principales : $h_t=40\text{cm}$; $b=30\text{ cm}$
- Poutres secondaires : $h_t= 35\text{cm}$; $b=30\text{ cm}$

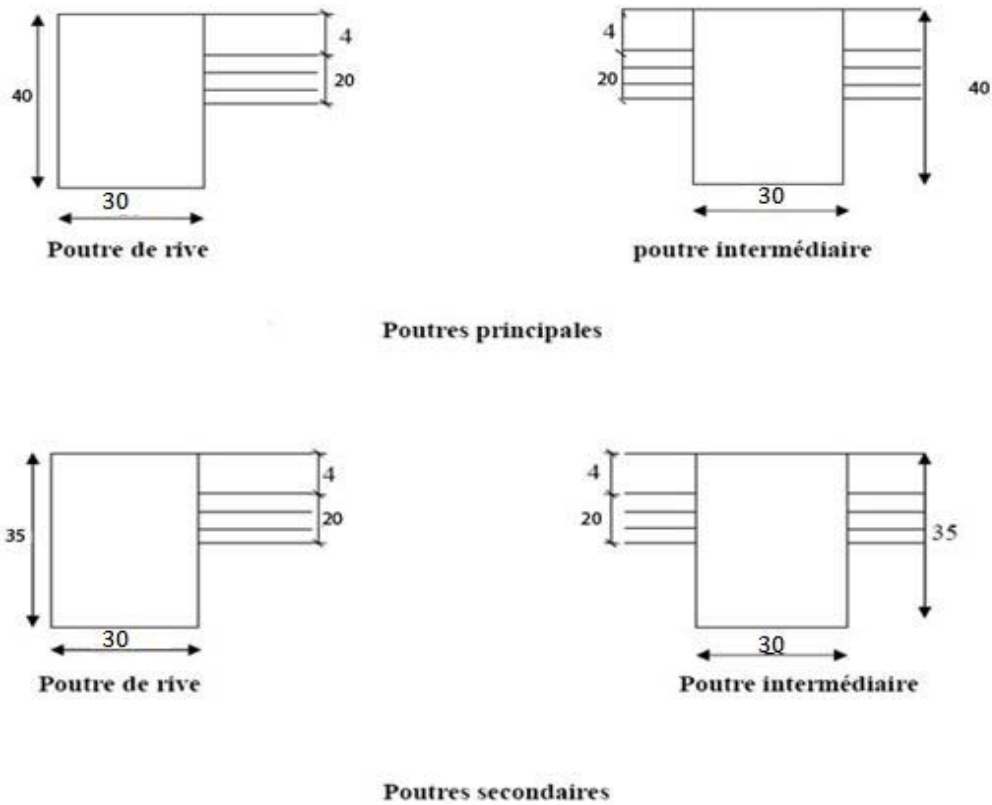


Fig. II.2 : dimensionnement des poutres principales et secondaires.

II.3 : Les poteaux :

Le pré dimensionnement des poteaux se fera à L'ELS pour le poteau le plus sollicité en compression simple, en supposant que seul le béton reprend la totalité des sollicitations.

La section du poteau est obtenue par la formule suivante :

$$S \geq N / \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{ou : } \bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28} = 0.6 \times 25 = 15 \text{MPa}$$

Avec :

S : section du poteau.

N : effort de compression revenant au poteau qui est considéré égal à (G + Q)

$\bar{\sigma}_{bc}$: Contrainte admissible du béton à la compression simple.

Remarque :

L'effort normal « N » sera déterminé à partir de la descente de charge. On aura donc à déterminer d'abord les charges et les surcharges des différents niveaux du bâtiment.

-Evaluation des charges et surcharges :

Pour déterminer les charges permanentes **G** et surcharges d'exploitation **Q** nous allons nous référer au **DTR B.C.2.2**.

- Localisation du poteau le plus sollicité : elle est représentée dans la figure ci-dessous :

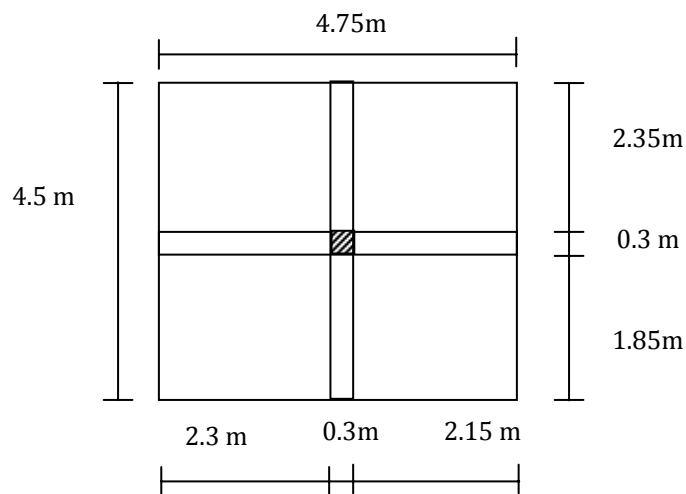


Fig. II.3 : Localisation du poteau le plus sollicité.

1 : Evaluation des charges permanentes :

a- Plancher terrasse (inaccessible) :

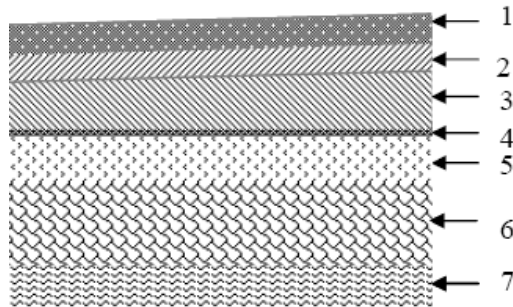


Fig. II.4 : Coupe transversale du plancher terrasse inaccessible

01-Couche de gravier roulé ép. = 5cm	$0,20 \times 5 = 1,00 \text{ KN/m}^2$
02- Etanchéité multicouche ép. = 2cm	$0,06 \times 2 = 0,12 \text{ KN/m}^2$
03-Béton en forme de pente ép. = 7cm	$1,54 \text{ KN/m}^2$
04- Feuilles de polyane	$0,01 \text{ KN/m}^2$
05-Isolation thermique (liège).....	$0,04 \times 5 = 0,2 \text{ KN/m}^2$
06-Plancher à corps creux (20+4).....	$2,80 \text{ KN/m}^2$
07-Enduit de plâtre ep =2cm	$0,1 \times 2 = 0,20 \text{ KN/m}^2$

G = 5,87 KN/m²

b- Planchers d'étages courants (en corps creux) :

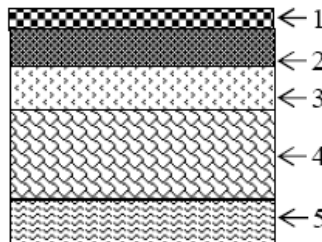


Fig. II.5 : Coupe transversale du plancher d'étage courant

01-Revêtement en carrelage ep = 2cm	$0,2 \times 2 = 0,40 \text{ KN/m}^2$
02- Mortier de pose ep = 2cm	$0,2 \times 2 = 0,40 \text{ KN/m}^2$
03- Couche de sable ep = 2cm.....	$0,22 \times 2 = 0,44 \text{ KN/m}^2$
04- Dalle en corps creux (20+4)cm.....	$2,80 \text{ KN/m}^2$
05- Enduit de plâtre ep = 2cm	$0,1 \times 2 = 0,20 \text{ KN/m}^2$
06-Cloison ep = 10cm.....	$0,1 \times 10 = 1,00 \text{ KN/m}^2$

G = 5,24 KN/m²

c- Dalle pleine:

1- Revêtement en carrelage (ep = 2cm).....	0.2x2= 0,40 KN/m ²
2- Mortier de pose (ep = 2cm).....	0.18x2= 0,36 KN/m ²
3- Couche de sable (ep = 3cm).....	0.12x3= 0,36 KN/m ²
4- Dalle pleine en béton armé (ep = 12cm).....	3,0 KN/m ²
5- Enduit de ciment (ep=2cm).....	0,44 KN/m ²

G=4.56 KN/m²

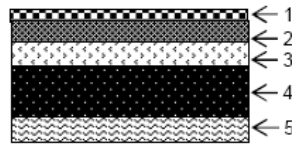


Fig. II.6 : Coupe transversale d'une dalle pleine

d - Les balcons :

Dans notre cas ils sont en dalle pleine.

1- dalle pleine (ep = 12cm).....	0.25x12= 3.00 KN/m ²
2- Revêtement en carrelage (ep =2 cm)	0.2x2= 0.4 KN /m ²
3- Mortier de pose (ep =2cm).....	0.18x2=0.36 KN/m ²
4- Couche de sable (ep = 3cm).....	0.12x3= 0.36 KN /m ²
5- enduit de ciment (ep=2cm).....	0.22x2=0.44 KN /m ²
6- garde corps :	
-maçonnerie en briques creuses (ep=10cm).....	0.9KN/m ²
-enduit de ciment (ep=2cm)	2x 0.18=0.36KN/m ²

G= 5.82 KN/m²

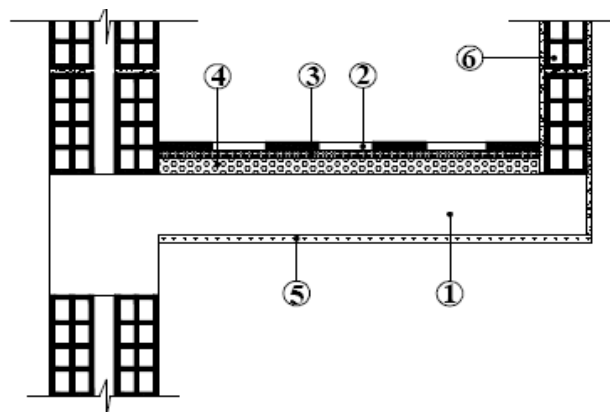


Fig. II.7 : Coupe transversale d'un balcon

e- Murs extérieurs :

01- Mortier de ciment $e_p = 2\text{cm}$	0.36 KN/m ²
02- Briques creuses $e_p = 10\text{cm}$	0.90 KN/m ²
03- lame d'air $e_p = 5\text{cm}$	/
04- Briques creuses $e_p = 10\text{cm}$	0.90 KN/m ²
05- Enduit de plâtre $e_p = 2\text{cm}$	0.2 KN/m ²
	<u>G = 2,36 KN/m²</u>

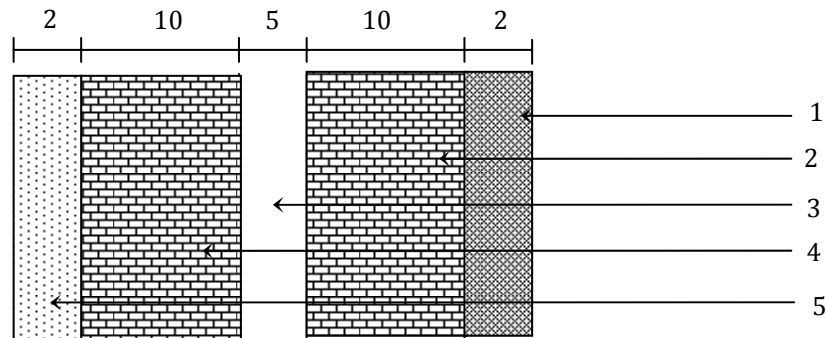


Fig. II.8 : Coupe verticale d'un mur extérieur

f- Murs intérieurs :

01- Enduit de plâtre $e_p = 2\text{cm}$	0.2 KN/m ²
02- Briques creuses $e_p = 10\text{cm}$	0.90 KN/m ²
03-- Enduit de plâtre $e_p = 2\text{cm}$	0.2 KN/m ²
	<u>G = 1.30KN/m²</u>

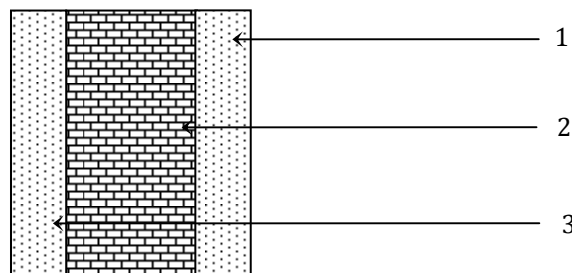


Fig. II.9 : Coupe verticale d'un mur intérieur

2 : Evaluation des charges d'exploitation :

Les charges d'exploitation sont données par le DTR comme suit :

Plancher terrasse.....	Q=1.00 KN/m ²
Planchers courants	Q=1.50 KN/m ²
Plancher étage de service	Q=2.5 KN/m ²
Plancher du rez- de – chaussée (boutiques).....	Q=5.00 KN/m ²
Sous sol (parking).....	Q=2.50 KN/m ²
Balcons.....	Q=3.50 KN/m ²
Escaliers.....	Q=2.50 KN/m ²

3 : Descente de charge :**3.1 : Charges et surcharges revenant au poteau C2 :**

Détermination de l'effort « N » revenant au poteau le plus sollicité.

a- Surface d'influence voir figure (localisation du poteau le plus sollicité) :

$$S = S1 + S2 + S3 + S4 \quad S = (2.3+2.15) \times 1.85 + (2.15+2.3) \times 2.35 = 19.125 \text{ m}^2$$

b- Poids propre des poutres:

- Poutres principales :

$$G_{pp} = (0.25 \times 0.4 \times 4.5) \cdot 25 = 11.25 \text{ KN.}$$

- Poutres secondaires :

$$G_{ps} = (0.25 \times 0.35 \times 4.75) \cdot 25 = 10.39 \text{ KN.}$$

D'où le poids propres des poutres est $G_p = 21.64 \text{ KN}$.

c- Poids propre des planchers :

- Poids du plancher terrasse : $G_t = 5.87 \times 19.125 = 112.26 \text{ KN}$.
- Poids du plancher d'étage courant : $G_e = 5.24 \times 19.125 = 100.215 \text{ KN}$.

d- Poids revenant aux poteaux :

Le poids propre des poteaux sera pris en compte dans le calcul, au fur et à mesure que leurs sections réelles seraient fixées.

e - Charges d'exploitation :

$$S = 4.75 \times 4.50 = 21.375 \text{ m}^2.$$

Plancher terrasse inaccessible : $1.00 \times 21.375 = 21.375 \text{ KN}$

Plancher étage de service : $21.375 \times 2.5 = 53.437 \text{ KN}$

Plancher étage courant (habitation) : $1.5 \times 21.375 = 32.062 \text{ KN}$

Plancher RDC (boutiques) : $5 \times 21.375 = 106.875 \text{ KN}$

Plancher sous sol (parking) : $2.5 \times 21.375 = 53.437 \text{ KN}$

Remarque :

Il faut cependant tenir compte de la dégression des charges d'exploitation qui s'appliquent aux bâtiments à grand nombre de niveaux, où les occupations des divers niveaux peuvent être considérées comme indépendantes. C'est le cas des bâtiments à usage d'habitation ou d'hébergement

3.2 : Loi de dégression des charges :

Soit Q_0 la charge d'exploitation sur la terrasse couvrant le bâtiment. $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ les charges d'exploitation respectives des planchers des étages 1, 2, 3, ..., numérotés à partir du sommet du bâtiment. La loi de dégression des charges est la suivantes :

$$Q_n = Q_0 + \frac{3+n}{2n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

Avec : le coefficient $\frac{3+n}{2n}$ étant valable pour $n \geq 5$

- 9^{ème} Q0
- 8^{ème} Q0 + Q1
- 7^{ème} Q0 + 0.95 (Q1+Q2)
- 6^{ème} Q0 + 0.90 (Q1+Q2 +Q3)
- 5^{ème} Q0 + 0.85 (Q1+Q2 +Q3 +Q4)
- 4^{ème} Q0 + 0.80 (Q1+Q2 +Q3 +Q4+Q5)
- 3^{ème} Q0 + 0.75 (Q1+Q2 +Q3 +Q4+Q5+Q6)
- 2^{ème} Q0 + 0.71 (Q1+Q2 +Q3 +Q4+Q5+Q6 +Q7)
- 1^{er} Q0 + 0.69 (Q1+Q2 +Q3 +Q4+Q5+Q6 +Q7+Q8)

• Tableau II.1: récapitulatif de la descente de charge sur le poteau C₂ :

Niveau	Charges permanentes(KN)					Efforts normaux N (kN)			Section(cm ²)
	Poids Plancher (kN)	Poids Poteaux (kN)	Poids poutres	Poids Total (kN)	G cumulé	Q(KN)	N= Gcumulé+Q	S≥N/ $\bar{\sigma}_{bc}$	Section choisie cm ²
7	112.26	0	21.64	133.900	133.900	21.375	155.27	103.51	25x25
6	100.215	4.781	21.64	126.636	260.536	32.062	313.97	209.31	25x25
5	100.215	4.781	21.64	126.636	387.172	32.062	469.46	312.97	25x25
4	100.215	4.781	21.64	126.636	513.808	32.062	621.75	414.5	25x25
3	100.215	4.781	21.64	126.636	640.444	32.062	770.83	513.88	30 x 30
2	100.215	4.781	21.64	126.636	767.080	32.062	916.70	611.13	30 x 30
1	100.215	5.468	21.64	127.323	894.403	53.437	1076.08	717.38	30x 30
RDC	100.215	6.375	21.64	128.230	1022.633	106.875	1271.65	847.76	40 x 40
SS	100.215	3.906	21.64	125.761	1148.394	53.437	1427.87	951.91	40 x 40

Remarque :

Le calcul relatif aux autres poteaux nous va conduire à des sections transversales inférieures à celles déterminées pour le poteau étudié, mais pour des raison pratique on adopte les mêmes sections pour chaque niveaux.

A fin d’éviter le risque d’éclatement du béton sous l’effet du sur ferrailage et de permettre une meilleure répartition des armatures, on élargit la section des poteaux et on optera pour des sections suivantes :

- * **30 x 30 cm²** pour : le 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} étage .
- * **35x 35 cm²** pour : le 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} étage .
- * **40x40 cm²** Pour : le RDC et sous sol.

3.3 : Vérification des sections des poteaux aux recommandations du RPA :(Art 7.4.1) :

Les dimensions de la section transversale des poteaux doivent satisfaire les conditions Suivantes :

- $\text{Min}(b, h) \geq 25\text{cm}$ en zone **I** et **IIa**
- $\text{Min}(b, h) \geq 30\text{ cm}$ en zone **IIb** et **III**.
- $\text{Min}(b, h) \geq h_e/20$
- $1/4 < b/h < 4$

Dans notre cas on a :

$$1-\text{Min}(b, h) = \text{Min}(30, 30) \geq 25\text{ cm en zone IIa condition vérifiée}$$

$$2 -\text{Min}(b, h) \geq h_e/20$$

✚ **Pour le 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} étage :**

$$b=35\text{cm}$$

$$h_e = 3.06 - \text{ht plancher} = 306 - 24 = 282\text{cm}$$

$$h_e/20 = 282/20 = 14.1 \text{ donc } b=30\text{cm} \geq 14.1\text{cm condition vérifiée.}$$

✚ **Pour le 3^{ème} et le 2^{ème} étage :**

$$b = 35\text{cm} \quad h_e = 282\text{cm}$$

$$h_e/20 = 14.1\text{cm} \quad \text{donc } b=35\text{cm} \geq 14.1\text{cm condition vérifiée}$$

✚ **Pour l'étage de service :**

$$b=35\text{cm}$$

$$h_e = 350 - 24 = 326\text{ cm}$$

$$h_e/20 = 16.3\text{cm} \quad \text{donc } b=35\text{cm} \geq 16.3\text{cm condition vérifiée}$$

✚ **Pour le RDC :**

$$b=40\text{cm}$$

$$h_e = 408 - 24 = 384\text{ cm}$$

$$h_e/20 = 19.2\text{cm} \quad \text{donc } b=40\text{cm} \geq 19.2\text{cm condition vérifiée}$$

✚ **Pour le S.SOL :**

$$b=40\text{cm}$$

$$h_e = 250 - 24 = 226\text{cm}$$

$$h_e/20 = 11.3\text{cm} \quad \text{donc } b=40\text{cm} \geq 11.3\text{cm condition vérifiée}$$

$$3) \quad \frac{1}{4} < \frac{b}{h} < 4$$

Condition vérifiée pour tous les niveaux étant donné qu'on a que des poteaux carrés ($b/h = 1$).

3.4 : Vérification des poteaux au flambement :

Le flambement est un phénomène d'instabilité de forme qui survient dans le cas des éléments élancés soumis à un effort de compression.

Il faut vérifier que l'élancement λ des poteaux : $\lambda = Lf / i \leq 50$.

Avec :

Lf : longueur de flambement ($Lf = 0.7 L_0$).

i : rayon de giration ($i = \sqrt{I/S}$).

L_0 : hauteur libre du poteau

S : section transversal du poteau ($b \times h$).

I : moment d'inertie du poteau ($I_{yy} = hb^3/12$; $I_{xx} = bh^3/12$).

$$\lambda = Lf / \sqrt{I_{yy}/S} = 0.7 L_0 / \sqrt{b^2/12} = 0.7 L_0 \times \sqrt{12} / b$$

On trouve alors pour les :

- Poteaux (30 x 30) cm² : $L_0 = 3.06$ m ↔ $\lambda = 24.73 < 50$ (4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} étage)
- Poteaux (35 x 35) cm² : $L_0 = 3.06$ m ↔ $\lambda = 21.20 < 50$ (3^{ème} et 2^{ème} étage)
- Poteaux (35 x 35) cm² : $L_0 = 3.50$ m ↔ $\lambda = 24.24 < 50$ (1^{er} étage)
- Poteaux (40 x 40) cm² : $L_0 = 4.08$ m ↔ $\lambda = 24.73 < 50$ (RDC)
- Poteaux (40 x 40) cm² : $L_0 = 2.50$ m ↔ $\lambda = 15.15 < 50$ (S SOL)

Conclusion :

La condition de non flambement des poteaux est vérifiée.

II.3 : Les voiles :

Les voiles sont des éléments rigides en béton armé, constitués par une série de murs porteurs pleins ou comportent des ouvertures liés entre eux par des planchers. Ils sont destinés d'une part à reprendre une partie des charges verticales et d'autre part, à assurer la stabilité de l'ouvrage sous l'effet des charges horizontales (séisme, vent).

a- Epaisseur du voile (Art 7.7.1 /RPA 99 version 2003) :

Elle est déterminée en fonction de la hauteur libre de l'étage « h_e » et des conditions de rigidité aux extrémités. Sont considérés comme voiles les éléments satisfaisants à la condition suivante : $L \geq 4 e_p$

Avec : $e_p(a)$: épaisseur du voile, L : portée minimale libre du voile

L'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage le plus élancé (RDC) et des conditions de rigidités aux extrémités avec un minimum de 15 cm.

$$e_p \geq \max \left(\frac{h_e}{25} ; \frac{h_e}{22} ; \frac{h_e}{20} \right) = \frac{h_e}{20}$$

h_e : c'est la hauteur maximal : $408 - 24 = 384$ cm

$$e_p \geq \frac{h_e}{20} = \frac{384}{20} = 19.2 \text{ cm} \text{ on opte pour } e_p = 20 \text{ cm}$$

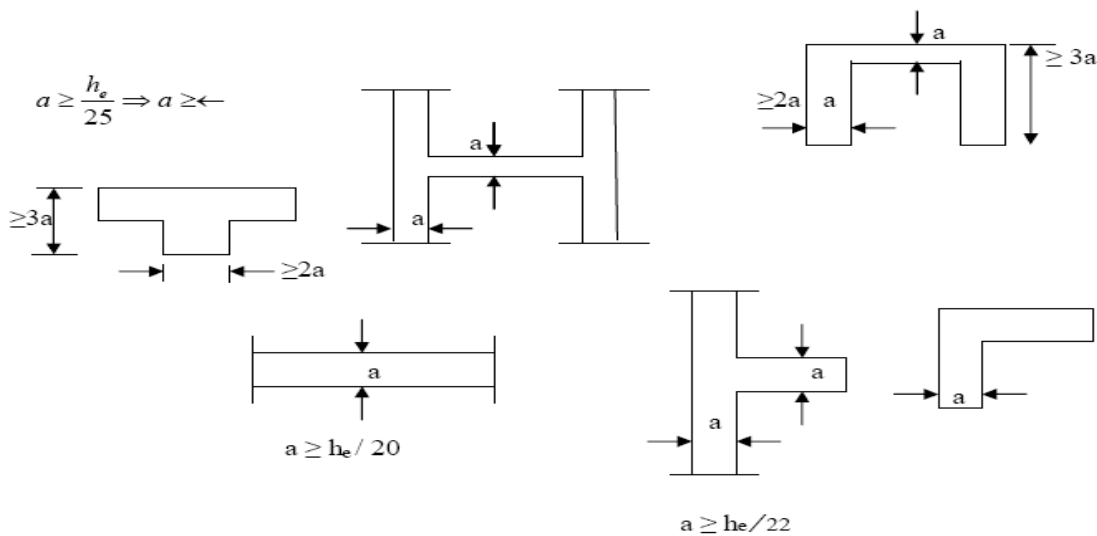


Fig. II.10 : Epaisseur des voiles

b- Vérification des exigences du RPA 99 (Art 7.7.1) :

1-Sont considérés comme voiles de contreventement, en satisfaisant la condition suivante :

$$L_{\min} \geq 4a \text{ pour notre cas } L_{\min} \geq 4(20) = 80 \text{ cm}$$

Avec :

L_{\min} : portée minimale des voiles.

L'ouvrage sera implanté à **TIZI -OUZOU** zone de moyenne sismicité (**IIa**) l'épaisseur minimale exigée est de **15cm**.

$$a = 20 \text{ cm} \geq a_{\min} = 15 \text{ cm.}$$

$$L_{\min} = 165 \text{ cm} \geq 4e_p = 80 \text{ cm} \text{ Conditions vérifiées}$$

Introduction :

Ce chapitre concerne le dimensionnement et le calcul des éléments de la structure qui peuvent être isolément étudiés sous l'effet des seules charges qu'ils leur reviennent. Le calcul se fera conformément aux règles (**BAEL 91 modifiées 99**).

III.1- Calcul des planchers :**III.1.1-Introduction :**

Les planchers de notre projet sont réalisés en corps creux, d'une dalle de compression (20+4) armée d'un quadrillage de nuance **TLE520** reposant sur des poutrelles préfabriquées qui seront disposées suivant le sens de la petite portée.

Le plancher est constitué de :

- Nervures appelées poutrelles de section en T : assurent la fonction de portance, la distance entre axes des poutrelles égale à **65cm**.
- Remplissage en corps creux : utilisé comme coffrage perdu et comme isolant phonique, sa hauteur égale à **20cm**.
- Dalle de compression : son épaisseur est de **4cm**, réalisée en béton et d'un quadrillage d'armatures ayant pour but :
 - limiter le risque de fissuration par retrait.
 - résister aux efforts des charges appliquées sur les surfaces réduites.

III.1.2-Ferrailage de la dalle de compression : [Art B 6.8.423 /BAEL 91 modifié 99]

La dalle de compression est coulée sur place, armée d'un quadrillage de barres (treillis soudés). Les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser :

- 20 cm (5 p.ml) pour les armatures perpendiculaires aux poutrelles.
- 33 cm (3 p.ml) pour les armatures parallèles aux poutrelles.

1) Armatures perpendiculaires aux poutrelles :

$$A_{\perp} = 4.L / f_e = 4 \times 65 / 520 = 0,5 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

L:Distance entre axes des poutrelles (L = 65cm)

$$\text{Nous adapterons : } 5T4 / \text{ml} = 0.63 \text{ cm}^2, e = 100/5 = 20\text{cm}$$

2) Armatures parallèles aux poutrelles :

$$A_{//} = A_{\perp} / 2 = 0.63 / 2 = 0.315 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nous adopterons : } 5T4/\text{ml} = 0.63 \text{ cm}^2, e = 100/5 = 20 \text{ cm}$$

Donc : nous adopterons un treillis soudé de type 5×20×20 cm

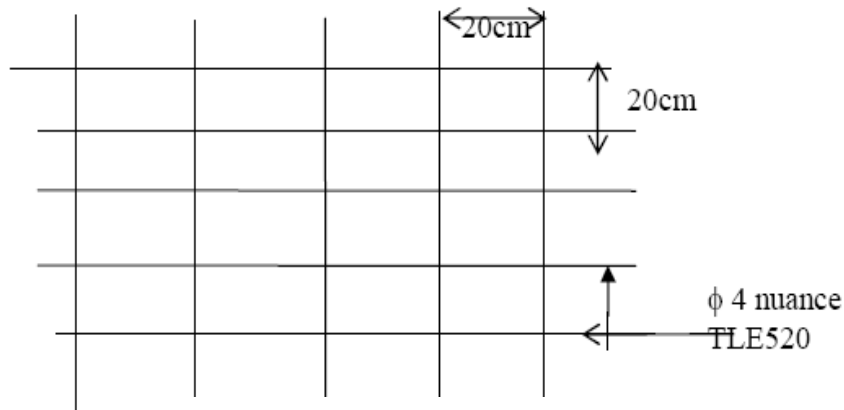


fig III .1 Treillis soudé de 20 x 20

Conclusion :

On adopte pour le ferrailage de la dalle de compression un treillis soudé de nuance **TLE 520** de dimension **(5X 20 X 20) cm**.

III.1.3) Calcul de la poutrelle :

Les poutrelles seront considérées comme des poutres continues sur appuis de section transversale en Té.

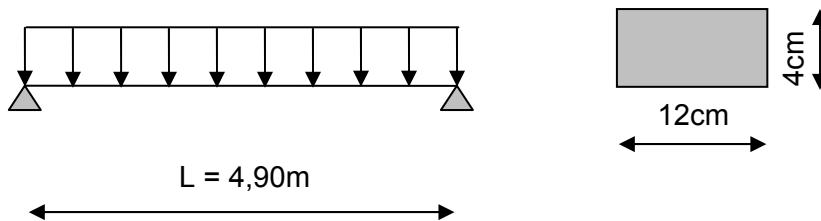


Fig III.2 schéma statique de la poutrelle

o **Dimensionnement de la poutrelle :**

h : hauteur de la poutrelle ($h=20+4=24\text{cm}$).

h_0 : hauteur de la dalle de compression = 4 cm.

b_0 : largeur de la nervure ($b_0=12\text{cm}$)

b_1 : largeur de l'hourdis à prendre en compte de chaque côté de la nervure est limitée à la plus faible des valeurs ci-après :

$$b_1 = \min(L_0/2, L/10, 8h_0)$$

$$b_1 \leq \min(26,5; 49 ; 32) \quad b_1 = 26,5\text{cm}$$

$$b = 2.b_1 + b_0 = 65\text{cm}$$

avec :

L_0 : distance entre deux poutrelles $L_0 = 65 - 12 = 53\text{cm}$

L : longueur de la plus grande travée $L = 490\text{ cm}$.

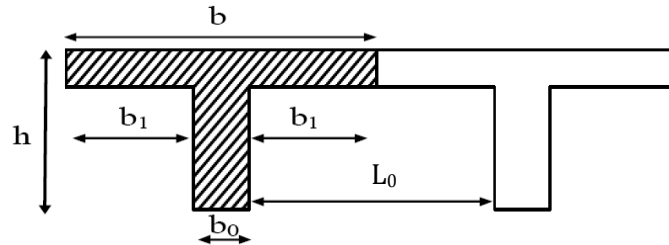


Fig. III.3 : Dimensions de la poutrelle

Remarque :

Dans le calcul de la poutrelle, on s'intéressera au plancher le plus sollicité, c'est à-dire celui qui supporte la plus grande surcharge. Dans notre cas c'est le plancher du RDC à usage commercial. Le calcul se fera en deux étapes :

1^{ère} étape: Avant coulage de la dalle de compression:

La poutrelle sera considérée comme simplement appuyée à ses deux extrémités. Elle doit supporter, en plus de son poids propre, la charge due au poids de l'ouvrier ainsi que le poids du corps creux on obtient alors les poids suivants :

- Poids propre de la poutrelle $G = 0,04 \times 0,12 \times 25 = 0,12 \text{ KN/ml}$.

-Poids du corps creux..... $G = 0,95 \times 0,65 = 0,62 \text{ KN/ml}$.

-Poids de l'ouvrier..... $Q = 1 \text{ KN/m}^2 \times 0,65 = 0,65 \text{ KN/ml}$.

D'où :

$$G = G \text{ poutrelle} + G \text{ corps creux} = 0,12 + 0,62 = 0,74 \text{ KN /ml}$$

$$Q = 0,65 \text{ KN /ml}$$

1. Ferrailage à l'ELU:

- La combinaison de charge à considérer est:

$$q = 1,35 G + 1,5 Q$$

Alors : $q = 1,35 (0,12 + 0,62) + 1,5 (0,65) = 1,974 \text{ KN/ml}$.

-Le moment en travée

$$M_t = q.L^2 / 8 = 1,974 (4,9)^2 / 8 = 5,924 \text{ KN.m}$$

-L'effort tranchant:

$$T = q.L / 2 = 1,974 \times 4,90 / 2 = 4,836 \text{ KN}.$$

2. Calcul des armatures:

Soit : l'enrobage $c = 2\text{cm}$. Hauteur utile : $d = h - c$ alors $d = 4 - 2 = 2\text{cm}$

$$\mu b = \frac{M t}{b_0 d^2 f_{bc}} \quad \text{avec} \quad f_{bc} = 0.85 \times f_{c28} / \theta \cdot \gamma_b$$

$$= 0.85 \times 25 / 1 \times 1.5$$

$$= 14.2 \text{ MPa}$$

$$\mu b = \frac{5.924 \times 1000 \times 1000}{12.10 \times (2 \times 10)^2 \times 14.2} = 8.691 > \mu_r = 0.392 \Rightarrow \text{S.D.A.}$$

Conclusion :

Vu la faible hauteur de la poutrelle (4cm) , il est impossible de disposer deux nappes d'armatures . Par conséquent, il est nécessaire de prévoir un étiage pour soulager la poutrelle et pour mieux supporter les charges avant le coulage de la dalle de compression soit l'espacement entre étais de 80 à 190 cm .

2^{ème} étape : Après coulage de la dalle de compression:

La poutrelle sera soumise dans ce cas au :

- Poids propre du plancher :

$$G = 5.24 \times 0.65 = 3.406 \text{ KN/ml}$$

- Surcharge d'exploitation :

$$Q = 5 \times 0.65 = 3.250 \text{ KN/ml}$$

La combinaison de charges est:

$$\text{N ELU : } q_u = 1,35 G + 1,5 Q$$

$$q_u = (1,35 \times 3.406) + (1,5 \times 3.250) = 9.473 \text{ KN/ml}$$

$$\text{N ELS : } q_s = (G + Q) = (3.406 + 3.250) = 6.656 \text{ KN/ml}$$

➤ Choix de la méthode de calcul :

Les efforts internes sont déterminés selon le type de planchers à l'aide des méthodes usuelles suivantes :

- Méthode forfaitaire,
- Méthode de Caquot,
- Méthode des trois moments.

✚ Méthode forfaitaire :

Charges revenant à la poutrelle :

$$G = 3.406 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 3.250 \text{ KN/ml}$$

$$q_u = 9.473 \text{ KN /ml}$$

$$q_s = 6.656 \text{ KN/ml}$$

✚ Vérification des conditions d'application de la méthode :

✓ **Hypothèse 1:** $Q \leq \min(2G, 5 \text{ KN/m}^2)$

On a: $Q = 3.250 \text{ KN/ml} \leq \min(2G = 2 \times 3.406 = 6.812 \text{ KN/m}^2 ; 5 \text{ KN/m}^2)$
 donc : $Q = 3.25 \text{ KN/ml} \leq 5 \text{ KN/m}^2$
 → **Condition vérifiée.**

✓ **Hypothèse 2:** les moments d'inertie des sections transversales sont les mêmes dans les différentes travées en continuité.
 → **Condition vérifiée.**

✓ **Hypothèse 3:** les portées libres successives sont dans un rapport compris entre 0.8 et 1,25 :

C. a. d : $0.8 \leq L_i / L_{i+1} \leq 1.25$

$$\frac{L_i}{L_{i+1}} = \frac{3.00}{4.90} = 0.612 \quad \rightarrow \text{condition non vérifiée.}$$

✓ **Hypothèse 4:** la fissuration est non préjudiciable (non exposé)

→ **Condition vérifiée.**

Conclusion :

L'hypothèse **H3** n'est pas vérifiée donc la méthode forfaitaire est non applicable pour notre cas donc on opte pour une autre méthode.

🚧 **Méthode des trois moments.**

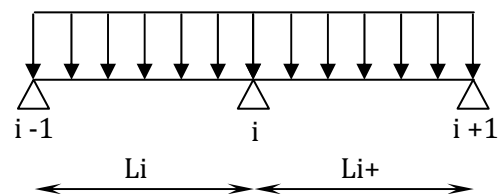
a. Exposition de la méthode des trois moments :

▪ Moment aux appuis :

$$M_{i-1} \frac{L_i}{I_{i-1}} + 2M_i \left(\frac{L_i}{I_i} + \frac{L_{i+1}}{I_{i+1}} \right) + M_{i+1} \frac{L_{i+1}}{I_{i+1}} = -6E(W_i^g + W_i^d)$$

Avec : $W_i^g = Q_i \frac{L_i^3}{24EI_i}$

$$W_i^d = Q_{i+1} \frac{L_{i+1}^3}{24EI_{i+1}}$$



W_i^g , W_i^d respectivement les rotations à gauche et à droite de l'appui i

M_{i-1} , M_i , M_{i+1} : sont les moments aux appuis i-1 , i , i+1 respectivement .

• Equation simplifiée :

$$M_{(i-1)} L_i + 2 M_i (L_i + L_{i+1}) + M_{(i+1)} L_{i+1} = -\frac{q_i L_i^3}{4} - \frac{q_{i+1} L_{i+1}^3}{4}$$

▪ **Moment en travées :**

$$M(X_i) = \mu(X_i) + M_i + \frac{M_{i+1} - M_i}{L_i} X \rightarrow \text{Moment à l'abscisse X de la travée (i+1)}$$

$$\mu(X_i) = q \cdot \frac{L_i}{2} \cdot X - q \cdot \frac{X^2}{2}$$

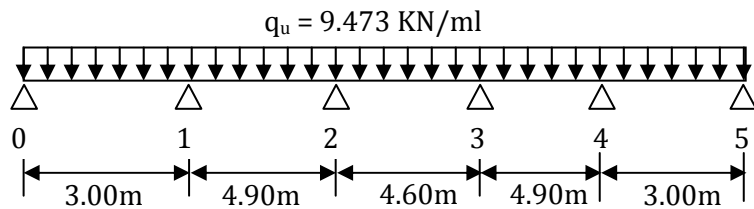
M(X) prend la valeur maximale quand T(X) = 0 c'est-à-dire

$$X_i = \frac{L_i}{2} + \frac{M_{i+1} - M_i}{q \cdot L_i}$$

▪ **Efforts tranchant :**

$$T(X) = \frac{d M(X)}{dX} = \frac{q \cdot L_i}{2} - q \cdot X + \frac{M_{i+1} - M_i}{L_i}$$

b. Calcul à L'ELU :



❖ **Calcul des efforts :**

▪ **Moments aux appuis :** la méthode des tris moments nous donne le système d'équation suivant:

- Pour i=0

$$6M_0 + 3M_1 = -63.943$$

- Pour i=1

$$3M_0 + 15.8M_1 + 4.9M_2 = -342.565$$

- Pour i=2

$$4.9M_1 + 19M_2 + 4.6M_3 = -509.138$$

- Pour $i=3$

$$4.6M_2 + 4.9M_4 + 19M_3 = -509.138$$

- Pour $i=4$

$$4.9M_3 + 15.8M_4 + 3M_5 = -342.565$$

- Pour $i=5$

$$3M_4 + 6M_5 = -63.943$$

✓ **La résolution du système nous donne en [KN m] :**

$$M_0 = -2,944 ; M_1 = -15.425 ; M_2 = -18.37 ; M_3 = -18.37$$

$$M_4 = -15.425 ; M_5 = -2.944$$

❖ **Calcul des moments :**

Les moments en travées seront calculés par la formule suivante :

$$M(X_i) = \mu(X_i) + M_i + \frac{M_{i+1} - M_i}{L_i} X \rightarrow \text{Moment à l'abscisse X.}$$

$$\mu(X_i) = q \cdot \frac{L_i}{2} \cdot X - q \cdot \frac{X^2}{2}$$

✓ **Calcul de la distance x_i :**

$$X_i = \frac{L_i}{2} + \frac{M_{i+1} - M_i}{q \cdot L_i}$$

- Travée 0-1 : $X_0 = 3/2 + (-15.425 + 2.944)/9.473 \times 3 = 1.06 \text{ m}$
- Travée 1-2 : $X_1 = 4.9/2 + (15.425 - 18.37)/9.473 \times 4.9 = 2.39 \text{ m}$
- Travée 2-3 : $X_2 = 4.6/2 + (18.37 - 18.37)/9.473 \times 4.6 = 2.30 \text{ m}$
- Travée 3-4 : $X_3 = 4.9/2 + (18.37 - 15.425)/9.473 \times 4.9 = 2,51 \text{ m}$
- Travée 4-5 : $X_4 = 3/2 + (15.425 - 2.944)/9.473 \times 3 = 1.93 \text{ m}$



✓ **Calcul de $\mu(x)$:**

- Travée 0-1 : $\mu(X) = 9.74$ \leftrightarrow $M_{t0} = 2.386$ KN.m
- Travée 1-2: $\mu(X) = 28.41$ \leftrightarrow $M_{t1} = 11.54$ KN.m
- Travée 2-3: $\mu(X) = 25.06$ \leftrightarrow $M_{t2} = 6.69$ KN.m
- Travée 3-4 : $\mu(X) = 28.41$ \leftrightarrow $M_{t3} = 11.54$ KN.m
- Travée 3-4 : $\mu(X) = 9.74$ \leftrightarrow $M_{t4} = 2.386$ KN.m

NB : Vu que la méthode des trois moments surestime les moments aux appuis et sous estime les moments en travées, on diminue les moments aux appuis de **1/3** et par conséquent on majore les moments en travées toujours de **1/3** ; ainsi on aura :

➤ **Au appuis :**

- $M_0 = -1.96$ KN.N
- $M_1 = -10.27$ KN.N
- $M_2 = -12.23$ KN.m
- $M_3 = -12.23$ KN.m
- $M_4 = -12.27$ KN.m
- $M_5 = -1.96$ KN.m

➤ **En travées :**

- $M_{t(0-1)} = 3.18$ KN.m
- $M_{t(1-2)} = 15.38$ KN.m
- $M_{t(2-3)} = 8.92$ KN.m:
- $M_{t(3-4)} = 15.38$ KN.m
- $M_{t(4-5)} = 3.18$ KN.m

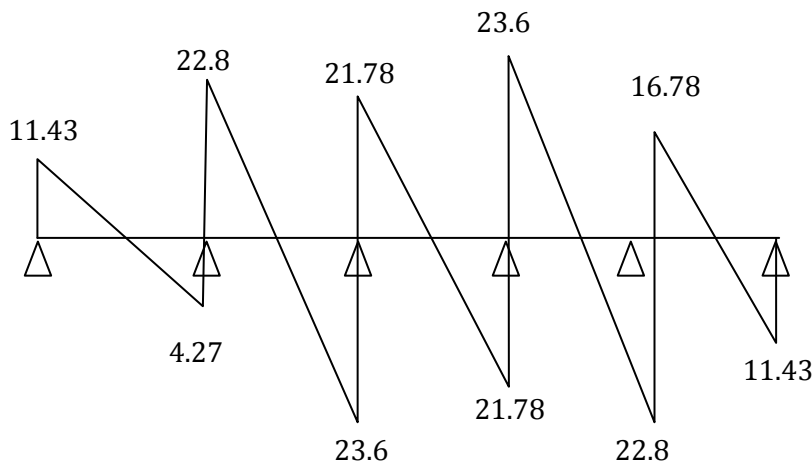
❖ **efforts tranchants :**

$$T(X) = \frac{dM(X)}{dX} = \frac{q \cdot L_i}{2} - q \cdot X + \frac{M_{i+1} - M_i}{L_i}$$

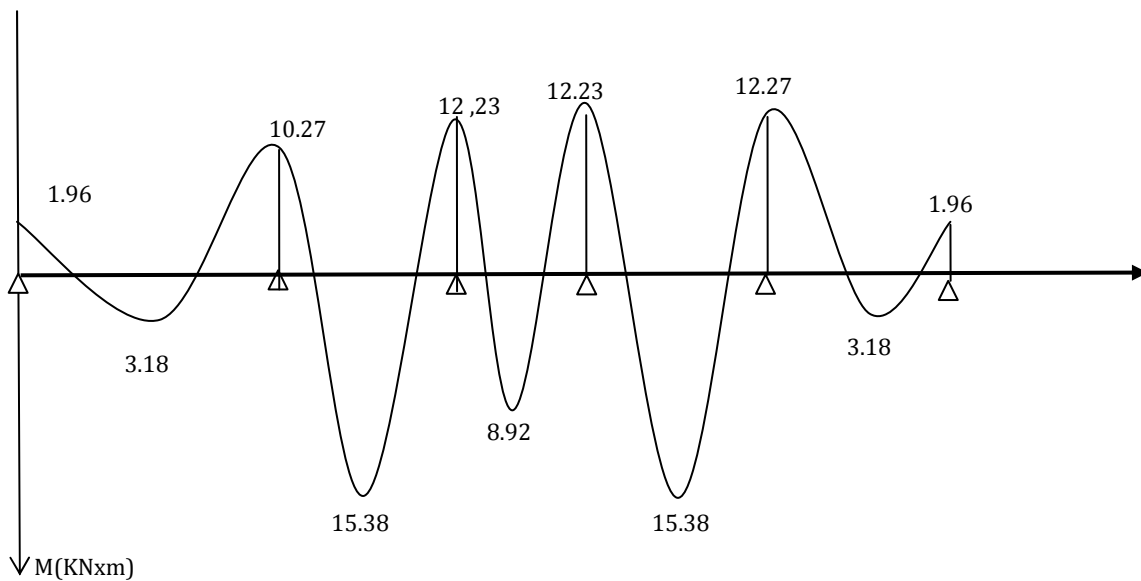
- Travée 0-1 : $T(0) = 11.43$ KN

- $T(3) = -4.27 \text{ KN}$
- Travée 1-2 : $T(0) = 22.8 \text{ KN}$
 $T(4.9) = -23.60 \text{ KN}$
- Travée 2-3 : $T(0) = 21.78 \text{ KN}$
 $T(4,6) = -21.78 \text{ KN}$
- Travée 3-4 : $T(0) = 23.60 \text{ KN}$
 $T(4,9) = -22.80 \text{ KN}$
- Travée 4-5 : $T(0) = 16.98 \text{ KN}$
 $T(3) = -11.43 \text{ K}$

- Fig III.4 : Diagramme des efforts tranchants à ELU(KN):



- Fig III.5 : Diagramme des moments fléchissant à ELU en [KN m]:



C) Ferrailage:

Le ferrailage se fera à l'ELU avec les moments **Max** en **travées** et sur **appuis**.

1-Armatures longitudinales :

- **En travée :**

Le moment équilibré par la table de compression est:

$$M_0 = f_{bc} \cdot b \cdot h_0 (d - 0,5 h_0)$$

$$= 14,2 \times 10^3 \times 0,65 \times 0,04 [0,22 - (0,5 \times 0,04)]$$

$$M_0 = 73.84 \text{ KN.m.}$$

$$M_{t \max} < M_0 \Rightarrow \text{l'axe neutre tombe dans la table de compression.}$$

Donc, nous aurons à calculer une section rectangulaire de section (**b x h**).

$$\mu_b = M_t / b d^2 f_{bc}$$

$$= 15.38 \cdot 10^6 / (650 \times 220^2 \times 14,2) = 0.034$$

$$\mu_b = 0,034 \Rightarrow \beta = 0,983.$$

$$A_t = M_t / (\beta d f_e / \gamma_s)$$

$$= 15.38 \cdot 10^6 / (0,983 \times 220 \times 348) \Rightarrow A_t = 2.04 \text{ cm}^2$$

Nous adopterons 3HA12 = 3,39cm²

- **Sur appuis:** Puisque le béton tendu est négligé, on fait le calcul pour une section rectangulaire (b₀×h)

$$\mu_b = M_a / b_0 d^2 f_{bc}$$

$$= 12.23 \cdot 10^6 / (120 \times 220^2 \times 14,2) = 0.148$$

$$\mu_r = 0,02 \Rightarrow \beta = 0,919.$$

$$A_a = M_a / (\beta d f_e / \gamma_s) = 12.23 \cdot 10^6 / (0,919 \times 220 \times 348) \Rightarrow A_a = 1.59 \text{ cm}^2$$

Nous adopterons 2 HA12 = 2.26 cm²

2- Armatures transversales :

Le diamètre minimal des armatures transversales est donné par :

$$\phi_t \leq \min \left\{ \frac{h}{35} ; \frac{b_0}{10} ; \theta_\ell^{\max} \right\} = \min \left\{ \frac{24}{35} ; \frac{12}{10} ; 1.2 \right\} = 0,68 \text{ cm}$$

θ_{ℓ}^{\max} : Diamètre maximal des armatures longitudinales

On choisi un cadre Ø8 avec $A_t = 2HA8 = 1,00 \text{ cm}^2$

3- L'espace entre cadre :

$$S_t \leq \min(0,9d ; 40 \text{ cm}) = \min(0,9 \times 22 ; 40 \text{ cm}) = 19,8 \text{ cm}$$

Soit un espacement $S_t = 19 \text{ cm}$

-La section d'armatures transversales doit vérifier la condition suivante:

$$A_t \cdot f_e / b_0 \cdot S_t \geq 0,4 \text{ Mpa.}$$

$$A_t \cdot f_e / b_0 \cdot S_t = 1 \times 100 \times 400 / 120 \times 190 = 1,75 \text{ Mpa} > 0,4 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

Remarque:

Le premier plan d'armatures transversales est placé à une distance de l'appui égal à :

$$S_t / 2 = 9,5 \text{ cm.}$$

4) Vérification à L'ELU:

➤ **Condition de non fragilité:**

-Sur appuis:

$$A_{\min} = 0,23 b_0 d f_{t28} / f_e = 0,23 \times 12 \times 22 \times 2,1 / 400 = 0,320 \text{ cm}^2$$

$$A_a = 2,26 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

-En travée:

$$A_t = 4,62 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

➤ **vérification de l'effort tranchant (Art. A.5, 1.1 / BAEL 91):**

$$\tau_u = V_u / (b_0 \cdot d) = 23,6 \times 1000 / (120 \times 220) = 0,890 \text{ Mpa.}$$

$$\overline{\tau}_u = \min(0,2 f_{c28} / \gamma_b, 5 \text{ Mpa}) = 3,33 \text{ Mpa.}$$

$$\tau_u < \overline{\tau}_u \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

➤ **Vérification de la contrainte d'adhérence:**

$$\tau_{se} < \overline{\tau}_{se} = \Psi f_{t28} = 1,5 \times 2,1 = 3,15 \text{ Mpa.}$$

$$\tau_{se} = V_u / 0,9 d \sum u_i$$

avec $\sum u_i$: somme des périmètres utiles des armatures.

$$\tau_{se} = 23.6 \times 1000 / 0.9 \times 220 \times 75.3 = 1.58 \text{ Mpa} < \overline{\tau}_{se} \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

➤ **Ancrage des barres:**

$$\tau_s = 0.6 \Psi^2 f_{t28} = 0.6 \times 1.5^2 \times 2.1 = 2.835 \text{ Mpa.}$$

-La longueur de scellement droit: $L_s = \Phi f_e / 4 \tau_s = 1.2 \times 400 / 4 \times 2.835 = 42.33 \text{ cm.}$

-La longueur d'ancrage mesurée hors crochets: $L_c = 0.4 L_s = 0.4 \times 42.33 = 16.93 \text{ cm.}$

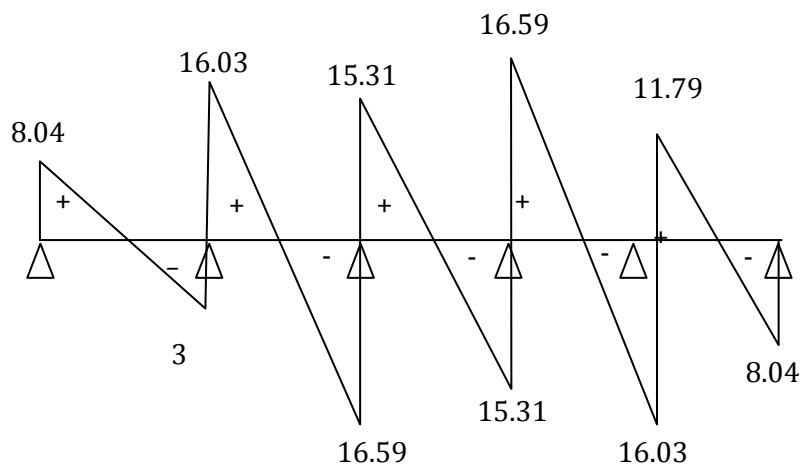
5) Vérification à L'ELS: La combinaison de charges est:

$$q_s = G + Q$$

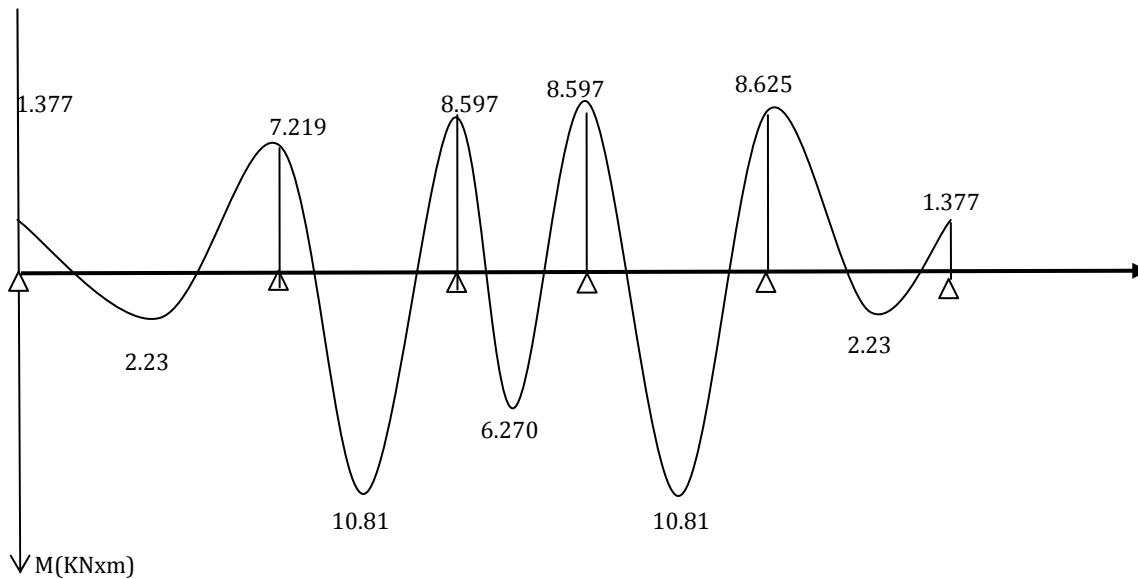
$$q_s = 3.406 + 3.25 = 6.656 \text{ KN/ml.}$$

Lorsque la charge est la même sur toute la travée il suffit de multiplier les résultats de calculs à l'ELU par le coefficient $q_s / q_u = 6.656 / 9.473 = 0.703$.

- **Fig III.6 : Diagramme de l'effort tranchant à l'ELS :**



- Fig III.7 : Diagramme des moments fléchissant à l'ELS



❖ Vérification de la résistance à la compression du béton :

- Aux appuis:

$$\rho_1 = \frac{100 \times A}{b_0 \times d} = \frac{100 \times 2.26}{12 \times 22} = 0.85 \Rightarrow \begin{cases} \beta_1 = 0,869 \\ K = 0.043 \end{cases}$$

- La contrainte dans les aciers est :

$$\sigma_s = \frac{M_a^{sh}}{\beta_1 \times d \times A}$$

Avec $M_a^{sh} = 12,91 \text{ KN.m}$

$$\sigma_s = \frac{12.91 \times 10^6}{0,869 \times 220 \times 226} = 298.8 \text{ MPa}$$

- La contrainte dans le béton :

On doit vérifier que : $\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = 0,043 \times 298,8 = 12.84 \text{ MPa}$$

$\sigma_{bc} = 12.84 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa}$ Condition vérifiée

- En travée :

$$\rho_1 = \frac{100 \times A}{b \times d} = \frac{100 \times 3,39}{65 \times 22} = 0.237 \Rightarrow \begin{cases} \beta_1 = 0,911 \\ K = 0,024 \end{cases}$$

- La contrainte dans les aciers est :

$$\sigma_s = \frac{M_t^s}{\beta_1 \times d \times A}$$

Avec : $M_t^s = 10.81 \text{ KN.m}$

$$\sigma_s = \frac{10.81 \times 10^6}{0,911 \times 220 \times 339} = 159.105 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = 0,024 \times 159,105 = 3.81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 3.81 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{Condition vérifiée.}$$

❖ **Etat limite d'ouverture des fissures :**

Nous avons une fissuration peu préjudiciable donc aucune vérification n'est nécessaire

❖ **Verification de la flèche :**

Il n'est pas nécessaire de procéder à la vérification de la flèche si :

1) $\frac{h}{\ell} > \frac{1}{16}$

2) $\frac{h}{\ell} > \frac{1}{10} \times \frac{M_t^s}{M_0}$

3) $\frac{A}{b_0 \times d} < \frac{4,2}{f_e}$

Nous avons: $\frac{h}{\ell} = \frac{24}{490} = 0,048 < \frac{1}{16}$

✓ Donc la première condition n'est pas vérifiée, le calcul de la flèche est obligatoire.

❖ **Calcul de la flèche :**

$$f = \frac{M_t^s \times L^2}{10 \times E_v \times I_{fv}} \leq \bar{f} = \frac{L}{500}$$

\bar{f} : La flèche admissible

E_v : Module de déformation différée ($E_v = 10818,865 \text{ Mpa}$)

I_{fv} : Inertie fictive de la section pour les charges de longue durée

$$I_{fv} = \frac{1,1 \times I_0}{1 + \mu \times \lambda_v}$$

I_0 : Moment d'inertie totale de la section homogène

$$\mu = \max\left(1 - \frac{1,75 \times f_{t28}}{4 \times \rho \times \sigma_s + f_{t28}} ; 0\right)$$

$$\lambda_v = \frac{0,02 \times f_{t28}}{\left(2 + \frac{3 \times b_0}{b}\right) \times \rho}$$

Avec :

ρ : Le rapport des aciers tendus à celui de la section utile de la nervure.

❖ **Calcul des paramètres :**

$$\begin{aligned} S_{xx'} &= b_0 \times h \times \frac{h}{2} + (b - b_0) \times h_0 \times \frac{h_0}{2} + (15 \times A_t \times d) \\ &= 12 \times 24 \times \frac{24}{2} + (65 - 12) \times 4 \times \frac{4}{2} + (15 \times 4.62 \times 22) \end{aligned}$$

$$S_{xx'} = 5404.4 \text{ cm}^3$$

$$B_0 = (b_0 \times h) + (b - b_0) \times h_0 + (15 \times A_t)$$

$$B_0 = (12 \times 24) + (65 - 12) \times 4 + (15 \times 4.62) = 569.3 \text{ cm}^2$$

$$y_1 = \frac{5404.4}{569.3} = 9.5 \text{ cm}$$

$$y_2 = h - y_1 = 24 - 9.5 = 14.5 \text{ cm}$$

$$I_0 = \frac{b_0}{3} \times (y_1^3 + y_2^3) + (b - b_0) \times \frac{h_0^3}{12} + (b - b_0) \times h_0 \times \left(y_1 - \frac{h_0}{2}\right)^2 + 15 \times A_t \times (y_2 - c)^2$$

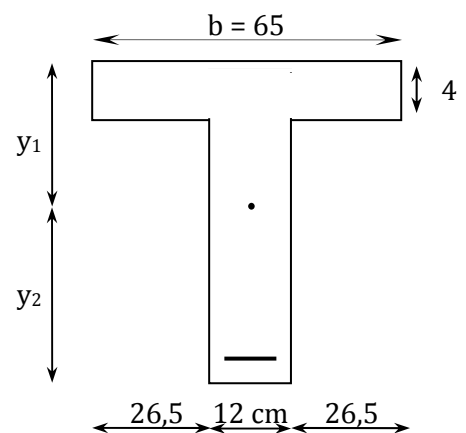
$$I_0 = \frac{12}{3} \times (9.5^3 + 14.5^3) + (65 - 12) \times \frac{4^3}{12} + (65 - 12) \times 4 \times \left(9.5 - \frac{4}{2}\right)^2 + 15 \times 4.62 \times (14.5 - 2)^2$$

$$I_0 = 38659.8 \text{ cm}^4$$

$$\rho = \frac{A_t}{b_0 \times d} = \frac{4.62}{12 \times 22} = 0,018 \quad \beta_1 = 0,9765 \quad k = 0,0050$$

$$\sigma_s = \frac{M_t^s}{\beta_1 \times d \times A} = \frac{10.81 \times 10^6}{0,9765 \times 220 \times 471} = 106.83 \text{ MPa}$$

La contrainte dans les aciers tendus est $\sigma_s = 106.83 \text{ MPa}$



❖ Calcul des coefficients :

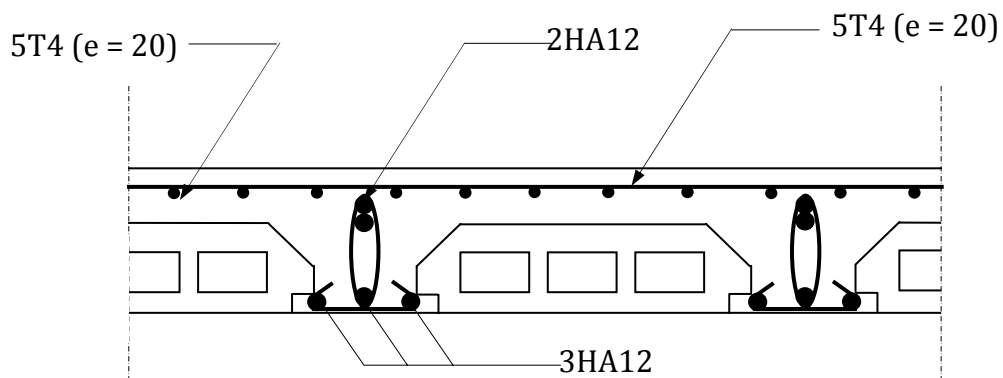
$$\mu = \max\left(1 - \frac{1,75 \times 2,1}{4 \times 0,018 \times 106,83 + 2,1} ; 0\right) = 0,375$$

$$\lambda_y = \frac{0,02 \times 2,1}{\left(2 + \frac{3 \times 12}{65}\right) \times 0,018} = 0,91$$

$$I_{iv} = \frac{1,1 \times 38659,8}{1 + (0,375 \times 0,91)} = 31706,07 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{M_t^s \times L^2}{10 \times E_v \times I_{iv}} = \frac{10,81 \times 10^6 \times (4900)^2}{10 \times 10818,865 \times 31706,07 \times 10^4} = 7,5 \text{ mm}$$

$$\bar{f} = \frac{L}{500} = \frac{4900}{500} = 9,8 \text{ mm} \Rightarrow f < \bar{f} \quad \text{Alors la flèche est vérifiée}$$



- Fig III.8 : Plan de ferrailage du plancher

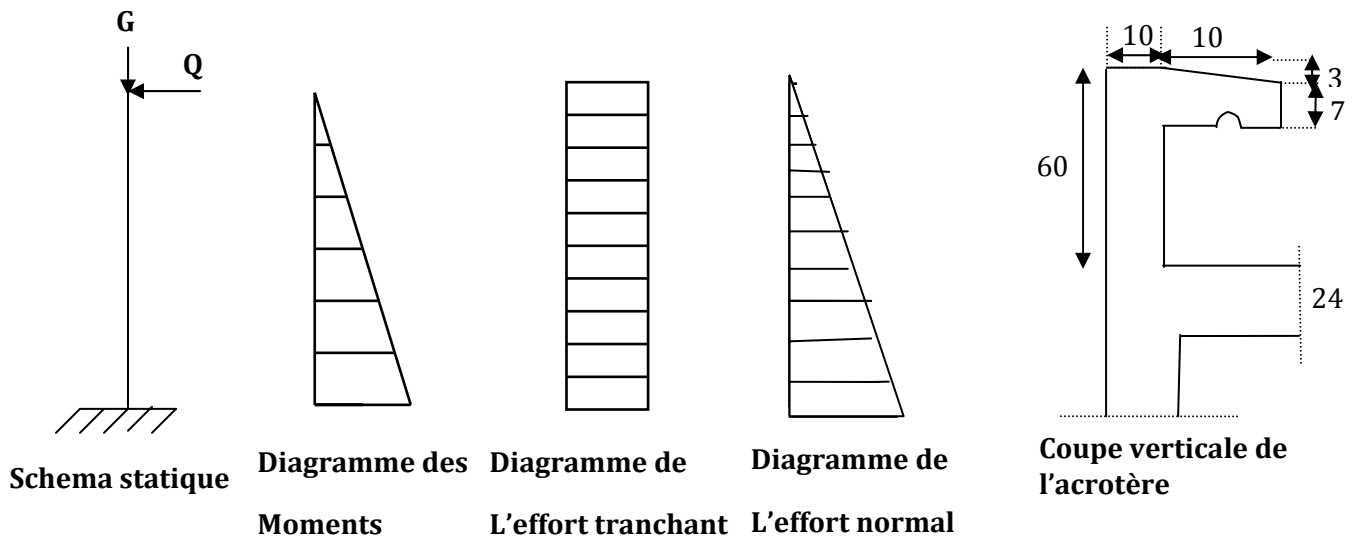
III-2- l'acrotère

L'acrotère est un élément destiné à assurer la sécurité totale au niveau de la terrasse, dont elle forme un écran pour toute chute et de plus, il participe dans la mise hors eau de la structure.

Il est assimilé à une console encastrée au niveau du plancher terrasse ; son ferrailage se calcule sous l'effet d'un effort normal dû à son poids propre **G** et la poussée **Q** due à la main courante provoquant ainsi un moment de renversement **M** dans la section d'encastrement (section dangereuse).

L'acrotère est exposé aux intempéries, donc les fissurations sont préjudiciables et le calcul se fera à L'ELU et à L'ELS pour une bande de 1m de largeur.

III-2-1- Schema statique (Fig III.9):



- Dimension de l'acrotère
 - Largeur: 100 cm.
 - Hauteur: 60 cm.
 - Epaisseur: 10cm.

III-2-2- Determination des sollicitations:

Les efforts sollicitant l'acrotère sont déterminés pour une bande de 1m

- Poids propre **G** :

$$G = \rho_{\text{béton}} \times S = 25 ((0.1 \times 0.6) + (0.1 \times 0.07) + \frac{0.03 \times 0.1}{2}) = 1.713 \text{ KN/ml}$$

- Surcharge due à la main courante :

$$Q = 1 \text{ KN/ml}$$

a- Effort normal N :

$$\Rightarrow N = G \cdot 1m = 1.713 \text{ KN/ml}$$

b- Moment de flexion dû à la charge Q :

$$M = Q \cdot H \cdot 1m = 1 \times 1 \times 0.6 = 0.6 \text{ KN m}$$

C- Effort tranchant:

$$T = Q \times 1ml = 1\text{KN}$$

- **Combinaison des efforts :**
 - **à l'état limite ultime ELU :**
- effort normal de compression :

$$Nu = 1,35G = 1,35 \cdot 1.713 = 2.313 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow Nu = 2.313 \text{ KN}$$
- moment de flexion :

$$\Rightarrow Mu = 1,5 \cdot M_Q = 1,5 \cdot 0.6 = 0.9 \text{ KN m}$$
 - **à l'état limite de service ELS :**
- effort normal de compression :

$$Ns = G = 1.713 \text{ KN}$$
- moment de flexion :

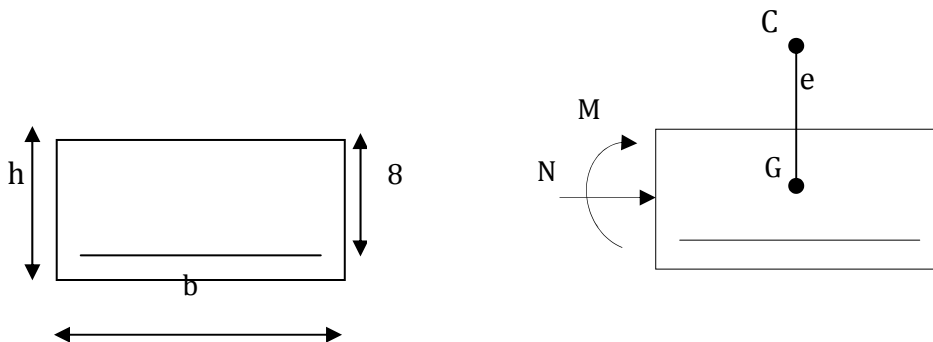
$$Ms = M_Q = 0.6 \text{ KN m}$$

III-2-3- Ferrailage de l'acrotère

Le ferrailage de l'acrotère sera déterminé en flexion composée et sera donné par mètre linéaire ; pour le calcul, on considère une section rectangulaire de section

$(b \times h) = (100 \times 10) \text{ cm}^2$ soumise à la flexion composée avec :

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 10 \text{ cm} \quad d = 7 \text{ cm} \quad c = c' = 3 \text{ cm}$$



a- Calcul à l'ELU

✚ **calcul du centre de pression :**

$$e_u = \frac{M_u}{N_u} = \frac{0.9}{2.313} = 0,389 \text{ m}$$

$$\text{on a : } \frac{h}{2} - c = \frac{0,1}{2} - 0,03 = 0,02 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_u = 0,389 > \frac{h}{2} - c$$

Le centre de pression se trouve à l'extérieur de la section, et puisque N_u est un effort de compression, donc la section est partiellement comprimée. Elle sera calculée en flexion simple sous l'effet d'un moment fictif M_f .

✚ **Calcul du moment fictif :**

$$M_f = N_u \left(\frac{h}{2} - c \right) + M_u$$

$$M_f = 2.313 \left(\frac{0,1}{2} - 0,03 \right) + 0.9 = 0.946 \text{ KN m}$$

M_f : moment fictif par rapport au centre de gravité des armatures tendues.

b- Calcul des armatures

✚ **en flexion simple :**

$$\mu_b = \frac{M_f}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} \quad \text{avec} \quad f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b \theta} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5 \cdot 1} = 14,2 \text{ [MPa]}$$

$$\mu_b = \frac{0.946}{1000(70)^2 \cdot 14,2} = 0,0136$$

$$\mu_b = 0,0136 < \mu_R = 0,392 \rightarrow \text{la section est simplement armée}$$

$$\mu_b = 0,0136 \Rightarrow \beta = 0,9935$$

- **Donc les armatures fictives sont :**

$$A_f = \frac{M_f}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{0.946 \times 10^6}{0,9935 \cdot 70 \cdot \frac{400}{1,15}} = 39.088 \text{ mm}^2 = 0.391 \text{ cm}^2$$

$A_f = 0,391 \text{ cm}^2$ avec $A_{sc} = 0$ (pas d'armatures comprimées).

✚ en flexion composée (armatures réelles) :

$$A = A_f - \frac{N_u}{100 \cdot \sigma_s}$$

$$A = 0,391 - \frac{39.088 \times 10^3}{\frac{400}{1,15}} = 32.44 \text{ mm}^2 = 0.324 \text{ cm}^2$$

$A = 0,324 \text{ cm}^2$ $A' = 0$ (pas d'armatures comprimées).

c- Verification à L'ELU:

✚ Vérification de la condition de non fragilité :(Art A.4.2,1/BAEL91) :

$$f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 0.6 + 0.06 \cdot 25 = 2.1 \text{ Mpa}$$

$$A_{\min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_c} \cdot \frac{e_s - 0,45d}{e_s - 0,185 \cdot d} \text{ avec } e_s = \frac{M_s}{N_s} = \frac{0.6}{1.713}$$

$$e_s = 0,350 \text{ m}$$

$$A_{\min} = 0,23 \cdot 100 \cdot 7 \cdot \frac{2,1}{400} \cdot \frac{35 - 0,455 \cdot 7}{35 - 0,185 \cdot 7} = 0,798$$

$$A_{\min} = 0,798 \text{ cm}^2$$

$A < A_{\min}$ la condition n'est pas vérifiée, donc on adopte la section donnée par

$$A_{\min} = 0,798 \text{ cm}^2$$

Soit : $A = A_{\min} = 0,798 \text{ cm}^2/\text{ml}$ soit 4HA8/ml = 2,01 cm²

➤ **Armatures principes :**

4HA8 ($A = 2,01 \text{ cm}^2$) avec un espacement : $S_t = 25 \text{ cm}$

➤ **Armatures de repartitions :**

$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{2,01}{4} = 0,5025 \text{ cm}^2, \text{ soit } 4 \text{ HA8} = 2,01 \text{ cm}^2 \text{ avec un espacement } S_t = 25 \text{ cm}$$

• **Vérification au cisaillement :(Art A.5.1.1 BAEL91)**

Pour les fissurations préjudiciables nous avons :

$$\tau_u = \min \left\{ \frac{0,15 f_{c28}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right\}$$

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

Soit : $V_U = 1,5Q = 1,5 \times 1$

$$\Rightarrow V_U = 1,50 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow \tau_u = \frac{1,50 \times 10^3}{1000 \cdot 70} = 0,021 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \tau_u = 0,021 \text{ Mpa} < \bar{\tau}_u = 2,5 \text{ Mpa}$$

$\tau_u < \bar{\tau}_u$ Condition vérifiée, pas de risque de cisaillement ; donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

- **Vérification de l'adhérence des barres :**

La vérification consiste à s'assurer que la contrainte d'adhérence τ_{se} pour chaque barre isolée ou pour chaque paquet de barres doit rester inférieure à une limite $\bar{\tau}_{se}$.

$$\tau_{se} \leq \bar{\tau}_{se} = \Psi_s f_{t28}$$

$$\tau_{se} = \frac{V_U}{0,9 \cdot d \cdot \sum U_i}$$

$$\bar{\tau}_{se} = \Psi_s f_{t28} = 1,5 \times 2,1 = 3,15 \text{ Mpa.}$$

$\sum U_i$: Sommes des périmètres utiles des armatures.

$$\sum U_i = n \pi \Phi = 4 \times 3,14 \times 8$$

$$\Rightarrow \sum U_i = 10,048 \text{ cm}$$

$$\tau_{se} = \frac{1,5 \times 10}{0,9 \times 7 \times 10,048} = 0,237 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \tau_{se} = 0,253 \text{ MPa}$$

$$\tau_{se} < \bar{\tau}_{se} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

- d- **Vérification à l'ELS :**

Elle consiste à la vérification des contraintes limites dans le béton et les aciers:

❖ Dans le béton :

On doit vérifier que : $\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc}$

Avec : $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6.f_{c28} = 15MPa$

La fissuration est considérée préjudiciable il faut vérifier aussi : $\sigma_{st} \leq \bar{\sigma}_{st}$

$$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} \cdot f_e; \max \left\{ 0,5 f_e; 110 \sqrt{nf_{t28}} \right\} \right\} \longrightarrow \text{Fissuration préjudiciable.}$$

$$\bar{\sigma}_s = 201,63MPa.$$

$$e_s = 35 \text{ cm} > e_0$$

$$e_0 = d/2 = 7/2 = 3.5 \text{ cm}$$

Le centre de pression est à l'extérieur, donc la section est partiellement comprimée.

✚ Calcul du moment fictif :

$$M_f = N_s (e_s + 0.5 h - c)$$

$$M_f = 1.713 (0.35 + 0.5 \times 0.1 - 0,03) = 0.634 \text{ KN m}$$

✚ Calcul des armatures fictive :

$$\mu_b = \frac{M_f}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} \text{ avec } f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b \theta} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5 \cdot 1} = 14,2 \text{ [MPa]}$$

$$\mu_b = \frac{0.634 \times 10^6}{1000(70)^2 \cdot 14,2} = 0,0091$$

$$\mu_b = 0,0091 < \mu_R = 0,392 \rightarrow \text{la section est simplement armée}$$

$$\mu_b = 0,0091 \Rightarrow \beta = 0,8575$$

- Donc les armatures fictives sont :

$$A_f = \frac{M_f}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{0.634 \times 10^6}{0,8575 \cdot 70 \cdot 201.633} = 52.38 \text{ mm}^2 = 0.524 \text{ cm}^2$$

$$A_f = 0,524 \text{ cm}^2 \text{ avec } A_{sc} = 0 \text{ (pas d'armatures comprimées).}$$

* en flexion composée (armatures réelles) sont :

$$A = A_f - \frac{N_u}{\sigma_{st}}$$

$$A = 0,524 \times 10^2 - \frac{1.713 \times 10^3}{201.633} = 43.90 \text{mm}^2 = 0.44 \text{cm}^2$$

$$A = 0,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{ser} = A = 0.44 < A_{ELU} = 0.798 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \text{Condition vérifiée}$$

✚ Vérification des contraintes dans le béton :

$$\sigma_{bc} = K \sigma_s$$

$$K = \frac{1}{k_1} = \frac{1}{20.085} = 0.0497$$

$$\sigma_s = \frac{M_s}{\beta \cdot d \cdot A_s} = \frac{0,6 \cdot 10^6}{0,8575 \cdot 70,141 \cdot 10^2} = 70,89 \text{MPA}$$

$$\sigma_s < \bar{\sigma}_{st} \quad \Rightarrow \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$\sigma_{bc} = K \sigma_s = 0.0497 \times 70.89 = 3.523 \text{ MPA}$$

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{MPA} \quad \Rightarrow \quad \text{Condition vérifiée}$$

✚ Vérification de l'acrotère au séisme :

L'acrotère est calculé sous l'action des forces horizontales sismique suivant la formule suivante :

$$F_p = 4 \cdot A \cdot C_p \cdot W_p$$

Avec :

A : coefficient d'accélération = 0,15 (zone IIa)

C_p : facteur de force horizontale = 0,8

W_p : poids de l'acrotère = 1.713 kN / ml

$$\rightarrow F_p = 4.0 \times 0.8 \times 0.15 \times 1.713 = 0.822 \text{ KN/ml.}$$

L'acrotère est calculée avec un effort horizontal $Q = 1\text{KN} / \text{ml}$ qui est supérieur à la force sismique F_p d'où le ferrailage adopté précédemment reste convenable.

