

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie de la Construction
Département de Génie Civil



MEMOIRE

De fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER 2 en Génie civil
OPTION : CCI

Thème

**ETUDE D'UN BATIMENT (R+8) À USAGE
D'HABITATION ET COMMERCIAL À
OSSATURE MIXTE CONTREVENTÉ PAR
VOILES ET PORTIQUES**



Dirigé par :
M^r. ADJRAD

Étudié par :
M^{elle} BOUMGHAR HENIFA
M^{elle} ATTAB LYNDA

Promotion 2011-2012

Remerciements

Nous remercions avant tout Allah de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études.

Au terme de notre travail, il nous est agréable d'exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur M^r ADJRAD pour ses conseils précieux et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail et l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

Nous exprimons aussi notre gratitude à l'ensemble de la famille de Génie civile et le personnel de la bibliothèque.

Sommaire

Chapitre I : Introduction et présentation de l'ouvrage

- I-1) Description de l'ouvrage Page1
- I-2) Caractéristiques mécaniques des matériaux..... Page3
- I-3) Protection des armatures.....Page8

Chapitre II : Pré dimensionnement des éléments

- II-1) Planchers.....Page9
- II-2) Voiles..... Page11
- II-3) Poutres.....Page12
- II-4) Poteaux.....Page14

Chapitre III : Calcul des éléments

- III-2) Acrotère.....Page26
- III-3) Planchers.....Page33
- III-4) Dalle pleine de la salle machine Page76
- III-5) Balcons.....Page87
- III-6) Escaliers.....Page93

Chapitre IV : Etude sous charges verticales

- IV-1) principe de la méthode Page114
- IV-2) exposition de la méthode..... Page114
- IV-3) calcul des rigidités linéaires Page115
- IV-4) calcul des moments fictifs..... Page116
- IV-5) calcul des efforts tranchants et les moments fléchissant Page119

Chapitre V : Etude du contreventement

- V-1) Introduction..... Page203
- V-2) Calcul des rigidités au niveau des portiques Page 203
- V-3) Caractéristiques géométriques des voiles Page 217
- V-4) Centre de torsion des voiles..... Page238
- V-5) Calcul des excentricités Page 245
- V-6) Etude des éléments de contreventement Page253

Chapitre VI : Etude au séisme

- VI-1) Introduction.....Page266
- VI-2) Choix de la méthode de calcul Page268
- VI-3) détermination de la pulsation propres.....Page273
- VI-4) Données du programme..... Page275
- VI-5) Calcul de la force sismique totale Page 288

Chapitre VII : Etude sous charge horizontale

- VII-1) Introduction Page292
- VII-2) calcul de l'effort revenant à chaque portique pour chaque niveau...Page292

Chapitre VIII : Les combinaisons d'actions

VIII-1) Introduction.....	Page355
VIII-2) Les combinaison de BAEL 91.....	Page255

Chapitre IX : Ferrailage de la structure

IX-1) Ferrailage des portiques	Page414
IX-1-1) Ferrailage des poutres.....	Page414
IX-2) Ferrailage des poteaux.....	Page439
IX-3) Ferrailage des voiles	Page452
IX-4) Etude des linteaux	Page472

Chapitre X : Etude de l'infrastructure

X-1) Introduction.....	Page481
X-2) Différentes fonctions des fondations.....	Page481
X-3) Différents types de fondations.....	Page481
X-4) Choix du type de fondations.....	Page482
X-5) Etude de sol.....	Page482
X-6) Semelles continues sous voiles et sous poteaux.....	Page482
X-7) Etude de radier générale.....	Page485
X-7-5) Ferrailage du radier.....	Page492
X-7-6) Ferrailage des nervures.....	Page499

Chapitre XI : Etude du mur de soutènement :

XI-1) Introduction.....	Page502
XI-2) Méthode de calcul.....	Page502
XI-3) Calcul des sollicitations.....	Page502
XI-4) Calcul des efforts internes.....	Page503
XI-5) Calcul des armatures à L'ELU.....	Page503
XI-6) Vérification à L'ELS.....	Page504
XI-7) Recommandations du RPA.....	Page504

Conclusion

Bibliographie.

Introduction générale

L'option « bâtiment » donne des connaissances supérieures dans le domaine de calcul des structures et des matériaux béton et acier, pour les constructions neuves mais également elle permet de maîtriser les techniques de réhabilitation des bâtis anciens et de second œuvre.

Au cours de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude d'un bâtiment en (R+8) à usage d'habitation et commercial.

Malgré l'utilisation de l'informatique qui permet de maîtriser la technique des éléments finis adaptée au bâtiment, nous avons choisi la méthode manuelle qui va nous permettre de comprendre mieux les différentes étapes et méthodes de calcul afin d'assurer notre rôle.

Bibliographie

- **Jean-Pierre MOUGIN, Béton armé, BAEL 91 modifié 99 et DTU associés, 2ème édition 2000**
- **(DTR B-C2-2) charges permanentes et charges d'exploitations**
- **Règles parasismiques Algériennes (RPA 99/ Version 2003)**
- **Mr BELAZOUGUI : Calcul des ouvrages en béton armé**
- **YACINE CHERAIT : Calcul des ouvrages en béton armé, OPU**
- **P .CHARON, Calcul des ouvrages en béton armé**
- **H. RENAUD, Technologie de le bâtiment Gros oeuvre, OUVRAGES-EN**
- **BÉTON ARME, Les éditions FOUCHER, (2002)**
- **H. RENAUD et J.LAMIRAULT, Bâtiment et Génie Civil, Béton Armé, Guide de calcul, Les éditions FOUCHER, (1993)**
- **VICTOR DAVIDOVICI, Formulaire du béton armé, Volume 1 : Calcul**
- **MILAN ZACEK, Conception parasismique, Niveau - avant projet**
- **M. DIVER, Calcul pratique des tours en béton armé, calcul des Refends.**
- **Cours et TD des années précédentes**

Sommaire

Chapitre I : Introduction et présentation de l'ouvrage

- I-1) Description de l'ouvrage Page1
- I-2) Caractéristiques mécaniques des matériaux..... Page3
- I-3) Protection des armatures.....Page8

Chapitre II : Pré dimensionnement des éléments

- II-1) Planchers.....Page9
- II-2) Voiles..... Page11
- II-3) Poutres.....Page12
- II-4) Poteaux.....Page14

Chapitre III : Calcul des éléments

- III-2) Acrotère.....Page26
- III-3) Planchers.....Page33
- III-4) Dalle pleine de la salle machine Page76
- III-5) Balcons.....Page87
- III-6) Escaliers.....Page93

Chapitre IV : Etude sous charges verticales

- IV-1) principe de la méthode Page114
- IV-2) exposition de la méthode..... Page114
- IV-3) calcul des rigidités linéaires Page115
- IV-4) calcul des moments fictifs..... Page116
- IV-5) calcul des efforts tranchants et les moments fléchissant Page119

Chapitre V : Etude du contreventement

- V-1) Introduction..... Page203
- V-2) Calcul des rigidités au niveau des portiques Page 203
- V-3) Caractéristiques géométriques des voiles Page 217
- V-4) Centre de torsion des voiles..... Page238
- V-5) Calcul des excentricités Page 245
- V-6) Etude des éléments de contreventement Page253

Chapitre VI : Etude au séisme

- VI-1) Introduction.....Page266
- VI-2) Choix de la méthode de calcul Page268
- VI-3) détermination de la pulsation propres.....Page273
- VI-4) Données du programme..... Page275
- VI-5) Calcul de la force sismique totale Page 288

Chapitre VII : Etude sous charge horizontale

- VII-1) Introduction Page292
- VII-2) calcul de l'effort revenant à chaque portique pour chaque niveau...Page292

Chapitre VIII : Les combinaisons d'actions

VIII-1) Introduction.....	Page355
VIII-2) Les combinaison de BAEL 91.....	Page255

Chapitre IX : Ferrailage de la structure

IX-1) Ferrailage des portiques	Page414
IX-1-1) Ferrailage des poutres.....	Page414
IX-2) Ferrailage des poteaux.....	Page439
IX-3) Ferrailage des voiles	Page452
IX-4) Etude des linteaux	Page472

Chapitre X : Etude de l'infrastructure

X-1) Introduction.....	Page481
X-2) Différentes fonctions des fondations.....	Page481
X-3) Différents types de fondations.....	Page481
X-4) Choix du type de fondations.....	Page482
X-5) Etude de sol.....	Page482
X-6) Semelles continues sous voiles et sous poteaux.....	Page482
X-7) Etude de radier générale.....	Page485
X-7-5) Ferrailage du radier.....	Page492
X-7-6) Ferrailage des nervures.....	Page499

Chapitre XI : Etude du mur de soutènement :

XI-1) Introduction.....	Page502
XI-2) Méthode de calcul.....	Page502
XI-3) Calcul des sollicitations.....	Page502
XI-4) Calcul des efforts internes.....	Page503
XI-5) Calcul des armatures à L'ELU.....	Page503
XI-6) Vérification à L'ELS.....	Page504
XI-7) Recommandations du RPA.....	Page504

Conclusion

Bibliographie.

Remerciements

Nous remercions avant tout Allah de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études.

Au terme de notre travail, il nous est agréable d'exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur M^r ADJRAD pour ses conseils précieux et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail et l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

Nous exprimons aussi notre gratitude à l'ensemble de la famille de Génie civile et le personnel de la bibliothèque.

Conclusion

Arrivés au terme de notre travail, ce projet de fin d'études nous a permis de mettre en pratique une partie des connaissances théoriques acquises durant notre formation en nous basant sur les documents techniques et même d'application des règlements et de certaines méthodes, de mettre en évidence quelques principes de base qui doivent être pris en considération dans la conception des structures en béton armé.

D'après l'étude que nous avons faite, il convient de souligner les points Suivants :

- Dans la conception parasismique, il est important que l'ingénieur aboutisse à une conception plus adéquate -dans la mesure du possible- vis-à-vis de l'architecture et une sécurité parasismique sans surcoût important ;
- La forme irrégulière de la structure étudiée a été un facteur très négatif qui nous a limité les possibilités quant à la disposition optimale des voiles ;
- Il est indéniable que l'étude dynamique constitue une étape déterminante dans la conception parasismique des structures ;
- Le séisme en tant que chargement dynamique reste l'une des plus importante et dangereuse action à considérer dans le cadre de la conception et calcul des structures ;
- Les structures à contreventement mixtes (dont la disposition est optimale) travaillent conjointement quant à la reprise des efforts sismiques.

Toutefois, en prenant conscience de l'évolution considérable qu'a connue le domaine du génie civil ainsi que les exigences technologiques et économiques (délai et coût de réalisation) de notre époque, il serait préférable de faire appel à des logiciels de calcul tridimensionnel de structures qui sont rapides, faciles à utiliser et plus proches de la réalité pratique.

Chapitre I

Présentation de l'ouvrage

I. Introduction :

I.1 Généralités :

L'étude de structure est une étape clef et un passage obligé dans l'acte de bâtir. Cette étude vise à mettre en application les connaissances acquises durant les cinq années.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous avons procédé au calcul d'un bâtiment comportant un RDC à usage commerciale et huit étages à usage d'habitation, dont le système contreventement est un système mixte.

Le bâtiment qui fait l'objet de cette étude ,est implanté à AZAZGA dans la wilaya de TIZI-OUZOU , c'est – à – dire zone IIa , qu'est considérée d'après le règlement parasismique algérien(RPA 99 révision 2003) et le règlement du béton aux états limites(BAEL91 modifies 99)

I.1.1 Présentation de l'ouvrage :

Le projet d'étude comporte :

- Un réez de chaussée à usage commercial.
- 08 étages à usage d'habitation
- 01 cage d'escalier
- 01 cage d'ascenseur

I.1.2 Caractéristique géométrique de l'ouvrage :

- Hauteur total.....32,81m
- Longueur total d'un bâtiment.....24,10m
- Largeur total d'un bâtiment.....16,50m
- Hauteur du réez de chaussée.....4, 08m
- Hauteur d'étage courant.....3,06m
- Acrotère.....0, 40m

I.2 Elément composant la superstructure :

I.2.1 Les planchers :

- Ils assurent deux fonctions :

- Les résistances mécaniques : ils supportent leurs poids propres et les surcharges en les transmettant aux éléments porteurs de l'ouvrage.
- L'isolation : ils isolent thermiquement et acoustiquement les différents étages ; pour l'assurance du confort et de la protection des occupants

Dans notre projet, on distingue un seul type de planchers. Ces derniers sont constitués d'un corps creux d'une dalle de compression reposant sur des poutrelles préfabriquées disposées suivant le sens parallèle à la petite portée. D'étanchéité d'une forme de pente 0,1% en mortier pour évacuer les eaux pluviales.

I.2.2 Ossature :

Le contreventement de l'ouvrage est assuré par deux types :

- Contreventement par portique : c'est une ossature constituée de poteaux et poutres destinés essentiellement à reprendre les charges et les surcharges verticales.
- Contreventement par voile : composé par des éléments verticaux en béton armé disposés dans les deux sens, assurant la stabilité sous l'action des charges horizontales et verticales.

I.2.3 Escaliers :

Sont des éléments qui assurent l'accès d'un niveau à un autre, le bâtiment comporte une cage d'escaliers de service à 3 volées et deux paliers réalisés en béton armé.

I.2.4 L'ascenseur :

Le bâtiment comporte une cage d'ascenseur réalisée en voile.

I.2.5 Cloisons :

-**Murs de façade** : ils sont réalisés en double cloisons en brique creuse de 15cm d'épaisseur pour la paroi extérieure et 10cm pour la paroi intérieure avec une lame d'air de 5cm permettant l'isolation thermique.

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

I.2.6) Les revêtements :

-Plâtre pour les cloisons et les plafonds.

-Mortier de ciment pour les faces extérieures des murs de façades, cage d'escalier.

-Carrelage pour les planchers et les escaliers.

-Céramique pour les murs de cuisine et les salles d'eau.

I-3) Système de coffrage :

On utilise un coffrage tunnel pour la réalisation simultanée des éléments verticaux (voiles) et horizontaux (dalles) qui est un coffrage métallique composé de plusieurs panneaux solidarités formant ainsi une coquille, ce type de coffrage présente plusieurs avantages :

- Rentabilité de chantier.
- Réalisation rapide des travaux.
- Sécurité de la main d'œuvre
- Réduction des opérations manuelles.

I-4) Les caractéristiques mécaniques des matériaux :

I-4-1) Béton :

a) Définition :

Il sera fabriqué en fonction des matériaux utilisés pour l'établissement des projets, dans les cas courants, un béton est défini par une valeur de sa résistance à la compression qu'à la traction.

b) Dosage du béton :

Le béton sera fabriqué selon la composition suivante :

Ciment : 350kg /m³ dosage et CPJ 325 (ciment portant artificiel).

Granulat : - 400kg de sable propre.

-800kg de gravier.

Eau : les caractéristiques de l'eau de gâchage pour la réalisation du béton, il doit être propre, c'est-à-dire ne pas contenir de matières en suspension dans les proportions suivantes :

-2g/l concernant les bétons de haute qualité.

-5g/l concernant les bétons courants.

c) Résistance caractéristique du béton :

- Résistance à la compression :

Le béton est défini par sa résistance à la compression, les résistances obtenues dépendent de sa composition, on utilise le plus souvent la valeur à 28j maturité : f_{c28} on adoptera les valeurs à jours définies à partir de f_{c28} par : (**Art A.2.1, 11BAEL91** modifier 99)

$$\left\{ \begin{array}{l} j \leq 28 \text{ jours} \rightarrow f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83 j} \cdot f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} < 40 \text{ Mpa} \\ j \leq 28 \text{ jours} \rightarrow f_{cj} = \frac{j}{1,4 + 0,95 j} \cdot f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} > 40 \text{ Mpa} \\ j > 28 \text{ jours} \rightarrow f_{cj} = f_{c28} = 25 \text{ Mpa} \end{array} \right.$$

- **Résistance à la traction :**

La résistance à la traction du béton à j jours, noté f_{tj} est définie par la relation :

$$F_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj} \quad \text{Si } f_{cj} \leq 60 \text{ Mpa} \quad (\text{Art 2.1, 12 BAEL 91 modifier 99})$$

Dans notre cas : $f_{t28} = 0.6 + 0.06 (25) = 2,1 \text{ Mpa}$

- **Contraintes limites**

*Contrainte limite ultime à la compression notée f_{bc} :

$$F_{bc} = \frac{0,85 * f_{cj}}{\theta * \gamma_b}$$

Avec : θ : Coefficient qui est en fonction de la durée d'application :

$$\theta = \begin{cases} 1 & \text{lorsque la durée probable d'application} > 24 \text{ heures.} \\ 0,9 & \text{lorsque } 1 \text{ heure} \leq \text{la durée probable d'application} \leq 24 \text{ heures.} \\ 0,85 & \text{lorsque la durée probable d'application} < 1 \text{ heure.} \end{cases}$$

γ_b : Coefficient de sécurité, pour tenir compte d'éventuels défauts localisés dans la masse du béton qui entraîne la diminution de la résistance.

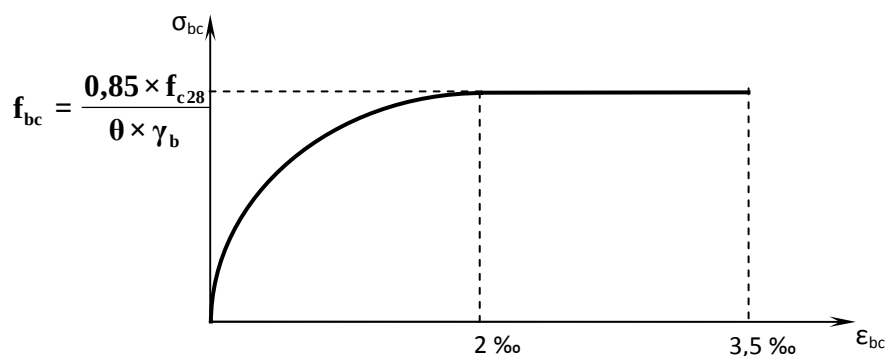
$\gamma_b = 1,5$ Situation durable ou transitoire (SDT) $\rightarrow f_{bc} = 17 \text{ Mpa}$

$\gamma_b = 1,15$ Situation accidentelle (SA) $\rightarrow f_{bc} = 22,17 \text{ Mpa}$

Nous adaptons le diagramme parabole rectangle définie ci-dessous :

$0 \leq \sigma_{bc} \leq 2\text{‰}$ compression pure avec (raccourcissement du béton)

$2\text{‰} \leq \sigma_{bc} \leq 3,5\text{‰}$ compression avec flexion



FigI.1 : Diagramme contrainte-déformation du béton (ELU)

✓ **Contrainte limite de service à la compression notée $\bar{\sigma}_{bc}$:**

Qui sont définis compte tenu des conditions d'exploitation ou de durabilité, on distingue :

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

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28}$$

$$\text{Au } 28^{\text{em}} \text{ jours} \rightarrow \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ Mpa}$$

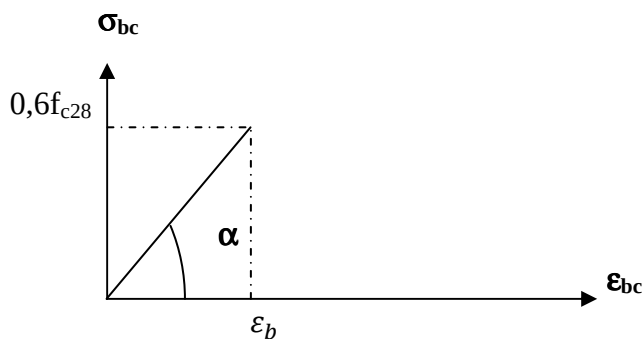


Fig I-2) : Diagramme Contrainte - Déformation du béton (ELS)

✓ **Contrainte limite de cisaillement τ_u : (BAEL 91 modifiés 99 Art.5.1.2)**

$$\tau_u = \frac{T_u}{b d}$$

$$\text{— Fissuration non préjudiciable} \rightarrow \tau_u = \min\left(0,2 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}; 5 \text{ MPa}\right)$$

— Fissuration préjudiciable ou très préjudiciable FP ou FTP →

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

✓ **Module de déformation longitudinale :**

-Module de déformation instantanée : (BAEL 91, Art. A-2-2-2) :

Pour une charge d'une durée d'application < 2h

$$E_{ij} = 11000 \times \sqrt[3]{f_{c28}} \quad \Rightarrow \quad E_{ij} = 32164,20 \text{ MPa}$$

✓ **Module de déformation différée :**

Pour une longue durée d'application de charge :

$$E_{vj} = 3700 \times \sqrt[3]{f_{c28}} = \frac{E_{ij}}{3} \Rightarrow E_{ij} = 10818.87 \text{ MPa}$$

✓ **Module de déformation transversale :**

Le module de déformation transversale, donnée par la formule suivante :

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Avec : G : module de Young (module d'élasticité)

✓ **Coefficient de poisson :**

C'est le rapport entre la déformation relative transversale et la déformation relative longitudinal dans les valeurs son donne par :

ν : Coefficient de Poisson donné par l'article A2.1.3 du BAEL 91.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \nu = 0 & \text{Pour le calcul des sollicitations à L'ELU.} \\ \nu = 0,2 & \text{Pour le calcul des déformations à L'ELS.} \end{array} \right.$$

I-5) Acier :**I-5-1) Généralités :**

Les armatures d'un béton armé sont des aciers qui se distinguent par leur nuances et leurs états, ils sont utilisés pour équilibrer les efforts de traction ou le béton résiste mal, on distingue :

- **Les ronds lisses :**

Caractérisés par une limite élastique de 215 Mpa et 235 Mpa.

- **Les aciers de haute adhérences de type 1 :**

Ce type d'acier à une limite d'élasticité garantie de 400 Mpa et un allongement à la rupture de 14%.

- **Les aciers de haute adhérences de type 2 :**

Ce type d'acier à une limite d'élasticité garantie de 500 Mpa et un allongement à la rupture de 12%.

- **Treillis soudé :**

*Les types d'acier ont les mêmes comportements élastiques, donc un même module de Young $E_s = 2 \cdot 10^5$ Mpa :

a) Module d'élasticité longitudinal de l'acier : (Art A.2.2.1/BAEL 91 modifier 99)

Sont utilisés pour le ferrailage des éléments plans tel que voiles et dalles, ce type d'acier à une valeur constante quelle que soit la nuance de l'acier. $E_s = 200000$ Mpa.

b) Coefficient de poissant des aciers :

Le coefficient de poissant ν pour les aciers pris égale à 0,3

- **Etat limite ultime ELU :**

Pour le calcul on utilise le diagramme contrainte-déformation

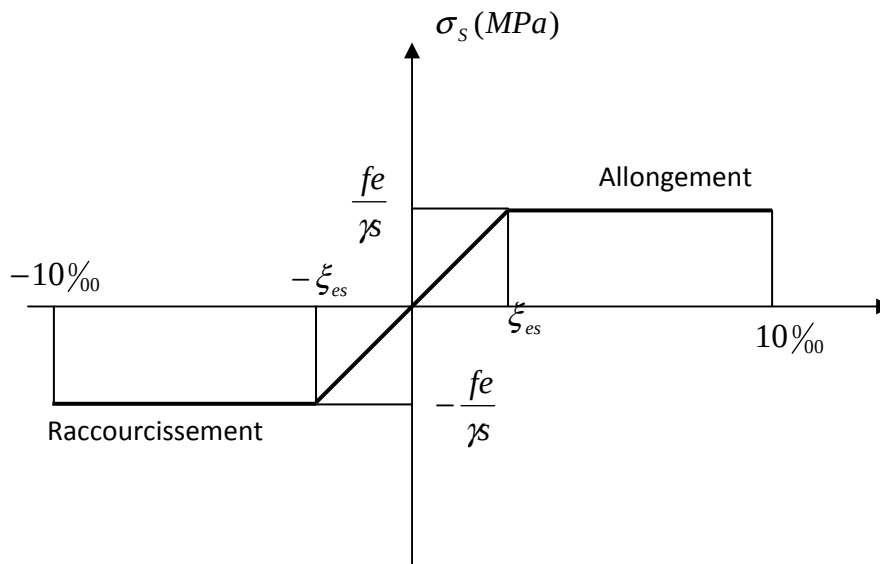


Fig I.3 : Diagramme Contrainte – Déformation de l'acier.

- **Etat limite de service "E.L.S":**

La contrainte limite varie selon le type de fissuration :

Pour limiter la fissuration, il convient dans la mesure du possible :

- De n'utiliser les gros diamètres que dans les pièces suffisamment épaisses.
- D'éviter les très petits diamètres dans les pièces exposées aux intempéries.
- De prévoir le plus grand nombre de barre compatible, avec une mise en place correcte du béton, et avec la règle ci-dessus relative aux petits diamètres (**ART 4.5, 32 BAEL 91 modifies99**).
- Fissuration peu préjudiciable (FPP) : $\overline{\sigma_s} = \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$
- Fissuration préjudiciable: $\sigma_s = \text{Min} \left(\frac{2}{3} f_e ; \text{Max} (0,5f_e ; 110 \sqrt{nftj}) \right)$
- Fissuration très préjudiciable : $\sigma_s \leq 0,8\xi$

Avec η : coefficient de fissuration tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta=1 \text{ pour des ronds lisses.} \\ \eta=1.6 \text{ pour des aciers H.A} \end{array} \right.$$

I-6) : Protection des armatures :

Pour éviter les problèmes de corrosion des aciers, il convient de les enrober par une épaisseur de béton suffisante, on doit veiller à ce que l'enrobage (c) des armatures soit conforme aux prescriptions suivantes : (**Art A.7.1/BAEL91 modifiées 99**)

- $C \geq 5 \text{ cm}$: Pour les éléments exposés à la mer, aux embruns ou aux brouillards salins ainsi que pour les éléments exposés aux atmosphères très agressives.
- $C \geq 3 \text{ cm}$: Pour les éléments situés au contact d'un liquide (réservoir, tuyaux, canalisations)
- $C \geq 1 \text{ cm}$: Pour les parois situées dans des locaux non exposés aux condensations.



Chapitre II

Pré dimensionnement des éléments

II) Introduction :

Le pré-dimensionnement a pour but, le pré calcul des sections des différents éléments résistants de la structure et de déterminer l'ordre de grandeur au niveau coffrage de chaque élément constituant l'ouvrage. Il sera fait selon les règles techniques CBA93 et le RPA99 et dont le but est d'arriver à déterminer des épaisseurs économiques afin d'éviter un sur cout d'acier et du béton.

II-1) pré dimensionnement des éléments :**II-1-1) les planchers :**

Les planchers sont des aires horizontales limitant les différents niveaux d'un bâtiment, ils doivent être conçus de manière à :

- Transmettre les efforts horizontaux aux différents éléments de contreventement et la répartition des charges et surcharges sur les éléments porteurs.
- Participer à la résistance des murs des ossatures aux efforts horizontaux.
- Offrir une isolation thermique et acoustique entre les différents étages.

Dans notre projet on prend un plancher d'un corps creux et d'une dalle de compression reposant sur des poutrelles préfabriquées, disposées suivant la petite portée.

➤ Planchers en corps creux :

L'épaisseur du plancher est déterminée à partir de la formule suivante :

$$h \geq \frac{l}{22,5} \quad (\text{condition de la flèche})$$

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

$$L = 510 - 25 = 485 \text{ cm} \quad h_t \geq \frac{485}{22,5} = 21,55 \text{ cms}$$

On opte pour un plancher de (20 + 5) ⇒ $h_t = 25$.

D'où l'épaisseur de corps creux est de 20cm et l'épaisseur de la dalle de compression est de 5cm.

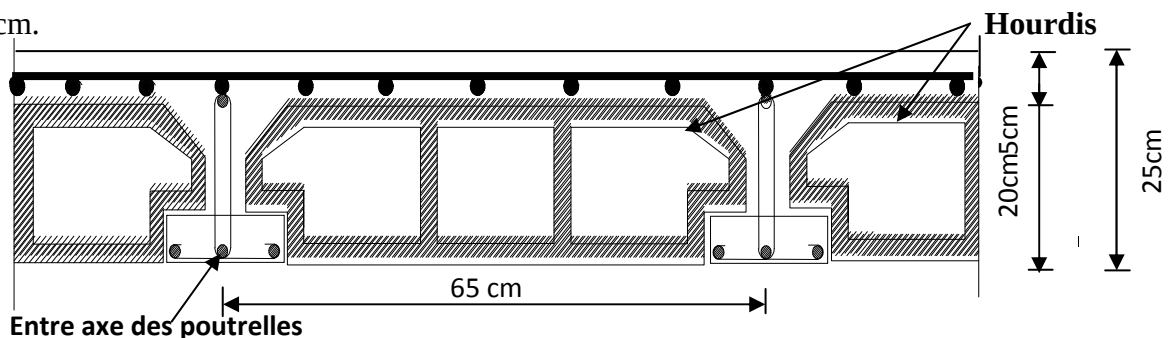


Figure II-1 : coupe d'un plancher en corps creux.

II-2) Les voiles :

Les voiles sont des éléments rigides en béton armé coulés sur place.

Ils sont destinés à assurer la stabilité de l'ouvrage sous l'effet d'un chargement horizontal (fonction de contreventement) d'une part, et à reprendre une partie des charges verticales d'autre part (fonction porteuse).

Ils sont considérés comme des voiles de contreventement si les conditions suivantes sont vérifiées :

h_e : hauteur du voile

h : hauteur d'étage courant

$h_e = h - \text{épaisseur dalle}$

$h_e = 4,08 - 0,25 = 3,83\text{m}$

$a = \max\left(\frac{h_e}{25}, \frac{h_e}{22}, \frac{h_e}{20}\right)$ donc : $a \geq (0,15, 0,17, 0,19)$

Donc : $a = 20\text{cm}$

II-2-1) Vérification des exigences du (RPA 99 Art 7.7.1)

Les voiles satisfaisant à la condition suivante sont considérés comme voile de contreventement.

$L_{\min} \geq 4x_a$ avec $L_{\min}$ portée des voiles.

$L_{\min} = 150 \geq 4 \times 20 = 80\text{cm} \dots \dots \dots$ condition vérifiée

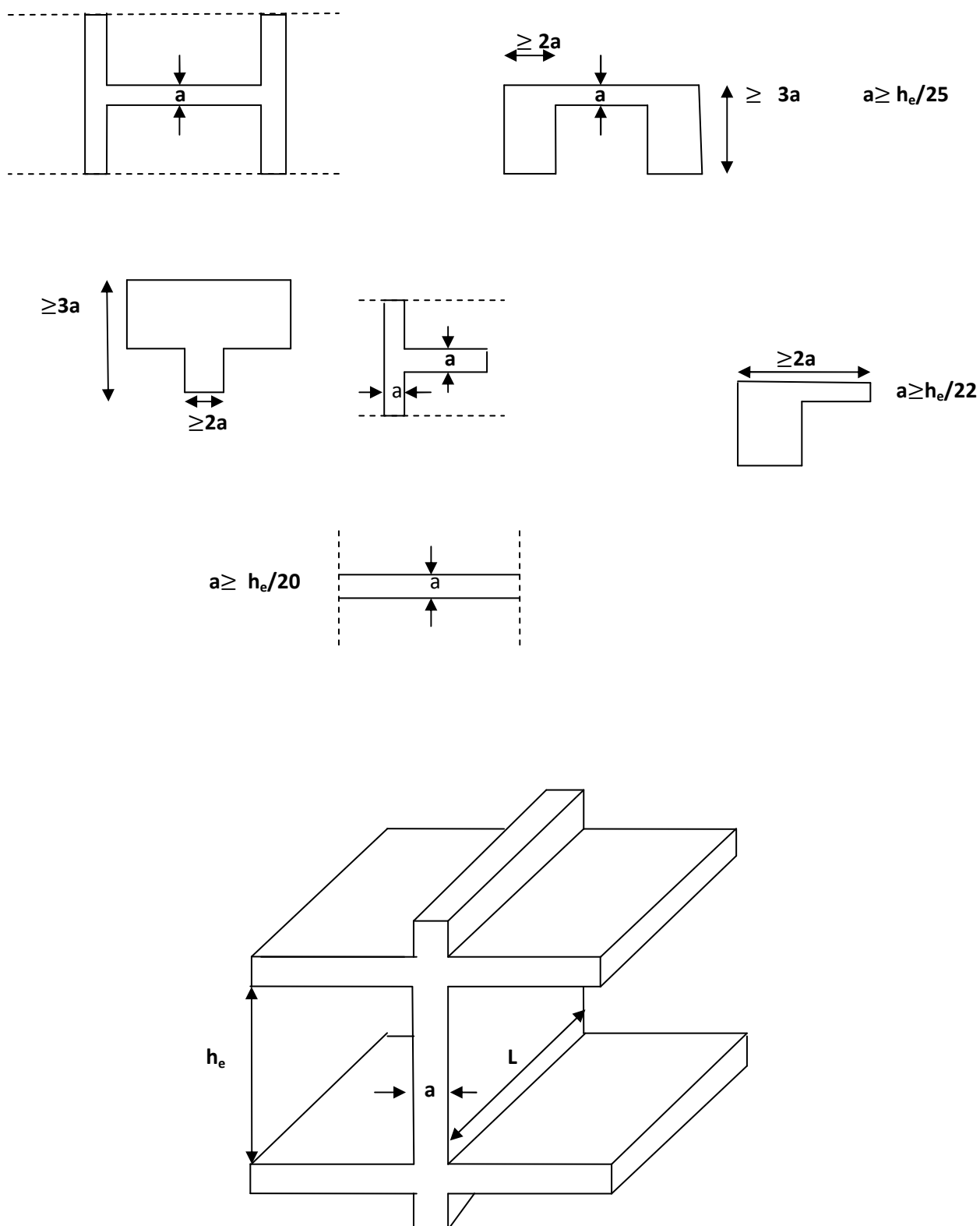


Fig. II.2 : Coupe de voile en élévation.

II-3) Les poutres :

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux, elles supportent les charges verticales des planchers et les transmettent aux poteaux.

Le pré dimensionnement des poutres sera effectué selon CBA93 comme suite :

$$\frac{L}{15} \leq h_t \leq \frac{L}{10}$$

$$0,4 h_t \leq b \leq 0,7h$$

L : la plus grande portée des poutres.

a/ Les poutres principales :

La hauteur : elle est donnée par la formule suivant :

$$L = 560 - 25 = 535 \text{ cm.}$$

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$$

$$\frac{535}{15} \leq h \leq \frac{535}{10} \Rightarrow 35,66 \leq h \leq 53,5$$

On prend : $h = 40 \text{ cm}$

La largeur : elle est donnée par la formule suivant :

$$0,4h \leq b \leq 0,7h$$

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

$$\Rightarrow 16 \text{ cm} \leq b \leq 28 \text{ cm}$$

On prend : $b = 30 \text{ cm}$

b/ les poutres secondaires

la hauteur : elle donnée par la formule suivant :

$$L = 510 - 25 = 485 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$$

$$\frac{485}{15} \leq h \leq \frac{485}{10} \Rightarrow 32,33 \leq h \leq 48,5$$

On prend : $h = 35 \text{ cm}$

La largeur : elle est donnée par la formule suivant :

$$0,4 h \leq b \leq 0,7 h \Rightarrow 0,4 \times 35 \leq b \leq 0,7 \times 35$$

$$\Rightarrow 14 \text{ cm} \leq b \leq 24,5 \text{ cm}$$

On prend $b = 30 \text{ cm}$

➤ **Vérification des conditions (RPA 99/ Art7.5.1).**

Pour les poutres principales

$$b = 30 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{ vérifiée}$$

$$h_t = 40 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{ vérifiée}$$

$$h_t/b = 1,6 \leq 4 \dots\dots\dots \text{ vérifiée}$$

Pour les poutres secondaires

$$b = 30 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{ vérifiée}$$

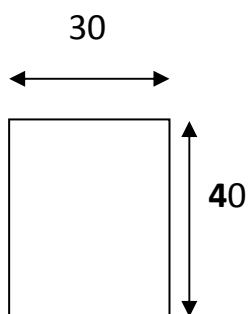
$$h_t = 35 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{ vérifiée}$$

$$h_t/b = 1,5 \leq 4 \dots\dots\dots \text{ Vérifiée}$$

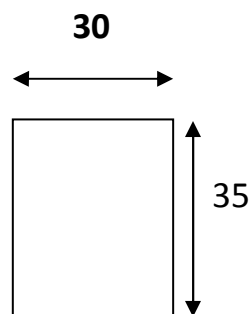
Conclusion : on opte les sections suivantes :

Poutre principale : (bxh) (30x40) en cm^2

Poutre secondaire : (bxh) (30x35) en cm^2



Poutre principale



Poutre secondaire

II-4) Les poteaux :

Le dimensionnement des poteaux se fait par la descente de charge , à L'ELS en compression simple en considérant un effort N qui sera appliqué sur la section du béton du poteau le plus sollicité, cette section transversale est donnée par la relation suivante :

$$S \geq N / \sigma_{bc}$$

S : section transversale du poteau

N_s : effort normale de la compression à la base du poteau.

σ_{bc} : Contrainte limite à la compression du béton.

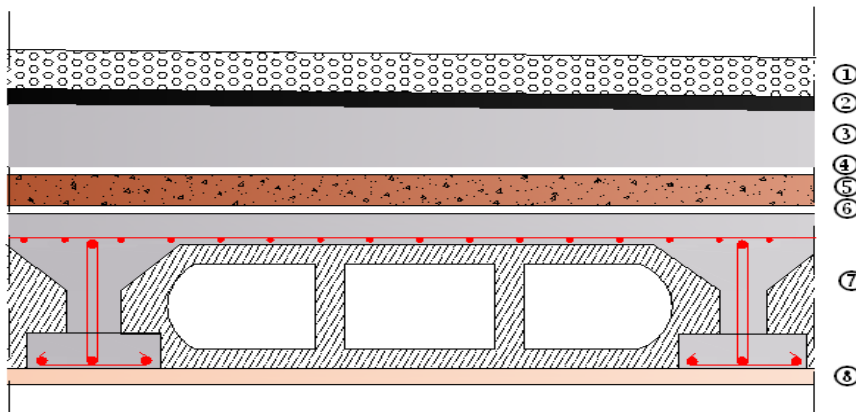
II-5) Descente de charge :**II-5-1) Déterminer des charges et surcharges :****a) Charge permanente :****❖ Plancher terrasse inaccessible :**

Fig. II.3 : coupe verticale du plancher terrasse

N°	Elément	Epaisseur (m)	Poids volumique (KNm^3)	La charge (KN/m^2)
1	Couche de gravier roulé (15/25)	0,05	20	1,00
2	Etanchéité multicouches	0,02	6	0,12
3	Forme de pente en béton	0,1	22	2,00
4	Feuille de polyanne	-	-	0,01
5	Isolation thermique (liège)	0,04	4	0,16
6	Plancher en corps creux	0,25	-	2,85
7	Enduit de plâtre	0,02	10	0,20
				$G = 5,8$

❖ Plancher d'étage courant :

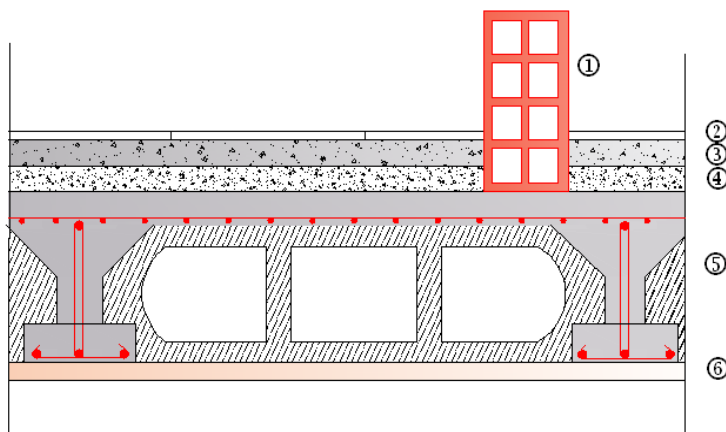


Fig II.4 : coupe verticale d'un plancher d'étage courant

Elément	Epaisseur (m)	Poids volumique/m ³	La charge (KN/m ²)
1. Revêtement en carrelage	0,02	22	0,44
2. Mortier de pose	0,02	22	0,44
3. Couche de sable	0,02	18	0,36
4. Dalle en corps creux (20+5)	20+5	/	2,10
5. Enduit de plâtre	0,02	10	0,20
6. Cloisons	0,15	/	1,30
			G = 4,84

b) Maçonnerie :

b-1. Murs extérieurs :

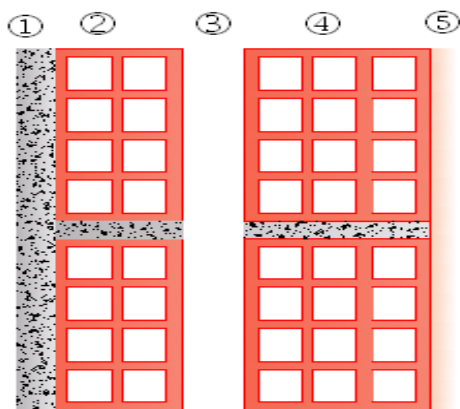


Fig. II.5 : Coupe vertical d'un mur extérieur.

Elément	Epaisseur (m)	Poids volumique KN/m^3	La charge (KN/m^2)
1. Enduit de ciment	0,02	18	0,36
2. Briques creuses	0,10	9	0,90
3. Lambe d'air	0,05	/	/
4. Briques creuses	0,10	9	0,90
5. Enduit de plâtre	0,02	10	0,2
			G = 2,36

✓ b-2. Murs intérieurs :

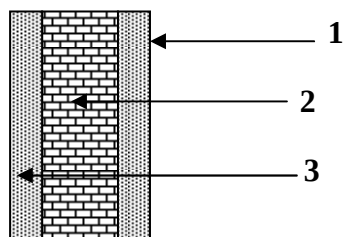


Fig. II. 6: Coupe vertical d'un mur de séparation

Elément	Epaisseur (m) KN/m^3	Poids volumique	La charge (KN/m^2)
1. Enduit de plâtre	0,02	10	0,20
2. Briques creuses	0,10	9	0,90
3. Enduit de plâtre	0,02	10	0,20
			G = 1,3

c) Balcon :

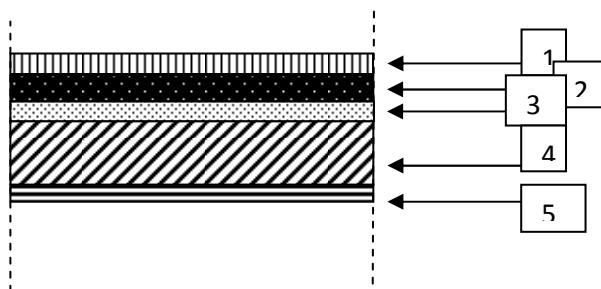


Fig. II. 7 : Coupe vertical d'un plancher du balcon

Elément	Epaisseur (m) KN/m ³	Poids volumique	La charge (KN/m ²)
1. Revêtement en carrelage	0,02	22	0,44
2. Mortier de pose	0,02	22	0,44
3. Couche de sable	0,02	18	0,36
4. Dalle pleine en béton armé	0,15	25	3,75
5. Enduit de ciment	0,02	18	0,36
			G = 5,35

II-6. L'acrotère :**➤ Calcul de son poids propre :**

$$G = S \times \rho_{\text{béton}}$$

S : surface de l'acrotère

$\rho_{\text{béton}}$: poids volumique du béton.

$$G = [(0,3 \times 0,1) + (0,07 \times 0,2) + (0,03 \times 0,2)/2] \times 25$$

$$G = 1,175 \text{ Kn/ml}$$

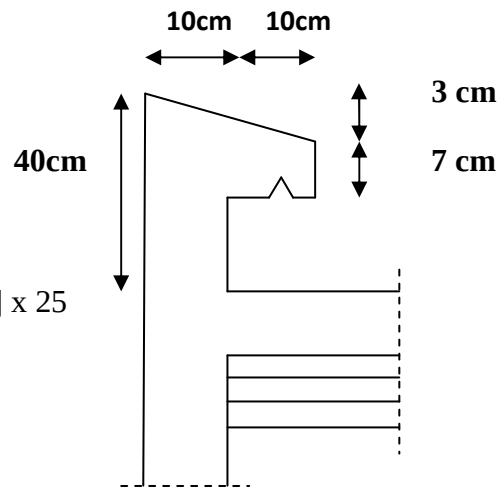


Fig. II.9 : Dimensionnement de l'acrotère.

a) Surcharges d'exploitations :

Les surcharges d'exploitation sont données par le DTR B.C.2.2 :

- Plancher d'étage courant	$Q = 1,5 \text{ KN/m}$
- Plancher du RDC (service)	$Q = 4 \text{ KN/m}^2$
- L'acrotère	$Q = 1 \text{ KN/m}^2$
- Escaliers	$Q = 2,5 \text{ KN/m}^2$
- Balcon	$Q = 3,5 \text{ KN/m}^2$
- Terrasse	$Q = 1 \text{ KN/m}^2$

II-7 Dimensionnement des poteaux :**a) Surface revenant au poteau le plus sollicité E2 :**

Le dimensionnement se fera à l'ELS en compression simple pour le poteau le plus sollicité

La surface du plancher reprise par le poteau le plus sollicité est :

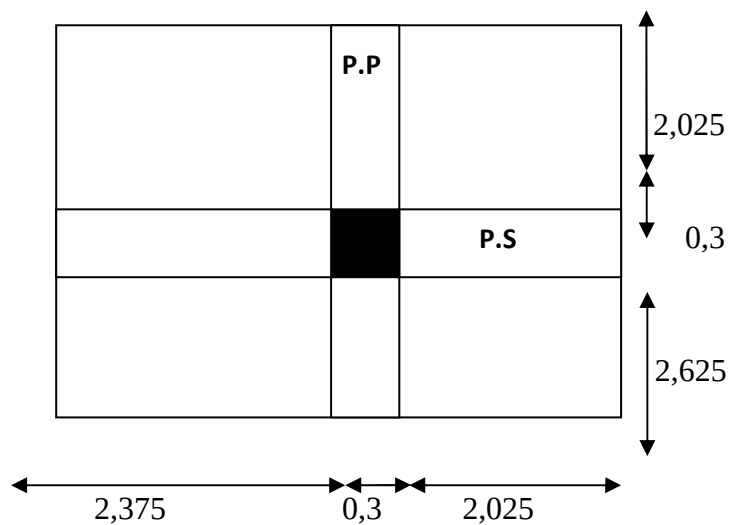
$$S1 = 2,375 \times 2,025 = 4,809 \text{ m}^2$$

$$S2 = 2,625 \times 2,025 = 5,315 \text{ m}^2$$

$$S3 = 2,025 \times 2,025 = 4,100 \text{ m}^2$$

$$S4 = 2,625 \times 2,025 = 5,315 \text{ m}^2$$

La somme nous donne $S = 20,28 \text{ m}^2$

**b) Calcule du poids propre des poutres :**

➤ Poutre Principale :

$$G_{pp} = S_{pp} \times \rho$$

$$\rho = 25 \text{ KN/m (Pois volumique du béton)}$$

$$G_{pp} = 0,3 \times 0,40 \times (5,2 - 0,3) \times 25 = 14,7 \text{ KN}$$

➤ Poutre secondaire :

$$G_{ps} = 0,3 \times 0,35 \times 4,4 \times 25 = 11,55 \text{ KN}$$

D'où le poids des poutres est de $G_T = 26,25 \text{ KN}$

C) Calcule du poids propre du plancher :

➤ Charge permanente :

o Plancher étage courant : $P_{pc} = G_c \times S = 4,84 \times 20,28 = 98,15 \text{ KN}$

o Plancher terrasse : $P_{pt} = G_t \times S = 5,8 \times 20,28 = 117,62 \text{ KN}$

d) Surcharge d'exploitation :

$$Q_{0pt} = 1 \times 20,28 = 20,28 \text{ KN}$$

Surcharge du plancher terrasse

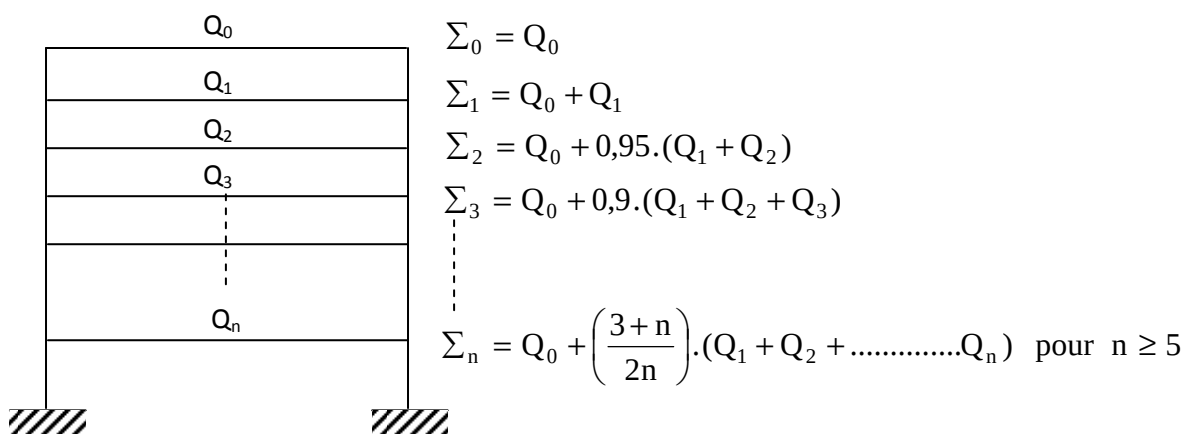
$$Q_{1pc} = 1,5 \times 20,28 = 30,42 \text{ KN}$$

Surcharge du plancher courant (habitation)

❖ Dégression des charges d'exploitations en fonction du nombre d'étages :

Elle s'applique aux bâtiments à grand nombre de niveaux ou les occupations des divers niveaux peuvent être considérées comme indépendantes. C'est le cas des bâtiments, cette loi de dégression s'applique entièrement sur tous leurs niveaux.

Le nombre minimum de niveau pour tenir compte de la loi de dégression de surcharge et de 5 niveaux ce qui est le cas de notre structure.

❖ Calcul des coefficients de dégression de surcharge :

❖ Coefficients de dégression de surcharges :

Niveau	8	7	6	5	4	3	2	1	RDC
coeff.	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,714	0,687	0,666

- Tableaux : des coefficients.

❖ Calcule des surcharges selon la loi de dégression :

Niveau 08 : $S_8 = 20,28 \text{ KN}$.

Niveau 07 : $S_7 = Q_0 + Q_1 = 50,7 \text{ KN}$.

Niveau 06 : $S_6 = Q_0 + 0,95 (Q_1 + Q_2) = 78,07 \text{ KN}$.

Niveau 05 : $S_5 = Q_0 + 0,90 (Q_1 + Q_2 + Q_3) = 102,41 \text{ KN}$.

Niveau 04 : $S_4 = Q_0 + 0,85 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) = 123,70 \text{ KN}$.

Niveau 03 : $S_3 = Q_0 + 0,80 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) = 141,96 \text{ KN}$.