- Longueur de scellement droit : (BAEL 91 modifié 99 art 6.1.22) :

$$L_s = 40 \times \phi = 40 \times 0.6 = 24 \text{ cm}$$

III-2-4- Schéma de ferrailage (Fig III.10) :

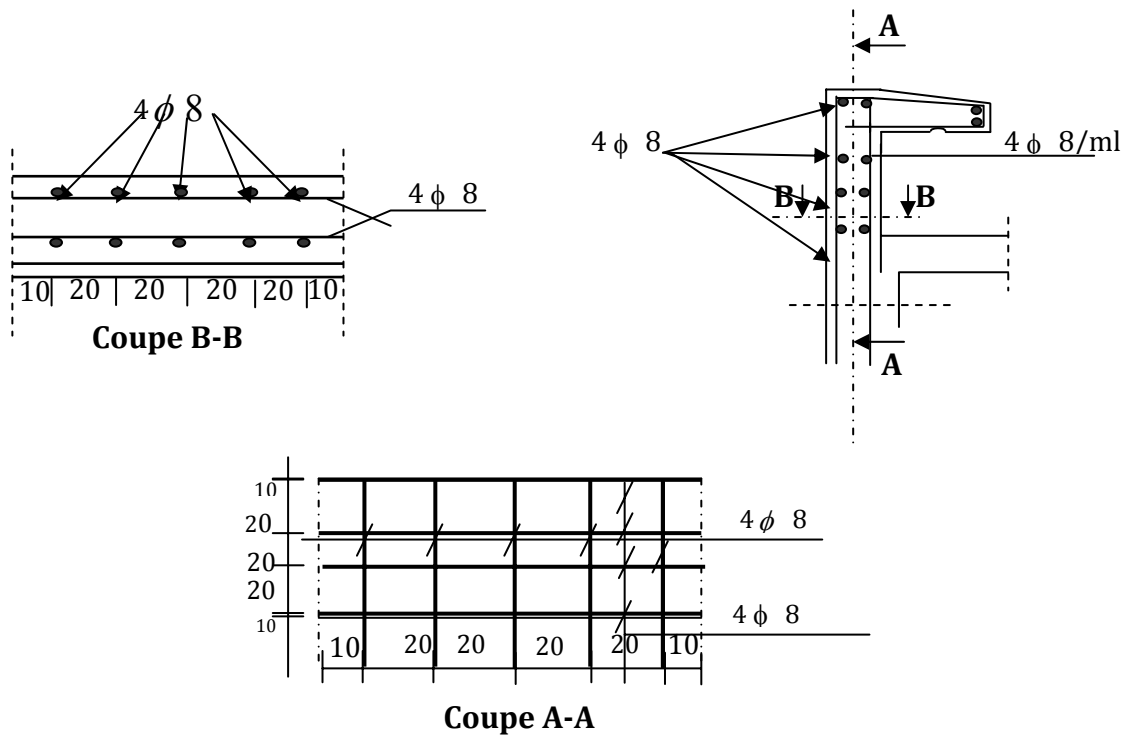


Fig III.10: Ferrailage de l'acrotère

III.3. Dalle de la salle machine :

Le bâtiment comporte une cage d'ascenseur de vitesse d'entraînement $V = 1\text{m/s}$, de surface égale à $(1,8 \times 2,00 = 3.6 \text{ m}^2)$. La charge totale que transmet le système de levage avec la cabine chargée est de 9 Tonnes.

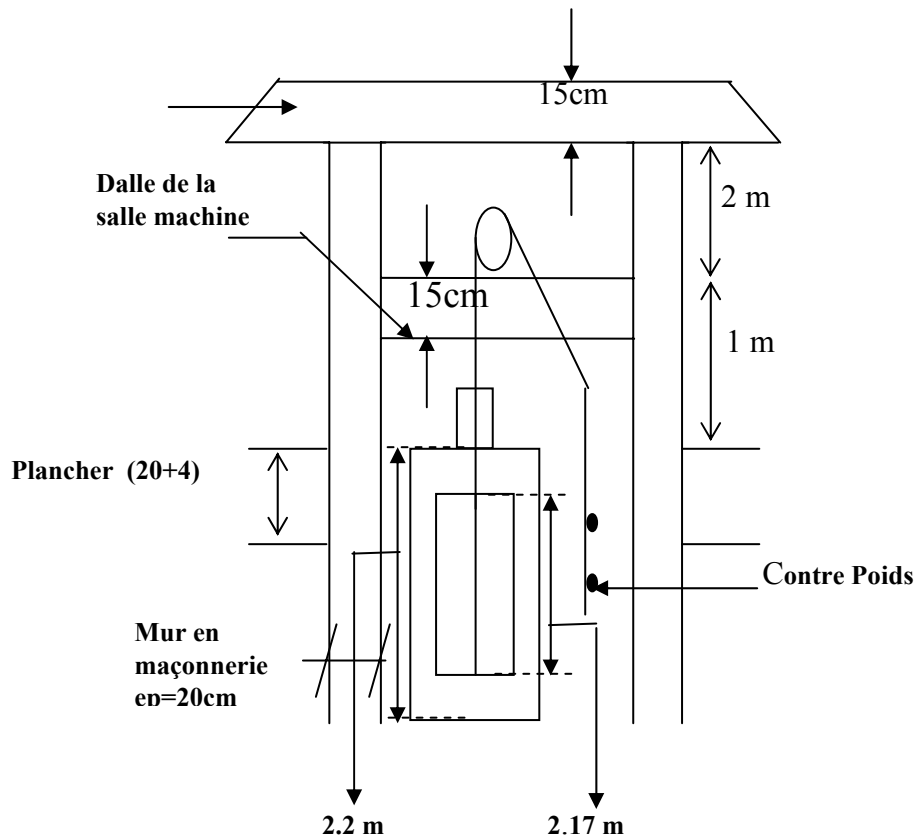


Fig III.11: schéma représentatif du système et dimensionnement de la salle machine.

La dalle repose sur 04 appuis, elle est soumise à une charge localisée, son calcul se fait à l'aide des abaques de PIGEAUD qui permettent d'évaluer les moments suivant les deux sens :

$$M_{0x1} = q(M_1 + \nu M_2) \dots\dots\dots \text{sens } l_x$$

$$M_{0x2} = q(M_2 + \nu M_1) \dots\dots\dots \text{sens } l_y$$

Avec : M_1, M_2 : Valeurs lues dans les abaques de PIGEAUD en fonction des rapports suivants :

$$\rho = l_x/l_y, \mu/l_x \text{ et de } \nu/l_y$$

q : charge totale appliquée sur un rectangle centré.

U, V : côtés de la surface réduite.

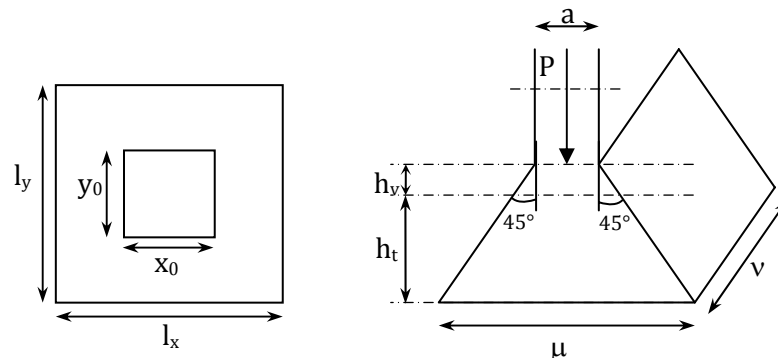


Fig III.12: Répartition de la charge sur la dalle.

III.3.1. Dimensionnement :

- $h_t \geq \frac{l_{\max}}{30} = \frac{180}{30} = 6,00 \text{ cm}$

L'épaisseur d'une dalle pleine selon **RPA99** est supérieure ou égale à **12 cm** soit **$h_0 = 15 \text{ cm}$** .

- $u = a + K \times h_r + h_0$
- $v = b + K \times h_r + h_0$

Avec :

h_0 : épaisseur de la dalle (**$h_0 = 15 \text{ cm}$**).

h_r : épaisseur du revêtement (**$h_r = 5 \text{ cm}$**).

K : coefficient dépend de la nature du revêtement (**$K = 2$**).

a, b : côtés du rectangle dans lequel la charge est centrée (**$a = b = 80 \text{ cm}$**).

D'ou: $u = 80 + 2 \times 5 + 15 = 105 \text{ cm}$.

$v = 80 + 2 \times 5 + 15 = 105 \text{ cm}$.

a. Calcul des efforts :

- $\rho = \frac{l_x}{l_y} = \frac{1,3}{1,8} = 0,722 > 0,4 \Rightarrow$ la dalle travaille dans les deux sens.

- $u / l_x = \frac{1,05}{1,3} = 0,807$

$$\bullet v / l_y = \frac{1,05}{1,8} = 0,583$$

* A partir des abaques de PIGEAUD, nous aurons après interpolation :

$$\bullet M_1 = 0,080$$

$$\bullet M_2 = 0,043$$

b. Calcul des moments M_{0x1} , M_{0y1} du système de levage :

A l'ELU :

$$v = 0 \Rightarrow M_{0x1} = q_u M_1$$

$$M_{0x2} = q_u M_2$$

$$\text{Avec : } q_u = 1,35 G = 1,35 \times 90 = 121,5 \text{ KN/ml.}$$

$$\text{D'où : } M_{0x1} = 121,5 \times 0,080 = 9,720 \text{ KN.m}$$

$$M_{0y1} = 121,5 \times 0,043 = 5,224 \text{ KN.m}$$

c. Calcul des moments dus au poids propre de la dalle :

$$M_{0x2} = \mu_x q_u l_x^2$$

$$M_{0y2} = \mu_y M_{0x2}$$

Avec :

μ_x et μ_y : coefficients donnés en fonction de ρ .

$$\mu_x = 0,0658$$

$$\mu_y = 0,4645$$

$$q_u = 1,35G + 1,5 Q.$$

$$G = 25 \times 0,15 + 22 \times 0,05 = 4,85 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q = 1,00 \text{ KN/m}^2.$$

$$q_u = (1,35 \times 4,85 + 1,5 \times 1,00) \times 1 = 8,0475 \text{ KN/ml.}$$

D'où :

$$M_{0x2} = \mu_x q_u l_x^2 = 0,0658 \times 8,0475 \times 1,3^2 = 0,950 \text{ KN.m}$$

$$M_{0y2} = \mu_y M_{0x2} = 0,4645 \times 0,950 = 0,441 \text{ KN.m.}$$

d. Superposition des moments :

$$M_{ox} = M_{ox1} + M_{ox2} = 9.720 + 0.950 = 10.67 \text{ KN.m}$$

$$M_{oy} = M_{oy1} + M_{oy2} = 5.224 + 0,441 = 5.665 \text{ KN.m.}$$

Remarque:

Afin de tenir compte de la continuité des appuis au niveau des voiles, les moments calculés seront minorés en travée en leur affectant le coefficient **0,75** et **0,5** aux appuis.

III.3.2. Ferrailage :

Le ferrailage de la dalle pleine se fera à l'ELU pour une bande de **1m** de largeur :

- **Détermination de moments fléchissant en tenant compte des encastremets :**

Sens l_x :

- * Aux appuis : M_x (appuis) : $0.5 \times M_x = 0.5 \times 10.67 = 5.335 \text{ KN. m}$
- * Aux travées : M_x (travée) : $0.75 \times M_x = 0.75 \times 10.67 = 8.00 \text{ KN. m}$

Sens l_y :

- * Aux appuis : M_y (appuis) : $0.5 \times M_x = 0.5 \times 10.67 = 5.335 \text{ KN.m}$
- * Aux travées : M_y (travées) : $0.5 \times M_y = 0.75 \times 5.665 = 4.249 \text{ KN. M}$

 **Ferrailage à l'ELU :**

Sens l_x :

- **Aux appuis:**

$$\mu_b = \frac{M_{xa}}{b \cdot d^2 \cdot \sigma_{bc}}$$

$$\mu_b = \frac{5.335 \times 10^6}{1000(130)^2 \cdot 14,2} = 0,022$$

$$\mu_b = 0,022 < \mu_L = 0,392 \rightarrow \text{la section est simplement armée}$$

$$\mu_b = 0,022 \Rightarrow \beta = 0,989$$

Donc les armatures nécessaires sont :

$$A = \frac{M_{xa}}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{5.335 \times 10^6}{0,989 \cdot 130 \cdot \frac{400}{1,15}} = 119.24 \text{ mm}^2 = 1.19 \text{ cm}^2$$

$A = 1.19 \text{ cm}^2$ avec $A_{sc} = 0$ (pas d'armatures comprimées).

On opte pour : 4HA 8 soit $A = 2.01 \text{ cm}^2$ avec un espacement $S_t = 25 \text{ cm}$

▪ **En travées :**

$$\mu_b = \frac{M_{xt}}{b \cdot d^2 \cdot \sigma_{bc}}$$

$$\mu_b = \frac{8.00 \times 10^6}{1000(130)^2 \cdot 14,2} = 0,033$$

$\mu_b = 0,033 < \mu_R = 0,392 \rightarrow$ la section est simplement armée

$$\mu_b = 0,033 \Rightarrow \beta = 0.984$$

- **Donc les armatures nécessaires sont :**

$$A = \frac{M_{xt}}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_c}{\gamma_s}} = \frac{8.00 \times 10^6}{0,984 \cdot 130 \cdot \frac{400}{1,15}} = 179.71 \text{ mm}^2 = 1.79 \text{ cm}^2$$

$A = 1.79 \text{ cm}^2$ avec $A_{sc} = 0$ (pas d'armatures comprimées).

On opte pour : 5HA 8 soit $A = 2.51 \text{ cm}^2$ avec un espacement $S_t = 20 \text{ cm}$

✚ **Sens ly :**

▪ **Aux apuis :**

$$\mu_b = \frac{M_{ya}}{b \cdot d^2 \cdot \sigma_{bc}}$$

$$\mu_b = \frac{5.335 \times 10^6}{1000(130)^2 \cdot 14,2} = 0,022$$

$\mu_b = 0,022 < \mu_L = 0,392 \rightarrow$ la section est simplement armée (SSA)

$$\mu_b = 0,022 \Rightarrow \beta = 0,989$$

* **Donc les armatures nécessaires sont :**

$$A = \frac{M_{ya}}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_c}{\gamma_s}} = \frac{5.335 \times 10^6}{0,989 \cdot 130 \cdot \frac{400}{1,15}} = 119.24 \text{ mm}^2 = 1.19 \text{ cm}^2$$

$A = 1.19 \text{ cm}^2$ avec $A_{sc} = 0$ (pas d'armatures comprimées).

On opte pour : 4HA 8 soit $A = 2.01 \text{ cm}^2$ avec un espacement $S_t = 25 \text{ cm}$.

▪ **En travées :**

$$\mu_b = \frac{M_{yt}}{b \cdot d^2 \cdot \sigma_{bc}}$$

$$\mu_b = \frac{4.249 \times 10^6}{1000(130)^2 \cdot 14,2} = 0,009$$

$\mu_b = 0,009 < \mu_i = 0,392 \rightarrow$ la section est simplement armée (SSA)

$$\mu_b = 0,009 \Rightarrow \beta = 0,9955$$

Donc les armatures nécessaires sont :

$$A = \frac{M_{yt}}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{4.249 \times 10^6}{0,991 \cdot 130 \cdot \frac{400}{1,15}} = 94.82 \text{ mm}^2 = 0.95 \text{ cm}^2$$

$A = 0.95 \text{ cm}^2$ avec $A_{sc} = 0$ (pas d'armatures comprimées).

On opte pour : 4HA8 soit $A = 2.01 \text{ cm}^2$ avec un espacement $S_t = 25 \text{ cm}$

III.3.3 Vérifications :

• **A l'ELU :**

✚ **Condition de non fragilité :**

$$A_{\min} = 0,23 b d \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 13 \times \frac{2.1}{400} = 1,570 \text{ cm}^2$$

- * **Aux appuis :** $A_a = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,57 \text{ cm}^2$.
- * **En travée :** $A_t = 2,51 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,57 \text{ cm}^2$.

$$A_t = 2.01 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,57 \text{ cm}^2.$$

✚ **Diamètre minimal des barres :**

Il faut vérifier la condition suivante :

$$\phi_{\max} \leq \frac{h_0}{10} \Rightarrow \phi_{\max} = \frac{150}{10} = 15 \text{ mm}$$

Or : $\phi = 8 \text{ mm} < \phi_{\max} = 15 \text{ mm}$ Condition vérifiée.

🚧 Vérification de la contrainte tangentielle :

Les efforts sont Max au voisinage de la charge de levage.

- Suivant l_x : $T_u = \frac{P}{2a + b} = \frac{90}{2 \times 0,8 + 0,8} = 37,5 \text{ KN}$

- Suivant l_y : $T_u = \frac{P}{3a} = \frac{90}{3 \times 0,8} = 37,5 \text{ KN}$

On doit vérifier que : $\tau_u = \frac{T_u}{bd} \leq \bar{\tau}_u = \min \{0,13 f_{c28}; 5 \text{ MPA} \} = 3,25 \text{ MPA}$

$\tau_u = \frac{37,5 \times 10^3}{1000 \times 130} = 0,290 \text{ MPa} < 3,25 \text{ MPa} \dots\dots\dots$ Condition vérifiée.

🚧 Vérification de non poinçonnement :

$$P \leq 0,045 u_c h_0 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

Avec : u_c le périmètre de contour de l'air sur laquelle agit la charge dans le plan de feuillet moyen .

$\Rightarrow u_c = 2(u+v) = 2(1,05 + 1,05) = 4,2 \text{ m}$ et $P = 90 \text{ KN}$.

D'où : $P \leq 0,045 \times 4,2 \times 0,15 \times \frac{25 \times 10^3}{1,5} = 472,5 \text{ KN}$

La condition est vérifiée, donc aucune armature transversale n'est nécessaire.

- à l'ELS :

🚧 Moments engendrés par le système de levage :

$M_{ox1} = q_s (M_1 + v M_2)$.

$M_{oy1} = q_s (M_2 + v M_1)$

Avec : $q_s = G = 90 \text{ KN}$ et $v = 0,2$

Donc : $M_{ox1} = q_s (M_1 + v M_2) = 90 (0,080 + 0,2 \times 0,043) = 7,974 \text{ KN.m}$

$M_{oy1} = q_s (M_2 + v M_1) = 90 (0,043 + 0,2 \times 0,080) = 5,310 \text{ KN.m}$

✚ **Moments engendrés par le poids propre de la dalle :**

$$q_s = G+Q = 4.85 + 1.00 = 5.85 \text{ KN/ml.}$$

- * $M_{ox2} = \mu_x q_s l_x^2 = 0,0743 \times 5,85 (1,30)^2 = 0,734 \text{ KN.m}$
- * $M_{oy2} = \mu_y M_{ox2} = 0,585 \times 0,734 = 0,429 \text{ KN.m.}$

✚ **Superposition des moments :**

- * $M_{ox} = M_{ox1} + M_{ox2} = 7.974 + 0.734 = 8.708 \text{ KN.m}$
- * $M_{oy} = M_{oy1} + M_{oy2} = 5.310 + 0,429 = 5,739 \text{ KN.m.}$

Ces moments seront minorés en travée en leur affectant le coefficient **0,75** et **0,5** sur appuis pour tenir compte de la continuité des voiles.

- **Détermination des moments fléchissant en tenant compte des encastremets :**

Sens l_x :

- * Aux appuis : $M_x(\text{appuis}) : 0.5 \times M_x = 0.5 \times 8.708 = 4.354 \text{ KN m}$
- * Aux travées : $M_x(\text{travée}) : 0.75 \times M_x = 0.75 \times 8.708 = 6.531 \text{ KN m}$

Sens l_y :

- * Aux appuis : $M_y(\text{appuis}) : 0.5 \times M_y = 0.5 \times 5.739 = 2.869 \text{ KNm}$
- * Aux travées : $M_y(\text{travées}) : 0.75 \times M_y = 0.75 \times 5.739 = 4.304 \text{ KN m}$

Remarque :

On remarque que le moment suivant la travée dans le sens des Y à l'ELU est inférieur à celui de l'ELS donc on doit refaire le ferrailage de cette travée.

• **Ferrailage à l'ELS :**

* **En travée :**

$$\mu_b = \frac{M_{yt}}{b \cdot d^2 \cdot \sigma_{bc}}$$

$$\mu_b = \frac{4.304 \times 10^6}{1000(130)^2 \cdot 14,2} = 0,018$$

$$\mu_b = 0,018 < \mu_L = 0,392 \rightarrow \text{la section est simplement armée (SSA)}$$

$$\mu_b = 0,018 \Rightarrow \beta = 0,8175$$

Donc les armatures nécessaires sont :

$$A = \frac{M_{yt}}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{4.304 \times 10^6}{0,8175 \cdot 130 \cdot \frac{400}{1,15}} = 116.43 \text{ mm}^2 = 1.16 \text{ cm}^2$$

$A = 1.16\text{cm}^2$ avec $A_{sc} = 0$ (pas d'armatures comprimées).

On opte pour : 5HA8 soit $A = 2.51\text{ cm}^2$ avec un espacement $S_t = 20\text{ cm}$

On résume :

- * **Aux appuis :** $A_a = 2,01\text{ cm}^2$ soit 4HA8 avec $S_t = 25\text{ cm}$
- * **En travées :** $A_t = 2.51\text{cm}^2$. soit 5HA8 avec $S_t = 20\text{ cm}$

🔧 Vérification de la contrainte de compression dans le béton :

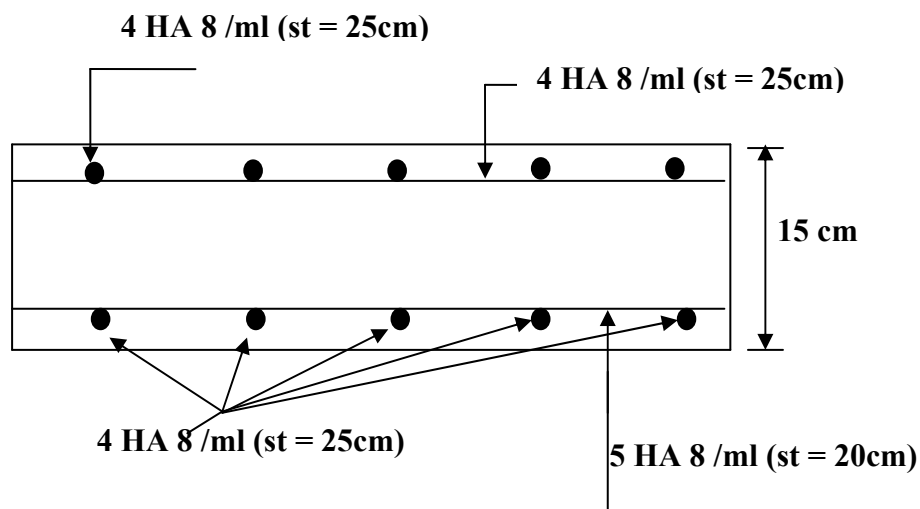
Il faut vérifier que : $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 0.6f_{c28} = 15\text{ MPA}$

$$\sigma_{bc} = K \sigma_s ; \sigma_s = \frac{M_u}{\beta_1 d A_a}$$

➤ Les vérifications sont résumées dans le tableau suivant :

Zone	Sens	M_s (KN.m)	ρ_1	K	β_1	σ_s	σ_{bc}	Observation
Appuis	l_x	4.354	0,007	0.031	0,985	169.16	5.24	vérifiée
	l_y	4.354	0,007	0.031	0,985	169.16	5.24	Vérifiée
Travée	l_x	6.531	0,012	0,004	0,981	204.02	0.9	Vérifiée
	l_y	4.304	0,007	0,031	0,985	133.9	4.15	Vérifiée

- **Fig III.13 : Ferrailage de la dalle de la salle machine :**



III-4) Etude des balcons :

III.4.1.Introduction :

Le balcon se calcule comme une console encastrée au niveau de la poutre du plancher; soumis à des charges permanentes dues à son poids propre G , au poids propre du garde corps. Le calcul du ferrailage se fera pour une bande de 1m de largeur. L'épaisseur du balcon est donnée par la formule suivante : $e \geq L/10$

Avec :

L : largeur du balcon ($L= 1.2m$)

$$e \geq 120/10 = 12cm \rightarrow e = 12cm.$$

III.4.2 Détermination des sollicitations :

a) Charges permanentes :

• Dalle pleine :

- poids propre de la dalle pleine : $25 \times (0.12) \times 1 = 3.00 \text{ KN / ml}$.
- Couche de sable (3cm) : 0.36 KN / ml
- Mortier de pose (2cm) : 0.36 KN / ml
- Carrelage (2cm) : 0.40 KN / ml .
- Enduit sous plafond (2cm) : 0.44 Kn / ml

$$G1 = 4.56 \text{ KN/ml}$$

• Garde corps :

- Poids de la brique : 0.9 KN/ml .
- Poids de l'enduit en mortier : $0.18 \times 2 = 0.36 \text{ KN / ml}$

$$G2 = 0.9 + 0.36 = 1.26 \text{ KN / ml}.$$

b) Charges d'exploitations :

$$Q = 3.5 \text{ KN/m}^2 \Rightarrow \text{dalle pleine}$$

$$Q = 1.00 \text{ KN/m}^2 \Rightarrow \text{garde corps}$$

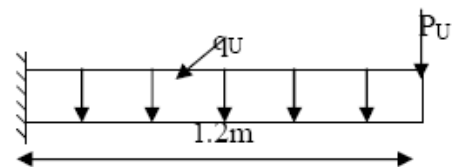
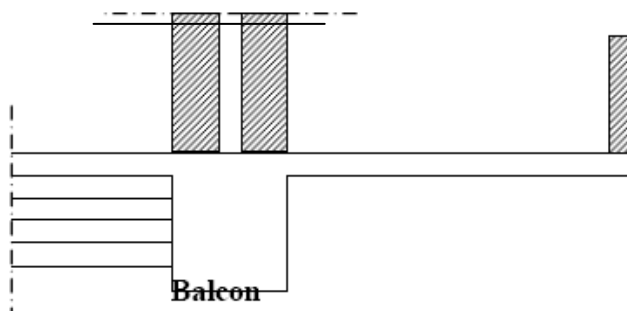


Fig. III.14 : Schéma statique du balcon

III.4.3 Ferrailage du balcon :

Le ferrailage se fait à **ELU**, et les vérifications se font à **L'ELS**.

a) Combinaison des charges :

• Dalle :

$$q_u = 1.35G + 1.5 Q = 1.35 \times (4.56) + 1.5 \times (3.5) = 11.406 \text{ KN/ml}$$

• Garde corps :

$$g_{ul} = 1.35 \times 1.26 \times 1 = 1.701 \text{ KN.}$$

$$q_{ul} = 1.5 \times 1.00 \times 1 = 1.50 \text{ KN.}$$

-L'effort tranchant :

$$T_u = q_u \cdot l + q_{ul} = (11.406 \times 1.20) + 1.701 = 15.39 \text{ KN.}$$

-Le moment fléchissant :

$$M_u = \frac{q_u \cdot L^2}{2} + g_{ul} \cdot l + q_{ul} \cdot H$$

$$M_u = \frac{11.406 \cdot 1.20^2}{2} + 1.701 \times 1 + 1.5 \times 1.00 = 11.41 \text{ KN.m}$$

-Effort normal :

$$N = q_{ul} = 1.50 \text{ KN.}$$

b) Calcul à L'ELU : Le calcul se fait en flexion simple :

La section dangereuse est au niveau de l'encastrement.

- Armatures principales :

Soit l'enrobage $c=3\text{cm}$. Hauteur utile : $d=h-c$ alors $d=12-3=9\text{ cm}$

$$\mu_b = \frac{M_t}{b_0 d^2 f_{bc}} \quad \text{avec} \quad f_{bc} = 0.85 \times f_{c28} / \theta \cdot \gamma_b$$

$$= 0.85 \times 25/1 \times 1.5$$

$$= 14.2 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = \frac{10.25 \times 10^6}{1000 \times 90^2 \times 14.2} = 0.089 < \mu_r = 0.392 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\Rightarrow \beta = 0.9535$$

$$A_t = \frac{M_t}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{M_u}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{10.25 \times 10^6}{0.9535 \cdot 90 \cdot \frac{400}{1.15}} = 343.4 \text{ mm}^2 = 3.43 \text{ cm}^2$$

Soit : 5HA10 = 3.92 cm² /ml avec un espacement : St= 20 cm

- Armatures de répartition :

$$A_r = A/4 = 3.43/4 = 0.857 \text{ cm}^2$$

Soit : 4HA6 = 1.13 cm²/ml avec un espacement : St = 25 cm

III.4.4 Vérification à l'état limite ultime ELU :

✓ **Condition de non fragilité : (BAEL 91/ Art. A.4.2, 1)**

$$A_{\min} = 0,23 bd \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 9 \times \frac{2.1}{400} = 1,087 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 1.087 \text{ cm}^2/\text{ml.}$$

$$A_u = 3.92 \text{ cm}^2/\text{ml} > A_{\min} = 1.087 \text{ cm}^2/\text{ml} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

✓ **Espacement des barres :**

Armatures principales :

$$e = 20 \text{ cm}$$

$$e < \min \{3 h, 33\} = 33 \text{ cm} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

* **Armatures de répartition :**

$$e = 25 \text{ cm}$$

$$e < \min \{4 h, 45\} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

✓ **Vérification de la contrainte de cisaillement : (BAEL91/ Art. A.5.1, 21) :**

$$\tau_u = \frac{T_u}{bd} \leq \bar{\tau}_u = \min \{0.15 f_{c28} / \gamma_b, 4 \text{ MPA}\} = 2.5 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \tau_u = \frac{15.39 \times 10^3}{1000 \cdot 90} = 0.171 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \tau_u = 0.171 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 2,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \bar{\tau}_u \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Pas de risque de cisaillement ; donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

✓ **Influence de l'effort tranchant au voisinage des appuis :**

$$V_u = 0.4 \times b \times a \times f_{c28} / \gamma_b \quad \text{avec : } a = 0.9 \times d = 0.9 \times 9 = 8.1 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow V_u = 0.4 \times 100 \times 8.1 \times 25 \cdot 10^{-1} / 1.5 = 540 \text{ KN}$$

$$T_u = 15.39 \text{ KN} < 540 \text{ KN} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

✓ **Vérification de la contrainte d'entraînement des barres : (BAEL91/ Art. A.6.1, 3)**

La vérification consiste à s'assurer que la contrainte d'adhérence τ_{se} pour chaque barre isolée ou pour chaque paquet de barres doit rester inférieure à une limite $\bar{\tau}_{se}$.

$$\tau_{se} \leq \bar{\tau}_{se} = \Psi_s f_{t28}$$

$$\tau_{se} = \frac{V_U}{0,9 \cdot d \cdot \sum U_i}$$

$$\bar{\tau}_{se} = \Psi_s f_{t28} = 1,5 \times 2,1 = 3,15 \text{ MPa.}$$

$\sum U_i$: Sommes des périmètres utiles des armatures.

$$\sum U_i = n \pi \Phi = 5 \times 3,14 \times 10$$

$$\Rightarrow \sum U_i = 157 \text{ cm}$$

$$\tau_{se} = \frac{15,39 \times 10^3}{0,9 \cdot 90 \cdot 157,10} = 1,21 \text{ Mpa}$$

$$\Rightarrow \tau_{se} = 1,21 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{se} < \bar{\tau}_{se} \quad \Rightarrow \quad \text{Condition vérifiée}$$

Il n'y a aucun risque d'entraînement des barres

✓ **Calcul de la longueur d'ancrage : (BAEL 91/ Art A.6.1, 23) :**

La longueur de scellement droit est :

$$L_s = \frac{\phi f_e}{4 \tau_{se}}$$

$$\bar{\tau}_{se} = 0,6 \times \psi^2 \times f_{t28} = 2,83 \text{ MPa c'est la contrainte d'adhérence limite.}$$

$$L_s = \frac{10 \cdot 400}{4 \times 2,83} = 353,36 \text{ mm} = 35,34 \text{ cm}$$

Pour des raisons pratiques on adopte un crochet normal.

✓ La longueur de recouvrement d'après le BAEL (art 6 .1.253) est fixée pour les aciers HA à :

$$L_r = 0.4 L_s = 0.4 \times 35.34 = 14 \text{ cm}$$

III.4.5 Vérification à L'E L S :

▪ Combinaison des charges :

* Pour la dalle :

$$\Rightarrow q_s = (G + Q) \cdot l = (4.56 + 3.5) \cdot 1 = 8.06 \text{ KN/ml}$$

* Pour le garde corps :

$$\Rightarrow g_s = G_2 = 1.26 \text{ KN/ml}$$

$$\Rightarrow Q = 1 \text{ KN/ml}$$

▪ Le moment :

$$M_s = - \left(\frac{q_s \cdot L^2}{2} + g_s \cdot l + Q \cdot H \right) = - \left(\frac{8.06 \times 1.20^2}{2} + 1.26 \times 1.20 + 1 \times 1 \right)$$

$$M_s = - 8.315 \text{ KN.m}$$

• Ferrailage a l'ELS :

$$\mu_b = M_s / b_0 d^2 f_{bc}$$

$$\mu_b = \frac{8.315 \times 10^6}{1000 \times 90^2 \times 14,2} = 0.072 < \mu_r = 0,392 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\Rightarrow \beta = 0.963$$

$$A = \frac{M_t}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{M_U}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_c}{\gamma_s}} = \frac{8.315 \times 10^6}{0,963 \cdot 90 \cdot \frac{400}{1,15}} = 275 \text{ mm}^2 = 2.75 \text{ cm}^2$$

$$A < A_{\text{adoptée}} \text{ c.a.d } 2.75 \text{ cm}^2 < 3.43 \text{ cm}^2$$

⇒ le ferrailage adopté à l'ELU est vérifié à l'ELS.

✓ Vérification des contraintes de compression dans le béton :

$$\sigma_{bc} \leq \sigma_{bc} = 15 \text{ MPA}$$

Il n'est pas nécessaire de vérifier la contrainte dans le béton si les conditions suivantes sont vérifiées :

-la section est rectangulaire .

-la nuance des aciers est FeE400.

$$- \alpha \leq \frac{y-1}{2} + \frac{f_c j}{100} \text{ avec : } y = \frac{M_u}{M_s}$$

- Pour une section rectangulaire (b x h)= (100x12) ; armé par des aciers de nuances FeE400, soit à vérifier α :

$$Y = \frac{Mu}{Ms} = \frac{11.41}{8.315} = 1.40$$

$$\alpha = \frac{1.4-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.45$$

on a : $Ms = 8.315 \text{ KN m}$
 $\mu=0.072 \Rightarrow \alpha = 0.154 < 0.45$

Donc toutes les conditions sont vérifiées. Alors le calcul de σ_{bc} n'est pas nécessaire

• **Vérification de la flèche :(BAEL91 modifie 99/ART B.6.5.2)**

Puisque les conditions ci après sont vérifiées alors il est inutile de calculer la flèche

- $\frac{h}{L} \geq \frac{1}{16} = \frac{12}{120} = 0.1 \geq \frac{1}{16} = 0.0625$ OK
- $\frac{h}{L} \geq \frac{Mt}{10M0} = \frac{12}{120} = 0.1 \geq \frac{8.315}{10 \times 8.315} = 0.1$ OK
- $\frac{At}{bd} < \frac{4.2}{fe} = \frac{3.43}{100.9} = 0.00381 < \frac{4.2}{400} = 0.0105$ OK

Conclusion :

Après avoir fait les calculs nécessaires, nous sommes arrivés aux résultats suivants :

- Armatures principales : **5HA10**, espacement de **20cm**.
- Armatures de répartition : **4HA6**, espacement de **25cm**.

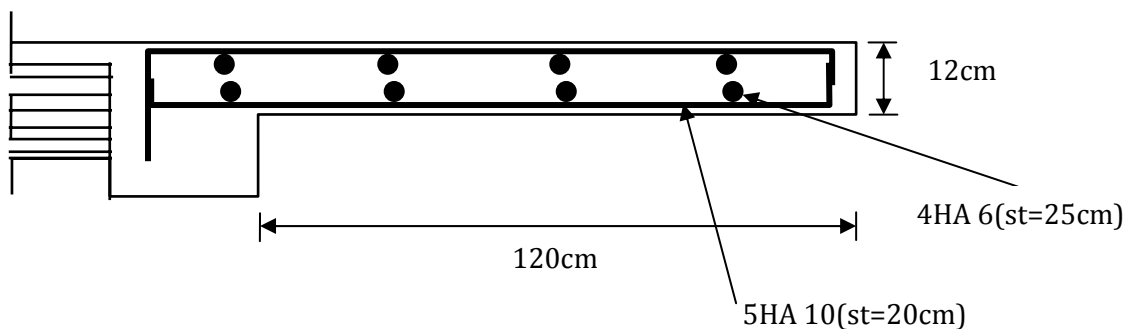


Fig. III.15 : Ferrailage du balcon

III.5) Calcul des escaliers :

III.5.1 Introduction :

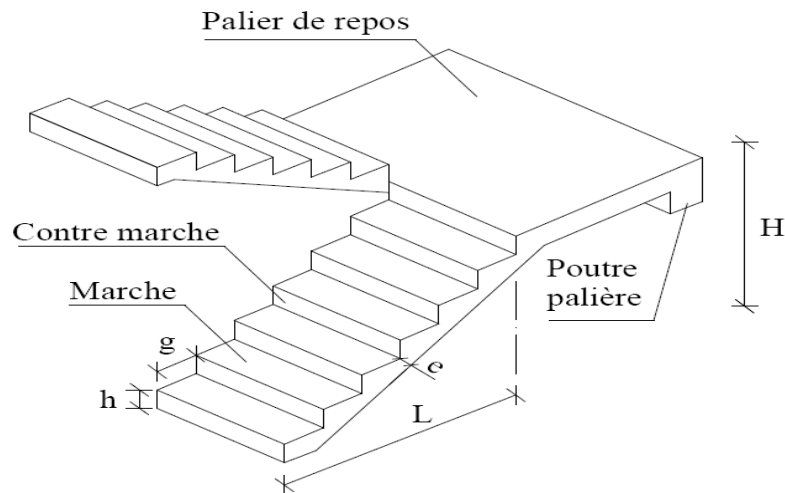
Un escalier est un ouvrage constitué d'une suite de degrés horizontaux (marches et palier) permet de passer d'un niveau à un autre, ils sont réalisés en béton armé et coulés sur place en deux types :

- Escalier étage courant à trois volées;
- Escalier du RDC ; il ya deux cages :
 - Une à quatre volées destinée pour les fonctionnaires et qui s'arrête au premier étage.
 - Une autre à trois volées destinées pour les habitants donc va s'arrêter au dernier niveau.

III.5.2 Caractéristiques dimensionnelles :

- **La marche** : est la partie horizontale qui reçoit le pied, sa forme est rectangulaire, ou arrondie ...etc.
- **La contre marche** : est la partie verticale entre deux marches évitant les chutes des objets.
- **Hauteur de contre marche (h)** : est la différence de niveau entre deux marches successives, valeurs courantes varies de 14 à 17 cm.
- **Le giron (g)** : est la distance en plan, mesurée sur la ligne de foulée, séparant deux contre marches.
- **La montée** : correspond à la hauteur entre les niveaux finaux des sols de départ et d'arrivée.
- **Une volée** : est l'ensemble des marches compris entre deux paliers consécutifs.
- **Un palier** : est une plate forme constituant un repos entre deux volées intermédiaires et /ou à chaque étage.
- **L'embranchement (E)** : représente la largeur de la marche.
- **La ligne de foulée** : représente en plan le parcours d'une personne qui emprunte l'escalier, et en général, à 0.65 m de collet, si $E \geq 1$ m.
- **La paillasse** : est une dalle inclinée en béton armé incorporant les marches et contre marches.
- **Jour** : l'espace vide entre deux volées.
- **Mur déchiffré** : le mur limitant la cage d'escalier.

III.5.2 Présentation schématique:



- Fig III.16 : présentation schématique de l'escalier.

III.5.3 Calcul de l'escalier :

Comme nous avons trois hauteurs différentes (4.08 m pour le RDC ; 3.06 m pour l'étage courant ; 3.50 pour l'étage de service) ; on aura à calculer Trois types d'escaliers comme la méthode de calcul sera la même pour les trois cas ; on va se limiter au calcul du cas le plus défavorable là ou il ya la plus grande hauteur c'est-à-dire celles du RDC, puis on généralise pour le reste.

- Pré dimensionnement :

- a) Marches et contres marches :

La hauteur des contres marches est donnée par :

$$14 \text{ cm} \leq h \leq 17 \text{ cm.}$$

Et : $28 \text{ cm} \leq g \leq 36 \text{ cm.}$

On prend la hauteur des marches $h = 17 \text{ cm.}$

L'escalier du RDC comporte quatre volées.

-Nombre de contre marche :

$$\text{Soit } : n = \frac{H}{h} = \frac{408}{17} = 24$$

Le nombre de contre marches par volée est égale à $\frac{24}{4} = 6$

Soit m le nombre de marche.

$$m = 6 - 1 = 5 \text{ marches par volée.}$$

Remarque : on fait l'étude pour la première volée puis on généralise pour le reste.

b) Loi de BLONDEL :

C'est une relation empirique qui lie h et g et qui permet de concevoir un escalier où l'on se déplace d'une façon confortable.

59cm ≤ g + 2 h ≤ 64 cm. Pour h = 17 cm, on aura : **25cm ≤ g ≤ 30cm**

Donc on prend : **g = 28cm.**

L'embranchement doit être : E ≥ 1,20 m soit **E= 1.20 m**

c) Vérification de la loi de BLONDEL :

59 cm ≤ g + 2 h ≤ 64 cm

59cm ≤ 28+ 2 x 17 ≤ 64 cm → 59cm ≤ 62 ≤ 64cm → Condition vérifiée.

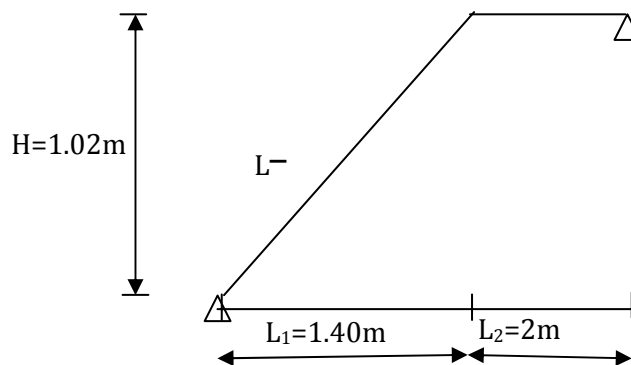


Fig III.17 :schéma statique

-Pré dimensionnement de la paillasse :

L'épaisseur de la paillasse et du palier (ep) est donnée par la relation **L/30 ≤ e p ≤ L/20**

Avec L : longueur réelle du palier et de la paillasse: **L= L- + L2**

Calcul de L- :

Soient : H: hauteur de la volée: **H = n × h = 6 × 0.17= 1.02m**

L1 : longueur de la paillasse projetée: **L1= (n -1) g = (6-1) 0.28=1.40 m**

L2 : longueur (profondeur) du palier pour :

L0=3.40 m on aura **L2 = L0 - L1 = 3.40 - 1.40= 2 m**

$\text{tg } \alpha = \frac{H}{L1} = \frac{6 \times 17}{28 \times 5} = 0.728$ d'où $\alpha = 36.07^\circ$

L- = L1/ cos α = 140/0.808 = 173.26 cm

Donc: L = 173 .26+ 200 = 373.26 cm

D'où :

373.26/30 ≤ e p ≤ 373.26/20

12.44 ≤ e p ≤ 18.66 On opte alors pour : **e p =18 cm**

NB : On prend la même épaisseur pour la volée et le palier.

*** Détermination des charges et surcharges :**

Les dimensions des marches étant très faibles par rapport à la portée de la paillasse, on pourrait admettre que leur poids est uniformément répartie sur la paillasse, le calcul se fait pour une bande de 1 m de projection horizontale et considérons une partie simplement appuyée en flexion simple.

a) Charges permanentes :

• La paillasse :

- Poids propre de la paillasse : $25 \times 0,18 \times 1 / \cos 36,07 = 5,57 \text{ KN/ml}$
- Poids de la marche : $25 \times 1 \times 0,17/2 = 2,125 \text{ KN/ml}$
- Mortier de pose : $22 \times 0,02 \times 1 = 0,44 \text{ KN/ml}$
- Revêtement de carrelage (2 cm) : $22 \times 0,02 \times 1 = 0,44 \text{ KN/ml}$
- Lit de sable : $0,02 \times 18 \times 1 = 0,36 \text{ KN/ml}$
- Poids du garde corps : $0,2 \times 1 = 0,2 \text{ KN/ml}$

$$G_{\text{paill}} = 9,14 \text{ KN/ml}$$

• Palier :

- Poids propre du palier : $25 \times 0,18 \times 1 = 4,50 \text{ KN/ml}$
- Poids du revêtement : $0,44 + 0,44 + 0,36 = 1,24 \text{ KN/ml}$

$$G_{\text{palier}} = 5,74 \text{ KN/ml}$$

b) Charge d'exploitation :

La surcharge d'exploitation des escaliers donnée par le **DTR B.C.2.2** est : **Q = 2,5 KN/m**

c) Combinaison des charges et surcharges :

$$\text{E.L.U} : 1,35G + 1,5Q$$

- **Paillasse** : $1,35 \times 9,14 + 1,5 \times 2,5 = 16,10 \text{ KN/ml}$.
- **Palier** : $1,35 \times 5,74 + 1,5 \times 2,5 = 11,50 \text{ KN/ml}$.

$$\text{E.L.S} : G + Q$$

- **Paillasse** : $9,14 + 2,5 = 11,64 \text{ KN/ml}$.
- **Palier** : $5,74 + 2,5 = 8,24 \text{ KN/ml}$.

d) Calcul des efforts internes a L'ELU :

Le calcul des réactions se fait avec les lois de la RDM.

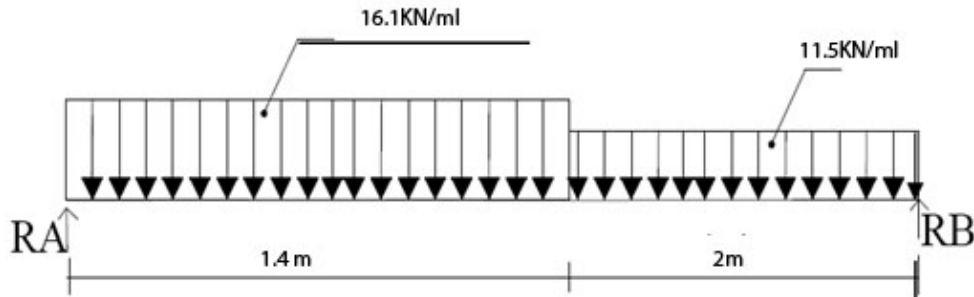


Fig. III.18 : Schéma statique de la 1^{ère} volée

• Réactions d'appuis:

$$\Sigma F = 0$$

$$R_A + R_B = 16.1 \times 1.4 + 11.5 \times 2$$

$$R_A + R_B = 45.54 \text{ KN}$$

$$\Sigma M/A = 0$$

$$R_B (1.4 + 2) - 11.5 \times 2 \left(\frac{2}{2} + 1.4 \right) - 16.1 \times 1.4 \times \frac{1.4}{2} = 0$$

$$R_B \cdot 3.4 - 55.2 - 15.78 = 0$$

$$R_B = 20.87 \text{ KN} \quad \text{donc} \quad R_A = 45.54 - 20.87 = 24.67 \text{ KN}$$

• Calcul des efforts tranchant et moments fléchissant :

Efforts tranchant :

✓ 1er tronçon : $0 \leq x \leq 1.4\text{m}$:

$$T(x) = -24.67 + 16.1 \cdot x$$

Pour $x = 0$ $T(0) = -24.67 \text{ KN}$

Pour $x = 1.63 \text{ m}$ $T(1.63) = -2.13 \text{ KN}$

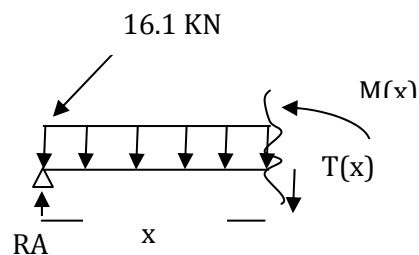
✓ 2ème tronçon : $1.4\text{m} \leq x \leq 3.4\text{m}$:

$$T(x) + 24.67 - 16.1 \cdot 1.4 - 11.5 \cdot (x - 1.4) = 0$$

$$T(x) = -2.13 + 11.5 \cdot (x - 1.4)$$

Pour $x = 1.4\text{m}$ $T(1.4) = -2.13 \text{ KN}$

Pour $x = 3.4\text{m}$ $T(3.4) = 20.87 \text{ KN}$



Moments fléchissant :

✓ 1er tronçon : $0 \leq x \leq 1.4 \text{ m}$:

$$M(x) - R_A \cdot x + 16.1 \cdot \frac{x^2}{2} = 0$$

$$M(x)=24,67x - 8,05x^2$$

Pour $x = 0$	$M(0) = 0 \text{ KN m}$
Pour $x = 1.4 \text{ m}$	$M(1.4) = 18.76 \text{ KN m}$

✓ 2ème tronçon : $1.4\text{m} \leq x \leq 3.40 \text{ m}$:

$$M(x) - R_a \cdot x + 16,1 \cdot 1,4 \cdot (x-1,4/2) + 11,5 \cdot (x-1,4)^2 / 2 = 0$$

$$M(x) = 24,67x - 22,54 (x-0,7) - 11,5 \cdot (x-1,4)^2 / 2$$

Pour $x = 1.4\text{m}$	$M(1.4) = 18.76 \text{ KN.m}$
Pour $x = 3.4 \text{ m}$	$M(3.4) = 0.02 \text{ KN.m}$

Détermination du moment max :

✓ 1er tronçon : $0 \leq x \leq 1.4 \text{ m}$

$$\frac{\partial M}{\partial x} = 24.67 - 16.1x = 0 \quad \text{d'où } x = 1.53\text{m} \quad \text{donc } M(1.53) = 18.90 \text{ KN m}$$

✓ 2ème tronçon : $1.4\text{m} \leq x \leq 3.40 \text{ m}$:

$$\frac{\partial M}{\partial x} = 24.67 - 22.54 - 11.5(x - 1,4) = 0 \quad \text{d'où } x = 1.58\text{m} \quad \text{donc } M(1.58) = 18.95 \text{ KN m}$$

Remarque :

A fin de tenir compte des semi encastrement aux extrémités, on porte une correction à l'aide des coefficients réducteurs pour le moment Mu_{\max} au niveau des appuis et en travée.

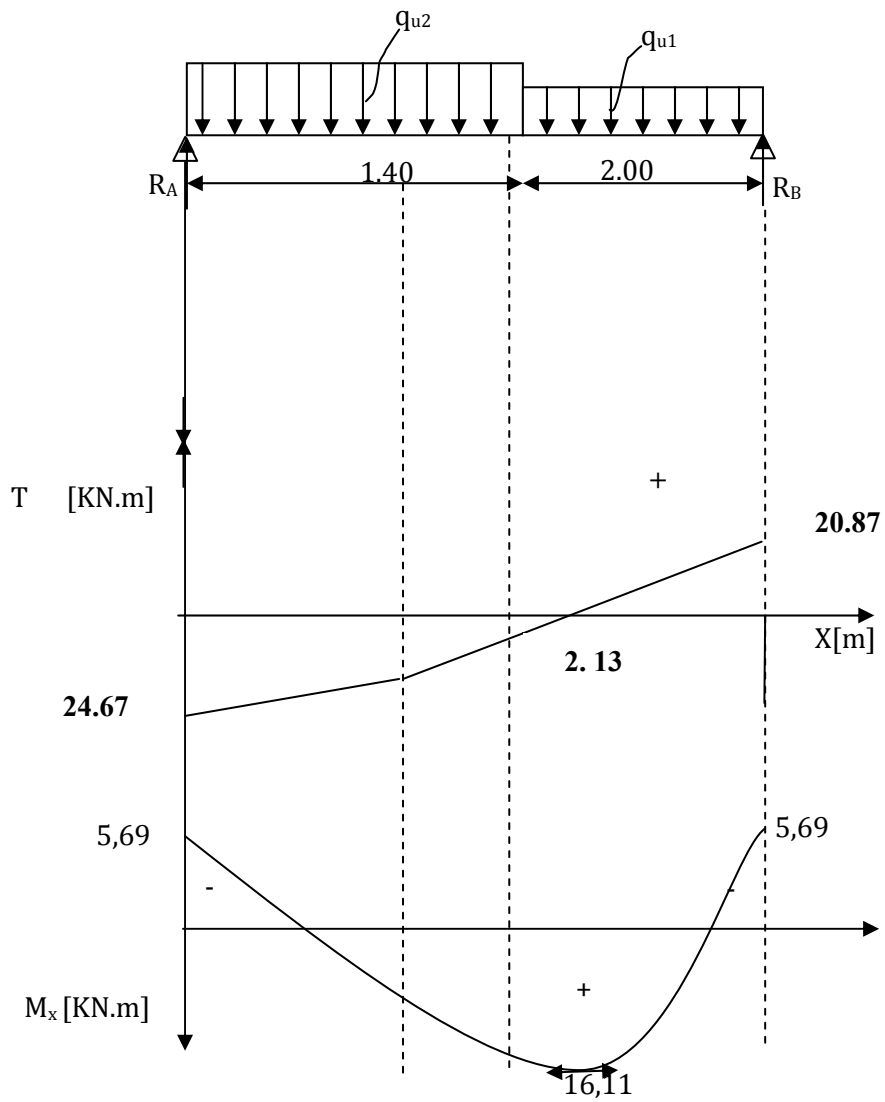
- **Moment en appuis A:**

$$Mu_{\text{app}} = (-0,3) \quad Mu_{\text{max}} = (-0,3) \times 18.95 = -5.69 \text{ KN.m}$$

- **Le moment en travée :**

$$Mu_{\text{travée}} = (0,85) \quad Mu_{\text{max}} = (0,85) \times 18.95 = 16.11 \text{ KN.m}$$

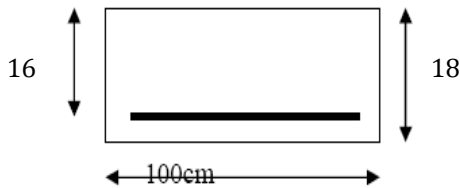
* Fig III.19 Diagramme des efforts tranchants et des moments fléchissant à ELU :



III.5 .4-Ferraillage:

Le calcul s'effectuera pour une bande de 1m d'embranchement et une bande de 1m de projection horizontale de la volée, tout en considérant une poutre simplement appuyée en flexion simple en utilisant les moments et les efforts calculés précédemment.

b = 100 cm , c = 2 cm , h = 18cm , d = 16 cm



• Moment réduit μ_b :

$$\mu_b = M / b d^2 f_{bc}$$

M : moment supporté par la section;
 f_{bc} : contrainte limite de compression dans le béton ;
 b et d : dimensions de la section du béton

*** Section d'armatures à ELU :**

$$A_s = \frac{M_t}{\beta d \sigma_{st}}$$

Avec :

σ_{st} : Contrainte limite de l'acier

a) Calcul des armatures principales :

❖ Aux appuis :

$M_{ap} = - 5.69 \text{KN.m}$

$$\mu_b = \frac{5.69 \times 10^6}{1000 \times 160^2 \times 14,2} = 0.016 < \mu_r = 0,392 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\Rightarrow \beta = 0.992$$

$$A = \frac{M_t}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{M_U}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_c}{\gamma_s}} = \frac{5.69 \times 10^6}{0,992 \cdot 160 \cdot \frac{400}{1,15}} = 103.06 \text{mm}^2 = 1.03 \text{cm}^2$$

\Rightarrow le ferrailage adopté à l'ELU est : 4HA10 = 3.14cm² ; avec un espacement : $S_t = 25\text{cm}$

❖ **En travée :**

$$M_u^t = 16.11 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{16.11 \times 10^6}{1000 \times 160^2 \times 14,2} = 0.044 < \mu_r = 0,392 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\Rightarrow \beta = 0.978$$

$$A = \frac{M_t}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{M_U}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{16.11 \times 10^6}{0,978 \cdot 160 \cdot \frac{400}{1,15}} = 295.98 \text{ mm}^2 = 2.95 \text{ cm}^2$$

⇒ le ferrailage adopté à l'ELU est : 6HA10 = 4.71cm² ; avec un espacement : St = 17cm

b) Armatures de répartitions :

➤ **Aux appuis :** Les armatures de répartition seront données par la formule suivante :

$$A_r = A_a / 4 = 3.14 / 4 = 0.785 \text{ cm}^2$$

soit : 4HA8 = 2.01 cm² avec S_t = 25cm

❖ **En travée :**

$$A_r = A_t / 4 = 4.71 / 4 = 1.17 \text{ cm}^2$$

Soit : 4HA8 = 2.01 cm² avec S_t = 25cm

* **vérifications a effectuer :**

➤ **condition de non fragilité :**

• Il faut vérifier que : $A \geq A_{min} = (0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28}) / f_e$

$$A_{min} = 0,23 \times 100 \times 18 \times 2,1 / 400 = 2.17 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} < A_t = 4.71 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} < A_A = 3.14 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

➤ **espacement des barres :**

• **Armatures principales :**

$$St \leq \min(3e_p ; 33) = \min(54 ; 33) = 33 \text{ cm}$$

- Aux appuis : St = 25cm ≤ 33cm

- En travées : St = 17cm ≤ 33cm → condition vérifiée

• **Armatures de répartition :**

$$St \leq \min(4e_p ; 45) = \min(72 ; 45) = 45 \text{ cm}$$

- Aux appuis : $St = 25 < 45 \text{ cm}$

- En travées : $St = 25 \text{ cm} < 45 \text{ cm}$ condition vérifiée

➤ **La contrainte de cisaillement :**

$$\tau_u \leq \overline{\tau_u}$$

$$\overline{\tau_u} = \min (0,2 f_{c28}/\gamma_b ; 5 \text{ Mpa}) \Rightarrow \overline{\tau_u} = 3,33 \text{ Mpa} \quad \text{fissuration non préjudiciable}$$

$$\tau_u = T^{\max} / bd = 24.67 \times 10^3 / 1000 \times 160 = 0.15 \text{ Mpa} < \overline{\tau_u} \quad \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

Donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

➤ **Influence de T^{\max} sur les appuis :**

1. Béton :

$$T^{\max} = 24.67 \text{ KN}$$

$$\text{Avec : } a = 0,9d = 0,9 \times 160 = 144 \text{ mm} \quad \overline{T_u} = 0,4 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \times b \times a$$

$$\overline{T_u} = 0.4 \times \frac{25}{1.5} \times 1000 \times 144 = 960 \text{ KN}$$

$$T^{\max} = 24.67 \text{ KN} < \overline{T_u} = 960 \text{ KN} \quad \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

2. Acier :

• On doit vérifier que : $A_a \geq \frac{\gamma_s}{f_e} (T^{\max} + \frac{M_A}{0.9d}) = \frac{1.5}{400} (24.67 \times 10^3 + \frac{5,69 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 160}) = 55.66 \text{ mm}^2$

$$\text{Donc } A_a = 3.14 \text{ cm}^2 \geq 0.556 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

✓ **Vérification de la contrainte d'entraînement des barres : (BAEL91/ Art .A.6.1, 3)**

La vérification consiste à s'assurer que la contrainte d'adhérence τ_{se} pour chaque barre isolée ou pour chaque paquet de barres doit rester inférieure à une limite $\overline{\tau_{se}}$.

$$\tau_{se} \leq \overline{\tau_{se}} = \Psi_s f_{t28}$$

$$\tau_{se} = \frac{V_u}{0,9 \cdot d \cdot \sum U_i}$$

$$\overline{\tau_{se}} = \Psi_s f_{t28} = 1,5 \times 2,1 = 3,15 \text{ Mpa.}$$

$\sum U_i$: Sommes des périmètres utiles des armatures.

$$\sum U_i = n \pi \Phi = 4 \times 3,14 \times 10$$

$$\Rightarrow \sum U_i = 125,6 \text{ mm}$$

$$\tau_{se} = \frac{24,67 \times 10^3}{0,9 \cdot 160 \cdot 125,6} = 1,36 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \tau_{se} = 1,36 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{se} < \bar{\tau}_{se} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Il n'y a aucun risque d'entraînement des barres.

✓ **Calcul de la longueur d'ancrage : (BAEL 91/ Art A.6.1, 23) :**

La longueur de scellement droit est :

$$L_s = \frac{\phi f_e}{4 \cdot \bar{\tau}_{se}}$$

$$\bar{\tau}_{se} = 0,6 \times \psi^2 \times f_{t28} = 2,83 \text{ MPA} \quad \text{c'est la contrainte d'adhérence limite}$$

$$L_s = \frac{10,400}{4 \times 2,83} = 353,36 \text{ mm} = 35,34 \text{ cm}$$

Pour des raisons pratiques on adopte un crochet normal

✓ **La longueur de recouvrement d'après le BAEL (art 6 .1.253) est fixée pour les aciers HA à :**

$$L_r = 0,4 L_s = 0,4 \times 35,34 = 14 \text{ cm}$$

- **Calcul des efforts internes a L'ELS:**

Le calcul des réactions se fait avec les lois de **RDM** classique.

a. combinaison de charges à considérer :

$$q_s = G + Q$$

- **Paillasse :** $9,14 + 2,5 = 11,64 \text{ KN /ml.}$
- **Palier :** $5,74 + 2,5 = 8,24 \text{ KN/ml.}$

Pour déterminer les moments fléchissant ainsi que les efforts tranchants nous procédons de la même manière qu'à l'état limite ultime.

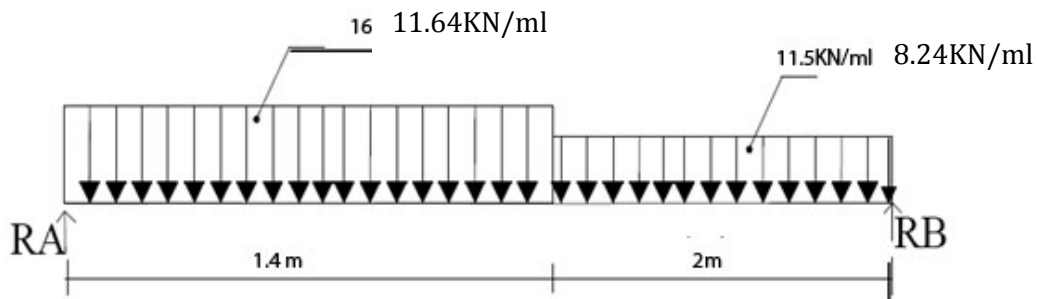


Fig III.20 : Schéma statique de la 1^{ère} volée

* Réactions d'appuis:

$$\Sigma F = 0$$

$$R_A + R_B = (11.64 \times 1.4) + 8.24 \times 2$$

$$R_A + R_B = 32.77 \text{ KN}$$

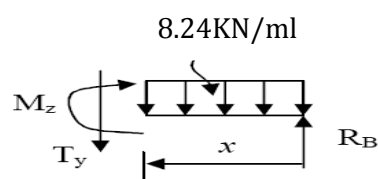
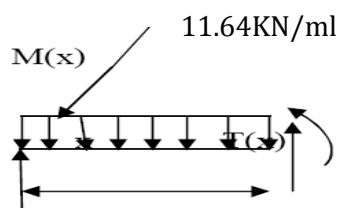
$$\Sigma M/A = 0$$

$$R_B (1.4 + 2) - 8.24 \times 2 (2/2 + 1.4) - 11.64 \times 1.4 \times 1.4/2 = 0$$

$$R_B = 14.98 \text{ KN} \quad \text{donc} \quad R_A = 32.77 - 14.98 = 17.79 \text{ KN}$$

* Calcul des efforts tranchant et moments fléchissant :

o Efforts tranchant :



✓ **1er tronçon : $0 \leq x \leq 1.4\text{m}$:**

$$T(x) = 11.65x - 17.79$$

$$\begin{aligned} \text{Pour } x = 0 & \quad T(0) = -17.79\text{KN} \\ \text{Pour } x = 1.4 \text{ m} & \quad T(1.4) = -1.48 \text{ KN} \end{aligned}$$

✓ **2ème tronçon : $1.4\text{m} \leq x \leq 3.4 \text{ m}$:**

$$T(x) = -1.48 + 8.24(x - 1.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Pour } x = 1.4\text{m} & \quad T(1.4) = -1.48 \text{ KN} \\ \text{Pour } x = 3.4\text{m} & \quad T(3.4) = 15 \text{ KN} \end{aligned}$$

○ **Moments fléchissant :**

✓ **1er tronçon : $0 \leq x \leq 1.4\text{m}$:**

$$M(x) - R_A \cdot x + 11.65 \cdot x^2 / 2 = 0$$

$$M(x) = 17.79x - 5.83x^2$$

$$\begin{aligned} \text{Pour } x = 0 & \quad M(0) = 0 \text{ KN} \\ \text{Pour } x = 1.4 \text{ m} & \quad M(1.4) = 13.48\text{KN} \end{aligned}$$

✓ **2ème tronçon : $1.4\text{m} \leq x \leq 3.4\text{m}$:**

$$M(x) - R_A \cdot x + 11.65 \cdot 1.4 \cdot (x - 1.4/2) + 8.24 \cdot (x - 1.4)^2 / 2 = 0$$

$$M(x) = 17.79x - 16.31 \cdot (x - 0.7) - 4.12 \cdot (x - 1.4)^2$$

$$\begin{aligned} \text{Pour } x = 1.4 \text{ m} & \quad M(1.4) = 13.48 \text{ KN.m} \\ \text{Pour } x = 3.4 \text{ m} & \quad M(3.4) = -0.031 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

Remarque :

A fin de tenir compte des semi encastrement aux extrémités, on porte une correction à l'aide des coefficients réducteurs pour le moment $M_{u \max}$ au niveau des appuis et en travée.

○ **Détermination du moment max :**

✓ **1er tronçon : $0 \leq x \leq 1.4 \text{ m}$:**

$$\frac{\partial M}{\partial x} = 17.79 - 11.65x = 0 \quad \text{d'où } x = 1.53\text{m}$$

✓ **2ème tronçon : $1.4\text{m} \leq x \leq 3.40 \text{ m}$:**

$$\frac{\partial M}{\partial x} = 13.01 - 8.24x = 0 \quad \text{d'où } x = 1.57\text{m}$$

$$\text{donc } M(1.58) = 13.62 \text{ KN m}$$

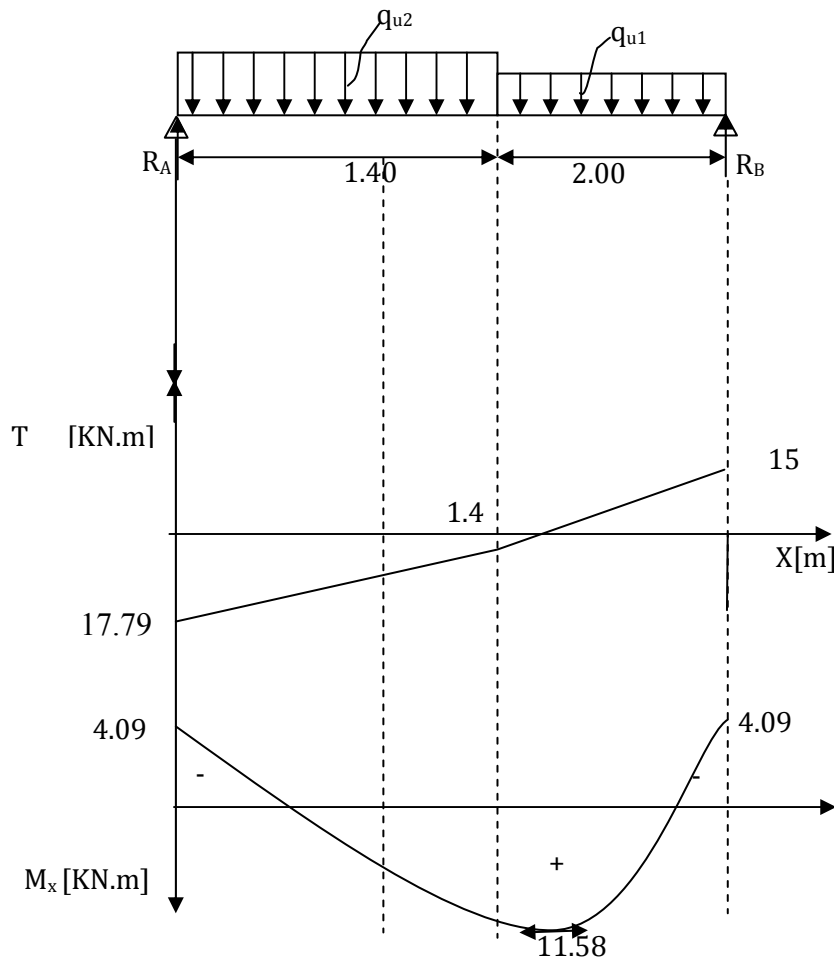
○ **Moment en appuis A:**

$$M_{u_{ap}} = (-0,5) M_{u_{max}} = (-0,3) \times 13.62 = -4.09 \text{ KN.m}$$

○ **Le moment en travée :**

$$M_{u_{travée}} = (0,85) M_{u_{max}} = (0,85) \times 13.62 = 11.58 \text{ KN.m}$$

- **Fig III.21 : Diagramme des efforts tranchant et les moments fléchissant à ELS:**



III.5.5 vérifications :

a. vérification des contraintes dans le béton :

- **En travée :**

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} \leq \overline{\sigma_b} = 0,6f_{c28} = 15 \text{ Mpa}$$

Calcul de σ_s :

$$\rho = \frac{100 A}{bd} = \frac{100 \cdot 4,71}{100 \cdot 16} = 0,294 \quad \rightarrow \quad \beta_1 = 0,9145 \text{ et } K_1 = 43,48$$

$$\sigma_s = \frac{M}{\beta_1 d A} = \frac{11,58}{0,9145 \cdot 160 \cdot 471} 10^6 = 168,03 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_b = \frac{168,03}{43,48} = 4,87 \text{ MPA} \quad \rightarrow \quad \text{Condition vérifiée.}$$

- **Aux appuis :**

$$\rho = \frac{100 A}{bd} = \frac{100 \cdot 3,14}{100 \cdot 16} = 0,196 \quad \rightarrow \quad \beta_1 = 0,9285 \text{ et } K_1 = 54,93 ; \sigma_{bc} = K \sigma_s , \sigma_s = \frac{M}{\beta_1 d A}$$

$$= \frac{4,09}{0,9285 \cdot 160 \cdot 314} 10^6 = 87,67 \text{ MPA}$$

$$\sigma_b = \frac{87,67}{54,93} = 1,6 \text{ MPA} \quad \rightarrow \quad \text{Condition vérifiée.}$$

b. Etat limite d'ouverture des fissures :

On doit vérifier:

$$\bullet \frac{h}{l} = \frac{18}{340} = 0,05 \leq \frac{1}{16} \quad \rightarrow \quad \text{Condition non vérifiée.}$$

Donc il est nécessaire de calculer la flèche :

• calcul de la flèche :

On doit vérifier si :

$$f_{adm} \geq f_{max}$$

$$f_{adm} = \frac{340}{500} = 0,68$$

$$f_{max} = \frac{5 q l^4}{384 \cdot I \cdot E_v}$$

$$E_v = 3700 \sqrt[3]{f_{c28}}$$

avec E_V : module de la déformation déferée est égale à **10818.87** Mpa

I : moment d'inertie de la section homogène est égale

I : moment d'inertie de la section homogène, par rapport au centre de gravité.

$$I = \frac{b}{3}(v_1^3 + v_2^3) + 15 \cdot A_t \cdot (v_2 - c_1)^2$$

$$V_1 = S_{xx} / B_0$$

S_{xx} : Moment statique de la section homogène.

$$B_0 = bh + 15 \cdot A_t = 100 \cdot 18 + 15 \cdot 4,71 = 1870,65 \text{ cm}$$

$$S_{xx} = bh^2 / 2 + 15 A_{st} d = 100 \cdot 18^2 / 2 + 15 \cdot 4,71 \cdot 16 = 17330,4 \text{ cm}^3$$

* **Calcul du centre de gravité :**

$$V_1 = 17330,4 / 1870,65 = 9,26 \text{ cm}$$

$$V_2 = h - V_1 = 18 - 9,26 = 8,74 \text{ cm.}$$

* **Calcul de I:**

$$I = \frac{b(V_1^3 + V_2^3)}{3} + 15 A (V_2 - c)^2$$

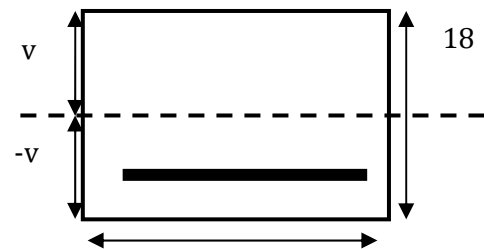
$$I = \frac{100}{3} \cdot (9,26^3 + 8,74^3) + 15 \cdot 4,71(8,74 - 2)^2 = 51931,14 \text{ cm}^4$$

$$D'où : f_{\max} = \frac{5.11,65.3400^4}{384 \times 10818,87 \times 51931,14.10000} = 3,6 \text{ mm} = 0,36 \text{ cm}$$

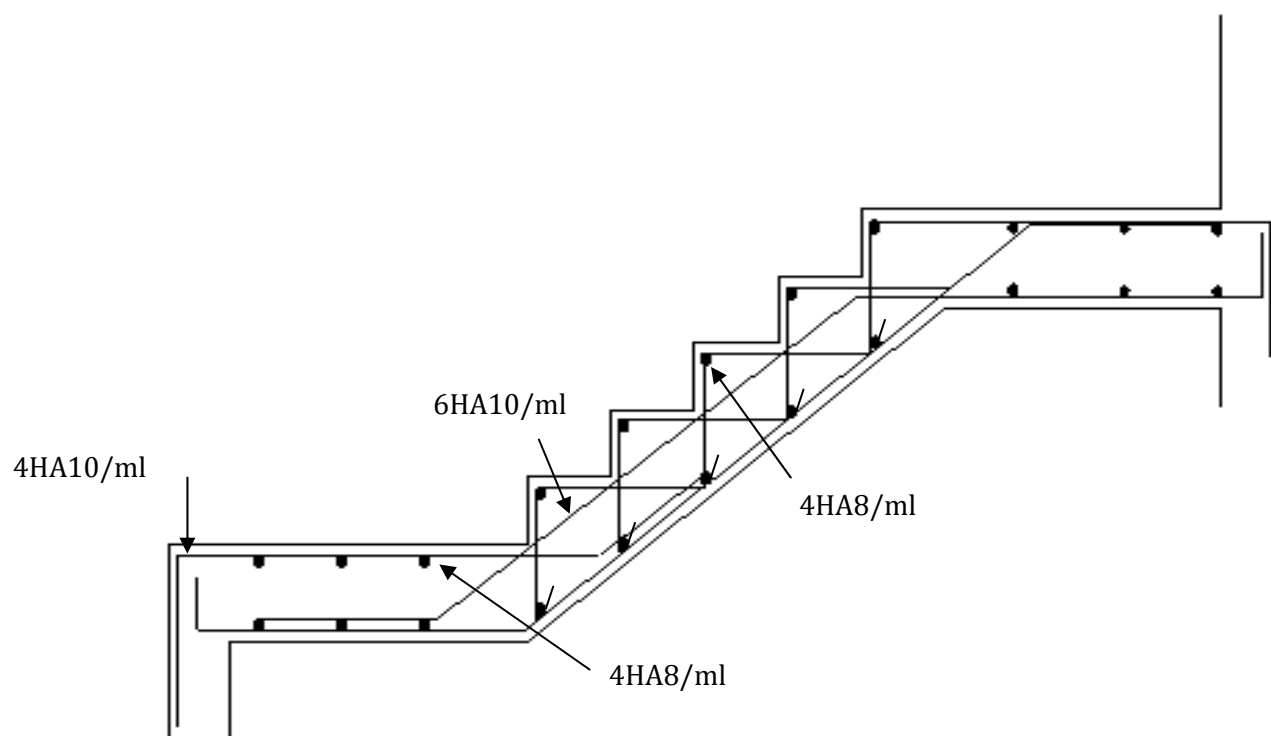
$$f_{\text{adm}} \geq f_{\max} \quad \rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

Conclusion :

$f_{\max} < \bar{f}$: il n'y a aucun risque de déformation. Donc les armatures calculées à ELU sont suffisantes.



- Fig . III.22 : Schéma de Ferrailages de l'escalier



III.6. La poutre palière :

Le palier intermédiaire des escaliers de l'étage courant repose sur une poutre, considérée comme semi encastrée dans les poteaux, dite poutre palière. Sa portée est de 3,50m, comme le représente le schéma ci-dessous. Le calcul s'effectue en flexion simple.

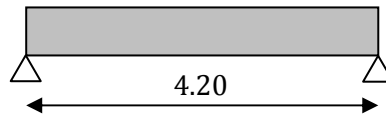


Fig III.23 : Schéma de la poutre palière

a. Pré dimensionnement :

▪ Hauteur ht :

$$L/15 \leq ht \leq L/10 \quad \Rightarrow \quad 28 \leq ht \leq 42 \quad \text{on prend : } ht = 30 \text{ cm.}$$

▪ Largeur b:

$$0,4ht \leq b \leq 0,7ht \quad \Rightarrow \quad 12 \leq b \leq 21 \quad \text{on prend: } b = 20 \text{ cm.}$$

❖ **Les conditions recommandées par le RPA99 (version 2003) :**

• $b \times h \geq (20 \times 30) \text{ cm}^2$

• $h / b \leq 4$

Donc la section transversale de la poutre palière est : 20 x 30 cm²

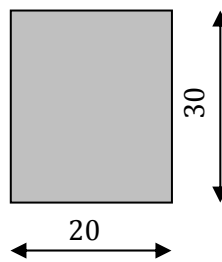


Fig III.24 : section de la poutre palière

b. Charges revenant à la poutre :

• Poids propre de la poutre : $0,3 \times 0,20 \times 25 \times 1,00 = 1,5 \text{ KN/ml}$

• Réaction du palier à l'ELU : $R_u = 20.87 \text{ KN}$

• Réaction du palier à l'ELS : $R_s = 14.98 \text{ KN}$

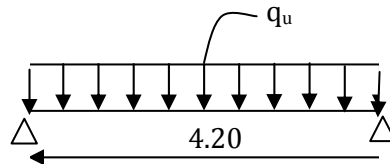
• Poids revenant au mur : $P = 2.65 \text{ KN/ml}$

• $G_{\text{tot}} = 2.65 + 1.5 = 4.15 \text{ KN/ml}$

III.6.1. Calcul à l'état limite ultime:**a. combinaisons de charges à considérer :**

$$q_u = 1,35G$$

$$q_u = 1,35 \times 4.15 = 5.65 \text{ KN}$$

**Fig III.25: Schéma du chargement à l'ELU****• Calcul des réactions :**

$$\Sigma F = 0$$

$$R_A + R_B = 5,6 \cdot 4,2 - 20,87 = 2,65 \text{ KN}$$

$$\Sigma M / A = 0$$

$$R_B \cdot 4,2 + 20,87 \cdot 4,2 - 4,2^2 \cdot 1,65 / 2 = 0$$

$$R_B = -18,04 \text{ KN} \quad \text{donc} \quad R_A = 2,65 + 18,04 = 20,69 \text{ KN}$$

b. calcul des moments fléchissant :

$$M(x) = R_a \cdot x - q_u x^2 / 2$$

$$M(x) = 20.69 x - 2.83x^2$$

$$\text{Pour ; } x = 0 ; \quad M(0) = 0 \text{ KN m}$$

$$\text{Pour ; } x = 2.1 \text{ m ; } \quad M(2.1) = 31 \text{ KNm}$$

$$\text{Pour ; } x = 4.20 \text{ m ; } \quad M(4.20) = 20,69(4,20 - x) - 2,83(4,20 - x)^2 = 0 \text{ KN m}$$

c. calcul de l'effort tranchant :

Le calcul se fait comme suit :

$$T(x) = 5.65x - 20.69 \quad \text{Pour } x = 0 \quad T(0) = -20.69 \text{ KN}$$

$$\text{Pour } x = 4.20 \text{ m} \quad T(4.2) = 3.04 \text{ KN}$$

d. Détermination du moment max :

$$\frac{\partial M}{\partial x} = 20.69 - 5.65x = 0 \quad \text{d'où } x = 3.66 \text{ m} \quad \text{donc} \quad M(3.66) = 37,88 \text{ KN m}$$

Remarque :

A fin de tenir compte des semi encastrement aux extrémités, on porte une correction à l'aide des coefficients réducteurs pour le moment $M_{u \max}$ au niveau des appuis et en travée.

- Moment en travées :

$$M_{u \text{ ap}} = 0.85 M_{u \max} = 0.85 \times 37.88 = 11.36 \text{ KN.m}$$

- Le moment aux appuis :

$$M_{u \text{ travée}} = (-0,3) M_{u \max} = (-0,3) \times 37,88 = 32,20 \text{ KN.m}$$

e. calcul des armatures :**- aux appuis :**

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{32,20 \cdot 10^6}{200 \times 280^2 \times 14,2} = 0,144 < \mu_1 = 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

Du tableau on tire $\beta = 0,922$ donc :

$$A = \frac{M_t}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{32,20 \cdot 10^6}{0,922 \times 280 \times 348} = 358.42 \text{ mm}^2 = 3.58 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 4 \phi 12 = 4.52 \text{ cm}^2$$

- En travées :

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{11,36 \cdot 10^6}{200 \times 280^2 \times 14,2} = 0,051 < \mu_1 = 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

Du tableau on tire $\beta = 0,9735$ donc :

$$A = \frac{M_a}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{11,36 \cdot 10^6}{0,9735 \times 280 \times 348} = 119.75 \text{ mm}^2 = 1.20 \text{ cm}^2$$

Soit $2 \phi 12 = 2,26 \text{ cm}^2$.

III.6.2. vérifications à effectués :**a. Condition de non fragilité :**

On doit avoir : $A \geq A_{\min} = 0,23 bd \times f_{t28}/f_e$

$$A_{\min} = 0,23 \times 20 \times 28 \times 2,1/400 = 0,68 \text{ cm}^2$$

On a pour chaque section d'armature calculée ; soit aux appuis soit en travées

A > Amin → Condition vérifiée.

b. Influence de V_u sur les appuis :

On a : $V_u = 20,69 \text{ KN}$

$$\overline{V_u} = 0,4 \frac{f_{cj}}{\gamma_b} \times a \cdot b_0 \quad \text{Avec : } a = 0,9 d$$

$$\overline{V_u} = 0,4 \frac{25}{1,5} \times 0,9 \times 0,28 \times 0,20 \times 10^3 = 336 \text{ KN} .$$

$V_u \ll \overline{V_u} \rightarrow$ Condition vérifiée.

c. la contrainte de cisaillement :

La contrainte de cisaillement admissible est :

$$\overline{\tau_u} = \min (0,2 f_{c28} / \gamma_b ; 5 \text{ Mpa}) = 3,33 \text{ Mpa} \text{ (fissuration non préjudiciable).}$$

La contrainte de cisaillement est donnée par la formule suivante :

$$\tau_u = V_u / b d$$

donc : $\tau_u = 20,69 \times 10^3 / 200 \times 280 = 0,369 \text{ Mpa} < \overline{\tau_u} \rightarrow$ Condition vérifiée.

d. diamètre des armatures transversales :

Le diamètre des armatures transversales est donné par la formule suivante :

$$\phi_t < \min \{h/35, \phi_l, b/10\}$$

- $h/35 = 30/35 = 0,85 \text{ cm}$
 - $\phi_l = 1,2 \text{ cm}$
 - $b/10 = 20/10 = 2,0 \text{ cm}$
- } on prend $\phi_t = 8 \text{ mm}$.

$$A_t = \frac{\pi \phi^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,8^2}{4} = 0,50 \text{ cm}^2$$

Les armatures transversales seront constituées d'un seul cadre, ce qui donne :

$$A_t = 3 \phi \ 8 = 1,51 \text{ cm}^2$$

e. espacement des armatures transversales S_t :

Les espacements seront donnés comme suit :

• Selon le BAEL91 :

on aura :

$$S_{t1} \leq \min (0,9d; 40 \text{ cm}) \Rightarrow S_{t1} \leq \min (25, 2 ; 40 \text{ cm}) \Rightarrow S_{t1} = 25 \text{ cm}$$

$$S_{t2} \leq \frac{A_t \cdot f_e}{0,4 \cdot b} \Rightarrow S_{t2} = \frac{1,51 \times 400}{0,4 \times 20} = 75,5 \text{ cm}$$

On obtient:

$$S_t = \min (S_{t1}, S_{t2}) = 25 \text{ cm}$$

• **Selon le RPA99:**

$$A_{t \text{ min}} = 0,003 S_t .b$$

L'espaceement max entre les armatures transversales exigé par l'RPA99[Art.7.5.2.2] est déterminé comme suit :

• Dans la zone nodale : $S_t \leq \min (h/ 4 ; 12 \phi) \text{ cm}$

• En dehors de la zone nodale : $S_t \leq h/ 2$

Ce qui donne :

$$S_t \leq \min (7,5 ; 14,4) \text{ cm} \Rightarrow S_t = 7\text{cm. (Zone nodale)}$$

$$S_t = 15\text{cm (en dehors de la zone nodale)}$$

f. Vérification des armatures transversales :

$$A_{t \text{ min}} = 0,003 \times 7 \times 20 = 0,42 \text{ cm}^2 < 1,51\text{cm}^2 \rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

$$A_{t \text{ min}} = 0,003 \times 15 \times 20 = 0,9 \text{ cm}^2 < 1,51\text{cm}^2 \rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

g. vérification de l'adhérence :

Il faut avoir : $\tau_{se} \leq \overline{\tau_{se}} = \Psi_s f_{t28} = 1,5 \times 2,1 = 3,5 \text{ Mpa}$

$$\overline{\tau_{se}} = Vu/0,9d.\Sigma u$$

Σu : somme des périmètres utiles

$$\Sigma u = \pi (\phi .\Sigma \text{ des barres}) = 3,14(12 \times 3) = 113,04 \text{ mm d'où :}$$

d'où $\tau_{se} = 20,69 \times 10^3 / (0,9 \times 280 \times 113,04) = 0,73 \text{ Mpa} < \overline{\tau_{se}} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$

III.6.4. vérifications à l'ELS:

a. vérification des contraintes :

1. Béton :

- En travée :

On doit avoir : $\sigma_b \leq \overline{\sigma_b}$; $\overline{\sigma_b} = 0,6 f_{c28} = 15 \text{ Mpa}$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} ; \sigma_s = \frac{Mt}{\beta dA}$$

On a $\rho = \frac{100A}{bd} = \frac{100 \times 4,52}{20 \times 28} = 0,807$ Ce qui donne : $\beta_1 = 0,8715$ et $K_1 = 23,91$

$$\sigma_s = \frac{32,20 \cdot 10^6}{0,8715 \times 280 \times 452} = 291,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = 291,9 / 23,91 = 12,21 \text{ Mpa} < 15 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

- Aux appuis :

$$\rho = \frac{100A}{bd} = \frac{100 \times 2,26}{20 \times 28} = 0,403$$

Ce qui donne : $\beta_1 = 0,925$ et $K_1 = 36,28$

$$\sigma_s = \frac{11,36 \times 10^6}{0,925 \times 280 \times 226} = 194,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = \frac{194,08}{36,28} = 5,35 \text{ MPa} < 15 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

2. Acier :

Aucune vérification n'est à effectuer car la fissuration est peu nuisible.

b. Etat limite de déformation :

D'après le [BAEL 91 (art B.6.5, 1)] on doit vérifier que:

- $h / L = 30 / 420 = 0,071 > 1 / 16 = 0,0625 \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$
- $A / b \cdot d = 4,71 / 20 \times 28 = 0,0084 < 4,2 / f_c = 4,2 / 400 = 0,0105 \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$
- $h / L = 30 / 420 > M_t / 10 M_0 = 32,20 / 10 \times 37,88 = 0,085 \rightarrow \text{Condition non vérifiée.}$

NB : Etant donné que la troisième condition n'est pas vérifiée, donc il y a lieu de calculer la flèche.

• Calcul de la flèche :

$$F = \frac{5 \times q_{s \max} \times L^4}{384 \times E_v \times I_{fv}}$$

$$\bar{f} = \frac{L}{500} = \frac{420}{500} = 0,84 \text{ cm.}$$

E_v : module de la déformation différée égale à : 10818,87MPa

I : module d'inertie de la section homogène.

$$B_0 = b \times h + 15 A_{ut}$$

$$B_0 = 20 \times 30 + 15 \times 4,52 = 667,8 \text{ cm.}$$

$$V_1 = \frac{S / xx}{B_0} = \frac{b \frac{h^2}{2} + 15 A_{ut} \times d}{B_0} = \frac{20 \times \frac{30^2}{2} + 15 \times 4,52 \times 28}{667,8} = 16,32 \text{ cm}$$

$$V_2 = h - V_1 = 30 - 16,32 = 13,68 \text{ cm.}$$

$$I = \frac{b}{3} (\overline{V_1^3} + \overline{V_2^3}) + 15 A_{ut} (\overline{V_2 - 2})^2$$

$$I = \frac{20}{3} (16,32^3 + 13,68^3) + (13,68 - 2)^2 \times 15 \times 4,52 = 55294,87 \text{ cm}^4.$$

$$F = \frac{5 \times 4,11 \times (420)^4}{384 \times 10818,87 \times 55294,87} = 0,28 \text{ cm}$$

$$f = 0,28 \text{ cm} < \overline{f} = 0,84 \text{ cm} \Rightarrow \text{Condition est vérifiée.}$$

Puisque la flèche est vérifiée donc le ferrailage adopté à **ELU** est suffisant.

Introduction :

Le contreventement est l'ensemble d'éléments de construction assurant la rigidité et la stabilité vis-à-vis des forces horizontales engendrées par le vent ou le séisme.

Le contreventement peut être assuré grâce à l'intervention :

- ❖ Des voiles ou des murs appelés couramment refends, entrant dans la composition de l'ouvrage.
- ❖ Du système « poteaux - poutres » formant des portiques d'étages.
- ❖ Des cages d'escaliers et d'ascenseurs, présentant une grande rigidité à la flexion et à la torsion.

Notre bâtiment est composée, à la fois de portiques et de murs de refends, disposés parallèlement. Il est donc indispensable de comparer l'inertie des refends à celle des portiques pour choisir un système de contreventement et connaître la répartition des sollicitations entre refends et portiques.

IV.1. Inertie des voiles :

Il est remarquable que les voiles de notre structure ne comportent pas d'ouvertures, nous allons donc calculer l'inertie des refends pleins.

❖ **Sens transversal :**

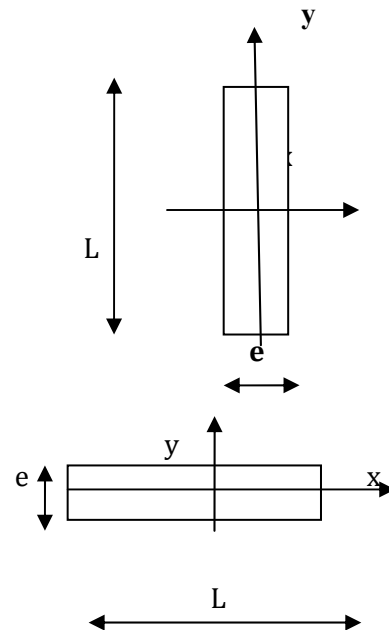
$$\bullet I_x = \frac{e \times L^3}{12}$$

$$\bullet I_y = \frac{L \times e^3}{12} \approx 0$$

❖ **Sens longitudinal :**

$$\bullet I_y = \frac{e \times L^3}{12}$$

$$\bullet I_x = \frac{L \times e^3}{12} \approx 0$$



Les inerties des voiles dans les deux sens sont résumées dans le tableau suivant :

- Tab. IV 1 : Les inerties des voiles dans les deux sens.

Voiles	L(m)	Inertie (m ⁴)
sens longitudinal	1,5	0,05625
	1,5	0,05625
	2	0,13333
	2	0,13333
	2	0,13333
	2	0,13333
sens transversal	3,1	0,49652
	3,1	0,49652
	3,1	0,49652
	3,1	0,49652
Inertie totale dans le sens longitudinal		0,64582
Inertie totale dans le sens transversal		1,98608

IV. 2. Calcul des inerties fictives des portiques (méthode des approximations successives) :

Le principe consiste à calculer le déplacement de chaque portique au droit de chaque plancher, sous l’effet d’une série de forces égale à l’unité (1tonne), puis à comparer ces déplacements aux flèches que produirait un refend bien déterminé de l’ouvrage, sous l’effet d’un même système de forces horizontales (1 tonne pour chaque niveau). Connaissant l’inertie du refend choisit, il est alors possible d’attribuer pour chaque portique et pour chaque niveau une inertie fictive, puisque dans l’hypothèse de raideur infinie des planchers nous devons obtenir la même flèche pour les portiques et pour les refends.

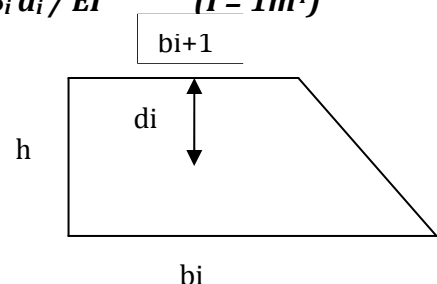
1. Calcul des flèches dans les refends par la méthode des moments des aires :

La flèche que produit un refend à un niveau j suite à une série de force latérale égales à l’unité est donnée par la formule suivante : $F_i = \sum S_i d_i / EI$ ($I = 1m^4$)

F_i : Flèche du refend au niveau (i) ;

S_i : Elément de surface du niveau (i) ;

d_i : Distance entre le CDG de S_i et le niveau considéré.



La surface d’un trapèze est donnée par : $S_i = (b_i + b_{i+1}).h/2$

La distance (d_i) entre le CDG du trapèze et son petit coté est : $d_i = (2b_i + b_{i+1}).h/3(b_i + b_{i+1})$.

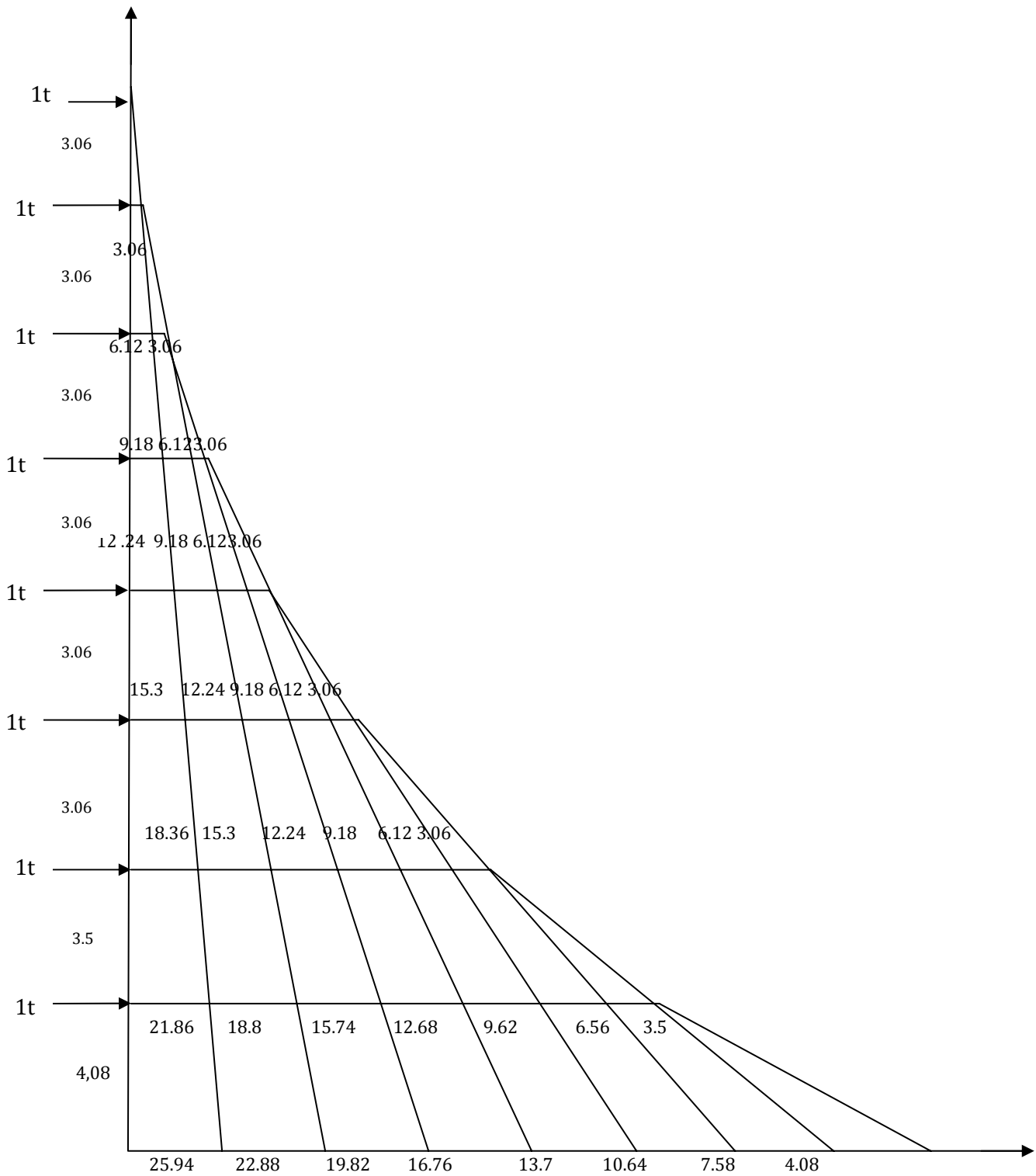


Fig.IV.1. Diagramme des moments des aires

❖ Tab. IV.2. Calcul de la flèche :

Niveau	h	bi	bi+1	Si	di	Sidi	FiEI
7	3,06	3,06	0	4,6818	2,04	9,550872	27229,3563
6	3,06	9,18	3,06	18,7272	1,79	33,428052	21451,0555
5	3,06	18,36	9,18	42,1362	1,70	71,63154	16497,6514
4	3,06	30,6	18,36	74,9088	1,66	124,161336	12226,5362
3	3,06	45,9	30,6	117,045	1,63	191,01744	8552,4077
2	3,06	64,26	45,9	168,5448	1,62	272,199852	5447,2686
1	3,5	85,68	64,26	262,395	1,83	481,0575	2940,427
RDC	4,08	110,16	85,68	399,5136	2,13	848,9664	919,88

2. Calcul des déplacements des portiques au droit de chaque plancher :

Pour le calcul des déplacements du portique, nous allons utiliser les formules de première approximation proposées dans la méthode itérative.

❖ **Méthode de calcul par itération :**

Cette approximation nous permet de déterminer une première valeur du déplacement, en utilisant pour les rotations les résultats approchés suivants :

❖ **Le déplacement de chaque niveau est donné par :** $\Delta_n = \psi_n \cdot h_n$

Avec : $E \psi_n = \frac{M_n}{12 \sum k_{pn}} + \frac{E \theta_n + E \theta_{n+1}}{2}$

❖ **Le déplacement du portique au niveau « i » :**

$$D_n = \sum_{i=1}^n \Delta_n$$

❖ **La rotation d'un poteau au 1^{er} niveau :**

- Poteau encastré à la base : $E \theta_1 = \frac{M_1 + M_2}{24 \sum k_{tt} + 2 \sum k_{pt}}$

- Poteau encastré à la base : $E \theta_1 = \frac{M_1 + M_2}{24 \sum K_{tt}}$

➤ **La rotation d'un poteau des étages courants :**

$$E \theta_n = \frac{M_n + M_{n+1}}{24 \sum K_{tn}}$$

Avec :

- M_{n+1} est le moment d'étage qui est égal à : $T_{n+1} \times h_{n+1}$; (T_{n+1} = effort tranchant au niveau n+1).
- M_n est le moment d'étage qui est égal à : $T_n \times h_n$; (T_n = effort tranchant au niveau n).
- h : hauteur libre d'étage ;
- E : module d'élasticité ;
- $\sum K_{tn}$: est la somme des raideurs des poutres au niveau de l'étage considéré.
- $\sum K_{pn}$: est la somme des raideurs des poteaux au niveau de l'étage considéré.

3. Calcul des inerties fictives des portiques :

L'inertie fictive du portique est donnée par la formule suivante : $I_e = \frac{F_n}{\Delta_n}$

Avec : Δ_n : déplacement du portique au n^{ème} niveau ;

F_n : flèche du n^{ème} niveau ;

Remarque : Le calcul des inerties fictives se fera pour tous les portiques, dans les deux directions orthogonales. Les résultats de calcul sont donnés par les tableaux suivants :

• Tab. IV.3. Inertie fictive des portiques longitudinaux :

Niveau	Portique	M_n	M_{n+1}	$10^{-4} \sum K_{tn}$	$10^{-4} \sum K_{pn}$	$E\theta_n$	$E\Psi_n$	$E\Delta_n$	$Dn=\sum E\Delta_n$	F_nEI	I_{en}	$\sum I_{en}$
8	A1-F1	3,06	0,00	15,092	13,234	84,482	42,260	129,316	88980,6981	27229,356	0,306	1,4802
	A2-F2	3,06	0,00	15,092	13,234	84,482	42,260	129,316	88980,6981	27229,356	0,306	
	A3-F3	3,06	0,00	15,092	13,234	84,482	42,260	129,316	88980,6981	27229,356	0,306	
	A4-F4	3,06	0,00	15,092	13,234	84,482	42,260	129,316	88980,6981	27229,356	0,306	
	A5-C5	3,06	0,00	6,3	6,617	202,381	101,229	309,761	212645,4222	27229,356	0,128	
	D5-F5	3,06	0,00	6,3	6,617	202,381	101,229	309,761	212645,4222	27229,356	0,128	
7	A1-F1	6,12	3,06	15,092	13,234	253,446	169,002	1034,294	88851,3819	21451,056	0,241	1,1678
	A2-F2	6,12	3,06	15,092	13,234	253,446	169,002	1034,294	88851,3819	21451,056	0,241	
	A3-F3	6,12	3,06	15,092	13,234	253,446	169,002	1034,294	88851,3819	21451,056	0,241	
	A4-F4	6,12	3,06	15,092	13,234	253,446	169,002	1034,294	88851,3819	21451,056	0,241	
	A5-C5	6,12	3,06	6,3	6,617	607,143	404,839	2477,615	212335,6614	21451,056	0,101	
	D5-F5	6,12	3,06	6,3	6,617	607,143	404,839	2477,615	212335,6614	21451,056	0,101	
6	A1-F1	9,18	6,12	15,092	13,234	422,409	337,985	3102,704	87817,0883	16497,651	0,188	0,9087
	A2-F2	9,18	6,12	15,092	13,234	422,409	337,985	3102,704	87817,0883	16497,651	0,188	
	A3-F3	9,18	6,12	15,092	13,234	422,409	337,985	3102,704	87817,0883	16497,651	0,188	
	A4-F4	9,18	6,12	15,092	13,234	422,409	337,985	3102,704	87817,0883	16497,651	0,188	
	A5-C5	9,18	6,12	6,3	6,617	1011,905	809,639	7432,490	209858,0469	16497,651	0,079	
	D5-F5	9,18	6,12	6,3	6,617	1011,905	809,639	7432,490	209858,0469	16497,651	0,079	

• Tab. IV .4. Inertie fictive des portiques longitudinaux (suite) :

Niveau	Portique	M_n	M_{n+1}	$10^{-4} \sum K_{tn}$	$10^{-4} \sum K_{pn}$	$E\theta_n$	$E\Psi_n$	$E\Delta_n$	$D_n = \sum E\Delta_n$	$F_n EI$	I_{en}	$\sum I_{en}$
5	A1-F1	12,24	9,18	15,092	13,234	591,373	506,968	6205,290	84714,3843	12226,536	0,144	0,6981
	A2-F2	12,24	9,18	15,092	13,234	591,373	506,968	6205,290	84714,3843	12226,536	0,144	
	A3-F3	12,24	9,18	15,092	13,234	591,373	506,968	6205,290	84714,3843	12226,536	0,144	
	A4-F4	12,24	9,18	15,092	13,234	591,373	506,968	6205,290	84714,3843	12226,536	0,144	
	A5-C5	12,24	9,18	6,3	6,617	1416,667	1214,440	14864,744	202425,5570	12226,536	0,060	
	D5-F5	12,24	9,18	6,3	6,617	1416,667	1214,440	14864,744	202425,5570	12226,536	0,060	
4	A1-F1	15,30	12,24	15,092	13,234	760,337	675,951	10342,052	78509,0942	8552,4077	0,109	0,5269
	A2-F2	15,30	12,24	15,092	13,234	760,337	675,951	10342,052	78509,0942	8552,4077	0,109	
	A3-F3	15,30	12,24	15,092	13,234	760,337	675,951	10342,052	78509,0942	8552,4077	0,109	
	A4-F4	15,30	12,24	15,092	13,234	760,337	675,951	10342,052	78509,0942	8552,4077	0,109	
	A5-C5	15,30	12,24	6,3	6,617	1821,429	1619,240	24774,377	187560,8131	8552,4077	0,046	
	D5-F5	15,30	12,24	6,3	6,617	1821,429	1619,240	24774,377	187560,8131	8552,4077	0,046	
3	A1-F1	18,36	15,30	15,092	13,234	929,300	844,934	15512,989	68167,0424	5447,2686	0,080	0,3866
	A2-F2	18,36	15,30	15,092	13,234	929,300	844,934	15512,989	68167,0424	5447,2686	0,080	
	A3-F3	18,36	15,30	15,092	13,234	929,300	844,934	15512,989	68167,0424	5447,2686	0,080	
	A4-F4	18,36	15,30	15,092	13,234	929,300	844,934	15512,989	68167,0424	5447,2686	0,080	
	A5-C5	18,36	15,30	6,3	6,617	2226,190	2024,041	37161,388	162786,4364	5447,2686	0,033	
	D5-F5	18,36	15,30	6,3	6,617	2226,190	2024,041	37161,388	162786,4364	5447,2686	0,033	

• Tab. IV.5. Inertie fictive des portiques longitudinaux (suite) :

Niveau	Portique	M_n	M_{n+1}	10^{-4} $\sum K_{tn}$	10^{-4} $\sum K_{pn}$	$E\theta_n$	$E\Psi_n$	$E\Delta_n$	$D_n = \sum E\Delta_n$	$F_n EI$	I_{en}	$\sum I_{en}$
2	A1-F1	21,86	18,36	15,092	13,234	1110,412	1019,994	22297,061	52654,0531	2940,427	0,056	0,2702
	A2-F2	21,86	18,36	15,092	13,234	1110,412	1019,994	22297,061	52654,0531	2940,427	0,056	
	A3-F3	21,86	18,36	15,092	13,234	1110,412	1019,994	22297,061	52654,0531	2940,427	0,056	
	A4-F4	21,86	18,36	15,092	13,234	1110,412	1019,994	22297,061	52654,0531	2940,427	0,056	
	A5-C5	21,86	18,36	6,3	6,617	2660,053	2443,397	53412,658	125625,0483	2940,427	0,023	
	D5-F5	21,86	18,36	6,3	6,617	2660,053	2443,397	53412,658	125625,0483	2940,427	0,023	
1	A1-F1	25,94	21,86	15,092	13,234	1229,816	1170,277	30356,992	30356,9920	919,88	0,030	0,1467
	A2-F2	25,94	21,86	15,092	13,234	1229,816	1170,277	30356,992	30356,9920	919,88	0,030	
	A3-F3	25,94	21,86	15,092	13,234	1229,816	1170,277	30356,992	30356,9920	919,88	0,030	
	A4-F4	25,94	21,86	15,092	13,234	1229,816	1170,277	30356,992	30356,9920	919,88	0,030	
	A5-C5	25,94	21,86	6,3	6,617	2906,941	2783,824	72212,390	72212,3900	919,88	0,013	
	D5-F5	25,94	21,86	6,3	6,617	2906,941	2783,824	72212,390	72212,3900	919,88	0,013	

• Tab. IV. 6 : Inertie fictive des portiques transversaux :

Niveau	Portique	M_n	M_{n+1}	$10^{-4} \sum K_{in}$	$10^{-4} \sum K_{pn}$	$E\theta_n$	$E\Psi_n$	$E\Delta_n$	$Dn=\sum E\Delta_n$	F_nEI	I_{en}	$\sum I_{en}$
8	A1-A5	3,06	0,00	17,728	11,029	71,920	35,983	110,109	75145,7185	27229,356	0,362	2,1741
	B1-B5	3,06	0,00	17,728	11,029	71,920	35,983	110,109	75145,7185	27229,356	0,362	
	C1-C5	3,06	0,00	17,728	11,029	71,920	35,983	110,109	75145,7185	27229,356	0,362	
	D1-D5	3,06	0,00	17,728	11,029	71,920	35,983	110,109	75145,7185	27229,356	0,362	
	E1-E5	3,06	0,00	17,728	11,029	71,920	35,983	110,109	75145,7185	27229,356	0,362	
	F1-F5	3,06	0,00	17,728	11,029	71,920	35,983	110,109	75145,7185	27229,356	0,362	
7	A1-A5	6,12	3,06	17,728	11,029	215,760	143,886	880,585	75035,6099	21451,056	0,286	1,7153
	B1-B5	6,12	3,06	17,728	11,029	215,760	143,886	880,585	75035,6099	21451,056	0,286	
	C1-C5	6,12	3,06	17,728	11,029	215,760	143,886	880,585	75035,6099	21451,056	0,286	
	D1-D5	6,12	3,06	17,728	11,029	215,760	143,886	880,585	75035,6099	21451,056	0,286	
	E1-E5	6,12	3,06	17,728	11,029	215,760	143,886	880,585	75035,6099	21451,056	0,286	
	F1-F5	6,12	3,06	17,728	11,029	215,760	143,886	880,585	75035,6099	21451,056	0,286	
6	A1-A5	9,18	6,12	17,728	11,029	359,601	287,750	2641,544	74155,0246	16497,651	0,222	1,3349
	B1-B5	9,18	6,12	17,728	11,029	359,601	287,750	2641,544	74155,0246	16497,651	0,222	
	C1-C5	9,18	6,12	17,728	11,029	359,601	287,750	2641,544	74155,0246	16497,651	0,222	
	D1-D5	9,18	6,12	17,728	11,029	359,601	287,750	2641,544	74155,0246	16497,651	0,222	
	E1-E5	9,18	6,12	17,728	11,029	359,601	287,750	2641,544	74155,0246	16497,651	0,222	
	F1-F5	9,18	6,12	17,728	11,029	359,601	287,750	2641,544	74155,0246	16497,651	0,222	

• Tab. IV. 7 : Inertie fictive des portiques transversaux (suite) :

Niveau	Portique	M_n	M_{n+1}	$10^{-4} \sum K_{tn}$	$10^{-4} \sum K_{pn}$	$E\theta_n$	$E\Psi_n$	$E\Delta_n$	$D_n = \sum E\Delta_n$	$F_n EI$	I_{en}	$\sum I_{en}$
5	A1-A5	12,24	9,18	17,728	11,029	503,441	431,613	5282,946	71513,4808	12226,536	0,171	1,0258
	B1-B5	12,24	9,18	17,728	11,029	503,441	431,613	5282,946	71513,4808	12226,536	0,171	
	C1-C5	12,24	9,18	17,728	11,029	503,441	431,613	5282,946	71513,4808	12226,536	0,171	
	D1-D5	12,24	9,18	17,728	11,029	503,441	431,613	5282,946	71513,4808	12226,536	0,171	
	E1-E5	12,24	9,18	17,728	11,029	503,441	431,613	5282,946	71513,4808	12226,536	0,171	
	F1-F5	12,24	9,18	17,728	11,029	503,441	431,613	5282,946	71513,4808	12226,536	0,171	
4	A1-A5	15,30	12,24	17,728	20,433	647,281	575,423	8803,978	66230,5347	8552,4077	0,129	0,7748
	B1-B5	15,30	12,24	17,728	20,433	647,281	575,423	8803,978	66230,5347	8552,4077	0,129	
	C1-C5	15,30	12,24	17,728	20,433	647,281	575,423	8803,978	66230,5347	8552,4077	0,129	
	D1-D5	15,30	12,24	17,728	20,433	647,281	575,423	8803,978	66230,5347	8552,4077	0,129	
	E1-E5	15,30	12,24	17,728	20,433	647,281	575,423	8803,978	66230,5347	8552,4077	0,129	
	F1-F5	15,30	12,24	17,728	20,433	647,281	575,423	8803,978	66230,5347	8552,4077	0,129	
3	A1-A5	18,36	15,30	17,728	20,433	791,121	719,276	13205,910	57426,5565	5447,2686	0,095	0,5691
	B1-B5	18,36	15,30	17,728	20,433	791,121	719,276	13205,910	57426,5565	5447,2686	0,095	
	C1-C5	18,36	15,30	17,728	20,433	791,121	719,276	13205,910	57426,5565	5447,2686	0,095	
	D1-D5	18,36	15,30	17,728	20,433	791,121	719,276	13205,910	57426,5565	5447,2686	0,095	
	E1-E5	18,36	15,30	17,728	20,433	791,121	719,276	13205,910	57426,5565	5447,2686	0,095	
	F1-F5	18,36	15,30	17,728	20,433	791,121	719,276	13205,910	57426,5565	5447,2686	0,095	

• Tab. IV .8 : Inertie fictive des portiques transversaux (suite) :

Niveau	Portique	M_n	M_{n+1}	$10^{-4} \sum K_{tn}$	$10^{-4} \sum K_{pn}$	$E\theta_n$	$E\Psi_n$	$E\Delta_n$	$D_n = \sum E\Delta_n$	$F_n EI$	I_{en}	$\sum I_{en}$
2	A1-A5	21,86	18,36	17,728	17,85	945,3	868,31	18981	44220,647	2940,4	0,066	0,399
	B1-B5	21,86	18,36	17,728	17,85	945,3	868,31	18981	44220,647	2940,4	0,066	
	C1-C5	21,86	18,36	17,728	17,85	945,3	868,31	18981	44220,647	2940,4	0,066	
	D1-D5	21,86	18,36	17,728	17,85	945,3	868,31	18981	44220,647	2940,4	0,066	
	E1-E5	21,86	18,36	17,728	17,85	945,3	868,31	18981	44220,647	2940,4	0,066	
	F1-F5	21,86	18,36	17,728	17,85	945,3	868,31	18981	44220,647	2940,4	0,066	
1	A1-A5	25,94	21,86	17,728	26,143	1000,5	972,99	25239	25239,296	919,88	0,036	0,2187
	B1-B5	25,94	21,86	17,728	26,143	1000,5	972,99	25239	25239,296	919,88	0,036	
	C1-C5	25,94	21,86	17,728	26,143	1000,5	972,99	25239	25239,296	919,88	0,036	
	D1-D5	25,94	21,86	17,728	26,143	1000,5	972,99	25239	25239,296	919,88	0,036	
	E1-E5	25,94	21,86	17,728	26,143	1000,5	972,99	25239	25239,296	919,88	0,036	
	F1-F5	25,94	21,86	17,728	26,143	1000,5	972,99	25239	25239,296	919,88	0,036	

Les inerties des portiques sont résumées dans le tableau suivant:

- **Tab. IV .9 : Inerties fictives des portiques par niveaux :**

Niveaux	1	2	3	4	5	6	7	8
Sens XX	0,1467	0,2702	0,3866	0,5269	0,6981	0,9087	1,1678	1,4802
Sens yy	0,2187	0,399	0,5691	0,7748	1,0258	1,3349	1,7153	2,1741

	Somme	Moyenne
Sens XX	5,5852	0,6982
Sens yy	8,2117	1,0265

- ❖ **Tab. IV .10 : Comparaison des inerties des voiles à celles des portiques :**

	inertie moyenne des portiques	inertie moyenne des voiles	Inertie totale	%des voiles	%des portiques
Sens XX	0,6982	0,64582	1,3440	48,0514	51,9486
Sens yy	1,0265	1,98608	3,0126	65,9262	34,0738

➤ **Sens longitudinal :**

- ❖ Le pourcentage de l'inertie fictive des portiques par rapport à l'inertie totale est de 51,9486%
- ❖ Le pourcentage de l'inertie des voiles par rapport à l'inertie totale est de 48,0514%.

➤ **Sens transversal:**

- ❖ Le pourcentage de l'inertie fictive des portiques par rapport à l'inertie totale est de 34,0738%.
- ❖ Le pourcentage de l'inertie des voiles par rapport à l'inertie totale est de 65,9262 %.

Conclusion : D'après les résultats obtenus ci-dessus ; on a constaté que le contreventement est assuré par les voiles et les portiques (contreventement mixte).

Le RPA prescrit pour ce système de contreventement les recommandations suivantes :

Les voiles de contreventement doivent reprendre au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales.

- Les charges horizontales sont reprises conjointement par les voiles et les portiques proportionnellement à leurs rigidités relatives ainsi que les sollicitations résultants de leurs interactions à tous les niveaux.
- Les portiques doivent reprendre, outre les sollicitations dues aux charges verticales au moins 25% de l'effort tranchant d'étage.

IV.11. Détermination du centre de masse de la structure :

Les coordonnées du centre de masse sont données par les relations suivantes :

$$X_M = \frac{\sum_1^n M_i \cdot X_i}{\sum_1^n M_i} \quad ; \quad Y_M = \frac{\sum_1^n M_i \cdot Y_i}{\sum_1^n M_i}$$

Avec :

M_i : la masse de l'élément (i).

X_i, Y_i : Coordonnées du CDG de l'élément considéré par rapport au repère choisi.

- **Centre de masse des voiles :**
 - Pour les étages 7, 6, 5, 4,3 et 2 :

❖ **Tab. IV .12 : centre de masse des voiles des étages courants :**

voiles	he(m)	Li(m)	e(m)	Vi (m³)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
VL1	3,06	1,5	0,2	0,92	2,3	13,55	31,1	0,1	0,23
VL2	3,06	1,5	0,2	0,92	2,3	7,15	16,41	0,1	0,23
VL3	3,06	2	0,2	1,22	3,06	16,4	50,18	7,65	23,41
VL4	3,06	2	0,2	1,22	3,06	4,3	13,16	7,65	23,41
VL5	3,06	2	0,2	1,22	3,06	13,8	42,23	16,5	50,49
VL6	3,06	2	0,2	1,22	3,06	6,15	18,82	16,5	50,49
VT1	3,06	3,1	0,2	1,96	4,9	20,9	102,33	1,75	8,57
VT2	3,06	3,1	0,2	1,96	4,9	20,9	102,33	14,25	69,77
VT3	3,06	3,1	0,2	1,96	4,9	0,1	0,49	1,75	8,57
VT4	3,06	3,1	0,2	1,96	4,9	0,1	0,49	14,25	69,77
					36,41		377,53		304,93

X_M	Y_M
10,36	8,37

❖ Tab. IV .13 : centre de masse des voiles du 1^{er} étage :

voiles	he(m)	Li(m)	e(m)	Vi(m ³)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
VL1	3,5	1,5	0,2	1,05	2,63	13,55	35,57	0,1	0,26
VL2	3,5	1,5	0,2	1,05	2,63	7,15	18,77	0,1	0,26
VL3	3,5	2	0,2	1,4	3,5	16,4	57,4	7,65	26,78
VL4	3,5	2	0,2	1,4	3,5	4,3	15,05	7,65	26,78
VL5	3,5	2	0,2	1,4	3,5	13,8	48,3	16,5	57,75
VL6	3,5	2	0,2	1,4	3,5	6,15	21,53	16,5	57,75
VT1	3,5	3,1	0,2	2,24	5,6	20,9	117,04	1,75	9,8
VT2	3,5	3,1	0,2	2,24	5,6	20,9	117,04	14,25	79,8
VT3	3,5	3,1	0,2	2,24	5,6	0,1	0,56	1,75	9,8
VT4	3,5	3,1	0,2	2,24	5,6	0,1	0,56	14,25	79,8
					41,65		431,81		348,78

X _M	Y _M
10,36	8,37

❖ Tab. IV .14 : centre de masse des voiles de RDC :

voiles	he(m)	Li(m)	e(m)	Vi(m ³)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
VL1	4,08	1,5	0,2	1,22	3,06	13,55	41,46	0,1	0,31
VL2	4,08	1,5	0,2	1,22	3,06	7,15	21,88	0,1	0,31
VL3	4,08	2	0,2	1,63	4,08	16,4	66,91	7,65	31,21
VL4	4,08	2	0,2	1,63	4,08	4,3	17,54	7,65	31,21
VL5	4,08	2	0,2	1,63	4,08	13,8	56,3	16,5	67,32
VL6	4,08	2	0,2	1,63	4,08	6,15	25,09	16,5	67,32
VT1	4,08	3,1	0,2	2,61	6,53	20,9	136,44	1,75	11,42
VT2	4,08	3,1	0,2	2,61	6,53	20,9	136,44	14,25	93,02
VT3	4,08	3,1	0,2	2,61	6,53	0,1	0,65	1,75	11,42
VT4	4,08	3,1	0,2	2,61	6,53	0,1	0,65	14,25	93,02
					48,55		503,37		406,57

X _M	Y _M
10,36	8,37

❖ Tab. IV .15: centre de masse des poutres principales :

Elément	Li(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
PP1	3,2	9,6	0,15	1,44	1,9	18,24
PP2	3,7	11,1	0,15	1,665	5,15	57,165
PP3	4,7	14,1	0,15	2,115	9,65	136,065
PP4	3,2	9,6	0,15	1,44	11,4	109,44
PP5	3,2	9,6	3,15	30,24	1,9	18,24
PP6	3,7	11,1	3,15	34,965	5,15	57,165
PP7	4,7	14,1	3,15	44,415	9,65	136,065
PP8	3,2	9,6	3,15	30,24	11,4	109,44
PP9	3,2	9,6	8,05	77,28	1,9	18,24
PP10	3,7	11,1	8,05	89,355	5,15	57,165
PP11	4,7	14,1	8,05	113,51	9,65	136,065
PP12	3,2	9,6	8,05	77,28	11,4	109,44
PP13	3,2	9,6	12,65	121,44	1,9	18,24
PP14	3,7	11,1	12,65	140,42	5,15	57,165
PP15	4,7	14,1	12,65	178,37	9,65	136,065
PP16	3,2	9,6	12,65	121,44	11,4	109,44
PP17	3,2	9,6	17,55	168,48	1,9	18,24
PP18	3,7	11,1	17,55	194,81	5,15	57,165
PP19	4,7	14,1	17,55	247,46	9,65	136,065
PP20	3,2	9,6	17,55	168,48	11,4	109,44
PP21	3,2	9,6	20,55	197,28	1,9	18,24
PP22	3,7	11,1	20,55	228,11	5,15	57,165
PP23	4,7	14,1	20,55	289,76	9,65	136,065
PP24	3,2	9,6	20,55	197,28	11,4	109,44
		266,4		2757,2		1925,46

X_M	Y_M
10,35	7,22

❖ Tab. IV .16: centre de masse des poutres secondaires :

Elément	Li(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
PS1	2,7	8,1	1,65	13,365	0,15	1,215
PS2	4,6	13,8	5,6	77,28	0,15	2,07
PS3	4,3	12,9	7,9	101,91	0,15	1,935
PS4	4,6	13,8	10,35	142,83	0,15	2,07
PS5	2,7	8,1	11,85	95,985	0,15	1,215
PS6	2,7	8,1	1,65	13,365	3,65	29,565
PS7	4,6	13,8	5,6	77,28	3,65	50,37
PS8	4,3	12,9	7,9	101,91	3,65	47,085
PS9	4,6	13,8	10,35	142,83	3,65	50,37
PS10	2,7	8,1	11,85	95,985	3,65	29,565
PS11	2,7	8,1	1,65	13,365	8,65	70,065
PS12	4,6	13,8	5,6	77,28	8,65	119,37
PS13	4,3	12,9	7,9	101,91	8,65	111,585
PS14	4,6	13,8	10,35	142,83	8,65	119,37
PS15	2,7	8,1	11,85	95,985	8,65	70,065
PS16	2,7	8,1	1,65	13,365	13,65	110,565
PS17	4,6	13,8	5,6	77,28	13,65	188,37
PS18	4,3	12,9	7,9	101,91	13,65	176,085
PS19	4,6	13,8	10,35	142,83	13,65	188,37
PS20	2,7	8,1	11,85	95,985	13,65	110,565
PS21	4,6	13,8	1,65	22,77	17,15	236,67
PS22	4,3	12,9	5,6	72,24	17,15	221,235
PS23	4,6	13,8	10,35	142,83	17,15	236,67
PS24	2,7	8,1	11,85	95,985	17,15	138,915
		275,4		2059,3		2313,36

X_M	Y_M
7,47	8,40

❖ Tab. IV .17 : Centre de masse poteaux :

- Pour les niveaux 3 et 2 :

Portiques	poteaux	hi(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
1-1	A	3,06	0,6885	0,15	0,10328	0,15	0,10328
	B	3,06	0,6885	3,15	2,16878	0,15	0,10328
	C	3,06	0,6885	8,05	5,54243	0,15	0,10328
	D	3,06	0,6885	12,65	8,70953	0,15	0,10328
	E	3,06	0,6885	17,55	12,0832	0,15	0,10328
	F	3,06	0,6885	20,55	14,1487	0,15	0,10328
2-2	A	3,06	0,6885	0,15	0,10328	3,65	2,51303
	B	3,06	0,6885	3,15	2,16878	3,65	2,51303
	C	3,06	0,6885	8,05	5,54243	3,65	2,51303
	D	3,06	0,6885	12,65	8,70953	3,65	2,51303
	E	3,06	0,6885	17,55	12,0832	3,65	2,51303
	F	3,06	0,6885	20,55	14,1487	3,65	2,51303
3-3	A	3,06	0,6885	0,15	0,10328	7,65	5,26703
	B	3,06	0,6885	3,15	2,16878	7,65	5,26703
	C	3,06	0,6885	8,05	5,54243	7,65	5,26703
	D	3,06	0,6885	12,65	8,70953	7,65	5,26703
	E	3,06	0,6885	17,55	12,0832	7,65	5,26703
	F	3,06	0,6885	20,55	14,1487	7,65	5,26703
4-4	A	3,06	0,6885	0,15	0,10328	12,65	8,70953
	B	3,06	0,6885	3,15	2,16878	12,65	8,70953
	C	3,06	0,6885	8,05	5,54243	12,65	8,70953
	D	3,06	0,6885	12,65	8,70953	12,65	8,70953
	E	3,06	0,6885	17,55	12,0832	12,65	8,70953
	F	3,06	0,6885	20,55	14,1487	12,65	8,70953
5-5	A	3,06	0,6885	0,15	0,10328	16,15	11,1193
	B	3,06	0,6885	3,15	2,16878	16,15	11,1193
	C	3,06	0,6885	8,05	5,54243	16,15	11,1193
	D	3,06	0,6885	12,65	8,70953	16,15	11,1193
	E	3,06	0,6885	17,55	12,0832	16,15	11,1193
	F	3,06	0,6885	20,55	14,1487	16,15	11,1193
			20,655		213,779		166,273

X_M	Y_M
10,4	8,035

❖ Tab. IV .18 : Centre de masse des poteaux (niveaux 3 et2) :

Portiques	poteaux	hi(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
1-1	A	3,06	0,93713	0,175	0,164	0,175	0,164
	B	3,06	0,93713	3,225	3,02223	0,175	0,164
	C	3,06	0,93713	8,175	7,661	0,175	0,164
	D	3,06	0,93713	12,825	12,0186	0,175	0,164
	E	3,06	0,93713	17,475	16,3763	0,175	0,164
	F	3,06	0,93713	20,525	19,2345	0,175	0,164
2-2	A	3,06	0,93713	0,175	0,164	3,55	3,32679
	B	3,06	0,93713	3,225	3,02223	3,55	3,32679
	C	3,06	0,93713	8,175	7,661	3,55	3,32679
	D	3,06	0,93713	12,825	12,0186	3,55	3,32679
	E	3,06	0,93713	17,475	16,3763	3,55	3,32679
	F	3,06	0,93713	20,525	19,2345	3,55	3,32679
3-3	A	3,06	0,93713	0,175	0,164	7,6	7,12215
	B	3,06	0,93713	3,225	3,02223	7,6	7,12215
	C	3,06	0,93713	8,175	7,661	7,6	7,12215
	D	3,06	0,93713	12,825	12,0186	7,6	7,12215
	E	3,06	0,93713	17,475	16,3763	7,6	7,12215
	F	3,06	0,93713	20,525	19,2345	7,6	7,12215
4-4	A	3,06	0,93713	0,175	0,164	12,65	11,8546
	B	3,06	0,93713	3,225	3,02223	12,65	11,8546
	C	3,06	0,93713	8,175	7,661	12,65	11,8546
	D	3,06	0,93713	12,825	12,0186	12,65	11,8546
	E	3,06	0,93713	17,475	16,3763	12,65	11,8546
	F	3,06	0,93713	20,525	19,2345	12,65	11,8546
5-5	A	3,06	0,93713	0,175	0,164	16,2	15,1814
	B	3,06	0,93713	3,225	3,02223	16,2	15,1814
	C	3,06	0,93713	8,175	7,661	16,2	15,1814
	D	3,06	0,93713	12,825	12,0186	16,2	15,1814
	E	3,06	0,93713	17,475	16,3763	16,2	15,1814
	F	3,06	0,93713	20,525	19,2345	16,2	15,1814
			28,1138		292,383		225,894

X_M	Y_M
10,4	8,03

❖ Tab. IV .19 : Centre de masse de niveau 1 :

Portiques	poteaux	hi(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
1-1	A	3,5	1,07188	0,175	0,18758	0,175	0,18758
	B	3,5	1,07188	3,225	3,4568	0,175	0,18758
	C	3,5	1,07188	8,175	8,76258	0,175	0,18758
	D	3,5	1,07188	12,825	13,7468	0,175	0,18758
	E	3,5	1,07188	17,475	18,731	0,175	0,18758
	F	3,5	1,07188	20,525	22,0002	0,175	0,18758
2-2	A	3,5	1,07188	0,175	0,18758	3,55	3,80516
	B	3,5	1,07188	3,225	3,4568	3,55	3,80516
	C	3,5	1,07188	8,175	8,76258	3,55	3,80516
	D	3,5	1,07188	12,825	13,7468	3,55	3,80516
	E	3,5	1,07188	17,475	18,731	3,55	3,80516
	F	3,5	1,07188	20,525	22,0002	3,55	3,80516
3-3	A	3,5	1,07188	0,175	0,18758	7,6	8,14625
	B	3,5	1,07188	3,225	3,4568	7,6	8,14625
	C	3,5	1,07188	8,175	8,76258	7,6	8,14625
	D	3,5	1,07188	12,825	13,7468	7,6	8,14625
	E	3,5	1,07188	17,475	18,731	7,6	8,14625
	F	3,5	1,07188	20,525	22,0002	7,6	8,14625
4-4	A	3,5	1,07188	0,175	0,18758	12,65	13,5592
	B	3,5	1,07188	3,225	3,4568	12,65	13,5592
	C	3,5	1,07188	8,175	8,76258	12,65	13,5592
	D	3,5	1,07188	12,825	13,7468	12,65	13,5592
	E	3,5	1,07188	17,475	18,731	12,65	13,5592
	F	3,5	1,07188	20,525	22,0002	12,65	13,5592
5-5	A	3,5	1,07188	0,175	0,18758	16,2	17,3644
	B	3,5	1,07188	3,225	3,4568	16,2	17,3644
	C	3,5	1,07188	8,175	8,76258	16,2	17,3644
	D	3,5	1,07188	12,825	13,7468	16,2	17,3644
	E	3,5	1,07188	17,475	18,731	16,2	17,3644
	F	3,5	1,07188	20,525	22,0002	16,2	17,3644
			32,1563		334,425		258,375

X_M	Y_M
10,4	8,035

❖ Tab. IV .20 : Centre de masse de RDC:

Portiques	poteaux	hi(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
1-1	A	4,08	1,632	0,2	0,3264	0,2	0,18758
	B	4,08	1,632	3,3	5,3856	0,2	0,18758
	C	4,08	1,632	8,3	13,5456	0,2	0,18758
	D	4,08	1,632	13	21,216	0,2	0,18758
	E	4,08	1,632	18	29,376	0,2	0,18758
	F	4,08	1,632	21,1	34,4352	0,2	0,18758
2-2	A	4,08	1,632	0,2	0,3264	3,8	3,80516
	B	4,08	1,632	3,3	5,3856	3,8	3,80516
	C	4,08	1,632	8,3	13,5456	3,8	3,80516
	D	4,08	1,632	13	21,216	3,8	3,80516
	E	4,08	1,632	18	29,376	3,8	3,80516
	F	4,08	1,632	21,1	34,4352	3,8	3,80516
3-3	A	4,08	1,632	0,2	0,3264	7,9	8,14625
	B	4,08	1,632	3,3	5,3856	7,9	8,14625
	C	4,08	1,632	8,3	13,5456	7,9	8,14625
	D	4,08	1,632	13	21,216	7,9	8,14625
	E	4,08	1,632	18	29,376	7,9	8,14625
	F	4,08	1,632	21,1	34,4352	7,9	8,14625
4-4	A	4,08	1,632	0,2	0,3264	13	13,5592
	B	4,08	1,632	3,3	5,3856	13	13,5592
	C	4,08	1,632	8,3	13,5456	13	13,5592
	D	4,08	1,632	13	21,216	13	13,5592
	E	4,08	1,632	18	29,376	13	13,5592
	F	4,08	1,632	21,1	34,4352	13	13,5592
5-5	A	4,08	1,632	0,2	0,3264	16,6	17,3644
	B	4,08	1,632	3,3	5,3856	16,6	17,3644
	C	4,08	1,632	8,3	13,5456	16,6	17,3644
	D	4,08	1,632	13	21,216	16,6	17,3644
	E	4,08	1,632	18	29,376	16,6	17,3644
	F	4,08	1,632	21,1	34,4352	16,6	17,3644
			48,96		521,424		258,375

X_M	Y_M
10,65	5,27

❖ Tab. IV .21 : Centre de plancher terrasse:

Elément	Si (m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
1	8,64	50,717	1,65	1,9	83,6827	96,36192
2	14,72	86,406	5,6	1,9	483,876	164,1722
3	13,76	80,771	11,25	1,9	908,676	153,4653
4	14,72	86,406	15,1	1,9	1304,74	164,1722
5	8,64	50,717	19,05	1,9	966,155	96,36192
6	9,99	58,641	1,65	5,65	96,7581	331,3233
7	17,02	99,907	5,6	5,65	559,481	564,4768
8	15,91	93,392	11,25	5,65	1050,66	527,6631
9	17,02	99,907	15,1	5,65	1508,6	564,4768
10	9,99	58,641	19,05	5,65	1117,12	331,3233
11	12,69	74,49	1,65	10,15	122,909	756,0765
12	21,62	126,91	5,6	10,15	710,693	1288,13
13	20,21	118,63	11,25	10,15	1334,62	1204,122
14	21,62	126,91	15,1	10,15	1916,33	1288,13
15	12,69	74,49	19,05	10,15	1419,04	756,0765
16	8,64	50,717	1,65	12,05	83,6827	611,1374
17	14,72	86,406	5,6	12,05	483,876	1041,197
18	14,72	86,406	15,1	12,05	1304,74	1041,197
19	8,64	50,717	19,05	12,05	966,155	611,1374
		1561,2			16421,8	11591,00

X _M	Y _M
10,51	7,42

❖ Tab. IV .22: Centre de masse de RDC et de l'étage courant :

Elément	Si (m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
1	8,64	45,274	1,65	1,9	74,7014	86,01984
2	14,72	77,133	5,6	1,9	431,944	146,5523
3	13,76	72,102	11,25	1,9	811,152	136,9946
4	14,72	77,133	15,1	1,9	1164,71	146,5523
5	8,64	45,274	19,05	1,9	862,462	86,01984
6	9,99	52,348	1,65	5,65	86,3735	295,7639
7	17,02	89,185	5,6	5,65	499,435	503,8941
8	15,91	83,368	11,25	5,65	937,895	471,0315
9	17,02	89,185	15,1	5,65	1346,69	503,8941
10	9,99	52,348	19,05	5,65	997,222	295,7639
11	12,69	66,496	1,65	10,15	109,718	674,9303
12	21,62	113,29	5,6	10,15	634,417	1149,881
13	20,21	105,9	11,25	10,15	1191,38	1074,889
14	21,62	113,29	15,1	10,15	1710,66	1149,881
15	12,69	66,496	19,05	10,15	1266,74	674,9303
16	8,64	45,274	1,65	12,05	74,7014	545,5469
17	14,72	77,133	5,6	12,05	431,944	929,4502
18	14,72	77,133	15,1	12,05	1164,71	929,4502
19	8,64	45,274	19,05	12,05	862,462	545,5469
		1393,6			14659,3	10346,99

X _M	Y _M
10,51	7,42

❖ Tab. IV .23: Centre de masse des murs extérieurs de l'étage courant :

Elément	Li(m)	hi(m)	Si (m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
1	2,7	2,82	7,614	17,969	2,8	0,125	50,3133	2,246125
2	4,6	2,82	12,972	30,6139	6,75	0,125	206,644	3,826738
3	4,3	2,82	12,126	28,6174	11,45	0,125	327,669	3,577175
4	4,6	2,82	12,972	30,6139	15,1	0,125	462,27	3,826738
5	2,7	2,82	7,614	17,969	19,05	0,125	342,31	2,246125
6	3,2	2,82	9,024	21,2966	1,425	1,85	30,3477	39,39871
7	3,2	2,82	9,024	21,2966	22,025	1,85	469,059	39,39871
8	3,7	2,82	10,434	24,6242	0,125	5,6	3,078	137,8955
9	3,7	2,82	10,434	24,6242	23,45	5,6	577,438	137,8955
10	4,7	2,82	13,254	31,2794	0,125	12,8	3,9099	400,3763
11	3,2	2,82	9,024	21,2966	23,45	12,8	499,406	272,5965
12	3,2	2,82	9,024	21,2966	1,425	17,05	30,3477	363,107
13	3,2	2,82	9,024	21,2966	9,175	17,05	195,397	363,107
14	3,2	2,82	9,024	21,2966	13,725	17,05	292,296	363,107
15	4,3	2,82	12,126	28,6174	11,45	17,05	327,669	487,9267
16	3,2	2,82	9,024	21,2966	22,025	18,77	469,059	352,8847
17	2,7	2,82	7,614	17,969	2,8	18,77	50,3133	297,7463
18	4,6	2,82	12,972	30,6139	6,75	15,3	206,644	404,7158
19	4,6	2,82	12,972	30,6139	15,1	18,77	462,27	507,2723
20	2,7	2,82	7,614	17,969	19,05	18,77	342,31	297,7463
				481,17			5348,75	4480,897

X _M	Y _M
11,11	9,31

❖ Tab. IV .24: Centre de masse des murs extérieurs de l'étage de service :

Elément	Li(m)	hi(m)	Si (m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
1	2,7	3,26	8,802	20,7727	2,8	0,125	58,1636	2,5966
2	4,6	3,26	14,996	35,3906	6,75	0,125	238,886	4,4238
3	4,3	3,26	14,018	33,0825	11,45	0,125	378,794	4,1353
4	4,6	3,26	14,996	35,3906	15,1	0,125	534,398	4,4238
5	2,7	3,26	8,802	20,7727	19,05	0,125	395,72	2,5966
6	3,2	3,26	10,432	24,6195	1,425	1,85	35,0828	45,5461
7	3,2	3,26	10,432	24,6195	22,025	1,85	542,245	45,5461
8	3,7	3,26	12,062	28,4663	0,125	5,6	3,5583	159,4113
9	3,7	3,26	12,062	28,4663	23,45	5,6	667,535	159,4113
10	4,7	3,26	15,322	36,1599	0,125	12,8	4,52	462,8467
11	3,2	3,26	10,432	24,6195	23,45	12,8	577,328	315,1296
12	3,2	3,26	10,432	24,6195	1,425	17,05	35,0828	419,7625
13	3,2	3,26	10,432	24,6195	9,175	17,05	225,884	419,7625
14	3,2	3,26	10,432	24,6195	13,725	17,05	337,903	419,7625
15	4,3	3,26	14,018	33,0825	11,45	17,05	378,794	564,0566
16	3,2	3,26	10,432	24,6195	22,025	18,77	542,245	462,108
17	2,7	3,26	8,802	20,7727	2,8	18,77	58,1636	389,9036
18	4,6	3,26	14,996	35,3906	6,75	15,3	238,886	541,4762
19	4,6	3,26	14,996	35,3906	15,1	18,77	534,398	664,2816
20	2,7	3,26	8,802	20,7727	19,05	18,77	395,72	389,9036
				556,247			6183,31	5477,084

X _M	Y _M
11,11	9,84

❖ Tab. IV .25: Centre de masse des murs extérieurs de RDC :

Elément	Li(m)	hi(m)	Si (m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
1	2,7	3,84	10,368	24,468	2,8	0,125	68,5117	3,0586
2	4,6	3,84	17,664	41,687	6,75	0,125	281,388	5,2109
3	4,3	3,84	16,512	38,968	11,45	0,125	446,187	4,871
4	4,6	3,84	17,664	41,687	15,1	0,125	629,474	5,2109
5	2,7	3,84	10,368	24,468	19,05	0,125	466,125	3,0586
6	3,2	3,84	12,288	29	1,425	1,85	41,3245	55,0994
7	3,2	3,84	12,288	29	22,025	1,85	638,718	55,0994
8	3,7	3,84	14,208	33,531	1,425	5,6	47,7815	189,4495
9	3,7	3,84	14,208	33,531	22,025	5,6	738,518	189,4495
10	4,7	3,84	18,048	42,593	1,425	12,8	60,6954	432,3218
11	4,7	3,84	18,048	42,593	22,025	12,8	938,117	432,3218
12	3,2	3,84	12,288	29	1,425	17,05	41,3245	349,4461
13	3,2	3,84	12,288	29	9,175	17,05	266,072	349,4461
14	3,2	3,84	12,288	29	13,725	17,05	398,021	349,4461
15	3,2	3,84	12,288	29	22,025	17,05	638,718	366,121
16	2,7	3,84	10,368	24,468	2,8	18,77	68,5117	294,8452
17	4,6	3,84	17,664	41,687	6,75	18,77	281,388	490,8649
18	4,3	3,84	16,512	38,968	11,45	15,3	446,187	458,852
19	4,6	3,84	17,664	41,687	15,1	18,77	629,474	490,8649
20	2,7	3,84	10,368	24,468	19,05	18,77	466,125	288,1164
				668,804			7592,66	4813,154

X _M	Y _M
11,35	7,19

❖ Tab. IV .26: Centre de masse des balcons :

Elément	Si (m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
1	7,62	44,348	7,38	0,6	327,07	26,609
2	7,62	44,348	13,73	0,6	608,68	26,609
3	1,56	9,079	22,8	4,22	207,01	38,3142
4	1,56	9,079	22,8	13,22	207,01	120,027
5	1,56	9,079	0,6	4,22	5,4475	38,3142
6	1,56	9,079	0,6	13,22	5,4475	120,027
		125,01			1360,7	369,901

Xi	Yi
10,884	2,959

❖ Tab. IV .27: Centre de masse de l'acrotère :

Elément	Li(m)	Mi(KN)	Xi	MiXi	Yi	MiYi
1	3	5,138	2,8	14,385	0,05	0,2569
2	4,9	8,391	6,75	56,641	0,05	0,4196
3	4,6	7,878	11,45	90,197	0,05	0,3939
4	4,9	8,391	15,1	126,71	0,05	0,4196
5	3	5,138	19,05	97,869	0,05	0,2569
6	3,5	5,994	22,03	132,01	1,65	9,8897
7	4	6,85	22,03	150,87	5,4	36,99
8	5	8,563	22,03	188,59	9,9	84,7688
9	3,5	5,994	22,03	132,01	14,15	84,8116
10	3	5,138	19,05	97,869	15,8	81,1725
11	4,9	8,391	15,1	126,71	15,8	132,582
12	4,6	7,878	11,45	90,197	12,5	98,4688
13	4,9	8,391	6,75	56,641	15,8	132,582
14	3	5,138	2,8	14,385	15,8	81,1725
15	3,5	5,994	0,5	2,9969	14,15	84,8116
16	3,5	5,994	7,8	46,751	14,15	84,8116
17	3,5	5,994	12,4	74,323	14,15	84,8116
18	5	8,563	0,05	0,4281	9,9	84,7688
19	4	6,85	0,05	0,3425	5,4	36,99
20	3,5	5,994	0,05	0,2997	1,65	9,8897
		136,66			1500,2	1130,27

Xi	Yi
10,97	8,27

❖ Tab. IV .28: Centre de masse des escaliers :

Elément	Vi (m ³)	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
volée	0,516	1,29	12,05	3,2	15,545	4,128
palier	0,907	2,2675	10,4	0,6	23,582	1,3605
poutre palière	0,126	0,315	7,95	5,58	2,5043	1,7577
		3,8725			41,631	7,2462

Xi	Yi
10,75	1,87

❖ Tab. IV .29: Centre de masse de niveau terrasse :

Elément	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
voiles	36,41	10,36	8,37	377,486	304,9
poteaux	20,655	10,35	8,05	213,779	166,27
acrotère	136,658	10,97	8,27	1499,14	1130,2
poutres principales	266,4	10,35	7,48	2757,24	1992
poutres secondaires	275,4	7,48	8,4	2059,31	2313,4
plancher	1561,185	10,52	7,42	16421,8	11591
murs extérieurs	481,17	10,86	6,66	5223,58	3202,7
	2777,879			28552,3	20700

Xi	Yi
10,27	7,45

❖ Tab. IV .30: Centre de masse des niveaux 6,5 et 4 :

Elément	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
voiles	36,41	10,37	8,37	377,486	304,8955
poteaux	20,66	10,35	8,05	213,7793	166,2728
balcons	10,88	2,96	8,27	32,2047	90,0113
poutres principales	266,4	10,35	7,48	2757,24	1992,008
poutres secondaires	275,4	7,48	8,4	2059,305	2313,36
plancher	1561,19	10,52	7,42	16421,78	11591
murs extérieurs	481,17	10,86	6,66	5223,582	3202,684
escaliers	3,87	10,75	1,87	41,6308	7,2462
	2655,98			27127,01	19667,48

Xi	Yi
10,21	7,40

❖ Tab. IV .31: Centre de masse des niveaux 3et 2 :

Elément	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
voiles	36,41	10,37	8,37	377,486	304,8955
poteaux	28,114	10,4	8,04	292,383	225,894
balcons	10,884	2,96	8,27	32,2047	90,0113
poutres principales	266,4	10,35	7,48	2757,24	1992,008
poutres secondaires	275,4	7,48	8,4	2059,305	2313,36
plancher	1561,185	10,52	7,42	16421,78	11591
murs extérieurs	481,17	10,86	6,66	5223,582	3202,684
escaliers	3,873	10,75	1,87	41,6308	7,2462
	2663,436			27205,61	19727,1

Xi	Yi
10,21	7,40

❖ Tab. IV .32 : Centre de masse de niveau 1 :

Elément	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
voiles	41,65	10,37	8,37	431,8125	348,775
poteaux	32,156	10,65	8,3	342,4641	266,8969
balcons	10,884	2,96	8,27	32,2047	90,0113
poutres principales	266,4	10,35	7,48	2757,24	1992,008
poutres secondaires	275,4	7,48	8,4	2059,305	2313,36
plancher	556,247	11,12	9,85	6183,308	5477,084
murs extérieurs	481,17	10,86	6,66	5223,582	3202,684
escaliers	3,873	10,75	1,87	41,6308	7,2462
	1667,78			17071,55	13698,06

Xi	Yi
10,23	8,21

❖ Tab. IV .33 : Centre de masse de niveau de RDC :

Elément	Mi(KN)	Xi(m)	Yi(m)	MiXi	MiYi
voiles	41,65	10,37	8,37	431,8125	348,775
poteaux	48,96	10,4	8,04	509,184	393,3936
balcons	10,884	2,96	8,27	32,2047	90,0113
poutres principales	266,4	10,35	7,48	2757,24	1992,008
poutres secondaires	275,4	7,48	8,4	2059,305	2313,36
plancher	1393,63	10,52	7,42	14659,31	10346,99
murs extérieurs	668,804	11,35	7,2	7592,66	4813,154
escaliers	3,873	10,75	1,87	41,6308	7,2462
	2709,601			28083,35	20304,94

Xi	Yi
10,36	7,49

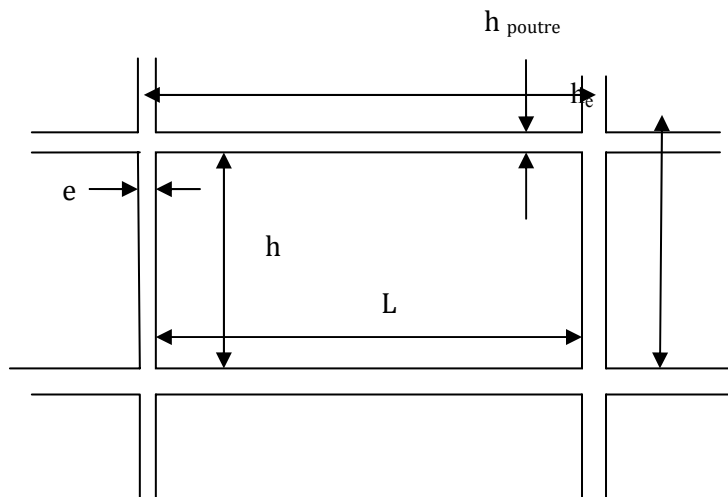
❖ Tab. IV .34 : Tableau récapitulatif :

niveaux	7	6, 5,4	3,2	1	RDC
Xi	10,27	10,21	10,21	10,24	10,36
Yi	7,45	7,40	7,40	8,21	7,49

IV.4. Caractéristiques géométriques :

1 .Rigidités des portiques :

La rigidité des portiques sera déterminée à l'aide de la méthode de « **MUTO** », utilisée pour le calcul des portiques sous charges horizontales. Elle utilise les rigidités relatives de niveau. Ainsi, la rigidité des poteaux est multipliée par un coefficient correcteur pour tenir compte de la flexibilité des poutres arrivants aux nœuds.



Avec :

- h : Hauteur entre nus des poutres égale à $h_0 - h_{poutre}$
- L : Longueur entre nus des poteaux égale à $l_0 - h_{pot}$.
- h_0 : Hauteur entre faces supérieures des planchers successifs.
- l_0 : Longueur entre axe des poteaux

$$l_c = L + \frac{1}{2} h_{poutre} \leq l_0 \quad (l_0: \text{Longueur de calcul de la poutre}).$$

$$h_c = h + \frac{1}{2} h_{poutre} \leq h_0 \quad (h_0: \text{Hauteur de calcul de poteau}).$$

a. Calcul des rigidités linéaires :

- ❖ La rigidité linéaire d'un poteau est : $K_{pot} = \frac{I_{pot}}{h_c}$
- ❖ La rigidité linéaire d'une poutre : $K_{pout} = \frac{I_{pout}}{l_c}$

b. Calcul des coefficients K (rigidités moyennes) :

- ❖ Cas d'étage courant : $\bar{K} = \frac{\sum K_{pout}(poutres\ sup. + poutres\ inf.)}{2K_{pot}}$
- ❖ Cas de RDC : $\bar{K} = \frac{\sum K_{pout}(poutres\ sup.)}{K_{pot}}$

c. Calcul des coefficients des rigidités des poteaux :

❖ Cas d'étage courant : $a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$

❖ Cas de RDC : $a = \frac{0.5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$ (poteaux encastres)

d. Calcul des rigidités des poteaux « i » au niveau « j » :

$$r_j^i = \frac{12E}{h_{cj}^2} a_j^i K_{pot}$$

E : module de déformation instantané du béton

$$E = 11000 \sqrt[3]{f_{c28}} = 32164.195 \text{ MPA}$$

e. Calcul de la rigidité d'un portique au niveau « j » :

$R_{jx} = \sum r_{jx}^i$ sens longitudinal

$R_{jy} = \sum r_{jy}^i$ sens transversal

❖ Tab. IV .35 : Les paramètres de calcul pour le Sens longitudinal :

Niveau	L(m)	h _{poutre}	Lc(m)	h(m)
7, 6, 5,4	2,7	0,35	2,88	2,71
	4,6	0,35	4,78	2,71
	4,3	0,35	4,48	2,71
	4,6	0,35	4,78	2,71
	2,7	0,35	2,88	2,71
3,2	2,65	0,35	2,83	2,71
	4,55	0,35	4,73	2,71
	4,25	0,35	4,43	2,71
	4,55	0,35	4,73	2,71
	2,65	0,35	2,83	2,71
1	2,65	0,35	2,83	3,15
	4,55	0,35	4,73	3,15
	4,25	0,35	4,43	3,15
	4,55	0,35	4,73	3,15
	2,65	0,35	2,83	3,15
RDC	2,6	0,35	2,78	3,73
	4,5	0,35	4,68	3,73
	4,2	0,35	4,38	3,73
	4,5	0,35	4,68	3,73
	2,6	0,35	2,78	3,73

❖ Tab. IV .36 : Les paramètres de calcul pour le Sens transversal :

Niveau	L(m)	h_{poutre}	Lc(m)	h(m)
7, 6, 5,4	3,2	0,4	3,4	2,66
	3,7	0,4	3,9	2,66
	4,7	0,4	4,9	2,66
	3,2	0,4	3,4	2,66
3,2	3,15	0,4	3,35	2,66
	3,65	0,4	3,85	2,66
	4,65	0,4	4,85	2,66
	3,15	0,4	3,35	2,66
1	3,15	0,4	3,35	3,1
	3,65	0,4	3,85	3,1
	4,65	0,4	4,85	3,1
	3,15	0,4	3,35	3,1
RDC	3,1	0,4	3,3	3,68
	3,6	0,4	3,8	3,68
	4,6	0,4	4,8	3,68
	3,1	0,4	3,3	3,68

Les rigidités des portiques par niveaux sont données dans les tableaux suivants :

1. Sens longitudinal :

❖ Tab. IV .37 : (portique A1F1, A2F2, A3F3, A4F4) :

niveau	poteaux	$10^{-4}I_{pot}$	hc(m)	$10^{-4}K_{pot}$	Lc(m)	$10^{-4}I_{pout}$	$10^{-4}K_{pout}$	\bar{K}	aij	rij(KN/m)	Rij(KN/m)
7, 6, 5,4	A	6,75	2,86	2,36	2,88	10,7	3,715	1,574	0,44	4904 ,979	28354,227
	B	6,75	2,86	2,36	4,78	10,7	2,238	2,523	0,558	6211,872	
	C	6,75	2,86	2,36	4,48	10,7	2,388	1,96	0,495	5512,752	
	D	6,75	2,86	2,36	4,78	10,7	2,238	1,96	0,495	5512,752	
	E	6,75	2,86	2,36	2,88	10,7	3,715	2,523	0,558	6211,872	
	F	6,75	2,86	2,36	/	10,7	/	1,574	0,44	4904,979	
3,2	A	12,5	2,89	4,325	2,83	10,7	3,781	0,874	0,304	6079,2	42629,202
	B	12,5	2,89	4,325	4,73	10,7	2,262	1,397	0,411	8220,541	
	C	12,5	2,89	4,325	4,43	10,7	2,415	1,081	0,351	7014,86	
	D	12,5	2,89	4,325	4,73	10,7	2,262	1,081	0,351	7014,86	
	E	12,5	2,89	4,325	2,83	10,7	3,781	1,397	0,411	8220,541	
	F	12,5	2,89	4,325	/	10,7	/	0,874	0,304	6079,2	
1	A	12,5	3,33	3,754	2,83	10,7	3,781	1,007	0,335	4376,18	30437,116
	B	12,5	3,33	3,754	4,73	10,7	2,262	1,61	0,446	5826,816	
	C	12,5	3,33	3,754	4,43	10,7	2,415	1,246	0,384	5015,562	
	D	12,5	3,33	3,754	4,73	10,7	2,262	1,246	0,384	5015,562	
	E	12,5	3,33	3,754	2,83	10,7	3,781	1,61	0,446	5826,816	
	F	12,5	3,33	3,754	/	10,7	/	1,007	0,335	4376,18	
RDC	A	21,333	3,93	5,428	2,78	10,7	3,849	0,7091	0,262	3550 ,505	21578,921
	B	21,333	3,93	5,428	4,68	10,7	2,286	1,83935	0,361	4898,042	
	C	21,333	3,93	5,428	4,38	10,7	2,286	1,97255	0,303	4116,166	
	D	21,333	3,93	5,428	4,68	10,7	2,286	1,6846	0,303	4116,166	
	E	21,333	3,93	5,428	2,78	10,7	3,849	1,97255	0,361	4898,042	
	F	21,333	3,93	5,428	/	10,7	/	0,7091	0,262	3550,505	

❖ Tab. IV .38 : (portique A5C5, D5F5) :

niveau	poteau	$10^{-4}I_{pot}$	hc(m)	$10^{-4}K_{pot}$	Lc(m)	$10^{-4}I_{pout}$	$10^{-4}K_{pout}$	\bar{K}	a _{ij}	r _{ij} (KN/m)	R _{ij} (KN/m)
7, 6, 5,4	A	6,75	2,86	2,36	2,88	10,7	3,715	1,574	0,44	4899,98	8482,452
	B	6,75	2,86	2,36	4,78	10,7	2,238	2,523	0,558	6211 ,872	
	C	6,75	2,86	2,36	/	10,7	/	0,948	0,322	3582,472	
3,2	A	12,5	2,89	4,325	2,83	10,7	3,781	0,874	0,304	6079,2	18443,188
	B	12,5	2,89	4,325	4,73	10,7	2,262	1,397	0,411	8220,541	
	C	12,5	2,89	4,325	/	10,7	/	0,523	0,207	4143,447	
1	A	12,5	3,33	3,754	2,83	10,7	3,781	1,007	0,335	4376,18	13228,337
	B	12,5	3,33	3,754	4,73	10,7	2,262	1,61	0,446	5826,816	
	C	12,5	3,33	3,754	/	10,7	/	0,603	0,232	3025,341	
RDC	A	21,333	3,93	5,428	2,78	10,7	3,849	0,7091	0,262	3550,505	10808,361
	B	21,333	3,93	5,428	4,68	10,7	2,286	1,13025	0,361	4898,042	
	C	21,333	3,93	5,428	/	10,7	/	0,42115	0,174	2359,814	

2. Sens transversal :

❖ Tab. IV .39 : (portiques A1A5 .B1B5.C1C5.D1D5.E1E5.F1F5) :

niveau	poteaux	$10^{-4}I_{pot}$	hc(m)	$10^{-4}K_{pot}$	Lc(m)	$10^{-4}I_{pout}$	$10^{-4}K_{pout}$	\bar{k}	aij	rij(KN/m)	Rij(KN/m)
7, 6, 5,4	1	6,75	2,81	2,402	3,4	16	4,706	1,959	0,495	5810,2165	31462,6165
	2	6,75	2,81	2,402	3,9	16	4,103	1,708	0,461	5408,4241	
	3	6,75	2,81	2,402	4,9	16	3,265	3,067	0,605	7107,449	
	4	6,75	2,81	2,402	3,4	16	4,706	3,318	0,624	7326,3104	
	5	6,75	2,81	2,402	/	16	/	1,959	0,495	5810,2165	
3,2	1	12,5	2,84	4,401	3,35	16	4,776	1,085	0,352	7408,2964	45159,6857
	2	12,5	2,84	4,401	3,85	16	4,156	2,029	0,504	10607,916	
	3	12,5	2,84	4,401	4,85	16	3,299	1,694	0,459	9658,0279	
	4	12,5	2,84	4,401	3,35	16	4,776	1,835	0,478	10077,149	
	5	12,5	2,84	4,401	/	16	/	1,085	0,352	7408,2964	
1	1	12,5	3,28	3,811	3,35	16	4,776	1,253	0,385	5267,002	31705,0407
	2	12,5	3,28	3,811	3,85	16	4,156	2,344	0,54	7377,1505	
	3	12,5	3,28	3,811	4,85	16	3,299	1,956	0,494	6760,3788	
	4	12,5	3,28	3,811	3,35	16	4,776	2,119	0,514	7033,5074	
	5	12,5	3,28	3,811	/	16	/	1,253	0,385	5267,002	
RDC	1	21,333	3,88	5,498	3,3	16	4,848	0,8818	0,4795	6758,8454	37676,9629
	2	21,333	3,88	5,498	3,8	16	4,211	1,6477	0,5888	8299,442	
	3	21,333	3,88	5,498	4,8	16	3,333	1,3721	0,5552	7825,7768	
	4	21,333	3,88	5,498	3,3	16	4,848	1,488	0,57	8034,0533	
	5	21,333	3,88	5,498	/	16	/	0,8818	0,4795	6758,8454	

Les Rigidités des portiques par niveaux sont données dans les tableaux suivants :

❖ Tab. IV .40 : Sens longitudinal :

niveau	Portique	Rij(KN/m)	∑Rij(KN/m)
7, 6, 5,4	A1F1, A2F2, A3F3, A4F4	28354,227	130381,812
	A5C5, D5F5	8482,452	
3,2	A1F1, A2F2, A3F3, A4F4	42629,202	207403,184
	A5C5, D5F5	18443,188	
1	A1F1, A2F2, A3F3, A4F4	30437,116	148205,138
	A5C5, D5F5	13228,337	
RDC	A1F1, A2F2, A3F3, A4F4	21578,921	107932,406
	A5C5, D5F5	10808,361	

❖ Tab. IV .41 : Sens transversal :

niveau	Portique	Rij(KN/m)	∑Rij(KN/m)
7, 6, 5,4	A1F5, B1B5, C1C5, D1D5 E1E5, F1F5	31462,6165	188775,699
3,2	A1F5, B1B5, C1C5, D1D5 E1E5, F1F5	45159,6857	270958,1142
1	A1F5, B1B5, C1C5, D1D5 E1E5, F1F5	31705,0407	190230,2442
RDC	A1F5, B1B5, C1C5, D1D5 E1E5, F1F5	37676,9629	226061,7774

2. Rigidités des voiles :

- Dans le sens longitudinal : $R_{vx} = \frac{12.EI_y}{h^3}$
- Dans le sens transversal: $R_{vy} = \frac{12.EI_x}{h^3}$

Ix et Iy : Inerties des voiles dans le sens longitudinal et dans le sens transversal .