Niveau 02 : $S_2 = Q_0 + 0,75 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6) = 157,17 \text{ KN}$.

Niveau 01 : $S_1 = Q_0 + 0,71 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7) = 171,47 \text{ KN}$.

Niveau RDC : $S_0 = Q_0 + 0,69 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8) = 188,19 \text{ KN}$.

Pour n supérieur ou égale 5 étages les coefficients de régression des surcharges sont obtenus par

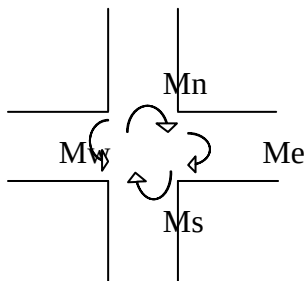
La formule suivante: $3 + n/2n$ avec : n nombre d'étage de haut vers le bas.

II-8) Tableau récapitulatif de la descente de charges sur le poteau E2 :

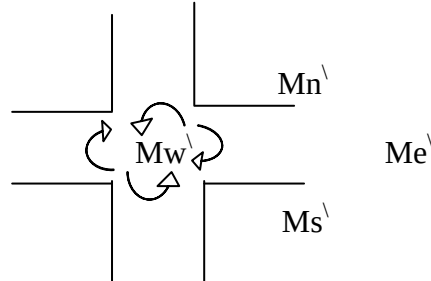
Niveaux	Charges Permanentes [KN]					Charges d'exploitation [KN]		Efforts normaux [KN]	Sections [cm²]	
	Poids des planchers	Poids des poutres	Poids des poteaux	G	G Cumul	Q	Q Cumul	$N = G_c + Q_c$	$S \geq N / \sigma_{bc}$	Section adoptée
8	117,62	26,25	0,00	143,87	143,87	20,28	20,28	164,15	109,43	30x30
7	98,15	26,25	4,78	129,18	273,05	50,70	70,98	344,03	229,35	30x30
6	98,15	26,25	4,78	129,18	402,23	78,07	149,05	551,28	367,52	30x30
5	98,15	26,25	4,78	129,18	531,41	102,41	251,46	782,87	521,91	35x35
4	98,15	26,25	4,78	129,18	660,59	123,70	375,16	1035,75	690,5	35x35
3	98,15	26,25	4,78	129,18	789,77	141,96	517,12	1306,89	871,26	35x35
2	98,15	26,25	4,78	129,18	918,95	157,17	674,29	1593,24	1062,16	40x40
1	98,15	26,25	4,78	129,18	1048,13	171,47	845,76	1893,89	1262,59	40x40
RDC	98,15	26,25	6,37	130,77	1178,9	188,19	1033,95	2212,85	1475,23	40x40

Remarque :

L'article 7.6.2, du RPA99 version 2003, stipule que dans les portiques participant au système de contreventement, il faut prendre les dispositions nécessaires pour que les rotules plastiques se forment dans les poutres plutôt que dans les poteaux et ce ci en respectant les conditions suivantes :



$$M_n + M_s \geq 1,25 (M_w + M_e)$$



$$M_n' + M_s' \geq 1,25 (M_w' + M_e')$$

D'où la conclusion suivante :

Conclusion :

Il est évident que pour les poteaux de rive, on trouve des sections inférieures par rapport à celles déterminées pour les poteaux centraux, mais nous adaptons les mêmes sections pour l'ensemble des poteaux de chaque niveau.

En tenant compte du règlement parasismique algérien (RPA99, version 2003 Art. 7.6.2) et des calculs déjà effectués dans la pratique pour les ouvrages similaires, on constate la nécessité d'augmenter les sections des poteaux pour éviter le risque d'éclatement du béton sous l'effet de sur ferrailage et réussir une meilleure répartition des armatures.

II-10) vérification au non flambement :

Le flambement est un phénomène d'instabilité de forme qui peut survenir dans les éléments comprimés de la structure.

La vérification consiste à calculer l'élément (λ) et s'assurer qu'il satisfait la limite suivante :

$$\lambda = \frac{L_f}{i} \leq 50.$$

Avec :

L_f : longueur de flambement ($L_f = 0.7 L_0$) ;

i : rayon de giration ($i = \sqrt{\frac{I}{S}}$) ;

L_0 : hauteur libre du poteau ;

S : section transversale du poteau ($b \times h$) ;

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

h_e =Hauteur d'étage, $h_e=3,06$ m

h_{pp} =Hauteur de la poutre, $h_{pp}=40$ cm

$$\lambda = \frac{L_f}{\sqrt{\frac{I_{yy}}{S}}} = \frac{0.7L_0}{\sqrt{\frac{b^2}{12}}} = 0.7L_0 \frac{\sqrt{12}}{b} .$$

- ◆ Pour le RDC : poteaux (40X40) : $L_0 = 4,08 \Rightarrow \lambda = 24,73 < 50$ vérifier
- ◆ Pour le 1^{er} et 2^{em} étages : poteaux (40x40) : $L_0 = 3,06 \Rightarrow \lambda = 18,55 < 50$ vérifier
- ◆ Pour le 3^{em} et 4^{em} et 5^{em} étages : poteaux (35x35) : $L_0 = 3,06 \Rightarrow \lambda = 21,20 < 50$..vérifier
- ◆ Pour le 6^{em} 7^{em} et 8^{em} étages : poteaux (30x30) : $L_0 = 3,06 \Rightarrow \lambda = 24,73 < 50$ vérifier.

• **Conclusion :**

Tous les poteaux vérifient la condition de non – flambement.

Chapitre III

Calcul des éléments

III-3) les plancher :

La structure comporte des plancher à corps creux , dont les poutrelles sont préfabriquées sur les chantier et disposés dans le sens de la petite portée sur lesquelles reposera le corps creux .

Notre projet est constitué des planchers en corps creux, d'épaisseur (20+5) cm les corps creux sont associés à des poutrelles préfabriquées espacés de 65 cm.

III- 3-1) calcul de la dalle de compression [Art B .6.8.423/BAEL 99].

La dalle de compression est coulée sur place ,elle est de (5 cm) d'épaisseur , armée d'un treillis soudé de nuance (TS 520) , le hourdis doit avoir une épaisseur minimale de 4cm , il est armée d'un quadrillage de barres dont les dimensions de mailles ne doivent pas dépasser :

- 20 cm (5pm) pour les armatures perpendiculaires aux nervures.
- 33cm (3pm) pour les armatures parallèles aux nervures.

A) Armature perpendiculaire aux poutrelles :

$$A_{\perp} = \frac{4 \times l_p}{f_e}$$

l_p : entre axes des poutrelles.

f_e : la nuance de treillis soudé.

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

On adoptera pour une section de ($A_{\perp} = 0,98 \text{ cm}^2$) avec un espacement de 20cm.

A-1) Armatures parallèles aux poutrelles :

$$A_{//} = \frac{A_{\perp}}{2}$$

$$A_{//} = \frac{0,98}{2} = 0,49 \text{ cm}^2$$

On adoptera pour une section de ($A_{\perp} = 0,78 \text{ cm}^2$) avec un espacement de 20 cm.

B)calcul des poutrelles :

Les poutrelles sont sollicitées par une charge uniformément réparti et le calcul se fait en étapes : avant le coulage de la dalle de compression et après le coulage de la dalle de compression.

B-1) Avant le coulage de la dalle :

La poutrelle préfabriquée est considérée comme étant simplement appuis sur ses deux extrémités, elle travaille en flexion simple, et elle doit supporter sont poids propre, le poids de corps creux et le poids de l'ouvrier.

- Le poids propre de la poutrelle est : $G = 0,12 \times 0,04 \times 25 = 0,12 \text{ KN/ml}$
- Le poids propre de corps creux est : $G_2 = 0,95 \times 0,65 = 0,62 \text{ KN/ml}$
- Le poids de l'ouvrier est estimé à : $Q = 1 \text{ KN/ml}$

a) Ferrailage à l'ELU :

On fait le calcul pour la travée la plus longue, en considérant la fissuration non préjudiciable.

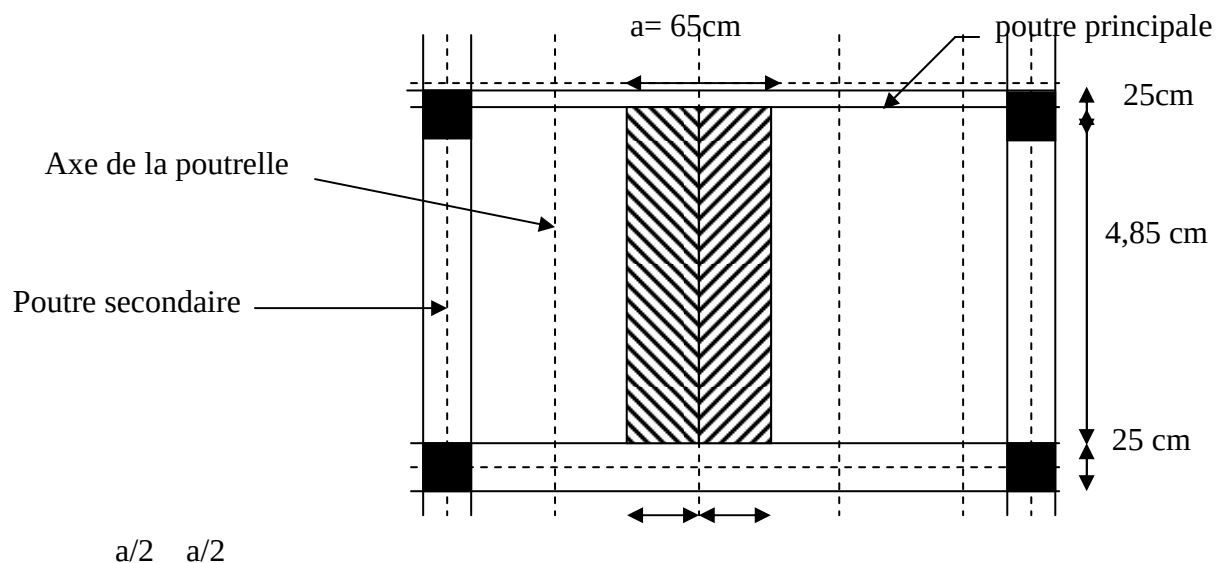
$$L = 5,10 - 0,25 = 4,85 \text{ cm}$$

❖ Combinaison de charges :

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

$$q_u = 1,35 (0,12 + 0,62) + 1,5 \times 1 = 2,499 \text{ KN/ml}$$

$$q_u = 2,5 \text{ KN/ml}$$



FigIII-4: surface revenant aux poutrelles.

❖ **Moment en travée :**

Les moments en travée est donnée par la formule suivant :

$$M_U = q l^2 / 8$$

$$M_U = 2,5 \times 4,85^2 / 8 = 7,350 \text{ KN.m}$$

❖ **Effort tranchant :**

$$T_U = \frac{q u l}{2}$$

$$T_u = \frac{2,5 \times 4,85}{2} = 6,06 \text{ KN}$$

❖ **Calcul des armatures :**

c : enrobage (c = 2 cm)

La hauteur utile : $d = h - c = 4 - 2 = 2 \text{ cm}$

$$\mu = \frac{M_u}{b d^2 f_{bc}} = \frac{7,350}{0,12 \times 0,0004 \times 14,2 \times 1000} = 10,783$$

$\mu = 10,783 \leq 0,392 \Rightarrow$ section est doublement armée (SDA).

❖ **Remarque :**

Comme la section du béton de la poutrelle est trop faible (12x4) et pour respecter le pourcentage minimal des aciers dans une section en béton armée, on ne peut pas disposer des armatures comprimées. Il est nécessaire de prévoir un étais pour soulager la poutrelle à supporter les charges d'avant coulage de la dalle de compression.

B-2) Après coulage de la dalle de compression :

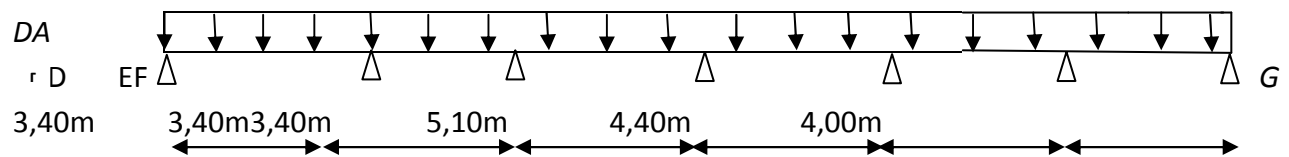
Après le coulage de la dalle de compression, la poutrelle travaille comme une poutre continue en T reposée sur plusieurs appuis. Les appuis de rives sont considérés comme partiellement encastrés, elle supporte des charges et des surcharges revenant au plancher :

- Poids propre du plancher : $G = 4,84 \times 0,65 = 3,146 \text{ KN/ml}$
- Surcharge d'exploitation (usage commerciale) : $Q = 4 \times 0,65 = 2,60 \text{ KN/ml}$

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

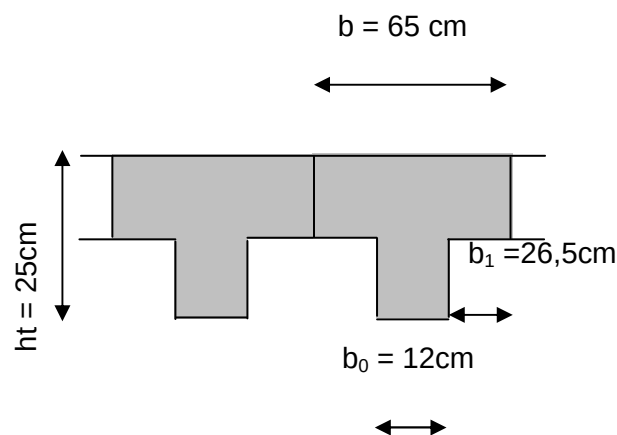
$$q_u = 1,35 \times 3,146 + 1,5 \times 2,60 = 8,147 \text{ KN /ml}$$

Q

**B-2-1) détermination des dimensions de la section en T**

- ❖ $h = 20 + 5 = 25\text{cm}$ (hauteur de la section)
- ❖ $h_0 = 5\text{cm}$ (épaisseur de la dalle de compression)
- ❖ $c = 2\text{cm}$ (enrobage)
- ❖ $b_1 = 18\text{cm}$ (largeur de l'hourdis à prendre en compte de chaque cote de la nervure est limitée à la plus faible des valeurs ci-après :

- 1- $b_1 \leq \frac{l}{2}$
- 2- $b_1 \leq L_1/10$
- 3- $b_1 \leq \frac{2}{3}$
- 4- $b_1 \leq L_1 + L_2/40 + \frac{2}{3} \cdot X$

**FIG III-5 : SECTION de la poutrelle après coulage de la dalle.**

L : distance entre face voisines de deux nervures.

L_1, L_2 : distance de la portée de la poutres.

X : distance de la section considérée à l'axe de l'appui le plus proche.

$$1 \Rightarrow b_1 \leq \frac{65-12}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

$$2 \Rightarrow b_1 \leq \frac{484}{10} = 48,4 \text{ cm}$$

$$3 \Rightarrow b_1 \leq \frac{2}{3} \times \left(\frac{484}{2} \right) = 161,33 \text{ cm}$$

$$4 \Rightarrow b_1 \leq \frac{484+415}{40} + \frac{2}{3} \times \left(\frac{484}{2} \right) = 183,805 \text{ cm}$$

Donc :

$$b_1 \leq \min (26,5\text{cm}, 48,4\text{cm}, 161,33\text{cm}, 183,805\text{cm}).$$

On prend : $b_1 = 26,5 \text{ cm}$

b : largeur de la dalle de compression.

$$b = 2b_1 + b_0 = 2 \times 26,5 + 12 = 65 \text{ cm}$$

$$b = 65 \text{ cm.}$$

B-2-2) choix de la méthode de calcul :

a) vérification des conditions d'application de la méthode forfaitaire :

[Art B.6.2.210/ BAEL 91 modifié 99].

• Hypothèses :

-La valeur de la surcharge respecte la condition suivante :

$$Q \leq \max (2G ; 5 \text{ KN/m}^2)$$

-la fissuration est non préjudiciable.

-Toutes les travées ont un même moment d'inertie.

-le rapport de deux travées successives est compris entre 0,8 et 1,25.

• Vérification :

$$\left. \begin{array}{l} \text{On a } Q = 2,60 \text{ KN/ml} \\ 2G = 2 \times 3,146 = 6,292 \text{ KN/ml} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

-la fissuration est non préjudiciable $\Rightarrow$ condition vérifiée

-les poutrelles du planché ont une même inertie dans les différentes travées

$$\text{-les portées vérifient } 0,8 \leq \frac{L_i}{L_{i+1}} \leq 1,25$$

$$\text{On a : } \left(\frac{315}{485}, \frac{485}{415}, \frac{415}{375} \right) = (0,65 ; 1,16 ; 1,10)$$

$$0,8 \leq (0,65 ; 1,16 ; 1,10) \leq 1,25 \quad \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

• Conclusion :

Toutes les conditions sont vérifiées, donc la méthode forfaitaire est applicable.

❖ Application de la méthode forfaitaire :

Exposition de la méthode : le principe de la méthode consiste à évaluer les valeurs maximales des moments en travée et en appui à partir de la fraction fixée forfaitairement de la valeur maximale de moment fléchissant en travée, celle-ci étant supposée isostatique de la même portée libre et soumise aux charges que la travée considérée.

- α : le rapport des charges d'exploitation à la somme des charges permanent et d'exploitation non pondérés.

$$\alpha = \frac{Q}{G+Q} \text{ avec } 0 \leq \alpha \leq \frac{2}{3}$$

$$\alpha = \frac{2,60}{2,60+3,146} = 0,452 \quad 0 \leq 0,452 \leq 0,667 \quad \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

- Les valeurs M_t , M_w , M_e doivent vérifier les coefficients suivants tel que :
 - M_0 : moment Max dans la travée indépendante de même portée que la travée considérée et soumise aux mêmes charges ($M_0 = \frac{ql^2}{8}$)
 - M_w , M_e : moment en valeur absolues sur l'appui de gauche et de droit de la travée considérée.
 - M_t : moment Max en travée pris en compte dans les calculs de la travée considérée.
- 1) $M_t \geq \max [1,05M_0 ; (1+0,3\alpha) M_0] - \frac{M_w+M_e}{2}$
 - 2) $M_t \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} M_0$ Dans une travée intermédiaire.
 $M_t \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_0$ Dans une travée de rive.
 - 3) La valeur de chaque moment sur appuis intermédiaire doit être au moins égale à :
 - a) $0,6 M_0$ pour une poutre à deux travées.
 - b) $0,5 M_0$ pour les appuis voisins des appuis de rive d'une poutre à plus de deux travées.
 - c) $0,4 M_0$ pour les autres appuis intermédiaires d'une poutre à plus de trois travées.

❖ Calcul à L'ELU :

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

$$q_u = 1,35 \times 3,146 + 1,5 \times 2,60 = 8,147 \text{ KN/ml}$$

❖ Calcul des moments fléchissant :

➤ Calcul de moment isostatique

$$M_{01} = \frac{q_u l^2 AB}{8} = \frac{8,147 \times 3,40^2}{8} = 11,77 \text{ KN m}$$

$$M_{02} = \frac{q_u l^2 BC}{8} = \frac{8,147 \times 3,40^2}{8} = 11,77 \text{ KN m}$$

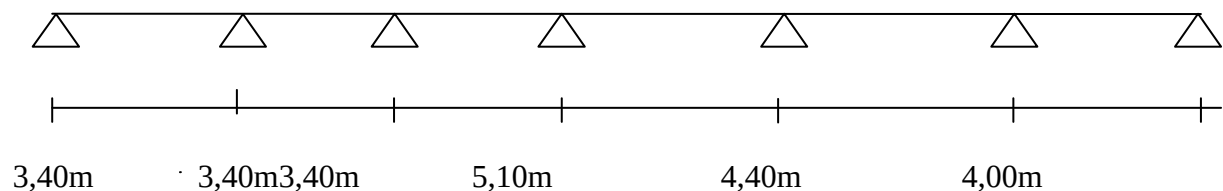
$$M_{03} = \frac{q_u l^2 CD}{8} = \frac{8,147 \times 3,40^2}{8} = 11,77 \text{ KN m}$$

$$M_{04} = \frac{q_u l^2 DE}{8} = \frac{8,147 \times 5,10^2}{8} = 26,48 \text{ KN m}$$

$$M_{05} = \frac{q_u l^2 EF}{8} = \frac{8,147 \times 4,40^2}{8} = 19,71 \text{ KN m}$$

$$M_{06} = \frac{q_u l^2 FG}{8} = \frac{8,147 \times 4,00^2}{8} = 16,29 \text{ KN m}$$

$$0,3M_{01} \quad 0,5\text{Max}(M_{01}, M_{02}) \quad 0,4\text{Max}(M_{02}, M_{03}) \quad 0,4\text{Max}(M_{03}, M_{04}) \quad 0,5\text{Max}(M_{04}, M_{05}) \quad 0,3M_{06}$$



➤ Moment fléchissant sur appuis :

$$M_A = 0,3M_{01} = 0,3 \times 11,77 = 3,53 \text{ KNm}$$

$$M_B = 0,5\text{Max}(M_{01}; M_{02}) = 0,5 \times 11,77 = 5,88 \text{ KNm}$$

$$M_C = 0,4 \text{Max}(M_{02}; M_{03}) = 0,4 \times 11,77 = 4,70 \text{ KN m}$$

$$M_D = 0,4\text{Max}(M_{03}; M_{04}) = 0,4 \times 26,48 = 10,59 \text{ KNm}$$

$$M_E = 0,4 \text{Max}(M_{04}; M_{05}) = 0,4 \times 26,48 = 10,59 \text{ KNm}$$

$$M_F = 0,5 \text{Max}(M_{05}; M_{06}) = 0,5 \times 19,71 = 9,85 \text{ KN m}$$

$$M_G = 0,3 M_{06} = 0,3 \times 16,29 = 4,88 \text{ KN m}$$

➤ **Calcul des moments en travée :**✓ **Etude de la travée AB :** (travée de rive)

$$M_t^{AB} \geq \max [1,05M_{01} ; (1+0,3\alpha) M_{01}] - \frac{M_A+M_B}{2}$$

$$1+0,3\alpha = 1,135 > 1,05 \implies \text{ok}$$

$$M_t^{AB} + \frac{M_A+M_B}{2} \geq (1+0,3\alpha)M_{01}$$

$$M_t^{AB} \geq -\frac{3,53+5,88}{2} + 1,135 \times 11,77 = 8,66 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 88,66 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} \times M_{01} = 7,86 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 7,86 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{AB} = 8,66 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée BC :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{BC} \geq -\frac{5,88+4,70}{2} + 1,135 \times 11,77 = 8,06 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 8,06 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{02} = 6,68 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 6,68 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{BC} = 8,06 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée CD :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{CD} \geq -\frac{4,70+10,59}{2} + 1,135 \times 11,77 = 5,71 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{03} = 0,56 \times 11,77 = 6,68 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq 6,68 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{CD} = 6,68 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée DE :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{DE} \geq -\frac{10,59+10,59}{2} + 1,135 \times 26,48 = 19,46 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 19,46 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{04} = 0,56 \times 26,48 = 15,02 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 15,02 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{DE} = 19,46 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée EF :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{EF} \geq -\frac{10,59+9,85}{2} + 1,135 \times 19,71 = 12,15 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 12,15 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{05} = 0,56 \times 19,71 = 11,18 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 11,18 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{EF} = 12,15 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée F G:** (travée de rive)

$$M_t^{FG} \geq -\frac{9,85+4,88}{2} + 1,135 \times 16,29 = 11,12 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 11,12 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_{06} = 0,66 \times 16,29 = 10,87 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 10,87 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{FG} = 11,12 \text{ KN m}$

➤ Calcul des efforts tranchants

Pour calculer les efforts tranchants, on isole les différentes travées, on calcul la réaction d'appuis en tenant compte des moments de continuité et on les détermine en utilisant la méthode de RDM : $\sum M_{/i} = 0$

$$T_w^i \times L - q_u \frac{l}{2} + M_w^i - M_e^{i+1} = 0$$

$$T_w^i = q_u \frac{l}{2} + \frac{M_e^{i+1} - M_w^i}{l}$$

✓ Application numérique :

Travée AB :

$$T_A = q_u \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_A = 8,147 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-5,88) - (-3,53)}{3,40} = 13,16 \text{ KN}$$

$$T_B = -q_u \times \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_B = -8,147 \times \frac{3,40}{2} \times \frac{(-5,88) - (-3,53)}{3,40} = -14,54 \text{ KN}$$

Travée BC :

$$T_B = q_u \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_B = 8,147 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-4,70) - (-5,88)}{3,40} = 14,12 \text{ KN}$$

$$T_C = -q_u \times \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_C = -8,147 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-4,70) - (-5,88)}{3,40} = -13,50 \text{ KN}$$

Travée CD :

$$T_C = q_u \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_C = 8,147 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-10,59) - (-4,70)}{3,40} = 12,11 \text{ KN}$$

$$T_D = -q_u \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_D = -8,147 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-10,59) - (-4,70)}{3,40} = -15,58 \text{ KN}$$

Travée DE :

$$T_D = q_u \times \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_E - M_D}{L_{DE}}$$

$$T_D = 8,147 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-10,59) - (-10,59)}{5,10} = 20,77 \text{ KN}$$

$$T_E = - q_u \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_E = - 8,147 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-10,59) - (-10,59)}{5,10} = -20,77 \text{ KN}$$

Travée EF :

$$T_E = q_u \times \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_E = 8,147 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-9,85) - (-10,59)}{4,40} = 18,09 \text{ KN}$$

$$T_F = - q_u \times \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_F = 8,147 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-9,85) - (-10,59)}{4,40} = -17,75 \text{ KN}$$

Travée FG :

$$T_F = q_u \times \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_F = 8,147 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-4,88) - (-9,85)}{4,00} = 17,53 \text{ KN}$$

$$T_G = - q_u \times \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_G = - 8,147 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-4,88) - (-9,85)}{4,00} = -15,05 \text{ KN}$$

• Diagrammes des moments fléchissant et des efforts tranchant :

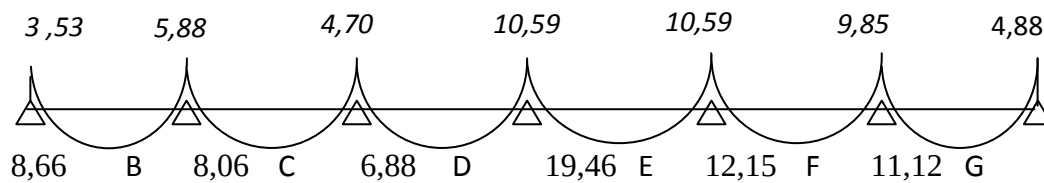


Fig III-6 :Le diagramme des moments fléchissant à L'ELU (en KNm).

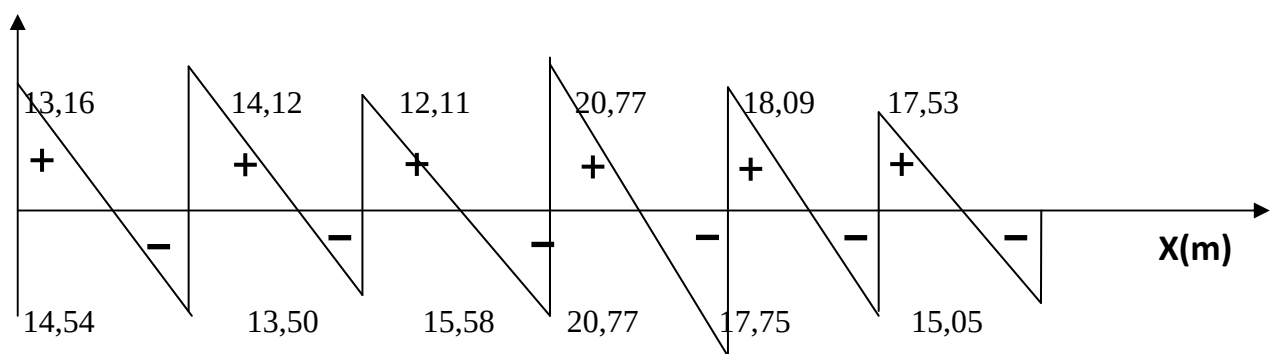


Fig III-7 :Diagramme des efforts tranchants à L'ELU (en KN).

On adoptera le même ferrailage pour tous les travées avec le moment maximum $M_t = 19,46$ KN et même ferrailage aux appuis avec le moment maximum $M_a^{\max} = 10,59$ KN

❖ Calcul des armatures à L'ELU :

$$h_0 = 5 \text{ cm}$$

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

$$d = h - c = 25 - 2 = 23 \text{ cm}$$

$$b_0 = 12 \text{ cm}$$

$$b = 65 \text{ cm}$$

➤ **Armatures longitudinales :**• **En travée :**

Le calcul des armatures en travée s'effectue comme une section en T, on considérant le moment maximum $M_t^{\max} = 19,46 \text{ KNm}$.

-Le moment équilibré par la table de compression M :

$$\text{Avec : } M = \sigma_{bc} b h_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right) = 14,2 \times 65 \times 5 \times \left(23 - \frac{5}{2} \right) \times 10^{-3} = 94,60 \text{ KNm} .$$

$$M = 94,60 \text{ K Nm}$$

$$\text{D'où } M_t^{\max} = 19,46 \text{ KNm} < M = 94,60 \text{ KNm}$$

Donc l'axe neutre est dans la table de compression $\longrightarrow$ le calcul se fera pour une section rectangulaire $b \times h$

$$\mu = \frac{M_t^{\max}}{b d^2 f_{bc}} = \frac{94,60 \times 10^2}{65 \times 23^2 \times 14,2 \times 10^{-1}} = 0,040 < \mu_l = 0,392$$

$\mu < \mu_l$ Section simplement armée (SSA).

$$A_t = \frac{M_t^{\max}}{\beta d \sigma_s}$$

$$\mu = 0,040 \Rightarrow \beta = 0,980$$

$$A_t = \frac{8,77 \times 10^2}{0,980 \times 23 \times 348 \times 10^{-1}} = 2,48 \text{ cm}^2$$

Soit une section 3HA12 ($A_t = 3,39 \text{ cm}^2$)

❖ **En appuis :**

La table de compression est entièrement tendue, la section à considérer pour le calcul est une section rectangulaire de hauteur utile $d = 23 \text{ cm}$ et de largeur $b_0 = 12 \text{ cm}$.

$$M_a^{\max} = 10,59 \text{ KNm}$$

$$\mu = \frac{M_a^{\max}}{b_0 d^2 f_{bc}} = \frac{10,59 \times 10^2}{12 \times 23^2 \times 14,2 \times 10^{-1}} = 0,117 < \mu_l = 0,392$$

$$\mu = 0,117 \Rightarrow \beta = 0,937$$

$$A_a = \frac{M_a^{\max}}{\beta d \sigma_s} = \frac{10,59 \times 10^2}{0,937 \times 23 \times 348 \times 10^{-1}} = 1,41 \text{ cm}^2$$

Soit une section 2HA10 ($A_a = 1,57 \text{ cm}^2$)

➤ **Armatures transversales :** [Art A.7.2 ,2/BAEL 91 modifie 99]

$$\phi_t \leq \min \left\{ \frac{h}{35}; \phi_\ell; \frac{b_0}{10} \right\}$$

ϕ_t : Diamètre des armatures transversales

ϕ_ℓ : Diamètre des armatures longitudinales

$$\phi_t \leq \min \left\{ \frac{25}{35}; 12; \frac{12}{10} \right\}$$

$$\phi_t \leq \min \{0,714; 12; 1,2\}$$

$$\phi_t = 0,714 \text{ cm} \approx 8 \text{ mm}$$

On prend $A_t = 1\text{HA}10 = 0,78 \text{ cm}^2$

➤ **Espacement des armatures transversales:**

$$S_t \leq \min \{0,9d; 40 \text{ cm}\}$$

$$S_t \leq \min \{20,7 \text{ cm}; 40 \text{ cm}\}$$

On prend $S_t = 20 \text{ cm}$ constant le long de la poutrelle, la section des armatures doit vérifier la condition suivante [Art A.5.1,23/BAEL 91 modifie 99] :

$$\frac{A_t f_e}{b_0 S_t} \geq 0,4 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{0,78 \times 400}{12 \times 20,7} = 1,25 \text{ MPa} \geq 0,4 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vérifiée}$$

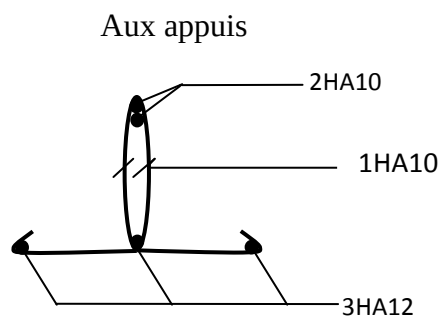


Fig III-8 : Plan de ferrailage de la poutrelle en travées et aux appuis

➤ **Calcul des ancrages (BAEL91/ Art 6.1,23) :**

Les barres rectilignes de diamètre ϕ et de limite d'élasticité f_e sont ancrées sur une longueur L_s , dite longueur de scellement droit.

La longueur de scellement droit d'après les règles BAEL91 modifié 99

$$L_s = \frac{\phi \times f_e}{4 \times \tau_{su}}$$

Avec :

τ_{su} : contrainte d'adhérence

$$\tau_{su} = 0,6 \psi_s^2 f_{t28} = 0,6 \times 1,5^2 \times 2,1 = 2,835 \text{ MPa}$$

$\psi_s = 1,5$ pour HA, ψ_s : coefficient de scellement
pour $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ et Fe400 ;

$$\frac{L_s}{\phi} = 35,3$$

Pour $\phi = 10 \text{ mm} \Rightarrow L_s = 35,3 \text{ cm}$; soit $L_s = 35 \text{ cm}$

et $L_a = 0,4 L_s = 14 \text{ cm}$

b) Vérification à l'ELU

❖ **Vérification de la condition de non fragilité (BAEL 91, A 4.2.1) :**

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times b_0 \times d \times f_{c28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 12 \times 23 \times 2,1}{400} = 0,333 \text{ cm}^2$$

- **En travée:** $A_t = 3,39 \text{ cm}^2 > 0,333 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Condition vérifiée.
- **Aux appuis:** $A_u = 1,57 \text{ cm}^2 > 0,333 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Condition vérifiée.

❖ **Vérification au cisaillement:**

Fissuration peu nuisible, on doit vérifier que $\tau_u < \bar{\tau}_u$.

$$\tau_u = \frac{T_{\max}}{b_0 \times d} = \frac{20,77 \times 10}{23 \times 12} = 0,903 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau}_u = \min \left\{ 0,2 \frac{f_{c28}}{\gamma_d} ; 5 \text{ MPa} \right\} = 3,33 \text{ MPa}$$

$\tau_u = 0,903 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 3,33 \Rightarrow$ Condition vérifiée.

❖ Calcul à L'ELS :

❖ Moment isostatique flexion à L'ELS :

$$q_s = G + Q = 3,146 + 2,6 = 5,74 \text{ KN /ml}$$

$$M_{01} = \frac{q_s l^2}{8} \text{ AB} = \frac{5,74 \times 3,40^2}{8} = 8,29 \text{ KN m}$$

$$M_{02} = \frac{q_s l^2}{8} \text{ BC} = \frac{5,74 \times 3,40^2}{8} = 8,29 \text{ KN m}$$

$$M_{03} = \frac{q_s l^2}{8} \text{ CD} = \frac{5,74 \times 3,40^2}{8} = 8,29 \text{ KN m}$$

$$M_{04} = \frac{q_s l^2}{8} \text{ DE} = \frac{5,74 \times 5,10^2}{8} = 18,66 \text{ KN m}$$

$$M_{05} = \frac{q_s l^2}{8} \text{ EF} = \frac{5,74 \times 4,40^2}{8} = 13,89 \text{ KN m}$$

$$M_{06} = \frac{q_s l^2}{8} \text{ FG} = \frac{5,74 \times 4,00^2}{8} = 11,48 \text{ KN m}$$

➤ Moment fléchissant sur appui :

$$M_A = 0,3 M_{01} = 0,3 \times 8,29 = 2,49 \text{ KNm}$$

$$M_B = 0,5 \text{Max} (M_{01}; M_{02}) = 0,5 \times 8,29 = 4,14 \text{ KN m}$$

$$M_C = 0,4 \text{Max} (M_{02} ; M_{03}) = 0,4 \times 8,29 = 3,31 \text{ KN m}$$

$$M_D = 0,4 \text{Max} (M_{03} ; M_{04}) = 0,4 \times 18,66 = 7,46 \text{ KN m}$$

$$M_E = 0,4 \text{Max} (M_{04} ; M_{05}) = 0,4 \times 18,66 = 7,46 \text{ KN m}$$

$$M_F = 0,5 \text{Max} (M_{05} ; M_{06}) = 0,5 \times 18,66 = 9,33 \text{ KN m}$$

$$M_G = 0,3 M_{06} = 0,3 \times 11,48 = 3,44 \text{ KN m}$$

➤ **Calcul des moments en travée :**✓ **Etude de la travée AB :** (travée de rive)

$$M_t^{AB} \geq \max [1,05 M_{01} ; (1 + 0,3\alpha) M_{01}] - \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$1 + 0,3\alpha = 1,135 \quad 1,05 \quad \Longrightarrow \quad \text{ok}$$

$$M_t^{AB} + \frac{M_A + M_B}{2} \geq (1 + 0,3\alpha) M_{01}$$

$$M_t^{AB} \geq - \frac{2,49 + 4,14}{2} + 1,135 \times 8,29 = 6,09 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 6,09 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq \frac{1,2 + 0,3\alpha}{2} \times M_{01} = 5,53 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 5,53 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{AB} = 6,09 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée BC :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{BC} \geq - \frac{4,14 + 3,31}{2} + 1,135 \times 8,29 = 5,68 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 5,68 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq \frac{1 + 0,3\alpha}{2} \times M_{02} = 4,70 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 4,70 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{BC} = 5,68 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée CD :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{CD} \geq - \frac{3,31 + 7,46}{2} + 1,135 \times 8,29 = 4,02 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq \frac{1 + 0,3\alpha}{2} \times M_{03} = 0,56 \times 8,29 = 4,70 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq 4,70 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{CD} = 4,70 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée DE :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{DE} \geq -\frac{7,46+7,46}{2} + 1,135 \times 18,66 = 21,17 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 21,17 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{04} = 0,56 \times 18,66 = 10,59 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 10,59 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{DE} = 21,17 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée EF :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{EF} \geq -\frac{7,46+9,33}{2} + 1,135 \times 13,89 = 7,37 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 7,37 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{05} = 0,56 \times 13,89 = 7,87 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 7,87 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{EF} = 7,87 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée F G:** (travée de rive)

$$M_t^{FG} \geq -\frac{9,33+3,44}{2} + 1,135 \times 11,48 = 6,64 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 6,64 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_{06} = 0,66 \times 11,48 = 7,66 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 7,66 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{FG} = 7,66 \text{ KN m}$

❖ Calcul des efforts tranchants

$$T_w^i \times L - q_u \frac{l}{2} + M_w^i - M_e^{i+1} = 0$$

$$T_w^i = q_u \frac{l}{2} + \frac{M_e^{i+1} - M_w^i}{l}$$

✓ Application numérique :

Travée AB :

$$T_A = q_s \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_A = 5,74 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-4,14) - (-2,49)}{3,40} = 9,27 \text{ KN}$$

$$T_B = -q_u \times \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_B = -5,74 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-4,14) - (-2,29)}{3,40} = -10,30 \text{ KN}$$

Travée BC :

$$T_B = q_u \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_B = 5,74 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-3,31) - (-4,14)}{3,40} = 10,00 \text{ KN}$$

$$T_C = -q_u \times \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_C = -5,74 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-3,31) - (-4,14)}{3,40} = -9,51 \text{ KN}$$

Travée CD :

$$T_C = q_s \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_C = 5,74 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-7,46) - (-3,31)}{3,40} = 8,53 \text{ KN}$$

$$T_C = -q_s \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_C = -5,74 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-7,46) - (-3,31)}{3,40} = -10,97 \text{ KN}$$

Travée DE :

$$T_D = q_s x \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_E - M_D}{L_{DE}}$$

$$T_D = 5,74 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-7,46) - (-7,46)}{5,10} = 14,63 \text{ KN}$$

$$T_E = - q_s x \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_E = - 5,74 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-7,46) - (-7,46)}{5,10} = -14,63 \text{ KN}$$

Travée EF :

$$T_E = q_s x \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_E = 5,74 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-9,33) - (-7,46)}{4,40} = 12,20 \text{ KN}$$

$$T_F = - q_s x \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_F = -5,74 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-9,33) - (-7,46)}{4,40} = -13,05 \text{ KN}$$

Travée FG :

$$T_F = q_s x \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_F = 5,74 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-3,44) - (-9,33)}{4,00} = 12,95 \text{ KN}$$

$$T_G = - q_s x \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_G = - 5,74 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-3,44) - (-9,33)}{4,00} = -10,00 \text{ KN}$$

c) Vérification à L'ELS :

Lorsque la charge est la même sur toutes les travées de la poutre, ce qui est le cas pour nos poutrelles, pour obtenir les valeurs à L'ELS, il suffit de multiplier les résultats de calcul à L'ELU par le coefficient q_s/q_u

$$q_s = G + Q = 5,746 \text{ KN/ml}$$

$$q_u = 8,147 \text{ KN/mL}$$

$$\frac{q_s}{q_u} = \frac{5,746}{8,147} = 0,705$$

➤ Moments fléchissant :

o Sur appuis : $M_{ser}^a = 9,33 \times 0,705 = 6,57 \text{ KN.m}$

o en travées : $M_{ser}^t = 21,17 \times 0,705 = 14,92 \text{ KN.m}$

➤ Vérification de la résistance à la compression du béton :**1- Aux appuis :**

$$\rho_1 = \frac{100 \times A^a}{b_0 \times d} = \frac{100 \times 1,57}{12 \times 23} = 0,634 \Rightarrow \begin{cases} \beta_1 = 0,883 \\ K = 0,036 \end{cases}$$

Avec :

$$K = \frac{\alpha}{15(1 - \alpha)}$$

La contrainte dans les aciers est :

$$\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{ser}^a}{\beta_1 \times d \times A^a}$$

$$\sigma_s = \frac{10^3 \times 6,57}{0,883 \times 23 \times 1,57} = 184,85 \text{ MPa}$$

La contrainte dans le béton est:

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = 0,036 \times 184,85 = 6,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 6,65 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

2- En travée :

$$\rho_1 = \frac{100 \times A_{st}}{b_0 \times d} = \frac{100 \times 3,39}{12 \times 23} = 1,228 \Rightarrow \begin{cases} \beta_1 = 0,850 \\ K = 0,054 \end{cases}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{ser}^t}{\beta_1 \times d \times A_{st}}$$

$$\sigma_s = \frac{14,92 \times 10^3}{0,850 \times 23 \times 3,39} = 225,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = 0,054 \times 225,12 = 12,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 12,15 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Conclusion :

La vérification étant satisfaite donc les moments à L'ELU sont satisfaisants

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

Nous avons une fissuration peu préjudiciable $\Rightarrow$ aucune vérification n'est nécessaire

➤ **Etat limite de déformation :(BAEL 91 Art B.6.5,2)**

D'après les règle du BAEL91, l'ors qu'il est prévu des étais, on peut cependant ne pas justifier la flèche si les conditions suivant sont vérifiées.

$$\begin{aligned} 1- \frac{h}{L} &\geq \frac{1}{22,5} \Rightarrow \frac{25}{510} = 0,049 \geq \frac{1}{22,5} = 0,044 \Rightarrow \text{condition vérifiées} \\ 2- \frac{h}{L} &\geq \frac{M_t}{10M_0} \Rightarrow \frac{25}{510} = 0,049 \leq \frac{21,17}{10 \times 18,66} = 0,113 \Rightarrow \text{condition non vérifiées} \\ 3- \frac{A_t}{b_0 \times d} &\leq \frac{4,2}{f_e} \frac{3,39}{23 \times 12} = 0,012 \geq \frac{4,2}{400} = 0,0105 \Rightarrow \text{condition non vérifiées} \end{aligned}$$

On a deux conditions ne sont pas vérifiées, alors il faut procéder au calcul de la flèche.

❖ **Calcul de la flèche :**

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

$\bar{f}$: La flèche admissible

E_v : Module de déformation différée ($E_v = 10818,86 \text{ MPa}$)

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

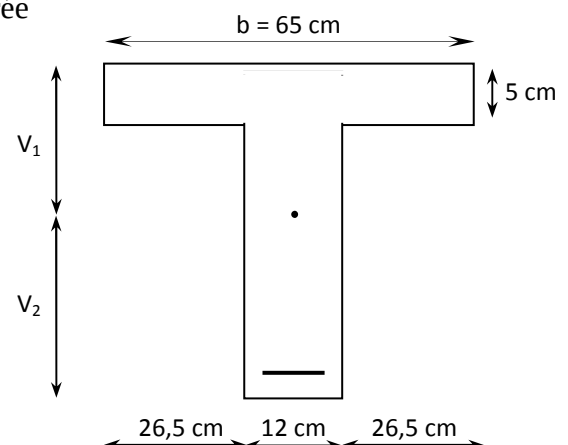
$$I_{fv} = \frac{1,1 \times I_0}{1 + \mu \times \lambda_v}$$

I_0 : Moment d'inertie totale de la section homogène

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

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

Fig III-9 : section en Té



Avec : $\rho = \frac{A_{st}}{b_0 \times d}$ Le rapport des aciers tendus à celui de la section utile de la nervure

❖ Calcul des paramètres :

$$S_{xx'} = b_0 \times h \times \frac{h}{2} + (b - b_0) \times h_0 \times \frac{h_0}{2} + (15 \times A_t \times d)$$

$$= 12 \times 25 \times \frac{25}{2} + (65 - 12) \times 5 \times \frac{5}{2} + (15 \times 3,39 \times 23)$$

$$S_{xx'} = 5582,05 \text{ cm}^3$$

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

$$B_0 = (12 \times 25) + (65 - 12) \times 5 + (15 \times 3,39) = 615,85 \text{ cm}^2$$

$$V_1 = S_{xx'} / B_0$$

$$v_1 = \frac{5582,05}{615,85} = 9,06 \text{ cm}$$

$$v_2 = h - v_1 = 25 - 9,06 = 15,94 \text{ cm}$$

$$I_0 = \frac{b_0}{3} \times (v_1^3 + v_2^3) + (b - b_0) \times \frac{h_0^3}{12} + (b - b_0) \times h_0 \times \left(v_1 - \frac{h_0}{2} \right)^2 + 15 \times A_t \times (v_2 - c)^2$$

$$I_0 = 90241,62 \text{ cm}^4$$

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_0 \times d} = \frac{3,39}{12 \times 23} = 0,0123$$

La contrainte dans les aciers tendus est $\sigma_s = 184,85 \text{ MPa}$

❖ Calcul des coefficients :

$$\mu = \max \left(1 - \frac{1,75 \times 2,1}{4 \times 0,0123 \times 348 + 2,1} ; 0 \right) = 0,80$$

$$\lambda_v = \frac{0,02 \times 2,1}{\left(2 + \frac{3 \times 12}{65} \right) \times 0,0123} = 1,337 \quad I_{fv} = \frac{1,1 \times 90241,62}{1 + (0,80 \times 1,337)} = 47863,75 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{M_t^s \times L^2}{10 \times E_v \times I_{fv}} = \frac{14,92 \times 10^6 \times (5100)^2}{10 \times 10818,865 \times 47863,75 \times 10^4} = 7,49 \text{ mm}$$

$$\bar{f} = \frac{4850}{500} = 9,7 \text{ mm}$$

Donc : $f \leq \bar{f}$ condition vérifiée.

❖ **Plancher étage courant à corps creux :**

$$G = 4,84 \times 0,65 = 3,146 \text{ KN}$$

$$Q = 1,5 \times 0,65 = 0,98 \text{ KN}$$

A) choix de la méthode de calcul :❖ **Vérification des conditions d'application de la méthode forfaitaire :**

[Art B.6.2,210/BEAL91 modifier 99]

• **Hypothèses :**

-La valeur de la surcharge respecte la condition suivant :

$$Q \leq \max (2G ; 5\text{KN/m}^2)$$

-la fissuration est non préjudiciable.

-Toutes les travées ont un même moment d'inertie.

-le rapport de deux travées successives est compris entre 0,8 et 1,25.

• **Vérification :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{On a } Q = 0,98\text{KN/ml} \\ 2G = 2 \times 3,146 = 6,292 \text{ KN/ml} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

-la fissuration est non préjudiciable $\Rightarrow$ condition vérifiée

-les poutrelles du planché ont une même inertie dans les différentes travées

-les portées vérifient $0,8 \leq \frac{L_i}{L_{i+1}} \leq 1,25$

$$\text{On a : } \left(\frac{315}{485}, \frac{485}{415}, \frac{415}{375} \right) = (0,65 ; 1,16 ; 1,10)$$

$$0,8 \leq (0,65 ; 1,16 ; 1,10) \leq 1,25 \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

• **Conclusion :**

Toutes les conditions sont vérifiées, donc la méthode forfaitaire est applicable.

❖ Application de la méthode forfaitaire :

$$\alpha = \frac{Q}{G+Q} \text{ avec } 0 \leq \alpha \leq \frac{2}{3}$$

$$\alpha = \frac{0,98}{0,98+3,146} = 0,237 \quad 0 \leq 0,237 \leq 0,667 \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

❖ Calcul à L'ELU :

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

$$q_u = 1,35 \times 3,146 + 1,5 \times 0,98 = 5,72 \text{ KN/ml}$$

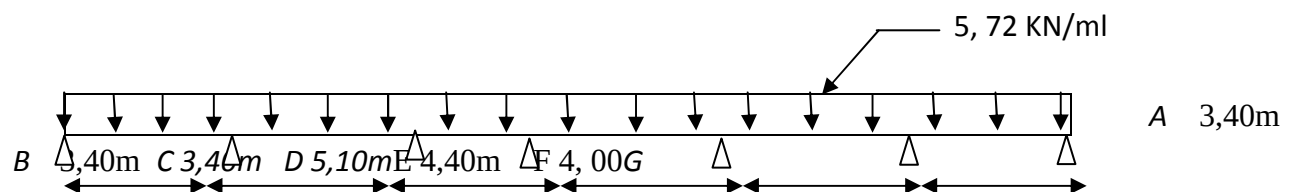
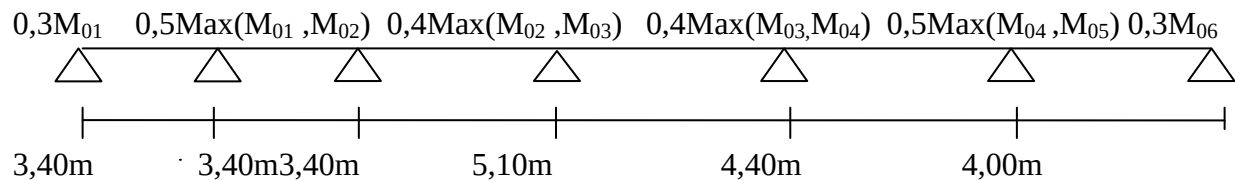


Figure III -10 : Schéma statique de la poutre continue reposant sur 7 appuis

❖ Calcul des moments fléchissant :

✓ Calcul des moments isostatiques :



$$M_{01} = \frac{q_{ul}^2 AB}{8} = \frac{5,72 \times 3,40^2}{8} = 8,26 \text{ KN m}$$

$$M_{02} = \frac{q_{ul}^2 BC}{8} = \frac{5,72 \times 3,40^2}{8} = 8,26 \text{ KN m}$$

$$M_{03} = \frac{q_{ul}^2 CD}{8} = \frac{5,72 \times 3,40^2}{8} = 8,26 \text{ KN m}$$

$$M_{04} = \frac{q_{ul}^2 DE}{8} = \frac{5,72 \times 5,10^2}{8} = 18,59 \text{ KN m}$$

$$M_{05} = \frac{q_{ul}^2 EF}{8} = \frac{5,72 \times 4,40^2}{8} = 13,84 \text{ KN m}$$

$$M_{06} = \frac{q_{ul}^2 FG}{8} = \frac{5,72 \times 4,00^2}{8} = 11,44 \text{ KN m}$$

➤ **Moment fléchissant sur appuis :**

$$M_A = 0,3M_{01} = 0,3 \times 8,26 = 2,48 \text{ KNm}$$

$$M_B = 0,5 \text{Max} (M_{01}; M_{02}) = 0,5 \times 8,26 = 4,13 \text{ KN m}$$

$$M_C = 0,4 \text{Max} (M_{02}; M_{03}) = 0,4 \times 8,26 = 3,30 \text{ KN m}$$

$$M_D = 0,4 \text{Max} (M_{03}; M_{04}) = 0,4 \times 18,59 = 7,43 \text{ KN m}$$

$$M_E = 0,4 \text{Max} (M_{04}; M_{05}) = 0,4 \times 18,59 = 7,43 \text{ KN m}$$

$$M_F = 0,5 \text{Max} (M_{05}; M_{06}) = 0,5 \times 13,84 = 6,92 \text{ KN m}$$

$$M_G = 0,3 M_{06} = 0,3 \times 11,44 = 3,43 \text{ KN m}$$

❖ **Calcul des moments en travée :**✓ **Etude de la travée AB :** (travée de rive)

$$M_t^{AB} \geq \max [1,05 M_{01}; (1 + 0,3\alpha) M_{01}] - \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$1 + 0,3\alpha = 1,0711 > 1,05 \implies \text{ok}$$

$$M_t^{AB} + \frac{M_A + M_B}{2} \geq (1 + 0,3\alpha) M_{01}$$

$$M_t^{AB} \geq - \frac{2,48 + 4,13}{2} + 1,0711 \times 8,26 = 5,54 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 5,54 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq \frac{1,2 + 0,3\alpha}{2} \times M_{01} = 5,25 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 5,25 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{AB} = 5,54 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée BC :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{BC} \geq - \frac{4,13 + 3,30}{2} + 1,0711 \times 8,26 = 5,13 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 5,13 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq \frac{1 + 0,3\alpha}{2} \times M_{02} = 4,42 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 4,42 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{BC} = 5,13 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée CD :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{CD} \geq -\frac{3,30+7,43}{2} + 1,0711 \times 8,26 = 3,48 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{03} = 0,536 \times 8,26 = 4,42 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq 6,68 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{CD} = 4,42 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée DE :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{DE} \geq -\frac{7,43+7,43}{2} + 1,0711 \times 18,59 = 12,48 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 12,48 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{04} = 0,536 \times 18,59 = 9,95 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 9,95 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{DE} = 12,48 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée EF :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{EF} \geq -\frac{7,43+6,92}{2} + 1,0711 \times 13,84 = 7,65 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 7,65 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{05} = 0,536 \times 13,84 = 7,42 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 7,42 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{EF} = 7,65 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée F G:** (travée de rive)

$$M_t^{FG} \geq -\frac{6,92+3,43}{2} + 1,0711 \times 11,44 = 7,08 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 7,08 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_{06} = 0,636 \times 11,44 = 7,27 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 7,27 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{FG} = 7,27 \text{ KN m}$

❖ Calcul des efforts tranchants

Pour calculer les efforts tranchants, on isole les différentes travées, on calcul la réaction d'appuis en tenant compte des moments de continuité et on les détermine en utilisant la méthode de RDM : $\sum M_i = 0$

$$T_w^i \times L - q_u \frac{l}{2} + M_w^i - M_e^{i+1} = 0$$

$$T_w^i = q_u \frac{l}{2} + \frac{M_e^{i+1} - M_w^i}{l}$$

✓ Application numérique :

Travée AB :

$$T_A = q_u \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_A = 5,72 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-4,13) - (-2,48)}{3,40} = 9,24 \text{ KN}$$

$$T_B = -q_u \times \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_B = -5,72 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-4,13) - (-2,48)}{3,40} = -10,20 \text{ KN}$$

Travée BC :

$$T_B = q_u \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_B = 5,72 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-3,30) - (-4,13)}{3,40} = 9,97 \text{ KN}$$

$$T_C = -q_u \times \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_C = -5,72 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-3,30) - (-4,13)}{3,40} = -9,48 \text{ KN}$$

Travée CD :

$$T_C = q_u \times \frac{L_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_C = 5,72 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-7,43) - (-3,30)}{3,40} = 8,51 \text{ KN}$$

$$T_D = -q_u \times \frac{L_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_D = -5,72 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-7,43) - (-3,30)}{3,40} = -10,94 \text{ KN}$$

Travée DE :

$$T_D = q_u \times \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_E - M_D}{L_{DE}}$$

$$T_D = 5,72 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-7,43) - (-7,43)}{5,10} = 14,58 \text{ KN}$$

$$T_E = -q_u \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_E = -5,72 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-7,43) - (-7,43)}{5,10} = -14,58 \text{ KN}$$

Travée EF :

$$T_E = q_u \times \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_E = 5,72 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-6,92) - (-7,43)}{4,40} = 12,70 \text{ KN}$$

$$T_F = -q_u \times \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_F = -5,72 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-6,92) - (-7,43)}{4,40} = -12,46 \text{ KN}$$

Travée FG :

$$T_F = q_u \times \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_F = 5,72 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-3,43) - (-6,92)}{4,00} = 12,31 \text{ KN}$$

$$T_G = -q_u \times \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_G = -5,72 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-3,43) - (-6,92)}{4,00} = -10,56 \text{ KN}$$

• **Diagrammes des moments fléchissant et des efforts tranchant :**

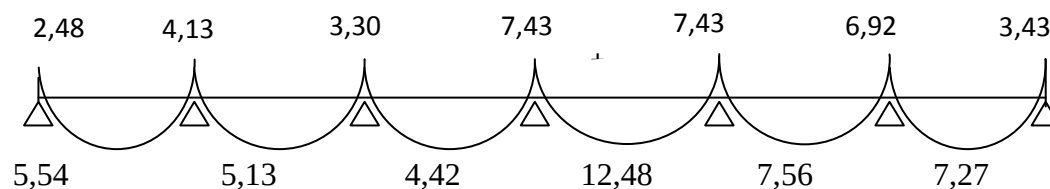


Fig III 11 : le Diagramme des moments fléchissant à L'ELU (en KN m)

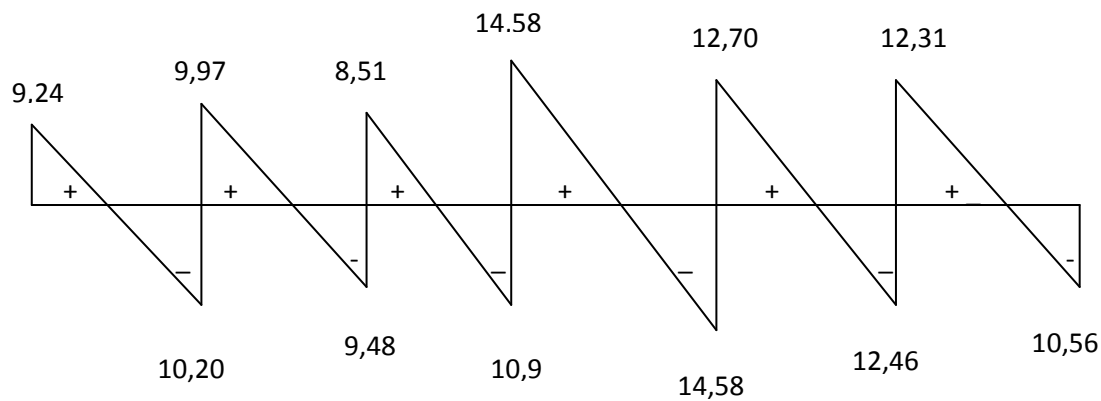


Fig III-12 : le diagramme des efforts tranchants à L'ELU (en KN)

❖ **Calcul des armatures :**

On adoptera le même ferrailage en travée avec le moment maximum $M_t^{\max} = 12,48 \text{ KN m}$, et même ferrailage aux appuis avec le moment $M_a^{\max} = 7,43 \text{ KNm}$.

❖ **Calcul des armatures à L'ELU :**

$$h_0 = 5 \text{ cm}$$

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

$$d = h - c = 25 - 2 = 23 \text{ cm}$$

$$b_0 = 12 \text{ cm}$$

$$b = 65 \text{ cm}$$

➤ **Armatures longitudinales :**

• **En travée :**

Le calcul des armatures en travée s'effectue comme une section en T, on considérant le moment maximum $M_t^{\max} = 12,48 \text{ KNm}$.

-Le moment équilibré par la table de compression M :

$$\text{Avec } M = \sigma_{bc} b h_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right) = 14,2 \times 65 \times 5 \times \left(23 - \frac{5}{2} \right) \times 10^{-3} = 94,60 \text{ KNm} .$$

$$M = 94,60 \text{ K Nm}$$

$$\text{D'où } M_t^{\max} = 12,48 \text{ KNm} < M = 94,60 \text{ KNm}$$

Donc l'axe neutre est dans la table de compression → le calcul se fera pour une section rectangulaire **b x h**

$$\mu = \frac{M_t^{\max}}{b d^2 f_{bc}} = \frac{12,48 \times 10^2}{65 \times 23^2 \times 14,2 \times 10^{-1}} = 0,026 < \mu_l = 0,392$$

$\mu < \mu_l$ Section simplement armée (SSA).

$$A_t = \frac{M_t^{\max}}{\beta d \sigma_s}$$

$$\mu = 0,026 \Rightarrow \beta = 0,987$$

$$A_t = \frac{12,48 \times 10^2}{0,987 \times 23 \times 348 \times 10^{-1}} = 1,58 \text{ cm}^2$$

Soit une section 3HA10 ($A_t = 2,35 \text{ cm}^2$)

❖ En appuis :

La table de compression est entièrement tendue, la section à considérée pour le calcul est une section rectangulaire du hauteur utile $d=23 \text{ cm}$ et de largeur $b_0 = 12 \text{ cm}$.

$$M_a^{\max} = 7,43 \text{ KNm}$$

$$\mu = \frac{M_a^{\max}}{b_0 d^2 f_{bc}} = \frac{7,43 \times 10^2}{12 \times 23^2 \times 14,2 \times 10^{-1}} = 0,082 < \mu_l = 0,392$$

$$\mu = 0,082 \Rightarrow \beta = 0,957$$

$$A_a = \frac{M_a^{\max}}{\beta d \sigma_s} = \frac{7,43 \times 10^2}{0,957 \times 23 \times 348 \times 10^{-1}} = 0,970 \text{ cm}^2$$

Soit une section 2HA8 ($A_a = 1,00 \text{ cm}^2$)

➤ Armatures transversales : [Art A.7.2 ,2/BAEL 91 modifie 99]

$$\phi_t \leq \min \left\{ \frac{h}{35}; \phi_\ell; \frac{b_0}{10} \right\}$$

ϕ_t : Diamètre des armatures transversales

ϕ_ℓ : Diamètre des armatures longitudinales

$$\phi_t \leq \min \left\{ \frac{25}{35}; 10; \frac{12}{10} \right\}$$

$$\phi_t \leq \min \{0,714; 10; 1,2\}$$

$$\phi_t = 0,714 \text{ cm} \approx 8 \text{ mm}$$

On prend $A_t = 1\text{HA}10 = 0,78 \text{ cm}^2$

➤ **Espacement des armatures transversals:**

$$S_t \leq \min \{0,9d ; 40 \text{ cm}\}$$

$$S_t \leq \min \{20,7 \text{ cm} ; 40 \text{ cm}\}$$

On prend $S_t = 20 \text{ cm}$ constant le long de la poutrelle, la section des armatures doit vérifier la condition suivante [Art A.5.1,23/BAEL 91modifié 99] :

$$\frac{A_t f_e}{b_0 S_t} \geq 0,4 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{0,78 \times 400}{12 \times 20} = 1,3 \text{ MPa} \geq 0,4 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vérifiée}$$

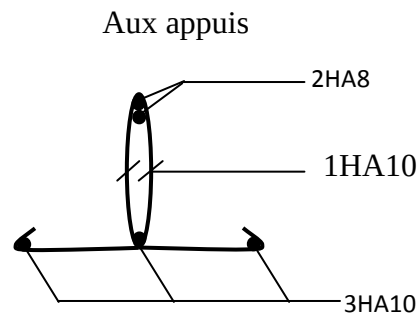


Fig -13 :Plan de ferrailage de la poutrelle en travées et aux appuis

❖ **Calcul des ancrages (BAEL91/ Art 6.1,23) :**

Les barres rectiliges de diamètre ϕ et de limite d'élasticité f_e sont ancrées sur une longueur L_s , dite longueur de scellement droit.

La longueur de scellement droit d'après les règles BAEL91modifié 99

$$L_s = \frac{\phi \times f_e}{4 \times \tau_{su}}$$

Avec :

τ_{su} : contrainte d'adhérence

$$\tau_{su} = 0,6 \psi_s^2 f_{t28} = 0,6 \times 1,5^2 \times 2,1 = 2,835 \text{ MPa}$$

$\psi_s = 1,5$ pour HA , ψ_s : coefficient de scellement

pour $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ et Fe400 ;

$$\frac{L_s}{\phi} = 35,3$$

Pour $\phi = 10 \text{ mm} \Rightarrow L_s = 35,3 \text{ cm}$; soit $L_s = 35 \text{ cm}$

et $L_a = 0,4 L_s = 14,12 \text{ cm}$

b) Vérification à l'ELU

❖ Vérification de la condition de non fragilité (Art 4.2,1/ BAEL 91 modifié 99):

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times b_0 \times d \times f_{c28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 12 \times 23 \times 2,1}{400} = 0,333 \text{ cm}^2$$

- **En travée:** $A_t = 1,91 \text{ cm}^2 > 0,333 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Condition vérifiée.
- **Aux appuis:** $A_a = 1,00 \text{ cm}^2 > 0,333 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Condition vérifiée.

❖ Vérification au cisaillement:

Fissuration peu nuisible, on doit vérifier que $\tau_u < \bar{\tau}_u$.

$$\tau_u = \frac{T_{\max}}{b_0 \times d} = \frac{14,58 \times 10}{23 \times 12} = 0,528 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau}_u = \min \left\{ 0,2 \frac{f_{c28}}{\gamma_d} ; 5 \text{ MPa} \right\} = 3,33 \text{ MPa}$$

$\tau_u = 0,528 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 3,33 \Rightarrow$ Condition vérifiée.

❖ Influence de l'efforts tranchants sur le béton (au niveau des appuis) Art [

A5.1.313/BAEL91 modifié 99]

On doit vérifier que :

$$T_{\max} \leq 0,4 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} a b_0 \quad \text{avec} \quad a \leq 0,9 d$$

❖ Appuis de rives

$$T_{\max} = 10,56 \text{ KN} < 0,4 \times \frac{10^3 \times 25}{1,5} \times 0,9 \times 23 \times 0,12 = 156,6 \text{ KN} \implies \text{condition vérifiée}$$

❖ Appuis intermédiaires :

$$T_{\max} = (14,58 + 14,58) = 29,16 \text{ KN} < 156,6 \text{ KN}$$

❖ **Vérification de la contrainte d'adhérence acier béton :**

La valeur limite de la contrainte d'adhérence pour l'ancrage des armatures est donnée par :

$$\tau_{se} < \bar{\tau}_{se} = f_{c28} \times \Psi = 1,5 \times 1,2 = 3,15 \text{ Mpa}$$

Avec : $\Psi = 1,5$ pour les acier HA

Σu : perimetre utile des acier

$$\tau_{se} = \frac{T_{max}}{0,9 \times d \times \Sigma u} = \frac{10^3 \times 14,58}{0,9 \times 230 \times}$$

❖ **Calcul à L'ELS :**❖ **Moment isostatique flexion à L'ELS :**

$$q_s = G + Q = 3,146 + 0,98 = 4,12 \text{ KN /ml}$$

$$M_{01} = \frac{q_{sl}^2 AB}{8} = \frac{4,12 \times 3,40^2}{8} = 5,95 \text{ KN m}$$

$$M_{02} = \frac{q_{sl}^2 BC}{8} = \frac{4,12 \times 3,40^2}{8} = 5,95 \text{ KN m}$$

$$M_{03} = \frac{q_{sl}^2 CD}{8} = \frac{4,12 \times 3,40^2}{8} = 5,95 \text{ KN m}$$

$$M_{04} = \frac{q_{sl}^2 DE}{8} = \frac{4,12 \times 5,10^2}{8} = 13,40 \text{ KN m}$$

$$M_{05} = \frac{q_{sl}^2 EF}{8} = \frac{4,12 \times 4,40^2}{8} = 9,97 \text{ KN m}$$

$$M_{06} = \frac{q_{sl}^2 FG}{8} = \frac{4,12 \times 4,00^2}{8} = 8,24 \text{ KN m}$$

➤ **Moment fléchissant sur appui :**

$$M_A = 0,3 M_{01} = 0,3 \times 5,95 = 1,78 \text{ KNm}$$

$$M_B = 0,5 \text{Max} (M_{01}; M_{02}) = 0,5 \times 5,95 = 2,97 \text{ KN m}$$

$$M_C = 0,4 \text{Max} (M_{02} ; M_{03}) = 0,4 \times 5,95 = 2,38 \text{ KN m}$$

$$M_D = 0,4 \text{Max} (M_{03} ; M_{04}) = 0,4 \times 13,40 = 5,36 \text{ KN m}$$

$$M_E = 0,4 \text{Max} (M_{04} ; M_{05}) = 0,4 \times 13,40 = 5,36 \text{ KN m}$$

$$M_F = 0,5 \text{Max} (M_{05} ; M_{06}) = 0,5 \times 9,97 = 4,98 \text{ KN m}$$

$$M_G = 0,3 M_{06} = 0,3 \times 8,24 = 2,47 \text{ KN m}$$

❖ **Calcul des moments en travée :**✓ **Etude de la travée AB :** (travée de rive)

$$M_t^{AB} \geq \max [1,05 M_{01} ; (1+ 0,3\alpha) M_{01}] - \frac{M_A+M_B}{2}$$

$$1+ 0,3\alpha = 1,0711 > 1,05 \implies \text{ok}$$

$$M_t^{AB} + \frac{M_A+M_B}{2} \geq (1+ 0,3\alpha)M_{01}$$

$$M_t^{AB} \geq - \frac{1,78+2,97}{2} + 1,0711 \times 5,95 = 3,95 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 3,95 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} \times M_{01} = 3,78 \text{ KN m}$$

$$M_t^{AB} \geq 3,78 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{AB} = 3,95 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée BC :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{BC} \geq - \frac{2,97+2,38}{2} + 1,0711 \times 5,95 = 3,70 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 3,70 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{02} = 3,18 \text{ KN m}$$

$$M_t^{BC} \geq 3,18 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{BC} = 3,70 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée CD :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{CD} \geq - \frac{2,38+5,36}{2} + 1,0711 \times 5,95 = 2,50 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{03} = 0,536 \times 5,95 = 3,18 \text{ KN m}$$

$$M_t^{CD} \geq 3,18 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{CD} = 3,18 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée DE :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{DE} \geq -\frac{5,36+5,36}{2} + 1,0711 \times 13,40 = 8,99 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 8,99 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{04} = 0,536 \times 13,40 = 7,18 \text{ KN m}$$

$$M_t^{DE} \geq 7,18 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{DE} = 8,99 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée EF :** (travée intermédiaire)

$$M_t^{EF} \geq -\frac{5,36+4,98}{2} + 1,0711 \times 9,97 = 5,50 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 5,50 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} \times M_{05} = 0,536 \times 9,97 = 5,34 \text{ KN m}$$

$$M_t^{EF} \geq 5,34 \text{ KN m}$$

Conclusion: on prend $M_t^{EF} = 5,50 \text{ KN m}$

✓ **Etude de la travée F G:** (travée de rive)

$$M_t^{FG} \geq -\frac{4,98+2,47}{2} + 1,0711 \times 8,24 = 5,10 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 5,10 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_{06} = 0,636 \times 8,24 = 5,23 \text{ KN m}$$

$$M_t^{FG} \geq 5,23 \text{ KN m}$$

Conclusion : on prend $M_t^{FG} = 5,23 \text{ KN m}$

❖ Calcul des efforts tranchants

$$T_w^i \times L - q_s \frac{l}{2} + M_w^i - M_e^{i+1} = 0$$

$$T_w^i = q_s \frac{l}{2} + \frac{M_e^{i+1} - M_w^i}{l}$$

✓ Application numérique :

Travée AB :

$$T_A = q_s \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_A = 4,12 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-2,97) - (-1,78)}{3,40} = 6,65 \text{ KN}$$

$$T_B = -q_u \times \frac{L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

$$T_B = -4,12 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-2,97) - (-1,78)}{3,40} = -7,35 \text{ KN}$$

Travée BC :

$$T_B = q_u \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_B = 4,12 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-2,38) - (-2,97)}{3,40} = 7,17 \text{ KN}$$

$$T_C = -q_u \times \frac{L_{BC}}{2} + \frac{M_C - M_B}{L_{BC}}$$

$$T_C = -4,12 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-2,38) - (-2,97)}{3,40} = -6,83 \text{ KN}$$

Travée CD :

$$T_C = q_s \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_C = 4,12 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-5,36) - (-2,38)}{3,40} = 6,12 \text{ KN}$$

$$T_D = -q_s \times \frac{l_{CD}}{2} + \frac{M_D - M_C}{L_{CD}}$$

$$T_D = -4,12 \times \frac{3,40}{2} + \frac{(-5,36) - (-2,38)}{3,40} = -7,88 \text{ KN}$$

Travée DE :

$$T_D = q_s \times \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_E - M_D}{L_{DE}}$$

$$T_D = 4,12 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-5,36) - (-5,36)}{5,10} = 10,50 \text{ KN}$$

$$T_E = - q_s \times \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_E - M_D}{L_{DE}}$$

$$T_E = - 4,12 \times \frac{5,10}{2} + \frac{(-5,36) - (-5,36)}{5,10} = -10,50 \text{ KN}$$

Travée EF :

$$T_E = q_s \times \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_E = 4,12 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-4,98) - (-5,36)}{4,40} = 9,15 \text{ KN}$$

$$T_F = - q_s \times \frac{L_{EF}}{2} + \frac{M_F - M_E}{L_{EF}}$$

$$T_F = -4,12 \times \frac{4,40}{2} + \frac{(-4,98) - (-5,36)}{4,40} = -8,97 \text{ KN}$$

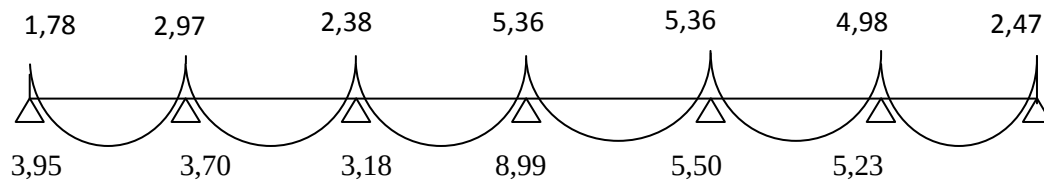
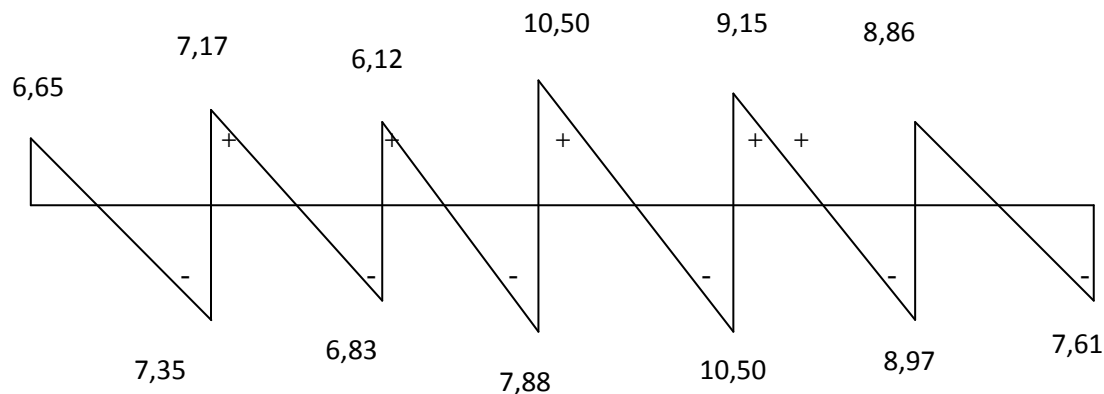
Travée FG :

$$T_F = q_s \times \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_F = 4,12 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-2,47) - (-4,98)}{4,00} = 8,86 \text{ KN}$$

$$T_G = - q_s \times \frac{l_{FG}}{2} + \frac{M_G - M_F}{L_{FG}}$$

$$T_G = - 4,12 \times \frac{4,00}{2} + \frac{(-2,47) - (-4,98)}{4,00} = -7,61 \text{ KN}$$

Diagramme de moment fléchissant et des efforts tranchant :**FigIII -14 : Diagramme des moments fléchissant à L'ELS en KN****Fig III-15 : diagramme des efforts tranchants à L'ELS(en KN)****c) Vérification à L'ELS :**

Lorsque la charge est la même sur toutes les travées de la poutre, ce qui est le cas pour nos poutrelles, pour obtenir les valeurs à L'ELS, il suffit de multiplier les résultats de calcul à L'ELU par le coefficient q_s/q_u

$$q_s = G + Q = 4,12 \text{ KN/ml}$$

$$q_u = 5,72 \text{ KN/mL}$$

$$\frac{q_s}{q_u} = \frac{4,12}{5,72} = 0,720$$

➤ Moments fléchissant :

o Sur appuis : $M_{ser}^a = 5,36 \times 0,720 = 3,86 \text{ KN.m}$

o en travées : $M_{ser}^t = 8,99 \times 0,720 = 6,47 \text{ KN.m}$

➤ **Vérification de la résistance à la compression du béton :**

2- Aux appuis :

$$\rho_1 = \frac{100 \times A^a}{b_0 \times d} = \frac{100 \times 1}{12 \times 23} = 0,362 \Rightarrow \begin{cases} \beta_1 = 0,906 \\ K = 0,0207 \end{cases}$$

Avec :

$$K = \frac{\alpha}{15(1-\alpha)}$$

La contrainte dans les aciers est :

$$\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{ser}^a}{\beta_1 \times d \times A^a}$$

$$\sigma_s = \frac{10^3 \times 3,86}{0,906 \times 23 \times 1} = 185,23 \text{ MPa}$$

La contrainte dans le béton est:

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = 0,0207 \times 185,23 = 3,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 3,83 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

2- En travée :

$$\rho_1 = \frac{100 \times A_{st}}{b_0 \times d} = \frac{100 \times 2,53}{12 \times 23} = 0,916 \Rightarrow \begin{cases} \beta_1 = 0,865 \\ K = 0,0207 \end{cases}$$

$$\sigma_s = \frac{M_t^{ser}}{\beta_1 \times d \times A_{st}}$$

$$\sigma_s = \frac{8,99 \times 10^3}{0,865 \times 23 \times 2,53} = 178,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = 0,0207 \times 178,60 = 3,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 3,7 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Conclusion :

La vérification étant satisfaite donc les moments à L'ELU sont satisfaisants

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

Nous avons une fissuration peu préjudiciable $\Rightarrow$ aucune vérification n'est nécessaire

➤ **Etat limite de déformation :(BAEL 91 Art B.6.5,2)**

D'après les règles du BAEL91, l'ors qu'il est prévu des étais, on peut cependant ne pas justifier la flèche si les conditions suivantes sont vérifiées.

$$4- \frac{h}{L} \geq \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{25}{510} = 0,049 \geq \frac{1}{22,5} = 0,062 \Rightarrow \text{condition non vérifiées}$$

On a deux conditions ne sont pas vérifiées, alors il faut procéder au calcul de la flèche.

➤ **Calcul de la flèche :**

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

$\bar{f}$: La flèche admissible

E_v : Module de déformation différée ($E_v = 10818,86 \text{ MPa}$)

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

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_o d}$$

➤ **Calcul des paramètres :**

$$S_{xx'} = b_0 \times h \times \frac{h}{2} + (b - b_0) \times h_0 \times \frac{h_0}{2} + (15 \times A_t \times d)$$

$$= 12 \times 25 \times \frac{25}{2} + (65 - 12) \times 5 \times \frac{5}{2} + (15 \times 2,35 \times 23)$$

$$S_{xx'} = 5223,25 \text{ cm}^3$$

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

$$B_0 = (12 \times 25) + (65 - 12) \times 5 + (15 \times 2,53) = 602,95 \text{ cm}^2$$

$$V_1 = S_{xx} / B_0$$

$$v_1 = \frac{5223,25}{602,95} = 8,66 \text{ cm}$$

$$v_2 = h - v_1 = 25 - 8,66 = 16,33 \text{ cm}$$

$$I_0 = \frac{b_0}{3} \times (v_1^3 + v_2^3) + (b - b_0) \times \frac{h_0^3}{12} + (b - b_0) \times h_0 \times \left(v_1 - \frac{h_0}{2} \right)^2 + 15 \times A_t \times (v_2 - c)^2$$

$$I_0 = 88521,73 \text{ cm}^4$$

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_0 \times d} = \frac{2,53}{12 \times 23} = 0,00916$$

La contrainte dans les aciers tendus est $\sigma_s = 178,60 \text{ MPa}$

❖ **Calcul des coefficients :**

$$\mu = \max \left(1 - \frac{1,75 \times 2,1}{4 \times 0,00916 \times 348 + 2,1} ; 0 \right) = 0,25$$

$$\lambda_v = \frac{0,02 \times 2,1}{\left(2 + \frac{3 \times 12}{65} \right) \times 0,00916} = 1,795$$

$$I_{fv} = \frac{1,1 \times 88521,73}{1 + (0,25 \times 1,795)} = 67207,82 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{M_t^s \times L^2}{10 \times E_v \times I_{fv}} = \frac{8,99 \times 10^6 \times (5100)^2}{10 \times 10818,865 \times 67207,82 \times 10^4} = 3,23 \text{ mm}$$

Conclusion :

$f \leq \bar{f} = 9,7 \text{ mm}$ donc : la condition est vérifiée.

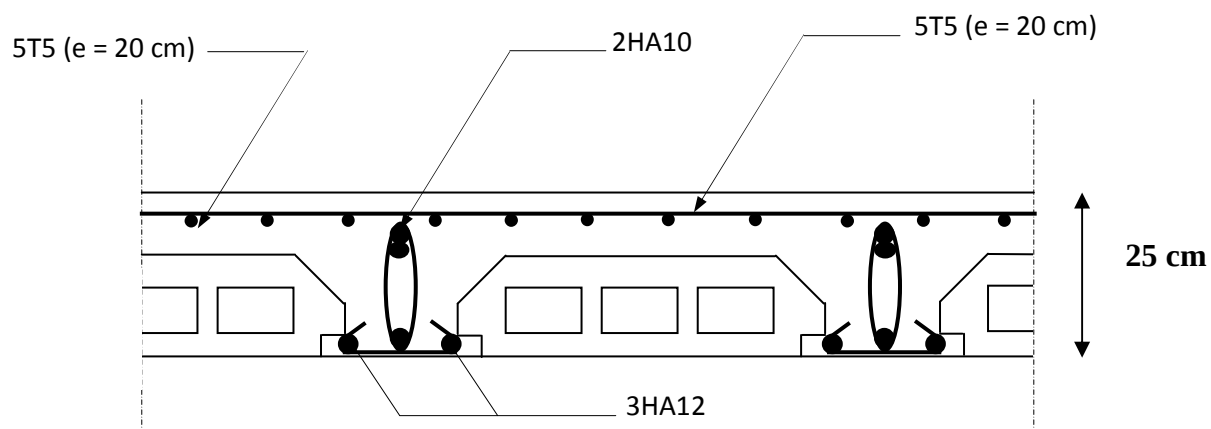


Fig III-16) : Plan de ferrailage de plancher à usage commerciale.

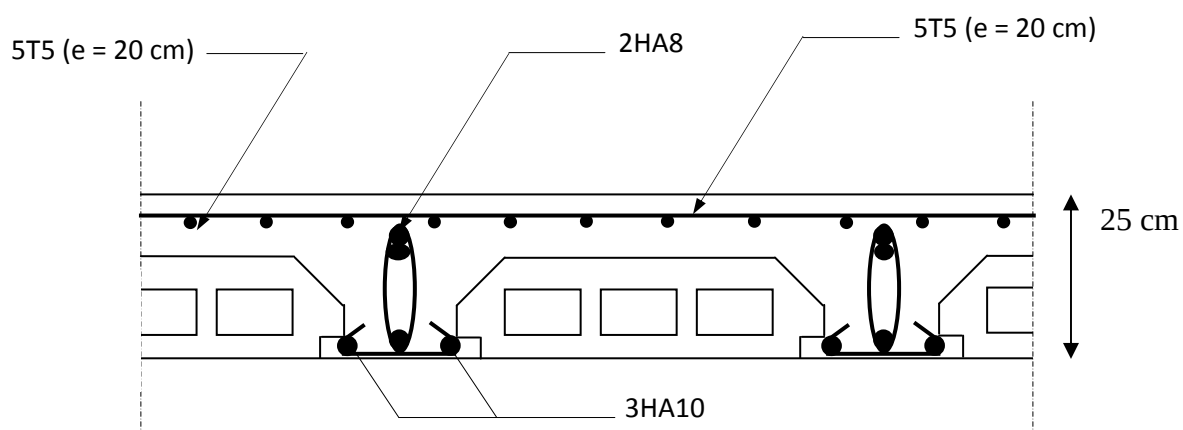


Fig III-17) : schéma de ferrailage de plancher courant.

III-4)Cage d'ascenseur :**III-4-1) Caractéristique des ascenseurs :**

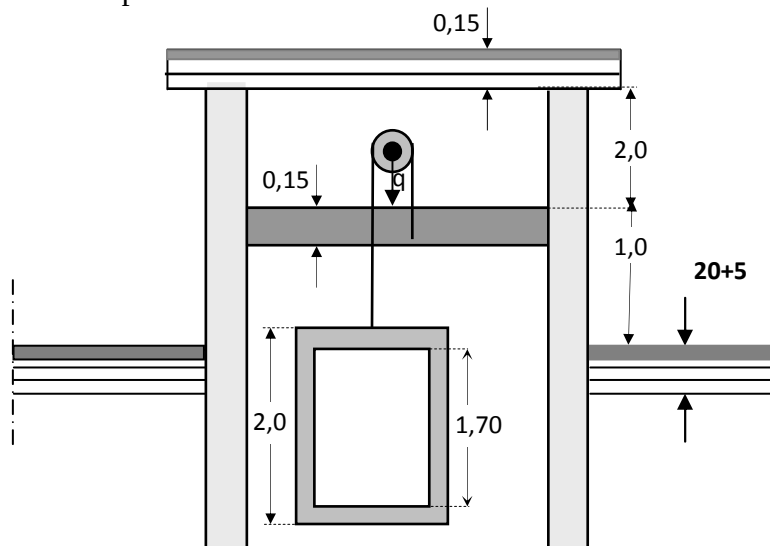
La surface de passage d'ascenseur :

$$S = 2,55\text{m}^2$$

III-4-2)Calcul de la dalle pleine de la salle machine :**a) Introduction :**

Notre ouvrage comporte d'une cage d'ascenseur :

- Vitesse d'entraînement $V = 1\text{m/s}$
- Charge nominale $Q = 630\text{ kg}$
- Surface utile maximale de la cabine $2,55\text{ m}^2$ soit $(1,50/1,70)$.
- Nombre de personnes 8.



FigIII -18) : calcul de la dalle pleine de la salle machine :

a)Calcul des moments :

l'étude des dalle repose librement sur leurs porteur et soumise à des charges localisées s'effectue au moyen des abaques de PIGEAUD qui fournissent des coefficients permettant de calculer les moments engendrés par ces charges suivant la petite et la grande portée.

La dalle repose sur 4 appuis, elle est soumise à une charge localisée concentrique avec :

$$L_x = 1,50\text{cm} \text{ et } L_y = 1,70\text{ cm}$$

b) Epaisseur de la dalle :

$$h \geq \frac{L_x}{30} = \frac{150}{30} = 5 \text{ cm}$$

L'épaisseur minimale pour une dalle pleine est de 12cm selon le RPA 99 version 2003.

On optera pour une épaisseur de 15cm.

La dalle qui supporte les machines est en béton armé avec une épaisseur de 15cm.

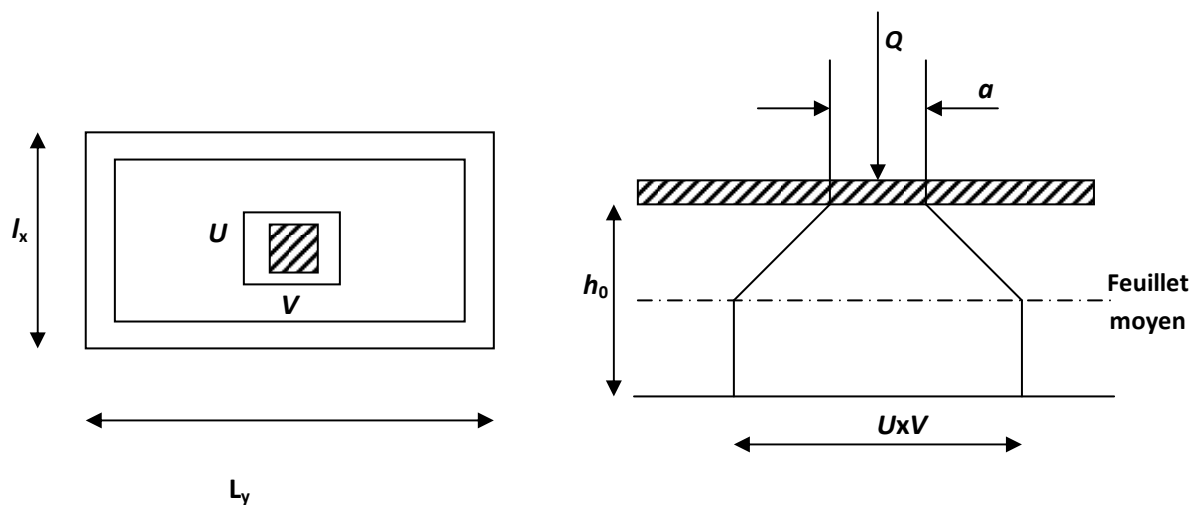


Fig III-19) : schéma de la diffusion des charges de la salle machine.

$L_y = 1,70\text{m}$ et $L_x = 1,50\text{m}$

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{1,50}{1,70} = 0,90 > 0,4 \Rightarrow \text{la dalle travaille dans les deux sens.}$$

On a: $U = U_0 + 2e.K + h_0$

$$V = V_0 + 2e.K + h_0$$

Avec : e : Epaisseur du revêtement ($e = 0\text{cm}$)

h_0 = hauteur de la dalle ($h_0 = 15\text{cm}$)

K : Revêtement aussi solide que le béton ($K = 2$).

$U_0 = V_0 = 75 \text{ cm}$ (côte de rectangle dans laquelle q est concentrée).

$$\Rightarrow U = 75 + 15 = 90 \text{ cm}$$

$$V = 75 + 15 = 90\text{cm}$$

c) Evaluations des moments M_x , M_y dus au système de levage :

$$M_x = (M_1 + \nu M_2) q$$

$$M_y = (M_2 + \nu M_1) q$$

Avec :

ν : Coefficient de poisson $\Rightarrow \nu = 0$ à l'ELU
 $\nu = 0,2$ à l'ELS

M_1 et M_2 coefficients donnés en fonction de $(\rho; \frac{U}{l_x}; \frac{V}{l_y})$ à partir des abaques de PIGEAUD.

❖ Après l'interpolation :

$$\left. \begin{aligned} \rho &= \frac{l_x}{l_y} = \frac{1,50}{1,70} = 0,90 \\ \frac{u}{l_x} &= \frac{0,9}{1,50} = 0,6 \\ \frac{v}{l_y} &= \frac{0,90}{1,70} = 0,53 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} M_1 &= 0,0838 \text{ et } M_2 = 0,0652 \end{aligned}$$

A l'ELU : $M_{x1} = p M_1$

$$M_{y1} = p M_2$$

Avec :

$$p = 1,35G + 1,5Q = 1,35 \times 90 + 1,5 \times 0 = 121,50 \text{ KN/ml}$$

$$M_{x1} = 121,5 \times 0,0838 = 10,18 \text{ KN.m}$$

$$M_{y1} = 121,5 \times 0,0652 = 7,92 \text{ KN.}$$

d) Les moments dus aux poids propre de la dalle pleine $M_{x2}; M_{y2}$:

$\rho = 0,9 > 0,4 \Rightarrow$ La dalle travail dans les deux sens.

$$\rho = 0,9 \Rightarrow \mu_x = 0,0458$$

$$\mu_y = 0,778$$

$$\begin{cases} M_{x2} = \mu_x \cdot q \cdot l_x^2 \\ M_{y2} = \mu_y \cdot M_{x2} \end{cases}$$

Poids de la dalle: $G = 25 \times 0,15 = 3,75 \text{ KN/m}^2$

$$q = 1,35G + 1,5Q = 1,35 \times 3,75 + 1,5 \times 1 = 6,563 \text{ KN/ml}$$

$$M_{x2} = 0,0458 \times 6,563 \times (1,50)^2 = 0,676 \text{ KN.m}$$

$$M_{y2} = 0,778 \times 0,676 = 0,526 \text{ KN.m}$$

e) Superposition des moments agissant au centre du panneau :

$$M_x = M_{x1} + M_{x2} = 10,85 \text{ KN.m}$$

$$M_y = M_{y1} + M_{y2} = 8,45 \text{ KN.m}$$

f) Ferrailage:

➤ **Sens X-X :**

• **Aux appuis :**

$$M_x^a = M_y^a = 0,3 \times 10,85 = 3,26 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{M_a}{bd^2 \cdot f_{bc}} = \frac{3,26 \cdot 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,016 < 0,392 \Rightarrow \text{S.S.A}$$

$$\Rightarrow \beta = 0,992$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta \cdot d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{3,26 \cdot 10^3}{0,992 \times 12 \times 348} = 0,78 \text{ cm}^2$$

Soit : $4\text{HA}8 = 2,01 \text{ cm}^2$ Avec : $St = 25 \text{ cm}$

❖ **Aux travées :**

$$M_t = 0,85 \times 10,85 = 9,22 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{9,22 \cdot 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,045 \Rightarrow \text{S.S.A} \Rightarrow \beta = 0,976$$

$$A_t = \frac{9,22 \cdot 10^3}{0,976 \times 12 \times 348} = 2,26 \text{ cm}^2$$

Soit : $4HA10 = 3,14 \text{ cm}^2$ Avec : $St = 25 \text{ cm}$

➤ **Sens-y-y :**

❖ **Aux appuis :**

$Ma = 0,3 \times 10,85 = 3,26 \text{ KN.m.}$

$$\mu_b = \frac{Ma}{b d^2 f_{bc}} = \frac{3,26 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,016 < 0,186 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\Rightarrow \beta = 0,992$$

$$Aa = \frac{Ma}{\beta d f_e / \gamma_s} = \frac{3,26 \times 10^3}{0,992 \times 12 \times 348} = 0,78 \text{ cm}^2.$$

Soit : $4 HA8 = 2,01 \text{ cm}^2$ avec $St = 25 \text{ cm}$.

❖ **En travée :**

$Mt = 0,75 \times 8,45 = 6,34 \text{ KN.m.}$

$$\mu_b = \frac{Mt}{b d^2 f_{bc}} = \frac{6,34 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,031 < 0,186 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\Rightarrow \beta = 0,984$$

$$At = \frac{Mt}{\beta d f_e / \gamma_s} = \frac{6,34 \times 10^3}{0,984 \times 12 \times 348} = 1,54 \text{ cm}^2.$$

Soit : $4HA10 = 3,14 \text{ cm}^2$ avec $St = 25 \text{ cm}$.

g) Vérification à l'ELU :

1-Condition de non fragilité : [Art B.7.4BAEL .91 modifié 99]

✓ **Armature inférieures suivant(X-X)**

$$A_{\min} \geq \frac{b h l_0}{2 \left(3 - \frac{l_x}{l_y} \right)} = \frac{100 \times 15 \times 0,0008}{2 \left(3 - \frac{1,50}{1,70} \right)} = 0,28 \text{ cm}^2.$$

$A = 3,14 \geq 0,28 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Condition vérifiée.

✓ **Armature supérieur (suivant Y-Y) :**

$$\rho_y \geq \rho_0 = 0,0008$$

ρ_y : Taux minimal d'acier dans le sens (Y-Y)

$$A_{\min} = 0,0008 \times 15 \times 100 = 1,2 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 3,14 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,2 \text{ cm}^2 \longrightarrow \text{condition vérifiée}$$

Conclusion : la condition de non fragilité est vérifiée dans les deux sens.

III-4-3) Ecartement des barres : (Art A.8.2.42 BAEL 91)

L'écartement des barres d'une même nappe ne doit pas dépasser les valeurs suivantes : (charges concentrées)

- Direction la plus sollicitée : min (2h, 25 cm).
- Direction perpendiculaire : min (3h, 33 cm).

-Sens x-x:

- Armatures supérieures : $St = 25 \text{ cm} \leq \min (2h, 25 \text{ cm}) = 25 \text{ cm}$.
- Armatures inférieures : $St = 25 \text{ cm} \leq \min (2h, 25 \text{ cm}) = 25 \text{ cm}$.

-Sens y-y:

- Armatures supérieures : $St = 25 \text{ cm} < \min (3h, 33 \text{ cm}) = 33 \text{ cm}$.
- Armatures inférieures : $St = 25 \text{ cm} < \min (3h, 33 \text{ cm}) = 33 \text{ cm}$.

III-4-4)-Condition de non poinçonnement:[Art .5.2.42/BAEL 91 modifié 99]

$P \leq 0,045 \mu_c h \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$ (aucune armature transversale n'est nécessaire si cette formule est vérifiée). Avec μ_c : périmètre de contour de l'air sur laquelle agit la charge dans le plan de feuillet moyen.

$$\mu_c = 2 (u + v) = 2 (0,90 + 0,90) = 3,6 \text{ m}.$$

$$P = 9t \leq 0,045 \times 3,6 \times 0,15 \times \frac{25 \times 10^2}{1,5} = 40,5t \Rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

Aucune armature transversale n'est nécessaire.

III-4-5) Contrainte tangentielle :

Les efforts sont max au voisinage de la charge, et on a $U \leq V$ donc :

$$\text{Au milieu de } V : T_{\max} = V_u = \frac{P}{2V + U} = \frac{90}{2 \times 0,90 + 0,90} = 33,33 \text{ KN} .$$

$$\text{Au milieu de } V : T_{\max} = V_u = \frac{P}{3V} = \frac{90}{3 \times 0,90} = 33,33 \text{ KN} .$$

On doit vérifier que :

$$\tau_u = \frac{V_u}{bd} \leq \min \left(\frac{0,2 f_{c28}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right)$$

$$\text{Avec : } \frac{0,2 f_{c28}}{\gamma_b} = \bar{\tau} = 3,33 \text{ MPa fissuration peu nuisible}$$

$$\tau_u = \frac{33,33 \times 10^3}{1000 \times 120} = 0,277 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

h) Vérification de l'E.L.S :

✓ **Les moments à l'E.L.S :**

- **Moment engendré par le système de levage :**

$$M_{x1} = (M_1 + V M_2) q_s .$$

$$M_{y1} = (M_2 + V M_1) q_s .$$

$$q_s = G + Q = 90 \text{ KN/m}^2$$

$$M_{x1} = (0,0838 + 0,2 \times 0,0652) \times 90 = 8,71 \text{ KN.m}$$

$$M_{y1} = (0,0652 + 0,2 \times 0,0838) \times 90 = 7,37 \text{ KN.m}$$

✓ **Moment engendré par le poids propre de la dalle :**

$$q_s = G + Q = 3,75 + 1 = 4,75 \text{ KN/m}^2.$$

$$\mu_x = 0,0529$$

$$\rho = 0,9 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \mu_x = 0,0529 \\ \mu_y = 0,846 \end{array} \right.$$

$$M_{x2} = \mu_x q_s l_x^2 = 0,0529 \times 4,75 \times (1,50)^2 = 0,56 \text{ KN.m}$$

$$M_{y2} = \mu_y \times M_{x2} = 0,47 \text{ KN.m.}$$

• **Superposition des moments :**

$$M_x = M_{x1} + M_{x2} = 8,71 + 0,56 = 9,27 \text{ KN.m.}$$

$$M_y = M_{y1} + M_{y2} = 7,37 + 0,47 = 7,84 \text{ KN.m.}$$

III-4-6) Ferrailage :

- Sens x-x :

Aux appuis :

$$M_a = 0,3 \times 9,27 = 2,78 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{2,78 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,00714 < 0,392 \Rightarrow \text{S.S.A.}$$

$$\beta = 0,870$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta d f_e / \gamma_s} = \frac{2,78 \times 10^3}{0,870 \times 12 \times 348} = 0,40 \text{ cm}^2$$

En travée :

$$M_t = 0,85 \times 9,27 = 7,88 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{7,88 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,02026 < 0,186 \Rightarrow \text{S.S.A.} \Rightarrow \beta = 0,810$$

$$A_t = \frac{M_t}{\beta d f_e / \gamma_s} = \frac{7,88 \times 10^3}{0,810 \times 12 \times 348} = 1,22 \text{ cm}^2.$$

- Sens y-y :

Aux appuis :

$$M_a = 0,3 \times 4,87 = 1,46 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{1,46 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,00714 \quad \text{S.S.A.} \quad \beta = 0,870$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta d f_e / \gamma_s} = \frac{1,46 \times 10^3}{0,870 \times 12 \times 348} = 0,40 \text{ cm}^2$$

En travée :

$$M_t = 0,85 \times 4,87 = 4,14 \text{ KN.m}$$

$$\mu_b = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{4,14 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14,2} = 0,02026 \quad \text{S.S.A.} \quad \beta = 0,810$$

$$A_t = \frac{M_t}{\beta d f_e / \gamma_s} = \frac{4,14 \times 10^3}{0,810 \times 12 \times 348} = 1,22 \text{ cm}^2.$$

❖ Conclusion:

Les armatures adoptées à l'E.L.U sont largement suffisant.