❖ Tab. IV .42 : rigidités des voiles dans le sens longitudinal :

Etage 7, 6, 5, 4, 3,2					
Voiles	h(m)	Iy(m ⁴)	E (KN/m ²)	Rvx(KN/m)	∑ Rvx(KN/m)
VL1	3,06	0,056	32164200	754358,429	8675121,937
VL2	3,06	0,056	32164200	754358,429	
VL3	3,06	0,133	32164200	1791601,270	
VL4	3,06	0,133	32164200	1791601,270	
VL5	3,06	0,133	32164200	1791601,270	
VL6	3,06	0,133	32164200	1791601,270	
Etage 1					
VL1	3,50	0,056	32164200	504124,604	57930218,340
VL2	3,50	0,056	32164200	504124,604	
VL3	3,50	0,133	32164200	1197295,930	
VL4	3,50	0,133	32164200	1197295,930	
VL5	3,50	0,133	32164200	1197295,930	
VL6	3,50	0,133	32164200	1197295,930	
RDC					
VL1	4,80	0,056	32164200	195442,188	22458750,360
VL2	4,80	0,056	32164200	195442,188	
VL3	4,80	0,133	32164200	464175,195	
VL4	4,80	0,133	32164200	464175,195	
VL5	4,80	0,133	32164200	464175,195	
VL6	4,80	0,133	32164200	464175,195	

❖ Tab. IV .43: rigidités des voiles dans le Sens transversal :

Etage 7, 6, 5, 4, 3,2					
Voiles	h(m)	Ix (m ⁴)	E (KN/m ²)	Rvy(KN/m)	∑ Rvy(KN/m)
VT1	3,06	0,49652	32164200	9618069,97	38472279,880
VT2	3,06	0,49652	32164200	9618069,97	
VT3	3,06	0,49652	32164200	9618069,97	
VT4	3,06	0,49652	32164200	9618069,97	
Etage 1					
VT1	3,50	0,49652	32164200	6427588,7	25710354,800
VT2	3,50	0,49652	32164200	6427588,7	
VT3	3,50	0,49652	32164200	6427588,7	
VT4	3,50	0,49652	32164200	6427588,7	
RDC					
VT1	4,80	0,49652	32164200	2491887,89	9967551,560
VT2	4,80	0,49652	32164200	2491887,89	
VT3	4,80	0,49652	32164200	2491887,89	
VT4	4,80	0,49652	32164200	2491887,89	

❖ Tab. IV .44 : Rigidités de l'ensemble (portiques + voiles) :

Etage	Portiques		Voiles		Voiles + Portiques	
	Rijx(KN/m)	Rijy(KN/m)	Rvx(KN/m)	Rvy(KN/m)	Rx(KN/m)	Ry(KN/m)
7, 6, 5,4	130381,812	188775,699	8675121,937	28854209,92	8805503,749	29042985,62
2,3	207403,184	270958,1142	8675121,937	28854209,92	8882525,121	29125168,03
1	148205,138	190230,2442	2898716,473	25710354,81	3046921,611	25900585,05
RDC	107932,406	226061,7774	1783409,961	9967551,563	1891342,367	10193613,34

IV.5. Centre de torsion :

Le centre de torsion est le point caractérisé par :

- *Une force dont la ligne d'action passe par le centre de torsion engendre uniquement Une translation suivant la direction de cette force.
- * un moment dont l'axe vertical passe par le centre de torsion engendre uniquement une rotation dont le sens est celui du moment.
- * une force dont la ligne d'action passe par le centre de gravité de la structure engendre par rapport au centre de torsion un effet de translation et un effet de rotation de la structure.

a- Détermination du centre de torsion Cj :

Les coordonnées du centre de torsion Cj de niveau j par rapport au repère (ox ; oy) sont données par les formules suivantes :

$$X_{ci} = \frac{\sum_1^n R_{jy} \cdot X_i}{\sum_1^n R_{jy}} \quad ; \quad Y_{ci} = \frac{\sum_1^n R_{jx} \cdot Y_i}{\sum_1^n R_{jx}}$$

Voiles : Les coordonnées du centre de torsion des voiles par rapport au repère (ox ; oy) sont données par les formules suivantes :

$$X_{ci} = \frac{\sum_1^n R_{vy} \cdot X_i}{\sum_1^n R_{vy}} \quad Y_{ci} = \frac{\sum_1^n R_{vx} \cdot Y_i}{\sum_1^n R_{vx}}$$

❖ Tab. IV .45 : Centre de torsion des portiques longitudinaux :

Niveau	Portique	Rjx	$\sum Rjx$	Yi(m)	Rjx .Yi	$\sum Rjx.Yi$	Yc
7,6,5,4	A1F1	28354,227	130381,81	0,3	8506,2681	961573,20	7,38
	A2F2	28354,227		3,65	103492,9286		
	A3F3	28354,227		7,65	216909,8366		
	A4F4	28354,227		12,65	358680,9716		
	A5C5	8482,452		16,15	136991,5998		
	D5F5	8482,452		16,15	136991,5998		
3,2	A1F1	42629,202	207403,18	0,18	7673,25636	1619807,56	7,81
	A2F2	42629,202		3,55	151333,6671		
	A3F3	42629,202		7,6	323981,9352		
	A4F4	42629,202		12,65	539259,4053		
	A5C5	18443,188		16,2	298779,6456		
	D5F5	18443,188		16,2	298779,6456		
1	A1F1	30437,116	148205,14	0,18	5478,68088	1158480,16	7,82
	A2F2	30437,116		3,55	108051,7618		
	A3F3	30437,116		7,6	231322,0816		
	A4F4	30437,116		12,65	385029,5174		
	A5C5	13228,337		16,2	214299,0594		
	D5F5	13228,337		16,2	214299,0594		
RDC	A1F1	21578,921	107932,41	0,2	4315,7842	896152,72	8,30
	A2F2	21578,921		3,8	81999,8998		
	A3F3	21578,921		7,9	170473,4759		
	A4F4	21578,921		13	280525,973		
	A5C5	10808,361		16,6	179418,7926		
	D5F5	10808,361		16,6	179418,7926		

❖ Tab. IV .46 : Centre de torsion des portiques transversaux :

Niveau	Portique	Rjy	ΣRjy	Xi(m)	RjY .Xi	$\Sigma RjY.Xi$	Xc
7,6,5,4	A1F1	31462,6165	188775,7	0,15	4719,392475	1953828,48	10,35
	A2F2	31462,6165		3,15	99107,24198		
	A3F3	31462,6165		8,05	253274,0628		
	A4F4	31462,6165		12,65	398002,0987		
	A5C5	31462,6165		17,55	552168,9196		
	D5F5	31462,6165		20,55	646556,7691		
3,2	A1F1	45159,6857	270958,11	0,18	8128,743426	2819319,18	10,41
	A2F2	45159,6857		3,23	145865,7848		
	A3F3	45159,6857		8,18	369406,229		
	A4F4	45159,6857		12,83	579398,7675		
	A5C5	45159,6857		17,48	789391,306		
	D5F5	45159,6857		20,53	927128,3474		
1	A1F1	31705,0407	190230,24	0,18	5706,907326	1787530,19	9,40
	A2F2	31705,0407		3,55	112552,8945		
	A3F3	31705,0407		7,6	240958,3093		
	A4F4	31705,0407		12,65	401068,7649		
	A5C5	31705,0407		16,2	513621,6593		
	D5F5	31705,0407		16,2	513621,6593		
RDC	A1F1	37676,9629	226061,78	0,2	7535,39258	2407557,93	10,65
	A2F2	37676,9629		3,3	124333,9776		
	A3F3	37676,9629		8,3	312718,7921		
	A4F4	37676,9629		13	489800,5177		
	A5C5	37676,9629		18	678185,3322		
	D5F5	37676,9629		21,1	794983,9172		

❖ Tab. IV .47 : Centre de torsion des portiques :

Niveau	7, 6, 5,4	3,2	1	RDC
Xc	10,35	10,41	9,40	10,65
Yc	7,38	7,81	7,82	8,30

❖ Tab. IV .48 : Centre de torsion des voiles longitudinaux:

Etage 7, 6, 5, 4, 3,2						
Voiles	Rvx(KN/m)	∑ Rvx(KN/m)	Yi(m)	Rvx .Yi	∑ Rvx.Yi	Yc
VL1	754358,429	8675121,938	0,1	75435,843	86685213,030	9,99
VL2	754358,429		0,1	75435,843		
VL3	1791601,270		7,65	13705749,716		
VL4	1791601,270		7,65	13705749,716		
VL5	1791601,270		16,5	29561420,955		
VL6	1791601,270		16,5	29561420,955		
Etage 1						
VL1	504124,604	5797432,928	0,1	50412,460	57930218,340	9,99
VL2	504124,604		0,1	50412,460		
VL3	1197295,930		7,65	9159313,865		
VL4	1197295,930		7,65	9159313,865		
VL5	1197295,930		16,5	19755382,845		
VL6	1197295,930		16,5	19755382,845		
RDC						
VL1	195442,188	2247585,156	0,1	19544,219	22458750,360	9,99
VL2	195442,188		0,1	19544,219		
VL3	464175,195		7,65	3550940,242		
VL4	464175,195		7,65	3550940,242		
VL5	464175,195		16,5	7658890,718		
VL6	464175,195		16,5	7658890,718		

❖ Tab. IV .49 : Centre de torsion des voiles transversaux :

Etage 7, 6, 5, 4, 3,2						
voiles	Rvy	Σ Rvy	Xi(m)	Rvy .Xi	Σ Rvy.Xi	Xc
VT1	9618069,970	38472279,880	1,75	16831622,448	307778239,042	8,00
VT2	9618069,970		14,25	137057497,073		
VT3	9618069,970		1,75	16831622,448		
VT4	9618069,970		14,25	137057497,073		
Etage 1						
VT1	6427588,700	25710354,800	1,75	11248280,225	205682838,400	8,00
VT2	6427588,700		14,25	91593138,975		
VT3	6427588,700		1,75	11248280,225		
VT4	6427588,700		14,25	91593138,975		
RDC						
VT1	2491887,890	9967551,560	1,75	4360803,808	79740412,480	8,00
VT2	2491887,890		14,25	35509402,433		
VT3	2491887,890		1,75	4360803,808		
VT4	2491887,890		14,25	35509402,433		

❖ Tab. IV .50: tableau récapitulatif de centre de torsion des voiles :

Niveau	7, 6, 5,4	3,2	1	RDC
Xc	8,00	8,00	8,00	8,00
Yc	9,99	9,99	9,99	9,99

❖ Tab. IV .51 : Centre de torsion des voiles et des portiques :

Niveau	Elément	$\sum R_{jx}$ (KN/m)	Y_c	$\sum R_{jx} \cdot Y_c$	$Y_c(m)$	$\sum R_{jy}$ (KN/m)	X_c	$\sum R_{jy} \cdot X_c$	$X_c(m)$
7, 6, 5,4	voiles	8675121,94	9,99	86664468,18	9,74	38472280	8	307778239	8,11
	portiques	130381,812	7,38	962217,7726		188775,7	10,35	1953828,48	
3,2	voiles	8675121,94	9,99	86664468,18	9,57	38472280	8	307778239	8,16
	portiques	207403,184	7,81	1619818,867		270958,11	10,41	2820673,97	
1	voiles	5797432,93	9,99	57916354,97	9,66	25710355	8	205682838	8,08
	portiques	148205,138	7,82	1158964,179		190230,24	9,4	1788164,3	
RDC	voiles	2247585,16	9,99	22453375,75	9,31	9967551,6	8	79740412,5	8,37
	portiques	107932,406	8,3	895838,9698		226061,78	10,65	2407557,93	

b- Calcul des excentricités : (RPA ART.4.2.7) :

Pour toutes les structures comportant des planchers ou diaphragmes horizontaux rigides dans leurs plans, on supposera qu'à chaque direction, la résultante des forces horizontales à une excentricité par rapport au centre de torsion égale à la plus grande des valeurs :

- 5 % de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau (cette excentricité doit être prise en considération de part et d'autre du centre de torsion).
- Excentricité théorique résultant des plans.
- ❖ **Excentricité accidentelle** : $e = 0,05 \times 20,70 = 1,035m$.
- ❖ **Excentricité théorique** : $e_x = X_G - X_C$
 $e_y = Y_G - Y_C$

❖ Tab. IV .52 : tableaux des excentricités :

Niveaux	Centre de torsion		Centre de masse		Excentrement	
	X_C	Y_C	X_G	Y_G	$e_x(m)$	$e_y(m)$
7	8,11	9,74	10,27	7,45	2,17	-2,29
6,5,4	8,11	9,74	10,21	7,4	2,1	-2,34
3,2	8,16	9,57	10,21	7,41	2,05	-2,16
1	8,08	9,66	10,24	8,21	2,16	-1,45
RDC	8,37	9,31	10,36	7,49	1,99	-1,82

- **Excentricité adoptée** : $e_x = 2,17 m$, $e_y = 2,29 m$

c- Rigidité à la torsion de l'étage (portiques) :

$$R_{j\theta} = \sum R_{jy} (X_j^T)^2 + \sum R_{jx} (Y_j^L)^2$$

X_j^T : Distance ente le portique transversal et le centre de torsion « Cj ».

Y_j^L : Distance ente le portique longitudinal et le centre de torsion « Cj ».

R_{jx} : Rigidité du portique longitudinal.

R_{jy} : Rigidité du portique transversal.

❖ Tab. IV .53: Rigidités à la torsion des portiques longitudinaux :

Niveau	Portiques	Rjx(KN/m)	Yj(m)	Rjx . Yj ²	∑ Rjx . Yj ²
7,6,5,4	A1F1	28354,227	-9,74	2689897,47	4802518,07
	A2F2	28354,227	-6,09	1051604,41	
	A3F3	28354,227	-2,09	123854,099	
	A4F4	28354,227	2,91	240106,43	
	A5C5	8482,452	6,41	348527,836	
	D5F5	8482,452	6,41	348527,836	
3,2	A1F1	42629,202	-9,57	3904191,2	7968716,57
	A2F2	42629,202	-6,4	1746092,11	
	A3F3	42629,202	-2,4	245544,204	
	A4F4	42629,202	2,21	208205,285	
	A5C5	18443,188	7,11	932341,884	
	D5F5	18443,188	7,11	932341,884	
1	A1F1	30437,116	-9,66	2840257,74	5751577,33
	A2F2	30437,116	-6,49	1282014,37	
	A3F3	30437,116	-2,49	188713,163	
	A4F4	30437,116	2,12	136796,574	
	A5C5	13228,337	7,02	651897,739	
	D5F5	13228,337	7,02	651897,739	
RDC	A1F1	21578,921	-9,31	1870376,71	4086360,72
	A2F2	21578,921	-6,11	805586,437	
	A3F3	21578,921	-2,11	96071,5142	
	A4F4	21578,921	2,49	133791,468	
	A5C5	10808,361	7,39	590267,292	
	D5F5	10808,361	7,39	590267,292	

❖ Tab. IV .54 : Rigidités à la torsion des portiques transversaux:

Niveau	Portiques	Rjy(KN/m)	Xj(m)	Rjy . Xj ²	∑ Rjy . Xj ²
7,6,5,4	A1F5	31462,6165	-8,11	2069362,36	11164701,39
	B1B5	31462,6165	-4,96	774030,706	
	C1C5	31462,6165	-0,06	113,265419	
	D1D5	31462,6165	4,54	648494,866	
	E1E5	31462,6165	9,44	2803747,02	
	F1F5	31462,6165	12,44	4868953,17	
3,2	A1F5	45159,6857	-8,16	3006984,77	16027940,17
	B1B5	45159,6857	-4,99	1124480,69	
	C1C5	45159,6857	-0,09	365,793454	
	D1D5	45159,6857	4,52	922630,443	
	E1E5	45159,6857	9,42	4007307,93	
	F1F5	45159,6857	12,42	6966170,54	
1	A1F5	31705,0407	-8,08	2069907,97	11320430,63
	B1B5	31705,0407	-4,91	764348,292	
	C1C5	31705,0407	-0,01	3,17050407	
	D1D5	31705,0407	4,6	670878,661	
	E1E5	31705,0407	9,5	2861379,92	
	F1F5	31705,0407	12,5	4953912,61	
RDC	A1F5	37676,9629	-8,37	2639531,22	13201005,59
	B1B5	37676,9629	-5,17	1007063,77	
	C1C5	37676,9629	-0,27	2746,6506	
	D1D5	37676,9629	4,33	706401,61	
	E1E5	37676,9629	9,23	3209809,73	
	F1F5	37676,9629	12,23	5635452,6	

❖ Tab. IV .55 : Rigidités à la torsion des portiques transversaux et longitudinaux:

Niveau	7,6,5,4	3,2	1	RDC
∑ Rjx . Yj ²	4802518,07	7968716,57	5751577,33	4086360,72
∑ Rjy . Xj ²	11164701,39	16027940,17	11320430,63	13201005,59
Rjθ	15967219,46	23996656,74	17072008	17287366,31

- Inertie polaire des voiles :

$$J_0 = \sum I_x (X)^2 + \sum I_y (Y)^2$$

J_0 : Inertie polaire des voiles.

Y : Distance entre le voile transversal et le centre de torsion.

X : Distance entre le voile longitudinal et le centre de torsion

❖ Tab. IV .56: voiles longitudinaux :

Etage 7, 6, 5, 4				
Voiles	$I_y(m^4)$	$Y_i (m)$	$I_y Y_i^2$	$\sum I_y Y_i^2$
VL1	0,05625	-9,64	5,22729	22,126
VL2	0,05625	-9,64	5,22729	
VL3	0,13333	-2,14	0,61059807	
VL4	0,13333	-2,14	0,61059807	
VL5	0,13333	6,26	5,22488271	
VL6	0,13333	6,26	5,22488271	
Etage 2,3				
VL1	0,05625	-9,47	5,04455063	21,862
VL2	0,05625	-9,47	5,04455063	
VL3	0,13333	-2,02	0,54403973	
VL4	0,13333	-2,02	0,54403973	
VL5	0,13333	6,33	5,34238644	
VL6	0,13333	6,33	5,34238644	
Etage 1				
VL1	0,05625	-9,56	5,14089	21,852
VL2	0,05625	-9,56	5,14089	
VL3	0,13333	-2,11	0,59359849	
VL4	0,13333	-2,11	0,59359849	
VL5	0,13333	6,24	5,19155021	
VL6	0,13333	6,24	5,19155021	
RDC				
VL1	0,05625	-9,21	4,77135563	21,648
VL2	0,05625	-9,21	4,77135563	
VL3	0,13333	-1,81	0,43680241	
VL4	0,13333	-1,81	0,43680241	
VL5	0,13333	6,49	5,61587293	
VL6	0,13333	6,49	5,61587293	

❖ Tab. IV .57: voiles transversaux :

Etage 7, 6, 5, 4				
Voiles	$I_x (m^4)$	$X_i (m)$	$I_x X_i^2$	$\sum I_x X_i^2$
VT1	0,49652	-8,01	31,8567729	221,118
VT2	0,49652	-8,01	31,8567729	
VT3	0,49652	12,59	78,7024418	
VT4	0,49652	12,59	78,7024418	
Etage 2,3				
VT1	0,49652	-8,06	32,2557267	219,426
VT2	0,49652	-8,06	32,2557267	
VT3	0,49652	12,49	77,4571697	
VT4	0,49652	12,49	77,4571697	
Etage1				
VT1	0,49652	-7,98	31,6185922	220,142
VT2	0,49652	-7,98	31,6185922	
VT3	0,49652	12,57	78,4525929	
VT4	0,49652	12,57	78,4525929	
RDC				
VT1	0,49652	-8,27	33,9584427	216,449
VT2	0,49652	-8,27	33,9584427	
VT3	0,49652	12,23	74,2659363	
VT4	0,49652	12,23	74,2659363	

❖ Tab. IV .58: Inertie polaire des voiles :

Niveau	7, 6, 5,4	3,2	1	RDC
$\sum I_y Y_i^2$	22,126	21,862	21,852	21,648
$\sum I_x X_i^2$	221,118	219,426	220,142	216,449
J_0	243,244	241,288	241,994	238,097

V.1 : Etude des portiques sous charges verticales :

➤ **Méthode de CAQUOT :**

La méthode de CAQUOT est une méthode approchée pour le calcul des poutres continues, solidaires ou non solidaires des poteaux qui les supportent sous l'action des charges verticales.

Cette méthode s'applique essentiellement à des éléments de plancher constitués de nervures et de poutres associées à des hourdis. Elle tient compte de la solidarité des divers éléments, ainsi que la variation d'inertie résultant de la présence des tables de compression.

Les moments d'inertie des poteaux sont supposés constants, et il n'est pas tenu compte des déplacements horizontaux relatifs des planchers.

Le principe de la méthode consiste à choisir un nœud, et à déterminer les moments agissants sur les éléments à gauche et à droite.

□ **Notation utilisée :**

Soit A un nœud intérieur de la structure et voisin du nœud de rive représenté dans la figure IV-1.

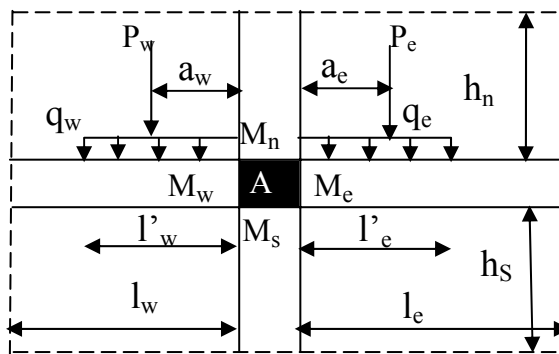


Figure V.1 : Identification des paramètres

Avec :

- h_n : Hauteur du poteau situé au-dessus du nœud considéré ;
- h_s : Hauteur du poteau situé au-dessous du nœud considéré ;
- l_w : La portée de la travée située à gauche du nœud considéré ;
- l_e : La portée de la travée située à droite du nœud considéré ;
- M_w, M_e, M_n, M_s : Moments de continuité agissant dans la section des nus des appuis ;

● **Dimensions fictives :**

- h'_n, h'_s : Hauteurs fictives qui valent :
 - $h'_n = 0,9 h_n$ pour l'avant dernier plancher
 - $h'_n = 0,8 h_n$ pour les autres planchers.
 - $h'_s = 0,8 h_s$ pour les autres planchers .
 - $h'_s = h_s$ pour les poteaux articulés à la base.
- l'_w, l'_e : Longueurs fictives, qui valent :

- Pour les travées intermédiaires

$$l'_w = 0,8l_w \text{ et } l'_e = 0,8 l_e$$

- Pour les nœuds voisins de nœud de rive :

$$l'_{wi} = \chi_{i-1} \cdot l_{wi}$$

$$\chi_{i-1} = 0,8 \text{ si } K_{si-1} + K_{ni-1} \geq 1,5 \cdot K_{ei-1}$$

$$\chi_{i-1} = 1 - \frac{K_{si-1} + k_{ni-1}}{7,5 \cdot k_{ei-1}} \text{ si } K_{si-1} + K_{ni-1} \leq 1,5 K_{ei-1}$$

$$l'_{ei} = \chi_{i-1} \cdot l_{ei}$$

$$\chi_{i+1} = 0,8 \text{ si } K_{si+1} + K_{ni+1} \geq 1,5 \cdot K_{ei+1}$$

$$\chi_{i+1} = 1 - \frac{K_{si+1} + K_{ni+1}}{7,5 \cdot K_{ei+1}} \text{ si } K_{si+1} + K_{ni+1} \leq 1,5 \cdot K_{ei+1}$$

• **Les rigidités linéaires:**

$$k_w = \frac{I_w}{l'_w} \quad ; \quad k_e = \frac{I_e}{l'_e} \quad ; \quad k_n = \frac{I_n}{h'_n} \quad ; \quad k_s = \frac{I_s}{h'_s}$$

$$D = k_w + k_e + k_n + k_s$$

V.2 : Calcul des moments aux appuis :

Les charges appliquées sur les deux travées encadrant chaque appui engendrent des moments fictifs qu'on déterminera par la méthode de Caquot. Les moments réels seront calculés en fonction des moments fictifs avec des formules déterminées par la même méthode.

1-Travées intermédiaires :

Les moments fictifs sont égaux à :

$$M'_w = \frac{q_w \cdot l_w'^2}{8,5} + l'_w \cdot \sum k'_w \cdot P_w$$

$$M'_e = \frac{q_e \cdot l_e'^2}{8,5} + l'_e \cdot \sum k'_e \cdot P_e \quad \text{avec : } P \text{ charge concentrée}$$

$$k'_{w,e} = \frac{x \cdot (x - 1) \cdot (x - 2)}{2,125} \quad \text{avec : } x = \frac{a}{l'}$$

a : distance entre la charge concentrée et le nœud considéré.

Les moments réels dans les sections dangereuses (nus des appuis) en valeurs absolues sont :

$$M_w = M'_e \cdot \frac{k_w}{D} + M'_w \cdot \left(1 - \frac{k_w}{D}\right)$$

$$M_e = M'_e \cdot \frac{k_e}{D} + M'_e \cdot \left(1 - \frac{k_e}{D}\right)$$

$$M_n = (M'_e - M'_w) \cdot \frac{k_n}{D}$$

$$M_s = (M'_e - M'_w) \cdot \frac{k_s}{D}$$

2- Travée de rive avec console :

- Nœud de rive (nœud 1) :

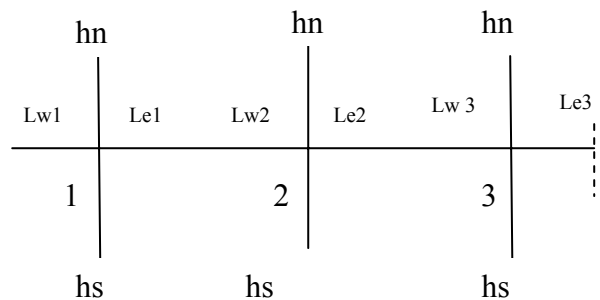
$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{k_{e1}}{D_1}\right) + M'_{e1} \frac{k_{e1}}{D_1}$$

$$M_{S1,n1} = \frac{(M'_{e1} - M'_w) \cdot k_{S1,n1}}{D_1}$$

avec :

$$M'_{e1} = \frac{q_e \cdot l_2^2}{8,5} + l'_e \cdot \sum k'_e \cdot P_e$$

$$D_1 = k_{e1} + K_{s1} + K_{n1}$$



Avec : $K_{w1}=0$ (Travée de rive avec console)

$M_{w1}=M'_{w1}$ pour une console de moment M_{w1}

- Nœud voisin du nœud de rive (nœud 2) :

On remplace les valeurs de M_{w1} par M''_{w2} .

$$M_{w2} = M''_{w2} \left(1 - \frac{k_{e1}}{D_2}\right) + M'_{e2} ; \text{ et } M_{e2} = M'_{e2} \left(1 - \frac{K_{e2}}{D_2}\right) + M''_{w2} \frac{K_{e2}}{D_2}$$

$$M_{n2} = (M'_{e2} - M''_{w2}) \frac{K_{n2}}{D_2} ; \text{ et } M_{s2} = (M'_{e2} - M''_{w2}) \frac{K_{s2}}{D_2}$$

$$M''_{w2} = M'_{w2} - M_{w1} \frac{K_{e1}}{2,125D_1}$$

$$M''_{w2} = \frac{q_w \cdot L'_w}{8,5} + L'_w \sum K'_w \cdot p_w ; \text{ et } M'_{e2} = \frac{q_e \cdot L'_e}{8,5} + L'_e \sum K'_e \cdot p_e$$

3- Travée de rives sans console :

Les règles données ci-dessus s'étendent à ce cas en y faisant $M_{w1}=0$

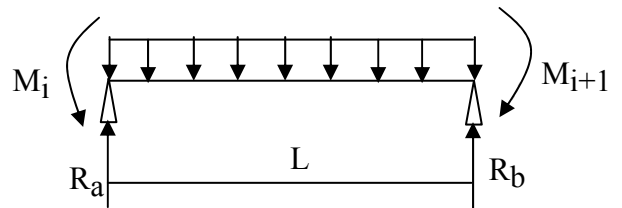
V. 3 : Calcul des moments en travées :

Les moments fléchissant en travées sont calculés en considérant la travée indépendante, et en utilisant les moments de continuité. Ils déterminent à partir du moment sur appuis, en utilisant la méthode usuelle de la RDM.

$$M_t(x) = \mu(x) + M_i + \frac{(M_{i+1} - M_i) \cdot x}{L}$$

$$\mu(x) = \frac{ql}{2}x - \frac{qx^2}{2}$$

Avec : $\mu(x)$ moment isostatique de la travée indépendante.

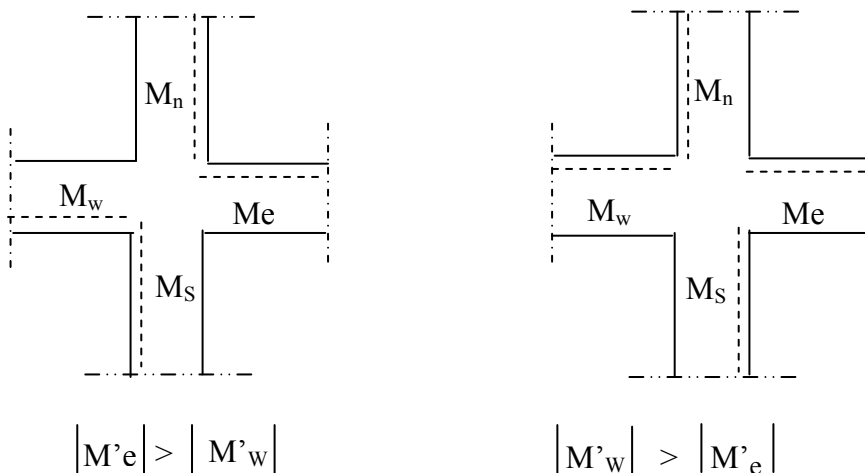


Pour le moment $M_{max} : x_0 = \frac{L}{2} + \frac{(M_w - M_e)}{qL}$

M_w, M_e : sont à prendre en valeurs absolues.

Pour les poutres, les faces tendues se trouvent à la partie supérieure (moment M_e et M_w négatifs).

Pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des deux valeurs absolues de M'_w et M'_e , la face tendue du tronçon est du côté opposé.



Remarque : Les pointillés représentent les faces tendues.

V.4 : Efforts tranchants dans les poutres :

Ils sont calculés en utilisant les moments continus dont la méthode générale applicable aux poutres continues.

$$T_w = \frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} \quad \text{et} \quad T_e = -\frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

V.4 : Calcul des efforts normaux dans les poteaux :

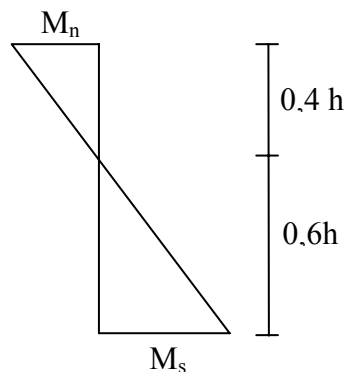
Ils sont calculés à partir des efforts tranchants dans les poutres

$$N_i = |T_{ei} - T_{wi}| + P_{\text{poteau}}$$

V.5 : Détermination du point d'inflexion dans le poteau (moment nul dans le poteau du 1^{er} niveau) :

Le point d'inflexion est situé approximativement à 0,6h à partir de la base du poteau et à 0,4h à partir du niveau du plancher du niveau

$$\frac{M_n}{0.4h} = \frac{M_s}{0.6h} \Rightarrow M_s = 1,5 M_n$$



V.6 : Détermination des charges supportées par les portiques :

Pour des raisons de simplification, nous aurons à étudier un portique pour chaque sens, (sens transversal et longitudinal) :

- **Sens transversal :** Portique **B1B5**.
- **Sens longitudinal :** Portique **3A3F**.

❖ **Portique B1B5 :**

Les charges revenant à chaque travée de chaque niveau du portique B1B5 sont :

- **Niveau terrasse :**

Travées (1-2), (2-3), (3-4), (4-5) :

Poids des poutres principale..... $0.40 \times 0.35 \times 25 = 3.00$ KN/ml

Poids du plancher $(4.90+3.00) / 2 \times 5.87 = 23.187$ KN/ml

G = 26,187 KN/ml

Q = $1 \times (4.90+3.00) / 2 = 3.95$ KN/ml

- Poids du balcon..... **G** = $5.82 \times 1,2 = 6,98$ KN/ml

Q = $3.5 \times 1.2 / 2 = 2.1$ KN/ml

- **Etage courant :**

Travées (1-2), (2-3), (3-4), (4-5) :

Poids des poutres principale..... $0.40 \times 0.35 \times 25 = 3.00$ KN/ml

Poids du plancher $(4.90+3.00) / 2 \times 5.24 = 20.698$ KN/ml

G = 23,698 KN/ml

Q = $1.5 \times (4.90+3.00) / 2 = 5.925$ KN/ml

- Poids du balcon.....**G** = $5.82 \times 1,2 = 6,98$ KN/ml

Q = $3.5 \times 1.2 / 2 = 2.1$ KN/ml

- **Etage de service :**

Travées (1-2), (2-3), (3-4), (4-5) :

Poids des poutres principale..... $0.40 \times 0.35 \times 25 = 3.00$ KN/ml

Poids du plancher..... $(4.90+3.00) / 2 \times 5.24 = 20,698$ KN/ml

G = 23.698 KN/ml

Q = $2.5 \times (4.90+3.00) / 2 = 7.90$ KN/ml

- **RDC:**

Travées (1-2), (2-3), (3-4), (4-5) :

Poids des poutres principale..... $0.40 \times 0.35 \times 25 = 3.00$ KN/ml

Poids du plancher..... $(4.90+3.00) / 2 \times 5.24 = 20,698$ KN/ml

G = 23,698 KN/ml

Q = $5.00 \times (4.90+3.00) / 2 = 19, 75$ KN/ml

- **Sous Sol :**

Travées (1 - 2), (2 - 3), (3 - 4), (4 - 5) :

Poids des poutres principale..... $0.40 \times 0.35 \times 25 = 3.00$ KN/ml

Poids du plancher..... $(4.90+3.00) / 2 \times 5.24 = 20,698$ KN/ml

$$G = 23,698 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 2.5 \times (4.90+3.00)/2 = 9.875 \text{ KN/ml}$$

❖ **Portique 3A3F :**

Les charges revenant à chaque travée de chaque niveau du portique 3A3F sont :

- **Niveau terrasse :**

Travée (A-B), (B-C), (C-D), (D-E), (E-F) :

Poids des poutres secondaires..... $0.35 \times 0.30 \times 25 = 2.625$ KN/ml

Poids du plancher $0.65 \times 5.87 = 3.810$ KN/ml

$$G = 5.685 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 1 \times 0.65 = 0.65 \text{ KN/ml}$$

- **Etage courant :**

Travée (A-B), (B-C), (C-D), (D-E), (E-F) :

Poids des poutres secondaires..... $0.35 \times 0.30 \times 25 = 2.625$ KN/ml

Poids du plancher $0.65 \times 5.24 = 3.406$ KN/ml

$$G = 6,031 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 1.5 \times 0.65 = 0.975 \text{ KN/ml}$$

- **Etage de service :**

Travée (A-B), (B-C), (C-D), (D-E), (E-F) :

Poids des poutres secondaires..... $0.35 \times 0.30 \times 25 = 2.625$ KN/ml

Poids du plancher..... $0.65 \times 5.24 = 3.406$ KN/ml

$$G = 6,031 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 2.5 \times 0.65 = 1,625 \text{ KN/ml}$$

- **RDC:**

Travée (A-B), (B-C), (C-D), (D-E), (E-F) :

Poids des poutres secondaires..... $0.35 \times 0.30 \times 25 = 2.625$ KN/ml

Poids du plancher..... $0.65 \times 5.24 = 3.406$ KN/ml

$$G = 6,031 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 5.00 \times 0.65 = 3,25 \text{ KN/ml}$$

- **Sous Sol :**

Travée (A-B), (B-C), (C-D), (D-E), (E-F) :

Poids des poutres secondaires..... $0.35 \times 0.30 \times 25 = 2.625 \text{ KN/ml}$

Poids du plancher..... $0.65 \times 5.24 = 3.406 \text{ KN/ml}$

$$G = 6,031 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 2.5 \times 0.65 = 1,625 \text{ KN/ml}$$

V.6 : Caractéristiques géométriques des portiques :

1. Sens transversal (Portique B1B5).

Les résultats sont résumés dans les tableaux suivants :

• Tab. V.1 : Caractéristiques géométriques du portique B1B5 :

Niveaux	Nœuds	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Iw10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie10 ⁻⁴ (m ⁴)	In10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is10 ⁻⁴ (m ⁴)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)
9	1	1,20	3,20	0,00	2,66	1,20	2,56	0,00	2,13	0,00	16,00	0,00	6,75	0,00	6,25	0,00	3,17	9,42
	2	3,20	3,70	0,00	2,66	2,98	3,45	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	5,36	4,64	0,00	3,17	13,17
	3	3,70	4,70	0,00	2,66	2,96	3,76	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	5,41	4,26	0,00	3,17	12,83
	4	4,70	3,20	0,00	2,66	3,76	2,56	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	4,26	6,25	0,00	3,17	13,68
	5	3,20	0,00	0,00	2,66	2,98	0,00	0,00	2,13	16,00	0,00	0,00	6,75	5,36	0,00	0,00	3,17	8,53
8	1	1,20	3,20	2,66	2,66	1,20	2,56	2,39	2,13	0,00	16,00	6,75	6,75	0,00	6,25	2,82	3,17	12,24
	2	3,20	3,70	2,66	2,66	2,79	3,23	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,73	4,96	2,82	3,17	16,68
	3	3,70	4,70	2,66	2,66	2,96	3,94	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,41	4,06	2,82	3,17	15,46
	4	4,70	3,20	2,66	2,66	3,77	2,56	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	4,24	6,25	2,82	3,17	16,48
	5	3,20	0,00	2,66	2,66	2,56	0,00	2,39	2,13	16,00	0,00	6,75	6,75	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24
7	1	1,20	3,20	2,66	2,66	1,20	2,56	2,13	2,13	0,00	16,00	6,75	6,75	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59
	2	3,20	3,70	2,66	2,66	2,77	3,20	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13
	3	3,70	4,70	2,66	2,66	2,96	3,76	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,41	4,26	3,17	3,17	16,00
	4	4,70	3,20	2,66	2,66	3,77	2,56	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83
	5	3,20	0,00	2,66	2,66	2,56	0,00	2,13	2,13	16,00	0,00	6,75	6,75	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59

• Tab. V.2 : Caractéristiques géométriques du portique B1B5 : (suite) :

Niveaux	Nœuds	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Iw10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie10 ⁻⁴ (m ⁴)	In10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is10 ⁻⁴ (m ⁴)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)
6	1	1,20	3,20	2,66	2,66	1,20	2,56	2,13	2,13	0,00	16,00	6,75	6,75	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59
	2	3,20	3,70	2,66	2,66	2,77	3,20	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13
	3	3,70	4,70	2,66	2,66	2,96	3,76	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,41	4,26	3,17	3,17	16,00
	4	4,70	3,20	2,66	2,66	3,77	2,56	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83
	5	3,20	0,00	2,66	2,66	2,56	0,00	2,13	2,13	16,00	0,00	6,75	6,75	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59
5	1	1,20	3,15	2,66	2,66	1,20	2,52	2,13	2,13	0,00	16,00	6,75	12,50	0,00	6,35	3,17	5,87	15,40
	2	3,15	3,65	2,66	2,66	2,55	2,96	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,27	5,41	3,17	5,87	20,73
	3	3,65	4,65	2,66	2,66	2,92	3,72	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	5,48	4,30	3,17	5,87	18,83
	4	4,65	3,15	2,66	2,66	3,72	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	4,30	6,35	3,17	5,87	19,70
	5	3,15	0,00	2,66	2,66	2,52	0,00	2,13	2,13	16,00	0,00	6,75	12,50	6,35	0,00	3,17	5,87	15,40
4	1	1,20	3,15	2,66	2,66	1,20	2,52	2,13	2,13	0,00	16,00	12,50	12,50	0,00	6,35	5,87	5,87	18,10
	2	3,15	3,65	2,66	2,66	2,52	2,92	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	5,48	5,87	5,87	23,58
	3	3,65	4,65	2,66	2,66	2,92	3,72	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	5,48	4,30	5,87	5,87	21,53
	4	4,65	3,15	2,66	2,66	3,72	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,30	6,35	5,87	5,87	22,40
	5	3,15	0,00	2,66	2,66	2,52	0,00	2,13	2,13	16,00	0,00	12,50	12,50	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10

• Tab. V.3 : Caractéristiques géométriques du portique B1B5 : (suite) :

Niveaux	Nœuds	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Iw10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie10 ⁻⁴ (m ⁴)	In10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is10 ⁻⁴ (m ⁴)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)
3	1	0,00	3,15	2,66	3,10	0,00	2,52	2,13	2,48	0,00	16,00	12,50	12,50	0,00	6,35	5,87	5,04	17,26
	2	3,15	3,65	2,66	3,10	2,52	2,92	2,13	2,48	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	5,48	5,87	5,04	22,74
	3	3,65	4,65	2,66	3,10	2,92	3,72	2,13	2,48	16,00	16,00	12,50	12,50	5,48	4,30	5,87	5,04	20,69
	4	4,65	3,15	2,66	3,10	3,72	2,52	2,13	2,48	16,00	16,00	12,50	12,50	4,30	6,35	5,87	5,04	21,56
	5	3,15	0,00	2,66	3,10	2,52	0,00	2,13	2,48	16,00	0,00	12,50	12,50	6,35	0,00	5,87	5,04	17,26
2	1	0,00	3,10	3,10	3,68	0,00	2,48	2,48	2,94	0,00	16,00	12,50	21,33	0,00	6,45	5,04	7,25	18,74
	2	3,10	3,60	3,10	3,68	2,48	2,88	2,48	2,94	16,00	16,00	12,50	21,33	6,45	5,56	5,04	7,25	24,29
	3	3,60	4,60	3,10	3,68	2,88	3,68	2,48	2,94	16,00	16,00	12,50	21,33	5,56	4,35	5,04	7,25	22,19
	4	4,60	3,10	3,10	3,68	3,68	2,48	2,48	2,94	16,00	16,00	12,50	21,33	4,35	6,45	5,04	7,25	23,09
	5	3,10	0,00	3,10	3,68	2,48	0,00	2,48	2,94	16,00	0,00	12,50	21,33	6,45	0,00	5,04	7,25	18,74
1	1	0,00	3,10	3,68	2,10	0,00	2,48	2,94	1,68	0,00	16,00	21,33	21,33	0,00	6,45	7,25	12,70	26,39
	2	3,10	3,60	3,68	2,10	2,48	2,88	2,94	1,68	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	5,56	7,25	12,70	31,95
	3	3,60	4,60	3,68	2,10	2,88	3,68	2,94	1,68	16,00	16,00	21,33	21,33	5,56	4,35	7,25	12,70	29,85
	4	4,60	3,10	3,68	2,10	3,68	2,48	2,94	1,68	16,00	16,00	21,33	21,33	4,35	6,45	7,25	12,70	30,74
	5	3,10	0,00	3,68	2,10	2,48	0,00	2,94	1,68	16,00	0,00	21,33	21,33	6,45	0,00	7,25	12,70	26,39

• Tab. V.4 : Moments aux nœuds des poteaux du portique B1B5 sous G :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Gw (KN /m)	Ge (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
9	1	1,20	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	9,42	6,98	26,187	0,773	20,190	0,772	7,307	0,000	6,534
	2	2,98	3,45	5,36	4,64	0,00	3,17	13,17	26,187	26,187	27,359	36,670	31,148	33,389	0,000	2,241
	3	2,96	3,76	5,41	4,26	0,00	3,17	12,83	26,187	26,187	26,993	43,555	33,976	34,056	0,000	4,092
	4	3,76	2,56	4,26	6,25	0,00	3,17	13,68	26,187	26,187	43,555	20,190	36,279	30,865	0,000	-5,414
	5	2,98	0,00	5,36	0,00	0,00	3,17	8,53	26,187	0,000	27,359	0,000	10,167	0,000	0,000	-10,165
8	1	1,20	2,56	0,00	6,25	2,82	3,17	12,24	6,98	23,698	0,773	18,271	0,772	9,336	4,031	4,531
	2	2,79	3,23	5,73	4,96	2,82	3,17	16,68	23,698	23,698	21,702	29,087	24,238	26,890	1,248	1,403
	3	2,96	3,94	5,41	4,06	2,82	3,17	15,46	23,698	23,698	24,427	43,280	31,024	38,328	3,438	3,865
	4	3,77	2,56	4,24	6,25	2,82	3,17	16,48	23,698	23,698	39,626	18,271	34,131	26,369	-3,654	-4,107
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24	23,698	0,000	18,271	0,000	8,941	0,000	-4,210	-4,732
7	1	1,20	2,56	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59	6,98	23,698	0,773	18,271	0,772	9,584	4,406	4,406
	2	2,77	3,20	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13	23,698	23,698	21,392	28,549	23,806	26,460	1,324	1,324
	3	2,96	3,76	5,41	4,26	3,17	3,17	16,00	23,698	23,698	24,427	39,416	29,495	35,424	2,969	2,969
	4	3,77	2,56	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83	23,698	23,698	39,626	18,271	34,233	26,188	-4,022	-4,022
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59	23,698	0,000	18,271	0,000	9,201	0,000	-4,600	-4,600

• Tab. V.5 : Moments aux nœuds des poteaux du portique B1B5 sous G : (suite).

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Gw (KN /m)	Ge (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
6	1	1,20	2,56	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59	6,98	23,698	0,773	18,271	0,772	9,584	4,406	4,406
	2	2,77	3,20	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13	23,698	23,698	21,344	28,536	23,806	26,460	1,324	1,324
	3	2,96	3,76	5,41	5,41	3,17	3,17	16,00	23,698	23,698	24,427	39,416	29,495	34,347	2,969	2,969
	4	3,77	2,56	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83	23,698	23,698	39,536	18,327	34,233	26,188	-4,022	-4,022
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59	23,698	0,000	18,271	0,000	9,201	0,000	-4,600	-4,600
5	1	1,20	2,52	0,00	6,35	3,17	5,87	15,40	6,98	23,698	0,773	17,705	0,772	10,723	3,485	6,454
	2	2,55	2,96	6,27	5,41	3,17	5,87	20,73	23,698	23,698	18,152	24,372	20,033	22,783	0,963	1,783
	3	2,92	3,72	5,48	4,30	3,17	5,87	18,83	23,698	23,698	23,772	38,581	28,081	35,199	2,493	4,616
	4	3,72	2,52	4,30	6,35	3,17	5,87	19,70	23,698	23,698	38,581	17,705	34,024	24,434	-3,359	-6,220
	5	2,52	0,00	6,35	0,00	3,17	5,87	15,40	23,698	0,000	17,705	0,000	10,404	0,000	-3,644	-6,748
4	1	1,20	2,52	0,00	6,35	5,87	5,87	18,10	6,98	23,698	0,773	17,705	0,772	11,764	5,491	5,491
	2	2,52	2,92	6,35	5,48	5,87	5,87	23,58	23,698	23,698	17,705	23,772	19,338	22,361	1,510	1,510
	3	2,92	3,72	5,48	4,30	5,87	5,87	21,53	23,698	23,698	23,772	38,581	27,541	35,623	4,037	4,037
	4	3,72	2,52	4,30	6,35	5,87	5,87	22,40	23,698	23,698	38,581	17,705	34,573	23,623	-5,470	-5,470
	5	2,52	0,00	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10	23,698	0,000	17,705	0,000	11,493	0,000	-5,741	-5,741

• Tab. V.6 : Moments aux nœuds des poteaux du portique B1B5 sous G : (suite).

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Gw (KN /m)	Ge (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
3	1	0	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	9,42	0	3,950	0	3,045	0	1,260	0,000	1,26
	2	2,98	3,45	5,36	4,64	0,00	3,17	13,17	3,950	3,950	4,126	5,531	4,698	5,036	0,000	0,338
	3	2,96	3,76	5,41	4,26	0,00	3,17	12,83	3,950	3,950	4,071	6,569	5,125	5,740	0,000	0,617
	4	3,76	2,56	4,26	6,25	0,00	3,17	13,68	3,950	3,950	6,569	3,045	5,472	4,655	0,000	-0,816
	5	2,98	0,00	5,36	0,00	0,00	3,17	8,53	3,950	0,000	4,126	0,000	1,533	0,000	0,000	-1,533
2	1	0	2,56	0,00	6,25	2,82	3,17	12,24	0	5,925	0	4,568	0	2,417	0,970	1,446
	2	2,79	3,23	5,73	4,96	2,82	3,17	16,68	5,925	5,925	5,425	7,272	6,060	6,723	0,312	0,350
	3	2,96	3,94	5,41	4,06	2,82	3,17	15,46	5,925	5,925	6,107	10,820	7,756	9,583	0,859	0,966
	4	3,77	2,56	4,24	6,25	2,82	3,17	16,48	5,925	5,925	9,907	4,568	8,533	6,593	-0,913	-1,026
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24	5,925	0,000	4,568	0,000	2,235	0,000	-1,052	-1,183
1	1	0	2,56	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59	0	5,925	0,355	4,568	0	2,477	1,060	1,443
	2	2,77	3,20	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13	5,925	5,925	5,348	7,137	5,952	6,615	0,331	0,331
	3	2,96	3,76	5,41	4,26	3,17	3,17	16,00	5,925	5,925	6,107	9,854	7,374	8,856	0,742	0,742
	4	3,77	2,56	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83	5,925	5,925	9,907	4,568	8,558	6,547	-1,005	-1,005
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59	5,925	0,000	4,568	0,000	2,300	0,000	-1,150	-1,150

• Tab .V.7 : Moments aux nœuds des poteaux du portique B1B5 sous Q :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Qw (KN /m)	Qe (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
9	1	1,20	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	9,42	2,100	3,950	0,355	3,045	0,355	1,260	0,000	0,905
	2	2,98	3,45	5,36	4,64	0,00	3,17	13,17	3,950	3,950	4,126	5,531	4,698	5,036	0,000	0,338
	3	2,96	3,76	5,41	4,26	0,00	3,17	12,83	3,950	3,950	4,071	6,569	5,125	5,740	0,000	0,617
	4	3,76	2,56	4,26	6,25	0,00	3,17	13,68	3,950	3,950	6,569	3,045	5,472	4,655	0,000	-0,816
	5	2,98	0,00	5,36	0,00	0,00	3,17	8,53	3,950	0,000	4,126	0,000	1,533	0,000	0,000	-1,533
8	1	1,20	2,56	0,00	6,25	2,82	3,17	12,24	2,100	5,925	0,355	4,568	0,355	2,417	0,970	1,090
	2	2,79	3,23	5,73	4,96	2,82	3,17	16,68	5,925	5,925	5,425	7,272	6,060	6,723	0,312	0,350
	3	2,96	3,94	5,41	4,06	2,82	3,17	15,46	5,925	5,925	6,107	10,820	7,756	9,583	0,859	0,966
	4	3,77	2,56	4,24	6,25	2,82	3,17	16,48	5,925	5,925	9,907	4,568	8,533	6,593	-0,913	-1,026
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24	5,925	0,000	4,568	0,000	2,235	0,000	-1,052	-1,183
7	1	1,20	2,56	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59	2,100	5,925	0,355	4,568	0,355	2,477	1,060	1,060
	2	2,77	3,20	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13	5,925	5,925	5,348	7,137	5,952	6,615	0,331	0,331
	3	2,96	3,76	5,41	4,26	3,17	3,17	16,00	5,925	5,925	6,107	9,854	7,374	8,856	0,742	0,742
	4	3,77	2,56	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83	5,925	5,925	9,907	4,568	8,558	6,547	-1,005	-1,005
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59	5,925	0,000	4,568	0,000	2,300	0,000	-1,150	-1,150

- Tab .V.8 : Moments aux nœuds des poteaux du portique B1B5 sous Q : (suite).

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Qw (KN /m)	Qe (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
6	1	1,20	2,56	0,00	6,25	3,17	3,17	12,59	2,100	5,925	0,356	4,568	0,355	2,477	1,060	1,060
	2	2,77	3,20	5,78	5,00	3,17	3,17	17,13	5,925	5,925	5,337	7,135	5,952	6,615	0,331	0,331
	3	2,96	3,76	5,41	5,41	3,17	3,17	16,00	5,925	5,925	6,107	9,855	7,374	8,587	0,742	0,742
	4	3,77	2,56	4,25	6,24	3,17	3,17	16,83	5,925	5,925	9,885	4,582	8,558	6,547	-1,005	-1,005
	5	2,56	0,00	6,25	0,00	3,17	3,17	12,59	5,925	0,000	4,568	0,000	2,300	0,000	-1,150	-1,150
5	1	1,20	2,52	0,00	6,35	3,17	5,87	15,40	2,100	5,925	0,356	4,427	0,355	2,748	0,837	1,551
	2	2,55	2,96	6,27	5,41	3,17	5,87	20,73	5,925	5,925	4,538	6,093	5,008	5,696	0,240	0,445
	3	2,92	3,72	5,48	4,30	3,17	5,87	18,83	5,925	5,925	5,943	9,646	7,021	8,800	0,623	1,154
	4	3,72	2,52	4,30	6,35	3,17	5,87	19,70	5,925	5,925	9,646	4,427	8,506	6,109	-0,839	-1,555
	5	2,52	0,00	6,35	0,00	3,17	5,87	15,40	5,925	0,000	4,427	0,000	2,601	0,000	-0,911	-1,687
4	1	1,20	2,52	0,00	6,35	5,87	5,87	18,10	2,100	5,925	0,356	4,427	0,355	2,998	1,320	1,320
	2	2,52	2,92	6,35	5,48	5,87	5,87	23,58	5,925	5,925	4,427	5,943	4,835	5,590	0,377	0,377
	3	2,92	3,72	5,48	4,30	5,87	5,87	21,53	5,925	5,925	5,943	9,646	6,885	8,906	1,009	1,009
	4	3,72	2,52	4,30	6,35	5,87	5,87	22,40	5,925	5,925	9,646	4,427	8,644	5,906	-1,367	-1,367
	5	2,52	0,00	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10	5,925	0,000	4,427	0,000	2,873	0,000	-1,435	-1,435

• Tab .V.9 : Moments aux nœuds des poteaux du portique B1B5 sous Q :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Qw (KN /m)	Qe (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
3	1	0,00	2,52	0,00	6,35	5,87	5,04	17,26	0,000	9,875	0,000	7,378	0,000	4,663	2,509	2,154
	2	2,52	2,92	6,35	5,48	5,87	5,04	22,74	9,875	9,875	7,378	9,906	8,083	9,296	0,652	0,560
	3	2,92	3,72	5,48	4,30	5,87	5,04	20,69	9,875	9,875	9,906	16,077	11,392	14,910	5,614	1,367
	4	3,72	2,52	4,30	6,35	5,87	5,04	21,56	9,875	9,875	16,077	7,378	14,341	9,939	-8,348	-2,033
	5	2,52	0,00	6,35	0,00	5,87	5,04	17,26	9,875	0,000	7,378	0,000	4,663	0,000	-8,844	-2,154
2	1	0,00	2,48	0,00	6,45	5,04	7,25	18,74	0,000	19,750	0,000	14,291	0,000	9,372	3,843	5,528
	2	2,48	2,88	6,45	5,56	5,04	7,25	24,29	19,750	19,750	14,291	19,272	15,613	18,131	1,033	1,486
	3	2,88	3,68	5,56	4,35	5,04	7,25	22,19	19,750	19,750	19,272	31,466	22,327	29,075	2,769	3,984
	4	3,68	2,48	4,35	6,45	5,04	7,25	23,09	19,750	19,750	31,466	14,291	28,230	19,088	-3,749	-5,392
	5	2,48	0,00	6,45	0,00	5,04	7,25	18,74	19,750	0,000	14,291	0,000	9,372	0,000	-3,843	-5,528
1	1	0,00	2,48	0,00	6,45	7,25	12,70	26,39	0,000	9,875	0,000	7,145	0,000	5,398	1,962	3,438
	2	2,48	2,88	6,45	5,56	7,25	12,70	31,95	9,875	9,875	7,145	9,636	7,648	9,202	0,565	0,990
	3	2,88	3,68	5,56	4,35	7,25	12,70	29,85	9,875	9,875	9,636	15,733	10,771	14,844	1,480	2,594
	4	3,68	2,48	4,35	6,45	7,25	12,70	30,74	9,875	9,875	15,733	7,145	14,517	8,947	-2,025	-3,547
	5	2,48	0,00	6,45	0,00	7,25	12,70	26,39	9,875	0,000	7,145	0,000	5,398	0,000	-1,962	-3,438

• Tab. V.10 : Moments en travées et efforts tranchants dans le portique B1B5 sous G :

Niveaux	Travées	L (m)	G(KN /m)	Me(KN .m)	Mw(KN.m)	Te(KN)	Tw(KN)	X(m)	μ	Mt(KN.m)
9	console	1,20	6,980	0,772	0,000	-2,545	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	26,187	31,148	7,307	-34,449	49,350	1,315	32,460	49,567
	2-3	3,70	26,187	33,976	33,389	-48,287	48,605	1,844	44,812	78,494
	3-4	4,70	26,187	36,279	38,056	-61,918	61,161	2,364	72,306	95,66
	4-5	3,20	26,187	10,167	30,865	-48,367	35,431	1,847	32,721	51,639
8	console	1,20	4,560	0,772	0,000	-2,093	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	23,698	24,238	9,336	-33,260	42,574	1,403	29,876	45,748
	2-3	3,70	23,698	31,024	26,890	-42,724	44,959	1,803	40,527	69,431
	3-4	4,70	23,698	34,131	38,328	-56,583	54,797	2,388	65,419	101,615
	4-5	3,20	23,698	8,941	26,369	-43,363	32,471	1,830	29,708	46,111
7	console	1,20	4,560	0,772	0,000	-2,093	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	23,698	23,806	9,584	-33,472	42,361	1,412	29,917	45,778
	2-3	3,70	23,698	29,495	26,460	-43,021	44,662	1,815	40,539	68,488
	3-4	4,70	23,698	34,233	35,424	-55,944	55,437	2,361	65,435	100,261
	4-5	3,20	23,698	9,201	26,188	-43,225	32,608	1,824	29,739	46,244
6	console	1,20	4,560	0,772	0,000	-2,093	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	23,698	23,806	9,584	-33,472	42,361	1,412	29,917	45,778
	2-3	3,70	23,698	29,495	26,460	-43,021	44,662	1,815	40,539	68,488
	3-4	4,70	23,698	34,233	34,347	-55,715	55,666	2,351	65,436	99,726
	4-5	3,20	23,698	9,201	26,188	-43,225	32,608	1,824	29,739	46,244
5	console	1,20	4,560	0,772	0,000	-2,093	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,15	23,698	20,033	10,723	-34,369	40,280	1,450	29,209	44,218
	2-3	3,65	23,698	28,081	22,783	-41,797	44,700	1,764	39,420	64,763
	3-4	4,65	23,698	34,024	35,199	-55,351	54,845	2,336	64,050	98,659
	4-5	3,15	23,698	10,404	24,434	-41,778	32,870	1,763	28,974	45,556
4	console	1,20	4,560	0,772	0,000	-2,093	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,15	23,698	19,338	11,764	-34,920	39,729	1,474	29,271	44,578
	2-3	3,65	23,698	27,541	22,361	-41,830	44,668	1,765	39,422	64,288
	3-4	4,65	23,698	34,573	35,623	-55,324	54,872	2,335	64,050	99,146
	4-5	3,15	23,698	11,493	23,623	-41,175	33,474	1,737	29,080	46,012

- Tab. V.11: Moments en travées et efforts tranchants dans le portique B1B5 sous G : (suite).

Niveaux	Travées	L (m)	G(KN /m)	Me(KN .m)	Mw(KN.m)	Te(KN)	Tw(KN)	X(m)	μ	Mt(KN.m)
3	1-2	3,15	23,698	19,398	11,191	-34,719	39,930	1,465	11,892	26,900
	2-3	3,65	23,698	27,694	22,309	-41,774	44,724	1,763	6,431	31,341
	3-4	4,65	23,698	34,417	35,503	-55,331	54,864	2,335	-9,498	25,460
	4-5	3,15	23,698	11,191	23,853	-41,344	33,305	1,745	1,260	18,100
2	1-2	3,10	23,698	18,734	11,245	-34,316	39,148	1,448	17,811	32,554
	2-3	3,60	23,698	26,790	21,756	-41,258	44,055	1,741	18,590	42,781
	3-4	4,60	23,698	33,873	34,887	-54,726	54,285	2,309	-26,457	7,921
	4-5	3,10	23,698	11,245	22,904	-40,493	32,971	1,709	-34,595	-18,118
1	1-2	3,10	23,698	18,354	12,956	-34,991	38,473	1,477	16,824	32,351
	2-3	3,60	23,698	25,850	22,084	-41,610	43,703	1,756	17,975	41,895
	3-4	4,60	23,698	34,839	35,623	-54,676	54,335	2,307	-26,342	8,888
	4-5	3,10	23,698	12,956	21,471	-39,479	33,985	1,666	-32,884	-15,989

• Tab.V .12 : Moments en travées et efforts tranchants du portique longitudinal B1B5 sous Q:

Niveaux	Travées	L (m)	Q(KN /m)	Me(KNm)	Mw(KNm)	Te(KN)	Tw(KN)	X(m)	μ	Mt(KNm)
9	console	1,20	2,100	0,355	0,000	-0,964	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	3,950	4,698	1,260	-5,246	7,394	1,328	4,910	7,597
	2-3	3,70	3,950	5,125	5,036	-7,283	7,332	1,844	6,759	11,840
	3-4	4,70	3,950	5,472	5,740	-9,340	9,225	2,364	10,907	16,512
	4-5	3,20	3,950	1,533	4,655	-7,296	5,344	1,847	4,936	7,789
8	console	1,20	2,100	0,355	0,000	-0,964	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	5,925	6,060	2,417	-8,342	10,618	1,408	7,475	11,494
	2-3	3,70	5,925	7,756	6,723	-10,682	11,240	1,803	10,133	17,359
	3-4	4,70	5,925	8,533	9,583	-14,147	13,700	2,388	16,356	25,406
	4-5	3,20	5,925	2,235	6,593	-10,842	8,118	1,830	7,427	11,528
7	console	1,20	2,100	0,355	0,000	-0,964	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	5,925	5,952	2,477	-8,394	10,566	1,417	7,484	11,500
	2-3	3,70	5,925	7,374	6,615	-10,756	11,166	1,815	10,136	17,123
	3-4	4,70	5,925	8,558	8,856	-13,987	13,860	2,361	16,360	25,066
	4-5	3,20	5,925	2,300	6,547	-10,807	8,153	1,824	7,435	11,562
6	console	1,20	2,100	0,355	0,000	-0,964	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,20	5,925	5,952	2,477	-8,394	10,566	1,417	7,484	11,500
	2-3	3,70	5,925	7,374	6,615	-10,756	11,166	1,815	10,136	17,123
	3-4	4,70	5,925	8,558	8,587	-13,930	13,918	2,351	16,360	24,933
	4-5	3,20	5,925	2,300	6,547	-10,807	8,153	1,824	7,435	11,562
5	console	1,20	2,100	0,355	0,000	-0,964	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,15	5,925	5,008	2,748	-8,614	10,049	1,454	7,305	11,097
	2-3	3,65	5,925	7,021	5,696	-10,450	11,176	1,764	9,856	16,192
	3-4	4,65	5,925	8,506	8,800	-13,839	13,712	2,336	16,014	24,666
	4-5	3,15	5,925	2,601	6,109	-10,446	8,218	1,763	7,244	11,390
4	console	1,20	2,100	0,355	0,000	-0,964	0,000	0,000	0,000	0,000
	1-2	3,15	5,925	4,835	2,998	-8,749	9,915	1,477	7,320	11,179
	2-3	3,65	5,925	6,885	5,590	-10,458	11,168	1,765	9,856	16,073
	3-4	4,65	5,925	8,644	8,906	-13,832	13,719	2,335	16,014	24,788
	4-5	3,15	5,925	2,873	5,906	-10,295	8,369	1,738	7,271	11,504

- Tab. V.13 : Moments en travées et efforts tranchants du portique longitudinal BIB5 sous Q :(suite) :

Niveaux	Travées	L (m)	Q(KN /m)	Me(KNm)	Mw(KNm)	Te(KN)	Tw(KN)	X(m)	μ	Mt(KNm)
3	1-2	3,15	9,875	8,083	4,663	-14,467	16,639	1,465	4,955	11,209
	2-3	3,65	9,875	11,392	9,296	-17,448	18,596	1,767	2,608	12,919
	3-4	4,65	9,875	14,341	14,910	-23,082	22,837	2,337	-4,016	10,608
	4-5	3,15	9,875	4,663	9,939	-17,228	13,878	1,745	0,525	7,542
2	1-2	3,10	19,750	15,613	9,372	-28,599	32,626	1,448	14,843	27,130
	2-3	3,60	19,750	22,327	18,131	-34,384	36,716	1,741	15,494	35,654
	3-4	4,60	19,750	28,230	29,075	-45,609	45,241	2,309	-22,050	6,601
	4-5	3,10	19,750	9,372	19,088	-33,747	27,478	1,709	-28,831	-15,099
1	1-2	3,10	9,875	7,648	5,398	-14,580	16,032	1,477	7,011	13,481
	2-3	3,60	9,875	10,771	9,202	-17,339	18,211	1,756	7,490	17,457
	3-4	4,60	9,875	14,517	14,844	-22,784	22,641	2,307	-10,977	3,703
	4-5	3,10	9,875	5,398	8,947	-16,451	14,161	1,666	-13,703	-6,663

• Tab. V.14: Efforts normaux dans le portique B1B5:

Niveaux	Poteaux	Poids pot	Sous G (KN)				Sous Q (KN)			
			Tw (KN)	Te (KN)	N(KN)	Nc(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
9	1	6,885	-2,093	49,350	58,328	58,328	-0,964	7,394	15,244	15,244
	2	6,885	-34,449	48,605	89,939	89,939	-5,246	7,332	19,462	19,462
	3	6,885	-48,287	61,161	116,333	116,333	-7,283	9,225	23,394	23,394
	4	6,885	-61,918	35,431	104,234	104,234	-9,340	5,344	21,569	21,569
	5	6,885	-48,367	0,000	55,252	55,552	-7,296	0,000	14,181	14,181
8	1	6,885	-2,093	42,574	51,552	109,880	-0,964	10,618	18,468	33,712
	2	6,885	-33,260	44,959	85,104	175,043	-8,342	11,240	26,467	45,929
	3	6,885	-42,724	54,797	104,406	220,739	-10,682	13,700	31,267	54,661
	4	6,885	-56,583	32,471	95,939	200,173	-14,147	8,118	29,150	50,719
	5	6,885	-43,363	0,000	50,248	105,800	-10,842	0,000	17,727	31,908
7	1	6,885	-2,093	42,361	51,339	161,219	-0,964	10,566	18,415	52,127
	2	6,885	-33,472	44,662	85,019	260,062	-8,394	11,166	26,445	72,374
	3	6,885	-43,021	55,437	105,343	326,082	-10,756	13,860	31,501	86,163
	4	6,885	-55,944	32,608	95,437	295,610	-13,987	8,153	29,025	79,744
	5	6,885	-43,225	0,000	50,110	155,910	-10,807	0,000	17,692	49,600
6	1	6,885	-2,093	42,361	51,339	212,558	-0,964	10,566	18,415	70,542
	2	6,885	-33,472	44,662	85,019	345,081	-8,394	11,166	26,445	98,820
	3	6,885	-43,021	55,666	105,572	431,654	-10,756	13,918	31,559	117,722
	4	6,885	-55,715	32,608	95,208	390,818	-13,930	8,153	28,968	108,712
	5	6,885	-43,225	0,000	50,110	206,020	-10,807	0,000	17,692	67,292
5	1	9,371	-2,093	40,280	51,744	264,302	-0,964	10,049	20,385	90,927
	2	9,371	-34,369	44,700	88,440	433,521	-8,614	11,176	29,162	127,982
	3	9,371	-41,797	54,845	106,013	537,667	-10,450	13,712	33,534	151,255
	4	9,371	-55,351	32,870	97,592	488,410	-13,839	8,218	31,428	140,140
	5	9,371	-41,778	0,000	51,149	257,169	-10,446	0,000	19,817	87,109
4	1	9,371	-2,093	39,729	51,193	315,496	-0,964	9,915	20,250	111,177
	2	9,371	-34,920	44,668	88,959	522,481	-8,749	11,168	29,288	157,270
	3	9,371	-41,830	54,872	106,073	643,741	-10,458	13,719	33,549	184,804
	4	9,371	-55,324	33,474	98,169	586,580	-13,832	8,369	31,572	171,713
	5	9,371	-41,175	0,000	50,546	307,716	-10,295	0,000	19,666	106,775

• Tab. V.15: Efforts normaux dans le portique B1B5:

Niveaux	Potaux	Poids pot	Sous G (KN)				Sous Q (KN)			
			Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
3	1	10,719	0,000	39,930	50,649	366,144	0,000	16,639	27,358	138,535
	2	10,719	-34,719	44,724	90,162	612,642	-14,467	18,596	43,782	201,052
	3	10,719	-41,774	54,864	107,357	751,097	-17,448	22,837	51,003	235,808
	4	10,719	-55,331	33,305	99,355	685,934	-23,082	13,878	47,679	219,391
	5	10,719	-41,344	0,000	52,063	359,778	-17,228	0,000	27,947	134,722
2	1	16,320	0,000	39,148	55,468	421,612	0,000	32,626	48,946	187,480
	2	16,320	-34,316	44,055	94,691	707,333	-28,599	36,716	81,635	282,687
	3	16,320	-41,258	54,285	111,863	862,960	-34,384	45,241	95,946	331,753
	4	16,320	-54,726	32,971	104,017	789,951	-45,609	27,478	89,407	308,798
	5	16,320	-40,493	0,000	56,813	416,591	-33,747	0,000	50,067	184,788
1	1	10,000	0,000	38,473	48,473	470,085	0,000	16,032	26,032	213,512
	2	10,000	-34,991	43,703	88,694	796,027	-14,580	18,211	42,791	325,478
	3	10,000	-41,610	54,335	105,945	968,905	-17,339	22,641	49,981	381,734
	4	10,000	-54,676	33,985	98,661	888,612	-22,784	14,161	46,945	355,743
	5	10,000	-39,479	0,000	49,479	466,070	-16,451	0,000	26,451	211,240

2. Sens longitudinal (portique 3A 3F) :

- Tab. V.16 : Caractéristiques géométriques du portique 3A3F :

Niveaux	Nœuds	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Iw10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie10 ⁻⁴ (m ⁴)	In10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is10 ⁻⁴ (m ⁴)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)
9	A	0,00	2,70	0,00	2,66	0,00	2,16	0,00	2,13	0,00	10,72	0,00	6,75	0,00	4,96	0,00	3,17	8,13
	B	2,70	4,60	0,00	2,66	2,47	4,21	0,00	2,13	10,72	10,72	0,00	6,75	4,34	2,55	0,00	3,17	10,06
	C	4,60	4,30	0,00	2,66	3,68	3,44	0,00	2,13	10,72	10,72	0,00	6,75	2,91	3,12	0,00	3,17	9,20
	D	4,30	4,60	0,00	2,66	3,44	3,68	0,00	2,13	10,72	10,72	0,00	6,75	3,12	2,91	0,00	3,17	9,20
	E	4,60	2,70	0,00	2,66	4,21	2,16	0,00	2,13	10,72	10,72	0,00	6,75	2,55	4,96	0,00	3,17	10,68
	F	2,70	0,00	0,00	2,66	2,16	0,00	0,00	2,13	10,72	0,00	0,00	6,75	4,96	0,00	0,00	3,17	8,13
8	A	0,00	2,70	2,66	2,66	0,00	2,16	2,39	2,13	0,00	10,72	6,75	6,75	0,00	4,96	2,82	3,17	10,95
	B	2,70	4,60	2,66	2,66	2,27	3,68	2,39	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	4,73	2,91	2,82	3,17	13,64
	C	4,60	4,30	2,66	2,66	3,68	3,44	2,39	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	2,91	3,12	2,82	3,17	12,02
	D	4,30	4,60	2,66	2,66	3,44	3,68	2,39	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	3,12	2,91	2,82	3,17	12,02
	E	4,60	2,70	2,66	2,66	3,68	2,16	2,39	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	2,91	4,96	2,82	3,17	13,87
	F	2,70	0,00	2,66	2,66	2,16	0,00	2,39	2,13	10,72	0,00	6,75	6,75	4,96	0,00	2,82	3,17	10,95
7	A	0,00	2,70	2,66	2,66	0,00	2,16	2,13	2,13	0,00	10,72	6,75	6,75	0,00	4,96	3,17	3,17	11,31
	B	2,70	4,60	2,66	2,66	2,24	3,82	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	4,79	2,81	3,17	3,17	13,94
	C	4,60	4,30	2,66	2,66	3,68	3,44	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	2,91	3,12	3,17	3,17	12,37
	D	4,30	4,60	2,66	2,66	3,44	3,68	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	3,12	2,91	3,17	3,17	12,37
	E	4,60	2,70	2,66	2,66	3,68	2,16	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	2,91	4,96	3,17	3,17	14,22
	F	2,70	0,00	2,66	2,66	2,16	0,00	2,13	2,13	10,72	0,00	6,75	6,75	4,96	0,00	3,17	3,17	11,31

• Tab. V.17: Caractéristiques géométriques du portique 3A 3F : (suite) :

Niveaux	Nœuds	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Iw10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie10 ⁻⁴ (m ⁴)	In10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is10 ⁻⁴ (m ⁴)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)
6	A	0,00	2,70	2,66	2,66	0,00	2,16	2,13	2,13	0,00	10,72	6,75	6,75	0,00	4,96	3,17	3,17	11,31
	B	2,70	4,60	2,66	2,66	2,24	3,82	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	4,79	2,81	3,17	3,17	13,94
	C	4,60	4,30	2,66	2,66	3,68	3,44	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	2,91	3,12	3,17	3,17	12,37
	D	4,30	4,60	2,66	2,66	3,44	3,68	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	3,12	2,91	3,17	3,17	12,37
	E	4,60	2,70	2,66	2,66	3,68	2,16	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	6,75	2,91	4,96	3,17	3,17	14,22
	F	2,70	0,00	2,66	2,66	2,16	0,00	2,13	2,13	10,72	0,00	6,75	6,75	4,96	0,00	3,17	3,17	11,31
5	A	0,00	2,65	2,66	2,66	0,00	2,12	2,13	2,13	0,00	10,72	6,75	12,50	0,00	5,06	3,17	5,87	14,10
	B	2,65	4,55	2,66	2,66	2,12	3,64	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	12,50	5,06	2,95	3,17	5,87	17,05
	C	4,55	4,25	2,66	2,66	3,64	3,40	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	12,50	2,95	3,15	3,17	5,87	15,14
	D	4,25	4,55	2,66	2,66	3,40	3,64	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	12,50	3,15	2,95	3,17	5,87	15,14
	E	4,55	2,65	2,66	2,66	3,64	2,12	2,13	2,13	10,72	10,72	6,75	12,50	2,95	5,06	3,17	5,87	17,05
	F	2,65	0,00	2,66	2,66	2,12	0,00	2,13	2,13	10,72	0,00	6,75	12,50	5,06	0,00	3,17	5,87	14,10
4	A	0,00	2,65	2,66	2,66	0,00	2,12	2,13	2,13	0,00	10,72	12,50	12,50	0,00	5,06	5,87	5,87	16,80
	B	2,65	4,55	2,66	2,66	2,12	3,64	2,13	2,13	10,72	10,72	12,50	12,50	5,06	2,95	5,87	5,87	19,75
	C	4,55	4,25	2,66	2,66	3,64	3,40	2,13	2,13	10,72	10,72	12,50	12,50	2,95	3,15	5,87	5,87	17,85
	D	4,25	4,55	2,66	2,66	3,40	3,64	2,13	2,13	10,72	10,72	12,50	12,50	3,15	2,95	5,87	5,87	17,85
	E	4,55	2,65	2,66	2,66	3,64	2,12	2,13	2,13	10,72	10,72	12,50	12,50	2,95	5,06	5,87	5,87	19,75
	F	2,65	0,00	2,66	2,66	2,12	0,00	2,13	2,13	10,72	0,00	12,50	12,50	5,06	0,00	5,87	5,87	16,80