➤ Contrainte de compression dans le béton

$$\alpha < \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} \quad \text{avec : } \gamma = \frac{M_u}{M_s}$$

Sens x-x :

Aux appuis :

$$\frac{M_u}{M_s} = \frac{3,26}{1,46} = 2,23$$

$$\mu_b = 0,016 \longrightarrow \alpha = 0,0201$$

$$\frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = \frac{2,23-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,86$$

Donc $0,86 > \alpha = 0,0201 \longrightarrow$ condition vérifiée.

En travée :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{9,22}{4,14} = 2,22$$

$$\mu_b = 0,045 \longrightarrow \alpha = 0,0589$$

$$\frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = \frac{2,22-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,863$$

Donc $0,863 > \alpha = 0,0589 \longrightarrow$ condition vérifiée.

Sens Y-Y

Aux appuis :

$$\frac{M_u}{M_s} = \frac{3,26}{1,46} = 2,23$$

$$\mu_b = 0,016 \longrightarrow \alpha = 0,0201$$

$$\frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = \frac{2,23-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,86$$

Donc $0,86 > \alpha = 0,0201 \longrightarrow$ condition vérifiée

En travée :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{6,34}{4,14} = 1,53$$

$$\mu_b = 0,031 \longrightarrow \alpha = 0,0406$$

$$\frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = \frac{1,53-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,515$$

Donc $0,515 > \alpha = 0,0406 \longrightarrow$ condition vérifiée

➤ **Etat limite de fissuration :**

La fissuration est peu préjudiciable. Aucune vérification n'est nécessaire

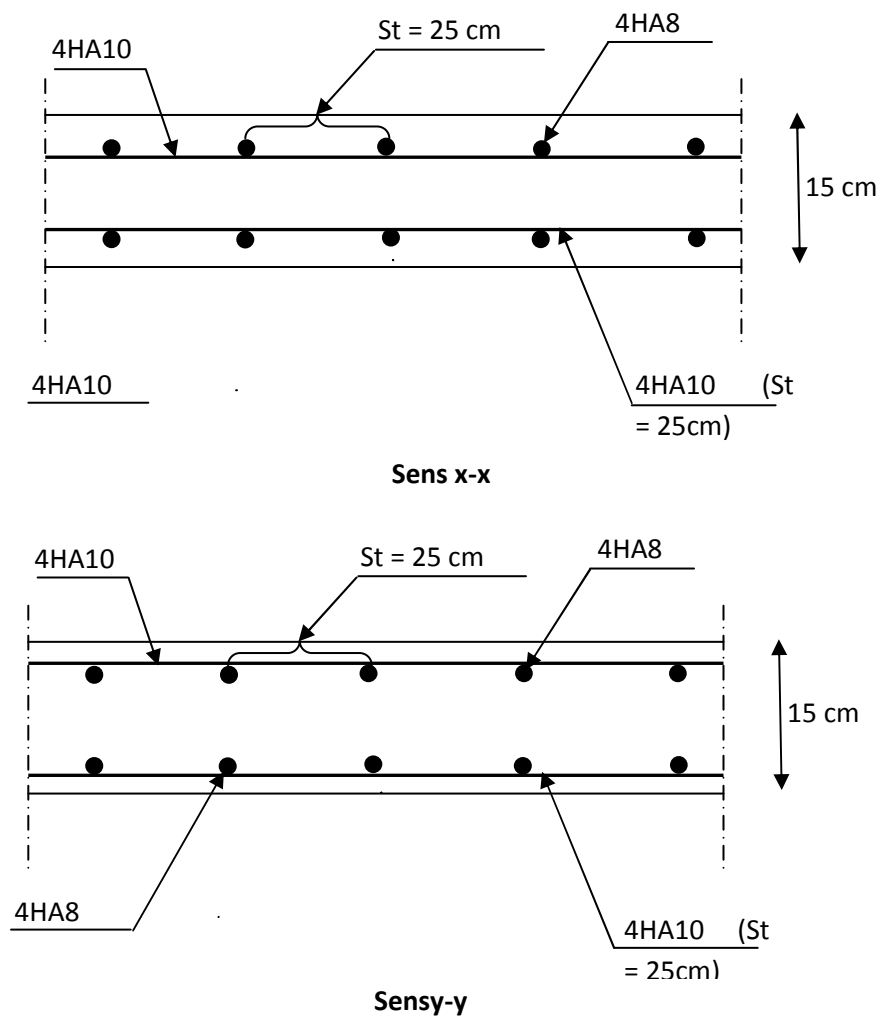


Fig III-20) :Plan de ferrailage de la dalle pleine de la salle machine.

III-5) Les balcons :

Les balcons à calculer sont des balcons en dalle pleine reposant sur la poutre de rive

avec un garde de corps de hauteur $h=1$ m en brique creuse de 10 cm d'épaisseur. Ces balcons sont assimilés à une console encastrée au niveau de la poutre de rive de plancher.

L'épaisseur de la dalle pleine est donnée par : $e_p \geq \frac{l}{10}$ avec l : largeur du balcon.

$$e_p \geq \frac{130}{10} = 13 \text{ cm} \text{ Soit : } e_p = 15 \text{ cm.}$$

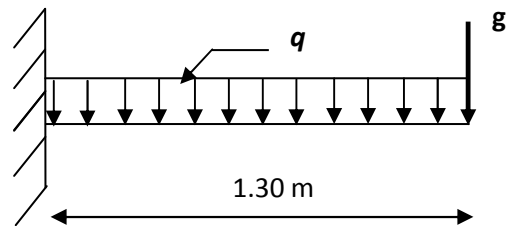


Figure III-21) : Schéma statique du balcon.

III5-1 : Détermination des charges et surcharges :

Nous considérons une bande de 1m de longueur du balcon.

a) Les charges permanentes :

N°	Désignation	Epaisseur (m)	$\rho (KN/m^2/m)$	G(KN/m ²)
1	Revêtement carrelage	0,02	22	0,44
2	Mortier de pose	0,02	22	0,44
3	Couche de sable	0,02	0.18	0,36
4	Poids propre de la dalle	0,15	25	3.75
5	Enduit de ciment	0,02	0,18	0,36
G_{total}				5.35

b) La charge concentrée : (Poids propre du garde corps).

P_{mur} = Poids de brique creuse + 2 (poids de l'enduit en ciment, $e_p = 2$ cm).

N°	Désignation	Epaisseur (m)	$\rho (KN/m^2/cm)$	G(KN/m ²)
1	Poids de brique creuse	10	/	0,9
2	Poids de l'enduit en ciment	4	0.18	0,72
G_{total}				1.62

$$P_{mur} = 1.62 \times 1 = 1,62 \text{ KN/ml}$$

c) Surcharge d'exploitation : **Q = 3.5 KN/ml.**

III-5-2) Calcul à l'ELU :**❖ Combinaisons de charges :**

La dalle: $q_u = 1.35G + 1.5Q = 1.35 \times 5.35 + 1.5 \times 3.5 = 12.47 \text{ KN/ml}$.

Garde de corps : $g_u = 1.35g = 1.35 \times 1.62 = 2.187 \text{ KN/ml}$.

a) Les efforts tranchants:

- L'effort tranchant provoqué par la charge q_u est :

$$T_{qu} = -q_u \times l = -12.47 \times 1.30 = -16.21 \text{ KN}.$$

- L'effort tranchant provoqué par la surcharge g_u est :

$$T_{gu} = -g_u \times l = -2.187 \text{ KN}.$$

- L'effort tranchant total :

$$T_u = T_{qu} + T_{gu} = 16.21 + 2.187 = 18.4 \text{ KN}.$$

b) Les moments fléchissant :

- Le moment provoqué par la charge q_u est :

$$M_{qu} = -\frac{q_u \times l^2}{2} = -\frac{12.47 \times 1.3^2}{2} = -10.53 \text{ KN.m}$$

- Le moment provoqué par la surcharge g_u est :

$$M_{gu} = -g_u \times l^2 = -2.187 \times 1.30 = -2.84 \text{ KN.m}$$

- Le moment total est : $M_u = M_{qu} + M_{gu} = -13.37 \text{ KN.m}$

Le signe (-) signifie que les fibres supérieures sont tendues.

c) Calcul des armatures :**➤ Les armatures principales :**

La section dangereuse se trouve au niveau de l'encastrement.

$$\mu_u = \frac{M_u}{b d^2 f_{bu}} = \frac{10.53 \times 10^3}{100 \times 12^2 \times 14.2} = 0.051. \quad \text{---} \beta \rightarrow 0.973$$

$$A = \frac{M_u}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{10.53 \times 10^3}{0.973 \times 12 \times 348} = 2.59 \text{ cm}^2.$$

Soit : **A = 4HA10 = 3,14 cm²**. avec un espacement **S_t = 25 cm**.

➤ Les armatures de répartition :

$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{3.14}{4} = 0.79 \text{ cm}^2.$$

Soit : $A_r = 4HA8 = 2,01\text{cm}^2$. avec un espacement de 25 cm.

2) Vérification à l'ELU :

✓ Vérification de la condition de non fragilité :

$$A_{\min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0.23 \times 100 \times 12 \times 2.1}{400} = 1.45 \text{ cm}^2$$

$A_{\min} = 1,45\text{cm}^2 < A = 3,14 \text{ cm}^2$. $\longrightarrow$ Condition vérifiée.

✓ Vérification de l'effort tranchant :

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

$$V_u = q_u \times l + g_u = 18,40 \text{ KN.}$$

$$\tau_u = \frac{18,40 \times 10^3}{1000 \times 120} = 0,153 \text{ MPa.}$$

$$\bar{\tau}_u = \min \left\{ \frac{0.15}{\gamma_b} f_{c28} ; 4 \text{ MPa} \right\} = \min \{ 2.5 \text{ MPa} ; 5 \text{ MPa} \} = 2.5 \text{ MPa.}$$

$$\tau_u = 0,153 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 2.5 \text{ MPa.} \quad \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

✓ Vérification de l'entraînement des barres [ART A.6.1,3 BAEL 91 modifiées 99] :

$$\tau_{se} < \bar{\tau}_{se} = \Psi_s f_{t28} \quad \text{avec : } \Psi_s = 1.5 \text{ pour les aciers HA.}$$

$$\bar{\tau}_{se} = 1.5 \times 2.1 = 3.15 \text{ MPa.}$$

$$\tau_{se} = \frac{V_u}{0.9 \times d \times \sum U_i} \quad \sum U_i : \text{Somme des perimetres utiles des armatures d'appui.}$$

$$\sum U_i = 4 \times 3.14 \times 10 = 125,6 \text{ cm.}$$

$$\tau_{se} = \frac{18,40 \times 10^3}{0.9 \times 120 \times 125,6} = 1,356 \text{ MPa.}$$

$$\tau_{se} = 1.356 \text{ MPa} < \bar{\tau}_{se} = 3.15 \text{ MPa.} \quad \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

✓ Vérification de l'espacement des barres :

▪ Pour les armatures principales :

$$S_{t\max} \leq \min(3h ; 33\text{cm}) = 33 \text{ cm.}$$

$$S_t = 25 \text{ cm} < 33 \text{ cm.} \quad \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

▪ Pour les armatures de répartition :

$$S_{t\max} \leq \min(4h ; 45\text{cm}) = 45 \text{ cm.}$$

$S_t = 25 \text{ cm} < S_{t\max}$. —————> Condition vérifiée.

✓ **Vérification de la longueur de scellement droit :**

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

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

$$l_s = \frac{10 \times 400}{4 \times 2.835} = 352.73 \text{ mm.}$$

$l_s = 35.2 \text{ cm}$ est supérieur à la largeur de la poutre ($b=30 \text{ cm}$) dans laquelle elle sera ancrée, donc on optera pour des armatures avec crochets.

Soit des crochets de longueur l_a telque :

$$l_a = 0.4 \times l_s = 0.4 \times 35.2 = 14 \text{ cm.} \quad [\text{Art A.6.1,253 BAEL91 modifiée 99}].$$

✓ **Vérification de l'influence de l'effort tranchant au niveau des appuis :**

▪ **Influence sur les aciers :**

Il faut vérifier que : $A_a \geq \frac{\gamma_s \times (V_u + \frac{M_u}{a})}{f_e}$

V_u : Effort tranchant en valeur absolue au niveau des appuis.

M_u : Moment fléchissant au droit de l'appui.

a : La longueur d'appui égale à $0.9d$

$$\frac{1,15 \times \left(18,40 \times 10^3 - \frac{13,37 \times 10^6}{0,9 \times 120} \right)}{400} = 303 \text{ mm}^2 = 3,03 \text{ cm}^2$$

$$A_a = 3,14 > 3,03 \text{ cm}^2 \quad \longrightarrow \quad \text{Condition vérifiée.}$$

▪ **Influence sur le béton :**

On doit vérifier que : $\frac{2 \times V_u^{\max}}{b \times a} \leq 0.8 \frac{f_{cj}}{\gamma_b} V_u^{\max} \leq \frac{0.4 \times f_{c28} \times 0.9db}{\gamma_b}$

$$V_u^{\max} = 18,40 \text{ kN} \leq \frac{0.4 \times 25 \times 10^2 \times 0.9 \times 12 \times 100}{1.5} = 720 \text{ kN} \quad \longrightarrow \quad \text{Condition vérifiée.}$$

3) Vérification à l'ELS :

➤ **Combinaison de charges :**

- Dalle : $q_s = G + Q = 5,35 + 3,5 = 8,85 \text{ kN/ml.}$
- Garde corps : $g_s = 1,187 \text{ kN/ml.}$

➤ **Calcul des moments :**

$$M_s = M_{qs} + M_{gs} = \frac{q_s \times l^2}{2} + g_s l = \frac{8,85 \times 1,3^2}{2} + 1,187 \times 1,3 = 9,02 \text{ KNm.}$$

✓ **Vérification des contraintes :**

- La contrainte dans l'acier :

$$\sigma_s = \frac{M_s}{\beta_1 d A_t} \leq \sigma_s \equiv \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ MPa.} \quad (\text{fissuration non préjudiciable.})$$

$$\rho_1 = \frac{100 \times A_t}{bd} = \frac{100 \times 3,14}{100 \times 12} = 0,262 \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_f = 46,73 \\ \beta_1 = 0,919 \end{array} \right.$$

$$\sigma_s = \frac{9,02 \times 10^3}{0,919 \times 12 \times 3,14} = 260,48 \text{ MPa} < \bar{\sigma}_s = 348 \text{ MPa. Condition vérifiée.}$$

- La contrainte dans le béton :

$$\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{bc} = K \times \sigma_s = \frac{1}{K_1} \times \sigma_s = \frac{1}{46,73} \times 260,48 = 5,57 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{bc} = 5,57 \text{ MPa} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

✓ **Vérification de la flèche [Art B.6.5, 2 BAEL91 modifiée 99] :**

On peut se dispenser de la vérification de la flèche si les conditions suivantes sont réunies :

$$- \frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10 \times M_0}$$

$$\frac{h}{l} = \frac{15}{130} = 0,115 > \frac{9,02}{10 \times 9,02} = 0.1 \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

$$- \frac{h}{l} \geq \frac{1}{16}$$

$$\frac{h}{l} = 0,115 > \frac{1}{16} = 0.0625 \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

$$- \frac{A_t}{bd} \leq \frac{4.2}{f_e}$$

$$\frac{3,14}{100 \times 12} = 0.00262 < \frac{4.2}{f_e} = 0.0105 \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

Conclusion:

Toutes les conditions sont réunies, donc on peut se dispenser de la
vérification de la flèche.

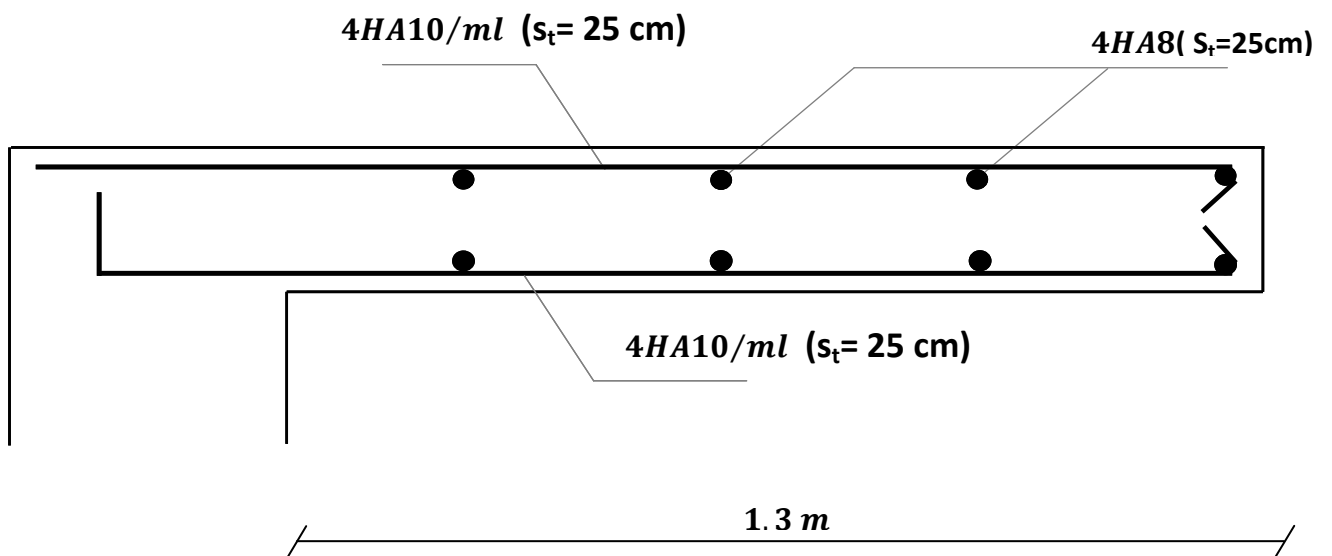


Fig III-22 : plan de ferrailage du balcon

Chapitre IV

Etude sous charges verticales

IV) les portiques sous charges verticales :**IV -1) principe de la méthode :**

Le calcul des portiques se fera en appliquant la méthode d'ALBERT CAQUOT qui est une méthode approchée pour le calcul des poutres continues ; solidaires ou non des poteaux qui les supportent sous l'action des charges verticales. Elle s'applique essentiellement à des éléments constitués de nervures et de poutre associée à des hourdis ainsi qu'aux éléments de plancher à charges d'exploitations élevées.

Cette méthode consiste à calculer le moment sur appui d'une poutre continue en considérant uniquement les travées qui encadrent l'appui considéré. Une poutre à plusieurs travées est assimilée pour le calcul des moments sur appui à une succession de poutres à deux travées, quant aux moment en travées ils sont déterminés à partir des moments sur appui en utilisant les méthodes usuelles de la RDM.

IV- 2) exposition de la méthode :

Soit A : nœud intermédiaire de la structure et non voisin du nœud de rive.

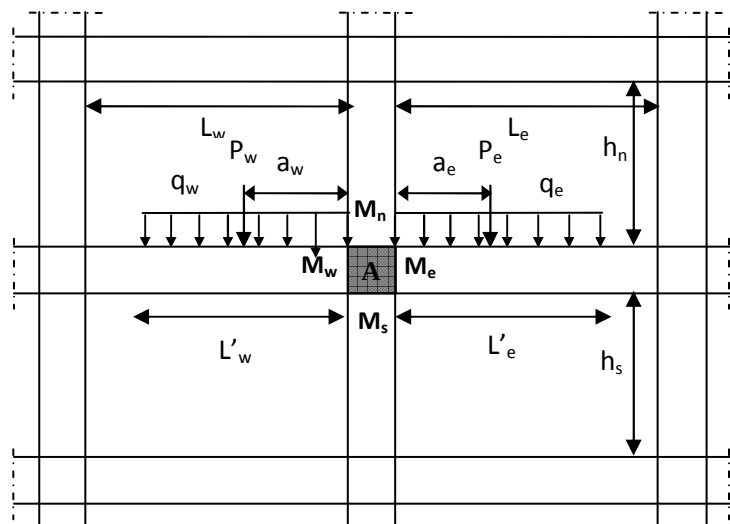


Fig. IV-1 : Identification des paramètres

Les paramètres de calcul sont :

L_w : portée de la travée à gauche du nœud considéré ;

L_e : portée de la travée à droite du nœud considéré ;

h_n : hauteur de portique situé au-dessus du nœud considéré ;

h_s : hauteur de portique situé au-dessous du nœud considéré ;

M_w, M_e, M_s, M_n : moment de continuité agissant dans les sections ;

L'_w, L'_s, h'_n, h'_s : longueurs fictives égales à :

$L'_w = 0,8 L_w$ pour les travées intermédiaires ;

$L'_s = 0,8 L_e$ pour les travées intermédiaires ;

$h'_n = 0,9 h_n$ pour les nœud appartenant à l'avant dernier plancher.

$h'_n = 0,8 h_n$ pour les autres cas.

$h'_s = h_s$ pour les poteaux articulés à la base.

$h'_s = 0,8 h_s$ pour les autres poteaux.

$L'_{wi} = X_i L_{wi}$: pour les nœuds voisins du nœud de rive.

$L'_e = X_i L_{ei}$: pour les nœuds voisins du nœud de rive.

Avec :

$0,8 \leq X_i \leq 1$: (nœud voisin du nœud de rive)

$X_i = 0,8$ pour $(K_{si} + K_{ni}) \geq 1,5 K_{ei}$

$X_i = 1 - \frac{K_{si} + K_{ni}}{7,5 K_{ei}}$ pour $(K_{si} + K_{ni}) < 1,5 K_{ei}$

IV -3) Calcul des rigidités linéaires :

$$k_w = \frac{I_w}{l'_w} \quad ; \quad k_e = \frac{I_e}{l'_e} \quad ; \quad k_n = \frac{I_n}{h'_n} \quad ; \quad k_s = \frac{I_s}{h'_s}$$

$$D = k_w + k_e + k_n + k_s$$

Avec :

I_w, I_e, I_n, I_s : désignent respectivement les moment d'inerties de la travée gauche ,de la travée droite ,du poteau inférieur et de poteau supérieur .

IV -4) calcul des moments fictifs :**a) Travée intermédiaires :**

$$M'_w = \frac{q_w \cdot l_w'^2}{8,5} + l'_w \cdot \sum k_w \cdot P_w$$

$$M'_e = \frac{q_e \cdot l_e'^2}{8,5} + l'_e \cdot \sum k_e \cdot P_e$$

a : Distance de la charge concentrée au nœud considéré.

q_w : charge uniformément répartie sur la travée de gauche.

q_e : charge uniformément répartie sur la travée de droite.

p_w : charge concentrée sur la travée de gauche.

p_e : charge concentrée sur la travée de droite.

b) Moment réels dans les sections dangereuses (nus des appuis), en valeurs absolues est :

- Au nu de l'appui dans la travée de gauche :

$$M_w = M'_e \frac{K_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right)$$

- Au nu de l'appui dans la travée de droite :

$$M_e = M'_w \frac{K_e}{D} + M'_e \left(1 - \frac{K_e}{D}\right)$$

- Au nu inférieur des poutres dans le poteau inférieur :

$$M_s = (M'_e - M'_w) \frac{K_s}{D}$$

- Au nu supérieur des poutres dans le poteau supérieur :

$$M_n = (M'_e - M'_w) \frac{K_n}{D}$$

1. Calcul des moments en travée :

Les moments fléchissant en travée sont calculés en considérant la travée indépendante, et en utilisant les moments de continuité. Ils se déterminent à partir des moments sur appuis, en utilisant les méthodes usuelles de la RDM.

$$M_t(x) = M(x_0) + M_w + \frac{M_w - M_e}{L} \cdot x$$

$M(x_0)$: Moment dans la travée isostatique.

$$M(x_0) = \frac{ql}{2} x - \frac{q}{2} x^2$$

➤ Position du moment max :

$$\frac{dM(x)}{dx} = 0 \quad \xrightarrow{x} \frac{L}{2} + \frac{M_w - M_e}{ql}$$

$$\text{Soit : } M(x) = \frac{ql}{2} x - \frac{q}{2} x^2 - M_w + \frac{M_w - M_e}{L} \cdot x$$

M_w, M_e sont à prendre en valeur absolues.

a) Travées de rive avec console :**• Nœud de rive (nœud 1)**

$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{k_{e1}}{D_1} \right) + M'_{e1} \frac{k_{e1}}{D_1}$$

$$M_{s1,n1} = \frac{(M'_{e1} - M'_{w1}) \cdot k_{s1,n1}}{D_1}$$

avec :

$$M_{e1} = \frac{q_e \cdot l_2'^2}{8,5} + l_e' \cdot \sum k_e \cdot P_e,$$

$$D_1 = k_{e1} + K_{s1} + K_{n1}.$$

$K_{w1}=0$ (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} .

$$M_{w2} = M''_{w2} \left(1 - \frac{k_{e1}}{D_2} \right) + M'_{e2} \frac{k_{w2}}{D_2}; \text{ et } M_{e2} = M'_{e2} \left(1 - \frac{K_{e2}}{D_2} \right) + M''_{w2} \frac{K_{e2}}{D_2},$$

$$M_{n2} = (M'_{e2} - M''_{w2}) \frac{K_{n2}}{D_2}; \text{ et } M_{s2} = (M'_{e2} - M''_{w2}) \frac{K_{s2}}{D_2},$$

$$M''_{w2} = M'_{w2} - M_{w1} \frac{K_{e1}}{2,125 D_1},$$

$$M''_{w2} = \frac{q_w x L'_w}{8,5} + L'_w \sum K_w \cdot p_w; \text{ et } M'_{e2} = \frac{q_e x L'_e}{8,5} + L'_{e2} \sum K_e \cdot p_e.$$

b) Travée de rives sans console :

Les règles données ci-dessus s'étendent à ce cas, avec $M_{w1}=0$

-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.

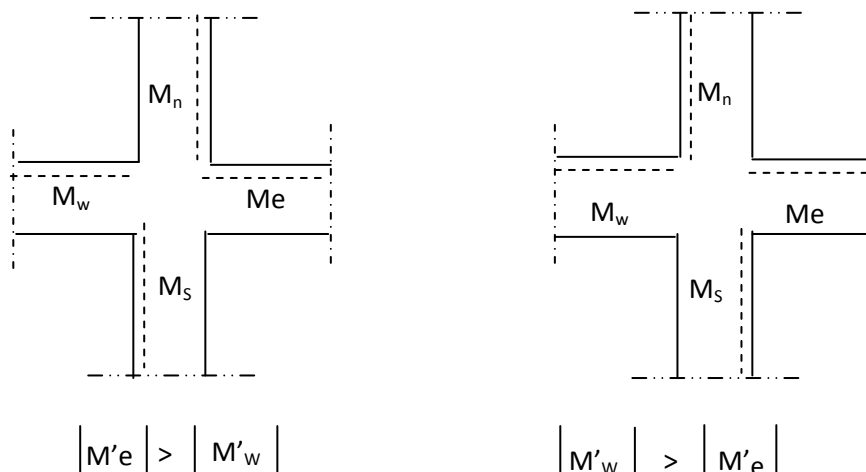


Fig IV.2 : Schéma représentant les faces tendues des poutres et des poteaux

On vérifie toujours que pour un même nœud

$$M_w + M_e + M_n + M_s = 0$$

Remarque : Les pointillés représentent les faces tendues.

IV -5) Calcul des efforts tranchants et les moments fléchissant dans les poutres

Les efforts tranchant et les moments fléchissant en travée sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge appliquée.

IV-5-1) Efforts tranchants dans les poutres :

ces efforts sont calculés par la méthode générale applicable aux poutres continues en faisant état des moments de continuité.

$$T_w = \frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} \quad \text{et} \quad T_e = -\frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

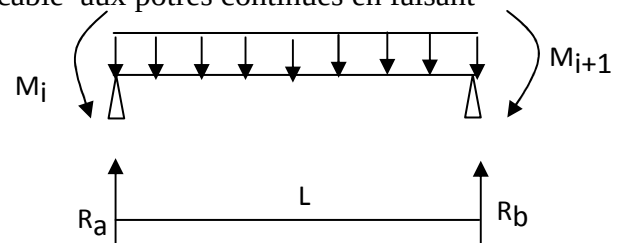


Fig IV.3 : Schéma statique de calcul

IV-5-2) Moments en travées des poutres et moments dans les poteaux :

Les moments sur appuis étant calculés, les moments dans les poutres sont déterminés de la manière suivante

$$M_t(x) = \mu(x) + M_i + \frac{(M_{i+1} - M_i) \cdot x}{L}$$

$$\mu(x) = \frac{ql}{2}x - \frac{qx^2}{2}$$

Avec : moment isostatique de la travée indépendante.

$$\text{Pour le moment } M_{\max} : x_0 = \frac{L}{2} + \frac{(M_w - M_e)}{qL}$$

M_w, M_e sont à prendre en valeurs absolues.

IV-5-3) Calcul des efforts normaux dans les poteaux :

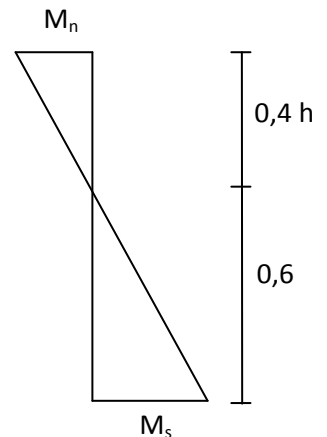
Les efforts normaux dans les poteaux seront déduits à partir des efforts tranchant dans les poutres. Les réactions développées à l'appui (i) donnant les efforts normaux dans les poteaux.

$$N_i = |T_{ei} - T_{wi}| + P_{\text{poteau}}$$

a) 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

$$\frac{M_n}{0.6h} = \frac{M_s}{0.4h} \Rightarrow M_n = 1,5 M_s$$



IV -6) Calcul des portiques sous charges verticales :

Les portiques à prendre en considération dans cette étude sont :

- Le portique longitudinal (F-F)
- Le portique longitudinal (G-G)
- Le portique transversal (2-2)
- Le portique transversal (1-1)

1) Portique transversal (2-2)

a) Détermination de charges et surcharges

Les charges revenant à chaque travée de chaque niveau du portique (2-2) sont :

• **Niveau 9**

Pour les travées : (1-2), (2-3), (3-4), (5-6), (6-7) :

Poids des poutres secondaire :..... $0,35 \times 0,3 \times 25 \times 1 = 2,63 \text{ KN/ml}$

Poids du plancher terrasse : $5,8 \times 0,65 \times 1 = 3,77$

G=6,4 KN/ml

Surcharge d'exploitation : $1 \times 0,65 = 0,65 \text{ KN/ml}$

Q = 0,65 KN/ml

- **Niveau 1 à 8**

Pour les travées (1-2), (2-3), (3-4), (5-6), (6-7), :

Poids du plancher courant : $4,84 \times 0,65 = 3,15 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires :..... $0,35 \times 0,3 \times 25 = 2,63 \text{ KN/ml}$

G = 5,78 KN/ml

Surcharges d'exploitation : $1,5 \times 0,65 = 0,98 \text{ KN/ml}$

Q = 0,98 KN/ml

Surcharge d'exploitation de RDC : $4 \times 0,65 = 2,60 \text{ KN/ml}$

2) : portique longitudinal (F-F) :

b) Détermination de charges et surcharges :

- **Niveau 9 :**

Pour la travée : (1-2)

Poids de plancher terrasse : $5,8 \times \left(\frac{4,1+3,7}{2} \right) = 22,62 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales :..... $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

Console $5,8 \times \left(\frac{4,1}{2} \right) = 11,89 \text{ KN/ml}$

G_T = 37,51 KN /ml

Surcharges d'exploitation $1 \times 3,9 = 3,9 \text{ KN/ml}$

Surcharges d'exploitation $1 \times 2,05 = 2,05 \text{ KN/ml}$

Q = 5,95 KN/ml

Pour les travées (2-3) (3-4) (4-5).

Poids de plancher terrasse : $5,8 \times \left(\frac{4,1+3,7}{2} \right) = 22,62 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales :..... $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN/ml}$

$$G_T = 25,62 \text{ KN/ml}$$

Surcharges d'exploitation $1 \times 3,9 = 3,9 \text{ KN/ml}$

$$Q = 3,9 \text{ KN/ml}$$

- Niveau 7 et 8 :

Pour la travée : (1-2)

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{4,1+3,7}{2} \right) = 18,88 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales :..... $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN/ml}$

Console $4,84 \times \left(\frac{4,1}{2} \right) = 12,92 \text{ KN/ml}$

$$G_T = 34,80 \text{ KN/ml}$$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 3,9 = 5,85 \text{ KN/ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 2,05 = 3,08 \text{ KN/ml}$

$$Q = 8,93 \text{ KN/ml}$$

pour les travées : (2-3) (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{4,1+3,7}{2} \right) = 18,88 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales :..... $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN/ml}$

$$G_T = 21,88 \text{ KN/ml}$$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 3,9 = 5,85 \text{ KN/ml}$

$$Q = 5,85 \text{ KN/ml}$$

- Niveau 4,5 et 6 :

Pour tout les travées : (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{4,05+3,65}{2} \right) = 18,63 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

$G_T = 21,63 \text{ K}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 3,85 = 5,78 \text{ KN/ml}$

Pour la travée : (1-2),.

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{4,05+3,65}{2} \right) = 18,63 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

Console $4,84 \times \left(\frac{4,05}{2} \right) = 9,80 \text{ KN/ml}$

$G_T = 31,43 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 3,85 = 5,78 \text{ KN/ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 2,03 = 3,04 \text{ KN/ml}$

$Q = 8,82 \text{ KN/ml}$

- **Niveau 2 et 3 :**

Pour la travée : (1-2) .

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{4+3,6}{2} \right) = 18,39 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

Console..... $\left(\frac{4}{2} \right) \times 4,84 = 9,68 \text{ KN/ml}$

$G_T = 31,07 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 3,8 = 5,7 \text{ KN/ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 2 = 3 \text{ KN/ml}$

$Q = 8,7 \text{ KN/ml}$

- **RDC:**

Pour tous les travées : (1-2) (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{4+3,6}{2}\right) = 18,39 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

$G_T = 21,39 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $4 \times 3,8 = 15,20 \text{ KN/ml}$

$Q = 15,20 \text{ KN/ml}$

3) Le portique transversal (1-1) :

- Niveau 9 :

Pour la travées : (1-2) , (2-3).

Poids de plancher terrasse : $5,8 \times \left(\frac{0,65}{2}\right) = 1,89 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires : $0,3 \times 0,35 \times 25 = 2,63 \text{ KN /ml}$

Poids de balcon : $1,3 \times 5,35 = 6,96 \text{ KN/ml}$

$G_T = 11,48 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1 \times 0,33 = 0,33 \text{ KN/ml}$

Surcharge de balcon $3,5 \times 1,3 = 4,55 \text{ KN/ml}$

$Q_T = 4,88 \text{ KN/ml}$

Pour les travées : (3-4), (4-5),(5-6)

Poids de plancher terrasse : $5,8 \times 0,65 = 3,77 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,35 \times 25 = 2,63 \text{ KN /ml}$

$G_T = 6,4 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1 \times 0,65 = 0,65 \text{ KN/ml}$

Pour la travée (6-7) :

Poids de plancher terrasse : $5,8 \times \left(\frac{0,65}{2}\right) = 1,89 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires : $0,3 \times 0,35 \times 25 = 2,63 \text{ KN /ml}$

$G_T = 4,52 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1 \times 0,33 = 0,33 \text{ KN/ml}$

- Niveau 5 ,6 ,7 et 8 :

Pour les travées : (1-2), (2-3),(6-7) :

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{0,65}{2}\right) = 1,57 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires :..... $0,3 \times 0,35 \times 25 = 2,63 \text{ KN /ml}$

Poids des murs extérieurs :..... $2,36 (3,06 - 0,35) = 6,4 \text{ KN/ml}$

$G_T = 10,6 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 0,33 = 0,49 \text{ KN/ml}$

Pour les travées : (3-4), (4-5),(5-6) :

Poids de plancher courant : $4,84 \times 0,65 = 3,15 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires :..... $0,3 \times 0,35 \times 25 = 2,63 \text{ KN /ml}$

Poids des murs extérieurs :..... $2,36 (3,06 - 0,35) = 6,4 \text{ KN/ml}$

$G_T = 12,18 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 0,65 = 0,98 \text{ KN/ml}$

- **Niveau 1,2 et 3 :**

Pour les travées : (1-2), (2-3) :

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{0,65}{2}\right) = 1,57 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires :..... $0,3 \times 0,35 \times 25 = 2,63 \text{ KN /ml}$

Poids des murs extérieurs :..... $2,36 (3,06 - 0,35) = 6,4 \text{ KN/ml}$

Poids de balcon $1,3 \times 5,35 = 6,96 \text{ KN/ml}$

$G_T = 17,56 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times 0,33 = 0,49 \text{ KN/ml}$

Surcharges d'exploitation de balcon $3,5 \times 1,3 = 4,55 \text{ KN/ml}$

$Q = 5,04 \text{ KN/ml}$

Pour les travées : (3-4), (4-5),(5-6) :

Poids de plancher courant : 4,84 x 0,65 = 3,15 KN/ml

Poids des poutres secondaires :..... 0,3x0,35 x25 = 2,63 KN /ml

Poids des murs extérieurs :.....2,36 (3,06 – 0,35) = 6,4 KN/ml

G_T = 12,18 KN /ml

Surcharges d'exploitation 1,5 x 0,65 = 0,98 KN/ml

Pour la travée (6-7) :

Poids de plancher courant : 4,84 x ($\frac{0,65}{2}$) = 1,57 KN/ml

Poids des poutres secondaires :..... 0,3x0,35 x25 = 2,63 KN /ml

Poids des murs extérieurs :.....2,36 (4,08 – 0,35) = 6,4 KN/ml

G_T = 10,60 KN /ml

Surcharges d'exploitation 1,5 x 0,33 = 0,49 KN/ml

- **RDC**

Pour tout les travées :

Poids de plancher courant : 4,84 x ($\frac{0,65}{2}$) = 1,57 KN/ml

Poids des poutres secondaires :..... 0,3x0,35 x25 = 2,63 KN /ml

Poids des murs extérieurs :.....2,36 (4,08 – 0,35) = 8,80KN/ml

G_T = 13,00 KN /ml

Surcharges d'exploitation 4 x 0,33 = 1,3 KN/ml

4) : portique longitudinal (G-G) :

- **Niveau 9 :**

Pour les travées : (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher terrasse : $5,8 \times \left(\frac{3,7}{2}\right) = 10,73 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

$G_T = 13,73 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1 \times \left(\frac{3,7}{2}\right) = 1,85 \text{ KN/ml}$

- **Niveau 7 et 8 :**

Pour les travées : (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{3,7}{2}\right) = 8,95 \text{ KN/ml}$

Poids des murs extérieurs : $2,36 (3,06 - 0,4) = 6,28 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

$G_T = 18,23 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times \left(\frac{3,7}{2}\right) = 2,78 \text{ KN/ml}$

- **Niveau 4, 5, et 6 :**

Pour les travées : (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{3,65}{2}\right) = 8,83 \text{ KN/ml}$

Poids des murs extérieurs : $2,36 (3,06 - 0,4) = 6,28 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

$G_T = 18,11 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times \left(\frac{3,65}{2}\right) = 2,74 \text{ KN/ml}$

- **Niveau 1 et 2 :**

Pour les travées : (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{3,6}{2}\right) = 8,71 \text{ KN/ml}$

Poids des murs extérieurs : $2,36 (3,06 - 0,4) = 6,28 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres principales : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

$G_T = 17,99 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $1,5 \times \left(\frac{3,6}{2}\right) = 2,70 \text{ KN/ml}$

- **RDC**

Pour les travées : (2-3), (3-4), (4-5).

Poids de plancher courant : $4,84 \times \left(\frac{3,6}{2}\right) = 8,71 \text{ KN/ml}$

Poids des poutres secondaires : $0,3 \times 0,4 \times 25 = 3 \text{ KN /ml}$

Poids des murs extérieurs : $2,36 (4,08 - 0,4) = 8,68 \text{ KN/ml}$

$G_T = 20,39 \text{ KN /ml}$

Surcharges d'exploitation $4 \times \left(\frac{3,6}{2}\right) = 7,2 \text{ KN/ml}$

❖ Sens transversal :Tableau IV -01 : caractéristiques géométriques du portique (1-1) :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3					/
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X1
VIII	1	0	3,1	0	2,66	0	2,48	0	2,13	0	16	0	6,75	0	6,45	0	3,17	9,62	0,8
	2	3,1	3,1	0	2,66	2,88	2,88	0	2,13	16	16	0	6,75	5,55	5,55	0	3,17	14,27	0,93
	3	3,1	3,1	0	2,66	2,48	2,48	0	2,13	16	16	0	6,75	6,45	6,45	0	3,17	16,07	0,8
	4	3,1	4,8	0	2,66	2,48	3,84	0	2,13	16	16	0	6,75	6,45	4,17	0	3,17	13,79	0,8
	5	4,8	4,1	0	2,66	3,84	3,28	0	2,13	16	16	0	6,75	4,17	4,88	0	3,17	12,22	0,8
	6	4,1	3,7	0	2,66	3,73	3,37	0	2,13	16	16	0	6,75	4,29	4,75	0	3,17	12,21	0,91
	7	3,7	0	0	2,66	2,96	0	0	2,13	16	16	0	6,75	5,41	0	0	3,17	8,57	0,8
VII	1	0	3,1	2,66	2,66	0	2,48	2,4	2,13	0	16	6,75	6,75	0	6,45	2,81	3,17	12,43	0,8
	2	3,1	3,1	2,66	2,66	2,73	2,73	2,4	2,13	16	16	6,75	6,75	5,87	5,87	2,81	3,17	17,71	0,88
	3	3,1	3,1	2,66	2,66	2,48	2,48	2,4	2,13	16	16	6,75	6,75	6,45	6,45	2,81	3,17	18,88	0,8
	4	3,1	4,8	2,66	2,66	2,48	3,84	2,4	2,13	16	16	6,75	6,75	6,45	4,17	2,81	3,17	16,6	0,8
	5	4,8	4,1	2,66	2,66	3,84	3,28	2,4	2,13	16	16	6,75	6,75	4,17	4,88	2,81	3,17	15,03	0,8
	6	4,1	3,7	2,66	2,66	3,44	3,11	2,4	2,13	16	16	6,75	6,75	4,65	5,15	2,81	3,17	15,78	0,84
	7	3,7	0	2,66	2,66	2,96	0	2,4	2,13	16	16	6,75	6,75	5,41	0	2,81	3,17	11,39	0,8
VI	1	0	3,1	2,66	2,66	0	2,48	2,13	2,13	0	16	6,75	12,5	0	6,45	3,17	5,87	15,49	0,8
	2	3,1	3,1	2,66	2,66	2,51	2,51	2,13	2,13	16	16	6,75	12,5	6,37	6,37	3,17	5,87	21,78	0,81
	3	3,1	3,1	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16	16	6,75	12,5	6,45	6,45	3,17	5,87	21,94	0,8
	4	3,1	4,8	2,66	2,66	2,48	3,84	2,13	2,13	16	16	6,75	12,5	6,45	4,17	3,17	5,87	19,66	0,8
	5	4,8	4,1	2,66	2,66	3,84	3,28	2,13	2,13	16	16	6,75	12,5	4,17	4,88	3,17	5,87	18,09	0,8
	6	4,1	3,7	2,66	2,66	3,28	2,96	2,13	2,13	16	16	6,75	12,5	4,88	5,41	3,17	5,87	19,32	0,8
	7	3,7	0	2,66	2,66	2,96	0	2,13	2,13	16	16	6,75	12,5	5,41	0	3,17	5,87	14,44	0,8

❖ Suite de tableaux 01 :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3				/	
niveau	nœud	lw	Le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X1
V	2	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	3	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	4	3,05	4,75	2,66	2,66	2,44	3,8	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	6,56	4,21	5,87	5,87	22,5	0,8
	5	4,75	4,05	2,66	2,66	3,8	3,24	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	4,21	4,94	5,87	5,87	20,89	0,8
	6	4,05	3,65	2,66	2,66	3,24	2,92	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	0,8
	7	3,65	0	2,66	2,66	2,92	0	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	5,48	0	5,87	5,87	17,22	0,8
IV	1	0	3,05	2,66	2,66	0	2,44	2,13	2,13	0	16	12,5	12,5	0	6,56	5,87	5,87	18,29	0,8
	2	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	3	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	4	3,05	4,75	2,66	2,66	2,44	3,8	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	6,56	4,21	5,87	5,87	22,5	0,8
	5	4,75	4,05	2,66	2,66	3,8	3,24	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	4,21	4,94	5,87	5,87	20,89	0,8
	6	4,05	3,65	2,66	2,66	3,24	2,92	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	0,8
	7	3,65	0	2,66	2,66	2,92	0	2,13	2,13	16	16	12,5	12,5	5,48	0	5,87	5,87	17,22	0,8
III	1	0	3,05	2,66	2,66	0	2,44	2,13	2,13	0	16	12,5	21,33	0	6,56	5,87	10,01	22,44	0,8
	2	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16	16	12,5	21,33	6,56	6,56	5,87	10,01	29	0,8
	3	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16	16	12,5	21,33	6,56	6,56	5,87	10,01	29	0,8
	4	3,05	4,75	2,66	2,66	2,44	3,8	2,13	2,13	16	16	12,5	21,33	6,56	4,21	5,87	10,01	26,65	0,8
	5	4,75	4,05	2,66	2,66	3,8	3,24	2,13	2,13	16	16	12,5	21,33	4,21	4,94	5,87	10,01	25,03	0,8
	6	4,05	3,65	2,66	2,66	3,24	2,92	2,13	2,13	16	16	12,5	21,33	4,94	5,48	5,87	10,01	26,3	0,8
	7	3,65	0	2,66	2,66	2,92	0	2,13	2,13	16	16	12,5	21,33	5,48	0	5,87	10,01	21,36	0,8

Suite de tableaux 1 :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3					/
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X1
II	2	3	3	2,66	2,66	2,4	2,4	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	3	3	3	2,66	2,66	2,4	2,4	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	4	3	4,7	2,66	2,66	2,4	3,76	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	6,67	4,26	10,01	10,01	30,95	0,8
	5	4,7	4	2,66	2,66	3,76	3,2	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	4,26	5	10,01	10,01	29,29	0,8
	6	4	3,6	2,66	2,66	3,2	2,88	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	5	5,56	10,01	10,01	30,58	0,8
	7	3,6	0	2,66	2,66	2,88	0	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	5,56	0	10,01	10,01	25,58	0,8
I	1	0	3	2,66	2,66	0	2,4	2,13	2,13	0	16	21,33	21,33	0	6,67	10,01	10,01	26,69	0,8
	2	3	3	2,66	2,66	2,4	2,4	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	3	3	3	2,66	2,66	2,4	2,4	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	4	3	4,7	2,66	2,66	2,4	3,76	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	6,67	4,26	10,01	10,01	30,95	0,8
	5	4,7	4	2,66	2,66	3,76	3,2	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	4,26	5	10,01	10,01	29,29	0,8
	6	4	3,6	2,66	2,66	3,2	2,88	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	5	5,56	10,01	10,01	30,58	0,8
I	7	3,6	0	2,66	2,66	2,88	0	2,13	2,13	16	16	21,33	21,33	5,56	0	10,01	10,01	25,58	0,8
RDC	1	0	3	2,66	3,68	0	2,4	2,13	2,94	0	16	21,33	21,33	0	6,67	10,01	7,26	23,94	0,8
	2	3	3	2,66	3,68	2,4	2,4	2,13	2,94	16	16	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	7,26	30,6	0,8
	3	3	3	2,66	3,68	2,4	2,4	2,13	2,94	16	16	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	7,26	30,6	0,8
	4	3	4,7	2,66	3,68	2,4	3,76	2,13	2,94	16	16	21,33	21,33	6,67	4,26	10,01	7,26	28,2	0,8
	5	4,7	4	2,66	3,68	3,76	3,2	2,13	2,94	16	16	21,33	21,33	4,26	5	10,01	7,26	26,53	0,8
	6	4	3,6	2,66	3,68	3,2	2,88	2,13	2,94	16	16	21,33	21,33	5	5,56	10,01	7,26	27,82	0,8
	7	3,6	0	2,66	3,68	2,88	0	2,13	2,94	16	16	21,33	21,33	5,56	0	10,01	7,26	22,82	0,8

Tableau IV -02 : Calcul des moments aux droits des nœuds sous G du portique (1-1) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	1	0,00	11,48	0,00	2,48	0,00	8,31	0,00	6,45	0,00	3,17	9,62	0,00	2,74	0,00	2,74
	2	11,48	11,48	2,88	2,88	11,20	11,20	5,55	5,55	0,00	3,17	14,27	11,20	11,20	0,00	0,00
	3	11,48	6,40	2,48	2,48	8,31	4,63	6,45	6,45	0,00	3,17	16,07	6,83	6,11	0,00	-0,73
	4	6,40	6,40	2,48	3,84	4,63	11,10	6,45	4,17	0,00	3,17	13,79	7,66	9,15	0,00	1,49
	5	6,40	6,40	3,84	3,28	11,10	8,10	4,17	4,88	0,00	3,17	12,22	10,08	9,30	0,00	-0,78
	6	6,40	4,52	3,73	3,37	10,48	6,04	4,29	4,75	0,00	3,17	12,21	8,92	7,77	0,00	-1,15
	7	4,52	0,00	2,96	0,00	4,66	0,00	5,41	0,00	0,00	3,17	8,57	1,72	0,00	0,00	-1,72
VII	1	0,00	10,60	0,00	2,48	0,00	7,67	0,00	6,45	2,81	3,17	12,43	0,00	3,69	1,73	1,96
	2	10,60	10,60	2,73	2,73	9,29	9,29	5,87	5,87	2,81	3,17	17,71	9,29	9,29	0,00	0,00
	3	10,60	12,18	2,48	2,48	7,67	8,81	6,45	6,45	2,81	3,17	18,88	8,06	8,42	0,17	0,19
	4	12,18	12,18	2,48	3,84	8,81	21,13	6,45	4,17	2,81	3,17	16,60	13,60	18,04	2,08	2,35
	5	12,18	12,18	3,84	3,28	21,13	15,42	4,17	4,88	2,81	3,17	15,03	19,54	17,27	-1,07	-1,21
	6	12,18	10,60	3,44	3,11	16,96	12,06	4,65	5,15	2,81	3,17	15,78	15,51	13,66	-0,87	-0,98
	7	10,60	0,00	2,96	0,00	10,93	0,00	5,41	0,00	2,81	3,17	11,39	5,74	0,00	-2,70	-3,04
VI	1	0,00	10,60	0,00	2,48	0,00	7,67	0,00	6,45	3,17	5,87	15,49	0,00	4,48	1,57	2,91
	2	10,60	10,60	2,51	2,51	7,86	7,86	6,37	6,37	3,17	5,87	21,78	7,86	7,86	0,00	0,00
	3	10,60	12,18	2,48	2,48	7,67	8,81	6,45	6,45	3,17	5,87	21,94	8,01	8,48	0,17	0,31
	4	12,18	12,18	2,48	3,84	8,81	21,13	6,45	4,17	3,17	5,87	19,66	12,85	18,52	1,99	3,68
	5	12,18	12,18	3,84	3,28	21,13	15,42	4,17	4,88	3,17	5,87	18,09	19,81	16,96	-1,00	-1,85
	6	12,18	10,60	3,28	2,96	15,42	10,93	4,88	5,41	3,17	5,87	19,32	14,28	12,18	-0,74	-1,36
	7	10,60	0,00	2,96	0,00	10,93	0,00	5,41	0,00	3,17	5,87	14,44	6,83	0,00	-2,40	-4,44