• Tab. V.18: Caractéristiques géométriques du portique 3A 3F : (suite) :

Niveaux	Nœuds	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Iw10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie10 ⁻⁴ (m ⁴)	In10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is10 ⁻⁴ (m ⁴)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)
3	A	0,00	2,65	2,66	3,10	0,00	2,12	2,13	2,48	0,00	10,72	12,50	12,50	0,00	5,06	5,87	5,04	15,97
	B	2,65	4,55	2,66	3,10	2,12	3,64	2,13	2,48	10,72	10,72	12,50	12,50	5,06	2,95	5,87	5,04	18,92
	C	4,55	4,25	2,66	3,10	3,64	3,40	2,13	2,48	10,72	10,72	12,50	12,50	2,95	3,15	5,87	5,04	17,01
	D	4,25	4,55	2,66	3,10	3,40	3,64	2,13	2,48	10,72	10,72	12,50	12,50	3,15	2,95	5,87	5,04	17,01
	E	4,55	2,65	2,66	3,10	3,64	2,12	2,13	2,48	10,72	10,72	12,50	12,50	2,95	5,06	5,87	5,04	18,92
	F	2,65	0,00	2,66	3,10	2,12	0,00	2,13	2,48	10,72	0,00	12,50	12,50	5,06	0,00	5,87	5,04	15,97
2	A	0,00	2,60	3,10	3,68	0,00	2,08	2,48	2,94	0,00	10,72	12,50	21,33	0,00	5,15	5,04	7,25	17,44
	B	2,60	4,50	3,10	3,68	2,08	3,60	2,48	2,94	10,72	10,72	12,50	21,33	5,15	2,98	5,04	7,25	20,42
	C	4,50	4,20	3,10	3,68	3,60	3,36	2,48	2,94	10,72	10,72	12,50	21,33	2,98	3,19	5,04	7,25	18,45
	D	4,20	4,50	3,10	3,68	3,36	3,60	2,48	2,94	10,72	10,72	12,50	21,33	3,19	2,98	5,04	7,25	18,45
	E	4,50	2,50	3,10	3,68	3,60	2,00	2,48	2,94	10,72	10,72	12,50	21,33	2,98	5,36	5,04	7,25	20,62
	F	2,50	0,00	3,10	3,68	2,00	0,00	2,48	2,94	10,72	0,00	12,50	21,33	5,36	0,00	5,04	7,25	17,65
1	A	0,00	2,60	3,68	2,10	0,00	2,08	2,94	1,68	0,00	10,72	21,33	21,33	0,00	5,15	7,25	12,70	25,10
	B	2,60	4,50	3,68	2,10	2,08	3,60	2,94	1,68	10,72	10,72	21,33	21,33	5,15	2,98	7,25	12,70	28,07
	C	4,50	4,20	3,68	2,10	3,60	3,36	2,94	1,68	10,72	10,72	21,33	21,33	2,98	3,19	7,25	12,70	26,11
	D	4,20	4,50	3,68	2,10	3,36	3,60	2,94	1,68	10,72	10,72	21,33	21,33	3,19	2,98	7,25	12,70	26,11
	E	4,50	2,50	3,68	2,10	3,60	2,00	2,94	1,68	10,72	10,72	21,33	21,33	2,98	5,36	7,25	12,70	28,28
	F	2,50	0,00	3,68	2,10	2,00	0,00	2,94	1,68	10,72	0,00	21,33	21,33	5,36	0,00	7,25	12,70	25,30

• Tab. V.19 : Moments aux nœuds des poteaux du portique 3A3F sous G :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Gw (KN/m)	Ge (KN/m)	M'w (KN.m)	M'e (KN.m)	Mw (KN.m)	Me (KN.m)	Mn (KN.m)	Ms (KN.m)
9	A	0,00	2,16	0,00	4,96	0,00	3,17	8,13	0,000	5,685	0,000	3,120	0,000	1,217	0,000	1,217
	B	2,47	4,21	4,34	2,55	0,00	3,17	10,06	5,685	5,685	4,080	11,854	7,434	9,883	0,000	2,449
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	0,00	3,17	9,20	5,686	5,685	9,059	7,915	8,695	8,302	0,000	-0,393
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	0,00	3,17	9,20	5,686	5,685	7,916	9,057	8,302	8,695	0,000	0,393
	E	4,21	2,16	2,55	4,96	0,00	3,17	10,68	5,686	5,685	11,856	3,120	9,768	7,176	0,000	-2,592
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	0,00	3,17	8,13	5,686	0,000	3,121	0,000	1,216	0,000	0,000	0,000
8	A	0,00	2,16	0,00	4,96	2,82	3,17	10,95	0,000	6,031	0,000	3,310	0,000	1,810	0,852	0,958
	B	2,27	3,68	4,73	2,91	2,82	3,17	13,64	6,031	6,031	3,656	9,609	5,720	8,338	1,230	1,383
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	2,82	3,17	12,02	6,031	6,031	9,609	8,396	9,315	8,710	-0,284	-0,319
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	2,82	3,17	12,02	6,031	6,031	8,396	9,609	8,710	9,315	0,284	0,319
	E	3,68	2,16	2,91	4,96	2,82	3,17	13,87	6,031	6,031	9,609	3,310	8,287	5,562	-1,280	-1,439
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	2,82	3,17	10,95	6,031	0,000	3,310	0,000	1,810	0,000	-0,852	-0,958
7	A	0,00	2,16	0,00	4,96	3,17	3,17	11,31	0,000	6,031	0,000	3,310	0,000	1,858	0,927	0,927
	B	2,24	3,82	4,79	2,81	3,17	3,17	13,94	6,031	6,031	3,560	10,354	5,894	8,984	1,544	1,544
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	3,17	3,17	12,37	6,031	6,031	9,609	8,396	9,323	8,702	-0,310	-0,310
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	3,17	3,17	12,37	6,031	6,031	8,396	9,609	8,702	9,323	0,310	0,310
	E	3,68	2,16	2,91	4,96	3,17	3,17	14,22	6,031	6,031	9,609	3,310	8,319	5,507	-1,404	-1,404
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	3,17	3,17	11,31	6,031	0,000	3,310	0,000	1,858	0,000	-0,927	-0,927

• Tab. V.20: Moments aux nœuds des poteaux du portique 3A3F sous G : (suite)

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Gw (KN /m)	Ge (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
6	A	0,00	2,16	0,00	4,96	3,17	3,17	11,31	0,000	6,031	0,000	3,310	0,000	1,858	0,927	0,927
	B	2,24	3,82	4,79	2,81	3,17	3,17	13,94	6,031	6,031	3,560	10,354	5,894	8,984	1,544	1,544
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	3,17	3,17	12,37	6,031	6,031	9,609	8,396	9,323	8,702	-0,310	-0,310
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	3,17	3,17	12,37	6,031	6,031	8,396	9,609	8,702	9,323	0,310	0,310
	E	3,68	2,16	2,91	4,96	3,17	3,17	14,22	6,031	6,031	9,609	3,310	8,319	5,507	-1,404	-1,404
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	3,17	3,17	11,31	6,031	0,000	3,310	0,000	1,858	0,000	-0,927	-0,927
5	A	0,00	2,12	0,00	5,06	3,17	5,87	14,10	0,000	6,031	0,000	3,189	0,000	2,044	0,716	1,327
	B	2,12	3,64	5,06	2,95	3,17	5,87	17,05	6,031	6,031	3,189	9,401	5,032	8,326	1,154	2,138
	C	3,64	3,40	2,95	3,15	3,17	5,87	15,14	6,031	6,031	9,401	8,202	9,167	8,451	-0,251	-0,464
	D	3,40	3,64	3,15	2,95	3,17	5,87	15,14	6,031	6,031	8,202	9,401	8,451	9,167	0,251	0,464
	E	3,64	2,12	2,95	5,06	3,17	5,87	17,05	6,031	6,031	9,401	3,189	8,326	5,032	-1,154	-2,138
	F	2,12	0,00	5,06	0,00	3,17	5,87	14,10	6,031	0,000	3,189	0,000	2,044	0,000	-0,716	-1,327
4	A	0,00	2,12	0,00	5,06	5,87	5,87	16,80	0,000	6,031	0,000	3,189	0,000	2,228	1,114	1,114
	B	2,12	3,64	5,06	2,95	5,87	5,87	19,75	6,031	6,031	3,189	9,401	4,780	8,473	1,846	1,846
	C	3,64	3,40	2,95	3,15	5,87	5,87	17,85	6,031	6,031	9,401	8,202	9,202	8,413	-0,394	-0,394
	D	3,40	3,64	3,15	2,95	5,87	5,87	17,85	6,031	6,031	8,202	9,401	8,413	9,202	0,394	0,394
	E	3,64	2,12	2,95	5,06	5,87	5,87	19,75	6,031	6,031	9,401	3,189	8,473	4,780	-1,846	-1,846
	F	2,12	0,00	5,06	0,00	5,87	5,87	16,80	6,031	0,000	3,189	0,000	2,228	0,000	-1,114	-1,114

• Tab. V.21: Moments aux nœuds des poteaux du portique 3A3F sous G : (suite) :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Gw (KN /m)	Ge (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
3	A	0,00	2,12	0,00	5,06	5,87	5,04	15,97	0,000	6,031	0,000	3,189	0,000	2,178	1,172	1,006
	B	2,12	3,64	5,06	2,95	5,87	5,04	18,92	6,031	6,031	3,189	9,401	4,850	8,432	1,927	1,654
	C	3,64	3,40	2,95	3,15	5,87	5,04	17,01	6,031	6,031	9,401	8,202	9,193	8,424	-0,413	-0,355
	D	3,40	3,64	3,15	2,95	5,87	5,04	17,01	6,031	6,031	8,202	9,401	8,424	9,193	0,413	0,355
	E	3,64	2,12	2,95	5,06	5,87	5,04	18,92	6,031	6,031	9,401	3,189	8,432	4,850	-1,927	-1,654
	F	2,12	0,00	5,06	0,00	5,87	5,04	15,97	6,031	0,000	3,189	0,000	2,178	0,000	-1,172	-1,006
2	A	0,00	2,08	0,00	5,15	5,04	7,25	17,44	0,000	6,031	0,000	3,070	0,000	2,163	0,887	1,276
	B	2,08	3,60	5,15	2,98	5,04	7,25	20,42	6,031	6,031	3,070	9,196	4,614	8,301	1,511	2,174
	C	3,60	3,36	2,98	3,19	5,04	7,25	18,45	6,031	6,031	9,196	8,010	9,004	8,215	-0,323	-0,465
	D	3,36	3,60	3,19	2,98	5,04	7,25	18,45	6,031	6,031	8,010	9,196	8,215	9,004	0,323	0,465
	E	3,60	2,00	2,98	5,36	5,04	7,25	20,62	6,031	6,031	9,196	2,838	8,276	4,490	-1,553	-2,235
	F	2,00	0,00	5,36	0,00	5,04	7,25	17,65	6,031	0,000	2,838	0,000	1,976	0,000	-0,810	-1,165
1	A	0,00	2,08	0,00	5,15	7,25	12,70	25,10	0,000	6,031	0,000	3,070	0,000	2,439	0,886	1,553
	B	2,08	3,60	5,15	2,98	7,25	12,70	28,07	6,031	6,031	3,070	9,196	4,193	8,545	1,582	2,771
	C	3,60	3,36	2,98	3,19	7,25	12,70	26,11	6,031	6,031	9,196	8,010	9,060	8,155	-0,329	-0,576
	D	3,36	3,60	3,19	2,98	7,25	12,70	26,11	6,031	6,031	8,010	9,196	8,155	9,060	0,329	0,576
	E	3,60	2,00	2,98	5,36	7,25	12,70	28,28	6,031	6,031	9,196	2,838	8,525	4,043	-1,629	-2,854
	F	2,00	0,00	5,36	0,00	7,25	12,70	25,30	6,031	0,000	2,838	0,000	2,236	0,000	-0,813	-1,424

• Tab. V.22 : Moments aux nœuds des poteaux du portique 3A3F sous Q :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Qw (KN /m)	Qe (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
9	A	0,00	2,16	0,00	4,96	0,00	3,17	8,13	0,000	0,650	0,000	0,357	0,000	0,139	0,000	0,139
	B	2,47	4,21	4,34	2,55	0,00	3,17	10,06	0,650	0,650	0,467	1,355	0,849	1,130	0,000	0,280
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	0,00	3,17	9,20	0,650	0,650	1,036	0,905	0,994	0,949	0,000	-0,045
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	0,00	3,17	9,20	0,650	0,650	0,905	1,036	0,949	0,994	0,000	0,045
	E	4,21	2,16	2,55	4,96	0,00	3,17	10,68	0,650	0,650	1,355	0,357	1,116	0,820	0,000	-0,296
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	0,00	3,17	8,13	0,650	0,000	0,357	0,000	0,139	0,000	0,000	0,139
8	A	0,00	2,16	0,00	4,96	2,82	3,17	10,95	0,000	0,975	0,000	0,535	0,000	0,292	0,137	0,154
	B	2,27	3,68	4,73	2,91	2,82	3,17	13,64	0,975	0,975	0,591	1,553	0,924	1,348	0,198	0,223
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	2,82	3,17	12,02	0,975	0,975	1,553	1,357	1,505	1,408	-0,045	-0,051
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	2,82	3,17	12,02	0,975	0,975	1,357	1,553	1,408	1,505	0,045	0,051
	E	3,68	2,16	2,91	4,96	2,82	3,17	13,87	0,975	0,975	1,553	0,535	1,339	0,899	-0,207	-0,232
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	2,82	3,17	10,95	0,975	0,000	0,535	0,000	0,292	0,000	-0,137	-0,154
7	A	0,00	2,16	0,00	4,96	3,17	3,17	11,31	0,000	0,975	0,000	0,535	0,000	0,300	0,149	0,149
	B	2,24	3,82	4,79	2,81	3,17	3,17	13,94	0,975	0,975	0,576	1,674	0,952	1,452	0,249	0,250
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	3,17	3,17	12,37	0,975	0,975	1,553	1,357	1,507	1,406	-0,050	-0,050
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	3,17	3,17	12,37	0,975	0,975	1,357	1,553	1,406	1,507	0,050	0,050
	E	3,68	2,16	2,91	4,96	3,17	3,17	14,22	0,975	0,975	1,553	0,535	1,345	0,890	-0,226	-0,226
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	3,17	3,17	11,31	0,975	0,000	0,535	0,000	0,300	0,000	-0,149	-0,149

• Tab. V.23: Moments aux nœuds des poteaux du portique 3A3F sous Q : (suite) :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Qw (KN /m)	Qe (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
6	A	0,00	2,16	0,00	4,96	3,17	3,17	11,31	0,000	0,975	0,000	0,535	0,000	0,300	0,149	0,149
	B	2,24	3,82	4,79	2,81	3,17	3,17	13,94	0,975	0,975	0,576	1,674	0,952	1,452	0,249	0,249
	C	3,68	3,44	2,91	3,12	3,17	3,17	12,37	0,975	0,975	1,553	1,357	1,507	1,406	-0,050	-0,050
	D	3,44	3,68	3,12	2,91	3,17	3,17	12,37	0,975	0,975	1,357	1,553	1,406	1,507	0,050	0,050
	E	3,68	2,16	2,91	4,96	3,17	3,17	14,22	0,975	0,975	1,553	0,535	1,345	0,890	-0,226	-0,226
	F	2,16	0,00	4,96	0,00	3,17	3,17	11,31	0,975	0,000	0,535	0,000	0,300	0,000	-0,149	-0,149
5	A	0,00	2,12	0,00	5,06	3,17	5,87	14,10	0,000	0,975	0,000	0,516	0,000	0,330	0,115	0,214
	B	2,12	3,64	5,06	2,95	3,17	5,87	17,05	0,975	0,975	0,516	1,520	0,813	1,346	0,186	0,345
	C	3,64	3,40	2,95	3,15	3,17	5,87	15,14	0,975	0,975	1,520	1,326	1,482	1,366	-0,040	-0,075
	D	3,40	3,64	3,15	2,95	3,17	5,87	15,14	0,975	0,975	1,326	1,520	1,366	1,482	0,040	0,075
	E	3,64	2,12	2,95	5,06	3,17	5,87	17,05	0,975	0,975	1,520	0,516	1,346	0,813	-0,186	-0,345
	F	2,12	0,00	5,06	0,00	3,17	5,87	14,10	0,975	0,000	0,516	0,000	0,330	0,000	-0,115	-0,214
4	A	0,00	2,12	0,00	5,06	5,87	5,87	16,80	0,000	0,975	0,000	0,516	0,000	0,360	0,180	0,180
	B	2,12	3,64	5,06	2,95	5,87	5,87	19,75	0,975	0,975	0,516	1,520	0,772	1,369	0,298	0,298
	C	3,64	3,40	2,95	3,15	5,87	5,87	17,85	0,975	0,975	1,520	1,326	1,487	1,360	-0,063	-0,063
	D	3,40	3,64	3,15	2,95	5,87	5,87	17,85	0,975	0,975	1,326	1,520	1,360	1,487	0,063	0,063
	E	3,64	2,12	2,95	5,06	5,87	5,87	19,75	0,975	0,975	1,520	0,516	1,369	0,772	-0,298	-0,298
	F	2,12	0,00	5,06	0,00	5,87	5,87	16,80	0,975	0,000	0,516	0,000	0,360	0,000	-0,180	-0,180

• Tab. V.24 : Moments aux nœuds des poteaux du portique 3A3F sous Q : (suite) :

Niveaux	Nœuds	L'w (m)	L'e (m)	Kw10 ⁻⁴ (m ³)	Ke10 ⁻⁴ (m ³)	Kn10 ⁻⁴ (m ³)	Ks10 ⁻⁴ (m ³)	D 10 ⁻⁴ (m ³)	Qw (KN /m)	Qe (KN /m)	M'w (KNm)	M'e (KNm)	Mw (KNm)	Me (KNm)	Mn (KNm)	Ms (KNm)
3	A	0,00	2,12	0,00	5,06	5,87	5,04	15,97	0,000	1,625	0,000	0,859	0,000	0,586	0,315	0,271
	B	2,12	3,64	5,06	2,95	5,87	5,04	18,92	1,625	1,625	0,859	2,533	1,306	2,087	0,519	0,519
	C	3,64	3,40	2,95	3,15	5,87	5,04	17,01	1,625	1,625	2,533	2,210	2,476	2,269	-0,111	-0,111
	D	3,40	3,64	3,15	2,95	5,87	5,04	17,01	1,625	1,625	2,210	2,533	2,269	2,476	0,111	0,111
	E	3,64	2,12	2,95	5,06	5,87	5,04	18,92	1,625	1,625	2,533	0,859	2,272	1,306	-0,519	-0,519
	F	2,12	0,00	5,06	0,00	5,87	5,04	15,97	1,625	0,000	0,859	0,000	0,586	0,000	-0,315	-0,271
2	A	0,00	2,08	0,00	5,15	5,04	7,25	17,44	0,000	3,250	0,000	1,654	0,000	1,165	0,478	0,687
	B	2,08	3,60	5,15	2,98	5,04	7,25	20,42	3,250	3,250	1,654	4,955	2,486	4,473	0,814	1,172
	C	3,60	3,36	2,98	3,19	5,04	7,25	18,45	3,250	3,250	4,955	4,317	4,852	4,427	-0,174	-0,250
	D	3,36	3,60	3,19	2,98	5,04	7,25	18,45	3,250	3,250	4,317	4,955	4,427	4,852	0,174	0,250
	E	3,60	2,00	2,98	5,36	5,04	7,25	20,62	3,250	3,250	4,955	1,529	4,460	2,419	-0,837	-1,204
	F	2,00	0,00	5,36	0,00	5,04	7,25	17,65	3,250	0,000	1,529	0,000	1,064	0,000	-0,436	-0,628
1	A	0,00	2,08	0,00	5,15	7,25	12,70	25,10	0,000	1,625	0,000	0,827	0,000	0,657	0,238	0,418
	B	2,08	3,60	5,15	2,98	7,25	12,70	28,07	1,625	1,625	0,827	2,478	1,129	2,302	0,426	0,746
	C	3,60	3,36	2,98	3,19	7,25	12,70	26,11	1,625	1,625	2,478	2,158	2,441	2,197	-0,088	-0,155
	D	3,36	3,60	3,19	2,98	7,25	12,70	26,11	1,625	1,625	2,158	2,478	2,197	2,441	0,088	0,155
	E	3,60	2,00	2,98	5,36	7,25	12,70	28,28	1,625	1,625	2,478	0,765	2,297	1,089	-0,439	-0,769
	F	2,00	0,00	5,36	0,00	7,25	12,70	25,30	1,625	0,000	0,765	0,000	0,602	0,000	-0,219	-0,383

• Tab. V.25 : Moments en travées et efforts tranchants dans le portique 3A3F sous G :

Niveaux	Travées	L (m)	G (KN /m)	Me (KN .m)	Mw(KN .m)	Te(KN)	Tw(KN)	X(m)	μ	Mt (KN .m)
9	A-B	2,70	5,685	7,434	1,217	-5,372	9,977	0,945	4,714	9,711
	B-C	4,60	5,685	8,695	9,883	-13,334	12,817	2,345	-2,561	6,244
	C-D	4,30	5,685	8,302	8,302	-12,223	12,223	2,150	-0,917	7,385
	D-E	4,60	5,685	9,768	8,695	-12,842	13,309	2,259	-1,430	8,235
	E-F	2,70	5,685	1,216	7,176	-9,882	5,467	1,738	-0,914	1,572
8	A-B	2,70	6,031	5,720	1,810	-6,694	9,590	1,110	4,427	8,842
	B-C	4,60	6,031	9,315	8,338	-13,659	14,084	2,265	-1,596	7,625
	C-D	4,30	6,031	8,710	8,710	-12,967	12,967	2,150	-0,972	7,738
	D-E	4,60	6,031	8,287	9,315	-14,095	13,648	2,337	-2,599	5,784
	E-F	2,70	6,031	1,810	5,562	-9,531	6,752	1,580	0,610	3,299
7	A-B	2,70	6,031	5,894	1,858	-6,647	9,637	1,102	4,479	9,017
	B-C	4,60	6,031	9,323	8,984	-13,798	13,945	2,288	-1,912	7,379
	C-D	4,30	6,031	8,702	8,702	-12,967	12,967	2,150	-0,972	7,730
	D-E	4,60	6,031	8,319	9,323	-14,090	13,653	2,336	-2,587	5,826
	E-F	2,70	6,031	1,858	5,507	-9,493	6,790	1,574	0,670	3,387
6	A-B	2,70	6,031	5,894	1,858	-6,647	9,637	1,102	4,479	9,017
	B-C	4,60	6,031	9,323	8,984	-13,798	13,945	2,288	-1,912	7,379
	C-D	4,30	6,031	8,702	8,702	-12,967	12,967	2,150	-0,972	7,730
	D-E	4,60	6,031	8,319	9,323	-14,090	13,653	2,336	-2,587	5,826
	E-F	2,70	6,031	1,858	5,507	-9,493	6,790	1,574	0,670	3,387
5	A-B	2,65	6,031	5,032	2,044	-6,864	9,119	1,138	4,086	8,127
	B-C	4,55	6,031	9,167	8,326	-13,536	13,905	2,244	-1,469	7,616
	C-D	4,25	6,031	8,451	8,451	-12,816	12,816	2,125	-0,801	7,650
	D-E	4,55	6,031	8,326	9,167	-13,905	13,536	2,306	-2,310	6,096
	E-F	2,65	6,031	2,044	5,032	-9,119	6,864	1,512	1,098	3,887
4	A-B	2,65	6,031	4,780	2,228	-7,028	8,954	1,165	3,896	7,850
	B-C	4,55	6,031	9,202	8,473	-13,560	13,881	2,248	-1,524	7,607
	C-D	4,25	6,031	8,413	8,413	-12,816	12,816	2,125	-0,801	7,612
	D-E	4,55	6,031	8,473	9,202	-13,881	13,560	2,302	-2,253	6,289
	E-F	2,65	6,031	2,228	4,780	-8,954	7,028	1,485	1,344	4,221

• Tab.V.26 : Moments en travées et efforts tranchants dans le portique 3A3F sous G : (suite) :

Niveaux	Travées	L (m)	G (KN /m)	Me (KN .m)	Mw(KN .m)	Te(KN)	Tw(KN)	X(m)	μ	Mt (KN .m)
3	A-B	2,65	6,031	4,850	2,178	-6,983	8,999	1,158	3,949	7,928
	B-C	4,55	6,031	9,193	8,432	-13,553	13,888	2,247	-1,508	7,610
	C-D	4,25	6,031	8,424	8,424	-12,816	12,816	2,125	-0,801	7,623
	D-E	4,55	6,031	8,432	9,193	-13,888	13,553	2,303	-2,269	6,235
	E-F	2,65	6,031	2,178	4,850	-8,999	6,983	1,492	1,277	4,130
2	A-B	2,60	6,031	4,614	2,163	-6,898	8,783	1,144	3,896	7,686
	B-C	4,50	6,031	9,004	8,301	-13,414	13,726	2,224	-1,347	7,587
	C-D	4,20	6,031	8,215	8,215	-12,665	12,665	2,100	-0,633	7,582
	D-E	4,50	6,031	8,276	9,004	-13,732	13,408	2,277	-2,062	6,285
	E-F	2,60	6,031	1,976	4,490	-8,807	6,873	1,460	1,410	4,048
1	A-B	2,60	6,031	4,193	2,439	-7,166	8,515	1,188	3,583	7,209
	B-C	4,50	6,031	9,060	8,545	-13,455	13,684	2,231	-1,440	7,569
	C-D	4,20	6,031	8,155	8,155	-12,665	12,665	2,100	-0,633	7,522
	D-E	4,50	6,031	8,525	9,060	-13,689	13,451	2,270	-1,965	6,612
	E-F	2,60	6,031	2,236	4,043	-8,535	7,145	1,415	1,801	4,528

• Tab. V.28 : Moments en travées et efforts tranchants dans le portique 3A3F sous Q :

Niveaux	Travées	L (m)	Q(KN /m)	Me (KN .m)	Mw (KN .m)	Te(KN)	Tw (KN)	X(m)	μ	Mt (KN .m)
9	A-B	2,70	0,650	0,849	0,139	-0,615	1,140	0,945	0,539	1,110
	B-C	4,60	0,650	0,994	1,130	-1,525	1,465	2,345	-0,293	0,714
	C-D	4,30	0,650	0,949	0,949	-1,398	1,398	2,150	-0,105	0,844
	D-E	4,60	0,650	1,116	0,994	-1,468	1,522	2,259	-0,164	0,940
	E-F	2,70	0,650	0,139	0,820	-1,130	0,625	1,738	-0,104	0,180
8	A-B	2,70	0,975	0,924	0,292	-1,082	1,550	1,110	0,716	1,429
	B-C	4,60	0,975	1,505	1,348	-2,208	2,277	2,265	-0,258	1,231
	C-D	4,30	0,975	1,408	1,408	-2,096	2,096	2,150	-0,157	1,251
	D-E	4,60	0,975	1,339	1,505	-2,279	2,206	2,337	-0,420	0,934
	E-F	2,70	0,975	0,292	0,899	-1,541	1,091	1,581	0,098	0,533
7	A-B	2,70	0,975	0,952	0,300	-1,075	1,558	1,102	0,724	1,457
	B-C	4,60	0,975	1,507	1,452	-2,231	2,254	2,288	-0,309	1,193
	C-D	4,30	0,975	1,406	1,406	-2,096	2,096	2,150	-0,157	1,249
	D-E	4,60	0,975	1,345	1,507	-2,278	2,207	2,336	-0,418	0,942
	E-F	2,70	0,975	0,300	0,890	-1,535	1,098	1,574	0,108	0,547
6	A-B	2,70	0,975	0,952	0,300	-1,075	1,558	1,102	0,724	1,457
	B-C	4,60	0,975	1,507	1,452	-2,231	2,254	2,288	-0,309	1,193
	C-D	4,30	0,975	1,406	1,406	-2,096	2,096	2,150	-0,157	1,249
	D-E	4,60	0,975	1,345	1,507	-2,278	2,207	2,336	-0,418	0,942
	E-F	2,70	0,975	0,300	0,890	-1,535	1,098	1,574	0,108	0,547
5	A-B	2,65	0,975	0,813	0,330	-1,110	1,474	1,138	0,660	1,313
	B-C	4,55	0,975	1,482	1,346	-2,188	2,248	2,244	-0,237	1,231
	C-D	4,25	0,975	1,366	1,366	-2,072	2,072	2,125	-0,129	1,237
	D-E	4,55	0,975	1,346	1,482	-2,248	2,188	2,306	-0,373	0,986
	E-F	2,65	0,975	0,330	0,813	-1,474	1,110	1,512	0,177	0,628
4	A-B	2,65	0,975	0,772	0,360	-1,136	1,447	1,166	0,630	1,268
	B-C	4,55	0,975	1,487	1,369	-2,192	2,244	2,248	-0,246	1,229
	C-D	4,25	0,975	1,360	1,360	-2,072	2,072	2,125	-0,129	1,231
	D-E	4,55	0,975	1,369	1,487	-2,244	2,192	2,302	-0,364	1,016
	E-F	2,65	0,975	0,360	0,772	-1,447	1,136	1,484	0,218	0,682

• Tab. V.29: Moments en travées et efforts tranchants dans le portique 3A3F sous Q : (suite) :

Niveaux	Travées	L (m)	Q (KN /m)	Me (KN .m)	Mw (KN .m)	Te(KN)	Tw (KN)	X(m)	μ	Mt (KN .m)
3	A-B	2,65	1,625	1,306	0,586	-1,881	2,425	1,158	1,064	2,135
	B-C	4,55	1,625	2,476	2,087	-3,611	3,782	2,222	-0,316	2,121
	C-D	4,25	1,625	2,269	2,269	-3,453	3,453	2,125	-0,216	2,053
	D-E	4,55	1,625	2,272	2,476	-3,742	3,652	2,303	-0,611	1,681
	E-F	2,65	1,625	0,586	1,306	-2,425	1,881	1,492	0,344	1,112
2	A-B	2,60	3,250	2,486	1,165	-3,717	4,733	1,144	2,100	4,141
	B-C	4,50	3,250	4,852	4,473	-7,228	7,397	2,224	-0,726	4,088
	C-D	4,20	3,250	4,427	4,427	-6,825	6,825	2,100	-0,341	4,086
	D-E	4,50	3,250	4,460	4,852	-7,400	7,225	2,277	-1,111	3,387
	E-F	2,60	3,250	1,064	2,419	-4,746	3,704	1,460	0,759	2,180
1	A-B	2,60	1,625	1,129	0,657	-1,931	2,294	1,188	0,965	1,941
	B-C	4,50	1,625	2,441	2,302	-3,625	3,687	2,231	-0,388	2,039
	C-D	4,20	1,625	2,197	2,197	-3,413	3,413	2,100	-0,171	2,026
	D-E	4,50	1,625	2,297	2,441	-3,688	3,624	2,270	-0,529	1,782
	E-F	2,60	1,625	0,602	1,089	-2,300	1,925	1,415	0,485	1,219

• Tab. V.30: Efforts normaux dans le portique 3A3F:

Niveaux	Poteaux	Poids pot	Sous G (KN)				Sous Q (KN)			
			Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
9	A	6,885	0,000	9,977	16,862	16,862	0,000	1,14	8,025	8,025
	B	6,885	-5,372	12,817	25,074	25,074	-0,615	1,465	8,965	8,965
	C	6,885	-13,334	12,223	32,442	32,442	-1,525	1,398	9,808	9,808
	D	6,885	-12,223	13,309	32,417	32,714	-1,398	1,522	9,805	9,805
	E	6,885	-12,842	5,467	25,194	25,194	-1,468	0,625	8,978	8,978
	F	6,885	-9,882	0,000	16,767	16,767	-1,13	0,000	8,015	8,015
8	A	6,885	0,000	9,59	16,475	33,337	0,000	1,55	8,435	16,460
	B	6,885	-6,694	14,084	27,663	52,737	-1,082	2,277	10,244	19,209
	C	6,885	-13,66	12,967	33,511	65,953	-2,208	2,096	11,189	20,997
	D	6,885	-12,97	13,648	33,500	66,214	-2,096	2,206	11,187	20,992
	E	6,885	-14,1	6,752	27,732	52,926	-2,279	1,091	10,255	19,233
	F	6,885	-9,531	0,000	16,416	33,183	-1,541	0,000	8,426	16,441
7	A	6,885	0,000	9,637	16,522	49,859	0,000	1,558	8,443	24,903
	B	6,885	-6,647	13,945	27,477	80,214	-1,075	2,254	10,214	29,423
	C	6,885	-13,8	12,967	33,650	99,603	-2,231	2,096	11,212	32,209
	D	6,885	-12,97	13,653	33,505	99,719	-2,096	2,207	11,188	32,180
	E	6,885	-14,09	6,79	27,765	80,691	-2,278	1,098	10,261	29,494
	F	6,885	-9,493	0,000	16,378	49,561	-1,535	0,000	8,420	24,861
6	A	6,885	0,000	9,637	16,522	66,381	0,000	1,558	8,443	33,346
	B	6,885	-6,647	13,945	27,477	107,691	-1,075	2,254	10,214	39,637
	C	6,885	-13,8	12,967	33,650	133,253	-2,231	2,096	11,212	43,421
	D	6,885	-12,97	13,653	33,505	133,224	-2,096	2,207	11,188	43,368
	E	6,885	-14,09	6,79	27,765	108,456	-2,278	1,098	10,261	39,755
	F	6,885	-9,493	0,000	16,378	65,939	-1,535	0,000	8,420	33,281

• Tab. V.31: Efforts normaux dans le portique 3A3F:(suite) :

Niveaux	Poteaux	Poids pot	Sous G (KN)				Sous Q (KN)			
			Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
5	A	9,371	0,000	9,119	18,490	84,871	0,000	1,474	10,845	44,191
	B	9,371	-6,864	13,905	30,140	137,831	-1,11	2,248	12,729	52,366
	C	9,371	-13,54	12,816	35,723	168,976	-2,188	2,072	13,631	57,052
	D	9,371	-12,82	13,536	35,723	168,947	-2,072	2,188	13,631	56,999
	E	9,371	-13,91	6,864	30,140	138,596	-2,248	1,11	12,729	52,484
	F	9,371	-9,119	0,000	18,490	84,429	-1,474	0,000	10,845	44,126
4	A	9,371	0,000	8,954	18,325	103,197	0,000	1,447	10,818	55,010
	B	9,371	-7,028	13,881	30,280	168,112	-1,136	2,244	12,751	65,118
	C	9,371	-13,56	12,816	35,747	204,724	-2,192	2,072	13,635	70,688
	D	9,371	-12,82	13,56	35,747	204,695	-2,072	2,192	13,635	70,635
	E	9,371	-13,88	7,028	30,280	168,877	-2,244	1,136	12,751	65,236
	F	9,371	-8,954	0,000	18,325	102,755	-1,447	0,000	10,818	54,945
3	A	10,719	0,000	8,999	19,718	122,914	0,000	2,425	13,144	68,153
	B	10,719	-6,983	13,888	31,590	199,701	-1,881	3,782	16,382	81,499
	C	10,719	-13,55	12,816	37,088	241,811	-3,611	3,453	17,783	88,470
	D	10,719	-12,82	13,553	37,088	241,782	-3,453	3,652	17,824	88,458
	E	10,719	-13,89	6,983	31,590	200,466	-3,742	1,881	16,342	81,577
	F	10,719	-8,999	0,000	19,718	122,472	-2,425	0,000	13,144	68,088
2	A	16,320	0,000	8,783	25,103	148,017	0,000	4,733	21,053	89,206
	B	16,320	-6,898	13,726	36,944	236,645	-3,717	7,397	27,434	108,933
	C	16,320	-13,41	12,665	42,399	284,210	-7,228	6,825	30,373	118,843
	D	16,320	-12,67	13,408	42,393	284,175	-6,825	7,225	30,370	118,828
	E	16,320	-13,73	6,873	36,925	237,391	-7,4	3,704	27,424	109,001
	F	16,320	-8,807	0,000	25,127	147,599	-4,746	0,000	21,066	89,154
1	A	10,000	0,000	8,515	18,515	166,532	0,000	2,294	12,294	101,500
	B	10,000	-7,166	13,684	30,850	267,495	-1,931	3,687	15,618	124,551
	C	10,000	-13,46	12,665	36,120	320,330	-3,625	3,413	17,038	135,881
	D	10,000	-12,67	13,451	36,116	320,291	-3,413	3,624	17,037	135,865
	E	10,000	-13,69	7,145	30,834	268,225	-3,688	1,925	15,613	124,614
	F	10,000	-8,535	0,000	18,535	166,134	-2,3	0,000	12,300	101,454

V.7.Calcul de refends sous chargement vertical:

a) Détermination des charges et surcharges verticales reprises par les voiles:

Les voiles reprennent en plus des sollicitations horizontales ; les sollicitations verticales dues à leurs poids propres et aux charges d’exploitation.

Pour les refends pleins, les charges verticales sont distribuées suivant toute la longueur du voile considéré.

- **Calcul du poids propre des voiles:**
 - a- **Sens longitudinal :**
 - **Tab. V.32: poids propre des voiles longitudinaux :**

Niveaux	voiles	H(m)	L(m)	ep(m)	Poids(KN)
7, 6, 5, 4,3et2	VL1	3,06	1,50	0,20	22,95
	VL2	3,06	1,50	0,20	22,95
	VL3	3,06	2,00	0,20	30,60
	VL4	3,06	2,00	0,20	30,60
	VL5	3,06	2,00	0,20	30,60
	VL6	3,06	2,00	0,20	30,60
1	VL1	3,50	1,50	0,20	26,25
	VL2	3,50	1,50	0,20	26,25
	VL3	3,50	2,00	0,20	35,00
	VL4	3,50	2,00	0,20	35,00
	VL5	3,50	2,00	0,20	35,00
	VL6	3,50	2,00	0,20	35,00
RDC	VL1	4,80	1,50	0,20	36,00
	VL2	4,80	1,50	0,20	36,00
	VL3	4,80	2,00	0,20	48,00
	VL4	4,80	2,00	0,20	48,00
	VL5	4,80	2,00	0,20	48,00
	VL6	4,80	2,00	0,20	48,00
S.S	VL1	2,50	1,50	0,20	18,75
	VL2	2,50	1,50	0,20	18,75
	VL3	2,50	2,00	0,20	25,00
	VL4	2,50	2,00	0,20	25,00
	VL5	2,50	2,00	0,20	25,00
	VL6	2,50	2,00	0,20	25,00

b- Sens transversal:

- **Tab. V.33: poids propre des voiles transversaux :**

Niveaux	voiles	H(m)	L(m)	ep(m)	Poids(KN)
7, 6, 5, 4,3et2	VT1	3,06	3,10	0,20	47,43
	VT2	3,06	3,10	0,20	47,43
	VT3	3,06	3,10	0,20	47,43
	VT4	3,06	3,10	0,20	47,43
1	VT1	3,50	3,10	0,20	54,25
	VT2	3,50	3,10	0,20	54,25
	VT3	3,50	3,10	0,20	54,25
	VT4	3,50	3,10	0,20	54,25
RDC	VT1	4,80	3,10	0,20	74,40
	VT2	4,80	3,10	0,20	74,40
	VT3	4,80	3,10	0,20	74,40
	VT4	4,80	3,10	0,20	74,40
SS	VT1	2,50	3,10	0,20	38,75
	VT2	2,50	3,10	0,20	38,75
	VT3	2,50	3,10	0,20	38,75
	VT4	2,50	3,10	0,20	38,75

- Calcul du Poids de l'acrotère sur les voiles VT1, VT2, VT3et VT4:
 - Sur les voiles VT₁,VT₂ ,VT₃ ,VT₄ : $1,731 \times 3,2 = 5,539$ KN
 - Sur les voiles VL1,VL2 = $1,731 \times 1,5 = 2,596$ KN
 - Sur les voiles VL5, VL6 : $=1,731 \times 2 = 3,462$ KN

- **Poids des planchers:**
 - Plancher terrasse: $5,87$ KN/m²
 - Plancher étage courant: $5,24$ KN/m²

- **Les surfaces des planchers revenant à chaque voile en m²:**

- **Tab. V.34 : Sens longitudinal**

VL1	VL2	VL3	VL4	VL5	VL6
1,60	1,60	4,50	4,50	1,60	1,60

- **Tab.V.35 : Sens transversal**

VT1	VT2	VT3	VT4
1,50	1,50	1,50	1,50

• Les charges d'exploitations :(DTR, 6.3) :

- Plancher terrasse: 1 KN/m²
- Plancher d' étage courant: 1,5KN/m²
- Etage de service :2,5 KN/m²
- RDC : 5 KN/m²
- SS : 2,5 KN/m²

• Determination des charges et surcharges Représent par les voiles:

• Tab. V.36: Sens longitudinal :

Niveaux	voiles	S(m ²)	Gpl(KN)	G (KN)	Gvoile (KN)	Gtotal (KN)	Gcumulé (KN)	Qpl (KN/m ²)	Q (KN)	Qcumulé (KN)
9	VL1	1,60	5,87	9,392	22,95	32,342	32,342	1,000	1,600	1,600
	VL2	1,60	5,87	9,392	22,95	32,342	32,342	1,000	1,600	1,600
	VL3	4,50	5,87	26,415	30,60	57,015	57,015	1,000	4,500	4,500
	VL4	4,50	5,87	26,415	30,60	57,015	57,015	1,000	4,500	4,500
	VL5	1,60	5,87	9,392	30,60	39,992	39,992	1,000	1,600	1,600
	VL6	1,60	5,87	9,392	30,60	39,992	39,992	1,000	1,600	1,600
8	VL1	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	63,676	1,500	2,400	4,000
	VL2	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	63,676	1,500	2,400	4,000
	VL3	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	111,195	1,500	6,750	11,250
	VL4	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	111,195	1,500	6,750	11,250
	VL5	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	78,976	1,500	2,400	4,000
	VL6	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	78,976	1,500	2,400	4,000
7	VL1	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	95,01	1,500	2,400	6,160
	VL2	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	95,01	1,500	2,400	6,160
	VL3	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	165,375	1,500	6,750	17,325
	VL4	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	165,375	1,500	6,750	17,325
	VL5	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	117,96	1,500	2,400	6,160
	VL6	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	117,96	1,500	2,400	6,160
6	VL1	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	126,344	1,500	2,400	8,080
	VL2	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	126,344	1,500	2,400	8,080
	VL3	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	219,555	1,500	6,750	22,725
	VL4	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	219,555	1,500	6,750	22,725
	VL5	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	156,944	1,500	2,400	8,080
	VL6	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	156,944	1,500	2,400	8,080
5	VL1	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	157,678	1,500	2,400	9,760
	VL2	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	157,678	1,500	2,400	9,760
	VL3	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	273,735	1,500	6,750	27,450
	VL4	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	273,735	1,500	6,750	27,450
	VL5	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	195,928	1,500	2,400	9,760
	VL6	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	195,928	1,500	2,400	9,760

• Tab. V.37 : Sens longitudinal :(suite) :

Niveaux	voiles	S(m ²)	Gpl(KN)	G (KN)	Gvoile (KN)	Gtotal (KN)	Gcumulé (KN)	Qpl (KN/m ²)	Q (KN)	Qcumulé (KN)
4	VL1	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	189,012	1,500	2,400	11,200
	VL2	1,60	5,24	8,384	22,95	31,334	189,012	1,500	2,400	11,200
	VL3	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	327,915	1,500	6,750	31,500
	VL4	4,50	5,24	23,580	30,60	54,18	327,915	1,500	6,750	31,500
	VL5	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	234,912	1,500	2,400	11,200
	VL6	1,60	5,24	8,384	30,60	38,984	234,912	1,500	2,400	11,200
3	VL1	1,60	5,24	8,384	26,250	34,634	223,646	2,500	4,000	13,600
	VL2	1,60	5,24	8,384	26,250	34,634	223,646	2,500	4,000	13,600
	VL3	4,50	5,24	23,580	35,000	58,58	386,495	2,500	11,250	38,250
	VL4	4,50	5,24	23,580	35,000	58,58	386,495	2,500	11,250	38,250
	VL5	1,60	5,24	8,384	35,000	43,384	278,296	2,500	4,000	13,600
	VL6	1,60	5,24	8,384	35,000	43,384	278,296	2,500	4,000	13,600
2	VL1	1,60	5,24	8,384	36,000	44,384	268,03	5,000	8,000	18,640
	VL2	1,60	5,24	8,384	36,000	44,384	268,03	5,000	8,000	18,640
	VL3	4,50	5,24	23,580	48,000	71,58	458,075	5,000	22,500	52,425
	VL4	4,50	5,24	23,580	48,000	71,58	458,075	5,000	22,500	52,425
	VL5	1,60	5,24	8,384	48,000	56,384	334,68	5,000	8,000	18,640
	VL6	1,60	5,24	8,384	48,000	56,384	334,68	5,000	8,000	18,640
1	VL1	1,60	5,24	8,384	18,750	27,134	295,164	2,500	4,000	20,920
	VL2	1,60	5,24	8,384	18,750	27,134	295,164	2,500	4,000	20,920
	VL3	4,50	5,24	23,580	25,000	48,58	506,655	2,500	11,250	58,838
	VL4	4,50	5,24	23,580	25,000	48,58	506,655	2,500	11,250	58,838
	VL5	1,60	5,24	8,384	25,000	33,384	368,064	2,500	4,000	20,920
	VL6	1,60	5,24	8,384	25,000	33,384	368,064	2,500	4,000	20,920

• Tab. V.38: Sens transversal :

Niveaux	voiles	S(m ²)	Gpl(KN)	G (KN)	Gvoile (KN)	Gtotal (KN)	Gcumulé (KN)	Qpl (KN/m ²)	Q (KN)	Qcumulé (KN)
9	VT1	1,5	5,87	8,805	47,43	56,235	56,235	1	1,5	1,5
	VT2	1,5	5,87	8,805	47,43	56,235	56,235	1	1,5	1,5
	VT3	1,5	5,87	8,805	47,43	56,235	56,235	1	1,5	1,5
	VT4	1,5	5,87	8,805	47,43	56,235	56,235	1	1,5	1,5
8	VT1	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	111,525	1,5	2,25	3,75
	VT2	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	111,525	1,5	2,25	3,75
	VT3	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	111,525	1,5	2,25	3,75
	VT4	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	111,525	1,5	2,25	3,75
7	VT1	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	166,815	1,5	2,25	5,775
	VT2	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	166,815	1,5	2,25	5,775
	VT3	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	166,815	1,5	2,25	5,775
	VT4	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	166,815	1,5	2,25	5,775
6	VT1	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	222,105	1,5	2,25	7,575
	VT2	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	222,105	1,5	2,25	7,575
	VT3	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	222,105	1,5	2,25	7,575
	VT4	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	222,105	1,5	2,25	7,575
5	VT1	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	277,395	1,5	2,25	9,15
	VT2	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	277,395	1,5	2,25	9,15
	VT3	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	277,395	1,5	2,25	9,15
	VT4	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	277,395	1,5	2,25	9,15
4	VT1	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	332,685	1,5	2,25	10,5
	VT2	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	332,685	1,5	2,25	10,5
	VT3	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	332,685	1,5	2,25	10,5
	VT4	1,5	5,24	7,86	47,43	55,29	332,685	1,5	2,25	10,5
3	VT1	1,5	5,24	7,86	54,25	62,11	394,795	2,5	3,75	12,75
	VT2	1,5	5,24	7,86	54,25	62,11	394,795	2,5	3,75	12,75
	VT3	1,5	5,24	7,86	54,25	62,11	394,795	2,5	3,75	12,75
	VT4	1,5	5,24	7,86	54,25	62,11	394,795	2,5	3,75	12,75
2	VT1	1,5	5,24	7,86	74,40	82,26	477,055	5	7,5	17,475
	VT2	1,5	5,24	7,86	74,40	82,26	477,055	5	7,5	17,475
	VT3	1,5	5,24	7,86	74,40	82,26	477,055	5	7,5	17,475
	VT4	1,5	5,24	7,86	74,40	82,26	477,055	5	7,5	17,475
1	VT1	1,5	5,24	7,86	38,75	46,61	523,665	2,5	3,75	19,613
	VT2	1,5	5,24	7,86	38,75	46,61	523,665	2,5	3,75	19,613
	VT3	1,5	5,24	7,86	38,75	46,61	523,665	2,5	3,75	19,613
	VT4	1,5	5,24	7,86	38,75	46,61	523,665	2,5	3,75	19,613

I. Introduction :

Le séisme peut être défini comme étant un mouvement d’une partie de la surface de la terre, ce dernier étant provoqué par des processus de déformation et de rupture à l’intérieur de la croûte. Pour cela le règlement parasismique Algérien prévoit des mesures nécessaires à la conception et à la réalisation des constructions d’une manière à assurer un degré de protection acceptable.

Dans ce chapitre il est question de la détermination des charges horizontales qui peuvent être engendrées par l’action sismique et leur répartition sur les différents niveaux du bâtiment conformément au règlement parasismique algérien (**RPA 99/version 2003**).

1. Choix de la méthode de calcul :

En fonction de la forme, des dimensions et du type de la construction, le RPA prévoit d’utiliser soit la méthode statique équivalente, soit la méthode dynamique.

a. Méthode statique équivalente :

Cette méthode conçoit le remplacement des forces réelles dynamiques par un système de forces statiques fictives dont les effets sont supposés identiques. Cette méthode peut être appliquée si les conditions de régularités en plan et en élévation ; ainsi que la condition de la hauteur sont satisfaites.

➤ **Vérification des conditions d’application de la méthode statique équivalente :**

***régularité en plan :**

✓ **A1 : distribution des masses et des rigidités :**

Pour notre cas la distribution des masses et des rigidités sont sensiblement symétrique
Condition vérifiée

✓ **A2 : condition d’excentricité :**

- $e_x \leq 15\%L_x \quad \leftrightarrow \quad 2,17 \leq 0.15 * 20.7 = 3.105$
- $e_y \leq 15\%L_y = 0.15 * 16.4 = 2.46 \quad \leftrightarrow \quad 2,29 \leq 0.15 * 16.4 = 2.46$ **Condition vérifiée**

✓ **A3 : condition des décrochements :**

- $L / l < 4 \quad \leftrightarrow \quad 20.7/16.4 = 1.262 < 4$
- $(l_1 + l_2) / L \leq 0.25 \quad (2.4 + 0) / 16.4 = 0.146 \leq 0.25$ **Condition vérifiée**

Avec :

L : est la longueur de la grande portée L=20.7m

l₁ et l₂ : sont des décrochements en plan.

✓ **A4 : ouvertures dans les planchers $S_0 \leq 15\% S$**

Avec :

S_0 : est la section des ouvertures.

$$S_0 = 29.86 \text{ m}^2$$

$$S = 20.7 * 16.4 = 339.5 \text{ m}^2$$

$$15\% S = 0.15 * 339.5 = 50.92 \text{ m}^2 \quad \text{Condition vérifiée}$$

✚ Conclusion :

Ce bâtiment est classé régulier en plan.

***Régularité en élévation :**

✓ **système de contreventement :**

Le système de contreventement est continu sur toute la hauteur du bâtiment **Condition vérifiée**

✓ **variation des masses et des rigidités :**

la variation des masses et des rigidités ne sont pas symétriques **Condition non vérifiée**

✓ **décrochement en élévation :**

Il n'y a pas de décrochement en élévation **Condition vérifiée**

✚ Conclusion :

Ce bâtiment est classé non régulier en élévation

Remarque:

Notre bâtiment est régulier en plan et non régulier en élévation, donc prend une **configuration irrégulière**.

➤ **Vérification de la condition complémentaire :**

On a Zone IIa, groupe d'usage 2 avec $ht = 25.94\text{m} > 23 \text{ m}$ **(RPA99/version 2003)**
Condition non vérifié

✚ Conclusion :

Puisque la condition complémentaire n'est pas vérifiée, alors cette méthode n'est pas applicable, est pour cela on opte pour une autre méthode de calcul qui est la méthode dynamique exposé dans le **RPA 99/version 2003(art 4-3)**.

b. Méthode dynamique :

1. Exposé de la méthode :

On recherche pour chaque mode de vibration le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse. Ces effets sont ensuite combinés pour obtenir la réponse de la structure.

L'action sismique est présentée par le spectre de calcul suivant :

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1,25 A \left(1 + \frac{T}{T_1} \left(2,5 \eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2,5 \eta (1,25 A) \left(\frac{Q}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2,5 \eta (1,25 A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3,0 \text{ s} \\ 2,5 \eta (1,25 A) \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} \left(\frac{Q}{R} \right) & T > 3,0 \text{ s} \end{cases}$$

Avec :

S_a /g : Accélération spectrale

- **A** : Coefficient d'accélération de zone on a :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Groupe 2} \\ \text{Zone IIa} \end{array} \right\} \Rightarrow A = 0.15$$

- **η** : Facteur de correction d'amortissement (quand l'amortissement est différent de 5%)

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}} \geq 0,7$$

- **ξ** : Pourcentage d'amortissement critique, il est fonction du matériau constructif, du type de la structure et de l'importance des remplissages ; donné par le tableau (4-3 R.P.A99).

$$\zeta = 10 \% \text{ (remplissage avec des voiles en BA et en maçonnerie)} \Rightarrow \eta = 0.76$$

- **R** : coefficient de comportement global de la structure, sa valeur est donnée par le (tableau4.3/RPA) en fonction du système de contreventement, Nous avons un système de contreventement mixte (portiques/voiles) avec interaction alors **R = 5**.

- **T₁ et T₂** : Périodes caractéristiques associées à la catégorie de site ; ici Site 3 (meuble) donc :

$$T_1 = 0.15 \text{ s} \quad \text{et} \quad T_2 = 0.5 \text{ s}$$

- **Q** : Facteur de qualité : $Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q$

Avec :

- **P_q** : Pénalité à retenir selon le critère de qualité **q** « satisfait ou non».

	sens longitudinal		sens transversal	
	valeurs de Pq		valeurs de Pq	
	observé	non observé	observé	non observé
condition minimale sur les files de contreventement	0,000	/	0,000	/
Redondance en plan	/	0,050	/	0,050
Régularité en plan	0,000	/	0,000	/
Régularité en élévation	/	0,050	/	0,050
contrôle de la qualité des matériaux	0,000	0,050	/	0,050
contrôle de la qualité d'exécution	0,000	/	0,000	/

- Sens longitudinal : Q = 1,15
- Sens transversal : Q = 1,15

2. Modélisation de la structure :

* Hypothèse de travail :

- Les planchers sont infiniment rigides dans leur plan.
- Les poteaux du **RDC** sont rigidement encastés aux fondations.
- Seul les déplacements horizontaux sont pris en compte.
- Les masses sont supposées concentrées au niveau des planchers.

Selon le **RPA**, le poids W_i de chaque niveau « i » est calculé comme suit :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{avec } W_i = W_{G_i} + \beta W_{Q_i}$$

Avec :

W_i : Le poids total de niveau i.

W_{G_i} : Le poids dû aux charges permanentes.

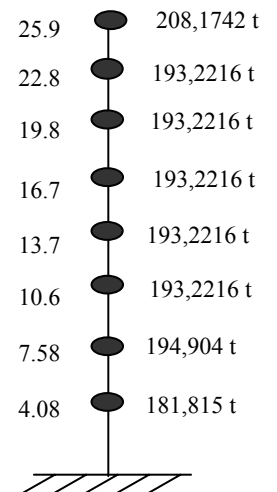
W_{Q_i} : Le poids dû aux charges d'exploitation.

β : Coefficient de pondération (**RPA 99, tableau 4.5**)

$\beta = 0.2$ (bâtiment à usage d'habitation /bureaux).

➤ Tab .VI .1: Tableau de concentration de masse :

niveau	Surface (m ²)	W _{Gi} (KN) des planchers	W _{Qi} (KN) des planchers	0.2W _{Qi} (KN)	W _i (KN)	W _i (tonne)
RDC	274,42	1543,73	1372,1	274,42	1818,15	181,815
Etage de service	296,02	1801,03	740,05	148,01	1949,04	194,904
3	296,02	1843,41	444,03	88,806	1932,216	193,2216
4	296,02	1843,41	444,03	88,806	1932,216	193,2216
5	296,02	1843,41	444,03	88,806	1932,216	193,2216
6	296,02	1843,41	444,03	88,806	1932,216	193,2216
7	296,02	1843,41	444,03	88,806	1932,216	193,2216
terrasse	335,28	1968,09	568,26	113,652	2081,742	208,1742



L'équation du mouvement est donnée par la formule suivante :

$$[M]\{X''\} + [C]\{X'\} + [K]\{X\} = \{F\}$$

C'est un système forcé amorti à plusieurs degrés de liberté, le calcul sera nuisible à la main donc on a utilisé un logiciel de calcul « MATLAB ».

Remarque :

D'après le RPA 99, le nombre de modes à prendre en compte est tel que la somme des coefficients de participation (α) de ces modes doit être au moins égale à 90%.

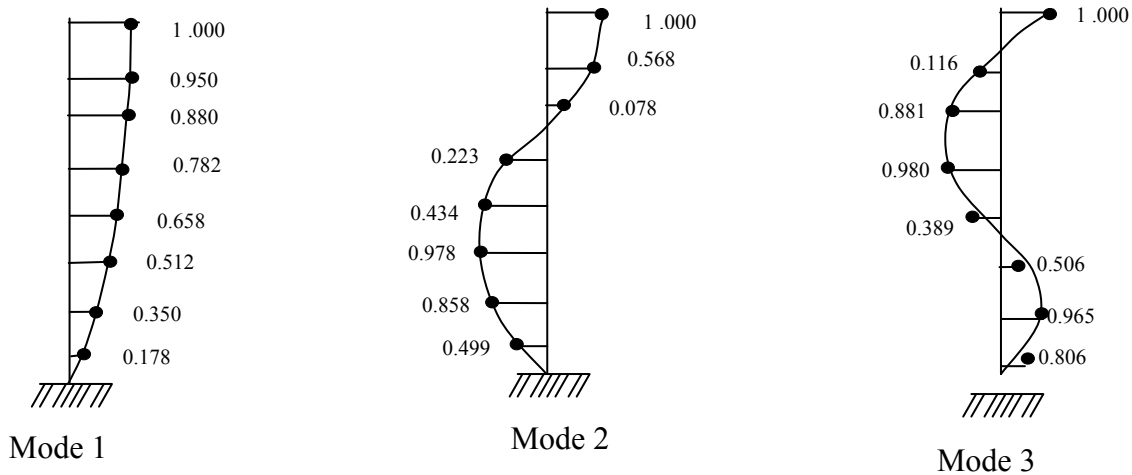
$$\alpha_j = \frac{\left[\sum_1^n M_k \phi_{kj} \right]^2}{\sum_{k=1}^n M_k \left[\sum_1^n M_k \phi_{kj}^2 \right]}$$

Les résultats donnés sont donnés dans le tableau suivant :

➤ Tab .VI .2: Mode et période suivant le sens transversal :

Niveau	Mode 1	Mode2	Mode3
8	1	1	1
7	0,95	0,568	-0,116
6	0,88	0,078	-0,881
5	0,782	-0,223	-0,98
4	0,658	-0,434	-0,389
3	0,512	-0,978	0,506
2	0,35	-0,858	0,965
1	0,178	-0,499	0,806
α_j	85.32	6.52	2.01
pulsation [rd/s]	3.58	10.5	16.88
période T[s]	1.76	0,6	0,37
$\sum \alpha_j$	93.85 %		

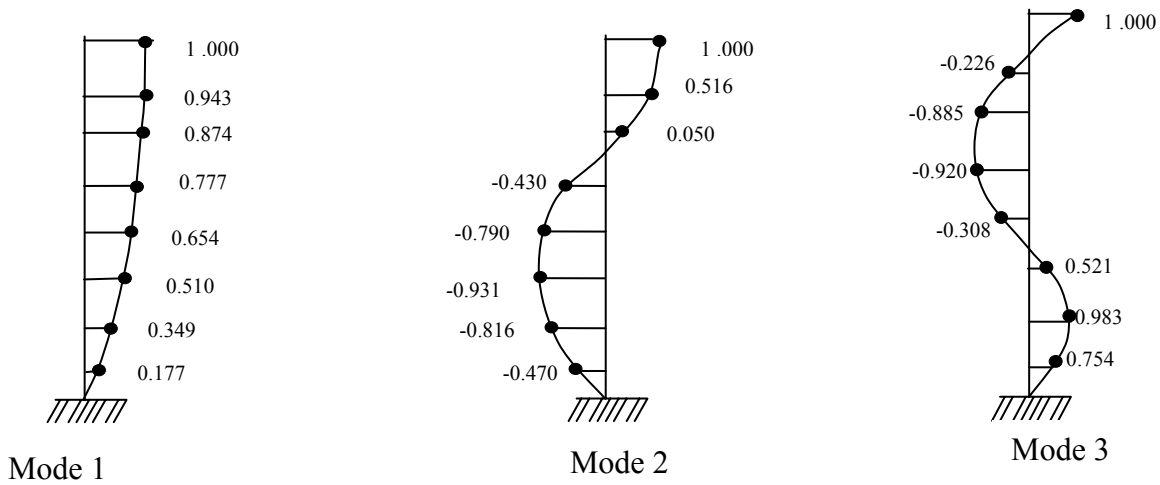
❖ Allure des modes suivant le sens transversal:



• Tab .VI . 3 : Mode et période suivant le sens longitudinal :

Niveau	Mode 1	Mode2	Mode3
8	1	1	1
7	0,943	0,516	-0,226
6	0,874	0,05	-0,885
5	0,777	-0,43	-0,92
4	0,654	-0,79	-0,308
3	0,51	-0,931	0,521
2	0,349	-0,816	0,983
1	0,177	-0,47	0,754
α_j	85.28	8.95	3.01
pulsation [rd/s]	4.44	12.95	20.62
période T[s]	1.41	0,49	0,3
$\Sigma\alpha_j$	97,24 %		

❖ Allure des modes suivant le sens longitudinal :



3. Calcul de l'Accélération spectrale : (RPA99 /ART4.3.3) :

➤ Sens transversal :

Mode 1 : T=1,76 s

$$T_2 < T < 3s \Rightarrow \frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{T_2}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Q}{R}\right)$$

Mode 2 : T=0,60 s

$$T_2 < T < 3s \Rightarrow \frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{T_2}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Q}{R}\right)$$

Mode 3 : T=0,37 s

$$T_1 < T < T_2 \Rightarrow \frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{Q}{R}\right)$$

➤ Sens longitudinal:

Mode 1 : T=1,41s

$$T_2 < T < 3s \Rightarrow \frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{T_2}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Q}{R}\right)$$

Mode 2 : T=0,49 s

$$T_1 < T < T_2 \Rightarrow \frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{Q}{R}\right)$$

Mode 3 : T=0,30 s

$$T_1 < T < T_2 \Rightarrow \frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{Q}{R}\right)$$

• Tab .VI . 4 : Calcul de l'accélération spectrale :

	Mode	2,5η	1,25A	(T2/T) ^{2/3}	Q/R	T/T ₁	Sa/g
sens transversal	mode 1	1,9	0,1875	0,432	0,4	/	0,0616
	mode 2	1,9	0,1875	0,885	0,4	/	0,126
	mode 3	1,9	0,1875	/	0,4	/	0,142
sens longitudinal	mode 1	1,9	0,1875	0,501	0,4	/	0,071
	mode 2	1,9	0,1875	/	0,4	/	0,142
	mode 3	1,9	0,1875	/	0,4	/	0,142

4. Calcul des forces sismiques :

a) La force sismique latérale au niveau « K » pour le mode « i » est donnée par :

$$F_{KI} = \frac{S_{ai}}{g} \gamma_{KI} W_{ki}$$

W_k : Poids du niveau « K »

γ_{KI} : Facteur de distribution.

$$\gamma_{ki} = \phi_{ki} \frac{\left| \sum W_k \phi_{ki} \right|}{\sum W_k \phi_k^2}$$

ϕ_{ki} : Amplitude au niveau « k » pour le mode « i »

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

- **Tab .VI .5: Tableau des forces sismiques par niveau et par mode dans les deux sens :**

la force sismique par niveau sens transversal													
		mode 1				mode 2				mode 3			
Niv	Wi (t)	Sa/g	Φ_{ki}	γ_1	Fki[t]	Sa/g	Φ_{ki}	γ_2	Fki[t]	Sa/g	Φ_{ki}	γ_3	Fki[t]
8	208,1742	0,0616	1	1,27659	16,3704	0,126	1	0,3485	9,14007	0,142	1	0,74	21,7839
7	193,2216	0,0616	0,95	1,21276	14,4348	0,126	0,568	0,1979	4,81867	0,142	-0,116	-0,09	-2,34543
6	193,2216	0,0616	0,88	1,1234	13,3712	0,126	0,078	0,0272	0,66172	0,142	-0,881	-0,65	-17,8131
5	193,2216	0,0616	0,782	0,99829	11,8821	0,126	-0,223	-0,078	-1,8918	0,142	-0,98	-0,72	-19,8148
4	193,2216	0,0616	0,658	0,84	9,998	0,126	-0,434	-0,151	-3,6819	0,142	-0,389	-0,29	-7,86526
3	193,2216	0,0616	0,512	0,65361	7,7796	0,126	-0,978	-0,341	-8,2969	0,142	0,506	0,37	10,2309
2	194,904	0,0616	0,35	0,44681	5,36439	0,126	-0,858	-0,299	-7,3423	0,142	0,965	0,71	19,6814
1	181,815	0,0616	0,178	0,22723	2,54496	0,126	-0,499	-0,174	-3,9834	0,142	0,806	0,59	15,3346
la force sismique par niveau sens longitudinal													
		mode 1				mode 2				mode 3			
Niv	Wi (t)	Sa/g	Φ_{ki}	γ_1	Fki	Sa/g	Φ_{ki}	γ_2	Fki	Sa/g	Φ_{ki}	γ_3	Fki
8	208,1742	0,071	1	1,28258	18,9569	0,142	1	0,4544	13,43369	0,142	1	0,75	22,22238
7	193,2216	0,071	0,943	1,20947	16,5924	0,142	0,516	0,2345	6,433891	0,142	-0,226	-0,17	-4,66152
6	193,2216	0,071	0,874	1,12097	15,3783	0,142	0,05	0,0227	0,623439	0,142	-0,885	-0,67	-18,2542
5	193,2216	0,071	0,777	0,99656	13,6716	0,142	-0,43	-0,195	-5,36158	0,142	-0,92	-0,69	-18,9761
4	193,2216	0,071	0,654	0,8388	11,5073	0,142	-0,79	-0,359	-9,85034	0,142	-0,308	-0,23	-6,35287
3	193,2216	0,071	0,51	0,65411	8,9736	0,142	-0,931	-0,423	-11,6084	0,142	0,521	-0,39	10,7463
2	194,904	0,071	0,349	0,44762	6,19423	0,142	-0,816	-0,371	-10,2631	0,142	0,983	-0,74	20,4521
1	181,815	0,071	0,177	0,22702	2,93052	0,142	-0,47	-0,214	-5,51437	0,142	0,754	-0,57	14,6341

5. Combinaison des réponses modales : [RPA 99/Art 4 .3.5] :

Les réponses de deux modes de vibration « i » et « j » de périodes T_i et T_j et d'amortissement ξ_i, ξ_j sont considérées indépendantes si le rapport $r = \frac{T_i}{T_j}$ ($T_i \leq T_j$) vérifie la relation suivante :

$$r \leq \frac{10}{10 + \sqrt{\xi_i \xi_j}}$$

Les résultats suivant les deux sens sont résumés dans les tableaux ci- dessous :

• **Tab .VI . 6 : Sens transversal :**

	Tj (s)	Ti (s)	r = Ti/Tj	$r \leq \frac{10}{10 + \sqrt{\xi_i \xi_j}}$	observation
mode 1 et 2	1,76	0,6	0,34091	0,5	vérifiée
mode 2 et3	0,6	0,37	0,61667	0,5	non vérifiée
mode 3 et1	1,76	0,37	0,21023	0,5	vérifiée

• **Tab .VI . 7 : Sens longitudinal :**

	Tj(s)	Ti(s)	r=Ti/Tj	$r \leq \frac{10}{10 + \sqrt{\xi_i \xi_j}}$	observation
Mode 1 et 2	1,41	0,49	0,34752	0,5	vérifiée
Mode 2 et3	0,49	0,3	0,61225	0,5	non vérifiée
Mode 3 et1	1,41	0,3	0,21277	0,5	vérifiée

* Dans le cas ou toutes les réponses modales retenues sont indépendantes les unes des autres, la réponse totale est donnée par :

$$F = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^k F_i^2}$$

F : Effet de l'action sismique considéré

F_i : Valeur modale de E selon le mode « i »

K : Nombre de modes retenus

*Dans le cas où deux réponses modales ne sont pas indépendantes, F_2, F_3 par exemple, la réponse totale est donnée par :

$$F = \sqrt{(|F_2| + |F_3|)^2 + \sum_{i=3}^k F_i^2}$$

Conclusion :

Selon les deux tableaux ci-dessus, on constate que les réponses 2 et 3 sont dépendantes l'une de l'autre, donc la réponse totale est donnée par la formule suivante :

$$F_k = \sqrt{(|F_2| + |F_3|)^2 + F_1^2}$$

- **Tab .VI . 8: Tableau donnant les forces sismiques résultantes par niveau suivant les deux sens :**

Niveau	Sens transversal			Fk [t]	Sens longitudinal			Fk [t]
	Mode 1	Mode 2	Mode 3		Mode 1	Mode 2	Mode 3	
	F _{k1} [t]	F _{k2} [t]	F _{k3} [t]		F _{k1} [t]	F _{k2} [t]	F _{k3} [t]	
8	16,370	9,140	21,784	34,990	18,957	13,430	22,222	40,379
7	14,435	4,819	-2,345	16,115	16,592	6,434	-4,662	19,960
6	13,371	0,662	-17,813	22,806	15,378	0,623	-18,254	24,348
5	11,882	-1,892	-19,815	24,746	13,672	-5,362	-18,976	27,915
4	9,998	-3,682	-7,865	15,274	11,507	-9,850	-6,353	19,873
3	7,780	-8,297	10,231	20,095	8,974	-11,610	10,746	24,090
2	5,364	-7,342	19,681	27,550	6,194	-10,260	20,452	31,330
1	2,545	-3,983	15,335	19,485	2,931	-5,514	14,634	20,360

6. **Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques :** Les forces sismiques sont réparties sur les voiles et les portiques selon leurs inerties.

- **Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant :**

$$T_k = F_k + T_{k+1}$$

$$M_k = T_{k+1} \times h_e + M_{k+1}$$

Avec : F_k : force sismique au niveau « k ».

h_e : hauteur d'étage.

T_k : effort tranchant au niveau « k ».

- **Tab .VI . 9:Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques (sens longitudinal) :**

Niveau	he(m)	Fk[t]	Voiles (48.0514%)			Portiques (51.9486%)		
			Fk[t]	Tk[t]	Mk[tm]	Fk[t]	Tk[t]	Mk[tm]
8	3,06	40,379	19,403	19,403	0,000	20,976	20,976	0,000
7	3,06	19,960	9,591	28,994	59,372	10,369	31,345	64,187
6	3,06	24,348	11,700	40,694	148,093	12,649	43,994	160,104
5	3,06	27,915	13,414	54,107	272,616	14,501	58,495	294,726
4	3,06	19,873	9,549	63,657	438,183	10,324	68,819	473,722
3	3,06	24,090	11,575	75,232	632,972	12,514	81,334	684,309
2	3,5	31,330	15,055	90,287	863,182	16,276	97,609	933,190
1	4,08	20,360	9,783	100,070	1179,186	10,577	108,186	1274,823

- **Tab .VI . 10:Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques (sens transversal) :**

Niveau	he(m)	Fk[t]	Voiles (65,926%)			Portiques (34,074%)		
			Fk[t]	Tk[t]	Mk[tm]	Fk[t]	Tk[t]	Mk[tm]
8	3,06	34,99	23,068	23,068	0,000	11,922	11,922	0,000
7	3,06	16,115	10,624	33,691	70,587	5,491	17,414	36,483
6	3,06	22,806	15,035	48,727	173,683	7,771	25,184	89,768
5	3,06	24,746	16,314	65,041	322,786	8,432	33,616	166,833
4	3,06	15,274	10,070	75,110	521,810	5,204	38,821	269,699
3	3,06	20,095	13,248	88,358	751,647	6,847	45,668	388,490
2	3,5	27,55	18,163	106,521	1022,023	9,387	55,055	528,235
1	4,08	19,485	12,846	119,366	1394,845	6,639	61,695	720,929

7. Calcul et vérification des déplacements relatifs de niveau :

Selon le [RPA 99 /Art.5.10], les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser 1% de la hauteur de l'étage à moins qu'il ne puisse être prouvé qu'un plus grand déplacement relatif peut être toléré.

- Le déplacement horizontal à chaque niveau « k » de la structure est calculé comme suit :

$$\delta_k = R \delta_{ek} \quad [\text{RPA99/A.4.4.3}]$$

$$\delta_{ek} = \frac{F_k}{R_k}$$

R: coefficient de comportement

δ_{ek} : Déplacement de niveau « k », du à la force sismique F_k .

R_k : Rigidité du niveau « k ».

- Tab .VI . 11:Tableau donnant les déplacements des niveaux :

Niveau	sens longitudinal			sens transversal		
	F_k [Kn]	R_k [Kn/m]	δ_{ek} [cm]	F_k [Kn]	R_k [Kn/m]	δ_{ek} [cm]
8	403,789	9099579,689	0,0044	349,896	29168836,08	0,0012
7	199,604	9099579,689	0,0022	161,150	29168836,08	0,0006
6	243,482	9099579,689	0,0027	228,057	29168836,08	0,00078
5	279,15	9099579,689	0,0031	247,462	29168836,08	0,0008
4	198,734	9285845,805	0,0021	152,742	29305806,72	0,0005
3	240,898	9285845,805	0,0026	200,950	29305806,72	0,0007
2	313,304	3277102,832	0,0096	275,503	25959801,41	0,0011
1	203,6	2142787,814	0,0095	194,849	10234990,65	0,0019

- Calcul des déplacements relatifs :

Il est calculé entre deux niveaux différents (k) et (k-1), donne par la formule suivante :

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1}$$

- Tab .VI . 12:Tableau donnant les déplacements relatifs des niveaux :

Niveau	Sens transversal				Sens longitudinal			
	$\delta_{ek}[\text{cm}]$	R	$\delta_k[\text{cm}]$	$\Delta k(\text{cm})$	$\delta_{ek}[\text{cm}]$	$\delta_k[\text{cm}]$	$\Delta k(\text{cm})$	$\Delta_{kadm}[\text{cm}]$
8	0,0012	5	0,006	0,003	0,0044	0,022	0,011	3,06
7	0,0006	5	0,003	-0,0009	0,0022	0,011	-0,0025	3,06
6	0,00078	5	0,0039	-0,0001	0,0027	0,0135	-0,002	3,06
5	0,0008	5	0,004	0,0015	0,0031	0,0155	0,005	3,06
4	0,0005	5	0,0025	-0,001	0,0021	0,0105	-0,0025	3,06
3	0,0007	5	0,0035	-0,002	0,0026	0,013	-0,035	3,06
2	0,0011	5	0,0055	-0,004	0,0096	0,048	0,0005	3,5
1	0,0019	5	0,0095	0,0095	0,0095	0,0475	0,0475	4,08

Conclusion :

Les déplacements relatifs de tous les niveaux et suivant les deux sens sont inférieurs au déplacement admissible qui sont égaux à 1% de la hauteur d'étage.

VI.1 : Etude des portiques sous charges horizontales :

Introduction :

Pour l'étude des portiques sous charges horizontales, on utilisera la méthode de « MUTO ». Celle-ci permet de distribuer l'effort tranchant de niveau « T_j », calculé dans le Chapitre 5 (étude au séisme), dans les différents portiques du même niveau proportionnellement à leurs rigidités. Puis d'en déduire les efforts internes dans les poutres et les poteaux de chaque niveau.

VI.1.1 Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque portique pour chaque niveau :

$$\text{❖ Sens transversal : } T_{jx} = \tau_{jx} \frac{R_{jx}}{\sum R_{jx}} + \tau_{jx} \frac{R_{jx} Y_j^T e_y}{R_{j\theta}} .$$

$$\text{❖ Sens longitudinal : } T_{jy} = \tau_{jy} \frac{R_{jy}}{\sum R_{jy}} + \tau_{jy} \frac{R_{jy} X_j^L e_x}{R_{j\theta}} .$$

τ_{jx} : Effort tranchant de niveau « j » dans le sens transversal.

τ_{jy} : Effort tranchant de niveau « j » dans le sens longitudinal.

X_j^L : Distance entre le portique longitudinal « L » et le centre de torsion « C_j ».

Y_j^T : Distance entre le portique transversal « T » et le centre de torsion « C_j ».

R_{jx} : Rigidité du portique transversal.

R_{jy} : Rigidité du portique longitudinal.

$R_{j\theta}$: Rigidité à la torsion du niveau « j ».

Remarque : les efforts tranchants négatifs dus à la torsion seront négligés [RPA/4.2.7].

6.1.2 Calcul des sollicitations :

A) Effort tranchant revenant à chaque poteau d'un portique :

$$\tau_{ij} = T_j \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}} \quad \text{Effort tranchant dans le poteau « i » du niveau « j ».}$$

r_{ij} : Rigidité du poteau « i » de niveau « j ».

$\sum r_{ij} = R_j$: Rigidité du portique.