Suite de tableaux 02 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
V	2	10,60	10,60	2,44	2,44	7,42	7,42	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	7,42	7,42	0,00	0,00
	3	10,60	12,18	2,44	2,44	7,42	8,53	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	7,72	8,24	0,26	0,26
	4	12,18	12,18	2,44	3,80	8,53	20,69	6,56	4,21	5,87	5,87	22,50	12,08	18,42	3,17	3,17
	5	12,18	12,18	3,80	3,24	20,69	15,04	4,21	4,94	5,87	5,87	20,89	19,55	16,38	-1,59	-1,59
	6	12,18	10,60	3,24	2,92	15,04	10,63	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	14,06	11,72	-1,17	-1,17
	7	10,60	0,00	2,92	0,00	10,63	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	7,25	0,00	-3,62	-3,62
IV	1	0,00	10,60	0,00	2,44	0,00	7,42	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,00	4,76	2,38	2,38
	2	10,60	10,60	2,44	2,44	7,42	7,42	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	7,42	7,42	0,00	0,00
	3	10,60	12,18	2,44	2,44	7,42	8,53	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	7,72	8,24	0,26	0,26
	4	12,18	12,18	2,44	3,80	8,53	20,69	6,56	4,21	5,87	5,87	22,50	12,08	18,42	3,17	3,17
	5	12,18	12,18	3,80	3,24	20,69	15,04	4,21	4,94	5,87	5,87	20,89	19,55	16,38	-1,59	-1,59
	6	12,18	10,60	3,24	2,92	15,04	10,63	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	14,06	11,72	-1,17	-1,17
	7	10,60	0,00	2,92	0,00	10,63	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	7,25	0,00	-3,62	-3,62
III	1	0,00	17,56	0,00	2,44	0,00	12,30	0,00	6,56	5,87	10,01	22,44	0,00	8,70	3,22	5,49
	2	17,56	17,56	2,44	2,44	12,30	12,30	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	12,30	12,30	0,00	0,00
	3	17,56	12,18	2,44	2,44	12,30	8,53	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	11,45	9,38	-0,76	-1,30
	4	12,18	12,18	2,44	3,80	8,53	20,69	6,56	4,21	5,87	10,01	26,65	11,52	18,77	2,68	4,57
	5	12,18	12,18	3,80	3,24	20,69	15,04	4,21	4,94	5,87	10,01	25,03	19,74	16,16	-1,32	-2,26
	6	12,18	10,60	3,24	2,92	15,04	10,63	4,94	5,48	5,87	10,01	26,30	14,21	11,55	-0,98	-1,68
	7	10,60	0,00	2,92	0,00	10,63	0,00	5,48	0,00	5,87	10,01	21,36	7,91	0,00	-2,92	-4,98

Suite de tableaux 02 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
II	2	17,56	17,56	2,40	2,40	11,90	11,90	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	11,90	11,90	0,00	0,00
	3	17,56	12,18	2,40	2,40	11,90	8,25	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	11,17	8,98	-1,09	-1,09
	4	12,18	12,18	2,40	3,76	8,25	20,26	6,67	4,26	10,01	10,01	30,95	10,84	18,61	3,88	3,88
	5	12,18	12,18	3,76	3,20	20,26	14,67	4,26	5,00	10,01	10,01	29,29	19,45	15,63	-1,91	-1,91
	6	12,18	10,60	3,20	2,88	14,67	10,34	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	13,97	11,13	-1,42	-1,42
	7	10,60	0,00	2,88	0,00	10,34	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	8,10	0,00	-4,05	-4,05
I	1	0,00	17,56	0,00	2,40	0,00	11,90	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,00	8,93	4,46	4,46
	2	17,56	17,56	2,40	2,40	11,90	11,90	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	11,90	11,90	0,00	0,00
	3	17,56	12,18	2,40	2,40	11,90	8,25	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	11,17	8,98	-1,09	-1,09
	4	12,18	12,18	2,40	3,76	8,25	20,26	6,67	4,26	10,01	10,01	30,95	10,84	18,61	3,88	3,88
	5	12,18	12,18	3,76	3,20	20,26	14,67	4,26	5,00	10,01	10,01	29,29	19,45	15,63	-1,91	-1,91
	6	12,18	10,60	3,20	2,88	14,67	10,34	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	13,97	11,13	-1,42	-1,42
	7	10,60	0,00	2,88	0,00	10,34	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	8,10	0,00	-4,05	-4,05
RDC	1	0,00	13,00	0,00	2,40	0,00	8,81	0,00	6,67	10,01	7,26	23,94	0,00	6,35	3,68	2,67
	2	13,00	13,00	2,40	2,40	8,81	8,81	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	8,81	8,81	0,00	0,00
	3	13,00	13,00	2,40	2,40	8,81	8,81	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	8,81	8,81	0,00	0,00
	4	13,00	13,00	2,40	3,76	8,81	21,62	6,67	4,26	10,01	7,26	28,20	11,84	19,69	4,55	3,30
	5	13,00	13,00	3,76	3,20	21,62	15,66	4,26	5,00	10,01	7,26	26,53	20,67	16,78	-2,25	-1,63
	6	13,00	13,00	3,20	2,88	15,66	12,69	5,00	5,56	10,01	7,26	27,82	15,13	13,28	-1,07	-0,78
	7	13,00	0,00	2,88	0,00	12,69	0,00	5,56	0,00	10,01	7,26	22,82	9,59	0,00	-5,56	-4,04

Tableau IV -03 : Calcul des moments aux droits des nœuds sous Q du portique (1-1) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	1	0,00	4,88	0,00	2,48	0,00	3,53	0,00	6,45	0,00	3,17	9,62	0,00	1,16	0,00	1,16
	2	4,88	4,88	2,88	2,88	4,76	4,76	5,55	5,55	0,00	3,17	14,27	4,76	4,76	0,00	0,00
	3	4,88	0,65	2,48	2,48	3,53	0,47	6,45	6,45	0,00	3,17	16,07	2,30	1,70	0,00	-0,60
	4	0,65	0,65	2,48	3,84	0,47	1,13	6,45	4,17	0,00	3,17	13,79	0,78	0,93	0,00	0,15
	5	0,65	0,65	3,84	3,28	1,13	0,82	4,17	4,88	0,00	3,17	12,22	1,02	0,94	0,00	-0,08
	6	0,65	0,33	3,73	3,37	1,06	0,44	4,29	4,75	0,00	3,17	12,21	0,85	0,68	0,00	-0,16
	7	0,33	0,00	2,96	0,00	0,34	0,00	5,41	0,00	0,00	3,17	8,57	0,13	0,00	0,00	-0,13
VII	1	0,00	0,49	0,00	2,48	0,00	0,35	0,00	6,45	2,81	3,17	12,43	0,00	0,17	0,08	0,09
	2	0,49	0,49	2,73	2,73	0,43	0,43	5,87	5,87	2,81	3,17	17,71	0,43	0,43	0,00	0,00
	3	0,49	0,98	2,48	2,48	0,35	0,71	6,45	6,45	2,81	3,17	18,88	0,48	0,59	0,05	0,06
	4	0,98	0,98	2,48	3,84	0,71	1,70	6,45	4,17	2,81	3,17	16,60	1,09	1,45	0,17	0,19
	5	0,98	0,98	3,84	3,28	1,70	1,24	4,17	4,88	2,81	3,17	15,03	1,57	1,39	-0,09	-0,10
	6	0,98	0,49	3,44	3,11	1,36	0,56	4,65	5,15	2,81	3,17	15,78	1,13	0,82	-0,14	-0,16
	7	0,49	0,00	2,96	0,00	0,51	0,00	5,41	0,00	2,81	3,17	11,39	0,27	0,00	-0,12	-0,14
VI	1	0,00	0,49	0,00	2,48	0,00	0,35	0,00	6,45	3,17	5,87	15,49	0,00	0,21	0,07	0,13
	2	0,49	0,49	2,51	2,51	0,36	0,36	6,37	6,37	3,17	5,87	21,78	0,36	0,36	0,00	0,00
	3	0,49	0,98	2,48	2,48	0,35	0,71	6,45	6,45	3,17	5,87	21,94	0,46	0,60	0,05	0,09
	4	0,98	0,98	2,48	3,84	0,71	1,70	6,45	4,17	3,17	5,87	19,66	1,03	1,49	0,16	0,30
	5	0,98	0,98	3,84	3,28	1,70	1,24	4,17	4,88	3,17	5,87	18,09	1,59	1,36	-0,08	-0,15
	6	0,98	0,49	3,28	2,96	1,24	0,51	4,88	5,41	3,17	5,87	19,32	1,05	0,71	-0,12	-0,22
	7	0,49	0,00	2,96	0,00	0,51	0,00	5,41	0,00	3,17	5,87	14,44	0,32	0,00	-0,11	-0,21

Suite de tableaux 03 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
V	2	0,49	0,49	2,44	2,44	0,34	0,34	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,34	0,34	0,00	0,00
	3	0,49	0,98	2,44	2,44	0,34	0,69	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,43	0,60	0,08	0,08
	4	0,98	0,98	2,44	3,80	0,69	1,66	6,56	4,21	5,87	5,87	22,50	0,97	1,48	0,26	0,26
	5	0,98	0,98	3,80	3,24	1,66	1,21	4,21	4,94	5,87	5,87	20,89	1,57	1,32	-0,13	-0,13
	6	0,98	0,49	3,24	2,92	1,21	0,49	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	1,05	0,67	-0,19	-0,19
	7	0,49	0,00	2,92	0,00	0,49	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	0,34	0,00	-0,17	-0,17
IV	1	0,00	0,49	0,00	2,44	0,00	0,34	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,00	0,22	0,11	0,11
	2	0,49	0,49	2,44	2,44	0,34	0,34	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,34	0,34	0,00	0,00
	3	0,49	0,98	2,44	2,44	0,34	0,69	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,43	0,60	0,08	0,08
	4	0,98	0,98	2,44	3,80	0,69	1,66	6,56	4,21	5,87	5,87	22,50	0,97	1,48	0,26	0,26
	5	0,98	0,98	3,80	3,24	1,66	1,21	4,21	4,94	5,87	5,87	20,89	1,57	1,32	-0,13	-0,13
	6	0,98	0,49	3,24	2,92	1,21	0,49	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	1,05	0,67	-0,19	-0,19
	7	0,49	0,00	2,92	0,00	0,49	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	0,34	0,00	-0,17	-0,17
III	1	0,00	5,04	0,00	2,44	0,00	3,53	0,00	6,56	5,87	10,01	22,44	0,00	2,50	0,92	1,57
	2	5,04	5,04	2,44	2,44	3,53	3,53	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	3,53	3,53	0,00	0,00
	3	5,04	0,98	2,44	2,44	3,53	0,69	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	2,89	1,33	-0,58	-0,98
	4	0,98	0,98	2,44	3,80	0,69	1,66	6,56	4,21	5,87	10,01	26,65	0,93	1,51	0,22	0,37
	5	0,98	0,98	3,80	3,24	1,66	1,21	4,21	4,94	5,87	10,01	25,03	1,59	1,30	-0,11	-0,18
	6	0,98	0,49	3,24	2,92	1,21	0,49	4,94	5,48	5,87	10,01	26,30	1,08	0,64	-0,16	-0,27
	7	0,49	0,00	2,92	0,00	0,49	0,00	5,48	0,00	5,87	10,01	21,36	0,37	0,00	-0,14	-0,23

Suite de tableaux 03 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
II	2	5,04	5,04	2,40	2,40	3,42	3,42	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	3,42	3,42	0,00	0,00
	3	5,04	0,98	2,40	2,40	3,42	0,66	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	2,87	1,21	-0,83	-0,83
	4	0,98	0,98	2,40	3,76	0,66	1,63	6,67	4,26	10,01	10,01	30,95	0,87	1,50	0,31	0,31
	5	0,98	0,98	3,76	3,20	1,63	1,18	4,26	5,00	10,01	10,01	29,29	1,56	1,26	-0,15	-0,15
	6	0,98	0,49	3,20	2,88	1,18	0,48	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	1,07	0,61	-0,23	-0,23
	7	0,49	0,00	2,88	0,00	0,48	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	0,37	0,00	-0,19	-0,19
I	1	0,00	5,04	0,00	2,40	0,00	3,42	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,00	2,56	1,28	1,28
	2	5,04	5,04	2,40	2,40	3,42	3,42	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	3,42	3,42	0,00	0,00
	3	5,04	0,98	2,40	2,40	3,42	0,66	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	2,87	1,21	-0,83	-0,83
	4	0,98	0,98	2,40	3,76	0,66	1,63	6,67	4,26	10,01	10,01	30,95	0,87	1,50	0,31	0,31
	5	0,98	0,98	3,76	3,20	1,63	1,18	4,26	5,00	10,01	10,01	29,29	1,56	1,26	-0,15	-0,15
	6	0,98	0,49	3,20	2,88	1,18	0,48	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	1,07	0,61	-0,23	-0,23
	7	0,49	0,00	2,88	0,00	0,48	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	0,37	0,00	-0,19	-0,19
RDC	1	0,00	1,30	0,00	2,40	0,00	0,88	0,00	6,67	10,01	7,26	23,94	0,00	0,64	0,37	0,27
	2	1,30	1,30	2,40	2,40	0,88	0,88	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	0,88	0,88	0,00	0,00
	3	1,30	1,30	2,40	2,40	0,88	0,88	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	0,88	0,88	0,00	0,00
	4	1,30	1,30	2,40	3,76	0,88	2,16	6,67	4,26	10,01	7,26	28,20	1,18	1,97	0,45	0,33
	5	1,30	1,30	3,76	3,20	2,16	1,57	4,26	5,00	10,01	7,26	26,53	2,07	1,68	-0,22	-0,16
	6	1,30	1,30	3,20	2,88	1,57	1,27	5,00	5,56	10,01	7,26	27,82	1,51	1,33	-0,11	-0,08
	7	1,30	0,00	2,88	0,00	1,27	0,00	5,56	0,00	10,01	7,26	22,82	0,96	0,00	-0,56	-0,40

Tableau IV 04 : moment en travée et efforts tranchants du portique transversal (1-1) sous G et Q :

			sous G							sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
VIII	A-B	3,10	11,48	2,74	11,20	1,31	19,79	15,06	-20,52	4,48	1,16	4,76	1,29	7,89	5,78	-8,11
	B-C	3,10	11,48	11,20	6,83	1,67	22,55	19,20	-16,38	4,48	4,76	2,30	1,73	8,70	7,74	-6,15
	C-D	3,10	6,40	6,11	7,66	1,47	14,51	9,42	-10,42	0,65	1,70	0,78	2,01	1,82	1,30	-0,71
	D-E	4,80	6,40	9,15	10,08	2,37	28,04	15,17	-15,55	0,65	0,93	1,02	2,37	2,85	1,54	-1,58
	E-F	4,10	6,40	9,30	8,92	2,06	22,56	13,21	-13,03	0,65	0,94	0,85	2,08	2,26	1,35	-1,31
	F-G	3,70	4,52	7,77	1,72	2,21	11,59	10,00	-6,73	0,33	0,68	0,13	2,30	0,87	0,76	-0,46
VII	A-B	3,10	10,60	3,69	9,29	1,38	18,76	14,62	-18,24	0,49	0,17	0,43	1,38	0,87	0,68	-0,84
	B-C	3,10	10,60	9,29	8,06	1,59	21,39	16,83	-16,03	0,49	0,43	0,48	1,52	1,04	0,74	-0,78
	C-D	3,10	12,18	8,42	13,60	1,41	25,30	17,21	-20,55	0,98	0,59	1,09	1,39	1,98	1,36	-1,68
	D-E	4,80	12,18	18,04	19,54	2,37	53,86	28,92	-29,54	0,98	1,45	1,57	2,37	4,33	2,33	-2,38
	E-F	4,10	12,18	17,27	15,51	2,09	41,96	25,40	-24,54	0,98	1,39	1,13	2,11	3,31	2,07	-1,95
	F-G	3,70	10,60	13,66	5,74	2,05	27,19	21,75	-17,47	0,49	0,82	0,27	2,15	1,32	1,06	-0,76
VI	A-B	3,10	10,60	4,48	7,86	1,45	18,74	15,34	-17,52	0,49	0,21	0,36	1,45	0,87	0,71	-0,81
	B-C	3,10	10,60	7,86	8,01	1,55	20,67	16,38	-16,48	0,49	0,36	0,46	1,48	1,00	0,73	-0,79
	C-D	3,10	12,18	8,48	12,85	1,43	25,05	17,47	-20,29	0,98	0,60	1,03	1,41	1,96	1,38	-1,66
	D-E	4,80	12,18	18,52	19,81	2,38	54,23	28,96	-29,50	0,98	1,49	1,59	2,38	4,36	2,33	-2,37
	E-F	4,10	12,18	16,96	14,28	2,10	41,16	25,62	-24,32	0,98	1,36	1,05	2,13	3,26	2,08	-1,93
	F-G	3,70	10,60	12,18	6,83	1,99	27,35	21,06	-18,16	0,49	0,71	0,32	2,07	1,32	1,01	-0,80

Suite de tableaux 04 :

			sous G							sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
V	A-B	3,05	10,60	4,76	7,42	1,44	18,31	15,29	-17,04	0,49	0,22	0,34	1,44	0,85	0,71	-0,79
	B-C	3,05	10,60	7,42	7,72	1,52	19,89	16,07	-16,26	0,49	0,34	0,43	1,46	0,95	0,72	-0,78
	C-D	3,05	12,18	8,24	12,08	1,42	24,13	17,32	-19,83	0,98	0,60	0,97	1,40	1,90	1,37	-1,62
	D-E	4,75	12,18	18,42	19,55	2,36	53,33	28,69	-29,17	0,98	1,48	1,57	2,36	4,29	2,31	-2,35
	E-F	4,05	12,18	16,38	14,06	2,07	40,15	25,24	-24,09	0,98	1,32	1,05	2,09	3,19	2,05	-1,92
	F-G	3,65	10,60	11,72	7,25	1,94	26,93	20,57	-18,12	0,49	0,67	0,34	2,01	1,30	0,98	-0,80
IV	A-B	3,05	10,60	4,76	7,42	1,44	18,31	15,29	-17,04	0,49	0,22	0,34	1,44	0,85	0,71	-0,79
	B-C	3,05	10,60	7,42	7,72	1,52	19,89	16,07	-16,26	0,49	0,34	0,43	1,46	0,95	0,72	-0,78
	C-D	3,05	12,18	8,24	12,08	1,42	24,13	17,32	-19,83	0,98	0,60	0,97	1,40	1,90	1,37	-1,62
	D-E	4,75	12,18	18,42	19,55	2,36	53,33	28,69	-29,17	0,98	1,48	1,57	2,36	4,29	2,31	-2,35
	E-F	4,05	12,18	16,38	14,06	2,07	40,15	25,24	-24,09	0,98	1,32	1,05	2,09	3,19	2,05	-1,92
	F-G	3,65	10,60	11,72	7,25	1,94	26,93	20,57	-18,12	0,49	0,67	0,34	2,01	1,30	0,98	-0,80
III	A-B	3,05	17,56	8,70	12,30	1,46	30,80	25,60	-27,96	5,04	2,50	3,53	1,46	8,84	7,35	-8,02
	B-C	3,05	17,56	12,30	11,45	1,54	32,29	27,06	-26,50	5,04	3,53	2,89	1,57	9,06	7,90	-7,48
	C-D	3,05	12,18	9,38	11,52	1,47	24,55	17,87	-19,28	0,98	1,33	0,93	1,66	2,24	1,63	-1,36
	D-E	4,75	12,18	18,77	19,74	2,36	53,60	28,72	-29,13	0,98	1,51	1,59	2,36	4,31	2,31	-2,34
	E-F	4,05	12,18	16,16	14,21	2,06	40,13	25,15	-24,18	0,98	1,30	1,08	2,08	3,19	2,04	-1,93
	F-G	3,65	10,60	11,55	7,91	1,92	27,24	20,34	-18,35	0,49	0,64	0,37	1,98	1,30	0,97	-0,82

Suite de tableaux 04 :

			sous G							sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
II	A-B	3,00	17,56	8,93	11,90	1,44	30,09	25,35	-27,33	5,04	2,56	3,42	1,44	8,64	7,27	-7,85
	B-C	3,00	17,56	11,90	11,17	1,51	31,28	26,58	-26,10	5,04	3,42	2,87	1,54	8,80	7,74	-7,38
	C-D	3,00	12,18	8,98	10,84	1,45	23,57	17,65	-18,89	0,98	1,21	0,87	1,62	2,12	1,58	-1,36
	D-E	3,70	12,18	18,61	19,45	1,83	39,87	22,31	-22,76	0,98	1,50	1,56	1,83	3,21	1,80	-1,83
	E-F	4,00	12,18	15,63	13,97	2,03	39,14	24,78	-23,95	0,98	1,26	1,07	2,05	3,12	2,01	-1,91
	F-G	3,60	10,60	11,13	8,10	1,88	26,69	19,92	-18,24	0,49	0,61	0,37	1,94	1,27	0,95	-0,82
I	A-B	3,00	17,56	8,93	11,90	1,44	30,09	25,35	-27,33	5,04	2,56	3,42	1,44	8,64	7,27	-7,85
	B-C	3,00	17,56	11,90	11,17	1,51	31,28	26,58	-26,10	5,04	3,42	2,87	1,54	8,80	7,74	-7,38
	C-D	3,00	12,18	8,98	10,84	1,45	23,57	17,65	-18,89	0,98	1,21	0,87	1,62	2,12	1,58	-1,36
	D-E	3,70	12,18	18,61	19,45	1,83	39,87	22,31	-22,76	0,98	1,50	1,56	1,83	3,21	1,80	-1,83
	E-F	4,00	12,18	15,63	13,97	2,03	39,14	24,78	-23,95	0,98	1,26	1,07	2,05	3,12	2,01	-1,91
	F-G	3,60	10,60	11,13	8,10	1,88	26,69	19,92	-18,24	0,49	0,61	0,37	1,94	1,27	0,95	-0,82
RDC	A-B	3,00	13,00	6,35	8,81	1,44	22,13	18,68	-20,32	1,30	0,64	0,88	1,44	2,22	1,87	-2,03
	B-C	3,00	13,00	8,81	8,81	1,50	23,44	19,50	-19,50	1,30	0,88	0,88	1,50	2,34	1,95	-1,95
	C-D	3,00	13,00	8,81	11,84	1,42	24,83	18,49	-20,51	1,30	0,88	1,18	1,42	2,48	1,85	-2,05
	D-E	3,70	13,00	19,69	20,67	1,83	42,42	23,79	-24,31	1,30	1,97	2,07	1,83	4,24	2,38	-2,43
	E-F	4,00	13,00	16,78	15,13	2,03	41,94	26,41	-25,59	1,30	1,68	1,51	2,03	4,19	2,64	-2,56
	F-G	3,60	13,00	13,28	9,59	1,88	32,37	24,43	-22,38	1,30	1,33	0,96	1,88	3,24	2,44	-2,24

Tableau IV -05 : Effort normaux sous G et Q du portique longitudinal (1-1)

			sous G				sous Q			
unité	KN		KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
VIII	1	6,89	0,00	15,06	21,95	21,95	0,00	5,78	5,78	5,78
	2	6,89	-20,52	19,20	46,61	46,61	-8,11	4,74	12,85	12,85
	3	6,89	-16,38	9,42	32,69	32,69	-6,15	1,30	7,45	7,45
	4	6,89	-10,42	15,17	32,48	32,48	-0,71	1,54	2,25	2,25
	5	6,89	-15,55	13,21	35,65	35,65	-1,58	1,35	2,93	2,93
	6	6,89	-13,03	10,00	29,92	29,92	-1,31	0,76	2,07	2,07
	7	6,89	-6,73	0,00	13,62	13,62	-0,46	0,00	0,46	0,46
VII	1	6,89	0,00	14,62	21,51	43,46	0,00	0,68	0,68	6,46
	2	6,89	-18,24	16,83	41,96	88,57	-0,84	0,74	1,58	14,43
	3	6,89	-16,03	17,21	40,13	72,82	-0,78	1,36	2,14	9,59
	4	6,89	-20,55	28,92	56,36	88,84	-1,68	2,33	4,01	6,26
	5	6,89	-29,54	25,40	61,83	97,48	-2,38	2,07	4,45	7,38
	6	6,89	-24,54	21,75	53,18	83,10	-1,95	1,06	3,01	5,08
	7	6,89	-17,47	0,00	24,36	37,98	-0,76	0,00	0,76	1,22
VI	1	6,89	0,00	15,34	22,23	65,69	0,00	0,71	0,71	7,17
	2	6,89	-17,52	16,38	40,79	129,36	-0,81	0,73	1,54	15,97
	3	6,89	-16,48	17,47	40,84	113,66	-0,79	1,38	2,17	11,76
	4	6,89	-20,29	28,96	56,14	144,98	-1,66	2,33	3,99	10,25
	5	6,89	-29,50	25,62	62,01	159,49	-2,37	2,08	4,45	11,83
	6	6,89	-24,32	21,06	52,27	135,37	-1,93	1,01	2,94	8,02
	7	6,89	-18,16	0,00	25,05	63,03	-0,80	0,00	0,80	2,02

Suite de tableaux 05 :

		sous G					sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
V	1	9,37	0,00	15,29	24,66	90,35	0,00	0,71	0,71	7,88
	2	9,37	-17,04	16,07	42,48	171,84	-0,79	0,72	1,51	17,48
	3	9,37	-16,26	17,32	42,95	156,61	-0,78	1,37	2,15	13,91
	4	9,37	-19,83	28,69	57,89	202,87	-1,62	2,31	3,93	14,18
	5	9,37	-29,17	25,24	63,78	223,27	-2,35	2,05	4,40	16,23
	6	9,37	-24,09	20,57	54,03	189,40	-1,92	0,98	2,90	10,92
	7	9,37	-18,12	0,00	27,49	90,52	-0,80	0,00	0,80	2,82
IV	1	9,37	0,00	15,29	24,66	115,01	0,00	0,71	0,71	8,59
	2	9,37	-17,04	16,07	42,48	214,32	-0,79	0,72	1,51	18,99
	3	9,37	-16,26	17,32	42,95	199,56	-0,78	1,37	2,15	16,06
	4	9,37	-19,83	28,69	57,89	260,76	-1,62	2,31	3,93	18,11
	5	9,37	-29,17	25,24	63,78	287,05	-2,35	2,05	4,40	20,63
	6	9,37	-24,09	20,57	54,03	243,43	-1,92	0,98	2,90	13,82
	7	9,37	-18,12	0,00	27,49	118,01	-0,80	0,00	0,80	3,62
III	1	9,37	0,00	25,60	34,97	149,98	0,00	7,35	7,35	15,94
	2	9,37	-27,96	27,06	64,39	278,71	-8,02	7,90	15,92	34,91
	3	9,37	-26,05	17,87	53,29	252,85	-7,48	1,63	9,11	25,17
	4	9,37	-19,28	28,72	57,37	318,13	-1,36	2,31	3,67	21,78
	5	9,37	-29,13	25,15	63,65	350,70	-2,34	2,04	4,38	25,01
	6	9,37	-24,18	20,34	53,89	297,32	-1,93	0,97	2,90	16,72
	7	9,37	-18,35	0,00	27,72	145,73	-0,82	0,00	0,82	4,44

Suite de tableaux 05 :

			sous G				sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
II	1	12,24	0,00	25,35	37,59	187,57	0,00	7,27	7,27	23,21
	2	12,24	-27,33	26,58	66,15	344,86	-7,85	7,74	15,59	50,50
	3	12,24	-26,10	17,65	55,99	308,84	-7,38	1,58	8,96	34,13
	4	12,24	-18,89	22,31	53,44	371,57	-1,36	1,80	3,16	24,94
	5	12,24	-22,76	24,78	59,78	410,48	-1,83	2,01	3,84	28,85
	6	12,24	-23,95	19,92	56,11	353,43	-1,91	0,95	2,86	19,58
	7	12,24	-18,24	0,00	30,48	176,21	-0,82	0,00	0,82	5,26
I	1	12,24	0,00	25,35	37,59	225,16	0,00	7,27	7,27	30,48
	2	12,24	-27,33	26,58	66,15	411,01	-7,85	7,74	15,59	66,09
	3	12,24	-26,10	17,65	55,99	364,83	-7,38	1,58	8,96	43,09
	4	12,24	-18,89	22,31	53,44	425,01	-1,36	1,80	3,16	28,10
	5	12,24	-22,76	24,78	59,78	470,26	-1,83	2,01	3,84	32,69
	6	12,24	-23,95	19,92	56,11	409,54	-1,91	0,95	2,86	22,44
	7	12,24	-18,24	0,00	30,48	206,69	-0,82	0,00	0,82	6,08
RDC	1	16,32	0,00	18,68	35,00	260,16	0,00	1,87	1,87	32,35
	2	16,32	-20,32	19,5	56,14	467,15	-2,03	1,95	3,98	70,07
	3	16,32	-19,5	18,49	54,31	419,14	-1,95	1,85	3,80	46,89
	4	16,32	-20,51	23,79	60,62	485,63	-2,05	2,38	4,43	32,53
	5	16,32	-24,31	26,41	67,04	537,30	-2,43	2,64	5,07	37,76
	6	16,32	-25,59	24,43	66,34	475,88	-2,56	2,44	5,00	27,44
	7	16,32	-22,38	0,00	38,70	245,39	-2,24	0,00	2,24	8,32

❖ Sens transversal :

Tableau IV -06 : caractéristiques géométriques du portique (2-2)

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3				/	
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X1
VIII	1	0,00	3,10	0,00	2,66	0,00	2,48	0,00	2,13	0,00	16,00	0,00	6,75	0,00	6,45	0,00	3,17	9,62	0,8
	2	3,10	3,10	0,00	2,66	2,88	2,88	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	5,55	5,55	0,00	3,17	14,27	0,93
	3	3,10	3,10	0,00	2,66	2,48	2,48	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,45	6,45	0,00	3,17	16,07	0,8
	4	3,10	0,00	0,00	2,66	2,48	0,00	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,45	0,00	0,00	3,17	9,62	0,8
	5	0,00	4,10	0,00	2,66	0,00	3,28	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	0,00	4,88	0,00	3,17	8,05	0,8
	6	4,10	3,70	0,00	2,66	3,73	3,37	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	4,29	4,75	0,00	3,17	12,21	0,91
	7	3,70	0,00	0,00	2,66	2,96	0,00	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	5,41	0,00	0,00	3,17	8,57	0,8
VII	1	0,00	3,10	2,66	2,66	0,00	2,48	2,40	2,13	0,00	16,00	6,75	6,75	0,00	6,45	2,81	3,17	12,43	0,8
	2	3,10	3,10	2,66	2,66	2,73	2,73	2,40	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,87	5,87	2,81	3,17	17,71	0,88
	3	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,40	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,45	6,45	2,81	3,17	18,88	0,8
	4	3,10	0,00	2,66	2,66	2,48	0,00	2,40	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,45	0,00	2,81	3,17	12,43	0,8
	5	0,00	4,10	2,66	2,66	0,00	3,28	2,40	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	0,00	4,88	2,81	3,17	10,86	0,8
	6	4,10	3,70	2,66	2,66	3,44	3,11	2,40	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	4,65	5,15	2,81	3,17	15,78	0,84
	7	3,70	0,00	2,66	2,66	2,96	0,00	2,40	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	5,41	0,00	2,81	3,17	11,39	0,8
VI	1	0,00	3,10	2,66	2,66	0,00	2,48	2,13	2,13	0,00	16,00	6,75	12,50	0,00	6,45	3,17	5,87	15,49	0,8
	2	3,10	3,10	2,66	2,66	2,51	2,51	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,37	6,37	3,17	5,87	21,78	0,81
	3	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,45	6,45	3,17	5,87	21,94	0,8
	4	3,10	0,00	2,66	2,66	2,48	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,45	0,00	3,17	5,87	15,49	0,8
	5	0,00	4,10	2,66	2,66	0,00	3,28	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	0,00	4,88	3,17	5,87	13,92	0,8
	6	4,10	3,70	2,66	2,66	3,28	2,96	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	4,88	5,41	3,17	5,87	19,32	0,8
	7	3,70	0,00	2,66	2,66	2,96	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	5,41	0,00	3,17	5,87	14,44	0,8

Suite de tableaux 06 :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3				/	
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X1
V	1	0,00	3,05	2,66	2,66	0,00	2,44	2,13	2,13	0,00	16,00	12,50	12,50	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,8
	2	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	3	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	4	3,05	0,00	2,66	2,66	2,44	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,56	0,00	5,87	5,87	18,29	0,8
	5	0,00	4,05	2,66	2,66	0,00	3,24	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	0,00	4,94	5,87	5,87	16,68	0,8
	6	4,05	3,65	2,66	2,66	3,24	2,92	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	0,8
	7	3,65	0,00	2,66	2,66	2,92	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	0,8
IV	1	0,00	3,05	2,66	2,66	0,00	2,44	2,13	2,13	0,00	16,00	12,50	12,50	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,8
	2	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	3	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,8
	4	3,05	0,00	2,66	2,66	2,44	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,56	0,00	5,87	5,87	18,29	0,8
	5	0,00	4,05	2,66	2,66	0,00	3,24	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	0,00	4,94	5,87	5,87	16,68	0,8
	6	4,05	3,65	2,66	2,66	3,24	2,92	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	0,8
	7	3,65	0,00	2,66	2,66	2,92	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	0,8
III	1	0,00	3,05	2,66	2,66	0,00	2,44	2,13	2,13	0,00	16,00	12,50	21,33	0,00	6,56	5,87	10,01	22,44	0,8
	2	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	0,8
	3	3,05	3,05	2,66	2,66	2,44	2,44	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	0,8
	4	3,05	0,00	2,66	2,66	2,44	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,56	0,00	5,87	10,01	22,44	0,8
	5	0,00	4,05	2,66	2,66	0,00	3,24	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	0,00	4,94	5,87	10,01	20,82	0,8
	6	4,05	3,65	2,66	2,66	3,24	2,92	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	4,94	5,48	5,87	10,01	26,30	0,8
	7	3,65	0,00	2,66	2,66	2,92	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	5,48	0,00	5,87	10,01	21,36	0,8

Suite de tableaux 06 :

Unité		M								10 ⁻⁴ m ⁴				10 ⁻⁴ m ³				/	
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X1
II	1	0,00	3,00	2,66	2,66	0,00	2,40	2,13	2,13	0,00	16,00	21,33	21,33	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,8
	2	3,00	3,00	2,66	2,66	2,40	2,40	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	3	3,00	3,00	2,66	2,66	2,40	2,40	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	4	3,00	0,00	2,66	2,66	2,40	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	0,00	10,01	10,01	26,69	0,8
	5	0,00	4,00	2,66	2,66	0,00	3,20	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	0,00	5,00	10,01	10,01	25,03	0,8
	6	4,00	3,60	2,66	2,66	3,20	2,88	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	0,8
	7	3,60	0,00	2,66	2,66	2,88	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	0,8
I	1	0,00	3,00	2,66	2,66	0,00	2,40	2,13	2,13	0,00	16,00	21,33	21,33	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,8
	2	3,00	3,00	2,66	2,66	2,40	2,40	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	3	3,00	3,00	2,66	2,66	2,40	2,40	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,8
	4	3,00	0,00	2,66	2,66	2,40	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	0,00	10,01	10,01	26,69	0,8
	5	0,00	4,00	2,66	2,66	0,00	3,20	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	0,00	5,00	10,01	10,01	25,03	0,8
	6	4,00	3,60	2,66	2,66	3,20	2,88	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	0,8
	7	3,60	0,00	2,66	2,66	2,88	0,00	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	0,8
RDC	1	0,00	3,00	2,66	3,68	0,00	2,40	2,13	2,94	0,00	16,00	21,33	21,33	0,00	6,67	10,01	7,26	23,94	0,8
	2	3,00	3,00	2,66	3,68	2,40	2,40	2,13	2,94	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	0,8
	3	3,00	3,00	2,66	3,68	2,40	2,40	2,13	2,94	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	0,8
	4	3,00	0,00	2,66	3,68	2,40	0,00	2,13	2,94	16,00	16,00	21,33	21,33	6,67	0,00	10,01	7,26	23,94	0,8
	5	0,00	4,00	2,66	3,68	0,00	3,20	2,13	2,94	16,00	16,00	21,33	21,33	0,00	5,00	10,01	7,26	22,27	0,8
	6	4,00	3,60	2,66	3,68	3,20	2,88	2,13	2,94	16,00	16,00	21,33	21,33	5,00	5,56	10,01	7,26	27,82	0,8
	7	3,60	0,00	2,66	3,68	2,88	0,00	2,13	2,94	16,00	16,00	21,33	21,33	5,56	0,00	10,01	7,26	22,82	0,8

Tableau IV -07 : Calcul des moments aux droits des nœuds sous G du portique (2-2) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	1	0,00	6,40	0,00	2,48	0,00	4,63	0,00	6,45	0,00	3,17	9,62	0,00	1,53	0,00	1,53
	2	6,40	6,40	2,88	2,88	6,25	6,25	5,55	5,55	0,00	3,17	14,27	6,25	6,25	0,00	0,00
	3	6,40	6,40	2,48	2,48	4,63	4,63	6,45	6,45	0,00	3,17	16,07	4,63	4,63	0,00	0,00
	4	6,40	0,00	2,48	0,00	4,63	0,00	6,45	0,00	0,00	3,17	9,62	1,53	0,00	0,00	-1,53
	5	0,00	6,40	0,00	3,28	0,00	8,10	0,00	4,88	0,00	3,17	8,05	0,00	3,19	0,00	3,19
	6	6,40	6,40	3,73	3,37	10,48	8,55	4,29	4,75	0,00	3,17	12,21	9,80	9,30	0,00	-0,50
	7	6,40	0,00	2,96	0,00	6,60	0,00	5,41	0,00	0,00	3,17	8,57	2,43	0,00	0,00	-2,44
VII	1	0,00	5,78	0,00	2,48	0,00	4,18	0,00	6,45	2,81	3,17	12,43	0,00	2,01	0,95	1,07
	2	5,78	5,78	2,73	2,73	5,07	5,07	5,87	5,87	2,81	3,17	17,71	5,07	5,07	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,48	2,48	4,18	4,18	6,45	6,45	2,81	3,17	18,88	4,18	4,18	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,48	0,00	4,18	0,00	6,45	0,00	2,81	3,17	12,43	2,01	0,00	-0,95	-1,07
	5	0,00	5,78	0,00	3,28	0,00	7,32	0,00	4,88	2,81	3,17	10,86	0,00	4,03	1,89	2,14
	6	5,78	5,78	3,44	3,11	8,05	6,58	4,65	5,15	2,81	3,17	15,78	7,61	7,06	-0,26	-0,30
	7	5,78	0,00	2,96	0,00	5,96	0,00	5,41	0,00	2,81	3,17	11,39	3,13	0,00	-1,47	-1,66
VI	1	0,00	5,78	0,00	2,48	0,00	4,18	0,00	6,45	3,17	5,87	15,49	0,00	2,44	0,86	1,58
	2	5,78	5,78	2,51	2,51	4,28	4,28	6,37	6,37	3,17	5,87	21,78	4,28	4,28	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,48	2,48	4,18	4,18	6,45	6,45	3,17	5,87	21,94	4,18	4,18	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,48	0,00	4,18	0,00	6,45	0,00	3,17	5,87	15,49	2,44	0,00	-0,86	-1,58
	5	0,00	5,78	0,00	3,28	0,00	7,32	0,00	4,88	3,17	5,87	13,92	0,00	4,75	1,67	3,09
	6	5,78	5,78	3,28	2,96	7,32	5,96	4,88	5,41	3,17	5,87	19,32	6,97	6,34	-0,22	-0,41
	7	5,78	0,00	2,96	0,00	5,96	0,00	5,41	0,00	3,17	5,87	14,44	3,73	0,00	-1,31	-2,42

Suite de tableaux 07 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
V	1	0,00	5,78	0,00	2,44	0,00	4,05	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,00	2,60	1,30	1,30
	2	5,78	5,78	2,44	2,44	4,05	4,05	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	4,05	4,05	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,44	2,44	4,05	4,05	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	4,05	4,05	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,44	0,00	4,05	0,00	6,56	0,00	5,87	5,87	18,29	2,60	0,00	-1,30	-1,30
	5	0,00	5,78	0,00	3,24	0,00	7,14	0,00	4,94	5,87	5,87	16,68	0,00	5,02	2,51	2,51
	6	5,78	5,78	3,24	2,92	7,14	5,80	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	6,84	6,13	-0,36	-0,36
	7	5,78	0,00	2,92	0,00	5,80	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	3,95	0,00	-1,98	-1,98
IV	1	0,00	5,78	0,00	2,44	0,00	4,05	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,00	2,60	1,30	1,30
	2	5,78	5,78	2,44	2,44	4,05	4,05	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	4,05	4,05	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,44	2,44	4,05	4,05	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	4,05	4,05	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,44	0,00	4,05	0,00	6,56	0,00	5,87	5,87	18,29	2,60	0,00	-1,30	-1,30
	5	0,00	5,78	0,00	3,24	0,00	7,14	0,00	4,94	5,87	5,87	16,68	0,00	5,02	2,51	2,51
	6	5,78	5,78	3,24	2,92	7,14	5,80	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	6,84	6,13	-0,36	-0,36
	7	5,78	0,00	2,92	0,00	5,80	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	3,95	0,00	-1,98	-1,98
III	1	0,00	5,78	0,00	2,44	0,00	4,05	0,00	6,56	5,87	10,01	22,44	0,00	2,86	1,06	1,81
	2	5,78	5,78	2,44	2,44	4,05	4,05	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	4,05	4,05	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,44	2,44	4,05	4,05	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	4,05	4,05	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,44	0,00	4,05	0,00	6,56	0,00	5,87	10,01	22,44	2,86	0,00	-1,06	-1,81
	5	0,00	5,78	0,00	3,24	0,00	7,14	0,00	4,94	5,87	10,01	20,82	0,00	5,44	2,01	3,43
	6	5,78	5,78	3,24	2,92	7,14	5,80	4,94	5,48	5,87	10,01	26,30	6,89	6,08	-0,30	-0,51
	7	5,78	0,00	2,92	0,00	5,80	0,00	5,48	0,00	5,87	10,01	21,36	4,31	0,00	-1,59	-2,72

Suite de tableaux 07 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
II	1	0,00	5,78	0,00	2,40	0,00	3,92	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,00	2,94	1,47	1,47
	2	5,78	5,78	2,40	2,40	3,92	3,92	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	3,92	3,92	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,40	2,40	3,92	3,92	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	3,92	3,92	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,40	0,00	3,92	0,00	6,67	0,00	10,01	10,01	26,69	2,94	0,00	-1,47	-1,47
	5	0,00	5,78	0,00	3,20	0,00	6,96	0,00	5,00	10,01	10,01	25,03	0,00	5,57	2,78	2,78
	6	5,78	5,78	3,20	2,88	6,96	5,64	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	6,75	5,88	-0,43	-0,43
	7	5,78	0,00	2,88	0,00	5,64	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	4,41	0,00	-2,21	-2,21
I	1	0,00	5,78	0,00	2,40	0,00	3,92	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,00	2,94	1,47	1,47
	2	5,78	5,78	2,40	2,40	3,92	3,92	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	3,92	3,92	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,40	2,40	3,92	3,92	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	3,92	3,92	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,40	0,00	3,92	0,00	6,67	0,00	10,01	10,01	26,69	2,94	0,00	-1,47	-1,47
	5	0,00	5,78	0,00	3,20	0,00	6,96	0,00	5,00	10,01	10,01	25,03	0,00	5,57	2,78	2,78
	6	5,78	5,78	3,20	2,88	6,96	5,64	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	6,75	5,88	-0,43	-0,43
	7	5,78	0,00	2,88	0,00	5,64	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	4,41	0,00	-2,21	-2,21
RDC	1	0,00	5,78	0,00	2,40	0,00	3,92	0,00	6,67	10,01	7,26	23,94	0,00	2,83	1,64	1,19
	2	5,78	5,78	2,40	2,40	3,92	3,92	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	3,92	3,92	0,00	0,00
	3	5,78	5,78	2,40	2,40	3,92	3,92	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	3,92	3,92	0,00	0,00
	4	5,78	0,00	2,40	0,00	3,92	0,00	6,67	0,00	10,01	7,26	23,94	2,83	0,00	-1,64	-1,19
	5	0,00	5,78	0,00	3,20	0,00	6,96	0,00	5,00	10,01	7,26	22,27	0,00	5,40	3,13	2,27
	6	5,78	5,78	3,20	2,88	6,96	5,64	5,00	5,56	10,01	7,26	27,82	6,73	5,90	-0,48	-0,35
	7	5,78	0,00	2,88	0,00	5,64	0,00	5,56	0,00	10,01	7,26	22,82	4,27	0,00	-2,47	-1,79

Tableau IV -08 : Calcul des moments aux droits des nœuds sous Q du portique (2-2) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	1	0,00	0,65	0,00	2,48	0,00	0,47	0,00	6,45	0,00	3,17	9,62	0,00	0,15	0,00	0,15
	2	0,65	0,65	2,88	2,88	0,63	0,63	5,55	5,55	0,00	3,17	14,27	0,63	0,63	0,00	0,00
	3	0,65	0,65	2,48	2,48	0,47	0,47	6,45	6,45	0,00	3,17	16,07	0,47	0,47	0,00	0,00
	4	0,65	0,00	2,48	0,00	0,47	0,00	6,45	0,00	0,00	3,17	9,62	0,15	0,00	0,00	-0,15
	5	0,00	0,65	0,00	3,28	0,00	0,82	0,00	4,88	0,00	3,17	8,05	0,00	0,32	0,00	0,32
	6	0,65	0,65	3,73	3,37	1,06	0,87	4,29	4,75	0,00	3,17	12,21	1,00	0,94	0,00	-0,05
	7	0,65	0,00	2,96	0,00	0,67	0,00	5,41	0,00	0,00	3,17	8,57	0,25	0,00	0,00	-0,25
VII	1	0,00	0,98	0,00	2,48	0,00	0,71	0,00	6,45	2,81	3,17	12,43	0,00	0,34	0,16	0,18
	2	0,98	0,98	2,73	2,73	0,86	0,86	5,87	5,87	2,81	3,17	17,71	0,86	0,86	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,48	2,48	0,71	0,71	6,45	6,45	2,81	3,17	18,88	0,71	0,71	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,48	0,00	0,71	0,00	6,45	0,00	2,81	3,17	12,43	0,34	0,00	-0,16	-0,18
	5	0,00	0,98	0,00	3,28	0,00	1,24	0,00	4,88	2,81	3,17	10,86	0,00	0,68	0,32	0,36
	6	0,98	0,98	3,44	3,11	1,36	1,12	4,65	5,15	2,81	3,17	15,78	1,29	1,20	-0,04	-0,05
	7	0,98	0,00	2,96	0,00	1,01	0,00	5,41	0,00	2,81	3,17	11,39	0,53	0,00	-0,25	-0,28
VI	1	0,00	0,98	0,00	2,48	0,00	0,71	0,00	6,45	3,17	5,87	15,49	0,00	0,41	0,15	0,27
	2	0,98	0,98	2,51	2,51	0,73	0,73	6,37	6,37	3,17	5,87	21,78	0,73	0,73	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,48	2,48	0,71	0,71	6,45	6,45	3,17	5,87	21,94	0,71	0,71	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,48	0,00	0,71	0,00	6,45	0,00	3,17	5,87	15,49	0,41	0,00	-0,15	-0,27
	5	0,00	0,98	0,00	3,28	0,00	1,24	0,00	4,88	3,17	5,87	13,92	0,00	0,81	0,28	0,52
	6	0,98	0,98	3,28	2,96	1,24	1,01	4,88	5,41	3,17	5,87	19,32	1,18	1,07	-0,04	-0,07
	7	0,98	0,00	2,96	0,00	1,01	0,00	5,41	0,00	3,17	5,87	14,44	0,63	0,00	-0,22	-0,41

Suite de tableaux 08 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
V	1	0,00	0,98	0,00	2,44	0,00	0,69	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,00	0,44	0,22	0,22
	2	0,98	0,98	2,44	2,44	0,69	0,69	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,69	0,69	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,44	2,44	0,69	0,69	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,69	0,69	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,44	0,00	0,69	0,00	6,56	0,00	5,87	5,87	18,29	0,44	0,00	-0,22	-0,22
	5	0,00	0,98	0,00	3,24	0,00	1,21	0,00	4,94	5,87	5,87	16,68	0,00	0,85	0,43	0,43
	6	0,98	0,98	3,24	2,92	1,21	0,98	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	1,16	1,04	-0,06	-0,06
	7	0,98	0,00	2,92	0,00	0,98	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	0,67	0,00	-0,34	-0,34
IV	1	0,00	0,98	0,00	2,44	0,00	0,69	0,00	6,56	5,87	5,87	18,29	0,00	0,44	0,22	0,22
	2	0,98	0,98	2,44	2,44	0,69	0,69	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,69	0,69	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,44	2,44	0,69	0,69	6,56	6,56	5,87	5,87	24,85	0,69	0,69	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,44	0,00	0,69	0,00	6,56	0,00	5,87	5,87	18,29	0,44	0,00	-0,22	-0,22
	5	0,00	0,98	0,00	3,24	0,00	1,21	0,00	4,94	5,87	5,87	16,68	0,00	0,85	0,43	0,43
	6	0,98	0,98	3,24	2,92	1,21	0,98	4,94	5,48	5,87	5,87	22,15	1,16	1,04	-0,06	-0,06
	7	0,98	0,00	2,92	0,00	0,98	0,00	5,48	0,00	5,87	5,87	17,22	0,67	0,00	-0,34	-0,34
III	1	0,00	0,98	0,00	2,44	0,00	0,69	0,00	6,56	5,87	10,01	22,44	0,00	0,49	0,18	0,31
	2	0,98	0,98	2,44	2,44	0,69	0,69	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	0,69	0,69	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,44	2,44	0,69	0,69	6,56	6,56	5,87	10,01	29,00	0,69	0,69	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,44	0,00	0,69	0,00	6,56	0,00	5,87	10,01	22,44	0,49	0,00	-0,18	-0,31
	5	0,00	0,98	0,00	3,24	0,00	1,21	0,00	4,94	5,87	10,01	20,82	0,00	0,92	0,34	0,58
	6	0,98	0,98	3,24	2,92	1,21	0,98	4,94	5,48	5,87	10,01	26,30	1,17	1,03	-0,05	-0,09
	7	0,98	0,00	2,92	0,00	0,98	0,00	5,48	0,00	5,87	10,01	21,36	0,73	0,00	-0,27	-0,46

Suite de tableaux 08 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
II	1	0,00	0,98	0,00	2,40	0,00	0,66	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,00	0,50	0,25	0,25
	2	0,98	0,98	2,40	2,40	0,66	0,66	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,66	0,66	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,40	2,40	0,66	0,66	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,66	0,66	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,40	0,00	0,66	0,00	6,67	0,00	10,01	10,01	26,69	0,50	0,00	-0,25	-0,25
	5	0,00	0,98	0,00	3,20	0,00	1,18	0,00	5,00	10,01	10,01	25,03	0,00	0,94	0,47	0,47
	6	0,98	0,98	3,20	2,88	1,18	0,96	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	1,14	1,00	-0,07	-0,07
	7	0,98	0,00	2,88	0,00	0,96	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	0,75	0,00	-0,37	-0,37
I	1	0,00	0,98	0,00	2,40	0,00	0,66	0,00	6,67	10,01	10,01	26,69	0,00	0,50	0,25	0,25
	2	0,98	0,98	2,40	2,40	0,66	0,66	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,66	0,66	0,00	0,00
	3	0,98	0,98	2,40	2,40	0,66	0,66	6,67	6,67	10,01	10,01	33,36	0,66	0,66	0,00	0,00
	4	0,98	0,00	2,40	0,00	0,66	0,00	6,67	0,00	10,01	10,01	26,69	0,50	0,00	-0,25	-0,25
	5	0,00	0,98	0,00	3,20	0,00	1,18	0,00	5,00	10,01	10,01	25,03	0,00	0,94	0,47	0,47
	6	0,98	0,98	3,20	2,88	1,18	0,96	5,00	5,56	10,01	10,01	30,58	1,14	1,00	-0,07	-0,07
	7	0,98	0,00	2,88	0,00	0,96	0,00	5,56	0,00	10,01	10,01	25,58	0,75	0,00	-0,37	-0,37
RDC	1	0,00	2,60	0,00	2,40	0,00	1,76	0,00	6,67	10,01	7,26	23,94	0,00	1,27	0,74	0,53
	2	2,60	2,60	2,40	2,40	1,76	1,76	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	1,76	1,76	0,00	0,00
	3	2,60	2,60	2,40	2,40	1,76	1,76	6,67	6,67	10,01	7,26	30,60	1,76	1,76	0,00	0,00
	4	2,60	0,00	2,40	0,00	1,76	0,00	6,67	0,00	10,01	7,26	23,94	1,27	0,00	-0,74	-0,53
	5	0,00	2,60	0,00	3,20	0,00	3,13	0,00	5,00	10,01	7,26	22,27	0,00	2,43	1,41	1,02
	6	2,60	2,60	3,20	2,88	3,13	2,54	5,00	5,56	10,01	7,26	27,82	3,03	2,66	-0,21	-0,16
	7	2,60	0,00	2,88	0,00	2,54	0,00	5,56	0,00	10,01	7,26	22,82	1,92	0,00	-1,11	-0,81

Tableau IV -09: moment en travée et efforts tranchants du portique longitudinal (2-2) sous G et Q :

		sous G								sous Q						
unité	m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN			KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	M _w	Me	X	M _t	T _w	Te	Q	M _w	Me	X	M _t	T _w	Te
VIII	A-B	3,10	6,40	1,53	6,25	1,31	11,03	8,40	-11,44	0,65	0,15	0,63	1,31	1,12	0,85	-1,16
	B-C	3,10	6,40	6,25	4,63	1,63	13,06	10,44	-9,40	0,65	0,63	0,47	1,63	1,32	1,06	-0,96
	C-D	3,10	6,40	4,63	1,53	1,71	10,53	10,92	-8,92	0,65	0,47	0,15	1,71	1,07	1,11	-0,90
	D-E	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,10	6,40	3,19	9,80	1,80	19,33	11,51	-14,73	0,65	0,32	1,00	1,79	1,96	1,17	-1,50
	F-G	3,70	6,40	9,30	2,43	2,14	16,01	13,70	-9,98	0,65	0,94	0,25	2,14	1,63	1,39	-1,02
VII	A-B	3,10	5,78	2,01	5,07	1,38	10,23	7,97	-9,95	0,98	0,34	0,86	1,38	1,73	1,35	-1,69
	B-C	3,10	5,78	5,07	4,18	1,60	11,55	9,25	-8,67	0,98	0,86	0,71	1,60	1,96	1,57	-1,47
	C-D	3,10	5,78	4,18	2,01	1,67	9,91	9,66	-8,26	0,98	0,71	0,34	1,67	1,68	1,64	-1,40
	D-E	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,10	5,78	4,03	7,61	1,90	17,77	10,98	-12,72	0,98	0,68	1,29	1,90	3,01	1,86	-2,16
	F-G	3,70	5,78	7,06	3,13	2,03	14,69	11,76	-9,63	0,98	1,20	0,53	2,03	2,49	1,99	-1,63
VI	A-B	3,10	5,78	2,44	4,28	1,45	10,21	8,37	-9,55	0,98	0,41	0,73	1,44	1,73	1,42	-1,62
	B-C	3,10	5,78	4,28	4,18	1,56	11,17	8,99	-8,93	0,98	0,73	0,71	1,56	1,90	1,53	-1,51
	C-D	3,10	5,78	4,18	2,44	1,65	10,17	9,52	-8,40	0,98	0,71	0,41	1,65	1,72	1,62	-1,42
	D-E	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,10	5,78	4,75	6,97	1,96	17,93	11,31	-12,39	0,98	0,81	1,18	1,96	3,04	1,92	-2,10
	F-G	3,70	5,78	6,34	3,73	1,97	14,80	11,40	-9,99	0,98	1,07	0,63	1,97	2,51	1,93	-1,69

Suite de tableaux 09 :

		sous G								sous Q						
unité	m	KN/m	KN.m			m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
V	A-B	3,05	5,78	2,60	4,05	1,44	9,99	8,34	-9,29	0,98	0,44	0,69	1,44	1,69	1,41	-1,58
	B-C	3,05	5,78	4,05	4,05	1,53	10,77	8,81	-8,81	0,98	0,69	0,69	1,53	1,83	1,49	-1,49
	C-D	3,05	5,78	4,05	2,60	1,61	9,99	9,29	-8,34	0,98	0,69	0,44	1,61	1,69	1,58	-1,41
	D-E	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,05	5,78	5,02	6,84	1,95	17,73	11,26	-12,15	0,98	0,85	1,16	1,95	3,01	1,91	-2,06
	F-G	3,65	5,78	6,13	3,95	1,93	14,57	11,15	-9,95	0,98	1,04	0,67	1,93	2,47	1,89	-1,69
IV	A-B	3,05	5,78	2,60	4,05	1,44	9,99	8,34	-9,29	0,98	0,44	0,69	1,44	1,69	1,41	-1,58
	B-C	3,05	5,78	4,05	4,05	1,53	10,77	8,81	-8,81	0,98	0,69	0,69	1,53	1,83	1,49	-1,49
	C-D	3,05	5,78	4,05	2,60	1,61	9,99	9,29	-8,34	0,98	0,69	0,44	1,61	1,69	1,58	-1,41
	D-E	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,05	5,78	5,02	6,84	1,95	17,73	11,26	-12,15	0,98	0,85	1,16	1,95	3,01	1,91	-2,06
	F-G	3,65	5,78	6,13	3,95	1,93	14,57	11,15	-9,95	0,98	1,04	0,67	1,93	2,47	1,89	-1,69
III	A-B	3,05	5,78	2,86	4,05	1,46	10,14	8,42	-9,20	0,98	0,49	0,69	1,46	1,72	1,43	-1,56
	B-C	3,05	5,78	4,05	4,05	1,53	10,77	8,81	-8,81	0,98	0,69	0,69	1,53	1,83	1,49	-1,49
	C-D	3,05	5,78	4,05	2,86	1,59	10,14	9,20	-8,42	0,98	0,69	0,49	1,59	1,72	1,56	-1,43
	D-E	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,05	5,78	5,44	6,89	1,96	17,98	11,35	-12,06	0,98	0,92	1,17	1,96	3,05	1,92	-2,05
	F-G	3,65	5,78	6,08	4,31	1,91	14,76	11,03	-10,06	0,98	1,03	0,73	1,91	2,50	1,87	-1,71

Suite de tableaux 09 :

		sous G								sous Q						
unité	m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN			KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
II	A-B	3,00	5,78	2,94	3,92	1,44	9,90	8,34	-9,00	0,98	0,50	0,66	1,45	1,68	1,42	-1,52
	B-C	3,00	5,78	3,92	3,92	1,50	10,42	8,67	-8,67	0,98	0,66	0,66	1,50	1,76	1,47	-1,47
	C-D	3,00	5,78	3,92	2,94	1,56	9,90	9,00	-8,34	0,98	0,66	0,50	1,55	1,68	1,52	-1,42
	D-E	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,00	5,78	5,57	6,75	1,95	17,70	11,27	-11,86	0,98	0,94	1,14	1,95	3,00	1,91	-2,01
	F-G	3,60	5,78	5,88	4,41	1,87	14,47	10,81	-10,00	0,98	1,00	0,75	1,87	2,46	1,83	-1,69
I	A-B	3,00	5,78	2,94	3,92	1,44	9,90	8,34	-9,00	0,98	0,50	0,66	1,45	1,68	1,42	-1,52
	B-C	3,00	5,78	3,92	3,92	1,50	10,42	8,67	-8,67	0,98	0,66	0,66	1,50	1,76	1,47	-1,47
	C-D	3,00	5,78	3,92	2,94	1,56	9,90	9,00	-8,34	0,98	0,66	0,50	1,55	1,68	1,52	-1,42
	D-E	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,00	5,78	5,57	6,75	1,95	17,70	11,27	-11,86	0,98	0,94	1,14	1,95	3,00	1,91	-2,01
	F-G	3,60	5,78	5,88	4,41	1,87	14,47	10,81	-10,00	0,98	1,00	0,75	1,87	2,46	1,83	-1,69
RDC	A-B	3,00	5,78	2,83	3,92	1,44	9,84	8,31	-9,03	2,60	1,27	1,76	1,44	4,42	3,74	-4,06
	B-C	3,00	5,78	3,92	3,92	1,50	10,42	8,67	-8,67	2,60	1,76	1,76	1,50	4,69	3,90	-3,90
	C-D	3,00	5,78	3,92	2,83	1,56	9,84	9,03	-8,31	2,60	1,76	1,27	1,56	4,42	4,06	-3,74
	D-E	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E-F	4,00	5,78	5,40	6,73	1,94	17,60	11,23	-11,89	2,60	2,43	3,03	1,94	7,92	5,05	-5,35
	F-G	3,60	5,78	5,90	4,27	1,88	14,40	10,86	-9,95	2,60	2,66	1,92	1,88	6,48	4,89	-4,47

Tableau IV -10: Effort normaux sous G et Q du portique longitudinal (2-2) :

			sous G				sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
VIII	1	6,89	0,00	8,40	15,29	15,29	0,00	0,85	0,85	0,85
	2	6,89	-11,44	10,44	28,77	28,77	-1,16	1,06	2,22	2,22
	3	6,89	-9,40	10,92	27,21	27,21	-0,96	1,11	2,07	2,07
	4	6,89	-8,92	0,00	15,81	15,81	-0,90	0,00	0,90	0,9
	5	6,89	0,00	11,51	18,40	18,4	0,00	1,17	1,17	1,17
	6	6,89	-14,73	13,70	35,32	35,32	-1,50	1,39	2,89	2,89
	7	6,89	-9,98	0,00	16,87	16,87	-1,02	0,00	1,02	1,02
VII	1	6,89	0,00	7,97	14,86	30,15	0,00	1,35	1,35	2,20
	2	6,89	-9,95	9,25	26,09	54,86	-1,69	1,57	3,26	5,48
	3	6,89	-8,67	9,66	25,22	52,43	-1,47	1,64	3,11	5,18
	4	6,89	-8,26	0,00	15,15	30,96	-1,40	0,00	1,40	2,30
	5	6,89	0,00	10,98	17,87	36,27	0,00	1,68	1,68	2,85
	6	6,89	-12,72	11,76	31,37	66,69	-2,16	1,99	4,15	7,04
	7	6,89	-9,63	0,00	16,52	33,39	-1,63	0,00	1,63	2,65
VI	1	6,89	0,00	8,37	15,26	45,41	0,00	1,42	1,42	3,62
	2	6,89	-9,55	8,99	25,43	80,29	-1,62	1,53	3,15	8,63
	3	6,89	-8,93	9,52	25,34	77,77	-1,51	1,62	3,13	8,31
	4	6,89	-8,40	0,00	15,29	46,25	-1,42	0,00	1,42	3,72
	5	6,89	0,00	11,31	18,20	54,47	0,00	1,92	1,92	4,77
	6	6,89	-12,39	11,40	30,68	97,37	-2,10	1,93	4,03	11,07
	7	6,89	-9,99	0,00	16,88	50,27	-1,69	0,00	1,69	4,34

Suite de tableaux 10 :

			sous G				sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
V	1	9,37	0,00	8,34	17,71	63,12	0,00	1,41	1,41	5,03
	2	9,37	-9,29	8,81	27,47	107,76	-1,58	1,49	3,07	11,70
	3	9,37	-8,81	9,29	27,47	105,24	-1,49	1,58	3,07	11,38
	4	9,37	-8,34	0,00	17,71	63,96	-1,41	0,00	1,41	5,13
	5	9,37	0,00	11,26	20,63	75,10	0,00	1,91	1,91	6,68
	6	9,37	-12,15	11,15	32,67	130,04	-2,06	1,89	3,95	15,02
	7	9,37	-9,95	0,00	19,32	69,59	-1,69	0,00	1,69	6,03
IV	1	9,37	0,00	8,34	17,71	80,83	0,00	1,41	1,41	6,44
	2	9,37	-9,29	8,81	27,47	135,23	-1,58	1,49	3,07	14,77
	3	9,37	-8,81	9,29	27,47	132,71	-1,49	1,58	3,07	14,45
	4	9,37	-8,34	0,00	17,71	81,67	-1,41	0,00	1,41	6,54
	5	9,37	0,00	11,26	20,63	95,73	0,00	1,91	1,91	8,59
	6	9,37	-12,15	11,15	32,67	162,71	-2,06	1,89	3,95	18,97
	7	9,37	-9,95	0,00	19,32	88,91	-1,69	0,00	1,69	7,72
III	1	9,37	0,00	8,42	17,79	98,62	0,00	1,43	1,43	7,87
	2	9,37	-9,20	8,81	27,38	162,61	-1,56	1,49	3,05	17,82
	3	9,37	-8,81	9,20	27,38	160,09	-1,49	1,56	3,05	17,50
	4	9,37	-8,42	0,00	17,79	99,46	-1,43	0,00	1,43	7,97
	5	9,37	0,00	11,35	20,72	116,45	0,00	1,92	1,92	10,51
	6	9,37	-12,05	11,03	32,45	195,16	-2,05	1,87	3,92	22,89
	7	9,37	-10,06	0,00	19,43	108,34	-1,71	0,00	1,71	9,43

Suite de tableaux 10 :

			sous G				sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
II	1	12,24	0,00	8,34	20,58	119,20	0,00	1,42	1,42	9,29
	2	12,24	-9,00	8,67	29,91	192,52	-1,52	1,47	2,99	20,81
	3	12,24	-8,67	9,00	29,91	190,00	-1,47	1,52	2,99	20,49
	4	12,24	-8,34	0,00	20,58	120,04	-1,42	0,00	1,42	9,39
	5	12,24	0,00	11,27	23,51	139,96	0,00	1,91	1,91	12,42
	6	12,24	-11,86	10,81	34,91	230,07	-2,01	1,83	3,84	26,73
	7	12,24	-10,00	0,00	22,24	130,58	-1,69	0,00	1,69	11,12
I	1	12,24	0,00	8,34	20,58	139,78	0,00	1,42	1,42	10,71
	2	12,24	-9,00	8,67	29,91	222,43	-1,52	1,47	2,99	23,80
	3	12,24	-8,67	9,00	29,91	219,91	-1,47	1,52	2,99	23,48
	4	12,24	-8,34	0,00	20,58	140,62	-1,42	0,00	1,42	10,81
	5	12,24	0,00	11,27	23,51	163,47	0,00	1,91	1,91	14,33
	6	12,24	-11,86	10,81	34,91	264,98	-2,01	1,83	3,84	30,57
	7	12,24	-10,00	0,00	22,24	152,82	-1,69	0,00	1,69	12,81
RDC	1	16,32	0,00	8,31	24,63	164,41	0,00	3,74	3,74	14,45
	2	16,32	-9,03	8,67	34,02	256,45	-4,06	3,90	7,96	31,76
	3	16,32	-8,67	9,03	34,02	253,93	-3,90	4,06	7,96	31,44
	4	16,32	-8,31	0,00	24,63	165,25	-3,74	0,00	3,74	14,55
	5	16,32	0,00	11,23	27,55	191,02	0,00	5,05	5,05	19,38
	6	16,32	-11,89	10,86	39,07	304,05	-5,35	4,89	10,24	40,81
	7	16,32	-9,95	0,00	26,27	179,09	-4,47	0,00	4,47	17,28

❖ Sens longitudinal :

Tableau IV -11 : caractéristiques géométriques du portique (G-G) :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3					
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X
VIII	2	0	5,3	0	2,71	0	4,24	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	0	2,53	0	3,11	5,64	0,8
	3	5,3	2,6	0	2,71	4,4	2,16	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	2,44	4,96	0	3,11	10,51	0,83
	4	2,6	2,9	0	2,71	2,39	2,67	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	4,49	4,01	0	3,11	11,61	0,92
	5	2,9	0	0	2,71	2,32	0	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	4,62	0	0	3,11	7,73	0,8
VII	2	0	5,3	2,71	2,71	0	4,24	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	0	2,53	2,77	3,11	8,41	0,8
	3	5,3	2,6	2,71	2,71	4,24	2,08	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	2,53	5,15	2,77	3,11	13,56	0,8
	4	2,6	2,9	2,71	2,71	2,18	2,44	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	4,92	4,39	2,77	3,11	15,19	0,84
	5	2,9	0	2,71	2,71	2,32	0	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	4,62	0	2,77	3,11	10,5	0,8
VI	2	0	5,3	2,71	2,71	0	4,24	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	0	2,53	3,11	5,76	11,4	0,8
	3	5,3	2,6	2,71	2,71	4,24	2,08	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	2,53	5,15	3,11	5,76	16,55	0,8
	4	2,6	2,9	2,71	2,71	2,08	2,32	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	5,15	4,62	3,11	5,76	18,64	0,8
	5	2,9	0	2,71	2,71	2,32	0	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	4,62	0	3,11	5,76	13,49	0,8
V	2	0	5,25	2,71	2,71	0	4,2	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	0	2,56	5,76	5,76	14,08	0,8
	3	5,25	2,55	2,71	2,71	4,2	2,04	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	2,56	5,25	5,76	5,76	19,33	0,8
	4	2,55	2,85	2,71	2,71	2,04	2,28	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	5,25	4,7	5,76	5,76	21,47	0,8
	5	2,85	0	2,71	2,71	2,28	0	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	4,7	0	5,76	5,76	16,22	0,8

Suite de tableaux 11 :

Unité		M								10 ⁻⁴ m ⁴				10 ⁻⁴ m ³					
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X
VI	2	0	5,25	2,71	2,71	0	4,2	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	0	2,56	5,76	5,76	14,08	0,8
	3	5,25	2,55	2,71	2,71	4,2	2,04	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	2,56	5,25	5,76	5,76	19,33	0,8
	4	2,55	2,85	2,71	2,71	2,04	2,28	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	5,25	4,7	5,76	5,76	21,47	0,8
	5	2,85	0	2,71	2,71	2,28	0	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	4,7	0	5,76	5,76	16,22	0,8
III	2	0	5,25	2,71	2,71	0	4,2	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	0	2,56	5,76	9,83	18,15	0,8
	3	5,25	2,55	2,71	2,71	4,2	2,04	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	2,56	5,25	5,76	9,83	23,4	0,8
	4	2,55	2,85	2,71	2,71	2,04	2,28	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	5,25	4,7	5,76	9,83	25,54	0,8
	5	2,85	0	2,71	2,71	2,28	0	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	4,7	0	5,76	9,83	20,29	0,8
II	2	0	5,2	2,71	2,71	0	4,16	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	0	2,58	9,83	9,83	22,24	0,8
	3	5,2	2,5	2,71	2,71	4,16	2	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	2,58	5,36	9,83	9,83	27,6	0,8
	4	2,5	2,8	2,71	2,71	2	2,24	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	0,8
	5	2,8	0	2,71	2,71	2,24	0	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	4,79	0	9,83	9,83	24,45	0,8
I	2	0	5,2	2,71	2,71	0	4,16	2,71	2,71	10,72	10,72	21,33	21,33	0	2,58	9,83	9,83	22,24	0,8
	3	5,2	2,5	2,71	2,71	4,16	2	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	2,58	5,36	9,83	9,83	27,6	0,8
	4	2,5	2,8	2,71	2,71	2	2,24	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	0,8
	5	2,8	0	2,71	2,71	2,24	0	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	4,79	0	9,83	9,83	24,45	0,8
RDC	2	0	5,2	2,71	3,73	0	4,16	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	0	2,58	9,83	7,16	19,57	0,8
	3	5,2	2,5	2,71	3,73	4,16	2	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	2,58	5,36	9,83	7,16	24,93	0,8
	4	2,5	2,8	2,71	3,73	2	2,24	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	5,36	4,79	9,83	7,16	27,14	0,8
	5	2,8	0	2,71	3,73	2,24	0	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	4,79	0	9,83	7,16	21,78	0,8

Tableau IV -12) : Calcul des moments aux droits des nœuds sous G du portique (G-G) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10					KNm			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	2	0,00	13,73	0,00	4,24	0,00	29,04	0,00	2,53	0,00	3,11	5,64	0,00	16,01	0,00	16,01
	3	13,73	13,73	4,40	2,16	31,27	7,54	2,44	4,96	0,00	3,11	10,51	25,76	18,74	0,00	-7,02
	4	13,73	13,73	2,39	2,67	9,23	11,52	4,49	4,01	0,00	3,11	11,61	10,11	10,72	0,00	0,61
	5	13,73	0,00	2,32	0,00	8,69	0,00	4,62	0,00	0,00	3,11	7,73	3,50	0,00	0,00	-3,50
VII	2	0,00	18,23	0,00	4,24	0,00	38,56	0,00	2,53	2,77	3,11	8,41	0,00	26,96	12,70	14,26
	3	18,23	18,23	4,24	2,08	38,56	9,28	2,53	5,15	2,77	3,11	13,56	33,09	20,40	-5,98	-6,71
	4	18,23	18,23	2,18	2,44	10,19	12,77	4,92	4,39	2,77	3,11	15,19	11,03	12,02	0,47	0,53
	5	18,23	0,00	2,32	0,00	11,54	0,00	4,62	0,00	2,77	3,11	10,50	6,46	0,00	-3,05	-3,42
VI	2	0,00	18,23	0,00	4,24	0,00	38,56	0,00	2,53	3,11	5,76	11,40	0,00	30,00	10,52	19,48
	3	18,23	18,23	4,24	2,08	38,56	9,28	2,53	5,15	3,11	5,76	16,55	34,08	18,39	-5,50	-10,19
	4	18,23	18,23	2,08	2,32	9,28	11,54	5,15	4,62	3,11	5,76	18,64	9,90	10,98	0,38	0,70
	5	18,23	0,00	2,32	0,00	11,54	0,00	4,62	0,00	3,11	5,76	13,49	7,59	0,00	-2,66	-4,93
V	2	0,00	18,11	0,00	4,20	0,00	37,58	0,00	2,56	5,76	5,76	14,08	0,00	30,75	15,38	15,38
	3	18,11	18,11	4,20	2,04	37,58	8,87	2,56	5,25	5,76	5,76	19,33	33,78	16,67	-8,56	-8,56
	4	18,11	18,11	2,04	2,28	8,87	11,08	5,25	4,70	5,76	5,76	21,47	9,41	10,59	0,59	0,59
	5	18,11	0,00	2,28	0,00	11,08	0,00	4,70	0,00	5,76	5,76	16,22	7,87	0,00	-3,93	-3,93

Suite de tableaux 12 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10					KNm			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
IV	2	0,00	18,11	0,00	4,20	0,00	37,58	0,00	2,56	5,76	5,76	14,08	0,00	30,75	15,38	15,38
	3	18,11	18,11	4,20	2,04	37,58	8,87	2,56	5,25	5,76	5,76	19,33	33,78	16,67	-8,56	-8,56
	4	18,11	18,11	2,04	2,28	8,87	11,08	5,25	4,70	5,76	5,76	21,47	9,41	10,59	0,59	0,59
	5	18,11	0,00	2,28	0,00	11,08	0,00	4,70	0,00	5,76	5,76	16,22	7,87	0,00	-3,93	-3,93
III	2	0,00	18,11	0,00	4,20	0,00	37,58	0,00	2,56	5,76	9,83	18,15	0,00	32,28	11,93	20,36
	3	18,11	18,11	4,20	2,04	37,58	8,87	2,56	5,25	5,76	9,83	23,40	34,44	15,31	-7,07	-12,06
	4	18,11	18,11	2,04	2,28	8,87	11,08	5,25	4,70	5,76	9,83	25,54	9,32	10,67	0,50	0,85
	5	18,11	0,00	2,28	0,00	11,08	0,00	4,70	0,00	5,76	9,83	20,29	8,51	0,00	-3,14	-5,37
II	2	0,00	17,99	0,00	4,16	0,00	36,63	0,00	2,58	9,83	9,83	22,24	0,00	32,38	16,19	16,19
	3	17,99	17,99	4,16	2,00	36,63	8,47	2,58	5,36	9,83	9,83	27,60	33,99	13,93	-10,03	-10,03
	4	17,99	17,99	2,00	2,24	8,47	10,62	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	8,85	10,27	0,71	0,71
	5	17,99	0,00	2,24	0,00	10,62	0,00	4,79	0,00	9,83	9,83	24,45	8,54	0,00	-4,27	-4,27
I	2	0,00	17,99	0,00	4,16	0,00	36,63	0,00	2,58	9,83	9,83	22,24	0,00	32,38	16,19	16,19
	3	17,99	17,99	4,16	2,00	36,63	8,47	2,58	5,36	9,83	9,83	27,60	33,99	13,93	-10,03	-10,03
	4	17,99	17,99	2,00	2,24	8,47	10,62	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	8,85	10,27	0,71	0,71
	5	17,99	0,00	2,24	0,00	10,62	0,00	4,79	0,00	9,83	9,83	24,45	8,54	0,00	-4,27	-4,27
RDC	2	0,00	20,39	0,00	4,16	0,00	41,51	0,00	2,58	9,83	7,16	19,57	0,00	36,04	20,85	15,19
	3	20,39	20,39	4,16	2,00	41,51	9,60	2,58	5,36	9,83	7,16	24,93	38,21	16,46	-12,59	-9,17
	4	20,39	20,39	2,00	2,24	9,60	12,04	5,36	4,79	9,83	7,16	27,14	10,08	11,61	0,88	0,64
	5	20,39	0,00	2,24	0,00	12,04	0,00	4,79	0,00	9,83	7,16	21,78	9,39	0,00	-5,43	-3,96

Tableau IV- 13) : calcul des moments aux droits des nœuds sous Q du portique (G-G) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10,00					KNm			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	2	0,00	1,85	0,00	4,24	0,00	3,91	0,00	2,53	0,00	3,11	5,64	0,00	2,16	0,00	2,16
	3	1,85	1,85	4,40	2,16	4,21	1,02	2,44	4,96	0,00	3,11	10,51	3,47	2,52	0,00	-0,95
	4	1,85	1,85	2,39	2,67	1,24	1,55	4,49	4,01	0,00	3,11	11,61	1,36	1,45	0,00	0,08
	5	1,85	0,00	2,32	0,00	1,17	0,00	4,62	0,00	0,00	3,11	7,73	0,47	0,00	0,00	-0,47
VII	2	0,00	2,78	0,00	4,24	0,00	5,88	0,00	2,53	2,77	3,11	8,41	0,00	4,11	1,94	2,17
	3	2,78	2,78	4,24	2,08	5,88	1,41	2,53	5,15	2,77	3,11	13,56	5,05	3,11	-0,91	-1,02
	4	2,78	2,78	2,18	2,44	1,55	1,95	4,92	4,39	2,77	3,11	15,19	1,68	1,83	0,07	0,08
	5	2,78	0,00	2,32	0,00	1,76	0,00	4,62	0,00	2,77	3,11	10,50	0,99	0,00	-0,46	-0,52
VI	2	0,00	2,78	0,00	4,24	0,00	5,88	0,00	2,53	3,11	5,76	11,40	0,00	4,57	1,60	2,97
	3	2,78	2,78	4,24	2,08	5,88	1,41	2,53	5,15	3,11	5,76	16,55	5,20	2,80	-0,84	-1,55
	4	2,78	2,78	2,08	2,32	1,41	1,76	5,15	4,62	3,11	5,76	18,64	1,51	1,67	0,06	0,11
	5	2,78	0,00	2,32	0,00	1,76	0,00	4,62	0,00	3,11	5,76	13,49	1,16	0,00	-0,41	-0,75
V	2	0,00	2,74	0,00	4,20	0,00	5,69	0,00	2,56	5,76	5,76	14,08	0,00	4,65	2,33	2,33
	3	2,74	2,74	4,20	2,04	5,69	1,34	2,56	5,25	5,76	5,76	19,33	5,11	2,52	-1,29	-1,29
	4	2,74	2,74	2,04	2,28	1,34	1,68	5,25	4,70	5,76	5,76	21,47	1,42	1,60	0,09	0,09
	5	2,74	0,00	2,28	0,00	1,68	0,00	4,70	0,00	5,76	5,76	16,22	1,19	0,00	-0,60	-0,60

Suite de tableaux 13 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10,00					KNm			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
IV	2	0,00	2,74	0,00	4,20	0,00	5,69	0,00	2,56	5,76	5,76	14,08	0,00	4,65	2,33	2,33
	3	2,74	2,74	4,20	2,04	5,69	1,34	2,56	5,25	5,76	5,76	19,33	5,11	2,52	-1,29	-1,29
	4	2,74	2,74	2,04	2,28	1,34	1,68	5,25	4,70	5,76	5,76	21,47	1,42	1,60	0,09	0,09
	5	2,74	0,00	2,28	0,00	1,68	0,00	4,70	0,00	5,76	5,76	16,22	1,19	0,00	-0,60	-0,60
III	2	0,00	2,74	0,00	4,20	0,00	5,69	0,00	2,56	5,76	9,83	18,15	0,00	4,88	1,80	3,08
	3	2,74	2,74	4,20	2,04	5,69	1,34	2,56	5,25	5,76	9,83	23,40	5,21	2,32	-1,07	-1,83
	4	2,74	2,74	2,04	2,28	1,34	1,68	5,25	4,70	5,76	9,83	25,54	1,41	1,61	0,08	0,13
	5	2,74	0,00	2,28	0,00	1,68	0,00	4,70	0,00	5,76	9,83	20,29	1,29	0,00	-0,48	-0,81
II	2	0,00	2,70	0,00	4,16	0,00	5,50	0,00	2,58	9,83	9,83	22,24	0,00	4,86	2,43	2,43
	3	2,70	2,70	4,16	2,00	5,50	1,27	2,58	5,36	9,83	9,83	27,60	5,10	2,09	-1,51	-1,51
	4	2,70	2,70	2,00	2,24	1,27	1,59	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	1,33	1,54	0,11	0,11
	5	2,70	0,00	2,24	0,00	1,59	0,00	4,79	0,00	9,83	9,83	24,45	1,28	0,00	-0,64	-0,64
I	2	0,00	2,70	0,00	4,16	0,00	5,50	0,00	2,58	9,83	9,83	22,24	0,00	4,86	2,43	2,43
	3	2,70	2,70	4,16	2,00	5,50	1,27	2,58	5,36	9,83	9,83	27,60	5,10	2,09	-1,51	-1,51
	4	2,70	2,70	2,00	2,24	1,27	1,59	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	1,33	1,54	0,11	0,11
	5	2,70	0,00	2,24	0,00	1,59	0,00	4,79	0,00	9,83	9,83	24,45	1,28	0,00	-0,64	-0,64
RDC	2	0,00	7,20	0,00	4,16	0,00	14,66	0,00	2,58	9,83	7,16	19,57	0,00	12,73	7,36	5,36
	3	7,20	7,20	4,16	2,00	14,66	3,39	2,58	5,36	9,83	7,16	24,93	13,49	5,81	-4,44	-3,24
	4	7,20	7,20	2,00	2,24	3,39	4,25	5,36	4,79	9,83	7,16	27,14	3,56	4,10	0,31	0,23
	5	7,20	0,00	2,24	0,00	4,25	0,00	4,79	0,00	9,83	7,16	21,78	3,32	0,00	-1,92	-1,40

Tableau IV -14) : moment en travée et efforts tranchants du portique transversal (G-G) :

			sous G							sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
VIII	2_3	5,30	13,73	16,01	25,76	2,52	76,36	34,54	-38,22	1,85	2,16	3,47	2,52	10,29	4,66	-5,15
	3_4	2,60	13,73	18,74	10,11	1,54	23,29	21,17	-14,53	1,85	2,52	1,36	1,54	3,14	2,85	-1,96
	4_5	2,90	13,73	10,72	3,50	1,63	19,04	22,40	-17,42	1,85	1,45	0,47	1,63	2,56	3,02	-2,34
VII	2_3	5,30	18,23	26,96	33,09	2,59	98,86	47,15	-49,47	2,78	4,11	5,05	2,59	15,08	7,19	-7,54
	3_4	2,60	18,23	20,40	11,03	1,50	28,43	27,30	-20,10	2,78	3,11	1,68	1,50	4,33	4,16	-3,06
	4_5	2,90	18,23	12,02	6,46	1,56	26,76	28,35	-24,52	2,78	1,83	0,99	1,55	4,08	4,32	-3,74
VI	2_3	5,30	18,23	30,00	34,08	2,61	99,31	47,54	-49,08	2,78	4,57	5,20	2,61	15,15	7,25	-7,49
	3_4	2,60	18,23	18,39	9,90	1,48	27,22	26,96	-20,43	2,78	2,80	1,51	1,48	4,15	4,11	-3,12
	4_5	2,90	18,23	10,98	7,59	1,51	27,54	27,60	-25,26	2,78	1,67	1,16	1,51	4,20	4,21	-3,86
V	2_3	5,25	18,11	30,75	33,78	2,59	97,06	46,96	-48,12	2,74	4,65	5,11	2,59	14,69	7,10	-7,28
	3_4	2,55	18,11	16,67	9,41	1,43	25,97	25,94	-20,24	2,74	2,52	1,42	1,43	3,93	3,92	-3,06
	4_5	2,85	18,11	10,59	7,87	1,48	26,94	26,76	-24,85	2,74	1,60	1,19	1,48	4,08	4,05	-3,76
IV	2_3	5,25	18,11	30,75	33,78	2,59	97,06	46,96	-48,12	2,74	4,65	5,11	2,59	14,69	7,10	-7,28
	3_4	2,55	18,11	16,67	9,41	1,43	25,97	25,94	-20,24	2,74	2,52	1,42	1,43	3,93	3,92	-3,06
	4_5	2,85	18,11	10,59	7,87	1,48	26,94	26,76	-24,85	2,74	1,60	1,19	1,48	4,08	4,05	-3,76

Suite de tableaux 14 :

		sous G								sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	M _w	Me	X	M _t	T _w	Te	Q	M _w	Me	X	M _t	T _w	Te
III	2_3	5,25	18,11	32,28	34,44	2,60	97,48	47,13	-47,95	2,74	4,88	5,21	2,60	14,75	7,13	-7,26
	3_4	2,55	18,11	15,31	9,32	1,40	25,67	25,44	-20,74	2,74	2,32	1,41	1,41	3,88	3,85	-3,14
	4_5	2,85	18,11	10,67	8,51	1,47	27,46	26,56	-25,05	2,74	1,61	1,29	1,47	4,16	4,02	-3,79
II	2_3	5,20	17,99	32,38	33,99	2,58	95,26	46,46	-47,08	2,70	4,86	5,10	2,58	14,30	6,97	-7,07
	3_4	2,50	17,99	13,93	8,85	1,36	24,41	24,52	-20,46	2,70	2,09	1,33	1,36	3,66	3,68	-3,07
	4_5	2,80	17,99	10,27	8,54	1,43	26,65	25,80	-24,57	2,70	1,54	1,28	1,43	4,00	3,87	-3,69
I	2_3	5,20	17,99	32,38	33,99	2,58	95,26	46,46	-47,08	2,70	4,86	5,10	2,58	14,30	6,97	-7,07
	3_4	2,50	17,99	13,93	8,85	1,36	24,41	24,52	-20,46	2,70	2,09	1,33	1,36	3,66	3,68	-3,07
	4_5	2,80	17,99	10,27	8,54	1,43	26,65	25,80	-24,57	2,70	1,54	1,28	1,43	4,00	3,87	-3,69
RDC	2_3	5,20	20,39	36,04	38,21	2,58	107,75	52,60	-53,43	7,20	12,73	13,49	2,58	38,04	18,57	-18,87
	3_4	2,50	20,39	16,46	10,08	1,38	27,84	28,04	-22,94	7,20	5,81	3,56	1,38	9,83	9,90	-8,10
	4_5	2,80	20,39	11,61	9,39	1,44	29,98	29,34	-27,75	7,20	4,10	3,32	1,44	10,59	10,36	-9,80

Tableau IV -15) : Efforts normaux sous G et Q du portique transversal (G- G) :

			sous G				sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
VIII	2	6,89	0,00	34,54	41,43	41,43	0,00	4,66	4,66	4,66
	3	6,89	-38,22	21,17	66,28	66,28	-5,15	2,85	8,00	8,00
	4	6,89	-14,53	22,40	43,82	43,82	-1,96	3,02	4,98	4,98
	5	6,89	-17,42	0,00	24,31	24,31	-2,34	0,00	2,34	2,34
VII	2	6,89	0,00	47,15	54,04	95,47	0,00	7,19	7,19	11,85
	3	6,89	-49,47	27,30	83,66	149,94	-7,54	4,16	11,70	19,70
	4	6,89	-20,10	28,35	55,34	99,16	-3,06	4,32	7,38	12,36
	5	6,89	-24,52	0,00	31,41	55,72	-3,74	0,00	3,74	6,08
VI	2	6,89	0,00	47,54	54,43	149,90	0,00	7,25	7,25	19,10
	3	6,89	-49,08	26,96	82,93	232,87	-7,49	4,11	11,60	31,30
	4	6,89	-20,43	27,60	54,92	154,08	-3,12	4,21	7,33	19,69
	5	6,89	-25,26	0,00	32,15	87,87	-3,86	0,00	3,86	9,94
V	2	9,37	0,00	46,96	56,33	206,23	0,00	7,10	7,10	26,20
	3	9,37	-48,12	25,94	83,43	316,30	-7,28	3,92	11,20	42,50
	4	9,37	-20,24	26,76	56,37	210,45	-3,06	4,05	7,11	26,80
	5	9,37	-24,85	0,00	34,22	122,09	-3,76	0,00	3,76	13,70
IV	2	9,37	0,00	46,96	56,33	262,56	0,00	7,10	7,10	33,30
	3	9,37	-48,12	25,94	83,43	399,73	-7,28	3,92	11,20	53,70
	4	9,37	-20,24	26,76	56,37	266,82	-3,06	4,05	7,11	33,91
	5	9,37	-24,85	0,00	34,22	156,31	-3,76	0,00	3,76	17,46

Suite de tableaux 15 :

		sous G					sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
III	2	9,37	0,00	47,13	56,50	319,06	0,00	7,13	7,13	40,43
	3	9,37	-47,95	25,44	82,76	482,49	-7,26	3,85	11,11	64,81
	4	9,37	-20,74	26,56	56,67	323,49	-3,14	4,02	7,16	41,07
	5	9,37	-25,05	0,00	34,42	190,73	-3,79	0,00	3,79	21,25
II	2	12,24	0,00	46,46	58,70	377,76	0,00	6,97	6,97	47,40
	3	12,24	-47,08	24,52	83,84	566,33	-7,07	3,68	10,75	75,56
	4	12,24	-20,46	25,80	58,50	381,99	-3,07	3,87	6,94	48,01
	5	12,24	-24,57	0,00	36,81	227,54	-3,69	0,00	3,69	24,94
I	2	12,24	0,00	46,46	58,70	436,46	0,00	6,97	6,97	54,37
	3	12,24	-47,08	24,52	83,84	650,17	-7,07	3,68	10,75	86,31
	4	12,24	-20,46	25,80	58,50	440,49	-3,07	3,87	6,94	54,95
	5	12,24	-24,57	0,00	36,81	264,35	-3,69	0,00	3,69	28,63
RDC	2	16,32	0,00	52,60	68,92	505,38	0,00	18,57	18,57	72,94
	3	16,32	-53,43	28,04	97,79	747,96	-18,87	9,90	28,77	115,08
	4	16,32	-22,94	29,34	68,60	509,09	-8,10	10,36	18,46	73,41
	5	16,32	-27,75	0,00	44,07	308,42	-9,80	0,00	9,80	38,43

❖ Sens transversal:

Tableau IV -16 : caractéristiques géométriques du portique (F-F) :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3					
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X
VIII	1	1,30	4,1	0	2,71	1,04	3,28	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	10,31	3,27	0	3,11	16,69	0,8
	2	4,1	5,3	0	2,71	3,69	4,77	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	2,91	2,25	0	3,11	8,27	0,9
	3	5,3	2,6	0	2,71	4,24	2,08	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	2,53	5,15	0	3,11	10,79	0,8
	4	2,6	2,9	0	2,71	2,44	2,73	0	2,17	10,72	10,72	0	6,75	4,39	3,93	0	3,11	11,43	0,94
	5	2,9	0	0	2,71	2,32	0	0	2,17	10,72	0	0	6,75	4,62	0	0	3,11	7,73	0,8
VII	1	1,30	4,1	2,71	2,71	1,04	3,28	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	10,31	3,27	2,77	3,11	19,46	0,8
	2	4,1	5,3	2,71	2,71	3,28	4,24	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	3,27	2,53	2,77	3,11	11,68	0,8
	3	5,3	2,6	2,71	2,71	4,24	2,08	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	2,53	5,15	2,77	3,11	13,56	0,8
	4	2,6	2,9	2,71	2,71	2,26	2,52	2,44	2,17	10,72	10,72	6,75	6,75	4,74	4,25	2,77	3,11	14,87	0,87
	5	2,9	0	2,71	2,71	2,32	0	2,44	2,17	10,72	0	6,75	6,75	4,62	0	2,77	3,11	10,5	0,8
VI	1	1,30	4,1	2,71	2,71	1,04	3,28	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	10,31	3,27	3,11	5,76	22,45	0,8
	2	4,1	5,3	2,71	2,71	3,28	4,24	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	3,27	2,53	3,11	5,76	14,67	0,8
	3	5,3	2,6	2,71	2,71	4,24	2,08	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	2,53	5,15	3,11	5,76	16,55	0,8
	4	2,6	2,9	2,71	2,71	2,13	2,38	2,17	2,17	10,72	10,72	6,75	12,5	5,03	4,5	3,11	5,76	18,4	0,82
	5	2,9	0	2,71	2,71	2,32	0	2,17	2,17	10,72	0	6,75	12,5	4,62	0	3,11	5,76	13,49	0,8
V	1	1,3	4,05	2,71	2,71	1,04	3,24	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	10,31	3,31	5,76	5,76	25,35	0,8
	2	4,05	5,25	2,71	2,71	3,24	4,2	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	3,31	2,55	5,76	5,76	17,38	0,8
	3	5,25	2,55	2,71	2,71	4,2	2,04	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	2,55	5,25	5,76	5,76	19,32	0,8
	4	2,55	2,85	2,71	2,71	2,04	2,28	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	5,25	4,7	5,76	5,76	21,47	0,8
	5	2,85	0	2,71	2,71	2,28	0	2,17	2,17	10,72	0	12,5	12,5	4,7	0	5,76	5,76	16,22	0,8

Suite de tableaux 16 :

Unité		M								10^{-4} m^4				10^{-4} m^3					
niveau	nœud	lw	le	hn	hs	l'w	l'e	h'n	h's	lw	le	ln	ls	Kw	Ke	Kn	Ks	D	X
IV	1	1,3	4,05	2,71	2,71	1,04	3,24	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	10,31	3,31	5,76	5,76	25,35	0,8
	2	4,05	5,25	2,71	2,71	3,24	4,2	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	3,31	2,55	5,76	5,76	17,38	0,8
	3	5,25	2,55	2,71	2,71	4,2	2,04	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	2,55	5,25	5,76	5,76	19,32	0,8
	4	2,55	2,85	2,71	2,71	2,04	2,28	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	12,5	5,25	4,7	5,76	5,76	21,47	0,8
	5	2,85	0	2,71	2,71	2,28	0	2,17	2,17	10,72	0	12,5	12,5	4,7	0	5,76	5,76	16,22	0,8
III	1	1,3	4,05	2,71	2,71	1,04	3,24	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	10,31	3,31	5,76	9,83	29,21	0,8
	2	4,05	5,25	2,71	2,71	3,24	4,2	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	3,31	2,55	5,76	9,83	21,45	0,8
	3	5,25	2,55	2,71	2,71	4,2	2,04	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	2,55	5,25	5,76	9,83	23,39	0,8
	4	2,55	2,85	2,71	2,71	2,04	2,28	2,17	2,17	10,72	10,72	12,5	21,33	5,25	4,7	5,76	9,83	25,54	0,8
	5	2,85	0	2,71	2,71	2,28	0	2,17	2,17	10,72	0	12,5	21,33	4,7	0	5,76	9,83	20,29	0,8
II	1	1,3	4	2,71	2,71	1,04	3,2	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	10,31	3,35	9,83	9,83	33,32	0,8
	2	4	5,2	2,71	2,71	3,2	4,16	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	3,35	2,58	9,83	9,83	25,59	0,8
	3	5,2	2,5	2,71	2,71	4,16	2	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	2,58	5,36	9,83	9,83	27,6	0,8
	4	2,5	2,8	2,71	2,71	2	2,24	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	0,8
	5	2,8	0	2,71	2,71	2,24	0	2,17	2,17	10,72	0	21,33	21,33	4,79	0	9,83	9,83	24,45	0,8
I	1	1,3	4	2,71	2,71	1,04	3,2	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	10,31	3,35	9,83	9,83	33,32	0,8
	2	4	5,2	2,71	2,71	3,2	4,16	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	3,35	2,58	9,83	9,83	25,59	0,8
	3	5,2	2,5	2,71	2,71	4,16	2	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	2,58	5,36	9,83	9,83	27,6	0,8
	4	2,5	2,8	2,71	2,71	2	2,24	2,17	2,17	10,72	10,72	21,33	21,33	5,36	4,79	9,83	9,83	29,81	0,8
	5	2,8	0	2,71	2,71	2,24	0	2,17	2,17	10,72	0	21,33	21,33	4,79	0	9,83	9,83	24,45	0,8
RDC	1	1,3	4	2,71	3,73	1,04	3,2	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	10,31	3,35	9,83	7,16	30,65	0,8
	2	4	5,2	2,71	3,73	3,2	4,16	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	3,35	2,58	9,83	7,16	22,92	0,8
	3	5,2	2,5	2,71	3,73	4,16	2	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	2,58	5,36	9,83	7,16	24,93	0,8
	4	2,5	2,8	2,71	3,73	2	2,24	2,17	2,98	10,72	10,72	21,33	21,33	5,36	4,79	9,83	7,16	27,14	0,8
	5	2,8	0	2,71	3,73	2,24	0	2,17	2,98	10,72	0	21,33	21,33	4,79	0	9,83	7,16	21,78	0,8

Tableau IV -17 : Calcul des moments aux droits des nœuds sous G du portique (F-F) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10					KNm			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	1	11,89	37,51	1,04	3,28	1,51	47,48	10,31	3,27	0,00	2,49	16,07	31,00	38,12	0,00	7,12
	2	37,51	25,62	3,69	4,77	60,09	68,58	2,91	2,25	0,00	2,49	7,65	63,32	66,08	0,00	2,76
	3	25,62	25,62	4,24	2,08	54,19	13,04	2,53	5,15	0,00	2,49	10,17	43,95	33,88	0,00	-10,07
	4	25,62	25,62	2,44	2,73	17,94	22,46	4,39	3,93	0,00	2,49	10,81	19,78	20,82	0,00	1,04
	5	25,62	0,00	2,32	0,00	16,22	0,00	4,62	0,00	0,00	2,49	7,11	5,68	0,00	0,00	-5,68
VII	1	12,92	34,80	1,04	3,28	1,64	44,05	10,31	3,27	2,49	2,49	18,56	25,20	36,58	5,69	5,69
	2	34,80	21,88	3,28	4,24	44,05	46,28	3,27	2,53	2,49	2,49	10,78	44,72	45,75	0,52	0,52
	3	21,88	21,88	4,24	2,08	46,28	11,14	2,53	5,15	2,49	2,49	12,66	39,25	25,43	-6,91	-6,91
	4	21,88	21,88	2,26	2,52	13,15	16,35	4,74	4,25	2,49	2,49	13,97	14,23	15,37	0,57	0,57
	5	21,88	0,00	2,32	0,00	13,85	0,00	4,62	0,00	2,49	2,49	9,60	7,19	0,00	-3,59	-3,59
VI	1	12,92	34,80	1,04	3,28	1,64	44,05	10,31	3,27	2,49	4,61	20,68	22,78	37,34	5,11	9,45
	2	34,80	21,88	3,28	4,24	44,05	46,28	3,27	2,53	2,49	4,61	12,90	44,61	45,84	0,43	0,80
	3	21,88	21,88	4,24	2,08	46,28	11,14	2,53	5,15	2,49	4,61	14,78	40,26	23,38	-5,92	-10,96
	4	21,88	21,88	2,13	2,38	11,68	14,58	5,03	4,50	2,49	4,61	16,63	12,56	13,80	0,43	0,80
	5	21,88	0,00	2,32	0,00	13,85	0,00	4,62	0,00	2,49	4,61	11,72	8,39	0,00	-2,94	-5,45
V	1	9,80	31,43	1,04	3,24	1,25	38,82	10,31	3,31	4,61	4,61	22,84	18,21	33,37	7,58	7,58
	2	31,43	21,63	3,24	4,20	38,82	44,89	3,31	2,55	4,61	4,61	15,08	40,15	43,86	1,86	1,86
	3	21,63	21,63	4,20	2,04	44,89	10,59	2,55	5,25	4,61	4,61	17,02	39,75	21,17	-9,29	-9,29
	4	21,63	21,63	2,04	2,28	10,59	13,23	5,25	4,70	4,61	4,61	19,17	11,31	12,58	0,63	0,63
	5	21,63	0,00	2,28	0,00	13,23	0,00	4,70	0,00	4,61	4,61	13,92	8,76	0,00	-4,38	-4,38