Remarque : Les poteaux d'un même niveau étant de même hauteur, on peut

$$\text{écrire } \therefore t_{ij} = T_j \frac{a \cdot K_{pot}}{\sum a \cdot K_{pot}}$$

B) Moments à la tête et à la base du poteau :

$$M_{sup} = t_{ij} \times (h_j - z)$$

$$M_{inf} = t_{ij} \times z$$

z : position du point du moment nul dans le poteau.

$$z = y \times h_j$$

h_j : hauteur du niveau « j ».

y : coefficient.

$$y = \sum y_i = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

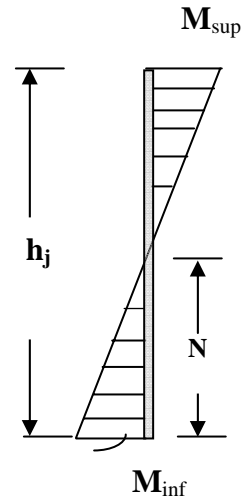
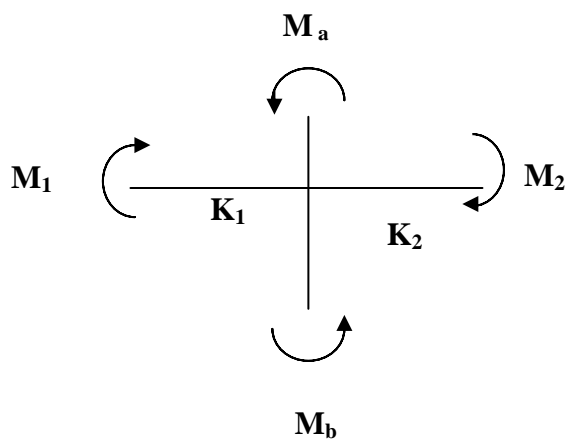


Fig : VII-1 sollicitations sur un poteau

C) Moments dans les poutres :

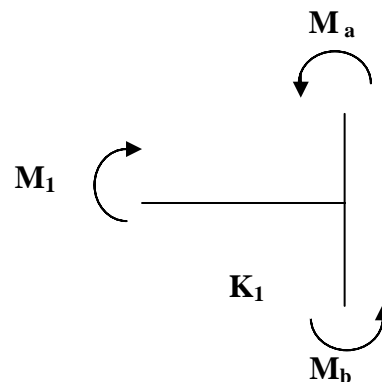


Nœud intermédiaire

$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$

$$M_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$

M_a, M_b : moments dans les poteaux.



Nœud de rive

$$M_1 = M_a + M_b$$

D. Moment en travée correspondant au moment max sous charges verticales :

$$M_t(x_0) = M_w - \left(\frac{M_w + M_e}{L} \right) \cdot x_0$$

X_0 : abscisse de la poutre correspondant au moment max sous charges verticales, calculé dans le chapitre 4

L : longueur libre de la poutre.

$M_w ; M_e$: Moment aux appuis de la poutre.

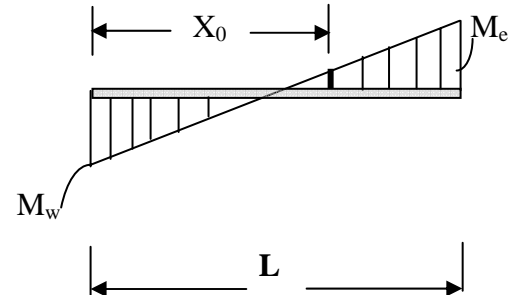


Fig : VII-2

D) Efforts tranchants dans les poutres :

$$T(x) = - \frac{|M_w| + |M_e|}{L} \quad \text{Sous } \vec{E}$$

$$T(x) = \frac{|M_w| + |M_e|}{L} \quad \text{Sous } \overleftarrow{E}$$

E) Calcul des efforts normaux :

Les efforts normaux dans les poteaux sous \vec{E} seront déduits à partir des efforts tranchants dans les poutres sous \overleftarrow{E} et seront donnés par :

$$N = |T_w| - |T_e|$$

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivant :

- Tab. VII.1 : Répartition des efforts horizontaux par portique suivant le sens transversal :

Niv	portiques	t_{jy} (t)	R_{jy} (KN/m)	somR _{jy} (KN/m)	R_{jo} (KN/m)	X_i (m)	e_x (m)	T_{jy} [t]
8	A1F5	11,922	31462,6165	188775,699	15967219,46	-8,1	2,17	1,574
	B1B5	11,922	31462,6165	188775,699	15967219,46	-5	2,17	1,732
	C1C5	11,922	31462,6165	188775,699	15967219,46	-0,1	2,17	1,982
	D1D5	11,922	31462,6165	188775,699	15967219,46	4,54	2,17	2,218
	E1E5	11,922	31462,6165	188775,699	15967219,46	9,44	2,17	2,468
	F1F5	11,922	31462,6165	188775,699	15967219,46	12,4	2,17	1,450
7	A1F5	17,414	31462,6165	188775,699	15967219,46	-8,1	2,17	2,299
	B1B5	17,414	31462,6165	188775,699	15967219,46	-5	2,17	2,530
	C1C5	17,414	31462,6165	188775,699	15967219,46	-0,1	2,17	2,895
	D1D5	17,414	31462,6165	188775,699	15967219,46	4,54	2,17	3,240
	E1E5	17,414	31462,6165	188775,699	15967219,46	9,44	2,17	3,605
	F1F5	17,414	31462,6165	188775,699	15967219,46	12,4	2,17	3,826
6	A1F5	25,184	31462,6165	188775,699	15967219,46	-8,1	2,17	3,325
	B1B5	25,184	31462,6165	188775,699	15967219,46	-5	2,17	3,659
	C1C5	25,184	31462,6165	188775,699	15967219,46	-0,1	2,17	4,187
	D1D5	25,184	31462,6165	188775,699	15967219,46	4,54	2,17	4,686
	E1E5	25,184	31462,6165	188775,699	15967219,46	9,44	2,17	5,214
	F1F5	25,184	31462,6165	188775,699	15967219,46	12,4	2,17	5,533
5	A1F5	33,616	31462,6165	188775,699	15967219,46	-8,1	2,17	4,438
	B1B5	33,616	31462,6165	188775,699	15967219,46	-5	2,17	4,884
	C1C5	33,616	31462,6165	188775,699	15967219,46	-0,1	2,17	5,588
	D1D5	33,616	31462,6165	188775,699	15967219,46	4,54	2,17	6,255
	E1E5	33,616	31462,6165	188775,699	15967219,46	9,44	2,17	6,960
	F1F5	33,616	31462,6165	188775,699	15967219,46	12,4	2,17	7,385

• Tab.VII.2 : Répartition des efforts horizontaux par portique suivant le sens transversal (suite) :

Niv	portiques	t_{jy} (t)	R_{jy} (KN/m)	somRjy (KN/m)	R_{jo} (KN/m)	X_i (m)	e_x (m)	T_{jy} [t]
4	A1F5	38,821	45159,6857	270958,1142	23996656,74	-8,2	2,17	5,170
	B1B5	38,821	45159,6857	270958,1142	23996656,74	-5	2,17	5,677
	C1C5	38,821	45159,6857	270958,1142	23996656,74	-0,1	2,17	6,454
	D1D5	38,821	45159,6857	270958,1142	23996656,74	4,52	2,17	7,187
	E1E5	38,821	45159,6857	270958,1142	23996656,74	9,42	2,17	7,964
	F1F5	38,821	45159,6857	270958,1142	23996656,74	12,4	2,17	8,436
3	A1F5	45,668	45159,6857	270958,1142	23996656,74	-8,2	2,17	6,082
	B1B5	45,668	45159,6857	270958,1142	23996656,74	-5	2,17	6,679
	C1C5	45,668	45159,6857	270958,1142	23996656,74	-0,1	2,17	7,593
	D1D5	45,668	45159,6857	270958,1142	23996656,74	4,52	2,17	8,454
	E1E5	45,668	45159,6857	270958,1142	23996656,74	9,42	2,17	9,368
	F1F5	45,668	45159,6857	270958,1142	23996656,74	12,4	2,17	9,924
2	A1F5	55,055	31705,0407	190230,2442	17072008	-8,1	2,17	7,379
	B1B5	55,055	31705,0407	190230,2442	17072008	-4,9	2,17	8,089
	C1C5	55,055	31705,0407	190230,2442	17072008	0	2,17	9,176
	D1D5	55,055	31705,0407	190230,2442	17072008	4,6	2,17	10,196
	E1E5	55,055	31705,0407	190230,2442	17072008	9,5	2,17	11,284
	F1F5	55,055	31705,0407	190230,2442	17072008	12,5	2,17	11,949
1	A1F5	61,695	37676,9629	226061,7774	17287366,31	-8,4	2,17	7,832
	B1B5	61,695	37676,9629	226061,7774	17287366,31	-5,2	2,17	8,765
	C1C5	61,695	37676,9629	226061,7774	17287366,31	-0,3	2,17	10,195
	D1D5	61,695	37676,9629	226061,7774	17287366,31	4,33	2,17	11,546
	E1E5	61,695	37676,9629	226061,7774	17287366,31	9,23	2,17	12,976
	F1F5	61,695	37676,9629	226061,7774	17287366,31	12,2	2,17	13,842

• Tab. VII. 3 : Répartition des efforts horizontaux par portique suivant le sens longitudinal :

Niv	portiques	t_{jx} (t)	R_{jx} (KN/m)	somR _{jx} (KN/m)	R_{jo} (KN/m)	Y_i (m)	e_y (m)	$T_{jx[t]}$
8	A1F1	20,976	28354,227	130381,812	15967219,46	-9,74	2,29	3,731
	A2F2	20,976	28354,227	130381,812	15967219,46	-6,09	2,29	4,042
	A3F3,	20,976	28354,227	130381,812	15967219,46	-2,09	2,29	4,383
	A4F4	20,976	28354,227	130381,812	15967219,46	2,91	2,29	4,810
	A5C5	20,976	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	1,528
	D5F5	20,976	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	1,528
7	A1F1	31,345	28354,227	130381,812	15967219,46	-9,74	2,29	5,575
	A2F2	31,345	28354,227	130381,812	15967219,46	-6,09	2,29	6,040
	A3F3,	31,345	28354,227	130381,812	15967219,46	-2,09	2,29	6,550
	A4F4	31,345	28354,227	130381,812	15967219,46	2,91	2,29	7,188
	A5C5	31,345	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	2,284
	D5F5	31,345	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	2,284
6	A1F1	43,994	28354,227	130381,812	15967219,46	-9,74	2,29	7,825
	A2F2	43,994	28354,227	130381,812	15967219,46	-6,09	2,29	8,478
	A3F3,	43,994	28354,227	130381,812	15967219,46	-2,09	2,29	9,193
	A4F4	43,994	28354,227	130381,812	15967219,46	2,91	2,29	10,088
	A5C5	43,994	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	3,205
	D5F5	43,994	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	3,205
5	A1F1	58,495	28354,227	130381,812	15967219,46	-9,74	2,29	10,404
	A2F2	58,495	28354,227	130381,812	15967219,46	-6,09	2,29	11,272
	A3F3,	58,495	28354,227	130381,812	15967219,46	-2,09	2,29	12,224
	A4F4	58,495	28354,227	130381,812	15967219,46	2,91	2,29	13,413
	A5C5	58,495	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	4,262
	D5F5	58,495	8482,452	130381,812	15967219,46	6,41	2,29	4,262

- Tab. VII.4 : Répartition des efforts horizontaux par portique suivant le sens longitudinal (suite) :

Niv	portiques	t_{jx} (t)	R_{jx} (KN/m)	somRjx (KN/m)	R_{jo} (KN/m)	Y_i (m)	e_y (m)	T_{jx} [t]
4	A1F1	68,819	42629,202	207403,184	23996656,74	-9,57	2,29	11,466
	A2F2	68,819	42629,202	207403,184	23996656,74	-6,4	2,29	12,353
	A3F3	68,819	42629,202	207403,184	23996656,74	-2,4	2,29	13,473
	A4F4	68,819	42629,202	207403,184	23996656,74	2,21	2,29	14,764
	A5C5	68,819	18443,188	207403,184	23996656,74	7,11	2,29	6,981
	D5F5	68,819	18443,188	207403,184	23996656,74	7,11	2,29	6,981
3	A1F1	81,334	42629,202	207403,184	23996656,74	-9,57	2,29	13,551
	A2F2	81,334	42629,202	207403,184	23996656,74	-6,4	2,29	14,600
	A3F3	81,334	42629,202	207403,184	23996656,74	-2,4	2,29	15,923
	A4F4	81,334	42629,202	207403,184	23996656,74	2,21	2,29	17,448
	A5C5	81,334	18443,188	207403,184	23996656,74	7,11	2,29	8,250
	D5F5	81,334	18443,188	207403,184	23996656,74	7,11	2,29	8,250
2	A1F1	97,609	30437,116	148205,138	17072008	-9,66	2,29	16,196
	A2F2	97,609	30437,116	148205,138	17072008	-6,49	2,29	17,460
	A3F3	97,609	30437,116	148205,138	17072008	-2,49	2,29	19,054
	A4F4	97,609	30437,116	148205,138	17072008	2,12	2,29	20,891
	A5C5	97,609	13228,337	148205,138	17072008	7,02	2,29	9,928
	D5F5	97,609	13228,337	148205,138	17072008	7,02	2,29	9,928
1	A1F1	108,186	21578,921	107932,406	17287366,31	-9,31	2,29	18,751
	A2F2	108,186	21578,921	107932,406	17287366,31	-6,11	2,29	19,740
	A3F3	108,186	21578,921	107932,406	17287366,31	-2,11	2,29	20,977
	A4F4	108,186	21578,921	107932,406	17287366,31	2,49	2,29	22,400
	A5C5	108,186	10808,361	107932,406	17287366,31	7,39	2,29	11,978

- Tab. VII.5 : Efforts tranchants dans les poteaux des portiques :

➤ Portique transversal (B-B) :

Niv	poteau	rjy(KN/m)	Rjy (KN/m)	Tjy (KN)	tjy (KN)
8	1	5810,2165	31462,6165	17,32	3,198
	2	5408,4241	31462,6165	17,32	2,977
	3	7107,449	31462,6165	17,32	3,913
	4	7326,3104	31462,6165	17,32	4,033
	5	5810,2165	31462,6165	17,32	3,198
7	1	5810,2165	31462,6165	25,30	4,672
	2	5408,4241	31462,6165	25,30	4,349
	3	7107,449	31462,6165	25,30	5,715
	4	7326,3104	31462,6165	25,30	5,891
	5	5810,2165	31462,6165	25,30	4,672
6	1	5810,2165	31462,6165	36,59	6,757
	2	5408,4241	31462,6165	36,59	6,290
	3	7107,449	31462,6165	36,59	8,266
	4	7326,3104	31462,6165	36,59	8,520
	5	5810,2165	31462,6165	36,59	6,757
5	1	5810,2165	31462,6165	48,84	9,019
	2	5408,4241	31462,6165	48,84	8,396
	3	7107,449	31462,6165	48,84	11,033
	4	7326,3104	31462,6165	48,84	11,373
	5	5810,2165	31462,6165	48,84	9,019
4	1	7408,2964	45159,6857	56,77	9,313
	2	10607,916	45159,6857	56,77	13,335
	3	9658,0279	45159,6857	56,77	12,141
	4	10077,149	45159,6857	56,77	12,668
	5	7408,2964	45159,6857	56,77	9,313

- **Tab. VII.6 : Efforts tranchants dans les poteaux des portiques : (suite)**
 - **Portique transversal (B-B) :**

Niv	poteau	rjy(KN/m)	Rjy (KN/m)	Tjy (KN)	tjy (KN)
3	1	7408,2964	45159,6857	66,79	10,957
	2	10607,916	45159,6857	66,79	15,689
	3	9658,0279	45159,6857	66,79	14,284
	4	10077,149	45159,6857	66,79	14,904
	5	7408,2964	45159,6857	66,79	10,957
2	1	5267,002	31705,0407	80,89	13,438
	2	7377,1505	31705,0407	80,89	18,822
	3	6760,3788	31705,0407	80,89	17,248
	4	7033,5074	31705,0407	80,89	17,945
	5	5267,002	31705,0407	80,89	13,438
1	1	6758,8454	37676,9629	87,65	15,723
	2	8299,442	37676,9629	87,65	19,307
	3	7825,7768	37676,9629	87,65	18,206
	4	8034,0533	37676,9629	87,65	18,690
	5	6758,8454	37676,9629	87,65	15,723

- **Tab. VII.7 : Efforts tranchants dans les poteaux des portiques :**

- **Portique longitudinal (3-3) :**

Niv	poteau	rjx(KN/m)	Rjx (KN/m)	Tjx (KN)	tjx (KN)
8	A	4904 ,979	28354,227	40,42	6,99
	B	6211,872	28354,227	40,42	8,855
	C	5512,752	28354,227	40,42	7,859
	D	5512,752	28354,227	40,42	7,859
	E	6211,872	28354,227	40,42	8,855
	F	4904,979	28354,227	40,42	6,992
7	A	4904 ,979	28354,227	64,00	11,07
	B	6211,872	28354,227	64,00	14,021
	C	5512,752	28354,227	64,00	12,443
	D	5512,752	28354,227	64,00	12,443
	E	6211,872	28354,227	64,00	14,021
	F	4904,979	28354,227	64,00	11,071
6	A	4904 ,979	28354,227	84,78	14,66
	B	6211,872	28354,227	84,78	18,574
	C	5512,752	28354,227	84,78	16,483
	D	5512,752	28354,227	84,78	16,483
	E	6211,872	28354,227	84,78	18,574
	F	4904,979	28354,227	84,78	14,666
5	A	4904 ,979	28354,227	112,72	19,49
	B	6211,872	28354,227	112,72	24,695
	C	5512,752	28354,227	112,72	21,916
	D	5512,752	28354,227	112,72	21,916
	E	6211,872	28354,227	112,72	24,695
	F	4904,979	28354,227	112,72	19,499

- **Tab. VII.8 : Efforts tranchants dans les poteaux des portiques : (suite)**

- **Portique longitudinal (3-3) :**

Niv	poteau	rjx(KN/m)	Rjx (KN/m)	Tjx (KN)	tjx (KN)
4	A	6079,2	42629,202	123,53	17,616
	B	8220,541	42629,202	123,53	23,821
	C	7014,86	42629,202	123,53	20,328
	D	7014,86	42629,202	123,53	20,328
	E	8220,541	42629,202	123,53	23,821
	F	6079,2	42629,202	123,53	17,616
3	A	6079,2	42629,202	146,00	20,821
	B	8220,541	42629,202	146,00	28,154
	C	7014,86	42629,202	146,00	24,025
	D	7014,86	42629,202	146,00	24,025
	E	8220,541	42629,202	146,00	28,154
	F	6079,2	42629,202	146,00	20,821
2	A	4376,18	30437,116	174,6	25,104
	B	5826,816	30437,116	174,6	33,425
	C	5015,562	30437,116	174,6	28,771
	D	5015,562	30437,116	174,6	28,771
	E	5826,816	30437,116	174,6	33,425
	F	4376,18	30437,116	174,6	25,104
1	A	3550,505	21578,921	197,4	32,47
	B	4898,042	21578,921	197,4	44,806
	C	4116,166	21578,921	197,4	37,654
	D	4116,166	21578,921	197,4	37,654
	E	4898,042	21578,921	197,4	44,806
	F	3550,505	21578,921	197,4	32,479

• Tab. VII.9 : Moments en tête et à la base du portique transversal (B-B) :

Niv	Pot	tjy (KN)	K	y0	y1	y2	y3	Y	Z=y*h	h-Z	Minf (KN.m)	Msup (KN.m)
8	1	3,198	1,959	0,43	0	0	0	0,43	1,316	1,744	4,208	5,578
	2	2,977	1,708	0,35	0	0	0	0,45	1,377	1,683	3,188	5,921
	3	3,913	3,067	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	5,388	6,586
	4	4,033	3,318	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	5,553	6,788
	5	3,198	1,959	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	4,404	5,382
7	1	4,672	1,959	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	6,433	7,863
	2	4,349	1,708	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	6,255	7,053
	3	5,715	3,067	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	8,219	9,269
	4	5,891	3,318	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	8,472	9,554
	5	4,672	1,959	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	6,719	7,577
6	1	6,757	1,959	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	9,304	11,372
	2	6,29	1,708	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	9,624	9,624
	3	8,266	3,067	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	12,647	12,647
	4	8,52	3,318	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	13,036	13,036
	5	6,757	1,959	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	10,338	10,338
5	1	9,019	1,959	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	12,419	15,179
	2	8,396	1,708	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	12,846	12,846
	3	11,033	3,067	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	16,88	16,88
	4	11,373	3,318	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	17,401	17,401
	5	9,019	1,959	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	13,799	13,799
4	1	9,313	1,085	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	14,249	14,249
	2	13,335	2,029	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	20,403	20,403
	3	12,141	1,694	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	18,576	18,576
	4	12,668	1,835	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	19,382	19,382
	5	9,313	1,085	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,53	14,249	14,249
3	1	38,47	1,085	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,31	58,859	58,859
	2	55,08	2,029	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,31	84,272	84,272
	3	50,15	1,694	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,31	76,73	76,73
	4	52,33	1,835	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,31	80,065	80,065
	5	38,47	1,085	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,31	58,859	58,859
2	1	30,5	1,253	0,37	0	0	0	0,37	2,448	0,612	39,498	67,253
	2	41,74	2,344	0,45	0	0	0	0,55	2,244	0,816	65,741	80,35
	3	48,66	1,956	0,36	0	0	0	0,55	2,244	0,816	61,312	108,998
	4	50,8	2,119	0,45	0	0	0	0,55	2,244	0,816	80,01	97,79
	5	60,5	1,253	0,37	0	0	0	0,55	2,244	0,816	78,348	133,403
1	1	50,67	0,881	0,35	0	0	0	0,95	2,375	0,685	72,357	134,377
	2	34,36	1,647	0,37	0	0	0	0,75	1,875	1,185	38,902	66,239
	3	44,46	1,372	0,37	0	0	0	0,75	1,875	1,185	50,338	85,71
	4	36,18	1,488	0,37	0	0	0	0,75	1,875	1,185	40,963	69,748
	5	40,67	0,8818	0,35	0	0	0	0,75	1,875	1,185	43,558	80,893

- Tab. VII.8 : Moments en tête et à la base du portique longitudinal (3-3) :

Niv	pot	tjx (KN)	K	y0	y1	y2	y3	Y	Z=y*h	h-Z	Minf (kn.m)	Msup (kn.m)
8	A	6,99	1,574	0,3	0	0	0	0,3	0,918	2,142	14,036	32,751
	B	8,855	2,523	0,41	0	0	0	0,41	1,255	1,805	24,302	34,971
	C	7,859	1,96	0,43	0	0	0	0,43	1,316	1,744	22,619	29,983
	D	7,859	1,96	0,43	0	0	0	0,43	1,316	1,744	22,619	29,983
	E	8,855	2,523	0,41	0	0	0	0,41	1,255	1,805	24,302	34,971
	F	6,992	1,574	0,3	0	0	0	0,3	0,918	2,142	14,036	32,751
7	A	11,07	1,574	0,4	0	0	0	0,4	1,224	1,836	27,246	40,869
	B	14,021	2,523	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	38,818	47,444
	C	12,443	1,96	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	34,439	42,092
	D	12,443	1,96	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	34,439	42,092
	E	14,021	2,523	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	38,818	47,444
	F	11,071	1,574	0,4	0	0	0	0,4	1,224	1,836	27,246	40,869
6	A	14,66	1,574	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	43,761	53,486
	B	18,574	2,523	0,48	0	0	0	0,48	1,469	1,591	59,119	64,046
	C	16,483	1,96	0,49	0	0	0	0,49	1,499	1,561	53,559	55,745
	D	16,483	1,96	0,49	0	0	0	0,49	1,499	1,561	53,559	55,745
	E	18,574	2,523	0,48	0	0	0	0,48	1,469	1,591	59,119	64,046
	F	14,666	1,574	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	43,761	53,486
5	A	19,49	1,574	0,43	0	0	0	0,43	1,316	1,744	55,895	74,094
	B	24,695	2,523	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	74,083	90,545
	C	21,916	1,96	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	65,738	80,346
	D	21,916	1,96	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	65,738	80,346
	E	24,695	2,523	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	74,083	90,545
	F	19,499	1,574	0,43	0	0	0	0,43	1,316	1,744	55,895	74,094

• Tab. VII.9 : Moments en tête et à la base du portique longitudinal (3-3) :(suite) :

Niv	pot	tjx (KN)	K	y0	y1	y2	y3	Y	Z=y*h	h-Z	Minf (kn.m)	Msup (kn.m)
4	A	17,616	0,874	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	24,257	29,648
	B	23,821	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	34,259	38,633
	C	20,328	1,081	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	29,236	32,968
	D	20,328	1,081	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	29,236	32,968
	E	23,821	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,438	1,622	34,259	38,633
	F	17,616	0,874	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,683	24,257	29,648
3	A	20,821	0,874	0,45	0	0	0	0,45	1,575	1,925	28,671	35,042
	B	28,154	1,397	0,4	0	0	0	0,4	1,224	1,836	34,460	51,691
	C	24,025	1,081	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,75	36,758	36,758
	D	24,025	1,081	0,5	0	0	0	0,5	1,75	1,75	36,758	49,732
	E	28,154	1,397	0,4	0	0	0	0,4	1,224	1,836	36,459	64,895
	F	20,821	0,874	0,45	0	0	0	0,45	1,575	1,925	32,793	42,163
2	A	25,104	1,007	0,36	0	0	0	0,36	1,836	2,244	31,631	58,743
	B	33,425	1,61	0,5	0	0	0	0,5	2,04	2,04	58,494	61,836
	C	28,771	1,246	0,5	0	0	0	0,5	2,04	2,04	50,349	50,349
	D	28,771	1,246	0,45	0	0	0	0,54	2,04	2,04	52,824	47,875
	E	33,425	1,61	0,5	0	0	0	0,5	2,04	2,04	68,187	48,801
	F	25,104	1,007	0,45	0	0	0	0,45	1,836	2,244	46,091	41,773
1	A	32,47	0,7091	0,5	0	0	0	0,5	1,25	1,25	66,239	47,406
	B	44,806	1,83935	0,5	0	0	0	0,5	1,25	1,25	91,404	91,404
	C	37,654	1,97255	0,5	0	0	0	0,5	1,25	1,25	76,814	76,814
	D	37,654	1,6846	0,5	0	0	0	0,5	1,25	1,25	76,814	76,814
	E	44,806	1,97255	0,5	0	0	0	0,5	1,25	1,25	91,404	91,404
	F	32,479	0,7091	0,5	0	0	0	0,5	1,25	1,25	66,257	66,257

- Tab. VII.10 : Moments aux nus des poutres des portiques :

➤ Portique transversal B-B :

Niv	Niveaux	Kw 10 ⁻⁴	Ke 10 ⁻⁴	Mn[KN m]	Ms[KN m]	Mw [KN m]	Me [KN m]
8	1	0	4,706	0	5,578	0	5,578
	2	4,706	4,103	0	5,921	3,163	2,758
	3	4,103	3,265	0	6,586	3,668	2,918
	4	3,265	4,706	0	6,788	2,78	4,008
	5	4,706	0	0	5,382	5,382	0
7	1	0	4,706	4,208	7,863	0	12,071
	2	4,706	4,103	3,188	7,053	3,768	4,77
	3	4,103	3,265	5,388	9,269	5,162	6,495
	4	3,265	4,706	5,553	9,554	3,913	8,919
	5	4,706	0	4,404	7,577	7,577	0
6	1	0	4,706	6,433	11,372	0	17,805
	2	4,706	4,103	6,255	9,624	5,141	7,396
	3	4,103	3,265	8,219	12,647	7,043	9,246
	4	3,265	4,706	8,472	13,036	5,34	12,698
	5	4,706	0	6,719	10,338	10,338	0
5	1	0	4,706	9,304	15,179	0	24,483
	2	4,706	4,103	9,624	12,846	6,863	10,466
	3	4,103	3,265	12,647	16,88	9,4	13,084
	4	3,265	4,706	13,036	17,401	7,128	17,97
	5	4,706	0	10,338	13,799	13,799	0
4	1	0	4,776	14,249	14,249	0	14,249
	2	4,776	4,156	20,403	20,403	10,91	9,493
	3	4,156	3,299	18,576	18,576	10,356	8,22
	4	3,299	4,776	19,382	19,382	7,918	11,464
	5	4,776	0	14,249	14,249	14,249	0
3	1	0	4,776	58,859	58,859	0	58,859
	2	4,776	4,156	84,272	84,272	45,061	39,211
	3	4,156	3,299	76,73	76,73	42,775	33,955
	4	3,299	4,776	80,065	80,065	32,71	47,355
	5	4,776	0	58,859	58,859	58,859	0
2	1	0	4,776	39,498	67,253	0	67,253
	2	4,776	4,156	65,741	80,35	42,964	37,386
	3	4,156	3,299	61,312	108,998	60,764	48,234
	4	3,299	4,776	80,01	97,79	39,952	57,838
	5	4,776	0	78,348	133,403	133,403	0
1	1	0	4,848	72,357	134,377	0	134,377
	2	4,848	4,211	51,87	88,319	47,265	41,054
	3	4,211	3,333	67,117	114,28	63,79	50,49
	4	3,333	4,848	54,617	92,997	37,888	55,109
	5	4,848	0	58,077	107,857	82,96	0

- Tab. VII.11 : Moments aux nus des poutres des portiques :

➤ Portique longitudinal (3-3) :

Niv	poteau	$10^{-4} Kw$	$Ke10^{-4}$	Mn [KN m]	Ms [KN m]	Mw [KN m]	Me[KN m]
8	A	0	3,715	0	32,751	0,000	29,648
	B	3,715	2,238	0	34,971	24,172	14,461
	C	2,238	2,388	0	29,983	16,037	16,931
	D	2,388	2,238	0	29,983	17,019	15,949
	E	2,238	3,715	0	34,971	14,524	24,109
	F	3,715	0	0	32,751	29,648	0,000
7	A	0	3,715	27,246	40,869	0,000	35,042
	B	3,715	2,238	38,818	47,444	32,342	19,349
	C	2,238	2,388	34,439	42,092	17,881	18,877
	D	2,388	2,238	34,439	42,092	25,672	24,060
	E	2,238	3,715	38,818	47,444	24,397	40,498
	F	3,715	0	27,246	40,869	42,163	0,000
6	A	0	3,715	43,761	53,486	0,000	58,743
	B	3,715	2,238	59,119	64,046	38,690	23,146
	C	2,238	2,388	53,559	55,745	24,351	25,998
	D	2,388	2,238	53,559	55,745	24,721	23,154
	E	2,238	3,715	59,119	64,046	18,267	30,534
	F	3,715	0	43,761	53,486	41,773	0,000
5	A	0	3,715	55,895	74,094	0,000	47,406
	B	3,715	2,238	74,083	90,545	57,345	34,059
	C	2,238	2,415	65,738	80,346	38,407	38,407
	D	2,415	2,262	65,738	80,346	38,407	38,407
	E	2,262	3,781	74,083	90,545	34,059	57,345
	F	3,781	0	55,895	74,094	66,257	0,000

- Tab. VII.12: Moments aux nus des poutres des portiques :(suite) :

➤ Portique longitudinal (3-3) :

Niv	poteau	$10^{-4} K_w$	$10^{-4} K_e$	Mn[KN m]	Ms [KN m]	Mw[KN m]	Me[KN m]
4	A	0	3,781	24,257	29,648	0,000	29,648
	B	3,781	2,262	34,259	38,633	24,172	14,461
	C	2,262	2,388	29,236	32,968	16,037	16,931
	D	2,388	2,238	29,236	32,968	17,019	15,949
	E	2,238	3,715	34,259	38,633	14,524	24,109
	F	3,715	0	24,257	29,648	29,648	0,000
3	A	0	3,781	28,671	35,042	0,000	35,042
	B	3,781	2,262	34,460	51,691	32,342	19,349
	C	2,262	2,388	36,758	36,758	17,881	18,877
	D	2,388	2,238	36,758	49,732	25,672	24,060
	E	2,238	3,715	36,459	64,895	24,397	40,498
	F	3,715	0	32,793	42,163	42,163	0,000
2	A	0	3,781	31,631	58,743	0,000	58,743
	B	3,781	2,262	58,494	61,836	57,345	23,146
	C	2,262	2,415	50,349	50,349	38,407	25,998
	D	2,415	2,262	52,824	47,875	38,407	23,154
	E	2,262	3,781	68,187	48,801	34,059	30,534
	F	3,781	0	46,091	41,773	66,257	0,000
1	A	0	3,849	66,239	47,406	0,000	47,406
	B	3,849	2,286	91,404	91,404	57,345	34,059
	C	2,286	2,286	76,814	76,814	38,407	38,407
	D	2,286	2,286	76,814	76,814	38,407	38,407
	E	2,286	3,849	91,404	91,404	34,059	57,345
	F	3,849	0	66,257	66,257	66,257	0,000

- Tab. VII.13: Moments en travées et efforts tranchants dans les poutres :

➤ Portique longitudinal (3-3) :

Niv	Travée	L (m)	Mw (KN.m)	Me (KN.m)	Xi(m)	Mt (KN.m)	T(KN)	(-)T(KN)
8	AB	2,88	29,648	24,172	0,945	11,988	18,688	-18,688
	BC	4,78	14,461	16,037	2,345	-0,501	6,380	-6,380
	CD	4,48	16,931	17,019	2,15	0,638	7,578	-7,578
	DE	4,78	15,949	14,524	2,259	1,548	6,375	-6,375
	EF	2,88	24,109	29,648	1,738	-8,332	18,666	-18,666
7	AB	2,88	35,042	32,342	1,11	9,071	23,397	-23,397
	BC	4,78	19,349	17,881	2,265	1,708	7,789	-7,789
	CD	4,48	18,877	25,672	2,15	-2,503	9,944	-9,944
	DE	4,78	24,060	24,397	2,337	0,369	10,137	-10,137
	EF	2,88	40,498	42,163	1,58	-4,851	28,702	-28,702
6	AB	2,88	58,743	38,690	1,102	21,461	33,831	-33,831
	BC	4,78	23,146	24,351	2,288	0,411	9,937	-9,937
	CD	4,48	25,998	24,721	2,15	1,657	11,321	-11,321
	DE	4,78	23,154	18,267	2,336	2,911	8,665	-8,665
	EF	2,88	30,534	41,773	1,574	-8,984	25,107	-25,107
5	AB	2,88	47,406	57,345	1,102	7,324	36,372	-36,372
	BC	4,78	34,059	38,407	2,288	-0,628	15,160	-15,160
	CD	4,48	38,407	38,407	2,15	1,543	17,146	-17,146
	DE	4,78	38,407	34,059	2,336	2,993	15,160	-15,160
	EF	2,88	57,345	66,257	1,574	-10,207	42,917	-42,917

- Tab. VII.14 : Moments en travées et efforts tranchants dans les poutres :(suite) :
 - Portique longitudinal (3-3) :

Niv	Travée	L (m)	Mw (KN.m)	Me (KN.m)	Xi(m)	Mt (KN.m)	T(KN)	(-)T(KN)
4	AB	2,83	29,648	24,172	1,138	8,006	19,018	-19,018
	BC	4,73	14,461	16,037	2,244	-0,008	6,448	-6,448
	CD	4,43	16,931	17,019	2,125	0,646	7,664	-7,664
	DE	4,73	15,949	14,524	2,306	1,093	6,442	-6,442
	EF	2,83	24,109	29,648	1,512	-4,612	18,995	-18,995
3	AB	2,83	35,042	35,042	1,165	6,191	24,765	-24,765
	BC	4,73	19,349	19,349	2,248	0,957	8,181	-8,181
	CD	4,43	18,877	18,877	2,125	0,767	8,522	-8,522
	DE	4,73	24,060	24,060	2,302	0,641	10,173	-10,173
	EF	2,83	40,498	40,498	1,485	-2,003	28,620	-28,620
2	AB	2,83	58,743	57,345	1,158	11,241	41,020	-41,020
	BC	4,73	23,146	38,407	2,247	-6,095	13,013	-13,013
	CD	4,43	25,998	38,407	2,125	-4,896	14,538	-14,538
	DE	4,73	23,154	34,059	2,303	-4,703	12,096	-12,096
	EF	2,83	30,534	66,257	1,492	-20,495	34,202	-34,202
1	AB	2,78	47,406	57,345	1,144	4,300	37,680	-37,680
	BC	4,68	34,059	38,407	2,224	-0,378	15,484	-15,484
	CD	4,38	38,407	38,407	2,1	1,578	17,537	-17,537
	DE	4,68	38,407	34,059	2,277	3,150	15,484	-15,484
	EF	2,78	57,345	66,257	1,46	-7,568	44,461	-44,461

- Tab. VII.15 : Moments en travées et efforts tranchants dans les poutres :

➤ Portique transversal B-B :

Niv	travée	L (m)	Mw (KN.m)	Me (KN.m)	xi(m)	Mt (KN.m)	T(KN)	T(KN)
8	1-2	3,4	5,578	3,163	1,315	2,197	2,571	-2,571
	2-3	3,9	2,758	3,668	1,844	-0,28	1,648	-1,648
	3-4	4,9	2,918	2,78	2,364	0,169	1,163	-1,163
	4-5	3,4	4,008	5,382	1,847	-1,093	2,762	-2,762
7	1-2	3,4	12,071	3,768	1,403	5,535	4,659	-4,659
	2-3	3,9	4,77	5,162	1,803	0,178	2,547	-2,547
	3-4	4,9	6,495	3,913	2,388	1,423	2,124	-2,124
	4-5	3,4	8,919	7,577	1,83	0,04	4,852	-4,852
6	1-2	3,4	17,805	5,141	1,412	8,276	6,749	-6,749
	2-3	3,9	7,396	7,043	1,815	0,676	3,702	-3,702
	3-4	4,9	9,246	5,34	2,361	2,218	2,977	-2,977
	4-5	3,4	12,698	10,338	1,824	0,34	6,775	-6,775
5	1-2	3,4	6,863	24,483	1,412	-6,155	9,219	-9,219
	2-3	3,9	9,4	10,466	1,815	0,155	5,094	-5,094
	3-4	4,9	7,128	13,084	2,351	-2,57	4,125	-4,125
	4-5	3,4	13,799	17,97	1,824	-3,244	9,344	-9,344
4	1-2	3,35	14,249	10,91	1,45	3,359	7,51	-7,51
	2-3	3,85	9,493	10,356	1,764	0,399	5,156	-5,156
	3-4	4,85	8,22	7,918	2,336	0,447	3,327	-3,327
	4-5	3,35	11,464	14,249	1,763	-2,068	7,676	-7,676
3	1-2	3,35	58,859	45,061	1,474	13,134	31,021	-31,021
	2-3	3,85	39,211	42,775	1,765	1,625	21,295	-21,295
	3-4	4,85	33,955	32,71	2,335	1,86	13,745	-13,745
	4-5	3,35	47,355	58,859	1,737	-7,718	31,706	-31,706
2	1-2	3,35	67,253	42,964	1,465	19,054	32,901	-32,901
	2-3	3,85	37,386	60,764	1,763	-7,559	25,494	-25,494
	3-4	4,85	48,234	39,952	2,335	5,777	18,183	-18,183
	4-5	3,35	57,838	133,403	1,745	-41,779	57,087	-57,087
1	1-2	3,3	134,377	47,265	1,448	54,675	55,043	-55,043
	2-3	3,8	41,054	63,79	1,741	-6,981	27,591	-27,591
	3-4	4,8	50,49	37,888	2,309	7,976	18,412	-18,412
	4-5	3,3	55,109	82,96	1,709	-16,394	41,839	-41,839

- Tab. VII.16 : Efforts normaux dans les poteaux des portiques :

➤ Portique transversal (B-B)

Niveaux	poteaux	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
8	1	0	2,571	-2,571	-2,571
	2	2,571	1,648	0,923	0,923
	3	1,648	1,163	0,485	0,485
	4	1,163	2,762	-1,599	-1,599
	5	2,762	0	2,762	2,762
7	1	0	4,659	-4,659	-7,23
	2	4,659	2,547	2,112	3,035
	3	2,547	2,124	0,423	0,908
	4	2,124	4,852	-2,728	-4,327
	5	4,852	0	4,852	7,614
6	1	0	6,749	-6,749	-13,979
	2	6,749	3,702	3,047	6,082
	3	3,702	2,977	0,725	1,633
	4	2,977	6,775	-3,798	-8,125
	5	6,775	0	6,775	14,389
5	1	0	9,219	-9,219	-23,198
	2	9,219	5,094	4,125	10,207
	3	5,094	4,125	0,969	2,602
	4	4,125	9,344	-5,219	-13,344
	5	9,344	0	9,344	23,733
4	1	0	7,51	-7,51	-30,708
	2	7,51	5,156	2,354	12,561
	3	5,156	3,327	1,829	4,431
	4	3,327	7,676	-4,349	-17,693
	5	7,676	0	7,676	31,409
3	1	0	31,021	-31,021	-61,729
	2	31,021	21,295	9,726	22,287
	3	21,295	13,745	7,55	11,981
	4	13,745	31,706	-17,961	-35,654
	5	31,706	0	31,706	-30,023
2	1	0	32,901	-32,901	-10,614
	2	32,901	25,494	7,407	19,388
	3	25,494	18,183	7,311	-28,343
	4	18,183	57,087	-38,904	-7,495
	5	57,087	0	57,087	27,064
1	1	0	55,043	-55,043	-65,657
	2	55,043	27,591	27,452	46,84
	3	27,591	18,412	9,179	-19,164
	4	18,412	41,839	-23,427	-30,922
	5	41,839	0	41,839	68,903

- Tab. VII.18 : Efforts normaux dans les poteaux des portiques :

➤ Portique longitudinal : (3-3) :

Niv	poteau	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
8	A	0	18,688	-18,688	-18,688
	B	18,688	6,38	7,811	7,811
	C	6,38	7,578	2,348	2,348
	D	7,578	6,375	3,021	3,021
	E	6,375	18,666	-9,86	-9,86
	F	18,666	0	16,474	16,474
7	A	0	23,397	-23,397	-42,085
	B	23,397	7,789	10,783	18,594
	C	7,789	9,944	3,455	5,803
	D	9,944	10,137	2,306	5,327
	E	10,137	28,702	-17,04	-26,9
	F	28,702	0	22,238	38,712
6	A	0	33,831	-33,831	-75,916
	B	33,831	9,937	15,79	34,384
	C	9,937	11,321	7,621	13,424
	D	11,321	8,665	9,269	14,596
	E	8,665	25,107	-8,298	-35,198
	F	25,107	0	31,439	70,151
5	A	0	36,372	-36,372	-85,5
	B	36,372	15,16	21,21	60,18
	C	15,16	17,146	-1,98	31,37
	D	17,146	15,16	1,98	-10,3
	E	15,16	42,917	-26,726	37,16
	F	42,917	0	31,49	38,71
4	A	0	19,018	-19,018	51,133
	B	19,018	6,448	26,794	-85,494
	C	6,448	7,664	16,788	60,182
	D	7,664	6,442	15,834	31,373
	E	6,442	18,995	1,868	-10,262
	F	18,995	0	40,869	37,161

- Tab .VII.19 : Efforts normaux dans les poteaux des portiques :(suite) :

➤ Portique longitudinal : (3-3) :

Niv	Poteau	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
3	A	0	24,765	-24,765	26,368
	B	24,765	8,181	47,911	-37,583
	C	8,181	8,522	32,097	92,279
	D	8,522	10,173	27,160	58,533
	E	10,173	28,62	6,345	-3,917
	F	28,62	0	67,889	105,050
2	A	0	41,02	-41,020	-14,652
	B	41,02	13,013	16,563	-21,020
	C	13,013	14,538	9,873	102,152
	D	14,538	12,096	9,806	68,339
	E	12,096	34,202	-13,689	-17,606
	F	34,202	0	40,800	145,850
1	A	0	37,68	-37,680	-52,332
	B	37,68	15,484	1,039	-19,981
	C	15,484	17,537	-11,149	91,003
	D	17,537	15,484	-8,803	59,536
	E	15,484	44,461	-33,893	-51,499
	F	44,461	0	17,791	163,641

VII.2 : Distribution des sollicitations horizontales dans les voiles :**a- Introduction**

Dans cette partie on procédera à la distribution de la force sismique à chaque niveau sur les refends proportionnellement à leurs rigidités et leurs positions par rapport au centre de torsion, pour ce faire on utilisera la méthode du centre de torsion.

b- Etapes de calcul

Détermination de l'inertie I_{xi} et I_{yi} de chaque refend.

Détermination de l'effet de translation dans les deux sens pour le refend i.

$$H'_{yi} = F_{kvx} \frac{I_{xi}}{\sum I_{xi}} \quad ; \quad H'_{xi} = F_{kvy} \frac{I_{yi}}{\sum I_{yi}}$$

Détermination de l'effet de rotation dans les deux sens.

$$H''_{yi} = F_{kvy} \frac{I_{xi} Y_i e_y}{J_\theta} \quad ; \quad H''_{xi} = F_{kvx} \frac{I_{yi} X_i e_x}{J_\theta}$$

X_i, Y_i : Les coordonnées du centre de gravité de voile i par rapport au centre de torsion.

e_x, e_y : Excentricités

J_θ : Inertie polaire , avec $(J_\theta = \sum I_x Y_i^2 + \sum I_y X_i^2)$

F_{kj} : Force sismique au niveau K selon le sens considéré j.

Calcul des forces finales distribuées dans les refends

$$H_{kx} = H'_{xi} + H''_{xi} \quad ; \quad H_{ky} = H'_{yi} + H''_{yi}$$

Détermination des efforts tranchants distribués aux voiles au niveau considéré

$$T_{kj} = T_{j(k+1)} + H_{kj} .$$

Détermination des moments fléchissant distribués aux voiles au niveau considéré

$$M_{kj} = T_{j(k+1)} h + M_{k+1} .$$

Remarque :

D'après le (R.PA.99.Art 4.2.7), Les efforts tranchants négatifs dus à la torsion devront être négligés.

• Tab. VII.30 : Répartition des efforts sismiques dans les refends par niveau suivant X-X :

Niv	Voile	I _y	som I _y	Y _{ci}	j _o	F _{kv} [KN]	e _y	H _y '(KN)	H'' _v (KN)	H _{kx} (KN)	T _{kv} (KN)	M _{kv} (KN.m)
8	VL1	0,06	0,646	-9,64	243,2	194,03	2,29	18,021	-1,057	16,965	16,965	0,000
	VL2	0,06	0,646	-9,64	243,2	194,03	2,29	18,021	-1,057	16,965	16,965	0,000
	VL3	0,13	0,646	-2,14	243,2	194,03	2,29	39,046	-0,508	38,538	38,538	0,000
	VL4	0,13	0,646	-2,14	243,2	194,03	2,29	39,046	-0,508	38,538	38,538	0,000
	VL5	0,13	0,646	6,26	243,2	194,03	2,29	39,046	1,487	40,533	40,533	0,000
	VL6	0,13	0,646	6,26	243,2	194,03	2,29	39,046	1,487	40,533	40,533	0,000
7	VL1	0,06	0,646	-9,64	243,2	95,91	2,29	8,908	-0,522	8,386	8,386	51,912
	VL2	0,06	0,646	-9,64	243,2	95,91	2,29	8,908	-0,522	8,386	8,386	51,912
	VL3	0,13	0,646	-2,14	243,2	95,91	2,29	19,301	-0,251	19,050	19,050	117,926
	VL4	0,13	0,646	-2,14	243,2	95,91	2,29	19,301	-0,251	19,050	19,050	117,926
	VL5	0,13	0,646	6,26	243,2	95,91	2,29	19,301	0,735	20,036	20,036	124,031
	VL6	0,13	0,646	6,26	243,2	95,91	2,29	19,301	0,735	20,036	20,036	124,031
6	VL1	0,06	0,646	-9,64	243,2	117	2,29	10,867	-0,637	10,230	10,230	77,572
	VL2	0,06	0,646	-9,64	243,2	117	2,29	10,867	-0,637	10,230	10,230	77,572
	VL3	0,13	0,646	-2,14	243,2	117	2,29	23,545	-0,306	23,238	23,238	176,218
	VL4	0,13	0,646	-2,14	243,2	117	2,29	23,545	-0,306	23,238	23,238	176,218
	VL5	0,13	0,646	6,26	243,2	117	2,29	23,545	0,897	24,441	24,441	185,341
	VL6	0,13	0,646	6,26	243,2	117	2,29	23,545	0,897	24,441	24,441	185,341
5	VL1	0,06	0,646	-9,64	241,6	134,14	2,29	12,459	-0,735	11,723	11,723	108,875
	VL2	0,06	0,646	-9,64	241,6	134,14	2,29	12,459	-0,735	11,723	11,723	108,875
	VL3	0,13	0,646	-2,14	241,6	134,14	2,29	26,994	-0,354	26,640	26,640	247,327
	VL4	0,13	0,646	-2,14	241,6	134,14	2,29	26,994	-0,354	26,640	26,640	247,327
	VL5	0,13	0,646	6,26	241,6	134,14	2,29	26,994	1,035	28,029	28,029	260,131
	VL6	0,13	0,646	6,26	241,6	134,14	2,29	26,994	1,035	28,029	28,029	260,131
4	VL1	0,06	0,646	-9,47	242	95,49	2,29	8,869	-0,513	8,356	8,356	144,748
	VL2	0,06	0,646	-9,47	242	95,49	2,29	8,869	-0,513	8,356	8,356	144,748
	VL3	0,13	0,646	-2,02	242	95,49	2,29	19,216	-0,237	18,979	18,979	328,847
	VL4	0,13	0,646	-2,02	242	95,49	2,29	19,216	-0,237	18,979	18,979	328,847
	VL5	0,13	0,646	6,33	242	95,49	2,29	19,216	0,744	19,960	19,960	345,900
	VL6	0,13	0,646	6,33	242	95,49	2,29	19,216	0,744	19,960	19,960	345,900

• Tab. VII.31 : Répartition des efforts sismiques dans les refends par niveau suivant X-X :(suite) :

Niv	Voile	I _y	som I _y	Y _{ci}	j _o	F _{kv} [KN]	e _y	H _y ' (KN)	H'' _y (KN)	H _{kx} (KN)	T _{kv} (KN)	M _{kv} (KN.m)
3	VL1	0,06	0,646	-9,47	242	115,75	2,29	10,751	-0,622	10,128	10,128	170,317
	VL2	0,06	0,646	-9,47	242	115,75	2,29	10,751	-0,622	10,128	10,128	170,317
	VL3	0,13	0,646	-2,02	242	115,75	2,29	23,293	-0,288	23,006	23,006	386,923
	VL4	0,13	0,646	-2,02	242	115,75	2,29	23,293	-0,288	23,006	23,006	386,923
	VL5	0,13	0,646	6,33	242	115,75	2,29	23,293	0,901	24,195	24,195	406,977
	VL6	0,13	0,646	6,33	242	115,75	2,29	23,293	0,901	24,195	24,195	406,977
2	VL1	0,06	0,646	-9,56	220,14	150,55	2,29	13,983	-0,898	13,085	13,085	205,766
	VL2	0,06	0,646	-9,56	220,14	150,55	2,29	13,983	-0,898	13,085	13,085	205,766
	VL3	0,13	0,646	-2,11	220,14	150,55	2,29	30,296	-0,430	29,867	29,867	467,443
	VL4	0,13	0,646	-2,11	220,14	150,55	2,29	30,296	-0,430	29,867	29,867	467,443
	VL5	0,13	0,646	6,24	220,14	150,55	2,29	30,296	1,270	31,567	31,567	491,658
	VL6	0,13	0,646	6,24	220,14	150,55	2,29	30,296	1,270	31,567	31,567	491,658
1	VL1	0,06	0,646	-9,21	238,1	97,83	2,29	9,086	-0,520	8,566	8,566	259,151
	VL2	0,06	0,646	-9,21	238,1	97,83	2,29	9,086	-0,520	8,566	8,566	259,151
	VL3	0,13	0,646	-1,81	238,1	97,83	2,29	19,687	-0,221	19,466	19,466	589,299
	VL4	0,13	0,646	-1,81	238,1	97,83	2,29	19,687	-0,221	19,466	19,466	589,299
	VL5	0,13	0,646	6,49	238,1	97,83	2,29	19,687	0,794	20,481	20,481	620,451
	VL6	0,13	0,646	6,49	238,1	97,83	2,29	19,687	0,794	20,481	20,481	620,451

• Tab. VII.32 : Répartition des efforts sismiques dans les refends par niveau suivant le sens transversal Y-Y :

Niv	Voile	I _x	som I _x	X _{ci}	j _o	F _{kx}	e _x	H _x ' (KN)	H'' _x (KN)	H _{kx} (KN)	T _{ky} (KN)	M _{ky} KN.m
8	VT1	0,5	1,986	-8,01	243,2	230,68	2,17	58,077	-8,243	49,833	49,833	0,000
	VT2	0,5	1,986	-8,01	243,2	230,68	2,17	58,077	-8,243	49,833	49,833	0,000
	VT3	0,5	1,986	12,59	243,2	230,68	2,17	58,077	12,957	71,033	71,033	0,000
	VT4	0,5	1,986	12,59	243,2	230,68	2,17	58,077	12,957	71,033	71,033	0,000
7	VT1	0,5	1,986	-8,01	243,2	106,24	2,17	26,747	-3,797	22,951	22,951	152,489
	VT2	0,5	1,986	-8,01	243,2	106,24	2,17	26,747	-3,797	22,951	22,951	152,489
	VT3	0,5	1,986	12,59	243,2	106,24	2,17	26,747	5,967	32,715	32,715	217,362
	VT4	0,5	1,986	12,59	243,2	106,24	2,17	26,747	5,967	32,715	32,715	217,362
6	VT1	0,5	1,986	-8,01	243,2	150,35	2,17	37,852	-5,373	32,480	32,480	222,718
	VT2	0,5	1,986	-8,01	243,2	150,35	2,17	37,852	-5,373	32,480	32,480	222,718
	VT3	0,5	1,986	12,59	243,2	150,35	2,17	37,852	8,445	46,297	46,297	317,469
	VT4	0,5	1,986	12,59	243,2	150,35	2,17	37,852	8,445	46,297	46,297	317,469

- Tab. VII.33 : Répartition des efforts sismiques dans les refends par niveau suivant le sens transversal Y-Y : (suite) :

Niv	Voile	I_x	som I_x	X_{ci}	j_o	F_{kx}	e_x	H_x (KN)	H''_x (KN)	H_{kx} (KN)	T_{ky} (KN)	M_{ky} KN.m
5	VT1	0,5	1,986	-8,01	241,6	163,14	2,17	41,073	-5,868	35,204	35,204	322,106
	VT2	0,5	1,986	-8,01	241,6	163,14	2,17	41,073	-5,868	35,204	35,204	322,106
	VT3	0,5	1,986	12,59	241,6	163,14	2,17	41,073	9,224	50,297	50,297	459,139
	VT4	0,5	1,986	12,59	241,6	163,14	2,17	41,073	9,224	50,297	50,297	459,139
4	VT1	0,5	1,986	-8,06	242	100,7	2,17	25,352	-3,639	21,713	21,713	429,830
	VT2	0,5	1,986	-8,06	242	100,7	2,17	25,352	-3,639	21,713	21,713	429,830
	VT3	0,5	1,986	12,49	242	100,7	2,17	25,352	5,639	30,992	30,992	613,046
	VT4	0,5	1,986	12,49	242	100,7	2,17	25,352	5,639	30,992	30,992	613,046
3	VT1	0,5	1,986	-8,06	242	132,48	2,17	33,353	-4,787	28,566	28,566	496,274
	VT2	0,5	1,986	-8,06	242	132,48	2,17	33,353	-4,787	28,566	28,566	496,274
	VT3	0,5	1,986	12,49	242	132,48	2,17	33,353	7,419	40,772	40,772	707,880
	VT4	0,5	1,986	12,49	242	132,48	2,17	33,353	7,419	40,772	40,772	707,880
2	VT1	0,5	1,986	-7,98	220,14	181,63	2,17	45,728	-7,144	38,584	38,584	596,255
	VT2	0,5	1,986	-7,98	220,14	181,63	2,17	45,728	-7,144	38,584	38,584	596,255
	VT3	0,5	1,986	12,57	220,14	181,63	2,17	45,728	11,253	56,980	56,980	850,583
	VT4	0,5	1,986	12,57	220,14	181,63	2,17	45,728	11,253	56,980	56,980	850,583
1	VT1	0,5	1,986	-8,27	238,1	128,46	2,17	32,341	-4,841	27,500	27,500	753,677
	VT2	0,5	1,986	-8,27	238,1	128,46	2,17	32,341	-4,841	27,500	27,500	753,677
	VT3	0,5	1,986	12,23	238,1	128,46	2,17	32,341	7,159	39,501	39,501	1083,062
	VT4	0,5	1,986	12,23	238,1	128,46	2,17	32,341	7,159	39,501	39,501	1083,062

VIII .1 . Introduction :

Les sollicitations à prendre en considération pour le calcul des armatures et effectuer les vérifications imposées par le BAEL 91 et le RPA99 / version 2003 sont combinées de façon à prévoir les efforts les plus défavorables contre les quels la structure sera amenée à résister.

VIII.1.1 .Les combinaisons du BAEL91 :

A l'ELU : $1,35G+1,5Q$.

A l'ELS : $G+Q$.

VIII.1.2.Les combinaisons du RPA99 (Article : 5.2) :

Une action sismique est considérée comme une action accidentelle au sens de la philosophie de calcul aux états limites.

Les combinaisons d'actions à considérer pour la détermination des sollicitations et des déformations de calcul sont :

- **Poutres et les refends :** $G + Q \pm E$.
- **Poteaux-poutres et refends :** $0,8G \pm E$.
- **Poteaux:** $G + Q \pm 1,2E$.

Avec :

G : charges permanentes.

Q : charges d'exploitation.

E : effet du séisme.

Remarque : L'action due au vent n'est pas prise en compte, car elle est négligeable devant celle du séisme. Les efforts dus à la variation de la température sont négligeables puisque les dispositions constructives relatives aux distances entre les joints sont respectées.

- Les résultats de calcul sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

1. Sens transversal :

- Tab .VIII.1 : Superposition des moments dans les poutres du portique B1B5 :

Niveaux	Travées	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)
9	1-2	31,148	7,307	15,352	4,698	1,26	2,223	35,846	8,567	17,575	49,097	11,754	24,0597
	2-3	33,976	33,389	11,13	5,125	5,036	1,679	39,101	38,425	12,809	53,555	52,629	17,544
	3-4	34,09	38,29	35,144	5,472	5,74	5,301	41,751	43,796	40,445	57,185	59,986	55,395
	4-5	10,167	30,865	13,802	1,533	4,655	2,082	11,7	35,52	15,884	16,025	48,65	21,7557
8	1-2	24,238	9,336	14,004	6,06	2,417	3,455	30,298	11,753	17,459	41,811	16,229	24,0879
	2-3	31,024	26,89	11,623	7,756	6,723	2,906	38,78	33,613	14,529	53,516	46,386	20,05005
	3-4	34,131	38,328	29,223	8,533	9,583	7,307	42,664	47,911	36,53	58,876	66,117	50,41155
	4-5	8,941	26,369	13,304	2,235	6,593	3,327	11,176	32,962	16,631	15,423	45,488	22,9509
7	1-2	23,806	9,584	14,055	5,952	2,477	3,469	29,758	12,061	17,524	41,066	16,654	24,17775
	2-3	29,495	26,46	12,59	7,374	6,615	3,148	36,869	33,075	15,738	50,879	45,644	21,7185
	3-4	34,233	35,424	30,609	8,558	8,856	7,654	42,791	44,28	38,263	59,052	61,106	52,80315
	4-5	9,201	26,188	13,233	2,3	6,547	3,309	11,501	32,735	16,542	15,871	45,174	22,82805
6	1-2	23,806	9,584	14,055	5,952	2,477	3,469	29,758	12,061	17,524	41,066	16,654	24,17775
	2-3	29,495	26,46	12,59	7,374	6,615	3,148	36,869	33,075	15,738	50,879	45,644	21,7185
	3-4	34,233	34,347	31,146	8,558	8,587	7,788	42,791	42,934	38,934	59,052	59,249	53,7291
	4-5	9,201	26,188	13,233	2,3	6,547	3,309	11,501	32,735	16,542	15,871	45,174	22,82805

• Tab .VIII.2 : Superposition des moments dans les poutres du portique B1B5 :(suite) :

Niveaux	Travées	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)
5	1-2	20,033	10,723	14,199	5,008	2,748	3,514	25,041	13,471	17,713	34,557	18,598	24,43
	2-3	28,081	22,783	14,077	7,021	5,696	3,52	35,102	28,479	17,597	48,441	39,301	24,28
	3-4	34,024	35,199	29,441	8,506	8,8	7,362	42,53	43,999	36,803	58,691	60,719	50,788
	4-5	10,404	24,434	12,392	2,601	6,109	3,099	13,005	30,543	15,491	17,947	42,149	21,37
4	1-2	19,338	11,764	13,964	4,835	2,998	3,461	24,173	14,762	17,425	33,359	20,378	24,042
	2-3	27,541	22,361	14,556	6,885	5,59	3,64	34,426	27,951	18,196	47,508	38,572	25,11
	3-4	34,573	35,623	28,954	8,644	8,906	7,239	43,217	44,529	36,193	59,64	61,45	49,9464
	4-5	11,493	23,623	12,148	2,873	5,906	3,038	14,366	29,529	15,186	19,825	40,75	20,9568
3	1-2	19,398	11,191	14,242	8,083	4,663	5,935	27,481	15,854	20,177	38,312	22,102	28,1292
	2-3	27,694	22,309	14,509	11,392	9,296	6,118	39,086	31,605	20,627	54,475	44,061	28,76415
	3-4	34,417	35,503	29,092	14,341	14,91	12,066	48,758	50,413	41,158	67,974	70,294	57,3732
	4-5	11,191	23,853	12,212	4,663	9,939	5,089	15,854	33,792	17,301	22,102	47,11	24,1197
2	1-2	18,734	11,245	13,601	15,613	9,372	11,335	34,347	20,617	24,936	48,71	29,239	35,36385
	2-3	26,79	21,756	14,159	22,327	18,131	11,8	49,117	39,887	25,959	69,657	56,567	36,81465
	3-4	33,873	34,887	28,302	28,23	29,075	23,587	62,103	63,962	51,889	88,074	90,71	73,5882
	4-5	11,245	22,904	11,691	9,372	19,088	9,743	20,617	41,992	21,434	29,239	59,552	30,39735
1	1-2	18,354	12,956	12,876	7,648	5,398	5,366	26,002	18,354	18,242	36,25	25,588	25,4316
	2-3	25,85	22,084	14,447	10,771	9,202	6,021	36,621	31,286	20,468	51,054	43,616	28,53495
	3-4	34,839	35,623	27,451	14,517	14,844	11,439	49,356	50,467	38,89	68,808	70,357	54,21735
	4-5	12,956	21,471	11,413	5,398	8,947	4,756	18,354	30,418	16,169	25,588	42,406	22,54155

- Tab .VIII.3 : Superposition des moments dans les poutres du portique B1B5 :

Niveaux	Travées	G + Q			E			G + Q+E			G + Q - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
9	1-2	35,846	8,567	17,575	3,163	5,578	2,197	39,009	14,145	19,772	32,683	2,989	15,378
	2-3	39,101	38,425	12,809	3,668	2,758	-0,28	42,769	41,183	12,529	35,433	35,667	13,089
	3-4	41,751	43,796	40,445	2,78	2,918	0,169	44,531	46,714	40,614	38,971	40,878	40,276
	4-5	11,7	35,52	15,884	5,382	4,008	-1,093	17,082	39,528	14,791	6,318	31,512	16,977
8	1-2	30,298	11,753	17,459	3,768	12,071	5,535	34,066	23,824	22,994	26,530	-0,318	11,924
	2-3	38,78	33,613	14,529	5,162	4,77	0,178	43,942	38,383	14,707	33,618	28,843	14,351
	3-4	42,664	47,911	36,53	3,913	6,495	1,423	46,577	54,406	37,953	38,751	41,416	35,107
	4-5	11,176	32,962	16,631	7,577	8,919	0,04	18,753	41,881	16,671	3,599	24,043	16,591
7	1-2	29,758	12,061	17,524	5,141	17,805	8,276	34,899	29,866	25,800	24,617	-5,744	9,248
	2-3	36,869	33,075	15,738	7,043	7,396	0,676	43,912	40,471	16,414	29,826	25,679	15,062
	3-4	42,791	44,28	38,263	5,34	9,246	2,218	48,131	53,526	40,481	37,451	35,034	36,045
	4-5	11,501	32,735	16,542	10,338	12,698	0,34	21,839	45,433	16,882	1,163	20,037	16,202
6	1-2	29,758	12,061	17,524	6,863	24,483	-6,155	36,621	36,544	11,369	22,895	-12,422	23,679
	2-3	36,869	33,075	15,738	9,4	10,466	0,155	46,269	43,541	15,893	27,469	22,609	15,583
	3-4	42,791	42,934	38,934	7,128	13,084	-2,57	49,919	56,018	36,364	35,663	29,850	41,504
	4-5	11,501	32,735	16,542	13,799	17,97	-3,244	25,300	50,705	13,298	-2,298	14,765	19,786

• Tab .VIII.4 : Superposition des moments dans les poutres du portique B1B5 : (suite) :

Niveaux	Travées	G + Q			E			G + Q+E			G + Q - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
5	1-2	25,041	13,471	17,713	10,91	14,249	3,359	35,951	27,720	21,072	14,131	-0,778	14,354
	2-3	35,102	28,479	17,597	10,356	9,493	0,399	45,458	37,972	17,996	24,746	18,986	17,198
	3-4	42,53	43,999	36,803	7,918	8,22	0,447	50,448	52,219	37,250	34,612	35,779	36,356
	4-5	13,005	30,543	15,491	14,249	11,464	-2,068	27,254	42,007	13,423	-1,244	19,079	17,559
4	1-2	24,173	14,762	17,425	45,061	58,859	13,134	69,234	73,621	30,559	-20,888	-44,097	4,291
	2-3	34,426	27,951	18,196	42,775	39,211	1,625	77,201	67,162	19,821	-8,349	-11,260	16,571
	3-4	43,217	44,529	36,193	32,71	33,955	1,86	75,927	78,484	38,053	10,507	10,574	34,333
	4-5	14,366	29,529	15,186	58,859	47,355	-7,718	73,225	76,884	7,468	-44,493	-17,826	22,904
3	1-2	27,481	15,854	20,177	42,964	67,253	19,054	70,445	83,107	39,231	-15,483	-51,399	1,123
	2-3	39,086	31,605	20,627	60,764	37,386	-7,559	99,850	68,991	13,068	-21,678	-5,781	28,186
	3-4	48,758	50,413	41,158	39,952	48,234	5,777	88,710	98,647	46,935	8,806	2,179	35,381
	4-5	15,854	33,792	17,301	133,403	57,838	-41,779	149,257	91,630	-24,478	-117,549	-24,046	59,080
2	1-2	34,347	20,617	24,936	47,265	134,377	54,675	81,612	154,994	79,611	-12,918	-113,760	-29,739
	2-3	49,117	39,887	25,959	63,79	41,054	-6,981	112,907	80,941	18,978	-14,673	-1,167	32,940
	3-4	62,103	63,962	51,889	37,888	50,49	7,976	99,991	114,452	59,865	24,215	13,472	43,913
	4-5	20,617	41,992	21,434	82,96	55,109	-16,394	103,577	97,101	5,040	-62,343	-13,117	37,828
1	1-2	26,002	18,354	18,242	/	/	/	26,002	18,354	18,242	26,002	18,354	18,242
	2-3	36,621	31,286	20,468	/	/	/	36,621	31,286	20,468	36,621	31,286	20,468
	3-4	49,356	50,467	38,89	/	/	/	49,356	50,467	38,89	49,356	50,467	38,89
	4-5	18,354	30,418	16,169	/	/	/	18,354	30,418	16,169	18,354	30,418	16,169

• Tab .VIII.5 : Superposition des moments dans les poutres du portique B1B5 :

Niveaux	Travées	G			E			0,8G + E			0,8G – E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
9	1-2	31,148	7,307	15,352	3,163	5,578	2,197	28,081	11,424	14,479	21,755	0,268	10,085
	2-3	33,976	33,389	11,13	3,668	2,758	-0,28	30,849	29,469	8,624	23,513	23,953	9,184
	3-4	34,09	38,29	35,144	2,78	2,918	0,169	30,052	33,550	28,284	24,492	27,714	27,946
	4-5	10,167	30,865	13,802	5,382	4,008	-1,093	13,516	28,700	9,949	2,752	20,684	12,135
8	1-2	24,238	9,336	14,004	3,768	12,071	5,535	23,158	19,540	16,738	15,622	-4,602	5,668
	2-3	31,024	26,89	11,623	5,162	4,77	0,178	29,981	26,282	9,476	19,657	16,742	9,120
	3-4	34,131	38,328	29,223	3,913	6,495	1,423	31,218	37,157	24,801	23,392	24,167	21,955
	4-5	8,941	26,369	13,304	7,577	8,919	0,04	14,730	30,014	10,683	-0,424	12,176	10,603
7	1-2	23,806	9,584	14,055	5,141	17,805	8,276	24,186	25,472	19,520	13,904	-10,138	2,968
	2-3	29,495	26,46	12,59	7,043	7,396	0,676	30,639	28,564	10,748	16,553	13,772	9,396
	3-4	34,233	35,424	30,609	5,34	9,246	2,218	32,726	37,585	26,705	22,046	19,093	22,269
	4-5	9,201	26,188	13,233	10,338	12,698	0,34	17,699	33,648	10,926	-2,977	8,252	10,246
6	1-2	23,806	9,584	14,055	6,863	24,483	-6,155	25,908	32,150	5,089	12,182	-16,816	17,399
	2-3	29,495	26,46	12,59	9,4	10,466	0,155	32,996	31,634	10,227	14,196	10,702	9,917
	3-4	34,233	34,347	31,146	7,128	13,084	-2,57	34,514	40,562	22,347	20,258	14,394	27,487
	4-5	9,201	26,188	13,233	13,799	17,97	-3,244	21,160	38,920	7,342	-6,438	2,980	13,830

- Tab .VIII.6 : Superposition des moments dans les poutres du portique B1B5 : (suite) :

Niveaux	Travées	G			E			0,8G + E			0,8G - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
5	1-2	20,033	10,723	14,199	10,91	14,249	3,359	26,936	22,827	14,718	5,116	-5,671	8,000
	2-3	28,081	22,783	14,077	10,356	9,493	0,399	32,821	27,719	11,661	12,109	8,733	10,863
	3-4	34,024	35,199	29,441	7,918	8,22	0,447	35,137	36,379	24,000	19,301	19,939	23,106
	4-5	10,404	24,434	12,392	14,249	11,464	-2,068	22,572	31,011	7,846	-5,926	8,083	11,982
4	1-2	19,338	11,764	13,964	45,061	58,859	13,134	60,531	68,270	24,305	-29,591	-49,448	-1,963
	2-3	27,541	22,361	14,556	42,775	39,211	1,625	64,808	57,100	13,270	-20,742	-21,322	10,020
	3-4	34,573	35,623	28,954	32,71	33,955	1,86	60,368	62,453	25,023	-5,052	-5,457	21,303
	4-5	11,493	23,623	12,148	58,859	47,355	-7,718	68,053	66,253	2,000	-49,665	-28,457	17,436
3	1-2	19,398	11,191	14,242	42,964	67,253	19,054	58,482	76,206	30,448	-27,446	-58,300	-7,660
	2-3	27,694	22,309	14,509	60,764	37,386	-7,559	82,919	55,233	4,048	-38,609	-19,539	19,166
	3-4	34,417	35,503	29,092	39,952	48,234	5,777	67,486	76,636	29,051	-12,418	-19,832	17,497
	4-5	11,191	23,853	12,212	133,403	57,838	-41,779	142,356	76,920	-32,009	-124,450	-38,756	51,549
2	1-2	18,734	11,245	13,601	47,265	134,377	54,675	62,252	143,373	65,556	-32,278	-125,381	-43,794
	2-3	26,79	21,756	14,159	63,79	41,054	-6,981	85,222	58,459	4,346	-42,358	-23,649	18,308
	3-4	33,873	34,887	28,302	37,888	50,49	7,976	64,986	78,400	30,618	-10,790	-22,580	14,666
	4-5	11,245	22,904	11,691	82,96	55,109	-16,394	91,956	73,432	-7,041	-73,964	-36,786	25,747
1	1-2	18,354	12,956	12,876	/	/	/	18,354	12,956	12,876	18,354	12,956	12,876
	2-3	25,85	22,084	14,447	/	/	/	25,85	22,084	14,447	25,85	22,084	14,447
	3-4	34,839	35,623	27,451	/	/	/	34,839	35,623	27,451	34,839	35,623	27,451
	4-5	12,956	21,471	11,413	/	/	/	12,956	21,471	11,413	12,956	21,471	11,413

- Tab .VIII.7 : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique B1B5 :

Niveaux	Travées	G		Q		G + Q		1,35G + 1,5Q	
		Te(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	Tw(KN)
9	1-2	-34,449	49,35	-5,246	7,394	-39,695	56,744	-54,375	77,714
	2-3	-48,287	48,605	-7,283	7,332	-55,570	55,937	-76,113	76,614
	3-4	-61,918	61,161	-9,340	9,225	-71,258	70,386	-97,599	96,406
	4-5	-48,367	35,431	-7,296	5,344	-55,663	40,775	-76,239	55,848
8	1-2	-33,26	42,574	-8,342	10,618	-41,602	53,192	-57,413	73,403
	2-3	-42,724	44,959	-10,682	11,240	-53,406	56,199	-73,700	77,555
	3-4	-56,583	54,797	-14,147	13,700	-70,730	68,497	-97,608	94,526
	4-5	-43,363	32,471	-10,842	8,118	-54,205	40,589	-74,803	56,013
7	1-2	-33,472	42,361	-8,394	10,566	-41,866	52,927	-57,778	73,036
	2-3	-43,021	44,662	-10,756	11,166	-53,777	55,828	-74,213	77,043
	3-4	-55,944	55,437	-13,987	13,860	-69,931	69,297	-96,505	95,630
	4-5	-43,225	32,608	-10,807	8,153	-54,032	40,761	-74,565	56,250
6	1-2	-33,472	42,361	-8,394	10,566	-41,866	52,927	-57,778	73,036
	2-3	-43,021	44,662	-10,756	11,166	-53,777	55,828	-74,213	77,043
	3-4	-55,715	55,666	-13,930	13,918	-69,645	69,584	-96,110	96,025
	4-5	-43,225	32,608	-10,807	8,153	-54,032	40,761	-74,565	56,250
5	1-2	-34,369	40,28	-8,614	10,049	-42,983	50,329	-59,320	69,452
	2-3	-41,797	44,7	-10,450	11,176	-52,247	55,876	-72,101	77,109
	3-4	-55,351	54,845	-13,839	13,712	-69,190	68,557	-95,482	94,609
	4-5	-41,778	32,87	-10,446	8,218	-52,224	41,088	-72,069	56,702

- Tab .VIII.8 : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique

B1B5 :(suite) :

Niveaux	Travées	G		Q		G + Q		1,35G + 1,5Q	
		Te(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	Tw(KN)	Te(KN)	Tw(KN)
4	1-2	-34,92	39,729	-8,749	9,915	-43,669	49,644	-60,265	68,507
	2-3	-41,83	44,668	-10,458	11,168	-52,288	55,836	-72,158	77,054
	3-4	-55,324	54,872	-13,832	13,719	-69,156	68,591	-95,435	94,656
	4-5	-41,175	33,474	-10,295	8,369	-51,470	41,843	-71,028	57,743
3	1-2	-34,719	39,93	-14,467	16,639	-49,186	56,569	-68,572	78,864
	2-3	-41,774	44,724	-17,448	18,596	-59,222	63,320	-82,566	88,272
	3-4	-55,331	54,864	-23,082	22,837	-78,413	77,701	-109,319	108,322
	4-5	-41,344	33,305	-17,228	13,878	-58,572	47,183	-81,656	65,779
2	1-2	-34,316	39,148	-28,599	32,626	-62,915	71,774	-89,226	101,788
	2-3	-41,258	44,055	-34,384	36,716	-75,642	80,771	-107,275	114,548
	3-4	-54,726	54,285	-45,609	45,241	-100,335	99,526	-142,293	141,147
	4-5	-40,493	32,971	-33,747	27,478	-74,240	60,449	-105,286	85,728
1	1-2	-34,991	38,473	-14,580	16,032	-49,571	54,505	-69,109	75,987
	2-3	-41,61	43,703	-17,339	18,211	-58,949	61,914	-82,182	86,315
	3-4	-54,676	54,335	-22,784	22,641	-77,460	76,976	-107,988	107,314
	4-5	-39,479	33,985	-16,451	14,161	-55,930	48,146	-77,973	67,122

• Tab .VIII.9 : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique B1B5 :

Niveaux	Travées	G + Q		E		G + Q+E		G + Q - E		0,8G + E		0,8G - E	
		Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw
9	1-2	-39,695	56,744	-2,571	2,571	-42,266	59,315	-37,124	54,173	-30,130	42,051	-24,988	42,051
	2-3	-55,57	55,937	-1,648	1,648	-57,218	57,585	-53,922	54,289	-40,278	40,532	-36,982	40,532
	3-4	-71,258	70,386	-1,163	1,163	-72,421	71,549	-70,095	69,223	-50,697	50,092	-48,371	50,092
	4-5	-55,663	40,775	-2,762	2,762	-58,425	43,537	-52,901	38,013	-41,456	31,107	-35,932	31,107
8	1-2	-41,602	53,192	-4,659	4,659	-46,261	57,851	-36,943	48,533	-31,267	38,718	-21,949	38,718
	2-3	-53,406	56,199	-2,547	2,547	-55,953	58,746	-50,859	53,652	-36,726	38,514	-31,632	38,514
	3-4	-70,73	68,497	-2,124	2,124	-72,854	70,621	-68,606	66,373	-47,390	45,962	-43,142	45,962
	4-5	-54,205	40,589	-4,852	4,852	-59,057	45,441	-49,353	35,737	-39,542	30,829	-29,838	30,829
7	1-2	-41,866	52,927	-6,749	6,749	-48,615	59,676	-35,117	46,178	-33,527	40,638	-20,029	40,638
	2-3	-53,777	55,828	-3,702	3,702	-57,479	59,530	-50,075	52,126	-38,119	39,432	-30,715	39,432
	3-4	-69,931	69,297	-2,977	2,977	-72,908	72,274	-66,954	66,320	-47,732	47,327	-41,778	47,327
	4-5	-54,032	40,761	-6,775	6,775	-60,807	47,536	-47,257	33,986	-41,355	32,861	-27,805	32,861
6	1-2	-41,866	52,927	-9,219	9,219	-51,085	62,146	-32,647	43,708	-35,997	43,108	-17,559	43,108
	2-3	-53,777	55,828	-5,094	5,094	-58,871	60,922	-48,683	50,734	-39,511	40,824	-29,323	40,824
	3-4	-69,645	69,584	-4,125	4,125	-73,770	73,709	-65,520	65,459	-48,697	48,658	-40,447	48,658
	4-5	-54,032	40,761	-9,344	9,344	-63,376	50,105	-44,688	31,417	-43,924	35,430	-25,236	35,430
5	1-2	-42,983	50,329	-7,51	7,51	-50,493	57,839	-35,473	42,819	-51,769	51,408	-36,749	51,408
	2-3	-52,247	55,876	-5,156	5,156	-57,403	61,032	-47,091	50,720	-38,096	31,935	-27,784	31,935
	3-4	-69,19	68,557	-3,327	3,327	-72,517	71,884	-65,863	65,230	-3,327	3,327	3,327	3,327
	4-5	-52,224	41,088	-7,676	7,676	-59,900	48,764	-44,548	33,412	-35,451	39,620	-20,099	39,620

• Tab .VIII.10: Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique B1B5 :(suite) :