Suite de tableaux 17 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10					KNm			
		G'w	G'e	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
IV	1	9,80	31,43	1,04	3,24	1,25	38,82	10,31	3,31	4,61	4,61	22,84	18,21	33,37	7,58	7,58
	2	31,43	21,63	3,24	4,20	38,82	44,89	3,31	2,55	4,61	4,61	15,08	40,15	43,86	1,86	1,86
	3	21,63	21,63	4,20	2,04	44,89	10,59	2,55	5,25	4,61	4,61	17,02	39,75	21,17	-9,29	-9,29
	4	21,63	21,63	2,04	2,28	10,59	13,23	5,25	4,70	4,61	4,61	19,17	11,31	12,58	0,63	0,63
	5	21,63	0,00	2,28	0,00	13,23	0,00	4,70	0,00	4,61	4,61	13,92	8,76	0,00	-4,38	-4,38
III	1	9,80	31,43	1,04	3,24	1,25	38,82	10,31	3,31	4,61	7,87	26,10	16,09	34,05	6,64	11,33
	2	31,43	21,63	3,24	4,20	38,82	44,89	3,31	2,55	4,61	7,87	18,34	39,91	44,04	1,53	2,61
	3	21,63	21,63	4,20	2,04	44,89	10,59	2,55	5,25	4,61	7,87	20,28	40,58	19,47	-7,80	-13,31
	4	21,63	21,63	2,04	2,28	10,59	13,23	5,25	4,70	4,61	7,87	22,43	11,21	12,68	0,54	0,93
	5	21,63	0,00	2,28	0,00	13,23	0,00	4,70	0,00	4,61	7,87	17,18	9,61	0,00	-3,55	-6,06
II	1	9,68	31,07	1,04	3,20	1,23	37,43	10,31	3,35	7,87	7,87	29,40	13,93	33,31	9,69	9,69
	2	31,07	21,39	3,20	4,16	37,43	43,55	3,35	2,58	7,87	7,87	21,67	38,38	42,82	2,22	2,22
	3	21,39	21,39	4,16	2,00	43,55	10,07	2,58	5,36	7,87	7,87	23,68	39,90	17,64	-11,13	-11,13
	4	21,39	21,39	2,00	2,24	10,07	12,63	5,36	4,79	7,87	7,87	25,89	10,60	12,15	0,78	0,78
	5	21,39	0,00	2,24	0,00	12,63	0,00	4,79	0,00	7,87	7,87	20,53	9,68	0,00	-4,84	-4,84
I	1	9,68	31,07	1,04	3,20	1,23	37,43	10,31	3,35	7,87	7,87	29,40	13,93	33,31	9,69	9,69
	2	31,07	21,39	3,20	4,16	37,43	43,55	3,35	2,58	7,87	7,87	21,67	38,38	42,82	2,22	2,22
	3	21,39	21,39	4,16	2,00	43,55	10,07	2,58	5,36	7,87	7,87	23,68	39,90	17,64	-11,13	-11,13
	4	21,39	21,39	2,00	2,24	10,07	12,63	5,36	4,79	7,87	7,87	25,89	10,60	12,15	0,78	0,78
	5	21,39	0,00	2,24	0,00	12,63	0,00	4,79	0,00	7,87	7,87	20,53	9,68	0,00	-4,84	-4,84
RDC	1	0,00	21,39	1,04	3,20	0,00	25,77	10,31	3,35	7,87	5,72	27,25	9,75	22,60	7,44	5,41
	2	21,39	21,39	3,20	4,16	25,77	43,55	3,35	2,58	7,87	5,72	19,52	28,82	41,20	7,17	5,21
	3	21,39	21,39	4,16	2,00	43,55	10,07	2,58	5,36	7,87	5,72	21,53	39,54	18,40	-12,24	-8,90
	4	21,39	21,39	2,00	2,24	10,07	12,63	5,36	4,79	7,87	5,72	23,74	10,64	12,11	0,85	0,62
	5	21,39	0,00	2,24	0,00	12,63	0,00	4,79	0,00	7,87	5,72	18,38	9,34	0,00	-5,41	-3,93

Tableau IV 18 : calcul des moments aux droits des nœuds sous Q du portique (F-F) :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10,00					KNm			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
VIII	1	2,05	5,95	1,04	3,28	0,26	7,53	10,31	3,27	0,00	2,49	16,07	4,93	6,05	0,00	1,13
	2	5,95	3,90	3,69	4,77	9,53	10,44	2,91	2,25	0,00	2,49	7,65	9,88	10,17	0,00	0,30
	3	3,90	3,90	4,24	2,08	8,25	1,99	2,53	5,15	0,00	2,49	10,17	6,69	5,16	0,00	-1,53
	4	3,90	3,90	2,44	2,73	2,73	3,42	4,39	3,93	0,00	2,49	10,81	3,01	3,17	0,00	0,16
	5	3,90	0,00	2,32	0,00	2,47	0,00	4,62	0,00	0,00	2,49	7,11	0,86	0,00	0,00	-0,86
VII	1	3,08	8,93	1,04	3,28	0,39	11,30	10,31	3,27	2,49	2,49	18,56	6,45	9,38	1,46	1,46
	2	8,93	5,85	3,28	4,24	11,30	12,37	3,27	2,53	2,49	2,49	10,78	11,63	12,12	0,25	0,25
	3	5,85	5,85	4,24	2,08	12,37	2,98	2,53	5,15	2,49	2,49	12,66	10,50	6,80	-1,85	-1,85
	4	5,85	5,85	2,26	2,52	3,52	4,37	4,74	4,25	2,49	2,49	13,97	3,81	4,11	0,15	0,15
	5	5,85	0,00	2,32	0,00	3,70	0,00	4,62	0,00	2,49	2,49	9,60	1,92	0,00	-0,96	-0,96
VI	1	3,08	8,93	1,04	3,28	0,39	11,30	10,31	3,27	2,49	4,61	20,68	5,83	9,58	1,31	2,43
	2	8,93	5,85	3,28	4,24	11,30	12,37	3,27	2,53	2,49	4,61	12,90	11,57	12,16	0,21	0,38
	3	5,85	5,85	4,24	2,08	12,37	2,98	2,53	5,15	2,49	4,61	14,78	10,76	6,25	-1,58	-2,93
	4	5,85	5,85	2,13	2,38	3,12	3,90	5,03	4,50	2,49	4,61	16,63	3,36	3,69	0,12	0,22
	5	5,85	0,00	2,32	0,00	3,70	0,00	4,62	0,00	2,49	4,61	11,72	2,24	0,00	-0,79	-1,46
V	1	3,04	8,82	1,04	3,24	0,39	10,89	10,31	3,31	4,61	4,61	22,84	5,13	9,37	2,12	2,12
	2	8,82	5,78	3,24	4,20	10,89	12,00	3,31	2,55	4,61	4,61	15,08	11,13	11,81	0,34	0,34
	3	5,78	5,78	4,20	2,04	12,00	2,83	2,55	5,25	4,61	4,61	17,02	10,62	5,66	-2,48	-2,48
	4	5,78	5,78	2,04	2,28	2,83	3,53	5,25	4,70	4,61	4,61	19,17	3,02	3,36	0,17	0,17
	5	5,78	0,00	2,28	0,00	3,53	0,00	4,70	0,00	4,61	4,61	13,92	2,34	0,00	-1,17	-1,17

Suite de tableaux 18 :

Niveau	Nœuds	KN		m		KNm		10,00					KNm			
		Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
IV	1	3,04	8,82	1,04	3,24	0,39	10,89	10,31	3,31	4,61	4,61	22,84	5,13	9,37	2,12	2,12
	2	8,82	5,78	3,24	4,20	10,89	12,00	3,31	2,55	4,61	4,61	15,08	11,13	11,81	0,34	0,34
	3	5,78	5,78	4,20	2,04	12,00	2,83	2,55	5,25	4,61	4,61	17,02	10,62	5,66	-2,48	-2,48
	4	5,78	5,78	2,04	2,28	2,83	3,53	5,25	4,70	4,61	4,61	19,17	3,02	3,36	0,17	0,17
	5	5,78	0,00	2,28	0,00	3,53	0,00	4,70	0,00	4,61	4,61	13,92	2,34	0,00	-1,17	-1,17
III	1	3,04	8,82	1,04	3,24	0,39	10,89	10,31	3,31	4,61	7,87	26,10	4,54	9,56	1,86	3,17
	2	8,82	5,78	3,24	4,20	10,89	12,00	3,31	2,55	4,61	7,87	18,34	11,09	11,84	0,28	0,47
	3	5,78	5,78	4,20	2,04	12,00	2,83	2,55	5,25	4,61	7,87	20,28	10,84	5,20	-2,08	-3,56
	4	5,78	5,78	2,04	2,28	2,83	3,53	5,25	4,70	4,61	7,87	22,43	2,99	3,39	0,14	0,25
	5	5,78	0,00	2,28	0,00	3,53	0,00	4,70	0,00	4,61	7,87	17,18	2,57	0,00	-0,95	-1,62
II	1	3,00	8,70	1,04	3,20	0,38	10,48	10,31	3,35	7,87	7,87	29,40	3,92	9,33	2,70	2,70
	2	8,70	5,70	3,20	4,16	10,48	11,60	3,35	2,58	7,87	7,87	21,67	10,65	11,47	0,41	0,41
	3	5,70	5,70	4,16	2,00	11,60	2,68	2,58	5,36	7,87	7,87	23,68	10,63	4,70	-2,97	-2,97
	4	5,70	5,70	2,00	2,24	2,68	3,36	5,36	4,79	7,87	7,87	25,89	2,82	3,24	0,21	0,21
	5	5,70	0,00	2,24	0,00	3,36	0,00	4,79	0,00	7,87	7,87	20,53	2,58	0,00	-1,29	-1,29
I	1	3,00	8,70	1,04	3,20	0,38	10,48	10,31	3,35	7,87	7,87	29,40	3,92	9,33	2,70	2,70
	2	8,70	5,70	3,20	4,16	10,48	11,60	3,35	2,58	7,87	7,87	21,67	10,65	11,47	0,41	0,41
	3	5,70	5,70	4,16	2,00	11,60	2,68	2,58	5,36	7,87	7,87	23,68	10,63	4,70	-2,97	-2,97
	4	5,70	5,70	2,00	2,24	2,68	3,36	5,36	4,79	7,87	7,87	25,89	2,82	3,24	0,21	0,21
	5	5,70	0,00	2,24	0,00	3,36	0,00	4,79	0,00	7,87	7,87	20,53	2,58	0,00	-1,29	-1,29
RDC	1	0,00	15,20	1,04	3,20	0,00	18,31	10,31	3,35	7,87	5,72	27,25	6,93	16,06	5,29	3,84
	2	15,20	15,20	3,20	4,16	18,31	30,95	3,35	2,58	7,87	5,72	19,52	20,48	29,28	5,09	3,70
	3	15,20	15,20	4,16	2,00	30,95	7,15	2,58	5,36	7,87	5,72	21,53	28,10	13,08	-8,70	-6,32
	4	15,20	15,20	2,00	2,24	7,15	8,97	5,36	4,79	7,87	5,72	23,74	7,56	8,61	0,60	0,44
	5	15,20	0,00	2,24	0,00	8,97	0,00	4,79	0,00	7,87	5,72	18,38	6,63	0,00	-3,84	-2,79

Tableau IV -19) : moment en travée et efforts tranchants du portique transversal (F-F) :

			sous G							sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
VIII	console	1,30	11,89	0,00	31,00	-1,36	-42,41	-16,12	-31,57	2,05	0,00	4,93	-1,20	-6,03	-2,46	-5,12
	1_2	4,10	37,51	38,12	63,32	1,89	140,20	70,75	-83,04	5,95	6,05	9,88	1,89	22,10	11,26	-13,13
	2_3	5,30	25,62	66,08	43,95	2,81	124,57	72,07	-63,72	3,90	10,17	6,69	2,82	18,90	10,99	-9,68
	3_4	2,60	25,62	33,88	19,78	1,51	44,30	38,73	-27,88	3,90	5,16	3,01	1,51	6,74	5,90	-4,24
	4_5	2,90	25,62	20,82	5,68	1,65	34,70	42,37	-31,93	3,90	3,17	0,86	1,65	5,28	6,45	-4,86
VII	console	1,30	12,92	0,00	25,20	-0,85	-22,53	-10,99	-27,78	3,08	0,00	6,45	-0,96	-6,44	-2,96	-6,96
	1_2	4,10	34,80	36,58	44,72	1,99	117,76	69,35	-73,33	8,93	9,38	11,63	1,99	30,36	17,76	-18,86
	2_3	5,30	21,88	45,75	39,25	2,71	113,75	59,21	-56,76	5,85	12,12	10,5	2,70	30,46	15,81	-15,20
	3_4	2,60	21,88	25,43	14,23	1,50	35,11	32,75	-24,14	5,85	6,8	3,81	1,50	9,39	8,76	-6,46
	4_5	2,90	21,88	15,37	7,19	1,58	31,73	34,55	-28,91	5,85	4,11	1,92	1,58	8,48	9,24	-7,73
VI	console	1,30	12,92	0,00	22,78	-0,71	-17,20	-9,13	-25,92	3,08	0,00	5,83	-0,81	-4,96	-2,48	-6,49
	1_2	4,10	34,80	37,34	44,61	2,00	117,68	69,57	-73,11	8,93	9,58	11,57	2,00	30,32	17,82	-18,79
	2_3	5,30	21,88	45,84	40,26	2,70	115,11	59,03	-56,93	5,85	12,16	10,76	2,70	30,81	15,77	-15,24
	3_4	2,60	21,88	23,38	12,56	1,49	33,41	32,61	-24,28	5,85	6,25	3,36	1,49	8,93	8,72	-6,49
	4_5	2,90	21,88	13,8	8,39	1,54	32,57	33,59	-29,86	5,85	3,69	2,24	1,54	8,71	8,98	-7,98
V	console	1,30	9,80	0,00	18,21	-0,78	-15,04	-7,64	-20,38	3,04	0,00	5,13	-0,65	-3,58	-1,97	-5,92
	1_2	4,05	31,43	33,37	40,15	1,97	104,45	61,97	-65,32	8,82	9,37	11,13	1,98	29,18	17,43	-18,30
	2_3	5,25	21,63	43,86	39,75	2,66	112,90	57,56	-56,00	5,78	11,81	10,62	2,66	30,13	15,40	-14,95
	3_4	2,55	21,63	21,17	11,31	1,45	31,24	31,44	-23,71	5,78	5,66	3,02	1,45	8,35	8,40	-6,33
	4_5	2,85	21,63	12,58	8,76	1,49	31,66	32,16	-29,48	5,78	3,36	2,34	1,49	8,46	8,59	-7,88

Suite de tableaux 19 :

			sous G							sous Q						
unité		m	KN/m	KN.m		m	KN.m	KN		KN/m	KN.m		m	KN.m	KN	
Niveau	Travée	L	G	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te	Q	Mw	Me	X	Mt	Tw	Te
IV	console	1,30	9,80	0,00	18,21	-0,78	-15,04	-7,64	-20,38	3,04	0,00	5,13	-0,65	-3,58	-1,97	-5,92
	1_2	4,05	31,43	33,37	40,15	1,97	104,45	61,97	-65,32	8,82	9,37	11,13	1,98	29,18	17,43	-18,30
	2_3	5,25	21,63	43,86	39,75	2,66	112,90	57,56	-56,00	5,78	11,81	10,62	2,66	30,13	15,40	-14,95
	3_4	2,55	21,63	21,17	11,31	1,45	31,24	31,44	-23,71	5,78	5,66	3,02	1,45	8,35	8,40	-6,33
	4_5	2,85	21,63	12,58	8,76	1,49	31,66	32,16	-29,48	5,78	3,36	2,34	1,49	8,46	8,59	-7,88
III	console	1,30	9,80	0,00	16,09	-0,61	-10,68	-6,01	-18,75	3,04	0,00	4,54	-0,50	-2,50	-1,52	-5,47
	1_2	4,05	31,43	34,05	39,91	1,98	104,26	62,20	-65,09	8,82	9,56	11,09	1,98	29,15	17,48	-18,24
	2_3	5,25	21,63	44,04	40,58	2,66	113,96	57,44	-56,12	5,78	11,84	10,84	2,66	30,42	15,36	-14,98
	3_4	2,55	21,63	19,47	11,21	1,42	30,92	30,82	-24,34	5,78	5,2	2,99	1,42	8,26	8,24	-6,50
	4_5	2,85	21,63	12,68	9,61	1,47	32,35	31,90	-29,75	5,78	3,39	2,57	1,47	8,65	8,52	-7,95
II	console	1,30	9,68	0,00	13,93	-0,46	-7,07	-4,42	-17,01	3,00	0,00	3,92	-0,36	-1,58	-1,07	-4,97
	1_2	4,00	31,07	33,31	38,38	1,96	100,39	60,87	-63,41	8,70	9,33	10,65	1,96	28,02	17,07	-17,73
	2_3	5,20	21,39	42,82	39,90	2,63	111,28	56,18	-55,05	5,70	11,47	10,63	2,63	29,63	14,98	-14,66
	3_4	2,50	21,39	17,64	10,60	1,38	29,30	29,55	-23,92	5,70	4,7	2,82	1,38	7,80	7,88	-6,37
	4_5	2,80	21,39	12,15	9,68	1,44	31,31	30,83	-29,06	5,70	3,24	2,58	1,44	8,35	8,22	-7,74
I	console	1,30	9,68	0,00	13,93	-0,46	-7,07	-4,42	-17,01	3,00	0,00	3,92	-0,36	-1,58	-1,07	-4,97
	1_2	4,00	31,07	33,31	38,38	1,96	100,39	60,87	-63,41	8,70	9,33	10,65	1,96	28,02	17,07	-17,73
	2_3	5,20	21,39	42,82	39,90	2,63	111,28	56,18	-55,05	5,70	11,47	10,63	2,63	29,63	14,98	-14,66
	3_4	2,50	21,39	17,64	10,60	1,38	29,30	29,55	-23,92	5,70	4,7	2,82	1,38	7,80	7,88	-6,37
	4_5	2,80	21,39	12,15	9,68	1,44	31,31	30,83	-29,06	5,70	3,24	2,58	1,44	8,35	8,22	-7,74
RDC	console	0,00	0,00	0,00	9,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,93	0,00	0,00	0,00	0,00
	1_2	4,00	21,39	22,6	28,82	1,93	71,32	41,23	-44,34	15,20	16,06	20,48	1,93	50,68	29,30	-31,51
	2_3	5,20	21,39	41,2	39,54	2,61	111,33	55,93	-55,29	15,20	29,28	28,1	2,61	79,11	39,75	-39,29
	3_4	2,50	21,39	18,4	10,64	1,40	29,47	29,84	-23,63	15,20	13,08	7,56	1,40	20,94	21,21	-16,79
	4_5	2,80	21,39	12,11	9,34	1,45	31,05	30,94	-28,96	15,20	8,61	6,63	1,45	22,06	21,99	-20,57

Tableau IV -20) : Efforts normaux sous G et Q du portique transversal (F- F) :

			sous G				sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
VIII	1	6,89	-31,57	70,75	109,21	109,21	-5,12	11,26	16,38	16,38
	2	6,89	-83,04	72,07	162,00	162,00	-13,13	10,99	24,12	24,12
	3	6,89	-63,72	38,73	109,34	109,34	-9,68	5,9	15,58	15,58
	4	6,89	-27,88	42,37	77,14	77,14	-4,24	6,45	10,69	10,69
	5	6,89	-31,93	0	38,82	38,82	-4,86	0,00	4,86	4,86
VII	1	6,89	-27,78	69,35	104,02	213,23	-6,96	17,76	24,72	41,10
	2	6,89	-73,33	59,21	139,43	301,43	-18,86	15,81	34,67	58,79
	3	6,89	-56,76	32,75	96,40	205,74	-15,2	8,76	23,96	39,54
	4	6,89	-24,14	34,55	65,58	142,72	-6,46	9,24	15,70	26,39
	5	6,89	-28,91	0,00	35,80	74,62	-7,73	0,00	7,73	12,59
VI	1	6,89	-25,92	69,57	102,38	315,61	-6,49	17,82	24,31	65,41
	2	6,89	-73,11	59,03	139,03	440,46	-18,79	15,77	34,56	93,35
	3	6,89	-56,93	32,61	96,43	302,17	-15,24	8,72	23,96	63,50
	4	6,89	-24,28	33,59	64,76	207,48	-6,49	8,98	15,47	41,86
	5	6,89	-29,86	0,00	36,75	111,37	-7,98	0,00	7,98	20,57
V	1	9,37	-20,38	61,97	91,72	407,33	-5,92	17,43	23,35	88,76
	2	9,37	-65,32	57,56	132,25	572,71	-18,3	15,4	33,70	127,05
	3	9,37	-56	31,44	96,81	398,98	-14,95	8,4	23,35	86,85
	4	9,37	-23,71	32,16	65,24	272,72	-6,33	8,59	14,92	56,78
	5	9,37	-29,48	0,00	38,85	150,22	-7,88	0,00	7,88	28,45

Suite de tableaux 20 :

		sous G					sous Q			
unité		KN	KN				KN			
NIV	poteau	pdspot	Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
IV	1	9,37	-20,38	61,97	91,72	499,05	-5,92	17,43	23,35	112,11
	2	9,37	-65,32	57,56	132,25	704,96	-18,3	15,4	33,70	160,75
	3	9,37	-56	31,44	96,81	495,79	-14,95	8,4	23,35	110,20
	4	9,37	-23,71	32,16	65,24	337,96	-6,33	8,59	14,92	71,70
	5	9,37	-29,48	0,00	38,85	189,07	-7,88	0,00	7,88	36,33
III	1	9,37	-18,75	62,2	90,32	589,37	-5,47	17,48	22,95	135,06
	2	9,37	-65,09	57,44	131,90	836,86	-18,24	15,36	33,60	194,35
	3	9,37	-56,12	30,82	96,31	592,10	-14,98	8,24	23,22	133,42
	4	9,37	-24,34	31,9	65,61	403,57	-6,5	8,52	15,02	86,72
	5	9,37	-29,75	0,00	39,12	228,19	-7,95	0,00	7,95	44,28
II	1	12,24	-17,01	60,87	90,12	679,49	-4,97	17,07	22,04	157,10
	2	12,24	-63,41	56,18	131,83	968,69	-17,73	14,98	32,71	227,06
	3	12,24	-55,05	29,55	96,84	688,94	-14,66	7,88	22,54	155,96
	4	12,24	-23,92	30,83	66,99	470,56	-6,37	8,22	14,59	101,31
	5	12,24	-29,06	0,00	41,30	269,49	-7,74	0,00	7,74	52,02
I	1	12,24	-17,01	60,87	90,12	769,61	-4,97	17,07	22,04	179,14
	2	12,24	-63,41	56,18	131,83	1100,52	-17,73	14,98	32,71	259,77
	3	12,24	-55,05	29,55	96,84	785,78	-14,66	7,88	22,54	178,50
	4	12,24	-23,92	30,83	66,99	537,55	-6,37	8,22	14,59	115,90
	5	12,24	-29,06	0,00	41,30	310,79	-7,74	0,00	7,74	59,76
RDC	1	16,32	0	41,23	57,55	827,16	0	29,3	29,30	208,44
	2	16,32	-44,34	55,93	116,59	1217,11	-31,51	39,75	71,26	331,03
	3	16,32	-55,29	29,84	101,45	887,23	-39,29	21,21	60,50	239,00
	4	16,32	-23,63	30,94	70,89	608,44	-16,79	21,99	38,78	154,68
	5	16,32	-28,96	0,00	45,28	356,07	-20,57	0,00	20,57	80,33

Chapitre V

Etude de contreventement

V) caractéristiques géométriques de la structure :**V -1)Introduction :**

L'étude du contreventement est une étape importante et décisive dans l'étude de tout bâtiment. Le contreventement d'une structure est constitué de l'ensemble des éléments verticaux destinés à assurer la stabilité de la construction sous n'importe quelle sollicitation (séisme, charges verticales).

La présente étude a pour but de déterminer les éléments de contreventement de la structure et leurs caractéristiques géométriques afin d'assurer une sécurité suffisante sous l'action des charges horizontales.

V-2) Calcul des rigidités au niveau des portiques :**V-2-1) Présentation de la méthode :**

La méthode utilisée est la méthode de MUTO, celle-ci permet d'analyser une structure constituée de portiques sollicités par des efforts horizontaux. Elle est basée sur les rigidités du niveau d'étage dont MUTO propose des formules approchées.

Cette méthode permet de distribuer les efforts tranchant dans les niveaux correspondants et sur les différents portiques, et de déduire les différentes sollicitations.

- Hypothèses de calcul :

- Les charges ou les masses sont considérées concentrées au niveau du plancher.
- Les diagrammes de répartition des charges en élévation doivent être :
 - Rectangulaire pour le vent.
 - Triangulaire pour le séisme.
- La raideur des poutres ne doit pas être faible devant celle des poteaux.
- La raideur des travées adjacentes d'une même portée ne doit pas être trop différente.

V-2-2) Etape de calcul :**a) Calcul des rigidités linéaires des poteaux et des poutres :**

$$\text{Rigidité linéaire d'un poteau} \quad K_p = \frac{I_p}{h_c}$$

$$\text{Rigidité linéaire d'une poutre} \quad K_i = \frac{I}{L_c}$$

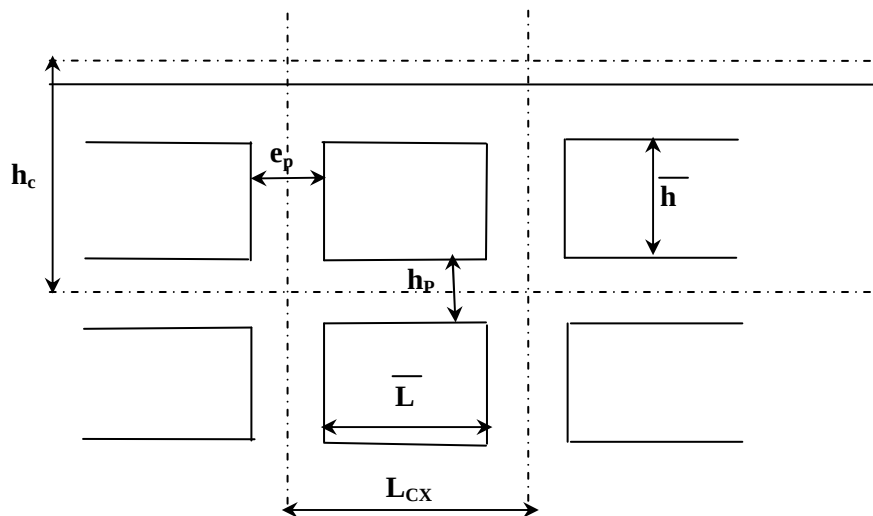


Fig 5.1 : Identification des paramètres

Avec :

I : inertie de l'élément,

h_c , L_c : hauteur et longueur de calcul,

$$h_c = \bar{h} + \frac{1}{2} \cdot e_{\text{poteau}} \quad ; \quad L_c = \bar{L} + \frac{1}{2} \cdot h_{\text{poutre}}$$

$\bar{h}$: hauteur de la poutre entre nus des poutres,

$\bar{L}$: Longueur de la poutre entre nus des appuis,

h : hauteur entre nu d'appuis (poutres),

h_0 : hauteur des poteaux entre axe des poutres,

h_p : hauteur de la poutre,

e_p : largeur des poteaux,

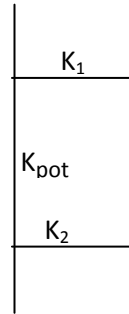
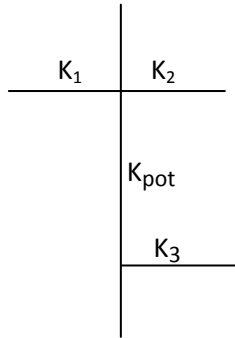
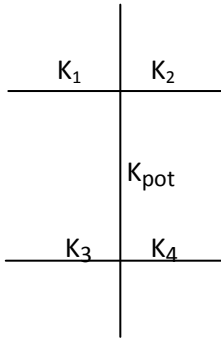
L_0 : longueur de la poutre entre axe des poteaux,

K : rigidité linéaire (poutre, poteau).

b) Calcul des coefficients $\overline{K}$ relatifs aux portiques :

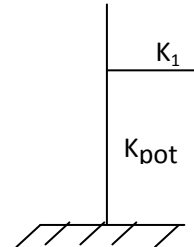
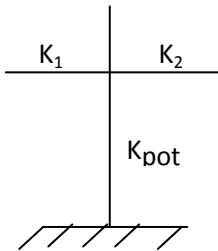
• Cas d'étage courant :

En général :
$$\overline{K} = \frac{\sum K_i \text{ sup} + \sum K_i \text{ inf}}{2 \cdot K_{\text{pot}}}$$



$$\overline{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{2 \cdot K_{\text{pot}}} \quad \overline{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{2 \cdot K_{\text{pot}}} \quad \overline{K} = \frac{K_1 + K_2}{2 \cdot K_{\text{pot}}}$$

• Cas de RDC :



$$\overline{K} = \frac{K_1 + K_2}{K_{\text{pot}}} \quad \overline{K} = \frac{K_1}{K_{\text{pot}}}$$

c) Calcul des coefficients des rigidités des poteaux « a_{ij} » :

- Cas d'étage courant et du niveau terrasse :

$$a = \frac{\overline{K}}{2 + \overline{K}}$$

- Cas du RDC :

$$\text{Poteau encastré à la base} \quad a = \frac{0,5 + \overline{K}}{2 + \overline{K}}$$

$$\text{Poteau articulé à la base} \quad a = \frac{0,5 \cdot \overline{K}}{1 + 2\overline{K}}$$

d) Calcul des rigidités des poteaux (i) au niveau (j) :

$$r_{ij} = \frac{12 \cdot E_i \cdot a_{ij} \cdot I_p}{h_c^3}$$

Avec : E_i : Module de déformation du béton ; $E_i = 11000 \sqrt{f_{c28}} = 3,216 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2$.

I_p : Inertie de poteau.

h_c : Hauteur du poteau.

e) Calcul des rigidités d'un portique de niveau (j) dans le sens x-x et y-y :

$$R_{jx} = \sum r_{ij} \quad \text{Pour chaque niveau dans le sens longitudinal.}$$

$$R_{jy} = \sum r_{ij} \quad \text{Pour chaque niveau dans le sens transversal.}$$

Les résultats de calcul sont résumés dans les tableaux suivants :

- ❖ les longueurs de calcul des différents niveaux :
- ❖ Sens transversal (x-x) :

Tableau V-1) : les longueurs de calcul des différents niveaux dans le sens (x-x) :

Niveau	Travée	$h_e(\text{cm})$	$h_{ptr}(\text{cm})$	$e_{pot}(\text{cm})$	$h_c(\text{cm})$	$L_c(\text{cm})$	$I_{ptr}(\text{cm}^4)$	$I_{pot}(\text{cm}^4)$
6,7 et 8	A-B	306	35	30	286	327,5	107187,5	67500,000
	B-C	306	35	30	286	327,5	107187,5	67500,000
	C-D	306	35	30	286	327,5	107187,5	67500,000
	D-E	306	35	30	286	497,5	107187,5	67500,000
	E-F	306	35	30	286	427,5	107187,5	67500,000
	F-G	306	35	30	286	387,5	107187,5	67500,000
3,4 et 5	A-B	306	35	35	288,5	322,5	107187,5	125052,083
	B-C	306	35	35	288,5	322,5	107187,5	125052,083
	C-D	306	35	35	288,5	322,5	107187,5	125052,083
	D-E	306	35	35	288,5	492,5	107187,5	125052,083
	E-F	306	35	35	288,5	422,5	107187,5	125052,083
	F-G	306	35	35	288,5	382,5	107187,5	125052,083
1 et 2	A-B	306	35	40	291	317,5	107187,5	213333,333
	B-C	306	35	40	291	317,5	107187,5	213333,333
	C-D	306	35	40	291	317,5	107187,5	213333,333
	D-E	306	35	40	291	487,5	107187,5	213333,333
	E-F	306	35	40	291	417,5	107187,5	213333,333
	F-G	306	35	40	291	377,5	107187,5	213333,333
RDC	A-B	408	35	40	393	317,5	107187,5	213333,333
	B-C	408	35	40	393	317,5	107187,5	213333,333
	C-D	408	35	40	393	317,5	107187,5	213333,333
	D-E	408	35	40	393	487,5	107187,5	213333,333
	E-F	408	35	40	393	417,5	107187,5	213333,333
	F-G	408	35	40	393	377,5	107187,5	213333,333

❖ Sens longitudinal (y-y) :

Tableau V-2) : les longueurs de calcul des différents niveaux dans le sens (y-y) :

niveau	Travée	h_e (cm)	h_{ptr} (cm)	e_{pot} (cm)	h_c (cm)	L_C (cm)	$I_{ptr}(\text{cm}^4)$	$I_{pot} (\text{cm}^4)$
6,7et8	1-2	306	40	30	281	430	160000	67500,000
	2-3	306	40	30	281	550	160000	67500,000
	3-4	306	40	30	281	280	160000	67500,000
	4-5	306	40	30	281	310	160000	67500,000
3,4et5	1-2	306	40	35	283,5	425	160000	125052,083
	2-3	306	40	35	283,5	545	160000	125052,083
	3-4	306	40	35	283,5	275	160000	125052,083
	4-5	306	40	35	283,5	305	160000	125052,083
1et2	1-2	306	40	40	286	420	160000	213333,333
	2-3	306	40	40	286	540	160000	213333,333
	3-4	306	40	40	286	270	160000	213333,333
	4-5	306	40	40	286	300	160000	213333,333
RDC	1-2	408	40	40	388	420	160000	213333,333
	2-3	408	40	40	388	540	160000	213333,333
	3-4	408	40	40	388	270	160000	213333,333
	4-5	408	40	40	388	300	160000	213333,333

- calcul des rigidités relatives par niveau :
 - ❖ Sens transversal (x-x) :
- Tableau V-3) : rigidités du portique (A1-B1) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm ³)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a _{ij}	r _{ij} (N/cm)	R _{jx}
7 et 8	A	286	236,013	327,5	327,3	1,387	0,4095069	45605,882	91211,763
	B	286	236,013			1,387	0,4095069	45605,882	
6	A	286	236,013	327,5	327,3	1,397	0,4112452	45799,47	91598,939
	B	286	236,013			1,397	0,4112452	45799,47	
4 et 5	A	288,5	433,46	322,5	332,4	0,766	0,2769342	55665,228	111330,46
	B	288,5	433,46			0,766	0,2769342	55665,228	
3	A	288,5	433,46	322,5	332,4	0,773	0,2787595	56032,116	112064,23
	B	288,5	433,46			0,773	0,2787595	56032,116	
1 et 2	A	291	733,1	317,5	337,6	0,461	0,1873222	62592,601	125185,2
	B	291	733,1			0,461	0,1873222	62592,601	
RDC	A	393	542,83	317,5	337,6	0,622	0,7372235	100007,87	200015,73
	B	393	542,83			0,622	0,7372235	100007,87	

Tableau V-4) : rigidités du portique (C1-G1) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a _{ij}	r _{ij} (N/cm)	R _{jx}
7 et 8	C	286	236,013	327,5	327,29	1,387	0,409507	45605,882	201221,69
	D	286	236,013	215,45	497,51	2,299	0,534776	59556,767	
	E	286	236,013	250,73	427,5	1,975	0,496855	55333,680	
	F	286	236,013	276,61	387,5	2,234	0,527633	58761,369	
	G	286	236,013			1,153	0,365683	40725,359	
6	C	286	236,013	327,5	327,29	1,397	0,411245	45799,470	202339,79
	D	286	236,013	215,45	497,51	2,315	0,536501	59748,882	
	E	286	236,013	250,73	427,5	1,986	0,498244	55488,315	
	F	286	236,013	276,61	387,5	2,248	0,52919	58934,742	
	G	286	236,013			1,179	0,370871	41303,121	
4 et 5	C	288,5	433,46	322,5	332,36	0,766	0,276934	55665,228	259388,54
	D	288,5	433,46	492,5	217,64	1,269	0,388192	78028,652	
	E	288,5	433,46	422,5	253,74	1,087	0,352122	70778,331	
	F	288,5	433,46	382,5	280,23	1,232	0,381188	76620,813	
	G	288,5	433,46			0,646	0,244142	49073,844	
3	C	288,5	433,46	322,5	332,36	0,773	0,278759	56032,116	260649,32
	D	288,5	433,46	492,5	217,64	1,277	0,389686	78328,869	
	E	288,5	433,46	422,5	253,74	1,094	0,353588	71072,962	
	F	288,5	433,46	382,5	280,23	1,24	0,382716	76927,935	
	G	288,5	433,46			0,651	0,245568	49360,399	
1 et 2	C	291	733,1	317,5	337,6	0,461	0,187322	62592,601	298877,64
	D	291	733,1	487,5	219,87	0,7604	0,275467	92045,757	
	E	291	733,1	417,5	256,73	0,6501	0,245311	81969,368	
	F	291	733,1	377,5	283,94	0,738	0,26954	90065,114	
	G	291	733,1			0,387	0,162128	54174,165	
R.D.C	C	393	542,83	317,5	337,6	0,622	0,427918	58049,057	249222,14
	D	393	542,83	487,5	219,87	1,027	0,50446	68432,375	
	E	393	542,83	417,5	256,73	0,878	0,478805	64952,134	
	F	393	542,83	377,5	283,94	0,996	0,499332	67736,817	
	G	393	542,83			0,523	0,40547	55003,887	

Tableau V-4) : rigidités du portique (2A-2D) et (3A-3D) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm ³)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a _{ij}	r _{ij} (N/cm)	R _{ix}
7 et 8	A	286	236,013	327,5	327,29	1,387	0,4095	45605,11	220554,98
	B	286	236,013	327,5	327,29	2,773	0,58071	64672,38	
	C	286	236,013	327,5	327,29	2,773	0,58071	64672,38	
	D	286	236,013			1,387	0,4095	45605,11	
6	A	286	236,01	327,5	327,29	1,397	0,41124	45798,88	221410,26
	B	286	236,01	327,5	327,29	2,794	0,58281	64906,25	
	C	286	236,01	327,5	327,29	2,794	0,58281	64906,25	
	D	286	236,01			1,397	0,41124	45798,88	
4 et 5	A	288,5	433,46	322,5	332,36	0,766	0,27693	55664,38	285765,12
	B	288,5	433,46	322,5	332,36	1,533	0,43391	87218,18	
	C	288,5	433,46	322,5	332,36	1,533	0,43391	87218,18	
	D	288,5	433,46			0,766	0,27693	55664,38	
3	A	288,5	433,46	322,5	332,36	0,772	0,28361	57007,09	289218,4
	B	288,5	433,46	322,5	332,36	1,545	0,43582	87602,11	
	C	288,5	433,46	322,5	332,36	1,545	0,43582	87602,11	
	D	288,5	433,46			0,772	0,28361	57007,09	
1 et 2	A	291	733,1	317,5	337,6	0,461	0,18699	62481,58	335674,38
	B	291	733,1	317,5	337,6	0,921	0,3153	105355,61	
	C	291	733,1	317,5	337,6	0,921	0,3153	105355,61	
	D	291	733,1			0,461	0,18699	62481,58	
R.D.C	A	393	542,83	317,5	337,6	0,622	0,42792	58048,02	261952,02
	B	393	542,83	317,5	337,6	1,244	0,5376	72927,99	
	C	393	542,83	317,5	337,6	1,244	0,5376	72927,99	
	D	393	542,83			0,622	0,42792	58048,02	

Tableau V-5) : rigidités du portique (2E-2G) et (3E-3G) et (4E-4G) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a_{ij}	r_{ij} (N/cm)	R_{jx}
7 et 8	E	286	236,01	427,5	250,73	1,062	0,3468	38622,35	138519,215
	F	286	236,01	387,5	276,61	2,234	0,528	58802,19	
	G	286	236,01			1,172	0,369	41094,71	
6	E	286	236,01	427,5	250,73	1,068	0,348	38755,99	138986,99
	F	286	236,01	387,5	276,61	2,248	0,529	58913,55	
	G	286	236,01			1,179	0,371	41317,45	
4 et 5	E	288,5	433,46	422,5	253,70	0,585	0,226	45427,19	171055,49
	F	288,5	433,46	382,5	280,23	1,231	0,381	76583,01	
	G	288,5	433,46			0,646	0,244	49045,29	
3	E	288,5	433,46	422,5	253,70	0,589	0,228	45829,2	172060,51
	F	288,5	433,46	382,5	280,23	1,239	0,383	76985,02	
	G	288,5	433,46			0,65	0,245	49246,29	
1 et 2	E	291	733,10	417,5	256,74	0,35	0,149	49787,46	193803,53
	F	291	733,10	377,5	283,94	0,737	0,269	89884,74	
	G	291	733,10			0,387	0,162	54131,33	
RDC	E	393	542,83	417,5	256,74	0,473	0,393	53312,31	175944,19
	F	393	542,83	377,5	283,94	0,996	0,499	67691,71	
	G	393	542,83			0,523	0,405	54940,17	

Tableau V-6) : rigidités du portique (E5-F5) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a_{ij}	r_{ij} (N/cm)	R_{jx}
7 et 8	E	286	236,013	427,5	250,73	1,062	0,3468321	38625,927	77251,855
	F	286	236,013			1,062	0,3468321	38625,927	
6	E	286	236,013	427,5	250,73	1,069	0,3483219	38791,842	77583,685
	F	286	236,013			1,069	0,3483219	38791,842	
4 et 5	E	288,5	433,46	422,4	253,74	0,585	0,2263056	45488,616	90977,231
	F	288,5	433,46			0,585	0,2263056	45488,616	
3	E	288,5	433,46	422,5	253,74	0,589	0,227501	45728,889	91457,777
	F	288,5	433,46			0,589	0,227501	45728,889	
1 et 2	E	291	733,1	417,5	256,73	0,350	0,1489362	49766,13	99532,259
	F	291	733,1			0,350	0,1489362	49766,13	
RDC	E	393	542,83	417,5	256,73	0,473	0,3934493	53373,259	106746,52
	F	393	542,83			0,473	0,3934493	53373,259	

❖ Sens longitudinal (y-y) :

Tableau V-7) : rigidités du portique (A1-A2), (D1-D2) et (E1-E2) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a_{ij}	r_{ij} (N/cm)	R_{jv}
7 et 8	1	281,00	240,21	430	372,09	1,549	0,436461	51248,85	102497,71
	2	281,00	240,21			1,549	0,436461	51248,85	
6	1	281,00	240,21	430	372,09	1,558	0,4378865	51416,23	102832,47
	2	281,00	240,21			1,558	0,4378865	51416,23	
4 et 5	1	283,50	441,10	425	376,47	0,853	0,2989835	63333,42	126666,84
	2	283,50	441,10			0,853	0,2989835	63333,42	
3	1	283,50	441,10	425	376,47	0,859	0,3004547	63645,06	127290,11
	2	283,50	441,10			0,859	0,3004547	63645,06	
1 et 2	1	286,00	745,92	420	380,95	0,511	0,2035046	71628,98	143257,95
	2	286,00	745,92			0,511	0,2035046	71628,98	
R.D.C	1	388,00	549,83	420	380,95	0,693	0,4430004	62448,44	124896,87
	2	388,00	549,83			0,693	0,4430004	62448,44	

Tableau V-8) : rigidités du portique (E3-E5) :

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a_{ij}	r_{ij} (N/cm)	R_{jv}
8 et 7	3	281	240,21	280	571,43	2,379	0,5432747	63790,83	206053,88
	4	281	240,21	310	516,13	4,528	0,6936275	81445,11	
	5	281	240,21			2,149	0,5179561	60817,94	
6	3	281	240,21	280	571,43	2,400	0,5454545	64046,78	206754,45
	4	281	240,21	310	516,13	4,567	0,6954469	81658,75	
	5	281	240,21			2,166	0,5199232	61048,91	
4 et 5	3	283,5	441,10	275	581,82	1,319	0,3974089	84182,77	281011,94
	4	283,5	441,10	305	524,59	2,508	0,5563443	117849,92	
	5	283,5	441,10			1,189	0,3728442	78979,25	
3	3	283,5	441,10	275	581,82	1,331	0,3995797	84642,62	282343,49
	4	283,5	441,10	305	524,59	2,53	0,5584989	118306,33	
	5	283,5	441,10			1,199	0,3748046	79394,54	
2 et 1	3	286	745,92	270	592,59	0,794	0,2841804	100025,02	344082,08
	4	286	745,92	300	533,33	1,509	0,430037	151363,24	
	5	286	745,92			0,715	0,2633517	92693,82	
RDC	3	388	549,83	270	592,59	1,078	0,5126706	72269,63	230772,39
	4	388	549,83	300	533,33	2,048	0,6294466	88731,21	
	5	388	549,83			0,970	0,4949495	69771,55	

Tableau V-9) : rigidités du portique (B1-B3) et(C1-C3):

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a_{ij}	r_{ij} (N/cm)	R_{iv}
7 et 8	1	281,0	240,21	430	372,09	1,549	0,436461	51248,85	163615,76
	2	281,0	240,21	550	290,91	2,760	0,5798319	68083,34	
	3	281,0	240,21			1,211	0,3771411	44283,57	
6	1	281,0	240,21	430	372,09	1,558	0,4378865	51416,23	164074,53
	2	281,0	240,21	550	290,91	2,775	0,5811518	68238,32	
	3	281,0	240,21			1,217	0,3783028	44419,97	
4 et 5	1	283,5	441,10	425	376,47	0,853	0,2989835	63333,42	207688,44
	2	283,5	441,10	545	293,58	1,519	0,4316567	91437,47	
	3	283,5	441,10			0,666	0,2498125	52917,55	
3	1	283,5	441,10	425	376,47	0,859	0,3004547	63645,06	208451,77
	2	283,5	441,10	545	293,58	1,527	0,4329458	91710,54	
	3	283,5	441,10			0,669	0,2506557	53096,17	
1 et 2	1	286,0	745,92	420	380,95	0,511	0,2035046	71628,98	239826,84
	2	286,0	745,92	540	296,30	0,908	0,3122421	109902,10	
	3	286,0	745,92			0,397	0,1656237	58295,77	
R.D.C	1	388,0	549,83	420	380,95	0,693	0,4430004	62448,44	195677,38
	2	388,0	549,83	540	296,30	1,232	0,5358911	75542,96	
	3	388,0	549,83			0,539	0,4092162	57685,99	

Tableau V-10) : rigidités du portique (F1-F5):

Niveau	poteau	hc(cm)	Kpot(cm ³)	Lc	Kptr	$\bar{K}$	a _{ij}	r _{ij} (N/cm)	R _{iv}
7 et 8	1	281	240,21	430	372,09	1,549	0,436461	51248,85	337003,94
	2	281	240,21	550	290,91	2,760	0,5798319	68083,34	
	3	281	240,21	280	571,43	3,590	0,6422182	75408,69	
	4	281	240,21	310	516,13	4,528	0,6936275	81445,11	
	5	281	240,21			2,149	0,5179561	60817,94	
6	1	281	240,21	430	372,09	1,558	0,4378865	51416,23	337972,85
	2	281	240,21	550	290,91	2,775	0,5811518	68238,32	
	3	281	240,21	280	571,43	3,617	0,643938	75610,63	
	4	281	240,21	310	516,13	4,567	0,6954469	81658,75	
	5	281	240,21			2,166	0,5199232	61048,91	
4 et 5	1	283,5	441,10	425	376,47	0,853	0,2989835	63333,42	457115,94
	2	283,5	441,10	545	293,58	1,519	0,4316567	91437,47	
	3	283,5	441,10	275	581,82	1,985	0,4981179	105515,89	
	4	283,5	441,10	305	524,59	2,508	0,5563443	117849,92	
	5	283,5	441,10			1,189	0,3728442	78979,25	
3	1	283,5	441,10	425	376,47	0,859	0,3004547	63645,06	458971,03
	2	283,5	441,10	545	293,58	1,527	0,4329458	91710,54	
	3	283,5	441,10	275	581,82	2,000	0,5	105914,56	
	4	283,5	441,10	305	524,59	2,530	0,5584989	118306,33	
	5	283,5	441,10			1,199	0,3748046	79394,54	
1 et 2	1	286	745,92	420	380,95	0,511	0,2035046	71628,98	557028,25
	2	286	745,92	540	296,30	0,908	0,3122421	109902,10	
	3	286	745,92	270	592,59	1,192	0,3734336	131440,11	
	4	286	745,92	300	533,33	1,509	0,430037	151363,24	
	5	286	745,92			0,715	0,2633517	92693,82	
R.D.C	1	388	549,83	420	380,95	0,693	0,4430004	62448,44	379000,97
	2	388	549,83	540	296,30	1,232	0,5358911	75542,96	
	3	388	549,83	270	592,59	1,617	0,5852917	82506,82	
	4	388	549,83	300	533,33	2,048	0,6294466	88731,21	
	5	388	549,83			0,970	0,4949495	69771,55	

Tableau V-11) : rigidités du portique (G1-G5):

Niveau	pot	hc(cm)	Kpot(cm3)	Lc	Kptr	K	a _{ij}	r _{ij} (N/cm)	R _{iv}
8 et 7	2	281	240,21	550	290,91	1,211	0,3771411	44283,57	261955,31
	3	281	240,21	280	571,43	3,590	0,6422182	75408,69	
	4	281	240,21	310	516,13	4,528	0,6936275	81445,11	
	5	281	240,21			2,149	0,5179561	60817,94	
6	2	281	240,21	550	290,91	1,217	0,3783028	44419,97	262738,26
	3	281	240,21	280	571,43	3,617	0,643938	75610,63	
	4	281	240,21	310	516,13	4,567	0,6954469	81658,75	
	5	281	240,21			2,166	0,5199232	61048,91	
4 et 5	2	283,5	441,10	545	293,58	0,666	0,2498125	52917,55	355262,61
	3	283,5	441,10	275	581,82	1,985	0,4981179	105515,89	
	4	283,5	441,10	305	524,59	2,508	0,5563443	117849,92	
	5	283,5	441,10			1,189	0,3728442	78979,25	
3	2	283,5	441,10	545	293,58	0,669	0,2506557	53096,17	356711,60
	3	283,5	441,10	275	581,82	2,000	0,5	105914,56	
	4	283,5	441,10	305	524,59	2,530	0,5584989	118306,33	
	5	283,5	441,10			1,199	0,3748046	79394,54	
2 et 1	2	286	745,92	540	296,30	0,397	0,1656237	58295,77	433792,94
	3	286	745,92	270	592,59	1,192	0,3734336	131440,11	
	4	286	745,92	300	533,33	1,509	0,430037	151363,24	
	5	286	745,92			0,715	0,2633517	92693,82	
RDC	2	388	549,83	540	296,30	0,539	0,4092162	57685,99	298695,56
	3	388	549,83	270	592,59	1,617	0,5852917	82506,82	
	4	388	549,83	300	533,33	2,048	0,6294466	88731,21	
	5	388	549,83			0,970	0,4949495	69771,55	

V-3) Caractéristiques géométrique des voiles :

V- 3-1) Introduction :

L'étude du contreventement est une étape très importante et décisive dans l'étude de tous bâtiment ; elle mérite le plus grand soin .Elle consiste à parer la structure contre les deux types de sollicitations horizontales (vent et séisme).