Niveaux	Travées	G + Q		E		G + Q+E		G + Q - E		0,8G + E		0,8G - E	
		Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw
4	1-2	-43,669	49,644	-11,053	11,053	-54,722	60,697	-32,616	38,591	-38,612	50,533	-16,506	50,533
	2-3	-52,288	55,836	-17,961	17,961	-70,249	73,797	-34,327	37,875	-56,591	56,845	-20,669	56,845
	3-4	-69,156	68,591	-13,066	13,066	-82,222	81,657	-56,090	55,525	-62,600	61,995	-36,468	61,995
	4-5	-51,47	41,843	-19,681	19,681	-71,151	61,524	-31,789	22,162	-58,375	48,026	-19,013	48,026
3	1-2	-49,186	56,569	-11,383	11,383	-60,569	67,952	-37,803	45,186	-37,991	45,442	-15,225	45,442
	2-3	-59,222	63,32	-21,041	21,041	-80,263	84,361	-38,181	42,279	-55,220	57,008	-13,138	57,008
	3-4	-78,413	77,701	-15,749	15,749	-94,162	93,450	-62,664	61,952	-61,015	59,587	-29,517	59,587
	4-5	-58,572	47,183	-23,41	23,41	-81,982	70,593	-35,162	23,773	-58,100	49,387	-11,280	49,387
2	1-2	-62,915	71,774	-13,919	13,919	-76,834	85,693	-48,996	57,855	-40,697	47,808	-12,859	47,808
	2-3	-75,642	80,771	-7,868	7,868	-83,510	88,639	-67,774	72,903	-42,285	43,598	-26,549	43,598
	3-4	-100,335	99,526	-6,097	6,097	-106,432	105,623	-94,238	93,429	-50,852	50,447	-38,658	50,447
	4-5	-74,24	60,449	-14,987	14,987	-89,227	75,436	-59,253	45,462	-49,567	41,073	-19,593	41,073
1	1-2	-49,571	54,505	/	/	-49,571	54,505	-49,571	54,505	-49,571	54,505	-49,571	54,505
	2-3	-58,949	61,914	/	/	-58,949	61,914	-58,949	61,914	-58,949	61,914	-58,949	61,914
	3-4	-77,46	76,976	/	/	-77,46	76,976	-77,46	76,976	-77,46	76,976	-77,46	76,976
	4-5	-55,93	48,146	/	/	-55,93	48,146	-55,93	48,146	-55,93	48,146	-55,93	48,146

• Tab .VIII.11 : Superposition des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique B1B5 :

Niv	Nœuds	G + Q			1,35G + 1,5Q			G + Q+1,2E			G + Q -1,2 E			0,8G + E			0,8G - E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
9	1	0,00	7,44	73,57	0,00	10,18	101,61	6,69	12,49	70,49	-6,69	2,39	76,66	5,58	9,44	44,09	-5,58	-0,35	49,23
	2	0,00	2,58	109,40	0,00	3,53	150,61	7,11	6,40	110,51	-7,11	-1,25	108,29	5,92	4,98	72,87	-5,92	-4,13	71,03
	3	0,00	4,71	139,72	0,00	6,45	192,14	7,90	11,17	140,31	-7,90	-1,76	139,14	6,59	8,66	93,55	-6,59	-3,31	92,58
	4	0,00	-6,23	125,80	0,00	-8,53	173,06	8,15	0,43	123,88	-8,15	-12,89	127,72	6,79	1,22	81,79	-6,79	-11,12	84,98
	5	0,00	-11,70	69,73	0,00	-16,03	96,27	6,46	-6,42	73,05	-6,46	-16,99	66,42	5,38	-3,73	47,20	-5,38	-13,52	41,68
8	1	5,00	5,62	143,59	6,90	7,75	198,91	14,44	13,34	134,92	-4,43	-2,10	152,27	11,09	10,06	80,67	-4,64	-4,24	95,13
	2	1,56	1,75	220,97	2,15	2,42	305,20	10,02	9,26	224,61	-6,90	-5,75	217,33	8,05	7,38	143,07	-6,05	-5,93	137,00
	3	4,30	4,83	275,40	5,93	6,67	379,99	15,42	14,69	276,49	-6,83	-5,03	274,31	12,02	11,31	177,50	-6,52	-6,18	175,68
	4	-4,57	-5,13	250,89	-6,30	-7,08	346,31	6,90	5,03	245,70	-16,03	-15,30	256,08	6,63	5,19	155,81	-12,48	-12,84	164,46
	5	-5,26	-5,92	137,71	-7,26	-8,16	190,69	3,83	2,15	146,84	-14,35	-13,98	128,57	4,21	2,93	92,25	-10,95	-11,36	77,03
7	1	5,47	5,47	213,35	7,54	7,54	295,84	19,11	16,63	196,57	-8,18	-5,70	230,12	14,90	12,83	115,00	-7,85	-7,85	142,96
	2	1,66	1,66	332,43	2,28	2,28	459,64	13,20	13,20	339,73	-9,89	-9,89	325,14	10,68	10,68	214,13	-8,56	-8,56	201,97
	3	3,71	3,71	412,24	5,12	5,12	569,45	18,89	18,89	414,20	-11,47	-11,47	410,28	15,02	15,02	262,50	-10,27	-10,27	259,23
	4	-5,03	-5,03	375,35	-6,94	-6,94	518,69	10,62	10,62	365,60	-20,67	-20,67	385,10	9,82	9,82	228,36	-16,25	-16,25	244,61
	5	-5,75	-5,75	205,51	-7,94	-7,94	284,88	6,66	6,66	222,78	-18,16	-18,16	188,24	6,66	6,66	139,12	-14,02	-14,02	110,34

• Tab .VIII.12 : Superposition des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique B1B5 :(suite) :

Niv	Nœuds	G + Q			1,35G + 1,5Q			G + Q+1,2E			G + Q -1,2 E			0,8G + E			0,8G - E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
6	1	5,47	5,47	283,10	7,54	7,54	392,77	23,68	20,37	255,26	-12,75	-9,44	310,94	18,70	15,94	146,85	-11,65	-11,65	193,25
	2	1,66	1,66	443,90	2,28	2,28	614,09	17,07	17,07	456,15	-13,76	-13,76	431,65	13,91	13,91	286,27	-11,79	-11,79	265,86
	3	3,71	3,71	549,37	5,12	5,12	759,31	23,97	23,97	552,49	-16,55	-16,55	546,25	19,26	19,26	347,92	-14,50	-14,50	342,72
	4	-5,03	-5,03	499,53	-6,94	-6,94	690,68	15,85	15,85	483,52	-25,91	-25,91	515,54	14,18	14,18	299,31	-20,62	-20,62	326,00
	5	-5,75	-5,75	273,31	-7,94	-7,94	379,07	10,81	10,81	301,79	-22,31	-22,31	244,83	10,12	10,12	188,55	-17,48	-17,48	141,08
5	1	4,32	8,01	355,23	5,96	11,04	493,20	21,42	25,10	318,38	-12,78	-9,09	392,08	17,04	19,41	180,73	-11,46	-9,09	242,15
	2	1,20	2,23	561,50	1,66	3,07	777,23	25,69	26,71	576,58	-23,28	-22,26	546,43	21,17	21,83	359,38	-19,63	-18,98	334,26
	3	3,12	5,77	688,92	4,30	7,96	952,73	25,41	28,06	694,24	-19,18	-16,52	683,60	20,57	22,27	434,56	-16,58	-14,88	425,70
	4	-4,20	-7,78	628,55	-5,79	-10,73	869,56	19,06	15,48	607,32	-27,46	-31,03	649,78	16,69	14,41	373,04	-22,07	-24,36	408,42
	5	-4,56	-8,44	344,28	-6,29	-11,64	477,84	12,54	8,66	381,97	-21,65	-25,53	306,59	11,33	8,85	237,14	-17,16	-19,65	174,33
4	1	6,81	6,81	426,67	9,39	9,39	592,69	77,44	77,44	389,82	-63,82	-63,82	463,52	63,25	63,25	221,69	-54,47	-54,47	283,10
	2	1,89	1,89	679,75	2,60	2,60	941,25	103,01	103,01	694,82	-99,24	-99,24	664,68	85,48	85,48	430,55	-83,06	-83,06	405,42
	3	5,05	5,05	828,55	6,96	6,96	1146,26	97,12	97,12	833,86	-87,03	-87,03	823,23	79,96	79,96	519,42	-73,50	-73,50	510,56
	4	-6,84	-6,84	758,29	-9,44	-9,44	1049,45	89,24	89,24	737,06	-102,92	-102,92	779,52	75,69	75,69	451,57	-84,44	-84,44	486,96
	5	-7,18	-7,18	414,49	-9,90	-9,90	575,58	63,45	63,45	452,18	-77,81	-77,81	376,80	54,27	54,27	277,58	-63,45	-63,45	214,76

• Tab .VIII.13 : Superposition des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique B1B5 :(suite) :

Niv	Nœuds	G + Q			1,35G + 1,5Q			G + Q+1,2E			G + Q -1,2 E			0,8G + E			0,8G - E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
3	1	2,51	3,41	504,68	3,76	4,93	702,10	83,21	50,81	430,60	-78,19	-43,98	578,75	67,25	40,51	231,19	-67,25	-66,25	354,64
	2	0,65	0,90	813,69	0,98	1,30	1128,64	97,07	79,79	840,44	-95,77	-77,99	786,95	80,35	66,01	512,40	-80,35	-80,08	467,83
	3	5,61	1,98	986,91	8,42	2,88	1367,69	136,41	75,56	1001,28	-125,18	-71,59	972,53	109,00	61,81	612,86	-109,00	-108,50	588,90
	4	-8,35	-2,85	905,33	-12,52	-4,15	1255,10	109,00	93,16	862,54	-125,70	-98,86	948,11	97,79	79,36	513,09	-97,79	-98,44	584,40
	5	-8,84	-3,69	494,50	-13,27	-5,30	687,78	151,24	90,33	458,47	-168,93	-97,70	530,53	133,40	77,12	257,80	-133,40	-134,63	317,85
2	1	4,81	6,97	609,09	7,07	10,24	850,40	166,07	93,80	530,30	-156,44	-79,85	687,88	135,15	73,51	271,63	-133,60	-133,22	402,95
	2	1,35	1,84	990,02	1,97	2,70	1378,93	80,83	48,52	1046,23	-78,14	-44,85	933,81	66,49	39,18	612,71	-65,99	-65,96	519,03
	3	3,63	4,95	1194,71	5,31	7,28	1662,63	106,48	65,36	1171,72	-99,22	-55,46	1217,71	86,40	51,11	671,20	-85,02	-84,94	709,53
	4	-4,66	-6,42	1098,75	-6,86	-9,47	1529,63	79,04	42,74	1061,64	-88,36	-55,57	1135,86	69,02	40,14	601,04	-70,48	-70,57	662,88
	5	-4,90	-6,71	601,38	-7,18	-9,89	839,58	92,18	45,56	684,06	-101,97	-58,98	518,70	80,05	42,61	402,18	-81,73	-81,84	264,37
1	1	3,02	4,88	683,60	4,37	7,11	954,88	3,02	4,88	683,60	3,02	4,88	683,60	3,02	4,88	683,60	3,02	4,88	683,60
	2	0,90	1,32	1121,51	1,29	1,93	1562,85	0,90	1,32	1121,51	0,90	1,32	1121,51	0,90	1,32	1121,51	0,90	1,32	1121,51
	3	2,22	3,34	1350,64	3,22	4,89	1880,62	2,22	3,34	1350,64	2,22	3,34	1350,64	2,22	3,34	1350,64	2,22	3,34	1350,64
	4	-3,03	-4,55	1244,36	-4,39	-6,68	1733,24	-3,03	-4,55	1244,36	-3,03	-4,55	1244,36	-3,03	-4,55	1244,36	-3,03	-4,55	1244,36
	5	-3,11	-4,59	677,31	-4,50	-6,71	946,05	-3,11	-4,59	677,31	-3,11	-4,59	677,31	-3,11	-4,59	677,31	-3,11	-4,59	677,31

- Tab .VIII.14 : Superposition des moments dans les poutres du portique longitudinal A3F3 :

Niveaux	Travées	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)
9	A-B	7,434	1,217	9,711	0,849	0,139	1,11	8,283	1,356	10,821	11,3094	1,85145	14,7749
	B-C	8,695	9,883	6,244	0,994	1,13	0,714	9,689	11,013	6,958	13,2293	15,0371	9,5004
	C-D	8,302	8,302	7,385	0,949	0,949	0,844	9,251	9,251	8,229	12,6312	12,6312	11,2358
	D-E	9,768	8,695	8,235	1,116	0,994	0,94	10,884	9,689	9,175	14,8608	13,2293	12,5273
	E-F	1,216	7,176	1,572	0,139	0,82	0,18	1,355	7,996	1,752	1,8501	10,9176	2,3922
8	A-B	5,72	1,81	8,842	0,924	0,292	1,429	6,644	2,102	10,271	9,108	2,8815	14,0802
	B-C	9,315	8,338	7,625	1,505	1,348	1,231	10,82	9,686	8,856	14,8328	13,2783	12,1403
	C-D	8,71	8,71	7,738	1,408	1,408	1,251	10,118	10,118	8,989	13,8705	13,8705	12,3228
	D-E	8,287	9,315	5,784	1,339	1,505	0,934	9,626	10,82	6,718	13,196	14,8328	9,2094
	E-F	1,81	5,562	3,299	0,292	0,899	0,533	2,102	6,461	3,832	2,8815	8,8572	5,25315
7	A-B	5,894	1,858	9,017	0,952	0,3	1,457	6,846	2,158	10,474	9,3849	2,9583	14,3585
	B-C	9,323	8,984	7,379	1,507	1,452	1,193	10,83	10,436	8,572	14,8466	14,3064	11,7512
	C-D	8,702	8,702	7,73	1,406	1,406	1,249	10,108	10,108	8,979	13,8567	13,8567	12,309
	D-E	8,319	9,323	5,826	1,345	1,507	0,942	9,664	10,83	6,768	13,2482	14,8466	9,2781
	E-F	1,858	5,507	3,387	0,3	0,89	0,547	2,158	6,397	3,934	2,9583	8,76945	5,39295

• Tab .VIII.15 : Superposition des moments dans les poutres du portique A3F3 :(suite):

Niveaux	Travées	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)	Me (KN.m)	Mw (KN.m)	Mt (KN.m)
6	A-B	5,894	1,858	9,017	0,952	0,3	1,457	6,846	2,158	10,474	9,3849	2,9583	14,3585
	B-C	9,323	8,984	7,379	1,507	1,452	1,193	10,83	10,436	8,572	14,8466	14,3064	11,7512
	C-D	8,702	8,702	7,73	1,406	1,406	1,249	10,108	10,108	8,979	13,8567	13,8567	12,309
	D-E	8,319	9,323	5,826	1,345	1,507	0,942	9,664	10,83	6,768	13,2482	14,8466	9,2781
	E-F	1,858	5,507	3,387	0,3	0,89	0,547	2,158	6,397	3,934	2,9583	8,76945	5,39295
5	A-B	5,032	2,044	8,127	0,813	0,33	1,313	5,845	2,374	9,44	8,0127	3,2544	12,941
	B-C	9,167	8,326	7,616	1,482	1,346	1,231	10,649	9,672	8,847	14,5985	13,2591	12,1281
	C-D	8,451	8,451	7,65	1,366	1,366	1,237	9,817	9,817	8,887	13,4579	13,4579	12,183
	D-E	8,326	9,167	6,096	1,346	1,482	0,986	9,672	10,649	7,082	13,2591	14,5985	9,7086
	E-F	2,044	5,032	3,887	0,33	0,813	0,628	2,374	5,845	4,515	3,2544	8,0127	6,18945
4	A-B	4,78	2,228	7,85	0,772	0,36	1,268	5,552	2,588	9,118	7,611	3,5478	12,4995
	B-C	9,202	8,473	7,607	1,487	1,369	1,229	10,689	9,842	8,836	14,6532	13,4921	12,113
	C-D	8,413	8,413	7,612	1,36	1,36	1,231	9,773	9,773	8,843	13,3976	13,3976	12,1227
	D-E	8,473	9,202	6,289	1,369	1,487	1,016	9,842	10,689	7,305	13,4921	14,6532	10,0142
	E-F	2,228	4,78	4,221	0,36	0,772	0,682	2,588	5,552	4,903	3,5478	7,611	6,72135

• Tab .VIII.16: Superposition des moments dans les poutres du portique A3F3 :(suite):

Niveaux	Travées	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Me KN.m	Mw KN.m	Mt KN.m	Me KN.m	Mw KN.m	Mt KN.m	Me KN.m	Mw KN.m	Mt KN.m	Me KN.m	Mw KN.m	Mt KN.m
3	A-B	4,850	2,178	7,928	1,306	0,586	2,135	6,156	2,764	10,063	8,507	3,819	13,905
	B-C	9,193	8,432	7,610	2,476	2,087	2,121	11,669	10,519	9,731	16,125	14,514	13,455
	C-D	8,424	8,424	7,623	2,269	2,269	2,053	10,693	10,693	9,676	14,776	14,776	13,371
	D-E	8,432	9,193	6,235	2,272	2,476	1,681	10,704	11,669	7,916	14,791	16,125	10,939
	E-F	2,178	4,850	4,130	0,586	1,306	1,112	2,764	6,156	5,242	3,819	8,507	7,244
2	A-B	4,614	2,163	7,686	2,486	1,165	4,141	7,100	3,328	11,827	9,958	4,668	16,588
	B-C	9,004	8,301	7,587	4,852	4,473	4,088	13,856	12,774	11,675	19,433	17,916	16,374
	C-D	8,215	8,215	7,582	4,427	4,427	4,086	12,642	12,642	11,668	17,731	17,731	16,365
	D-E	8,276	9,004	6,285	4,460	4,852	3,387	12,736	13,856	9,672	17,863	19,433	13,565
	E-F	1,976	4,490	4,048	1,064	2,419	2,180	3,040	6,909	6,228	4,264	9,690	8,735
1	A-B	4,193	2,439	7,209	1,129	0,657	1,941	5,322	3,096	9,150	7,354	4,278	12,644
	B-C	9,060	8,545	7,569	2,441	2,302	2,039	11,501	10,847	9,608	15,893	14,989	13,277
	C-D	8,155	8,155	7,522	2,197	2,197	2,026	10,352	10,352	9,548	14,305	14,305	13,194
	D-E	8,525	9,060	6,612	2,297	2,441	1,782	10,822	11,501	8,394	14,954	15,893	11,599
	E-F	2,236	4,043	4,528	0,602	1,089	1,219	2,838	5,132	5,747	3,922	7,092	7,941

- Tab .VIII.17 : Superposition des moments dans les poutres du portique longitudinal A3F3 :

Niveaux	Travées	G + Q			E			G + Q+E			G + Q - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
9	A-B	8,283	1,356	10,821	24,172	29,648	11,988	32,455	31,004	22,809	-15,889	-28,292	-1,167
	B-C	9,689	11,013	6,958	16,037	14,461	-0,501	25,726	25,474	6,457	-6,348	-3,448	7,459
	C-D	9,251	9,251	8,229	17,019	16,931	0,638	26,270	26,182	8,867	-7,768	-7,680	7,591
	D-E	10,884	9,689	9,175	14,524	15,949	1,548	25,408	25,638	10,723	-3,640	-6,260	7,627
	E-F	1,355	7,996	1,752	29,648	24,109	-8,332	31,003	32,105	-6,580	-28,293	-16,113	10,084
8	A-B	6,644	2,102	10,271	32,342	35,042	9,071	38,986	37,144	19,342	-25,698	-32,940	1,200
	B-C	10,82	9,686	8,856	17,881	19,349	1,708	28,701	29,035	10,564	-7,061	-9,663	7,148
	C-D	10,118	10,118	8,989	25,672	18,877	-2,503	35,790	28,995	6,486	-15,554	-8,759	11,492
	D-E	9,626	10,82	6,718	24,397	24,06	0,369	34,023	34,880	7,087	-14,771	-13,240	6,349
	E-F	2,102	6,461	3,832	42,163	40,498	-4,851	44,265	46,959	-1,019	-40,061	-34,037	8,683
7	A-B	6,846	2,158	10,474	38,69	58,743	21,461	45,536	60,901	31,935	-31,844	-56,585	-10,987
	B-C	10,83	10,436	8,572	24,351	23,146	0,411	35,181	33,582	8,983	-13,521	-12,710	8,161
	C-D	10,108	10,108	8,979	24,721	25,998	1,657	34,829	36,106	10,636	-14,613	-15,890	7,322
	D-E	9,664	10,83	6,768	18,267	23,154	2,911	27,931	33,984	9,679	-8,603	-12,324	3,857
	E-F	2,158	6,397	3,934	41,773	30,534	-8,984	43,931	36,931	-5,050	-39,615	-24,137	12,918
6	A-B	6,846	2,158	10,474	57,345	47,406	7,324	64,191	49,564	17,798	-50,499	-45,248	3,150
	B-C	10,83	10,436	8,572	38,407	34,059	-0,628	49,237	44,495	7,944	-27,577	-23,623	9,200
	C-D	10,108	10,108	8,979	38,407	38,407	1,543	48,515	48,515	10,522	-28,299	-28,299	7,436
	D-E	9,664	10,83	6,768	34,059	38,407	2,993	43,723	49,237	9,761	-24,395	-27,577	3,775
	E-F	2,158	6,397	3,934	66,257	57,345	-10,207	68,415	63,742	-6,273	-64,099	-50,948	14,141

• Tab .VIII.18: Superposition des moments dans les poutres du portique longitudinal A3F3 :(suite) :

Niveaux	Travées	G + Q			E			G + Q+E			G + Q - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
5	A-B	5,845	2,374	9,44	24,172	29,648	8,006	30,017	32,022	17,446	-18,327	-27,274	1,434
	B-C	10,649	9,672	8,847	16,037	14,461	-0,008	26,686	24,133	8,839	-5,388	-4,789	8,855
	C-D	9,817	9,817	8,887	17,019	16,931	0,646	26,836	26,748	9,533	-7,202	-7,114	8,241
	D-E	9,672	10,649	7,082	14,524	15,949	1,093	24,196	26,598	8,175	-4,852	-5,300	5,989
	E-F	2,374	5,845	4,515	29,648	24,109	-4,612	32,022	29,954	-0,097	-27,274	-18,264	9,127
4	A-B	5,552	2,588	9,118	35,042	35,042	6,191	40,594	37,630	15,309	-29,490	-32,454	2,927
	B-C	10,689	9,842	8,836	19,349	19,349	0,957	30,038	29,191	9,793	-8,660	-9,507	7,879
	C-D	9,773	9,773	8,843	18,877	18,877	0,767	28,650	28,650	9,610	-9,104	-9,104	8,076
	D-E	9,842	10,689	7,305	24,06	24,06	0,641	33,902	34,749	7,946	-14,218	-13,371	6,664
	E-F	2,588	5,552	4,903	40,498	40,498	-2,003	43,086	46,050	2,900	-37,910	-34,946	6,906
3	A-B	6,156	2,764	10,063	57,345	58,743	11,241	63,501	61,507	21,304	-51,189	-55,979	-1,178
	B-C	11,669	10,519	9,731	38,407	23,146	-6,095	50,076	33,665	3,636	-26,738	-12,627	15,826
	C-D	10,693	10,693	9,676	38,407	25,998	-4,896	49,100	36,691	4,780	-27,714	-15,305	14,572
	D-E	10,704	11,669	7,916	34,059	23,154	-4,703	44,763	34,823	3,213	-23,355	-11,485	12,619
	E-F	2,764	6,156	5,242	66,257	30,534	-20,495	69,021	36,690	-15,253	-63,493	-24,378	25,737
2	A-B	7,1	3,328	11,827	57,345	47,406	4,3	64,445	50,734	16,127	-50,245	-44,078	7,527
	B-C	13,856	12,774	11,675	38,407	34,059	-0,378	52,263	46,833	11,297	-24,551	-21,285	12,053
	C-D	12,642	12,642	11,668	38,407	38,407	1,578	51,049	51,049	13,246	-25,765	-25,765	10,090
	D-E	12,736	13,856	9,672	34,059	38,407	3,15	46,795	52,263	12,822	-21,323	-24,551	6,522
	E-F	3,04	6,909	6,228	66,257	57,345	-7,568	69,297	64,254	-1,340	-63,217	-50,436	13,796
1	A-B	5,322	3,096	9,15	/	/	/	5,322	3,096	9,150	5,322	3,096	9,150
	B-C	11,501	10,847	9,608	/	/	/	11,501	10,847	9,608	11,501	10,847	9,608
	C-D	10,352	10,352	9,548	/	/	/	10,352	10,352	9,548	10,352	10,352	9,548
	D-E	10,822	11,501	8,394	/	/	/	10,822	11,501	8,394	10,822	11,501	8,394
	E-F	2,838	5,132	5,747	/	/	/	2,838	5,132	5,747	2,838	5,132	5,747

• Tab .VIII.19: Superposition des moments dans les poutres du portique longitudinal A3F3 :

Niveaux	Travées	G			E			0,8G + E			0,8G - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
9	A-B	7,434	1,217	9,711	24,172	29,648	11,988	30,119	30,622	19,757	-18,225	-28,674	-4,219
	B-C	8,695	9,883	6,244	16,037	14,461	-0,501	22,993	22,367	4,494	-9,081	-6,555	5,496
	C-D	8,302	8,302	7,385	17,019	16,931	0,638	23,661	23,573	6,546	-10,377	-10,289	5,270
	D-E	9,768	8,695	8,235	14,524	15,949	1,548	22,338	22,905	8,136	-6,710	-8,993	5,040
	E-F	1,216	7,176	1,572	29,648	24,109	-8,332	30,621	29,850	-7,074	-28,675	-18,368	9,590
8	A-B	5,72	1,81	8,842	32,342	35,042	9,071	36,918	36,490	16,145	-27,766	-33,594	-1,997
	B-C	9,315	8,338	7,625	17,881	19,349	1,708	25,333	26,019	7,808	-10,429	-12,679	4,392
	C-D	8,71	8,71	7,738	25,672	18,877	-2,503	32,640	25,845	3,687	-18,704	-11,909	8,693
	D-E	8,287	9,315	5,784	24,397	24,06	0,369	31,027	31,512	4,996	-17,767	-16,608	4,258
	E-F	1,81	5,562	3,299	42,163	40,498	-4,851	43,611	44,948	-2,212	-40,715	-36,048	7,490
7	A-B	5,894	1,858	9,017	38,69	58,743	21,461	43,405	60,229	28,675	-33,975	-57,257	-14,247
	B-C	9,323	8,984	7,379	24,351	23,146	0,411	31,809	30,333	6,314	-16,893	-15,959	5,492
	C-D	8,702	8,702	7,73	24,721	25,998	1,657	31,683	32,960	7,841	-17,759	-19,036	4,527
	D-E	8,319	9,323	5,826	18,267	23,154	2,911	24,922	30,612	7,572	-11,612	-15,696	1,750
	E-F	1,858	5,507	3,387	41,773	30,534	-8,984	43,259	34,940	-6,274	-40,287	-26,128	11,694
6	A-B	5,894	1,858	9,017	57,345	47,406	7,324	62,060	48,892	14,538	-52,630	-45,920	-0,110
	B-C	9,323	8,984	7,379	38,407	34,059	-0,628	45,865	41,246	5,275	-30,949	-26,872	6,531
	C-D	8,702	8,702	7,73	38,407	38,407	1,543	45,369	45,369	7,727	-31,445	-31,445	4,641
	D-E	8,319	9,323	5,826	34,059	38,407	2,993	40,714	45,865	7,654	-27,404	-30,949	1,668
	E-F	1,858	5,507	3,387	66,257	57,345	-10,207	67,743	61,751	-7,497	-64,771	-52,939	12,917

• Tab .VIII.20 : Superposition des moments dans les poutres du portique longitudinal A3F3 :(suite) :

Niveaux	Travées	G			E			0,8G + E			0,8G - E		
		Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt
5	A-B	5,032	2,044	8,127	24,172	29,648	8,006	28,198	31,283	14,508	-20,146	-28,013	-1,504
	B-C	9,167	8,326	7,616	16,037	14,461	-0,008	23,371	21,122	6,085	-8,703	-7,800	6,101
	C-D	8,451	8,451	7,65	17,019	16,931	0,646	23,780	23,692	6,766	-10,258	-10,170	5,474
	D-E	8,326	9,167	6,096	14,524	15,949	1,093	21,185	23,283	5,970	-7,863	-8,615	3,784
	E-F	2,044	5,032	3,887	29,648	24,109	-4,612	31,283	28,135	-1,502	-28,013	-20,083	7,722
4	A-B	4,78	2,228	7,85	35,042	35,042	6,191	38,866	36,824	12,471	-31,218	-33,260	0,089
	B-C	9,202	8,473	7,607	19,349	19,349	0,957	26,711	26,127	7,043	-11,987	-12,571	5,129
	C-D	8,413	8,413	7,612	18,877	18,877	0,767	25,607	25,607	6,857	-12,147	-12,147	5,323
	D-E	8,473	9,202	6,289	24,06	24,06	0,641	30,838	31,422	5,672	-17,282	-16,698	4,390
	E-F	2,228	4,78	4,221	40,498	40,498	-2,003	42,280	44,322	1,374	-38,716	-36,674	5,380
3	A-B	4,85	2,178	7,928	57,345	58,743	11,241	61,225	60,485	17,583	-53,465	-57,001	-4,899
	B-C	9,193	8,432	7,61	38,407	23,146	-6,095	45,761	29,892	-0,007	-31,053	-16,400	12,183
	C-D	8,424	8,424	7,623	38,407	25,998	-4,896	45,146	32,737	1,202	-31,668	-19,259	10,994
	D-E	8,432	9,193	6,235	34,059	23,154	-4,703	40,805	30,508	0,285	-27,313	-15,800	9,691
	E-F	2,178	4,85	4,13	66,257	30,534	-20,495	67,999	34,414	-17,191	-64,515	-26,654	23,799
2	A-B	4,614	2,163	7,686	57,345	47,406	4,3	61,036	49,136	10,449	-53,654	-45,676	1,849
	B-C	9,004	8,301	7,587	38,407	34,059	-0,378	45,610	40,700	5,692	-31,204	-27,418	6,448
	C-D	8,215	8,215	7,582	38,407	38,407	1,578	44,979	44,979	7,644	-31,835	-31,835	4,488
	D-E	8,276	9,004	6,285	34,059	38,407	3,15	40,680	45,610	8,178	-27,438	-31,204	1,878
	E-F	1,976	4,49	4,048	66,257	57,345	-7,568	67,838	60,937	-4,330	-64,676	-53,753	10,806
1	A-B	4,193	2,439	7,209	/	/	/	3,3544	1,9512	5,7672	3,3544	1,9512	5,7672
	B-C	9,06	8,545	7,569	/	/	/	7,248	6,836	6,0552	7,248	6,836	6,0552
	C-D	8,155	8,155	7,522	/	/	/	6,524	6,524	6,0176	6,524	6,524	6,0176
	D-E	8,525	9,06	6,612	/	/	/	6,82	7,248	5,2896	6,82	7,248	5,2896
	E-F	2,236	4,043	4,528	/	/	/	1,7888	3,2344	3,6224	1,789	3,234	3,622

- Tab .VIII.21: Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique A3F3 :

Niveaux	Travées	G		Q		G + Q		1,35G + 1,5Q	
		Te KN	Tw KN	Te KN	Tw KN	Te KN	Tw KN	Te KN	Tw KN
9	A-B	-5,372	9,977	-0,615	1,140	-5,987	11,117	-8,175	15,179
	B-C	-13,334	12,817	-1,525	1,465	-14,859	14,282	-20,288	19,500
	C-D	-12,223	12,223	-1,398	1,398	-13,621	13,621	-18,598	18,598
	D-E	-12,842	13,309	-1,468	1,522	-14,310	14,831	-19,539	20,250
	E-F	-9,882	5,467	-1,130	0,625	-11,012	6,092	-15,036	8,318
8	A-B	-6,694	9,590	-1,082	1,550	-7,776	11,140	-10,660	15,272
	B-C	-13,659	14,084	-2,208	2,277	-15,867	16,361	-21,752	22,429
	C-D	-12,967	12,967	-2,096	2,096	-15,063	15,063	-20,649	20,649
	D-E	-14,095	13,648	-2,279	2,206	-16,374	15,854	-22,447	21,734
	E-F	-9,531	6,752	-1,541	1,091	-11,072	7,843	-15,178	10,752
7	A-B	-6,647	9,637	-1,075	1,558	-7,722	11,195	-10,586	15,347
	B-C	-13,798	13,945	-2,231	2,254	-16,029	16,199	-21,974	22,207
	C-D	-12,967	12,967	-2,096	2,096	-15,063	15,063	-20,649	20,649
	D-E	-14,090	13,653	-2,278	2,207	-16,368	15,860	-22,439	21,742
	E-F	-9,493	6,790	-1,535	1,098	-11,028	7,888	-15,118	10,814
6	A-B	-6,647	9,637	-1,075	1,558	-7,722	11,195	-10,586	15,347
	B-C	-13,798	13,945	-2,231	2,254	-16,029	16,199	-21,974	22,207
	C-D	-12,967	12,967	-2,096	2,096	-15,063	15,063	-20,649	20,649
	D-E	-14,090	13,653	-2,278	2,207	-16,368	15,860	-22,439	21,742
	E-F	-9,493	6,790	-1,535	1,098	-11,028	7,888	-15,118	10,814
5	A-B	-6,864	9,119	-1,110	1,474	-7,974	10,593	-10,931	14,522
	B-C	-13,536	13,905	-2,188	2,248	-15,724	16,153	-21,556	22,144
	C-D	-12,816	12,816	-2,072	2,072	-14,888	14,888	-20,410	20,410
	D-E	-13,905	13,536	-2,248	2,188	-16,153	15,724	-22,144	21,556
	E-F	-9,119	6,864	-1,474	1,110	-10,593	7,974	-14,522	10,931

- Tab .VIII.22 : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique A3F3 : (suite) :

Niveaux	Travées	G		Q		G + Q		1,35G + 1,5Q	
		Te KN	Tw KN	Te KN	Tw KN	Te KN	Tw KN	Te KN	Tw KN
4	A-B	-7,028	8,954	-1,136	1,447	-8,164	10,401	-11,192	14,258
	B-C	-13,560	13,881	-2,192	2,244	-15,752	16,125	-21,594	22,105
	C-D	-12,816	12,816	-2,072	2,072	-14,888	14,888	-20,410	20,410
	D-E	-13,881	13,560	-2,244	2,192	-16,125	15,752	-22,105	21,594
	E-F	-8,954	7,028	-1,447	1,136	-10,401	8,164	-14,258	11,192
3	A-B	-6,983	8,999	2,425	1,158	-4,558	10,157	-5,790	13,886
	B-C	-13,553	13,888	3,782	2,222	-9,771	16,110	-12,624	22,082
	C-D	-12,816	12,816	3,453	2,125	-9,363	14,941	-12,122	20,489
	D-E	-13,888	13,553	3,652	2,303	-10,236	15,856	-13,271	21,751
	E-F	-8,999	6,983	1,881	1,492	-7,118	8,475	-9,327	11,665
2	A-B	-6,898	8,783	4,733	1,144	-2,165	9,927	-2,213	13,573
	B-C	-13,414	13,726	7,397	2,224	-6,017	15,950	-7,013	21,866
	C-D	-12,665	12,665	6,825	2,100	-5,840	14,765	-6,860	20,248
	D-E	-13,732	13,408	7,225	2,277	-6,507	15,685	-7,701	21,516
	E-F	-8,807	6,873	3,704	1,460	-5,103	8,333	-6,333	11,469
1	A-B	-7,166	8,515	2,294	1,188	-4,872	9,703	-6,233	13,277
	B-C	-13,455	13,684	3,687	2,231	-9,768	15,915	-12,634	21,820
	C-D	-12,665	12,665	3,413	2,100	-9,252	14,765	-11,978	20,248
	D-E	-13,689	13,451	3,624	2,270	-10,065	15,721	-13,044	21,564
	E-F	-8,535	7,145	1,925	1,415	-6,610	8,560	-8,635	11,768

- Tab .VIII.24 : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique A3F3 :

Niveaux	Travées	G + Q		E		G + Q+E		G + Q - E		0,8G + E		0,8G - E	
		Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw
9	A-B	-5,987	11,117	18,688	-18,688	12,701	-7,571	-24,675	29,805	-8,871	20,792	-46,247	20,792
	B-C	-14,859	14,282	6,38	-6,38	-8,479	7,902	-21,239	20,662	-32,250	32,504	-45,010	32,504
	C-D	-13,621	13,621	7,578	-7,578	-6,043	6,043	-21,199	21,199	-41,956	41,351	-57,112	41,351
	D-E	-14,31	14,831	6,375	-6,375	-7,935	8,456	-20,685	21,206	6,375	-6,375	-6,375	-6,375
	E-F	-11,012	6,092	18,666	-18,666	7,654	-12,574	-29,678	24,758	-20,028	9,679	-57,360	9,679
8	A-B	-7,776	11,14	23,397	-23,397	15,621	-12,257	-31,173	34,537	-3,211	10,662	-50,005	10,662
	B-C	-15,867	16,361	7,789	-7,789	-8,078	8,572	-23,656	24,150	-26,390	28,178	-41,968	28,178
	C-D	-15,063	15,063	9,944	-9,944	-5,119	5,119	-25,007	25,007	9,944	-9,944	-9,944	-9,944
	D-E	-16,374	15,854	10,137	-10,137	-6,237	5,717	-26,511	25,991	-35,129	33,701	-55,403	33,701
	E-F	-11,072	7,843	28,702	-28,702	17,630	-20,859	-39,774	36,545	-5,988	-2,725	-63,392	-2,725
7	A-B	-7,722	11,195	33,831	-33,831	26,109	-22,636	-41,553	45,026	7,053	0,058	-60,609	0,058
	B-C	-16,029	16,199	9,937	-9,937	-6,092	6,262	-25,966	26,136	-24,480	25,793	-44,354	25,793
	C-D	-15,063	15,063	11,321	-11,321	-3,742	3,742	-26,384	26,384	11,321	-11,321	-11,321	-11,321
	D-E	-16,368	15,86	8,665	-8,665	-7,703	7,195	-25,033	24,525	-36,090	35,685	-53,420	35,685
	E-F	-11,028	7,888	25,107	-25,107	14,079	-17,219	-36,135	32,995	-9,473	0,979	-59,687	0,979
6	A-B	-7,722	11,195	36,372	-36,372	28,650	-25,177	-44,094	47,567	9,594	-2,483	-63,150	-2,483
	B-C	-16,029	16,199	15,16	-15,16	-0,869	1,039	-31,189	31,359	15,160	-15,160	-15,160	-15,160
	C-D	-15,063	15,063	17,146	-17,146	2,083	-2,083	-32,209	32,209	-17,271	18,584	-51,563	18,584
	D-E	-16,368	15,86	15,16	-15,16	-1,208	0,700	-31,528	31,020	-29,412	29,373	-59,732	29,373
	E-F	-11,028	7,888	42,917	-42,917	31,889	-35,029	-53,945	50,805	8,337	-16,831	-77,497	-16,831
5	A-B	-7,974	10,593	19,018	-19,018	11,044	-8,425	-26,992	29,611	-25,241	24,880	-63,277	24,880
	B-C	-15,724	16,153	6,448	-6,448	-9,276	9,705	-22,172	22,601	-26,492	20,331	-39,388	20,331
	C-D	-14,888	14,888	7,664	-7,664	-7,224	7,224	-22,552	22,552	7,664	-7,664	-7,664	-7,664
	D-E	-16,153	15,724	6,442	-6,442	-9,711	9,282	-22,595	22,166	6,442	-6,442	-6,442	-6,442
	E-F	-10,593	7,974	18,995	-18,995	8,402	-11,021	-29,588	26,969	-8,780	12,949	-46,770	12,949

- Tab .VIII.25 : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique A3F3 : (suite) :

Niveaux	Travées	G + Q		E		G + Q+E		G + Q - E		0,8G + E		0,8G - E	
		Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw
4	A-B	-8,164	10,401	24,765	-24,765	16,601	-14,364	-32,929	35,166	-2,794	14,715	-52,324	14,715
	B-C	-15,752	16,125	8,181	-8,181	-7,571	7,944	-23,933	24,306	-30,449	30,703	-46,811	30,703
	C-D	-14,888	14,888	8,522	-8,522	-6,366	6,366	-23,410	23,410	-41,012	40,407	-58,056	40,407
	D-E	-16,125	15,752	10,173	-10,173	-5,952	5,579	-26,298	25,925	10,173	-10,173	-10,173	-10,173
	E-F	-10,401	8,164	28,62	-28,62	18,219	-20,456	-39,021	36,784	-10,074	-0,275	-67,314	-0,275
3	A-B	-4,558	10,157	41,02	-41,02	36,462	-30,863	-45,578	51,177	14,412	-6,961	-67,628	-6,961
	B-C	-9,771	16,11	13,013	-13,013	3,242	3,097	-22,784	29,123	-21,166	22,954	-47,192	22,954
	C-D	-9,363	14,941	14,538	-14,538	5,175	0,403	-23,901	29,479	14,538	-14,538	-14,538	-14,538
	D-E	-10,236	15,856	12,096	-12,096	1,860	3,760	-22,332	27,952	-33,170	31,742	-57,362	31,742
	E-F	-7,118	8,475	34,202	-34,202	27,084	-25,727	-41,320	42,677	-0,488	-8,225	-68,892	-8,225
2	A-B	-2,165	9,927	37,68	-37,68	35,515	-27,753	-39,845	47,607	10,902	-3,791	-64,458	-3,791
	B-C	-6,017	15,95	15,484	-15,484	9,467	0,466	-21,501	31,434	-18,933	20,246	-49,901	20,246
	C-D	-5,84	14,765	17,537	-17,537	11,697	-2,772	-23,377	32,302	17,537	-17,537	-17,537	-17,537
	D-E	-6,507	15,685	15,484	-15,484	8,977	0,201	-21,991	31,169	-29,271	28,866	-60,239	28,866
	E-F	-5,103	8,333	44,461	-44,461	39,358	-36,128	-49,564	52,794	9,881	-18,375	-79,041	-18,375
1	A-B	-4,872	9,703	/	/	-4,872	9,703	-4,872	9,703	-26,778	33,889	-26,778	33,889
	B-C	-9,768	15,915	/	/	-9,768	15,915	-9,768	15,915	0,000	0,000	0,000	0,000
	C-D	-9,252	14,765	/	/	-9,252	14,765	-9,252	14,765	-34,417	35,730	-34,417	35,730
	D-E	-10,065	15,721	/	/	-10,065	15,721	-10,065	15,721	-44,572	44,533	-44,572	44,533
	E-F	-6,61	8,56	/	/	-6,610	8,560	-6,610	8,560	-34,580	26,086	-34,580	26,086

• Tab .VIII.26 : Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :

Niveaux	Nœuds	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN
9	A	0,000	1,217	16,862	0,000	0,139	8,025	0,000	1,356	24,887	0,000	1,851	34,801
	B	0,000	2,449	25,074	0,000	0,280	8,965	0,000	2,729	34,039	0,000	3,726	47,297
	C	0,000	-0,393	32,442	0,000	-0,045	9,808	0,000	-0,438	42,250	0,000	-0,598	58,509
	D	0,000	0,393	32,714	0,000	0,045	9,805	0,000	0,438	42,519	0,000	0,598	58,871
	E	0,000	-2,592	25,194	0,000	-0,296	8,978	0,000	-2,888	34,172	0,000	-3,943	47,479
	F	0,000	-1,216	16,767	0,000	0,139	8,015	0,000	-1,077	24,782	0,000	-1,433	34,658
8	A	0,852	0,958	33,337	0,137	0,154	16,460	0,989	1,112	49,797	1,356	1,524	69,695
	B	1,230	1,383	52,737	0,198	0,223	19,209	1,428	1,606	71,946	1,958	2,202	100,008
	C	-0,284	-0,319	65,953	-0,045	-0,051	20,997	-0,329	-0,370	86,950	-0,451	-0,507	120,532
	D	0,284	0,319	66,214	0,045	0,051	20,992	0,329	0,370	87,206	0,451	0,507	120,877
	E	-1,280	-1,439	52,926	-0,207	-0,232	19,233	-1,487	-1,671	72,159	-2,039	-2,291	100,300
	F	-0,852	-0,958	33,183	-0,137	-0,154	16,441	-0,989	-1,112	49,624	-1,356	-1,524	69,459
7	A	0,927	0,927	49,859	0,149	0,149	24,903	1,076	1,076	74,762	1,475	1,475	104,664
	B	1,544	1,544	80,214	0,249	0,250	29,423	1,793	1,794	109,637	2,458	2,459	152,423
	C	-0,310	-0,310	99,603	-0,050	-0,050	32,209	-0,360	-0,360	131,812	-0,494	-0,494	182,778
	D	0,310	0,310	99,719	0,050	0,050	32,180	0,360	0,360	131,899	0,494	0,494	182,891
	E	-1,404	-1,404	80,691	-0,226	-0,226	29,494	-1,630	-1,630	110,185	-2,234	-2,234	153,174
	F	-0,927	-0,927	49,561	-0,149	-0,149	24,861	-1,076	-1,076	74,422	-1,475	-1,475	104,199

• Tab .VIII.27 : Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :(suite) :

Niveaux	Nœuds	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN
6	A	0,927	0,927	66,381	0,149	0,149	33,346	1,076	1,076	99,727	1,475	1,475	139,633
	B	1,544	1,544	107,691	0,249	0,249	39,637	1,793	1,793	147,328	2,458	2,458	204,838
	C	-0,310	-0,310	133,253	-0,050	-0,050	43,421	-0,360	-0,360	176,674	-0,494	-0,494	245,023
	D	0,310	0,310	133,224	0,050	0,050	43,368	0,360	0,360	176,592	0,494	0,494	244,904
	E	-1,404	-1,404	108,456	-0,226	-0,226	39,755	-1,630	-1,630	148,211	-2,234	-2,234	206,048
	F	-0,927	-0,927	65,939	-0,149	-0,149	33,281	-1,076	-1,076	99,220	-1,475	-1,475	138,939
5	A	0,716	1,327	84,871	0,115	0,214	44,191	0,831	1,541	129,062	1,139	2,112	180,862
	B	1,154	2,138	137,831	0,186	0,345	52,366	1,340	2,483	190,197	1,837	3,404	264,621
	C	-0,251	-0,464	168,976	-0,040	-0,075	57,052	-0,291	-0,539	226,028	-0,399	-0,739	313,696
	D	0,251	0,464	168,947	0,040	0,075	56,999	0,291	0,539	225,946	0,399	0,739	313,577
	E	-1,154	-2,138	138,596	-0,186	-0,345	52,484	-1,340	-2,483	191,080	-1,837	-3,404	265,831
	F	-0,716	-1,327	84,429	-0,115	-0,214	44,126	-0,831	-1,541	128,555	-1,139	-2,112	180,168
4	A	1,114	1,114	103,197	0,180	0,180	55,010	1,294	1,294	158,207	1,774	1,774	221,831
	B	1,846	1,846	168,112	0,298	0,298	65,118	2,144	2,144	233,230	2,939	2,939	324,628
	C	-0,394	-0,394	204,724	-0,063	-0,063	70,688	-0,457	-0,457	275,412	-0,626	-0,626	382,409
	D	0,394	0,394	204,695	0,063	0,063	70,635	0,457	0,457	275,330	0,626	0,626	382,291
	E	-1,846	-1,846	168,877	-0,298	-0,298	65,236	-2,144	-2,144	234,113	-2,939	-2,939	325,838
	F	-1,114	-1,114	102,755	-0,180	-0,180	54,945	-1,294	-1,294	157,700	-1,774	-1,774	221,137

• Tab .VIII.28 : Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :(suite) :

Niveaux	Nœuds	G			Q			G + Q			1,35G + 1,5Q		
		Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN	Msup KN.m	Minf KN.m	Nc KN
3	A	1,172	1,006	122,914	0,315	0,271	68,153	1,487	1,277	191,067	2,055	1,765	268,163
	B	1,927	1,654	199,701	0,519	0,519	81,499	2,446	2,173	281,200	3,380	3,011	391,845
	C	-0,413	-0,355	241,811	-0,111	-0,111	88,470	-0,524	-0,466	330,281	-0,724	-0,646	459,150
	D	0,413	0,355	241,782	0,111	0,111	88,458	0,524	0,466	330,240	0,724	0,646	459,093
	E	-1,927	-1,654	200,466	-0,519	-0,519	81,577	-2,446	-2,173	282,043	-3,380	-3,011	392,995
	F	-1,172	-1,006	122,472	-0,315	-0,271	68,088	-1,487	-1,277	190,560	-2,055	-1,765	267,469
2	A	0,887	1,276	148,017	0,478	0,687	89,206	1,365	1,963	237,223	1,914	2,753	333,632
	B	1,511	2,174	236,645	0,814	1,172	108,933	2,325	3,346	345,578	3,261	4,693	482,870
	C	-0,323	-0,465	284,210	-0,174	-0,250	118,843	-0,497	-0,715	403,053	-0,697	-1,003	561,948
	D	0,323	0,465	284,175	0,174	0,250	118,828	0,497	0,715	403,003	0,697	1,003	561,878
	E	-1,553	-2,235	237,391	-0,837	-1,204	109,001	-2,390	-3,439	346,392	-3,352	-4,823	483,979
	F	-0,810	-1,165	147,599	-0,436	-0,628	89,154	-1,246	-1,793	236,753	-1,748	-2,515	332,990
1	A	0,886	1,553	166,532	0,238	0,418	101,500	1,124	1,971	268,032	1,553	2,724	377,068
	B	1,582	2,771	267,495	0,426	0,746	124,551	2,008	3,517	392,046	2,775	4,860	547,945
	C	-0,329	-0,576	320,330	-0,088	-0,155	135,881	-0,417	-0,731	456,211	-0,576	-1,010	636,267
	D	0,329	0,576	320,291	0,088	0,155	135,865	0,417	0,731	456,156	0,576	1,010	636,190
	E	-1,629	-2,854	268,225	-0,439	-0,769	124,614	-2,068	-3,623	392,839	-2,858	-5,006	549,025
	F	-0,813	-1,424	166,134	-0,219	-0,383	101,454	-1,032	-1,807	267,588	-1,426	-2,497	376,462

• Tab .VIII.29: Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :

Niveaux	Nœuds	G + Q			E			G + Q+1,2E			G + Q -1,2 E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
9	A	0	1,356	24,887	32,751	14,036	-18,688	39,301	18,199	2,461	-39,301	-15,487	47,313
	B	0	2,729	34,039	34,971	24,302	7,811	41,965	31,891	43,412	-41,965	-26,433	24,666
	C	0	-0,438	42,25	29,983	22,619	2,348	35,980	26,705	45,068	-35,980	-27,581	39,432
	D	0	0,438	42,519	29,983	22,619	3,021	35,980	27,581	46,144	-35,980	-26,705	38,894
	E	0	-2,888	34,172	34,971	24,302	-9,86	41,965	26,274	22,340	-41,965	-32,050	46,004
	F	0	-1,077	24,782	32,751	14,036	16,474	39,301	15,766	44,551	-39,301	-17,920	5,013
8	A	0,989	1,112	49,797	40,869	27,246	-42,085	50,032	33,807	-0,705	-48,054	-31,583	100,299
	B	1,428	1,606	71,946	47,444	38,818	18,594	58,361	48,188	94,259	-55,505	-44,976	49,633
	C	-0,329	-0,37	86,95	42,092	34,439	5,803	50,181	40,957	93,914	-50,839	-41,697	79,986
	D	0,329	0,37	87,206	42,092	34,439	5,327	50,839	41,697	93,598	-50,181	-40,957	80,814
	E	-1,487	-1,671	72,159	47,444	38,818	-26,9	55,446	44,911	39,879	-58,420	-48,253	104,439
	F	-0,989	-1,112	49,624	40,869	27,246	38,712	48,054	31,583	96,078	-50,032	-33,807	3,170
7	A	1,076	1,076	74,762	53,486	43,761	-75,916	65,259	53,589	-16,337	-63,107	-51,437	165,861
	B	1,793	1,794	109,637	64,046	59,119	34,384	78,648	72,737	150,898	-75,062	-69,149	68,376
	C	-0,36	-0,36	131,812	55,745	53,559	13,424	66,534	63,911	147,921	-67,254	-64,631	115,703
	D	0,36	0,36	131,899	55,745	53,559	14,596	67,254	64,631	149,414	-66,534	-63,911	114,384
	E	-1,63	-1,63	110,185	64,046	59,119	-35,198	75,225	69,313	67,947	-78,485	-72,573	152,423
	F	-1,076	-1,076	74,422	53,486	43,761	70,151	63,107	51,437	158,603	-65,259	-53,589	-9,759

Tab .VIII. 30 : Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :

Niveaux	Nœuds	G + Q			E			G + Q+1,2 ^E			G + Q -1,2 E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
6	A	1,076	1,076	99,727	74,094	55,895	-112,29	89,989	68,150	-35,019	-87,837	-65,998	234,473
	B	1,793	1,793	147,328	90,545	74,083	43,394	110,447	90,693	199,401	-106,861	-87,107	95,255
	C	-0,36	-0,36	176,674	80,346	65,738	15,539	96,055	78,526	195,321	-96,775	-79,246	158,027
	D	0,36	0,36	176,592	80,346	65,738	-12,13	96,775	79,246	162,036	-96,055	-78,526	191,148
	E	-1,63	-1,63	148,211	90,545	74,083	-3,708	107,024	87,270	143,761	-110,284	-90,530	152,661
	F	-1,076	-1,076	99,22	74,094	55,895	51,133	87,837	65,998	160,580	-89,989	-68,150	37,860
5	A	0,831	1,541	129,062	29,648	24,257	-85,494	36,409	30,649	26,469	-34,747	-27,567	231,655
	B	1,34	2,483	190,197	38,633	34,259	60,182	47,700	43,594	262,415	-45,020	-38,628	117,979
	C	-0,291	-0,539	226,028	32,968	29,236	31,373	39,271	34,544	263,676	-39,853	-35,622	188,380
	D	0,291	0,539	225,946	32,968	29,236	-10,262	39,853	35,622	213,632	-39,271	-34,544	238,260
	E	-1,34	-2,483	191,08	38,633	34,259	37,161	45,020	38,628	235,673	-47,700	-43,594	146,487
	F	-0,831	-1,541	128,555	29,648	24,257	38,712	34,747	27,567	175,009	-36,409	-30,649	82,101
4	A	1,294	1,294	158,207	35,042	28,671	26,368	43,344	35,699	189,849	-40,756	-33,111	126,565
	B	2,144	2,144	233,23	51,691	34,46	-37,583	64,173	43,496	188,130	-59,885	-39,208	278,330
	C	-0,457	-0,457	275,412	36,758	36,758	92,279	43,653	43,653	386,147	-44,567	-44,567	164,677
	D	0,457	0,457	275,33	49,732	36,758	58,533	60,135	44,567	345,570	-59,221	-43,653	205,090
	E	-2,144	-2,144	234,113	64,895	36,459	-3,917	75,730	41,607	229,413	-80,018	-45,895	238,813
	F	-1,294	-1,294	157,7	42,163	32,793	105,05	49,302	38,058	283,760	-51,890	-40,646	31,640

• Tab .VIII.31 : Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :

Niveaux	Nœuds	G + Q			E			G + Q+1,2E			G + Q -1,2 E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
3	A	1,487	1,277	191,067	58,743	31,631	-14,652	71,979	39,234	173,485	-69,005	-36,680	208,649
	B	2,446	2,173	281,2	61,836	58,494	-21,02	76,649	72,366	255,976	-71,757	-68,020	306,424
	C	-0,524	-0,466	330,281	50,349	50,349	102,15	59,895	59,953	452,863	-60,943	-60,885	207,699
	D	0,524	0,466	330,24	47,875	52,824	68,339	57,974	63,855	412,247	-56,926	-62,923	248,233
	E	-2,446	-2,173	282,043	48,801	68,187	-17,606	56,115	79,651	260,916	-61,007	-83,997	303,170
	F	-1,487	-1,277	190,56	41,773	46,091	145,85	48,641	54,032	365,580	-51,615	-56,586	15,540
2	A	1,365	1,963	237,223	47,406	66,239	-52,332	58,252	81,450	174,425	-55,522	-77,524	300,021
	B	2,325	3,346	345,578	91,404	91,404	-19,981	112,010	113,031	321,601	-107,360	-106,339	369,555
	C	-0,497	-0,715	403,053	76,814	76,814	91,003	91,680	91,462	512,257	-92,674	-92,892	293,849
	D	0,497	0,715	403,003	76,814	76,814	59,536	92,674	92,892	474,446	-91,680	-91,462	331,560
	E	-2,39	-3,439	346,392	91,404	91,404	-51,499	107,295	106,246	284,593	-112,075	-113,124	408,191
	F	-1,246	-1,793	236,753	66,257	66,257	163,64	78,262	77,715	433,122	-80,754	-81,301	40,384
1	A	1,124	1,971	268,032				1,124	1,971	268,032	1,124	1,971	268,032
	B	2,008	3,517	392,046				2,008	3,517	392,046	2,008	3,517	392,046
	C	-0,417	-0,731	456,211				-0,417	-0,731	456,211	-0,417	-0,731	456,211
	D	0,417	0,731	456,156				0,417	0,731	456,156	0,417	0,731	456,156
	E	-2,068	-3,623	392,839				-2,068	-3,623	392,839	-2,068	-3,623	392,839
	F	-1,032	-1,807	267,588				-1,032	-1,807	267,588	-1,032	-1,807	267,588

• Tab .VIII.32: Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :

Niveaux	Nœuds	G			E			0,8G + E			0,8G - E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
9	A	0	1,217	16,862	32,751	14,036	-18,7	32,751	15,010	-5,198	-32,751	-31,777	32,178
	B	0	2,449	25,074	34,971	24,302	7,811	34,971	26,261	27,870	-34,971	-33,012	12,248
	C	0	-0,393	32,442	29,983	22,619	2,348	29,983	22,305	28,302	-29,983	-30,297	23,606
	D	0	0,393	32,714	29,983	22,619	3,021	29,983	22,933	29,192	-29,983	-29,669	23,150
	E	0	-2,592	25,194	34,971	24,302	-9,86	34,971	22,228	10,295	-34,971	-37,045	30,015
	F	0	-1,216	16,767	32,751	14,036	16,47	32,751	13,063	29,888	-32,751	-33,724	-3,060
8	A	0,852	0,958	33,337	40,869	27,246	-42,1	41,551	28,012	-15,415	-40,187	-40,103	68,755
	B	1,23	1,383	52,737	47,444	38,818	18,59	48,428	39,924	60,784	-46,460	-46,338	23,596
	C	-0,284	-0,319	65,953	42,092	34,439	5,803	41,865	34,184	58,565	-42,319	-42,347	46,959
	D	0,284	0,319	66,214	42,092	34,439	5,327	42,319	34,694	58,298	-41,865	-41,837	47,644
	E	-1,28	-1,439	52,926	47,444	38,818	-26,9	46,420	37,667	15,441	-48,468	-48,595	69,241
	F	-0,852	-0,958	33,183	40,869	27,246	38,71	40,187	26,480	65,258	-41,551	-41,635	-12,166
7	A	0,927	0,927	49,859	53,486	43,761	-75,9	54,228	44,503	-36,029	-52,744	-52,744	115,803
	B	1,544	1,544	80,214	64,046	59,119	34,38	65,281	60,354	98,555	-62,811	-62,811	29,787
	C	-0,31	-0,31	99,603	55,745	53,559	13,42	55,497	53,311	93,106	-55,993	-55,993	66,258
	D	0,31	0,31	99,719	55,745	53,559	14,6	55,993	53,807	94,371	-55,497	-55,497	65,179
	E	-1,404	-1,404	80,691	64,046	59,119	-35,2	62,923	57,996	29,355	-65,169	-65,169	99,751
	F	-0,927	-0,927	49,561	53,486	43,761	70,15	52,744	43,019	109,800	-54,228	-54,228	-30,502

• Tab .VIII.33: Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :(suite) :

Niveaux	Nœuds	G			E			0,8G + E			0,8G - E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
6	A	0,927	0,927	66,381	74,094	55,895	-112	74,836	56,637	-59,185	-73,352	-73,352	165,395
	B	1,544	1,544	107,691	90,545	74,083	43,39	91,780	75,318	129,547	-89,310	-89,310	42,759
	C	-0,31	-0,31	133,253	80,346	65,738	15,54	80,098	65,490	122,141	-80,594	-80,594	91,063
	D	0,31	0,31	133,224	80,346	65,738	-12,1	80,594	65,986	94,449	-80,098	-80,098	118,709
	E	-1,404	-1,404	108,456	90,545	74,083	-3,71	89,422	72,960	83,057	-91,668	-91,668	90,473
	F	-0,927	-0,927	65,939	74,094	55,895	51,13	73,352	55,153	103,884	-74,836	-74,836	1,618
5	A	0,716	1,327	84,871	29,648	24,257	-85,5	30,221	25,319	-17,597	-29,075	-28,586	153,391
	B	1,154	2,138	137,831	38,633	34,259	60,18	39,556	35,969	170,447	-37,710	-36,923	50,083
	C	-0,251	-0,464	168,976	32,968	29,236	31,37	32,767	28,865	166,554	-33,169	-33,339	103,808
	D	0,251	0,464	168,947	32,968	29,236	-10,3	33,169	29,607	124,896	-32,767	-32,597	145,420
	E	-1,154	-2,138	138,596	38,633	34,259	37,16	37,710	32,549	148,038	-39,556	-40,343	73,716
	F	-0,716	-1,327	84,429	29,648	24,257	38,71	29,075	23,195	106,255	-30,221	-30,710	28,831
4	A	1,114	1,114	103,197	35,042	28,671	26,37	35,933	29,562	108,926	-34,151	-34,151	56,190
	B	1,846	1,846	168,112	51,691	34,46	-37,6	53,168	35,937	96,907	-50,214	-50,214	172,073
	C	-0,394	-0,394	204,724	36,758	36,758	92,28	36,443	36,443	256,058	-37,073	-37,073	71,500
	D	0,394	0,394	204,695	49,732	36,758	58,53	50,047	37,073	222,289	-49,417	-49,417	105,223
	E	-1,846	-1,846	168,877	64,895	36,459	-3,92	63,418	34,982	131,185	-66,372	-66,372	139,019
	F	-0,927	-0,927	49,561	42,163	32,793	105,1	41,421	32,051	144,699	-42,905	-42,905	-65,401

• Tab .VIII.34: Superpositions des moments et des efforts normaux dans les poteaux du portique A3F3 :(suite) :

Niveaux	Nœuds	G			E			0,8G + E			0,8G - E		
		Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc	Msup	Minf	Nc
3	A	1,172	1,006	122,914	58,743	31,631	-14,7	59,681	32,436	83,679	-57,805	-57,938	112,983
	B	1,927	1,654	199,701	61,836	58,494	-21	63,378	59,817	138,741	-60,294	-60,513	180,781
	C	-0,413	-0,355	241,811	50,349	50,349	102,2	50,019	50,065	295,599	-50,679	-50,633	91,299
	D	0,413	0,355	241,782	47,875	52,824	68,34	48,205	53,108	261,765	-47,545	-47,591	125,087
	E	-1,927	-1,654	200,466	48,801	68,187	-17,6	47,259	66,864	142,767	-50,343	-50,124	177,979
	F	-1,172	-1,006	122,472	41,773	46,091	145,9	40,835	45,286	243,828	-42,711	-42,578	-47,872
2	A	0,887	1,276	148,017	47,406	66,239	-52,3	48,116	67,260	66,082	-46,696	-46,385	170,746
	B	1,511	2,174	236,645	91,404	91,404	-20	92,613	93,143	169,335	-90,195	-89,665	209,297
	C	-0,323	-0,465	284,21	76,814	76,814	91	76,556	76,442	318,371	-77,072	-77,186	136,365
	D	0,323	0,465	284,175	76,814	76,814	59,54	77,072	77,186	286,876	-76,556	-76,442	167,804
	E	-1,553	-2,235	237,391	91,404	91,404	-51,5	90,162	89,616	138,414	-92,646	-93,192	241,412
	F	-0,81	-1,165	147,599	66,257	66,257	163,6	65,609	65,325	281,719	-66,905	-67,189	-45,561
1	A	0,886	1,553	166,532	/	/	/	0,709	1,242	133,226	0,709	1,242	133,226
	B	1,582	2,771	267,495	/	/	/	1,266	2,217	213,996	1,266	2,217	213,996
	C	-0,329	-0,576	320,33	/	/	/	-0,263	-0,461	256,264	-0,263	-0,461	256,264
	D	0,329	0,576	320,291	/	/	/	0,263	0,461	256,233	0,263	0,461	256,233
	E	-1,629	-2,854	268,225	/	/	/	-1,303	-2,283	214,580	-1,303	-2,283	214,580
	F	-0,813	-1,424	166,134	/	/	/	-0,650	-1,139	132,907	-0,650	-1,139	132,907

- Tab .VIII.35 : Superpositions des efforts normaux dans les voiles :
 - Sens longitudinal :

Niveau	Voiles	G(KN)	Q(KN)	E(KN)	G+Q(KN)	1,35G+1,5Q (KN)	G+Q+E	G+Q-E	0,8*G+E	0,8*G-E
8	VL1	60,948	1,6	39,548	62,548	84,6798	102,096	23 ,00	88,3064	9,2104
	VL2	60,948	1,6	39,548	62,548	84,6798	102,096	23 ,00	88,3064	9,2104
	VL3	75,375	4,5	95,983	79,875	108,50625	175,858	-16,108	156,283	-35,683
	VL4	75,375	4,5	95,983	79,875	108,50625	175,858	-16,108	156,283	-35,683
	VL5	61,814	1,6	98,493	63,414	85,8489	161,907	-35,079	147,9442	-49,0418
	VL6	61,814	1,6	98,493	63,414	85,8489	161,907	-35,079	147,9442	-49,0418
7	VL1	119,158	4	57,578	123,158	166,8633	180,736	65,58	152,9044	37,7484
	VL2	118,292	4	57,578	122,292	165,6942	179,87	64,714	152,2116	37,0556
	VL3	147,915	11,25	139,741	159,165	216,56025	298,906	19,424	258,073	-21,409
	VL4	147,915	11,25	139,741	159,165	216,56025	298,906	19,424	258,073	-21,409
	VL5	119,158	4	143,396	123,158	166,8633	266,554	-20,238	238,7224	-48,0696
	VL6	119,158	4	143,396	123,158	166,8633	266,554	-20,238	238,7224	-48,0696
6	VL1	176,502	6,16	82,232	182,662	247,5177	264,894	100,43	223,4336	58,9696
	VL2	175,636	6,16	82,232	181,796	246,3486	264,028	99,564	222,7408	58,2768
	VL3	220,455	17,325	199,577	237,78	323,60175	437,357	38,203	375,941	-23,213
	VL4	220,455	17,325	199,577	237,78	323,60175	437,357	38,203	375,941	-23,213
	VL5	176,502	6,16	204,797	182,662	247,5177	387,459	-22,135	345,9986	-63,5954
	VL6	176,502	6,16	204,797	182,662	247,5177	387,459	-22,135	345,9986	-63,5954

• Tab .VIII.36: Superpositions des efforts normaux dans les voiles :(suite) :

Niveau	Voiles	G(KN)	Q(KN)	E(KN)	G+Q(KN)	1,35G+1,5Q(KN)	G+Q+E	G+Q-E	0,8*G+E	0,8*G-E
5	VL1	233,846	8,08	109,909	241,926	327,8121	351,835	132,017	296,9858	77,1678
	VL2	232,98	8,08	109,909	241,06	326,643	350,969	131,151	296,293	76,475
	VL3	292,995	22,725	266,76	315,72	429,63075	582,48	48,96	501,156	-32,364
	VL4	292,995	22,725	266,76	315,72	429,63075	582,48	48,96	501,156	-32,364
	VL5	233,846	8,08	273,75	241,926	327,8121	515,676	-31,824	460,8268	-86,6732
	VL6	233,846	8,08	273,75	241,926	327,8121	515,676	-31,824	460,8268	-86,6732
4	VL1	291,19	9,76	137,603	300,95	407,7465	438,553	163,347	370,555	95,349
	VL2	290,324	9,76	137,603	300,084	406,5774	437,687	162,481	369,8622	94,6562
	VL3	365,535	27,45	333,97	392,985	534,64725	726,955	59,015	626,398	-41,542
	VL4	365,535	27,45	333,97	392,985	534,64725	726,955	59,015	626,398	-41,542
	VL5	291,19	9,76	342,716	300,95	407,7465	643,666	-41,766	575,668	-109,764
	VL6	291,19	9,76	342,716	300,95	407,7465	643,666	-41,766	575,668	-109,764
3	VL1	31,334	11,2	160,955	42,534	59,1009	203,489	-118,421	186,0222	-135,888
	VL2	31,334	11,2	160,955	42,534	59,1009	203,489	-118,421	186,0222	-135,888
	VL3	54,18	31,5	390,642	85,68	120,393	476,322	-304,962	433,986	-347,298
	VL4	54,18	31,5	390,642	85,68	120,393	476,322	-304,962	433,986	-347,298
	VL5	38,984	11,2	400,868	50,184	69,4284	451,052	-350,684	432,0552	-369,681
	VL6	38,984	11,2	400,868	50,184	69,4284	451,052	-350,684	432,0552	-369,681

• Tab .VIII.38 : Superpositions des efforts normaux dans les voiles :(suite) :

Niveau	Voiles	G(KN)	Q(KN)	E(KN)	G+Q(KN)	1,35G+1,5Q(KN)	G+Q+E	G+Q-E	0,8*G+E	0,8*G-E
2	VL1	34,634	13,6	193,141	48,234	67,1559	241,375	-144,907	220,8482	-165,434
	VL2	34,634	13,6	193,141	48,234	67,1559	241,375	-144,907	220,8482	-165,434
	VL3	58,58	38,25	468,941	96,83	136,458	565,771	-372,111	515,805	-422,077
	VL4	58,58	38,25	468,941	96,83	136,458	565,771	-372,111	515,805	-422,077
	VL5	43,384	13,6	481,418	56,984	78,9684	538,402	-424,434	516,1252	-446,711
	VL6	43,384	13,6	481,418	56,984	78,9684	538,402	-424,434	516,1252	-446,711
1	VL1	44,384	18,64	217,246	63,024	87,8784	280,27	-154,222	252,7532	-181,739
	VL2	44,384	18,64	217,246	63,024	87,8784	280,27	-154,222	252,7532	-181,739
	VL3	71,58	52,425	527,438	124,005	175,2705	651,443	-403,433	584,702	-470,174
	VL4	71,58	52,425	527,438	124,005	175,2705	651,443	-403,433	584,702	-470,174
	VL5	56,384	18,64	541,459	75,024	104,0784	616,483	-466,435	586,5662	-496,352
	VL6	56,384	18,64	541,459	75,024	104,0784	616,483	-466,435	586,5662	-496,352

• Tab .VIII.39: Superpositions des efforts normaux dans les voiles : Sens transversal:

Niveau	Voiles	G(KN)	Q(KN)	E(KN)	G+Q(KN)	1,35G+1,5Q(KN)	G+Q+E	G+Q-E	0,8*G+E	0,8*G-E
8	VT1	63,304	1,5	95,046	64,804	87,7104	159,85	-30,242	145,6892	-44,4028
	VT2	63,304	1,5	95,046	64,804	87,7104	159,85	-30,242	145,6892	-44,4028
	VT3	63,304	1,5	115,211	64,804	87,7104	180,015	-50,407	165,8542	-64,5678
	VT4	63,304	1,5	115,211	64,804	87,7104	180,015	-50,407	165,8542	-64,5678
7	VT1	120,124	3,75	133,999	123,874	167,7924	257,873	-10,125	230,0982	-37,8998
	VT2	120,124	3,75	133,999	123,874	167,7924	257,873	-10,125	230,0982	-37,8998
	VT3	120,124	3,75	162,428	123,874	167,7924	286,302	-38,554	258,5272	-66,3288
	VT4	120,124	3,75	162,428	123,874	167,7924	286,302	-38,554	258,5272	-66,3288

- Tab .VIII.40: Superpositions des efforts normaux dans les voiles :(suite) :

Niveau	Voiles	G(KN)	Q(KN)	E(KN)	G+Q(KN)	1,35G+1,5Q(KN)	G+Q+E	G+Q-E	0,8*G+E	0,8*G-E
6	VT1	176,944	5,775	198,079	182,719	247,5369	380,798	-15,36	339,6342	-56,5238
	VT2	176,944	5,775	198,079	182,719	247,5369	380,798	-15,36	339,6342	-56,5238
	VT3	176,944	5,775	240,102	182,719	247,5369	422,821	-57,383	381,6572	-98,5468
	VT4	176,944	5,775	240,102	182,719	247,5369	422,821	-57,383	381,6572	-98,5468
5	VT1	233,764	7,575	268,345	241,339	326,9439	509,684	-27,006	455,3562	-81,3338
	VT2	233,764	7,575	268,345	241,339	326,9439	509,684	-27,006	455,3562	-81,3338
	VT3	233,764	7,575	325,383	241,339	326,9439	566,722	-84,044	512,3942	-138,372
	VT4	233,764	7,575	325,383	241,339	326,9439	566,722	-84,044	512,3942	-138,372
4	VT1	290,584	9,15	307,206	299,734	406,0134	606,94	-7,472	539,6732	-74,7388
	VT2	290,584	9,15	307,206	299,734	406,0134	606,94	-7,472	539,6732	-74,7388
	VT3	290,584	9,15	372,516	299,734	406,0134	672,25	-72,782	604,9832	-140,049
	VT4	290,584	9,15	372,516	299,734	406,0134	672,25	-72,782	604,9832	-140,049

- Tab .VIII.41 : Superpositions des efforts normaux dans les voiles : (suite) :

Niveau	Voiles	G(KN)	Q(KN)	E(KN)	G+Q(KN)	1,35G+1,5Q(KN)	G+Q+E	G+Q-E	0,8*G+E	0,8*G-E
3	VT1	347,404	10,5	360,347	357,904	484,7454	718,251	-2,443	638,2702	-82,4238
	VT2	347,404	10,5	360,347	357,904	484,7454	718,251	-2,443	638,2702	-82,4238
	VT3	347,404	10,5	436,97	357,904	484,7454	794,874	-79,066	714,8932	-159,047
	VT4	347,404	10,5	436,97	357,904	484,7454	794,874	-79,066	714,8932	-159,047
2	VT1	411,264	12,75	438,474	424,014	574,3314	862,488	-14,46	767,4852	-109,463
	VT2	411,264	12,75	438,474	424,014	574,3314	862,488	-14,46	767,4852	-109,463
	VT3	411,264	12,75	533,517	424,014	574,3314	957,531	-109,503	862,5282	-204,506
	VT4	411,264	12,75	533,517	424,014	574,3314	957,531	-109,503	862,5282	-204,506
1	VT1	495,924	17,475	502,583	513,399	695,7099	1015,982	10,816	899,3222	-105,844
	VT2	495,924	17,475	502,586	513,399	695,7099	1015,985	10,813	899,3252	-105,847
	VT3	495,924	17,475	611,516	513,399	695,7099	1124,915	-98,117	1008,255	-214,777
	VT4	495,924	17,475	611,516	513,399	695,7099	1124,915	-98,117	1008,255	-214,777

X.I. Etude de l'infrastructure :**X.1 Introduction :**

Les fondations sont des éléments de la structure ayant pour objet la transmission au sol des efforts apportés par la superstructure. Cette transmission peut être directe, cas de fondation superficielle (semelles isolées, semelles continues, radier) ou par des fondations profondes (puits, pieux).

Nous pouvons classer les fondations selon le mode d'exécution et la résistance aux sollicitations extérieure, en :

✓ Fondations superficielles :

Utilisées pour des sols de grande capacité portante. Elles sont réalisées près de la surface, (semelles isolées, semelles filantes et radier).

✓ Fondations profondes :

Utilisées pour des sols ayant une faible capacité portante ; le bon sol est assez profond (pieux, puits).

X.2 Etude géotechnique du sol :

Le choix du type de fondation repose essentiellement sur une étude détaillée du sol qui nous renseigne sur la capacité portante de ce dernier. Les résultats de cette étude sont :

- La contrainte admissible du sol est de **2.5 bars**.
- Absence de nappe phréatique, donc pas de risque de remontée des eaux.

X.3 Choix du type de fondation

Le choix du type de fondation, est fonction du type de la superstructure ainsi que des caractéristiques topographiques et géologique du terrain.

Le type de fondation est choisi essentiellement selon les critères suivants :

- La résistance du sol
- Le tassement du sol
- Le mode constructif de la structure

Le choix de la fondation doit satisfaire les critères suivants :

- Stabilité de l'ouvrage (rigidité)
- Facilité d'exécution (coffrage)
- Economie

Pour le cas de la structure étudiée, nous avons le choix entre des semelles isolées et des semelles filantes ou un radier général, en fonction des résultats du dimensionnement on adoptera le type de semelle convenable. Sachant que l'étude géologique du site à donner une contrainte admissible de **2.5 bars**.

X.4 Dimensionnement :**X.4.1 Semelle isolé :**

Pour le pré dimensionnement, il faut considérer uniquement l'effort normal N_{ser} qui est obtenu à la base de tous les poteaux.

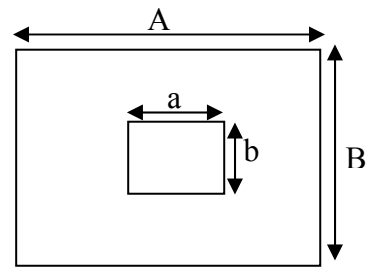
$$A \cdot B \geq \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{sol}}$$

Homothétie des dimensions : $\frac{a}{b} = \frac{A}{B} = K = 1$

$$B \geq \sqrt{\frac{N_s}{\bar{\sigma}_{sol}}}$$

Exemple : (portique transversal B1B5, poteau 3 du sous sol)

$$N_{ser} = 5.40 \text{ KN} \quad , \quad \bar{\sigma}_{sol} = 250 \text{ KN/m}^2 \quad \Rightarrow \quad B = 5 \text{ m}$$



Remarque : Vu que les dimensions des semelles très importantes, le risque de chevauchements est inévitable, alors nous optons pour des semelles filantes.

X.4.2 Semelles filantes sous voiles :

Elles sont dimensionnées à l'ELS sous l'effort N, données par la condition la plus défavorable.

$$\sigma_{sol} \geq \frac{N_s}{S} = \frac{G+Q}{B L}$$

σ_{sol} : Capacité portante du sol ($\sigma_{sol} = 0,25 \text{ Mpa}$)

B : Largeur de la semelle

L : longueur de la semelle sous voile

$$\Rightarrow B \geq \frac{N_s}{\sigma_{sol} L}$$

$$\Rightarrow B \geq \frac{G+Q}{\sigma_{sol} \cdot L}$$

Les résultats de calcul sont résumés dans les tableaux suivants :

❖ **Tableau X.I : Surface de semelles filantes sous voiles :**

- sens longitudinal

Voiles	G (kn)	Q (kn)	G+Q (kn)	L (m)	B (m)	S=B.L (m ²)
VL1	295,164	20,92	316,084	1,5	1,19892267	1,798384
VL2	295,164	20,92	316,084	1,5	1,19661333	1,79492
VL3	506,655	58,838	565,493	2	1,314586	2,629172
VL4	506,655	58,838	565,493	2	1,314586	2,629172
VL5	368,064	20,92	388,984	2	0,968492	1,936984
VL6	368,064	20,92	388,984	2	0,968492	1,936984
						S1=12,725616

❖ **Tableau X.II : Surface de semelles filantes sous voiles :**

- sens transversal :

Voiles	G (kn)	Q (kn)	G+Q (kn)	L (m)	B (m)	S=B.L (m ²)
VT1	523,665	19,613	543,278	3,2	0,70424625	2,253588
VT2	523,665	19,613	543,278	3,2	0,70424625	2,253588
VT3	523,665	19,613	543,278	3,2	0,70424625	2,253588
VT4	523,665	19,613	543,278	3,2	0,70424625	2,253588
						S2=9,014352

$$S_v = \sum S_i = 21.74m^2$$

Avec :

S_v : Surface totale des voiles.

X.4.3 Semelles filantes sous poteaux :

- **Hypothèse de calcul :**

Une semelle est infiniment rigide engendre une répartition linéaire de contrainte sur le sol. Les réactions du sol sont distribuées suivant une droite ou une surface plane telle que leur centre de gravité coïncide avec le point d'application de la résultante des charges agissantes sur la semelle.

- **Etape de calcul :**

La charge totale transmise par les poteaux : N_t = 5077.106 KN (portique transversal).

❖ **Tableau X.III : Coordonnées de la résultante des forces par rapport au centre de gravité de la semelle :**

Poteaux	N _i [KN]	e _i [m]	N _i e _i [KN m]	M _i [KN m]
1	683,598	-7,95	-5434,6041	52,983
2	1121,504	-4,45	-4990,6928	15,812
3	1350,639	-0,45	-607,78755	38,048
4	1244,355	4,55	5661,81525	-49,848
5	677,01	8,05	5449,9305	-59,712
sommes	5077,106		78,6613	-2,717

$$e = \frac{\sum N_i \cdot e_i + \sum M_i}{\sum N_i} = 0.01599317 m$$

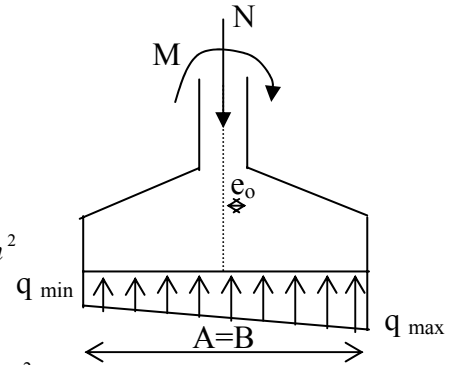
➤ Distribution des sollicitations par mètre linéaire des semelles :

$$e = 0.01599317 \text{ m} < \frac{L}{6} = \frac{15.9}{6} = 2.65 \text{ m} \Rightarrow \text{Répartition trapézoïdale}$$

$$q_{\min} = \frac{N_t}{L} \times \left(1 - \frac{6 \cdot e}{L}\right) = \frac{5077.106}{15.9} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,01599317}{15.9}\right) = 317.41 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$q_{\max} = \frac{N_t}{L} \times \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L}\right) = \frac{5077.106}{15.9} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,01599317}{15.9}\right) = 321.26 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$q_{(L/4)} = \frac{N_t}{L} \times \left(1 + \frac{3 \cdot e}{L}\right) = \frac{5077.106}{15.9} \times \left(1 + \frac{3 \times 0,01599317}{15.9}\right) = 320.30 \text{ KN} / \text{m}^2$$



• Détermination de la largeur de la semelle :

$$B \geq \frac{q_{(L/4)}}{\sigma_{SOL}} = \frac{320.30}{250} = 1.28 \text{ m}$$

On opte pour B=1.5m :

$$\text{On aura donc, } S = 1.5 \times 15.9 = 23.85 \text{ m}^2$$

Nous aurons la surface totale de la semelle filante : $S_t = S \times n + S_v$

$$S_t = 23.85 \times 6 + 21.74 = 164.84 \text{ m}^2$$

Avec :

n : Nombre de portique dans le sens considéré (sens transversal) .

✓ Le rapport de la surface des semelles sur la surface de la structure est :

– La surface totale du bâtiment : $S_{bat} = 15.9 \times 20.7 = 329.13 \text{ m}^2$

– La surface totale des semelles filantes : $S_t = 164.84 \text{ m}^2$ (50.1%)

–

$$S_t / S_{bat} = 164.84 / 329.13 = 0.501$$

C .a.d : $S_t > 50 \% S_{bat}$

✚ **Conclusion :**

On opte alors pour un radier général.

X.5 Calcul du radier général :

Un radier est défini comme étant une fondation superficielle travaillant comme un plancher renversé dont les appuis sont constituées par les poteaux de l'ossature et qui est soumis à la réaction du sol diminuées du poids propre du radier.

Le radier est :

- Rigide en sous plan horizontale
- Permet une meilleure répartition de la charge sur le sol de la fondation.
- Facilité de coffrage.
- Rapidité d'exécution.
- Convenir mieux désordres ultérieurs qui peuvent provenir des tassements éventuels.

X.5.1 Pré dimensionnement du radier :

X.5.1.1. Selon la condition d'épaisseur minimale :

La hauteur du radier doit avoir au minimum 25 cm ($h_{\min} \geq 25$ cm)

X.5.1.2. Selon la condition forfaitaire :

- **Sous voiles :**

$$\frac{L_{\max}}{8} \leq h \leq \frac{L_{\max}}{5}$$

Avec : h est l'épaisseur du radier et L_{\max} est la distance entre deux voiles successifs ou poteaux.

$$L_{\max} = 5.00\text{m} \Rightarrow 62.50\text{ cm} \leq h \leq 100\text{ cm}$$

On prend : h = 80 cm

- **Sous poteaux :**

a. La dalle :

La dalle du radier doit satisfaire aux conditions suivantes :

$$h_d \geq \frac{L_{\max}}{20} \quad \text{Avec une hauteur minimale de 25cm}$$

$$h_d \geq \frac{500}{20} = 25\text{ cm}$$

On prend : $h_d = 40$ cm.

b. La nervure :

La nervure du radier doit avoir une hauteur h_t égale à :

$$h_n \geq \frac{500}{10} = 50\text{ cm}$$

On prend : $h_n = 70$ cm

❖ condition de longueur d'élasticité :

$$L_e = \sqrt{\frac{4 \cdot EI}{K \cdot b}} > \frac{2}{\pi} \cdot L_{\max}$$

- Le calcul est effectué en supposant une répartition uniforme des contraintes sur le sol

Avec : L_e : Longueur élastique

K : Module de raideur du sol, rapporté à l'unité de surface ; $K = 40$ Mpa

De la condition précédente, nous tirons h_t :

$$h \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2}{\pi} \times L_{\max}\right)^4 \times \frac{K}{E}}$$

Avec :

I : Inertie de la section du radier ($b=1$ m)

E : Le module de déformation longitudinale différé Pour un chargement de longue durée

$$E = 10818,86 \text{ Mpa}$$

donc :

$$h \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2 \times 5,00}{3,14}\right)^4 \times \frac{40}{10818,86}} = 0,780 \text{ m}$$

Selon la condition forfaitaire :

$$L_{\max} = 5.00\text{m} \Rightarrow 62.50\text{cm} \leq h \leq 100 \text{ cm}$$

On prend alors : $h = 80$ cm

 **Conclusion :**

Le choix définitif des dimensions du radier est le suivant :

- Hauteur des nervures suivant les deux sens : $h_n = 70$ cm.
- Hauteur de la dalle: $h_d = 40$ cm
- Epaisseur du radier : $h = 80$ cm.

On opte pour des épaisseurs constantes dans les deux sens (longitudinal et transversal), ce qui nous permettra de :

- ◆ Limiter la contrainte des aciers (fissuration préjudiciable).
- ◆ Protéger les aciers contre les eaux aquifères dues au contact direct du radier avec la couche d'assise (enrobage minimum de 3cm) ; dans notre cas on prend $C = 3$ cm.
- ◆ Avoir une rigidité d'exécution et une facilité de ferrailage et de coffrage.

X.6. Détermination des efforts :➤ **Charge permanente :**

$$G_{\text{bat}} = 15509.99 \text{ KN}$$

$$G_{\text{rad}} = G_{\text{dalle}} + G_{\text{nervure}} = 0.4 \times 20.7 \times 15.9 \times 25 + 0.7 \times 0.4 \times 20.7 \times 25 + 0.4 \times 0.7 \times 15.9 \times 25 = 3547.5 \text{ KN}$$

$$G_{\text{tot}} = 3547.5 + 15509.99 = 23997.572 \text{ KN}$$

➤ **Charge d'exploitation :**

$$Q_{\text{bat}} = 6716.5 \text{ KN}$$

$$Q_{\text{rad}} = 5 \times 15.9 \times 20.7 = 1645.65 \text{ KN}$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{bat}} + Q_{\text{rad}} = 6716.5 + 1645.65 = 8362.15 \text{ KN}$$

$$\checkmark \text{ A L'ELU: } N_u = 44939.95 \text{ KN}$$

$$\checkmark \text{ A L'ELS: } N_s = 32359.722 \text{ KN}$$

- Détermination de la surface nécessaire du radier :

$$\text{➤ A L'ELU: } A_{\text{radier}} \geq \frac{N_u}{2 \times \bar{\sigma}_{\text{sol}}} = \frac{44939.95}{2 \times 250} = 89.8799 \text{ m}^2$$

$$\text{➤ A L'ELS: } A_{\text{radier}} \geq \frac{N_s}{\bar{\sigma}_{\text{sol}}} = \frac{32359.722}{180} = 129.44 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{batiment}} = 329.13 \text{ m}^2 > \text{Max}(A_1, A_2) = 129.44 \text{ m}^2$$

D'après les règles de BAEL, il faut ajouter au radier un débord minimal de largeur L_d

$$\text{avec } L_d \geq \max \left(\frac{h}{2}; 30 \text{ cm} \right) \Rightarrow \text{On prend } L_d = 40 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow A_{\text{radier}} = A_{\text{batiment}} + A_{\text{débord}} = 329.13 + 29.28 = 358.41 \text{ m}^2$$

❖ **Calcul du Poids du radier :**

G = poids de la dalle + poids de la nervure

$$G = 3840.3 \text{ KN}$$

❖ **combinaison d'action :**

$$N_u = 44939.95 + 1,35 \times 3840.3 = 50124.355 \text{ KN}$$

$$N_s = 32359.722 + 3840.3 = 36200 \text{ KN}$$

X.6.1 Vérifications :

X.6.1.1 Vérification de la contrainte de cisaillement :

$$\tau_u = \frac{T_u}{b \cdot d} \leq 0,05 f_{c28} = 1,25 \text{ MPa}$$

Avec : $b = 100 \text{ cm}$; $d = 0,9 h = 72 \text{ cm}$

et $T_u^{\max} = q_u \frac{L_{\max}}{2}$

$$T_u^{\max} = \frac{N_u \cdot b}{S_{\text{rad}}} \frac{L_{\max}}{2} = \frac{50124.355 \times 1}{358.41} \times \frac{5,00}{2} = 349.63 \text{ KN}$$

$$\tau_u = \frac{349.63}{100 \times 72} = 0.0485 \text{ MPa} \leq \tau_u = 1,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

X.6.1.2. Vérification de l'effort de sous pression :

Cette vérification justifiée le non soulèvement de la structure sous l'effet de la pression hydrostatique.

$$P \geq \alpha A_{\text{rad}} \cdot \gamma_w \cdot Z = 1,5 \times 10 \times 3.20 \times 35841 = 17204 \text{ t}$$

P : Poids total du bâtiment à la base du radier

α : Coefficient de sécurité vis à vis du soulèvement $\alpha = 1,5$

γ_w : Poids volumique de l'eau ($\gamma_w = 10 \text{ KN/m}^3$)

Z : Profondeur de l'infrastructure ($h = 3,20 \text{ m}$)

$$P = (G_{\text{superstructure}} + G_{\text{radier}}) = 20450.072 + 3840.3 = 2429.03 \text{ t}$$

$$P = 2429.03 \text{ t} > 1720.4 \text{ t} \Rightarrow \text{condition vérifier.}$$

X.6.1.3. Vérification de la stabilité du radier :

Elle consiste à vérifier les contraintes du sol sous le radier ; sollicité par les efforts suivants :

- Efforts normaux dus aux charges verticales.
- Effort de renversement du au séisme.

$$M = M_0 + T_0 \cdot h$$

Avec : M_0 : moment sismique à la base de la structure

T_0 : Effort tranchant à la base de la structure

h : profondeur de l'infrastructure

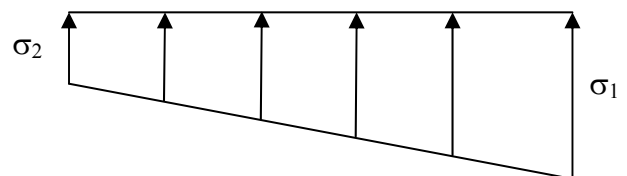


Diagramme des contraintes sous radier

Le diagramme trapézoïdal des contraintes donne :

$$\sigma_m = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4}$$

On doit vérifier que :

➤ A L'ELU : $\sigma_m \leq 2\sigma_{sol}$

➤ A L'ELS : $\sigma_m \leq \sigma_{sol}$

$$\sigma_{sol} = 250 \text{ KN/m}^2 \quad , 2\sigma_{sol} = 500 \text{ KN/m}^2$$

Avec : $\sigma_{1,2} = \frac{N}{S_{rad}} \pm \frac{M V}{I}$

• Calcul du CDG et les moments d'inertie :

- Les coordonnées du centre de graviter du radier sont :

$$X_G = 10.75 \text{ m}$$

$$Y_G = 8.35 \text{ m}$$

- Les moments d'inertie suivant les deux directions sont :

$$I_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{21.5 \times 16.7^3}{12} = 8344.62 \text{ m}^4$$

$$I_{yy} = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{16.7 \times 21.5^3}{12} = 13830.9 \text{ m}^4$$

• Calcul des moments :

$$M_{X-X} = 2650.95 + 218.10 \times 3.30 = 3370.68 \text{ t.m}$$

$$M_{Y-Y} = 3032.1 + 246.52 \times 3.30 = 3845.62 \text{ t.m}$$

➤ **Sens longitudinal :**

✓ A l'ELU : $M_x = 3370.68 \text{ t.m}$

$$\sigma_1 = \frac{N_u}{A_{rad}} + \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot V = \frac{50124.355}{358.41} + \frac{33706.8}{13830.9} \times 10.75 = 166.05 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_u}{A_{rad}} - \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot V = \frac{50124.355}{358.41} - \frac{33706.8}{13830.9} \times 10.75 = 130.65 \text{ KN/m}^2$$

D'où :

$$\sigma_m = \frac{3 \times 166.05 + 130.65}{4} = 157.2 \text{ KN/m}^2 \quad ; \quad 2\sigma_{sol} = 2 \times 250 = 500 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_m < 2 \cdot \sigma_{sol} \Rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

✓ A l'ELS : $M_x = 3370.68 \text{ t.m}$

$$\sigma_1 = \frac{N_s}{A_{\text{rad}}} + \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot V = \frac{36200}{358.41} + \frac{33706.8}{13830.9} \times 10.75 = 127.2 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{A_{\text{rad}}} - \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot V = \frac{36200}{358.41} - \frac{33706.8}{13830.9} \times 10.75 = 74.803 \text{ KN/m}^2$$

D'où : $\sigma_m = \frac{3 \times 127.2 + 74.803}{4} = 114.1 \text{ KN/m}^2$; $\sigma_{\text{SOL}} = 180 \text{ KN/m}^2$

$\sigma_m < \sigma_{\text{SOL}} \Rightarrow$ Condition vérifiée

➤ Sens transversal :

✓ A l'ELU : $M_y = 3845.62 \text{ t.m}$

$$\sigma_1 = \frac{N_u}{A_{\text{rad}}} + \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot V = \frac{50124.355}{358.41} + \frac{38456.2}{8344.62} \times 8.35 = 178.33 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_u}{A_{\text{rad}}} - \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot V = \frac{50124.355}{358.41} - \frac{38456.2}{8344.62} \times 8.35 = 101.37 \text{ KN/m}^2$$

D'où :

$\sigma_m = \frac{3 \times 178.33 + 101.37}{4} = 159.07 \text{ KN/m}^2$; $2\sigma_{\text{SOL}} = 2 \times 250 = 500 \text{ KN/m}^2$

$\sigma_m < 2 \cdot \sigma_{\text{SOL}} \Rightarrow$ Condition vérifiée.

✓ A l'ELS : $M_y = 3845.62 \text{ t.m}$

$$\sigma_1 = \frac{N_s}{A_{\text{rad}}} + \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot V = \frac{36200}{358.41} + \frac{38456.2}{8344.62} \times 8.35 = 139.5 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{A_{\text{rad}}} - \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot V = \frac{36200}{358.41} - \frac{38456.2}{8344.62} \times 8.35 = 62.52 \text{ KN/m}^2$$

D'où :

$\sigma_m = \frac{3 \times 139.5 + 62.52}{4} = 120.255 \text{ KN/m}^2$; $\sigma_{\text{SOL}} = 250 \text{ KN/m}^2$

$\sigma_m < \sigma_{\text{SOL}} \Rightarrow$ Condition vérifiée.

X.6.1.4. Vérification au poinçonnement : (art A.5.2 4 BAEL91)

On doit vérifier que : $N_u \leq \frac{0,07 \mu_c h f_{c28}}{\gamma_b}$

Avec : μ_c : Périmètre du contour projeté sur le plan moyen du radier

N_u : Charge de calcul à l'ELU pour le poteau avec $N_u = 1880.623 \text{ KN} = 188.062 \text{ t}$

h : Epaisseur totale du radier.

a. Vérification pour les poteaux :

a : Epaisseur du voile ou du poteau.

b : Largeur du poteau ou du voile (une bande de 1m).

$$\mu_c = (a + b + 2h) \times 2 = (0.4 + 0.4 + 2 * 0.8) * 2 = 4.8 \text{ m}$$

$$\frac{0,07 \mu_c h f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,07 \times 4.8 \times 0,8 \times 2500}{1,5} = 448 \text{ t}$$

$$N_u = 188.062 \text{ t} \leq 448 \text{ t} \quad \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

b. Vérification pour les voiles:

On considère une bande de 1m de largeur du voile.

Avec : $N_u = 188.062 \text{ t}$; $e = 20 \text{ cm}$; $b = 1 \text{ m}$

$$\mu_c = (a + b + 2h) \times 2 = (0.2 + 1 + 2 * 0.8) * 2 = 5.6 \text{ m}$$

$$\frac{0,07 \mu_c h f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,07 \times 5,6 \times 0,8 \times 2500}{1,5} = 522.7 \text{ t}$$

$$N_u = 188.062 \text{ t} \leq 522.7 \text{ t} \quad \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

X.7. Ferrailage du radier :

Un radier fonctionne comme un plancher renversé dont les appuis sont constitués par les paliers de l'ossature. il est sollicité par la réaction du sol diminué du poids propre du radier.

♦ Les contraintes prises en compte dans le calcul sont :

$$\text{➤ ELU : } q_u = \sigma_m - \frac{G_{\text{rad}}}{A_{\text{rad}}} = 15.91 - \frac{384.03}{358.41} = 14.84 \text{ t/m}^2$$

$$\text{➤ ELS : } q_s = \sigma_m - \frac{G_{\text{rad}}}{A_{\text{rad}}} = 12.02 - \frac{384.03}{358.41} = 10.95 \text{ t/m}^2$$

X.7.1. Pour le ferrailage de la dalle :

Afin de simplifier les calculs, on considérera le panneau le plus sollicité (I), et en généralisera le ferrailage pour le reste des panneaux.

Pour l'étude, on utilise la méthode des panneaux encastre sur 4 appuis.

X.7.2. Identification des panneaux :

Le panneau I est le plus sollicité :

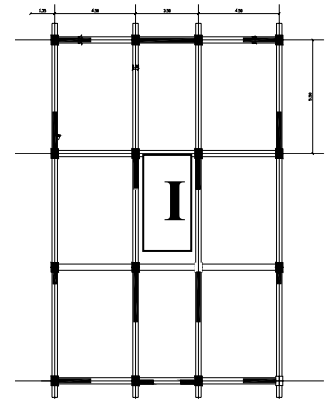
Donc on le prend comme exemple de calcul :

$$L_y = 5.0 - 0.4 = 4.6 \text{ m}$$

$$L_x = 4.6 - 0.4 = 4.2 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{L_x}{L_y} = \frac{4.2}{4.6} = 0,90$$

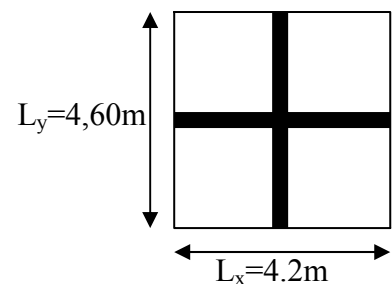
$0,4 \leq \rho \leq 1 \rightarrow$ la dalle travaille dans les deux sens .



Calcul a' L ELU :

$$\triangleright q_u = 148.4 \text{ KN/m}^2$$

$$\rho = 0,9 \rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,0498 \\ \mu_y = 0,693 \end{cases}$$



Calcul des moments M_x et M_y :

$$M_x = u_x \times q_u \times l_x^2 = 0,0498 \times 148.4 \times (4.2^2) = 130.36 \text{ KN.m}$$

$$M_y = u_y \times M_x = 0,693 \times 130.36 = 90.34 \text{ KN.m}$$

Remarque :

Afin de tenir compte du semi encastrement de cette dalle au niveau des nervures, les moments seront minorisés en leurs affectant un coefficient de (-0,5) aux appuis et (0,75) en travée.

❖ **Ferrailage dans le sens x x :**

➤ **Aux travées :**

$$M_t = 0.75 \times M_{u_{max}} = 0.75 \times 130.36 = 65.18 \text{ KN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_t}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{65,18 \times 10^3}{100 \times 37^2 \times 14,2} = 0,0335 < \mu_u = 0,392$$

La section est simplement armée.

$$\mu_u = 0,0335 \rightarrow \beta = 0,984$$

$$A_{st} = \frac{M}{Bd \sigma_{st}} = \frac{65.18 \times 10^3}{0,984 \times 37 \times 348} = 5.144 \text{ cm}^2$$

Soit : 6HA16 cm²/ml

➤ **En appuis:**

$$M_a = -0.5 \times M_{\text{umax}}$$

$$M_a = -0.5 \times 130.36 = 97.77 \text{ KNm}$$

$$\mu_u = \frac{M_a}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{97.77 \times 10^3}{100 \times 37^2 \times 14,2} = 0,050 < \mu_e = 0,392$$

La section est simplement armée.

$$\mu_u = 0,050 \rightarrow \beta = 0,968$$

$$A_{st} = \frac{M_t}{B \times d \times \sigma_{st}} = \frac{97.77 \times 10^3}{0,968 \times 37 \times 348} = 7.844 \text{ cm}^2$$

Soit : 8HA16 cm²/ml

❖ **Ferraillage dans le sens yy :**

➤ **En travées :**

$$M_t = 0.75 \times 90.34 = 45.17 \text{ KN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_t}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{45.17 \times 10^3}{100 \times 37^2 \times 14,2} = 0,023 < \mu_e = 0,392$$

La section est simplement armée

$$\mu_u = 0,023 \rightarrow \beta = 0,9993$$

$$A_{st} = \frac{M_t}{B \times d \times \sigma_{st}} = \frac{45.17 \times 10^3}{0,993 \times 37 \times 348} = 3.53 \text{ cm}^2$$

Soit : 6HA14/ml.

➤ **Aux appuis :**

$$M_a = -0.5 \times 90.34 = -67.75 \text{ KN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_a}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{67.75 \times 10^3}{100 \times 37^2 \times 14,2} = 0,035 < \mu_e = 0,392$$

La section est simplement armée.

$$\mu_u = 0,035 \rightarrow \beta = 0,983$$

$$A_{sa} = \frac{M_a}{B \times d \times \sigma_{st}} = \frac{67.75 \times 10^3}{0,983 \times 37 \times 348} = 5.353 \text{ cm}^2$$

Soit 8HA14/ml = 12.31 cm²/ml.

➡ **Calcul à LELS :**

$$q_s = 155,7 \text{ KN/m}^2.$$

$$\rho = 0,60 \rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,0812 \\ \mu_y = 0,305 \end{cases}$$

- Calcul des moments M_x, M_y .

$$M_x = \mu_x \times q_s \times L_x^2 = 0,0812 \times 155,7 \times (3,0)^2 = 113,79 \text{ KN.m}$$

$$M_y = \mu_y \times M_u = 0,305 \times 113,79 = 34,70 \text{ KN.m}$$

- Calcul des moments $M_a ; M_t$ dans les sens :

➤ **Sens x-x :**

$$M_{app} = -0,5M_x = -0,5 \times 113,79 = -56,89 \text{ KN.m}$$

$$M_t = 0,75M_x = 0,75 \times 113,79 = 85,34 \text{ KN.m}$$

➤ **Sens y-y :**

$$M_{app} = -0,5M_y = -0,5 \times 34,70 = -17,35 \text{ KN.m}$$

$$M_t = 0,75M_y = 0,75 \times 34,70 = 26,03 \text{ KN.m}$$

X.8. Vérification :

X.8.1. vérification de la non fragilité du béton :

➤ **Dans le sens x-x :**

$$A_{min} \geq b \times h \times \frac{\delta_0}{2} \left[3 - \frac{L_x}{L_y} \right]$$

Avec : $\delta_0 = 0,0008$ pour FeE400

$$A_{min} \geq 100 \times 40 \times \frac{0,0008}{2} \left[3 - \frac{3,0}{5,0} \right] = 3,84 \text{ cm}^2$$

➤ **Dans le sens y-y :**

$$A_{min} = \delta_0 \times h \times b = 0,0008 \times 40 \times 100 = 3,20 \text{ cm}^2$$

📌 **Conclusion :** la condition est vérifiée suivant les deux sens.

X.8.1. Espacement (Art A8.2 242 BAEL91) :

Direction la plus sollicitée : $St < \min(3h, 33 \text{ cm}) = 33 \text{ cm}$.

Direction la moins sollicitée : $St < \min(4h, 45 \text{ cm}) = 45 \text{ cm}$.

X.8.2. Etat limite de fissuration :

Le radier étant exposé aux eaux emmagasinées dans le sol, de ce fait elles constituent un état de fissuration préjudiciable, les contraintes sont limitées alors.

X.8.3. Vérification des contraintes dans le béton et l'acier :

On doit vérifier que :

$$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2f_c}{3} ; 110 \sqrt{\eta f_{tj}} \right\} = 201,63 \text{ MPa} \text{ , fissuration préjudiciable}$$

$$\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b = 15 \text{ MPa}$$

❖ **Exemple de calcul :**

➤ **Sens x-x :**

Donnés : $M_s=65.18 \text{ KN.m}$, $d=37 \text{ cm}$

$A_s=12.06 \text{ cm}^2$, $A_{\min}=3,84 \text{ cm}^2$

$$\sigma_{\text{ser}} = \frac{M_{\text{ser}}}{B_1 \cdot d \cdot A_s} \quad ; \quad \sigma_b = K \sigma_s \leq 15 \text{ MPA}$$

$$\rho_1 = \frac{100 \times A_s}{b \times d} = \frac{100 \times 12.06}{100 \times 37} = 0,326 \xrightarrow{\text{tableau}} \begin{cases} B_1 = 0,928 \\ K = \frac{1}{K_1} = 0,018 \end{cases}$$

$$\sigma_{\text{ser}} = \frac{65.18 \times 10^3}{0,928 \times 37 \times 12.06} = 157.4 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_b = 0,018 \times 157.4 = 2.83 \text{ MPa}$$

- Les résultats de cette vérification sont regroupés dans le tableau suivant :

TableauX. IV :

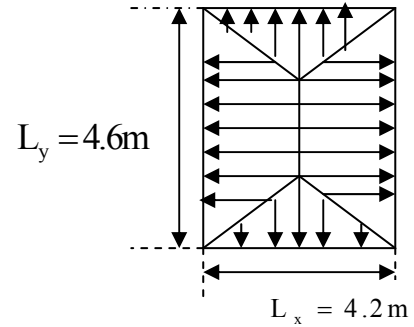
Sens		A_s, cm^2	$A_{\min} \text{cm}^2$	$A_s \text{cm}^2$	MKNm	ρ_2	B_2	K	σ_s	$\bar{\sigma}_s \text{ (MPa)}$
xx	travée	5.144	3,84	12.06	65.18	0,326	0,928	0,018	157.4	201,63
	appuis	7.844	3,84	16.08	-97.77	0,434	0,86	0,048	191.08	201,63
yy	travée	3.53	3,2	9.23	45.17	0.249	0.880	0.037	150.3	201,63
	appuis	5.353	3,2	12.31	-67.75	0.333	0.870	0.043	170.97	201,63

X.9. Ferrailage de la nervure :

X.9.1. Les charges revenant aux nervures :

$q_u = 422.73 \text{ KN/ml.}$

$q_s = 307.44 \text{ KN/ml}$



o **Commentaire :**

Pour un comptent de précision il est plus judicieux de prendre une charge trapézoïdale au lieu d'une charge uniformément répartie pour le calcul de la nervure.

X.9.2. Détermination des sollicitations:

Nous disposant d'une poutre continue reposant sur plusieurs appuis et un encastrement partiel à ces deux extrémités.

Deux méthodes existant pour déterminer les sollicitations.

X.9.2.1. Méthode forfaitaire (Art V 211 BAEL91) :

Cette méthode est appliquée sous réserve que les conditions suivantes soient réunies.

- Les éléments étudiées sont des poutres ou poutrelles supportant des planchers à charges d'exploitation modérée c'est-à-dire $Q = \leq (2G,5\text{KN/m}^2)$
- Tous les éléments solidaires ont la même section.
- La fissuration est considéré comme peu préjudiciable.
- Les portées successives L_i, L_{i+1} des travées ont un rapport compris entre 0,8 et 1, 25.

On a :

$$\frac{L_{i1}}{L_{i+1}} = \frac{3.00}{4.90} = 0.61 < 0.8 \Rightarrow \text{Condition non vérifiée.}$$

✚ **Conclusion :** Vu de la non satisfaction des conditions d'application de la méthode forfaitaire, on fait recours à la méthode des trois moments.

X.9.2.2. Méthode des trois moments :

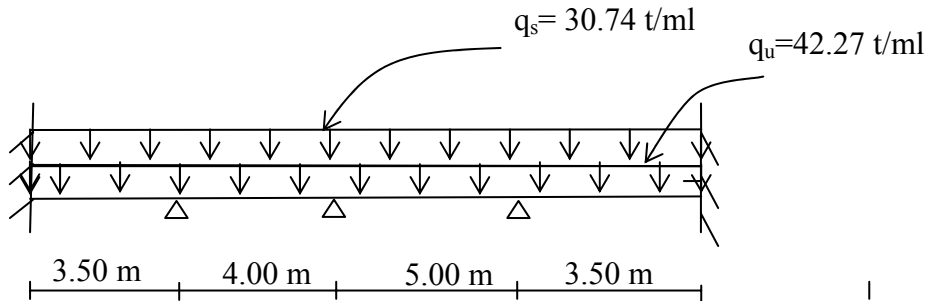
Elle s'agit d'une méthode de calcul applicable aux planchers à charge d'exploitation relativement élevée, dit aussi méthode de la « continuité simplifiée ».

❖ **Principe :** La méthode des trois moments sous estime les moments en travée et surestime ceux des appuis, pour cela, il faut diminuer les moments sur les appuis par application d'un coefficient compris entre $\frac{2}{3}$ et 1 les valeurs des moments en travées sont majorés par conséquence.

X.9.3. Calcul des efforts par la méthode des trois moments :

X.9.3.1.Sens transversal :

Elle agit comme une poutre renversée, avec les poteaux comme appuis, d'où des armatures supérieures (moments en travées) et armatures inférieures (moments d'appuis).



- Schéma statique de la nervure transversale

✓ **Equation des trois moments :**

$$M_{i-1}l_i + 2M_i(l_i + l_{i+1}) + M_{i+1}l_{i+1} = -q\left(\frac{l_i^3}{4} + \frac{l_{i+1}^3}{4}\right).$$

- **Application (à L'ELU) :**

$$7M_1 + 3.5M_2 = -10.7q_u$$

$$3.5M_1 + 15M_2 + 4M_3 = -26.7q_u$$

$$4M_2 + 18M_3 + 5M_4 = -47.25q_u$$

$$5M_2 + 17M_3 + 3.5M_4 = -42q_u$$

$$3.5M_3 + 7M_4 = -10.7q_u$$

Après résolution du système d'équation on aura :

➤ **En travées :**

$$M_{1-2} = 61.3 \text{ KN.m} ; M_{2-3} = 110.33 \text{ KN.m} ; M_{3-4} = 120.33 \text{ KN.m} ;$$

$$M_{4-5} = 61.47 \text{ KN.m}$$

➤ **Aux appuis :**

$$M_{a1} = -265.43 \text{ KN.m} ; M_{a2} = -270.22 \text{ KN.m} ; M_{a3} = -271.00 \text{ KN.m} ;$$

$$M_{a4} = -272.06 \text{ KN.m} ; M_{a5} = 265.43 \text{ KN.m}$$

Efforts tranchants :

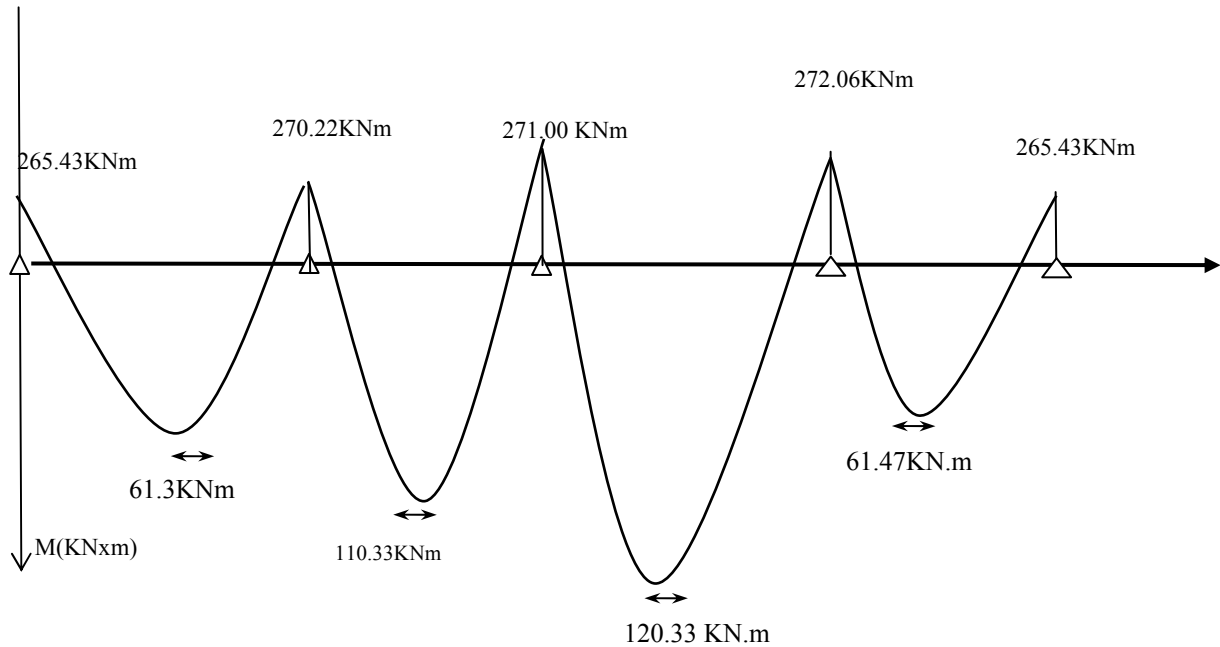
$$\text{Travée (1-2) : } T(0) = 267.46 \text{ KN} ; T(3.5) = -269.25 \text{ KN}$$

$$\text{Travée (2-3) : } T(0) = 271.41 \text{ KN} ; T(4) = -272.56 \text{ KN}$$

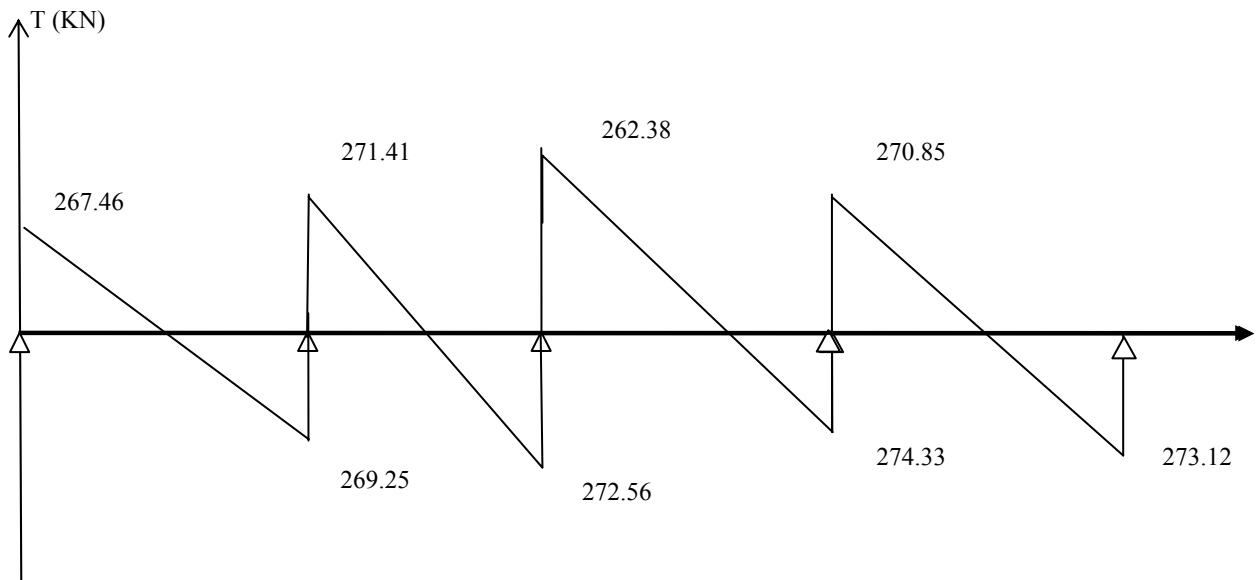
Travée (3-4) : $T(0) = 262.38\text{KN}$; $T(5) = -274.33\text{KN}$

Travée (4-5) : $T(0) = 270.85\text{KN}$; $T(3.5) = -273.12\text{KN}$

✓ Diagramme des moments fléchissant à ELU :



✓ Diagramme des efforts tranchants à ELU :



- Application (à L'ELS) :

Après résolution de système précédent avec $q_s = 307.4\text{KN}$ on aura les moments suivants :

➤ Aux appuis :

$$M_1 = - 223.6 \text{ KN.m}$$

$$M_2 = - 227.43 \text{ KN.m}$$

$$M_3 = - 228.15 \text{ KN.m}$$

$$M_4 = - 228.64 \text{ KN.m}$$

$$M_5 = - 223.6 \text{ KN.m}$$

➤ En travées :

$$M_{t(1-2)} = 51.6 \text{ KN.m} ; M_{t(2-3)} = 58.9 \text{ KN.m} ; M_{t(3-4)} = 101.42 \text{ KN.m} ; M_{t(4-5)} = 51.6 \text{ KN.m}$$

- Efforts tranchants :

$$\text{Travée (1-2)} : T(0) = 225.318 \text{ KN} ; T(3.5) = - 226.821 \text{ KN}$$

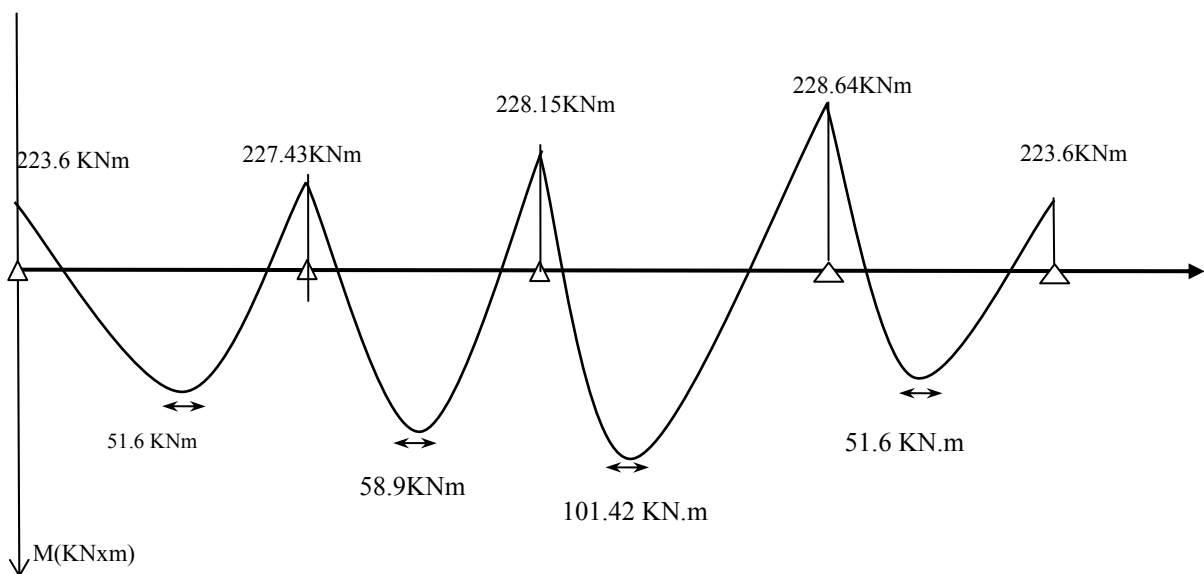
$$\text{Travée (2-3)} : T(0) = 228.63 \text{ KN} ; T(4) = - 229.61 \text{ KN}$$

$$\text{Travée (3-4)} : T(0) = 221.038 \text{ KN} ; T(5) = - 231.10 \text{ KN}$$

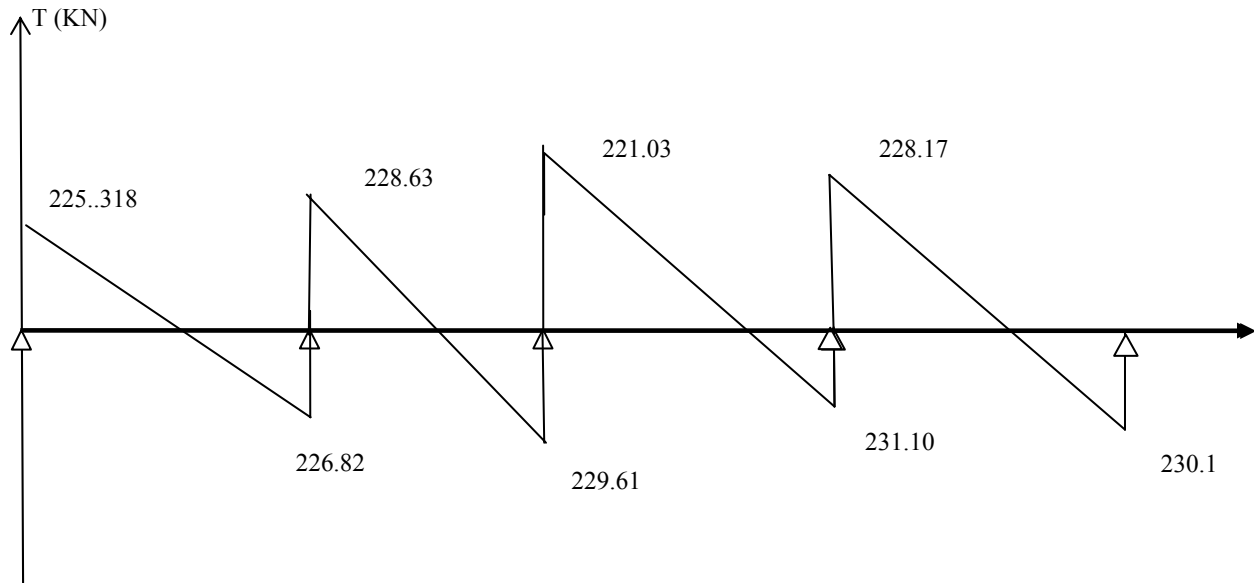
$$\text{Travée (4-5)} : T(0) = 228.17 \text{ KN} ; T(3.5) = - 230.1 \text{ KN}$$

Finalement, pour les diagrammes des moments aux appuis et en travées seront comme suit :

✓ Diagramme des moments fléchissant à ELS :



✓ Diagramme des efforts tranchants à ELS :



X.9.3.2.Ferraillage : Pour le ferraillage on prend le moment maximal sur appuis et en travées :

$$M_t^{\max} = 120.42 \text{ KN.m.}$$

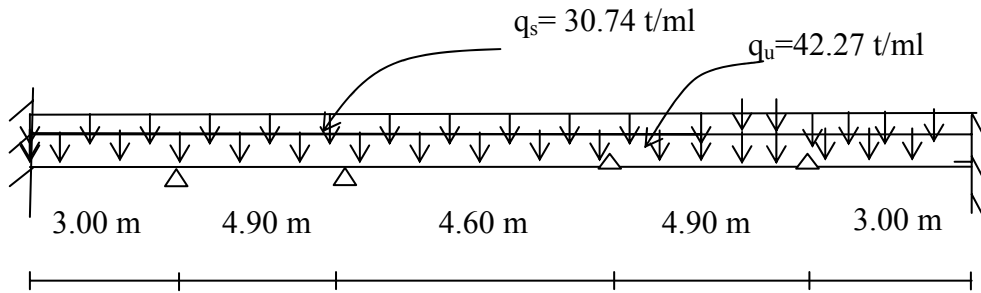
$$M_a^{\max} = 272.06 \text{ KN.m.}$$

Tableau X.V : récapitulatif du ferraillage dans le sens transversal :

	$M_u^{\max}(\text{KNm})$	μ_R	β	$A_s(\text{cm}^2)$	$A_{\text{adoptée}}(\text{cm}^2)$	Choix des barres
appui	272.06	0.043	0.978	11.93	12.06	6HA16
travée	120.33	0.019	0.990	5.21	9.23	6HA14

X.9.3.3.Sens longitudinal :

✓ Schéma statique :



❖ Application de la méthode des moments nous donne :

✓ Equation des trois moments :

$$M_{i-1} \ell_i + 2M_i (\ell_i + \ell_{i+1}) + M_{i+1} \ell_{i+1} = -q \left(\frac{\ell_i^3}{4} + \frac{\ell_{i+1}^3}{4} \right).$$

$$6 M_1 + 3 M_2 = -6.75 q_U$$

$$3M_1 + 15.8M_2 + 4.9M_3 = -36.16 q_U$$

$$4.9 M_2 + 19 M_3 + 4.6 M_4 = -53.7 q_U$$

$$4.6 M_3 + 19 M_4 + 4.9 M_5 = -53.7 q_U$$

$$4.9 M_4 + 15.8 M_5 + 3 M_6 = -36.16 q_U$$

$$3 M_5 + 6 M_6 = -6.75 q_U$$

A P'ELU :

Après résolution de système précédent avec $q_u = 422.7 \text{ KN}$ on aura les moments suivants :

➤ **En travée :**

$$M_{1-2} = 80.1 \text{ KNm} \quad ; \quad M_{2-3} = 83.1 \text{ KNm} \quad ; \quad M_{3-4} = 73.4 \text{ KNm} \quad ;$$

$$M_{4-5} = 83.1 \text{ KNm} \quad ; \quad M_{5-6} = 80.1 \text{ KNm}$$

➤ **Aux appuis :**

$$M_{a1} = -100.0 \text{ KN.m} \quad ; \quad M_{a2} = -133.3 \text{ KN.m} \quad ; \quad M_{a3} = -89.6 \text{ KN.m}$$

$$M_{a4} = -97.6 \text{ KN.m} \quad ; \quad M_{a5} = -133.3 \text{ KN.m} \quad ; \quad M_{a6} = -100 \text{ KN.m}$$

- Efforts tranchants :

$$\text{Travée (1-2) : } T(0) = 120.8 \text{ KN} \quad ; \quad T(3) = -120.8 \text{ KN}$$

$$\text{Travée (2-3) : } T(0) = 130.6 \text{ KN} \quad ; \quad T(4.9) = -132.3 \text{ KN}$$

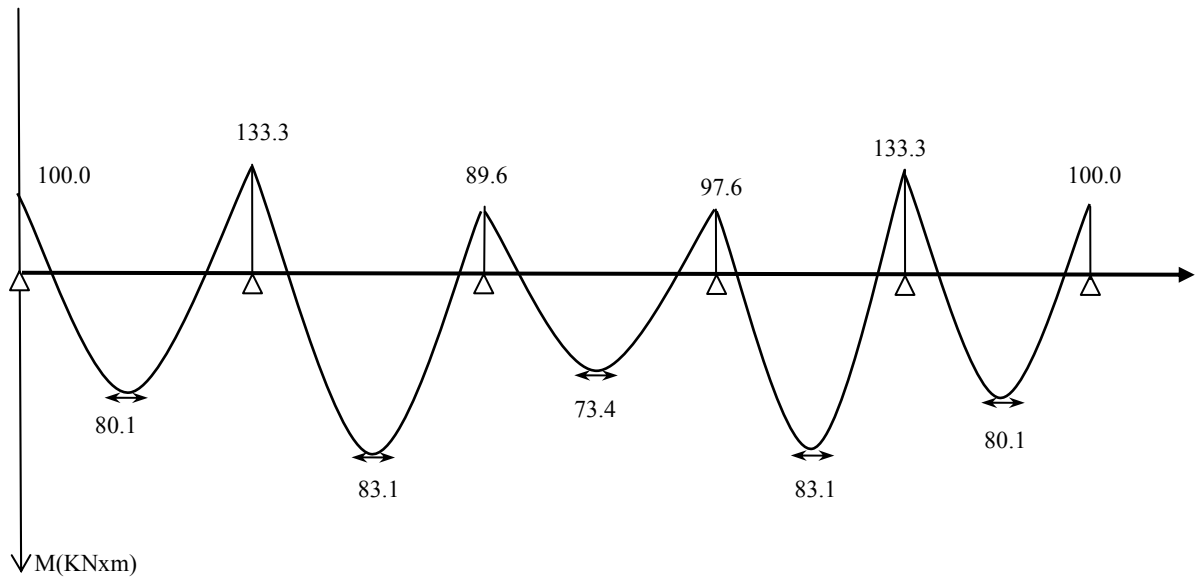
$$\text{Travée (3-4) : } T(0) = 129.5 \text{ KN} \quad ; \quad T(4.6) = -128.8 \text{ KN}$$

$$\text{Travée (4-5) : } T(0) = 130.6 \text{ KN} \quad ; \quad T(4.9) = -132.3 \text{ KN}$$

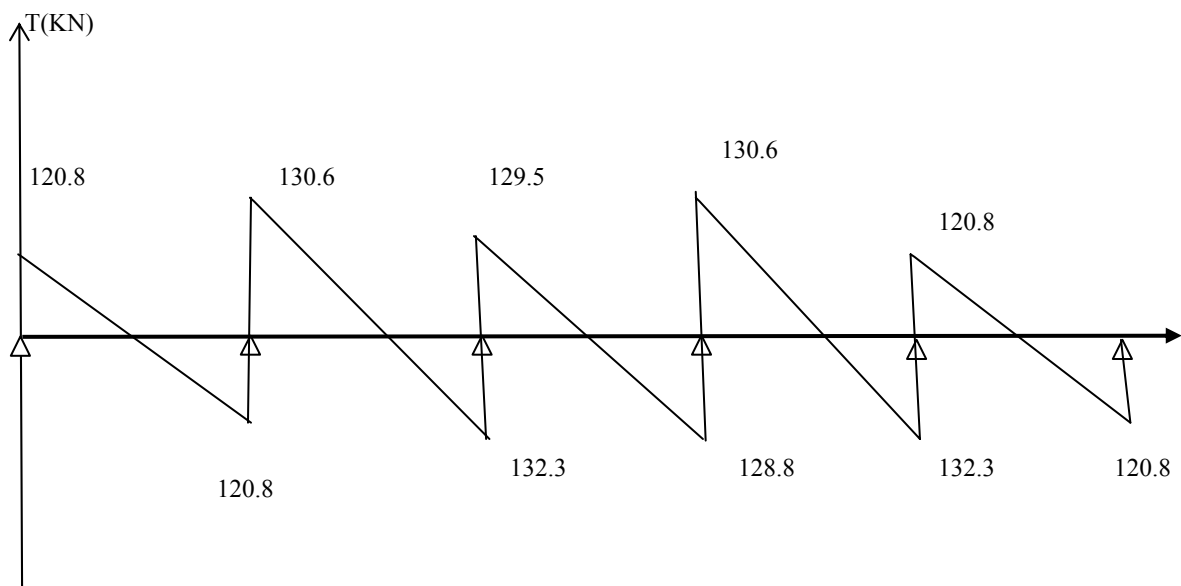
$$\text{Travée (5-6) : } T(0) = 120.8 \text{ KN} \quad ; \quad T(3) = -120.8 \text{ KN}$$

Finalement, pour les diagrammes des moments aux appuis et en travées seront comme suit :

✓ Diagramme des moments fléchissant à ELU :



✓ Diagramme des efforts tranchants à ELU :



A'ELS :

Après résolution du système d'équation on aura :

➤ **En travée :**

$M_{1-2} = 68.1 \text{KNm}$; $M_{2-3} = 71.1 \text{KNm}$; $M_{3-4} = 61.4 \text{KNm}$; $M_{4-5} = 71.1 \text{KNm}$
 $M_{5-6} = 68.1 \text{KNm}$

➤ **Aux appuis :**

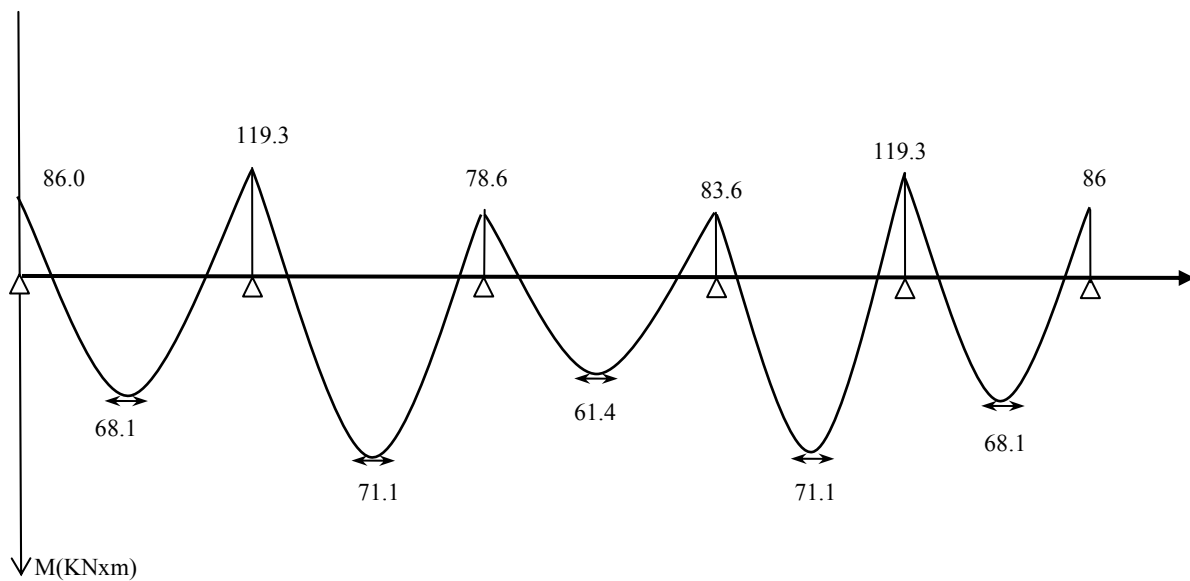
$M_{t1} = -86.0 \text{KN.m}$; $M_{t2} = -119.3 \text{KN.m}$; $M_{t3} = -78.6 \text{KN.m}$
 $M_{t4} = -83.6 \text{KN.m}$; $M_{t5} = -119.3 \text{KN.m}$; $M_6 = -86.0 \text{KN.m}$

- Efforts tranchants :

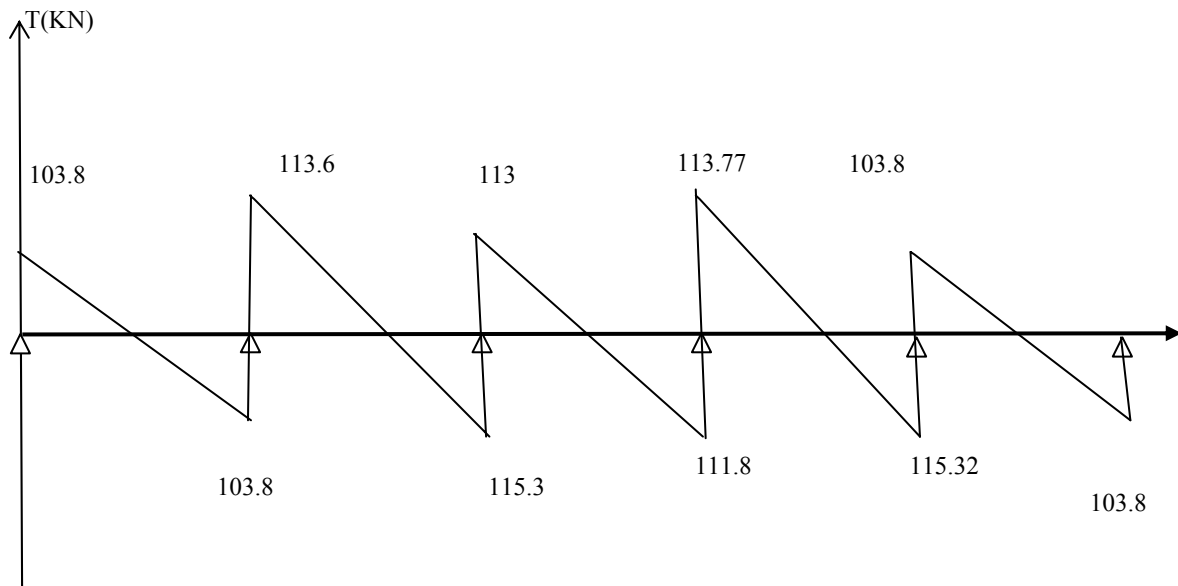
Travée (1-2) : $T(0) = 103.8 \text{KN}$; $T(3) = -103.8 \text{KN}$
 Travée (2-3) : $T(0) = 113.6 \text{KN}$; $T(4.9) = -115.3 \text{KN}$
 Travée (3-4) : $T(0) = 113.0 \text{KN}$; $T(4.6) = -111.8 \text{KN}$
 Travée (4-5) : $T(0) = 113.77 \text{KN}$; $T(4.9) = -115.32 \text{KN}$
 Travée (5-6) : $T(0) = 103.8 \text{KN}$; $T(3) = -103.8 \text{KN}$

Finalement, pour le moment aux appuis et en travées seront comme suit :

✓ **Diagramme des moments fléchissant à ELS :**



✓ Diagramme des efforts tranchants à ELS :



X.9.3.4. Ferrailage : Pour le ferrailage on prend le moment maximal sur appuis et en travées :

$$M_t^{\max} = 83.1 \text{ KN.m.}$$

$$M_a^{\max} = 133.3 \text{ KN.m.}$$

Tableau X.VI : récapitulatif du ferrailage dans le sens longitudinal :

	$M_u^{\max}(\text{KNm})$	μ_R	β	$A_s(\text{cm}^2)$	$A_{\text{adoptée}}(\text{cm}^2)$	Choix des barres
appui	133.3	0.052	0,973	5.87	12.06	6HA16
Travée	83.1	0.032	0,984	3.62	12.06	6HA16

X.10. Vérification :

X.10.1 Vérification de non fragilité :

$$A_{\min} = 0,23bd \frac{f_{c28}}{f_e} = 0,23 \times 40 \times 67 \times \frac{2,1}{400} = 3.24 \text{ cm}^2$$

X.10.2 Vérification de la contrainte tangentielle :

Il faut vérifiée que : $\tau_u = \frac{V_u}{bd} \leq \bar{\tau}_u = \min \left[\frac{0,15 f_{c28}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right] = 2.5 \text{ MPa}$

- **Sens XX :** $\frac{115.32 \times 10}{40 \times 67} = 0.43 < \bar{\tau}_u = 2.5 \text{MPa}$
- **Sens YY :** $\frac{274.33 \times 10}{40 \times 67} = 1.02 < \bar{\tau}_u = 2.5 \text{MPa}$

🚩 **Conclusion :** condition vérifiée suivant les deux sens.

X.10.3. Armatures transversales :

a. Espacement : D'après le RPA 99, les armatures transversales ne doivent pas dépasser la valeur de :

- **En zone nodale :** $S_t \leq \min \left(\frac{h}{4}, 12 \Phi_L \right) = \left(\frac{80}{4}; 12 \times 1,6 \right) = 17.5 \text{cm}.$
Soit $S_t = 10 \text{cm}.$
- **En zone courante:** $S_t \leq \frac{h}{2} = 35 \text{cm}.$

D'après le BAEL, les armatures transversales ne doivent pas dépasser la valeur de $S_t \leq (15 \Phi_{L_{\min}}, 40 \text{cm}, a + 10 \text{cm})$.

Avec $\Phi_{L_{\min}}$: le plus petit diamètre des armatures longitudinales nécessaire à la résistance.

a: la plus petite dimension transversale de la nervure.

➤ Sens X-X :

$$S_t \leq \min (15 \times 1,6, 40 \text{cm}, 40 \text{cm}) = 24 \text{cm}.$$

Soit $S_t = 15 \text{cm}$

➤ Sens Y-Y:

$$S_t \leq \min(15 \times 1,6, 40 \text{cm}, 40 \text{cm}).$$

Soit $S_t = 15 \text{cm}$

🚩 **Conclusion :** d'après les deux prescriptions (RPA, BAEL) on adopte un espacement des armatures dans les deux sens a savoir :

➤ **Zone nodale :** $S_t = 10 \text{cm}.$

➤ **Zone courante :** $S_t = 15 \text{cm}.$

X.10.3. Diamètre :

Le diamètre des armatures transversales Φ_t est défini par : $\Phi_t \geq \frac{1}{3} \Phi_{L_{\max}}$

Avec $\Phi_{L_{\max}}$ est le plus grand diamètre des armatures longitudinales participant à la résistance.

Soit : un diamètre de $\Phi 8 \text{ mm}$

X.10.4. Etat limite de fissuration :

La fissuration est préjudiciable, on doit vérifier alors :

$$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s = \min\left(\frac{2}{3}f_c, 110\sqrt{\eta f_{tj}}\right) = 201,63\text{MPa.}$$

$$\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b = 15 \text{ MPa}$$

❖ Exemple de calcul :

➤ Sens x-x :

Donnés : $M_s=65.18 \text{ KN.m}$, $d=37 \text{ cm}$

$$A_s=12.06 \text{ cm}^2, A_{\min}=3,84 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ser}} = \frac{M_{\text{ser}}}{B_1 \cdot d \cdot A_s} \quad ; \quad \sigma_b = K \sigma_s \leq 15 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{100 \times A_s}{b \times d} = \frac{100 \times 12.06}{100 \times 37} = 0,326 \quad \xrightarrow{\text{tableau}} \quad \begin{cases} B_1 = 0,928 \\ K = \frac{1}{K_1} = 0,018 \end{cases}$$

$$\sigma_{\text{ser}} = \frac{65.18 \times 10^3}{0,928 \times 37 \times 12.06} = 157.4 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_b = 0,018 \times 157.4 = 2.83\text{MPa}$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau X.VII :

Sens		A_s (cm ²)	$A_{(\min)}$ (cm ²)	A_s	M_s (KN.m)	ρ_1	B_1	K	σ_s MPa	$\bar{\sigma}_s$ (MPa)	σ_b (MPa)	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)	Obser
x-x	appuis	5.87	3.24	12.06	119.3	0.24	0.881	0,037	125.69	201,63	4.65	15	Vérifiée
	travées	3.62	3.24	12.06	71.1	0.15	0,896	0.03	117.85	201,63	3.53	15	Vérifiée
y-y	appuis	11.93	3.24	12.06	228.6 4	0.3	0.874	0,04	194.25	201,63	7.77	15	Vérifiée
	travées	5.21	3.24	9.23	101.4 2	0.15	0,896	0.03	168.1	201,63	5,04	15	Vérifiée

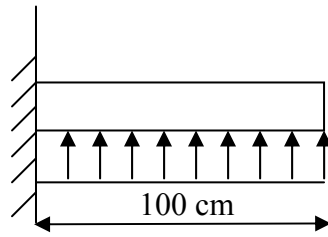
X.10.5. Armatures de peau (BAEL/Art4.5.34) :

On tenant compte du RPA, on utilise les armatures de peau suivantes :

02 barres de **Φ12** avec des épingles **Φ8** comme le montre le schéma de ferrailage des Nervures.

X.11.Ferrailage de débord :

Le débord est assimilé à une console soumise à une charge uniformément répartie. Le calcul se fera pour une bonde de 1 mètre de longueur.



- Schéma statique du débord

X.11.1. Sollicitation de calcul :

- A l'ELU

$$P_u = 14.84 \text{ t/ml}$$

$$M_u = \frac{-P_u \cdot l^2}{2} = \frac{-14.84 \times 1^2}{2} = -1.187 \text{ t.m}$$

- A l'ELS

$$P_s = 10.95 \text{ t/ml}$$

$$M_s = \frac{-P_s \cdot l^2}{2} = \frac{-10.95 \times 1^2}{2} = -0.876 \text{ t.m}$$

X.11.2. Calcul des armatures :

$$b = 1 \text{ m} ; \quad d = 38 \text{ cm} ; \quad f_{bc} = 14.2 \text{ Mpa} ; \quad \sigma_s = 348 \text{ Mpa}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{11.87 \times 10^7}{1000 \times 380^2 \times 14.2} = 0,058 < \mu_r = 0,392$$

$$\mu_u = 0,058 \rightarrow \beta_u = 0,970$$

$$A_u = \frac{M_u}{\beta_u \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{11.87 \times 10^7}{0,970 \times 380 \times 348} = 925.4 \text{ mm}^2 / \text{ml}$$

$$A_u = 9.25 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

X.11.3. Vérification à l'ELU :

$$A_{\min} = \frac{0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 100 \times 38 \times 2.1}{400} = 4.59 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 3,21 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 2,8 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{On adopte } 9\text{HA}12 = 10.18 \text{ cm}^2$$

X.11.4. Calcul de l'espacement :

$$S_t = \frac{A}{9} = \frac{100}{9} = 12 \text{ cm}$$

X.11.5. Armatures de répartition :

$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{9.25}{4} = 2.31 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{On adopte } 4 \text{ HA } 10 / \text{ml}$$

$$S_t = 25 \text{ cm}$$

X.11.6. Vérification à l'ELS :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{1.187}{0.879} = 1,350$$

$$\alpha = 0,005 < \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0,44$$

\Rightarrow Il n'y a pas lieu de faire la vérification des contraintes à l'ELS

X.12 Photo du radier :



X.II. Calcul du voile périphérique de soutènement :

X.II.1 Introduction :

Afin de relier l'infrastructure à la superstructure et réaliser l'encastrement de la structure dans le sol, on prévoit un voile périphérique qui ceinture la structure et retient la totalité des poussées de terre. Le voile forme un caisson rigide capable de remplir avec les fondations les fonctions suivantes :

- Réaliser l'encastrement de la structure dans le sol.
- limiter les déplacements horizontaux relatifs des fondations.

X.II.2 Pré dimensionnement du voile périphérique :

L'épaisseur minimale imposée par le RPA 99 (Article.10.1.2) pour le voile périphérique est de 15 cm, on opte alors pour une épaisseur de 20 cm.

1. Détermination des sollicitations :

Les contraintes qui s'exercent sur la face du voile sont σ_H et σ_V tel que :

$$\sigma_H = K_0 \times \sigma_V$$

Avec :

$$K_0 : \text{Coefficient des poussées de terre au repos} \left(K_0 = \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \right)$$

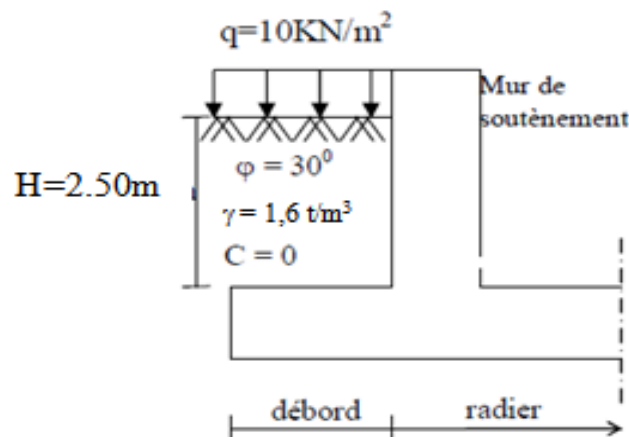
σ_H : Contraintes horizontales.

σ_V : Contrainte verticales.

φ : Angle de frottement interne.

2. Données de calcul (caractéristiques du sol d'implantation de l'ouvrage):

- Surcharge éventuelles $q = 1 \text{ t/ml}$
- Poids volumique des terres $\gamma = 1,6 \text{ t/m}^3$.
- Angle de frottement interne $\varphi = 30^\circ$.
- Cohésion $c = 0$.

**3. Calcul des sollicitations :**

$$K_0 = \frac{1 - \sin 30}{\cos 30} = 0,58 \text{ (pour le sable)}$$

$$\sigma_v = q + \gamma \cdot h \quad \text{avec : } 0 < h < H = 2.5m$$

● **A'ELU :**

$$\sigma_H = K_0 \cdot (1,5 \cdot q + 1,35 \cdot \gamma \cdot h)$$

$$h = 0 \Rightarrow \sigma_H = 0,87 \text{ t/m}^2$$

$$h = 2.50m \Rightarrow \sigma_H = 4.00 \text{ t/m}^2$$

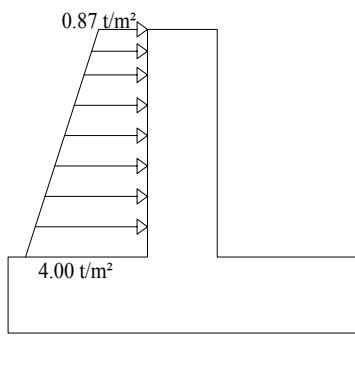
● **A'ELS :**

$$\sigma_H = K_0 \cdot (q + \gamma \cdot h)$$

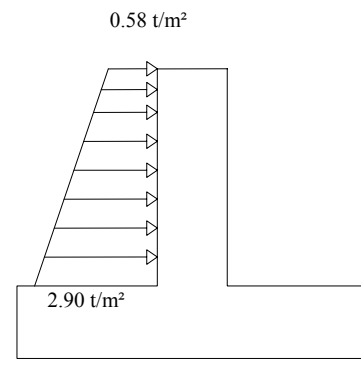
$$h = 0 \Rightarrow \sigma_H = 0,58 \text{ t/m}^2$$

$$h = 7,14m \Rightarrow \sigma_H = 2.9 \text{ t/m}^2$$

4. Diagramme des contraintes



A'ELU



A'ELS

5. Charge moyenne

La charge moyenne à considérer dans le calcul d'une bonde de 1 mètre est :

● **A'ELU :**

$$q_u = \frac{(3 \times \sigma_{\max} + \sigma_{\min}) \times 1}{4} = \frac{(3 \times 4.00 + 0,87) \times 1}{4} = 3.217 \text{ t/ml}$$

● **A'ELS :**

$$q_s = \frac{(3 \times \sigma_{\max} + \sigma_{\min}) \times 1}{4} = \frac{(3 \times 2.90 + 0,58) \times 1}{4} = 2.32 \text{ t/ml}$$

X.II.3 Ferrailage du voile périphérique :

1. Méthode de calcul :

Le voile périphérique de soutènement sera considéré comme un ensemble de dalles continues encastrées de 4 cotés au niveau des nervures, des poteaux, ainsi qu'au niveau des longrines.

2. Détermination des moments

La détermination des moments de flexion se fera à partir de la méthode des panneaux encastrés sur 4 appuis.

Le panneau considéré est un panneau de **rive**, dont l'appui peut assurer un encastrement partiel, et pour tenir compte de la continuité de la dalle on affecte les moments sur appuis par les coefficients suivants :

- Moment en travée 0,85.
- Moment d'encastrement sur les grands coté :
 - 0,35 (appuis de rive).
 - 0,5 (autres appuis).

3. Identification des panneaux :

$$l_x = 3.00 \text{ m} \quad l_y = 3.50 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,00}{3,50} = 0,86 > 0,4 \Rightarrow \text{la dalle travaille dans les deux sens.}$$

$$\rho = 0,86 \Rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,0683 \\ \mu_y = 0,436 \end{cases}$$

$$M_{ox} = \mu_x \cdot q \cdot l_x^2 = 0,0683 \times 3.217 \times 3.00^2 = 1.98 \text{ t.m}$$

$$M_{oy} = \mu_y \cdot M_{ox} = 0,436 \times 1.98 = 0.863 \text{ t.m}$$

4. Correction des moments :**Sens x-x :**

$$\text{Aux appuis: } M_a = 0,35 \cdot M_{ox} = 0,35 \times 1.98 = 0.693 \text{ t.m}$$

$$\text{En travée: } M_t = 0,85 \cdot M_{ox} = 0,85 \times 1.98 = 1.683 \text{ t.m}$$

Sens y-y :

$$\text{Aux appuis: } M_a = 0,5 \cdot M_{oy} = 0,5 \times 0.863 = 0.431 \text{ t.m}$$

$$\text{En travée: } M_t = 0,85 \cdot M_{oy} = 0,85 \times 0.863 = 0.733 \text{ t.m}$$

5. Ferrailage :

➤ Détermination des armatures :

h = 20 cm
 d = 17 cm
 b = 100 cm

$$A_{min} \geq 0,001 \cdot b \cdot h = 0,001 \times 100 \times 20 = 2 \text{ cm}^2 \text{ (RPA 2003/ART 10.1.2)}$$

Tableau X.VIII : Ferrailage du voile périphérique :

Sens	Zone	M _u (t. m)	μ	β	A (cm ² /ml)	A _{min} (cm ²)	A adoptée (cm ²)	S _t (cm)
X-X	Appuis	0.693	0.0169	0.990	1.183	2.00	5HA10/ml=3.92	20
	Travée	1.683	0.0410	0.979	2.90	2.00	5HA10/ml=3.92	20
Y-Y	Appuis	0.431	0.0105	0.995	0.732	2.00	5HA10/ml=3.92	20
	Travée	0.733	0.0179	0.991	1.250	2.00	5HA10/ml=3.92	20

6. Recommandations du RPA 99 :

Le voile doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Les armatures sont constituées de deux nappes.
- Le pourcentage minimum des armatures est de 0,10 %B dans les deux sens (Horizontal et vertical).

Les deux nappes sont reliées par 5 épingles/m² de HA8.

7. Vérification à l'ELS :

On doit vérifier que :

$$\bullet \quad \sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

Si la condition suivante est satisfaite, la vérification des contraintes n'est donc pas nécessaire.

$$\frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} > \alpha, \quad \text{avec : } \gamma = \frac{M_u}{M_s}$$

Tableau X.IX: Vérification des contraintes à l'ELS :

Sens	zone	M _u	M _s	γ	((γ-1)/2)+0,25	α	Observation
X-X	appuis	0.693	0.499	1.389	0.444	0,165	Vérifiée
	travée	1.683	1.212	1.389	0.444	0.180	Vérifiée
Y-Y	appuis	0.431	0.311	1.389	0.442	0,095	Vérifiée
	travée	0.733	0.529	1.386	0.443	0,160	Vérifiée

Donc la vérification des contraintes n'est pas nécessaire.

• **Vérification de la flèche :**

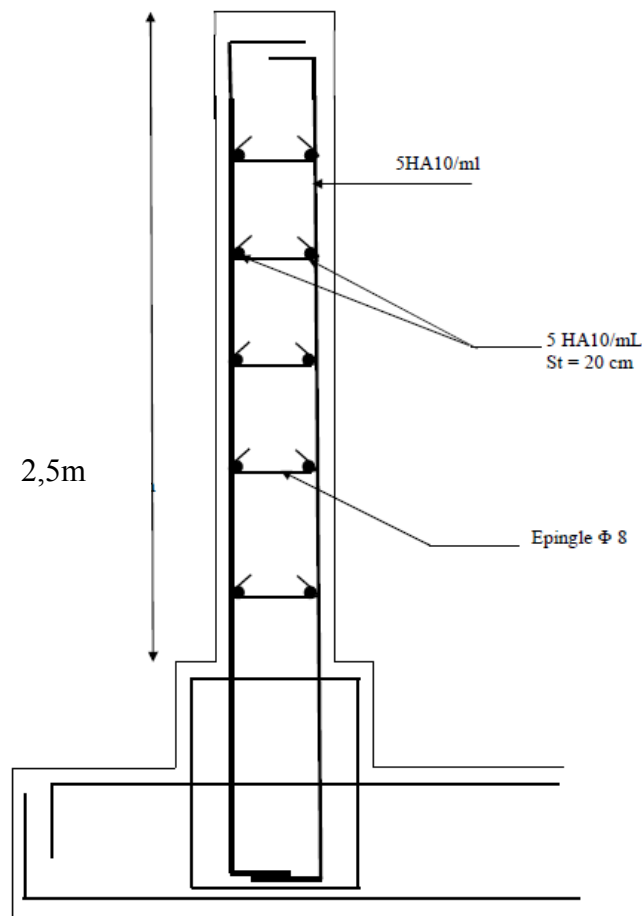
Si les conditions suivantes sont vérifiées, la vérification de la flèche n'est pas nécessaire.

✓ $h/l_x = 20/300 = 0.07 > M_t/M_u \times 20 = 0.85 \times M_u / 20 \times M_u = 0.042 \rightarrow$ **condition vérifiée**

✓ $A_{\text{adopté}} / bd = 3.92 / 100 \times 17 = 0.0023 < 2/300 = 0.0067. \rightarrow$ **Condition vérifiée**

Les conditions sont vérifiées, donc il n'est pas nécessaire de procéder au calcul de la flèche.

X.II.4 Schéma de ferrailage du voile périphérique de soutènement:



Conclusion

- ☞ Ce projet nous a permis de mettre en application les connaissances acquises durant notre cursus universitaire et surtout d'apprendre les différentes techniques de calcul, les concepts et les règlements régissant le domaine étudié.
- ☞ Notons aussi que le calcul d'une structure mixte s'est avéré très intéressant, il est relativement long et complexe, il nécessite l'étude de deux systèmes de contreventement différents qui travaillent conjointement.
- ☞ Pour finir, nous dirons que la construction d'un ouvrage en génie civil est tributaire d'une bonne concordance entre trois critères de base, à savoir, la résistance, la durabilité et l'économie dans le respect des normes.
- ☞ Nous avons fait de notre mieux et nous espérons que ce travail apportera un plus pour les promotions futures.

Et merci

BIBLIOGRAPHIE

- *BAEL 91 règles techniques de conception et de calcul des ouvrages de construction en béton armé suivant la méthode des états limites.*
- *Règle parasismiques Algérienne (RPA 99 Version 2003).*
- *Formulaires du béton armé.*
- *DTR B-C 2-2 charges permanentes et charges d'exploitation.*
- *Cour et TD des années de spécialité.*
- *Mémoire de fin d'étude des promotions précédentes.*