Un contreventement peut être assuré par :

- Des voiles ou murs appelés couramment refends entrant dans la composition de L'ouvrage ;
- Du système « poteaux-poutres » formant portiques d'étage ;
- Des cages d'escalier et d'assesseurs ou gaines représentant une grande rigidité à la flexion et à la torsion ;
- Une combinaison des deux systèmes suscités, forment un contreventement mixte ou portiques et refends rigidement liés travaillent conjointement pour faire face au séisme.

V 3-2) Inerties des voiles :

❖ le calcul des inerties du refend plein est donné par les formules suivantes :

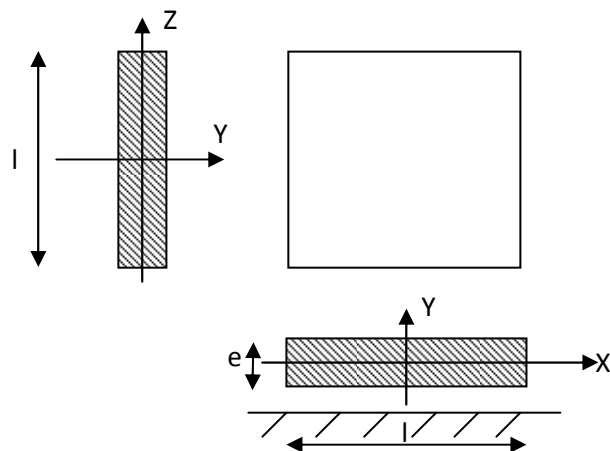
a) Les voiles longitudinaux :

$$I_{yy} = \frac{l.e^3}{12}$$

$$I_{xx} = \frac{e.l^3}{12}$$

Néglige l'inertie des refends longitudinale
par rapport à l'axe y

$I_{yy} \ll I_{xx} \rightarrow I = I_{xx}$ **Fig-V-1: Vue en plan et en coupe du voile**



b) Les voiles transversaux :

$$I_{xx} = \frac{l.e^3}{12}$$

$$I_{yy} = \frac{e.l^3}{12}$$

On néglige l'inertie des refends longitudinale par rapport à l'axe x : $I_{xx} \ll I_{yy} \rightarrow I = I_{yy}$

V-3-3) rigidités des voiles :

- dans le sens longitudinal : $R_{VX} = \frac{12 E I_y}{h^3}$
- dans le sens transversal : $R_{Vy} = \frac{12 E I_x}{h^3}$

h : la hauteur du voile

I_x et I_y : inerties des voiles longitudinaux et transversaux

❖ **Refend avec ouverture :**• **Notion de l'inertie équivalente**

On appelle l'inertie équivalente I_e du refend considéré (avec ouverture), l'inertie d'un refend plein fictif qui, soumis au même effort horizontal, uniformément réparti sur le bâtiment présenterait à son sommet une flèche égale à celle du refend avec ouvertures :

$$\text{La flèche de ce refend fictif est : } F = \frac{T_0 \cdot H^3}{8 \cdot E \cdot I_e}$$

Avec :

T_0 : Effort tranchant à la base du refend.

H : Hauteur total du bâtiment.

I_e : Moment d'inertie équivalente.



Fig :V- 2 :Refend à ouvertures assimilé à un refend plein

❖ Sens longitudinal :

Tableau V-12) inerties et rigidité des voiles dans le sens longitudinal :

Niveaux	voiles	h (m)	L (m)	e (m)	$I_x(m^4)$	R _{vy} KN/m	ΣR_{vy} (KN/m)
Du 1 au 8	VL1	3,06	4,7	0,2	1,730	23309671,8	100169354
	VL2	3,06	4	0,2	1,067	14367831,7	
	VL3	3,06	1,65	0,2	0,075	1007607	
	VL'3	3,06	1,65	0,2	0,075	1007607	
	VL4	3,06	4	0,2	1,067	14367831,7	
	VL5	3,06	5,9	0,2	3,423	46108804,8	
R.D.C	VL1	4,08	4,7	0,2	1,730	9833673,092	42260864
	VL2	4,08	4	0,2	1,067	6061807,864	
	VL3	4,08	1,65	0,2	0,075	425474,9789	
	VL'3	4,08	1,65	0,2	0,075	425474,9789	
	VL4	4,08	4	0,2	1,067	6061807,864	
	VL5	4,08	5,9	0,2	3,423	19452625,58	

❖ L'inertie équivalente des refends avec une seule file d'ouverture

$$I_e = \frac{a_n \cdot I}{\frac{60 \cdot 2mc \cdot \psi_0}{11 \cdot I_0 \cdot \alpha_2} + 1}$$

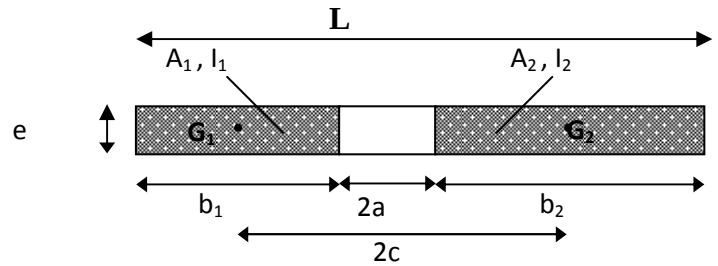


Fig V-3 :coupe de refend avec une seule ouverture

Avec:

$$I = I_1 + I_2 + 2mc$$

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$i = \frac{e \cdot B^3}{12}$$

$$m = \frac{2c}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}} ; A_1, A_2 \text{ aires des trumeaux 1 et 2.}$$

$$a_n = \frac{11}{20} + \frac{9}{20 \cdot n} - \frac{10}{30 \cdot n^2} - \frac{1}{30 \cdot n^3} \text{ Si } n < 11 \text{ niveaux.}$$

Dans notre cas : $n = 9 \Rightarrow a_n = 1,046 \text{ m}$

$$\psi_0 = \frac{2}{3} + \frac{(2 - \alpha^2)}{\alpha^3} \cdot \frac{\text{sh } \alpha}{\text{ch } \alpha} - \frac{2}{\alpha^2 \cdot \text{ch } \alpha} ;$$

$$\alpha = w \cdot H ; w^2 = \frac{3 \cdot E' \cdot i \cdot I \cdot c}{E \cdot I_0 \cdot m \cdot h \cdot a^3}$$

Avec

 α : Degré de monolithisme.

W : Coefficient de monolithisme.

E : Module d'élasticité longitudinale du matériau constituant les éléments de refend.

E' : Module d'élasticité longitudinale du matériau constituant les linteaux.

a : Demi portée de l'ouverture.

i : Inertie du linteau.

I_0 : Somme des inerties des éléments.

e : Epaisseur du linteau.

h : Hauteur d'étage.

B : Hauteur du linteau.

H : Hauteur totale de la tour.

$2c$: Distance entre les centres de gravité des trumeaux.

m : Moment statique dans chaque trumeau / au CDG de l'ensemble.

(Ψ_0, a_n) : coefficients

➤ **Exemple de calcul :**
Refend avec ouverture :

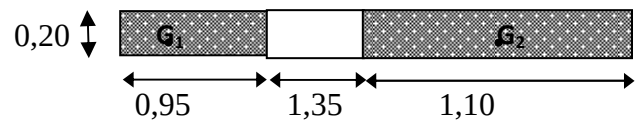


Fig .V-4 : Coupe sur le voile VT1

$$2xa = 1,35\text{m} \rightarrow a = 0,675\text{m}.$$

$$2xc = 2,375\text{m} \rightarrow c = 1,188\text{m}$$

$$A_1 = 0,2 \times 0,95 = 0,19\text{m}^2$$

$$A_2 = 0,2 \times 1,10 = 0,22\text{m}^2$$

$$m = \frac{2c}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}} = \frac{2,375}{\frac{1}{0,19} + \frac{1}{0,22}} = 0,24\text{m}^3$$

$$I_1 = \frac{0,2 \times 0,95^3}{12} = 0,014\text{ m}^4$$

$$I_2 = \frac{0,2 \times 1,10^3}{12} = 0,022\text{ m}^4$$

$$I_0 = I_1 + I_2 = 0,036\text{ m}^4.$$

$$I = I_0 + 2 \cdot m \cdot c = 0,036 + 2,375 \times 0,24 = 0,606\text{ m}^4$$

$$i = \frac{e \cdot B^3}{12} = \frac{0,20 \times 1,046^3}{12} = 0,019 \text{ m}^4$$

$$W^2 = \frac{3 \times 0,019 \times 0,606 \times 1,188}{0,036 \times 0,24 \times 0,675^3 \times 3,06} = 5,047 \longrightarrow W = 2,25$$

$$\alpha = W \cdot Z = 2,25 \times 32,81 = 73,82^\circ$$

$$\psi_0 = \frac{2}{3} + \frac{2 + \alpha^2}{\alpha^3} \times \frac{\text{sh} \alpha}{\text{ch} \alpha} - \frac{2}{\alpha^2 \cdot \text{ch} \alpha}$$

$$\psi_0 = \frac{2}{3} + \frac{2 + 73,82^2}{73,82^3} \times \frac{\text{sh} 73,82}{\text{ch} 73,82} - \frac{2}{73,82^2 \cdot \text{ch} 73,82} = 0,712$$

Donc:

$$I_e = \frac{a_n I}{\frac{60}{11} \frac{2mc}{I_0} \frac{\Psi_0}{\alpha^2} + 1} = \frac{1,046 \times 0,606}{\frac{60}{11} \frac{2 \times 0,24 \times 1,188}{0,036} \frac{0,712}{73,82^2} + 1} = 0,627 \text{ m}^4.$$

Les autres refends se calculent de la même manière et les résultats de calcul sont donnés dans les tableaux suivants :

❖ Sens transversal :

Tableau V-13) inerties et rigidité des voiles plein dans le sens transversal :

Niveau	voiles	h (m)	L (m)	e (m)	I _y (m)	R _{vx} (KN/m)	ΣR _{vx} (KN/m)
du 1 au 8	VT5	3,06	5,4	0,2	2,6244	35352463	36110189
	VT6	3,06	1,5	0,2	0,05625	757725,98	
R.D.C	VT5	4,08	5,4	0,2	2,6244	14914321	15233986,17
	VT6	4,08	1,5	0,2	0,05625	319665,65	

Tableau V-13) : inerties et rigidité des voiles avec ouverture dans le sens transversal :

niveau	Voile	L(m)	h (m)	I	m	2c	Ψ ₀	I ₁	I ₂	I _e	R _{vx} KN/m	R _{vx} KN/m
Du 1 au 8	VT1	3,7	3,06	0,606	0,24	2,38	0,712	0,014	0,022	0,627	8446118,96	62153737
	VT2	5,4	3,06	2,588	0,69	3,3	1,623	0,134	0,177	2,615	35225839	
	VT3	1,5	3,06	0,038	0,03	1,26	0,664	0,0002	0,0002	0,04	538827,366	
	VT4	4,3	3,06	1,293	0,42	2,83	0,689	0,051	0,056	1,332	17942951,3	
RDC	VT1	3,7	4,08	0,606	0,24	2,38	0,697	0,014	0,022	0,624	3546157,6	26641646
	VT2	5,4	4,08	2,588	0,69	3,3	0,685	0,134	0,177	2,7	15343951,2	
	VT3	1,5	4,08	0,038	0,03	1,26	0,664	0,0002	0,0002	0,04	227317,795	
	VT4	4,3	4,08	1,293	0,42	2,83	0,687	0,051	0,056	1,324	7524219,01	

A) Centre de masse des voiles :

❖ Sens transversal :

niveau	éléments	V KN/m	G KN/m	M _i (KN)	X _i (m)	Y _i (m)	M _i X _i (KN.m)	M _i Y _i (KN.m)	XG	YG
6 ,7 et 8	VT1	2,005	25	50,125	18,75	0,1	939,844	5,013	10,613	7,872
	VT2	0,918	25	22,95	10,9	6,1	250,155	139,995		
	VT3	2,927	25	73,175	11,1	10,25	812,243	750,044		
	VT4	2,33	25	58,25	2,15	16,35	125,238	952,388		
	VT5	2,927	25	73,175	11,1	4,65	812,243	340,264		
	VT6	1,001	25	25,025	10,9	7,8	272,773	195,195		
somme				302,7			3212,494	2382,898		
RDC	VT1	2,76	25	69	18,75	0,1	1293,750	6,900	10,575	7,170
	VT2	4,028	25	100,7	10,9	6,1	1097,630	614,270		
	VT3	1,224	25	30,6	11,1	10,25	339,660	313,650		
	VT4	3,207	25	80,175	2,15	16,35	172,376	1310,861		
	VT5	4,028	25	100,7	11,1	4,65	1117,770	468,255		
	VT6	1,224	25	30,6	10,9	7,8	333,540	238,680		
somme				411,775			4354,726	2952,616		

❖ Sens longitudinal :

niveau	éléments	V KN/m	G KN/m	M _i (KN)	X _i (m)	Y _i (m)	M _i X _i (KN.m)	M _i Y _i (KN.m)	XG	YG
6 ,7 et 8	VL1	2,5	25	62,5	0,1	2,35	6,250	146,875	12,215	6,704
	VL2	2,128	25	53,2	8,65	8,6	460,180	457,520		
	VL3	1,001	25	25,025	10,25	6,63	256,506	165,916		
	VL'3	1,001	25	25,025	11,95	6,63	299,049	165,916		
	VL4	2,128	25	53,2	13,75	8,6	731,500	457,520		
	VL5	3,139	25	78,475	23,95	7,65	1879,476	600,334		
somme				297,425			3632,961	1994,080		
RDC	VL1	3,459	25	86,475	0,1	2,35	8,648	203,216	12,213	6,716
	VL2	2,994	25	74,85	8,65	8,6	647,453	643,710		
	VL3	1,346	25	33,65	10,25	6,63	344,913	223,100		
	VL'3	1,346	25	33,65	11,95	6,63	402,118	223,100		
	VL4	2,994	25	74,85	13,75	8,6	1029,188	643,710		
	VL5	4,342	25	108,55	23,95	7,65	2599,773	830,408		
somme				412,025			5032,090	2767,243		

B) centre de masse des planchers :**➤ Plancher terrasse :**

éléments	Li(m)	b (m)	Si (m ²)	G KN/m	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
AB-12	3,1	4,1	12,71	4,84	61,5164	22,2	1362,5883	10,64	2,35	144,5635	6,55
BC-12	3,1	4,1	12,71	4,84	61,5164	18,8	1153,4325		2,35	144,5635	
CD-12	3,1	4,1	12,71	4,84	61,5164	15,4	944,2767		2,35	144,5635	
DE-12	4,8	4,1	19,68	4,84	95,2512	11,1	1057,2883		2,35	223,8403	
EF-12	4,1	4,1	16,81	4,84	81,3604	6,35	516,6385		2,35	191,1969	
FG-12	3,7	4,1	15,17	4,84	73,4228	2,15	157,8590		2,35	172,5436	
AB-23	3,1	5,3	16,43	4,84	79,5212	22,2	1761,3946		7,35	584,4808	
BC-23	3,1	5,3	16,43	4,84	79,5212	18,8	1491,0225		7,35	584,4808	
CD-23	3,1	5,3	16,43	4,84	79,5212	15,4	1220,6504		7,35	584,4808	
DE-23	4,8	5,3	25,44	4,84	123,13	11,1	1366,7386		7,35	905,0026	
EF-23	4,1	5,3	21,73	4,84	105,173	6,35	667,8498		7,35	773,0230	
FG-23	3,7	5,3	19,61	4,84	94,9124	2,15	204,0617		7,35	697,6061	
EF-34	4,1	2,6	10,66	4,84	51,5944	6,35	327,6244		11,6	598,4950	
FG-34	3,7	2,6	9,62	4,84	46,5608	2,15	100,1057		11,6	540,1053	
EF-45	4,1	2,9	11,89	4,84	57,5476	6,35	365,4273		14,65	843,0723	
FG45	3,7	2,9	10,73	4,84	51,9332	2,15	111,6564		14,65	760,8214	
Somme					1204		12808,6147	10,64		7892,8397	6,55

➤ Plancher étage courant :

éléments	Li(m)	b (m)	Si (m2)	G KN/m	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	XG(m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	YG(m)
AB-12	3,1	4,1	12,71	4,84	61,5164	22,15	1362,5883		2,35	144,5635	
BC-12	3,1	4,1	12,71	4,84	61,5164	18,75	1153,4325		2,35	144,5635	
CD-12	3,1	4,1	12,71	4,84	61,5164	15,35	944,2767		2,35	144,5635	
DE-12	4,8	4,1	19,68	4,84	95,2512	11,1	1057,2883		2,35	223,8403	
EF-12	4,1	4,1	16,81	4,84	81,3604	6,35	516,6385		2,35	191,1969	
FG-12	3,7	4,1	15,17	4,84	73,4228	2,15	157,8590		2,35	172,5436	
AB-23	3,1	5,3	16,43	4,84	79,5212	22,15	1761,3946		7,35	584,4808	
BC-23	3,1	5,3	16,43	4,84	79,5212	18,75	1491,0225		7,35	584,4808	
CD-23	3,1	5,3	16,43	4,84	79,5212	15,35	1220,6504		7,35	584,4808	
EF-23	4,1	5,3	21,73	4,84	105,1732	6,35	667,8498		7,35	773,0230	
FG-23	3,7	5,3	19,61	4,84	94,9124	2,15	204,0617		7,35	697,6061	
EF-34	4,1	2,6	10,66	4,84	51,5944	6,35	327,6244		11,6	598,4950	
FG-34	3,7	2,6	9,62	4,84	46,5608	2,15	100,1057		11,6	540,1053	
EF-45	4,1	2,9	11,89	4,84	57,5476	6,35	365,4273		14,65	843,0723	
FG45	3,7	2,9	10,73	4,84	51,9332	2,15	111,6564		14,65	760,8214	
Somme					1080,869		11441,8762	10,5858		6987,8371	6,4650

C) centre de masse des poutres :

➤ Poutre longitudinales (poutre principale) :

Niveaux	poutre	Li(m)	Si(m2)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	XG(m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	YG(m)
du 8 au RDC	PT1	4,1	0,12	12,3	0,15	1,845		2,35	28,905	
	PT2	5,3	0,12	15,9	0,15	2,385		7,35	116,865	
	PT3	2,6	0,12	7,8	0,15	1,17		11,6	90,48	
	PT4	2,9	0,12	8,7	0,15	1,305		14,65	127,455	
	PT5	4,1	0,12	12,3	4,15	51,045		2,35	28,905	
	PT6	5,3	0,12	15,9	4,15	65,985		7,35	116,865	
	PT7	2,6	0,12	7,8	4,15	32,37		11,6	90,48	
	PT8	2,9	0,12	8,7	4,15	36,105		14,65	127,455	
	PT9	4,1	0,12	12,3	8,55	105,165		2,35	28,905	
	PT10	5,3	0,12	15,9	8,55	135,945		7,35	116,865	
	PT11	2,6	0,12	7,8	8,55	66,69		11,6	90,48	
	PT12	2,9	0,12	8,7	8,55	74,385		14,65	127,455	
	PT13	4,1	0,12	12,3	13,65	167,895		2,35	28,905	
	PT14	5,3	0,12	15,9	13,65	217,035		7,35	116,865	
	PT15	4,1	0,12	12,3	17,05	209,715		2,35	28,905	
	PT16	5,3	0,12	15,9	17,05	271,095		7,35	116,865	
	PT17	4,1	0,12	12,3	20,45	251,535		2,35	28,905	
	PT18	5,3	0,12	15,9	20,45	325,155		7,35	116,865	
	PT19	4,1	0,12	12,3	23,85	293,355		2,35	28,905	
	PT20	5,3	0,12	15,9	23,85	379,215		7,35	116,865	
SOMME				246,9		2689,395	10,8926		1674,195	6,7809

➤ Poutre transversales (poutre secondaire) :

NIVEAU	poutre	Li(m)	Si(m2)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	XG(m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	YG(m)
du 8 au RDC	PT1	3,7	0,105	9,7125	2,15	20,8819		0,15	1,4569	
	PT2	4,1	0,105	10,7625	6,35	68,3419		0,15	1,6144	
	PT3	4,8	0,105	12,6	11,1	139,8600		0,15	1,8900	
	PT4	3,1	0,105	8,1375	15,35	124,9106		0,15	1,2206	
	PT5	3,1	0,105	8,1375	18,75	152,5781		0,15	1,2206	
	PT6	3,1	0,105	8,1375	22,15	180,2456		0,15	1,2206	
	PT7	3,7	0,105	9,7125	2,15	20,8819		4,55	44,1919	
	PT8	4,1	0,105	10,7625	6,35	68,3419		4,55	48,9694	
	PT9	4,8	0,105	12,6	11,1	139,8600		4,55	57,3300	
	PT10	3,1	0,105	8,1375	15,35	124,9106		4,55	37,0256	
	PT11	3,1	0,105	8,1375	18,75	152,5781		4,55	37,0256	
	PT12	3,1	0,105	8,1375	22,15	180,2456		4,55	37,0256	
	PT13	3,7	0,105	9,7125	2,15	20,8819		10,15	98,5819	
	PT14	4,1	0,105	10,7625	6,35	68,3419		10,15	109,2394	
	PT15	4,8	0,105	12,6	11,1	139,8600		10,15	127,8900	
	PT16	3,1	0,105	8,1375	15,35	124,9106		10,15	82,5956	
	PT17	3,1	0,105	8,1375	18,75	152,5781		10,15	82,5956	
	PT18	3,1	0,105	8,1375	22,15	180,2456		10,15	82,5956	
	PT19	3,7	0,105	9,7125	2,15	20,8819		13,05	126,7481	
	PT20	4,1	0,105	10,7625	6,35	68,3419		13,05	140,4506	
	PT21	3,7	0,105	9,7125	2,15	20,8819		16,25	157,8281	
	PT22	4,1	0,105	10,7625	6,35	68,3419		16,25	174,8906	
SOMME				213,4125		2238,9019	10,4910		1453,6069	6,8113

D) centre de masse des poteaux :

Niveaux	Poteau	hi(m)	Si(m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	XG(m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	YG(m)
8, 7,6	1G	3,06	0,09	6,89	0,15	1,0335		0,15	1,0335	
	2G	3,06	0,09	6,89	0,15	1,0335		4,55	31,3495	
	3G	3,06	0,09	6,89	0,15	1,0335		10,15	69,9335	
	4G	3,06	0,09	6,89	0,15	1,0335		13,05	89,9145	
	5G	3,06	0,09	6,89	0,15	1,0335		16,25	111,9625	
	1F	3,06	0,09	6,89	4,15	28,5935		0,15	1,0335	
	2F	3,06	0,09	6,89	4,15	28,5935		4,55	31,3495	
	3F	3,06	0,09	6,89	4,15	28,5935		10,15	69,9335	
	4F	3,06	0,09	6,89	4,15	28,5935		13,05	89,9145	
	5F	3,06	0,09	6,89	4,15	28,5935		16,25	111,9625	
	1E	3,06	0,09	6,89	8,55	58,9095		0,15	1,0335	
	2E	3,06	0,09	6,89	8,55	58,9095		4,55	31,3495	
	3E	3,06	0,09	6,89	8,55	58,9095		10,15	69,9335	
	4E	3,06	0,09	6,89	8,55	58,9095		13,05	89,9145	
	5E	3,06	0,09	6,89	8,55	58,9095		16,25	111,9625	
	1D	3,06	0,09	6,89	13,65	94,0485		0,15	1,0335	
	2D	3,06	0,09	6,89	13,65	94,0485		4,55	31,3495	
	3D	3,06	0,09	6,89	13,65	94,0485		10,15	69,9335	
	1C	3,06	0,09	6,89	17,05	117,4745		0,15	1,0335	
	2C	3,06	0,09	6,89	17,05	117,4745		4,55	31,3495	
	3C	3,06	0,09	6,89	17,05	117,4745		10,15	69,9335	
	1B	3,06	0,09	6,89	20,45	140,9005		0,15	1,0335	
	2B	3,06	0,09	6,89	20,45	140,9005		4,55	31,3495	
	3B	3,06	0,09	6,89	20,45	140,9005		10,15	69,9335	
	1A	3,06	0,09	6,89	23,85	164,3265		0,15	1,0335	
	2A	3,06	0,09	6,89	23,85	164,3265		4,55	31,3495	
	3A	3,06	0,09	6,89	23,85	164,3265		10,15	69,9335	
Somme				186,03		1992,9325	10,713		1321,8465	7,106

Suite :

Niveau	Poteau	hi(m)	Si(m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
5,4,3	1G	3,06	0,123	9,37	0,175	1,63975	10,738	0,175	1,6398	7,131
	2G	3,06	0,123	9,37	0,175	1,63975		4,575	42,8678	
	3G	3,06	0,123	9,37	0,175	1,63975		10,18	95,3398	
	4G	3,06	0,123	9,37	0,175	1,63975		13,08	122,5128	
	5G	3,06	0,123	9,37	0,175	1,63975		16,28	152,4968	
	1F	3,06	0,123	9,37	4,175	39,1198		0,175	1,6398	
	2F	3,06	0,123	9,37	4,175	39,1198		4,575	42,8678	
	3F	3,06	0,123	9,37	4,175	39,1198		10,18	95,3398	
	4F	3,06	0,123	9,37	4,175	39,1198		13,08	122,5128	
	5F	3,06	0,123	9,37	4,175	39,1198		16,28	152,4968	
	1E	3,06	0,123	9,37	8,575	80,3478		0,175	1,6398	
	2E	3,06	0,123	9,37	8,575	80,3478		4,575	42,8678	
	3E	3,06	0,123	9,37	8,575	80,3478		10,18	95,3398	
	4E	3,06	0,123	9,37	8,575	80,3478		13,08	122,5128	
	5E	3,06	0,123	9,37	8,575	80,3478		16,28	152,4968	
	1D	3,06	0,123	9,37	13,68	128,135		0,175	1,6398	
	2D	3,06	0,123	9,37	13,68	128,135		4,575	42,8678	
	3D	3,06	0,123	9,37	13,68	128,135		10,18	95,3398	
	1C	3,06	0,123	9,37	17,08	159,993		0,175	1,6398	
	2C	3,06	0,123	9,37	17,08	159,993		4,575	42,8678	
	3C	3,06	0,123	9,37	17,08	159,993		10,18	95,3398	
	1B	3,06	0,123	9,37	20,48	191,851		0,175	1,6398	
	2B	3,06	0,123	9,37	20,48	191,851		4,575	42,8678	
	3B	3,06	0,123	9,37	20,48	191,851		10,18	95,3398	
	1A	3,06	0,123	9,37	23,88	223,709		0,175	1,6398	
	2A	3,06	0,123	9,37	23,88	223,709		4,575	42,8678	
	3A	3,06	0,123	9,37	23,88	223,709		10,18	95,3398	
Somme				253		2716,6	10,738		1803,9593	7,131

Suite :

Niveau	Poteau	hi(m)	Si(m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
2,1	1G	3,06	0,16	12,24	0,2	2,448		0,2	2,448	
	2G	3,06	0,16	12,24	0,2	2,448		4,6	56,3	
	3G	3,06	0,16	12,24	0,2	2,448		10,2	124,8	
	4G	3,06	0,16	12,24	0,2	2,448		13,1	160,3	
	5G	3,06	0,16	12,24	0,2	2,448		16,3	199,5	
	1F	3,06	0,16	12,24	4,2	51,408		0,2	2,448	
	2F	3,06	0,16	12,24	4,2	51,408		4,6	56,3	
	3F	3,06	0,16	12,24	4,2	51,408		10,2	124,8	
	4F	3,06	0,16	12,24	4,2	51,408		13,1	160,3	
	5F	3,06	0,16	12,24	4,2	51,408		16,3	199,5	
	1E	3,06	0,16	12,24	8,6	105,26		0,2	2,448	
	2E	3,06	0,16	12,24	8,6	105,26		4,6	56,3	
	3E	3,06	0,16	12,24	8,6	105,26		10,2	124,8	
	4E	3,06	0,16	12,24	8,6	105,26		13,1	160,3	
	5E	3,06	0,16	12,24	8,6	105,26		16,3	199,5	
	1D	3,06	0,16	12,24	13,7	167,69		0,2	2,448	
	2D	3,06	0,16	12,24	13,7	167,69		4,6	56,3	
	3D	3,06	0,16	12,24	13,7	167,69		10,2	124,8	
	1C	3,06	0,16	12,24	17,1	209,3		0,2	2,448	
	2C	3,06	0,16	12,24	17,1	209,3		4,6	56,3	
	3C	3,06	0,16	12,24	17,1	209,3		10,2	124,8	
	1B	3,06	0,16	12,24	20,5	250,92		0,2	2,448	
	2B	3,06	0,16	12,24	20,5	250,92		4,6	56,3	
	3B	3,06	0,16	12,24	20,5	250,92		10,2	124,8	
	1A	3,06	0,16	12,24	23,9	292,54		0,2	2,448	
	2A	3,06	0,16	12,24	23,9	292,54		4,6	56,3	
	3A	3,06	0,16	12,24	23,9	292,54		10,2	124,8	
Somme				330,5		3556,9	10,763		2365	7,156

Suite :

Niveau	Poteau	hi(m)	Si(m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
RDC	1G	4,08	0,16	16,32	0,2	3,264	10,763	0,2	3,264	7,156
	2G	4,08	0,16	16,32	0,2	3,264		4,6	75,072	
	3G	4,08	0,16	16,32	0,2	3,264		10,2	166,46	
	4G	4,08	0,16	16,32	0,2	3,264		13,1	213,79	
	5G	4,08	0,16	16,32	0,2	3,264		16,3	266,02	
	1F	4,08	0,16	16,32	4,2	68,544		0,2	3,264	
	2F	4,08	0,16	16,32	4,2	68,544		4,6	75,072	
	3F	4,08	0,16	16,32	4,2	68,544		10,2	166,46	
	4F	4,08	0,16	16,32	4,2	68,544		13,1	213,79	
	5F	4,08	0,16	16,32	4,2	68,544		16,3	266,02	
	1E	4,08	0,16	16,32	8,6	140,352		0,2	3,264	
	2E	4,08	0,16	16,32	8,6	140,352		4,6	75,072	
	3E	4,08	0,16	16,32	8,6	140,352		10,2	166,46	
	4E	4,08	0,16	16,32	8,6	140,352		13,1	213,79	
	5E	4,08	0,16	16,32	8,6	140,352		16,3	266,02	
	1D	4,08	0,16	16,32	13,7	223,584		0,2	3,264	
	2D	4,08	0,16	16,32	13,7	223,584		4,6	75,072	
	3D	4,08	0,16	16,32	13,7	223,584		10,2	166,46	
	1C	4,08	0,16	16,32	17,1	279,072		0,2	3,264	
	2C	4,08	0,16	16,32	17,1	279,072		4,6	75,072	
	3C	4,08	0,16	16,32	17,1	279,072		10,2	166,46	
	1B	4,08	0,16	16,32	20,5	334,56		0,2	3,264	
	2B	4,08	0,16	16,32	20,5	334,56		4,6	75,072	
	3B	4,08	0,16	16,32	20,5	334,56		10,2	166,46	
	1A	4,08	0,16	16,32	23,9	390,048		0,2	3,264	
	2A	4,08	0,16	16,32	23,9	390,048		4,6	75,072	
	3A	4,08	0,16	16,32	23,9	390,048		10,2	166,46	
Somme				440,64		4742,592	10,763		3153	7,156

E) centre de masse de l'acrotère :

élément	L(m)	G KN/m	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	XG(m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	YG(m)
1	16,5	1,175	19,3875	0,05	0,9694		8,25	159,9469	
2	8,5	1,175	9,9875	4,25	42,4469		16,45	164,2944	
3	5,8	1,175	6,815	8,6	58,6090		13,3	90,6395	
4	11,9	1,175	13,9825	14,75	206,2419		10,35	144,7189	
5	10,1	1,175	11,8675	24,05	285,4134		5,05	59,9309	
6	23,5	1,175	27,6125	12,05	332,7306		0,05	1,3806	
Somme			89,6525		926,4111	10,3334		620,9111	6,9258

F) centre de masse des l'escalier :

élément	si(m ²)	G KN /m	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
volée 1	3,6	8,655	31,158	12,38	385,5803		7,9	246,1482	
volée 2	2,25	8,655	19,474	10,9	212,2639		9,9	192,790125	
volée 3	3,6	8,655	31,158	9,425	293,6642		7,9	246,1482	
palier 1	2,32	6,24	14,477	12,38	179,1504		9,9	143,32032	
poutre palière	0,0875	2,36	0,207	12,38	2,5554		9,9	2,04435	
Somme			96,473		1073,2141	11,124		830,451195	8,608

G) centre de masse des balcons :

élément	L(m)	b(m)	Si(m ²)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
1	4,4	1,3	5,72	30,602	6,2	189,7324		-0,65	-19,8913	
2	5,1	1,3	6,63	35,4705	11	388,4020		-0,65	-23,0558	
3	3,4	1,3	4,42	23,647	15,2	359,4344		-0,65	-15,3706	
4	3,4	1,3	4,42	23,647	18,6	439,8342		-0,65	-15,3706	
5	3,4	1,3	4,42	23,647	22	520,2340		-0,65	-15,3706	
6	3,4	1,2	4,08	21,828	15,2	331,7856		10,6	231,3768	
7	3,4	1,2	4,08	21,828	18,6	406,0008		10,6	231,3768	
SOMME				180,6695		2635,4234	14,587		373,6948	2,068

H) centre de masse des murs extérieure :

	élément	G KN/m	h (m)	L (m)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
du1 Au8	1	2,36	3,06	5,2	37,5523	0,145	5,4451		7,4	277,8872	
	2	2,36	3,06	2,5	18,0540	1,45	26,1783		11,65	210,3291	
	3	2,36	3,06	2,8	20,2205	1,45	29,3197		14,7	297,2411	
	4	2,36	3,06	1,55	11,1935	5,175	57,9263		16,25	181,8381	
	5	2,36	3,06	1,1	7,9438	7,85	62,3585		16,25	129,0464	
	6	2,36	3,06	2,8	20,2205	8,745	176,8281		14,7	297,2411	
	7	2,36	3,06	2,5	18,0540	8,745	157,8822		11,65	210,3291	
	8	2,36	3,06	1,2	8,6659	13,85	119,9797		11	95,3251	
	9	2,36	3,06	1,3	9,3881	14,35	134,7189		11,75	110,2630	
	10	2,36	3,06	1,3	9,3881	16,65	156,3115		11,75	110,2630	
	11	2,36	3,06	0,8	5,7773	18,28	105,6087		10,15	58,6105	
	12	2,36	3,06	0,75	5,4162	19,65	106,4283		10,15	54,9473	
	13	2,36	3,06	0,8	5,7773	21,1	121,9006		10,15	58,6105	
	14	2,36	3,06	1	7,2216	23,2	167,5411		10,15	73,2631	
	15	2,36	3,06	4	28,8864	24,05	694,7179		2,4	69,3274	
	16	2,36	3,06	0,8	5,7773	23,3	134,6106		0,145	0,8377	
	17	2,36	3,06	0,85	6,1384	21,13	129,7035		0,145	0,8901	
	18	2,36	3,06	1,3	9,3881	17,34	162,7893		-0,65	-6,1023	
	19	2,36	3,06	0,7	5,0551	16,65	84,1677		-1,15	-5,7881	
	20	2,36	3,06	0,7	5,0551	13,7	69,2551		-1,15	-5,7881	
	21	2,36	3,06	1,3	9,3881	13,64	128,0534		-0,65	-6,1023	
	22	2,36	3,06	0,3	2,1665	13,4	29,0308		0,145	0,3141	
	23	2,36	3,06	0,58	4,1885	11,61	48,6288		0,145	0,6073	
	24	2,36	3,06	1,3	9,3881	11,17	104,8649		-0,65	-6,1023	
	25	2,36	3,06	0,58	4,1885	10,74	44,9848		0,145	0,6073	
	26	2,36	3,06	0,3	2,1665	12,19	26,4094		0,145	0,3141	
	27	2,36	3,06	1,3	9,3881	8,95	84,0233		-0,65	-6,1023	
	28	2,36	3,06	1,2	8,6659	8	69,3274		-1,15	-9,9225	
	29	2,36	3,06	1,1	7,9438	4,95	39,3216		-1,15	-9,0956	
	30	2,36	3,06	1,3	9,3881	4,15	38,9605		-0,65	-6,1023	
	31	2,36	3,06	1,6	11,5546	8,24	95,2096		1,2	13,8655	
	32	2,36	3,06	1,15	8,3048	3,375	28,0288		1,75	14,5335	
	33	2,36	3,06	1,25	9,0270	0,825	7,4473		1,75	15,7973	
	Somme				340,932		3447,962	10,113		2092,137	6,137

Centre de masse des murs extérieur de RDC :

	éléments	G KN/m	h (m)	L (m)	Mi(KN)	Xi(m)	Mi.Xi(kN.m)	X _G (m)	Yi(m)	Mi.Yi(kN.m)	Y _G (m)
RDC	1	2,36	4,08	1	9,6288	0,145	1,3962		5,3	51,0326	
	2	2,36	4,08	1,4	13,4803	0,145	1,9546		8,5	114,5827	
	3	2,36	4,08	0,5	4,8144	0,145	0,6981		10,65	51,2734	
	4	2,36	4,08	0,3	2,8886	0,145	0,4189		10,95	31,6306	
	5	2,36	4,08	2,8	26,9606	8,545	230,3787		14,7	396,3214	
	6	2,36	4,08	2,5	24,0720	8,545	205,6952		11,65	280,4388	
	7	2,36	4,08	0,4	3,8515	14,9	57,3876		10,15	39,0737	
	8	2,36	4,08	0,4	3,8515	15,5	59,6986		10,15	39,0737	
	9	2,36	4,08	0,4	3,8515	16,3	62,7798		10,15	39,0737	
	10	2,36	4,08	0,6	5,7773	18,2	105,1465		10,15	58,6105	
	11	2,36	4,08	1,8	17,3318	23,85	413,2777		3,5	60,6614	
	12	2,36	4,08	0,6	5,7773	23,8	137,4993		2,75	15,8875	
	13	2,36	4,08	0,6	5,7773	20,6	119,0120		2,75	15,8875	
	14	2,36	4,08	0,6	5,7773	17,2	99,3692		2,75	15,8875	
	15	2,36	4,08	1,8	17,3318	13,25	229,5602		3,5	60,6614	
	16	2,36	4,08	0,6	5,7773	13,8	79,7265		2,75	15,8875	
	17	2,36	4,08	1,8	17,3318	13,65	236,5796		3,5	60,6614	
	18	2,36	4,08	1,8	17,3318	8,545	148,1006		3,5	60,6614	
	19	2,36	4,08	1,35	12,9989	8,075	104,9660		2,75	35,7469	
	20	2,36	4,08	0,8	7,7030	4,4	33,8934		2,75	21,1834	
	21	2,36	4,08	1,8	17,3318	4,35	75,3935		3,5	60,6614	
	22	2,36	4,08	0,5	4,8144	3,7	17,8133		4,345	20,9186	
	23	2,36	4,08	0,5	4,8144	0,45	2,1665		4,345	20,9186	
	Somme				233,4984		2422,9118	10,377		1566,7357	6,710

I) Centre de masse par niveau :

Niveau	éléments	Mi(KN)	XG (m)	Mi. XG	YG (m)	Mi.YG	XG (m)	YG (m)
8	poutre trans	213,4125	10,491	2238,911	6,811	1453,5525	10,912	6,538
	poutre long	246,9	10,893	2689,482	6,781	1674,2289		
	plancher terrasse	1203,998	10,638	12808,13	6,555	7892,2095		
	balcons	133,3755	14,586	1945,415	2,068	275,82053		
	voiles L	297,425	12,215	3633,046	6,704	1993,9372		
	voiles T	302,7	10,613	3212,555	7,872	2382,8544		
	acrotère	89,6525	10,333	926,3793	6,925	620,84356		
	poteaux	186,03	10,713	1992,939	7,105	1321,7432		
	murs	340,9317	10,113	3447,842	6,136	2091,9569		
	somme	3014,426		32894,7		19707,147		
6 et 7	poutre trans	213,4125	10,491	2238,911	6,811	1453,5525	9,915	6,56
	poutre long	246,9	10,893	2689,482	6,781	1674,2289		
	plancher hab	1080,869	10,586	11442,08	6,465	6987,8168		
	balcons	133,3755	10,491	1399,242	2,068	275,82053		
	voiles L	297,425	10,893	3239,851	6,704	1993,9372		
	voiles T	302,7	10,586	3204,382	7,872	2382,8544		
	escaliers	96,473	11,124	1073,166	8,608	830,43958		
	poteaux	186,03	10,713	1992,939	7,105	1321,7432		
	murs	340,9317	10,113	3447,842	6,136	2091,9569		
	somme	2898,117		28734,95		19012,35		
5	poutre trans	213,4125	10,491	2238,911	6,811	1453,5525	10,744	6,582
	poutre long	246,9	10,893	2689,482	6,781	1674,2289		
	plancher hab	1080,869	10,586	11442,08	6,465	6987,8168		
	balcons	133,3755	10,491	1399,242	2,068	275,82053		
	voiles L	297,425	12,201	3628,882	6,756	2009,4033		
	voiles T	302,7	10,643	3221,636	7,893	2389,2111		
	escaliers	96,473	11,124	1073,166	8,608	830,43958		
	poteaux	252,99	10,738	2716,607	7,13	1803,8187		
	murs	340,9317	10,113	3447,842	6,136	2091,9569		
	somme	2965,077		31857,84		19516,248		

Suite de tableau :

Niveau	éléments	Mi(KN)	XG (m)	Mi. XG	YG (m)	Mi.YG	XG (m)	YG (m)
3 et 4	poutre trans	213,4125	10,491	2238,911	6,811	1453,5525	10,74	6,511
	poutre long	246,9	10,893	2689,482	6,781	1674,2289		
	plancher hab	1080,869	10,586	11442,08	6,465	6987,8168		
	balcons	180,6695	10,491	1895,404	2,068	373,62453		
	voiles L	297,425	12,201	3628,882	6,756	2009,4033		
	voiles T	302,7	10,643	3221,636	7,893	2389,2111		
	escaliers	96,473	11,124	1073,166	8,608	830,43958		
	poteaux	252,99	10,738	2716,607	7,13	1803,8187		
	murs	340,9317	10,113	3447,842	6,136	2091,9569		
	somme	3012,371		32354,01		19614,052		
2 et 1	poutre trans	213,4125	10,491	2238,911	6,811	1453,5525	10,748	6,537
	poutre long	246,9	10,893	2689,482	6,781	1674,2289		
	plancher hab	1080,869	10,586	11442,08	6,465	6987,8168		
	balcons	180,6695	10,491	1895,404	2,068	373,62453		
	voiles L	297,425	12,219	3634,236	6,81	2025,4643		
	voiles T	302,7	10,673	3230,717	7,913	2395,2651		
	escaliers	96,473	11,124	1073,166	8,608	830,43958		
	poteaux	330,48	10,763	3556,956	7,155	2364,5844		
	murs	340,9317	10,113	3447,842	6,136	2091,9569		
	somme	3089,861		33208,79		20196,933		
RDC	poutre trans	213,4125	10,491	2238,911	6,811	1453,5525	10,346	6,929
	poutre long	246,9	10,893	2689,482	6,781	1674,2289		
	plancher hab	1080,869	10,586	11442,08	6,465	6987,8168		
	voiles L	412,025	12,209	5030,413	6,805	2803,8301		
	voiles T	411,775	6,805	2802,129	7,913	3258,3756		
	escaliers	96,473	11,124	1073,166	8,608	830,43958		
	poteaux	440,64	10,763	4742,608	7,155	3152,7792		
	murs RDC	233,4984	10,376	2422,779	6,709	1566,5408		
	somme	3135,593		32441,56		21727,563		

V- 4) centre de torsion :

Les forces sismiques peuvent engendrer des torsions dans la structure, sur la quelle elles agissent, par rapport au centre de torsion .Ce dernier représente le centre des inerties tel que :

- Une force dans la ligne d'action passe par le centre de torsion engendre uniquement une translation des éléments dans la direction parallèle à celle de la force agissante.
- Un moment dans l'axe vertical passe par le centre de torsion, engendre uniquement une rotation dans le centre du moment.

V-4-1) centre de torsion des voiles :

Les coordonnées de centre de torsion des voiles sont données par les formules suivantes :

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ex} \times X_i}{\sum_{i=1}^n R_{ey}} ; \quad Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ey} \times Y_i}{\sum_{i=1}^n R_{ex}}$$

N.B : Les refends ont tous le même module d'élasticité, la même hauteur et présentent les mêmes conditions aux appuis dans chaque niveau considéré.

Donc on peut simplifier les deux formules précédentes en remplaçant les rigidités par les inerties :

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ex} \times X_i}{\sum_{i=1}^n I_{ey}} ; \quad Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ey} \times Y_i}{\sum_{i=1}^n I_{ex}}$$

Avec :

I_{ex} : Inertie équivalente d'un refend transversal par rapport à l'axe x-x..

X_i : Abscisse du centre de gravité du voile par rapport à l'axe y-y.

I_{ey} : Inertie équivalente d'un refend longitudinal par rapport à l'axe y-y.

Y_i : Abscisse du centre de gravité du voile par rapport à l'axe x-x.

Les résultats de calcul sont donnés dans les tableaux suivants :

➤ Sens longitudinal :

Niveau	Voiles	I _{ex}	X _i	I _x .X _i	X _c
6 ,7 et 8	VL1	1,730	0,1	0,17304	14,484
	VL2	1,067	8,65	9,22609	
	VL3	0,075	10,25	0,7667	
	VL'3	0,075	11,95	0,89386	
	VL4	1,067	13,75	14,66575	
	VL5	3,423	23,95	81,978455	
	Somme	7,436		107,7039	
RDC	VL1	1,730	0,1	0,17304	14,484
	VL2	1,067	8,65	9,22609	
	VL3	0,075	10,25	0,7667	
	VL'3	0,075	11,95	0,89386	
	VL4	1,067	13,75	14,66575	
	VL5	3,423	23,95	81,978455	
	Somme	7,436		107,7039	

➤ Sens transversal :

Niveau	Voiles	I _y	Y _i	I _y .Y _i	Y _c
Du 1 au 8	VT1	0,627	0,1	0,0627	6,972
	VT2	2,615	6,1	15,9515	
	VT3	0,04	10,25	0,41	
	VT4	1,332	16,35	21,7782	
	VT5	2,6244	4,65	12,20346	
	VT6	0,07486	7,8	0,583908	
	Somme	7,31326		50,989768	
RDC	VT1	0,624	0,1	0,0624	6,983
	VT2	2,7	6,1	16,47	
	VT3	0,04	10,25	0,41	
	VT4	1,324	16,35	21,6474	
	VT5	2,7729	4,65	12,893985	
	VT6	0,7486	7,8	5,83908	
	Somme	8,2095		57,322865	

V-4-2) centre de torsion des portiques :

Les coordonnées du centre de torsion des portiques sont données par les formules suivantes :

$$X_{cj} = \frac{R_{jy}^t X_j^t}{\sum R_{jy}^t} \quad ; \quad Y_{cj} = \frac{R_{jx}^t Y_j^t}{\sum R_{jx}^t}$$

Avec :

R_{jx}, R_{jy} : Rigidités des portiques dans le sens (x-x) et (y-y).

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

V-4-2-1) portiques longitudinaux :

Niveaux	Portiques	R _{jy} (KN/m)	X _j (m)	R _{jy} X _j (KN.m)	X _c (m)
7 et 8	G2-G5	26195,53	0,15	3929,33	9,762
	F1-F5	33700,394	4,15	139856,64	
	E1-E2	10249,771	8,55	87635,54	
	E3-E5	20605,388	8,55	176176,07	
	D1-D2	10249,771	13,65	139909,37	
	C1-C3	16361,576	17,05	278964,87	
	B1-B3	16361,576	20,45	334594,23	
	A1-A2	10249,771	23,85	244457,04	
Somme		143973,78	Somme	1405523,1	
6	G2-G5	26273,826	0,15	3941,07	9,762
	F1-F5	33797,285	4,15	140258,73	
	E1-E2	10283,247	8,55	87921,76	
	E3-E5	20675,445	8,55	176775,05	
	D1-D2	10283,247	13,65	140366,32	
	C1-C3	16407,453	17,05	279747,07	
	B1-B3	16407,453	20,45	335532,41	
	A1-A2	10283,247	23,85	245255,44	
Somme		144411,2	Somme	1409797,9	
4 et 5	G2-G5	35526,261	0,175	6217,1	9,541
	F1-F5	45711,594	4,175	190845,9	
	E1-E2	12666,684	8,575	108616,82	
	E3-E5	28101,194	8,575	240967,74	
	D1-D2	12666,684	13,675	173216,9	
	C1-C3	20768,844	17,075	354628,01	
	B1-B3	20768,844	20,475	425242,08	
	A1-A2	12666,684	23,875	302417,08	
Somme		188876,79	Somme	1802151,6	

Suite de tableau :

Niveaux	Portiques	R _{jy} (KN/m)	X _j (m)	R _{jy} X _j (KN.m)	X _c (m)
3	G2-G5	35671,16	0,175	6242,45	9,542
	F1-F5	45897,103	4,175	191620,41	
	E1-E2	12729,011	8,575	109151,27	
	E3-E5	28234,349	8,575	242109,54	
	D1-D2	12729,011	13,675	174069,23	
	C1-C3	20845,177	17,075	355931,4	
	B1-B3	20845,177	20,475	426805	
	A1-A2	12729,011	23,875	303905,14	
Somme		189680	Somme	1809834,4	
2 et 1	G2-G5	43379,294	0,2	8675,86	9,366
	F1-F5	55702,825	4,2	233951,87	
	E1-E2	14325,795	8,6	123201,84	
	E3-E5	34408,208	8,6	295910,59	
	D1-D2	14325,795	13,7	196263,39	
	C1-C3	23982,684	17,1	410103,9	
	B1-B3	23982,684	20,5	491645,02	
	A1-A2	14325,795	23,9	342386,5	
Somme		224433,08	Somme	2102139	
RDC	G2-G5	29869,556	0,2	5973,91	10,011
	F1-F5	37900,097	4,2	159180,41	
	E1-E2	12489,687	8,6	107411,31	
	E3-E5	23077,239	8,6	198464,26	
	D1-D2	12489,687	13,7	171108,71	
	C1-C3	19567,738	17,1	334608,32	
	B1-B3	19567,738	20,5	401138,63	
	A1-A2	12489,687	23,9	298503,52	
Somme		167451,43	Somme	1676389,1	

V-4-2-2) portiques transversaux :

Niveaux	Portiques	R_{jx} (KN/m)	Y_j (m)	$R_{jx}Y_j$ (KN.m)	Y_c (m)
7 et 8	1A-1B	9121,1763	0,15	1368,18	6,838
	1C-1G	20122,169	0,15	3018,33	
	2A-2D	22055,498	4,55	100352,52	
	2E-2G	13851,925	4,55	63026,26	
	3A-3D	22055,498	10,15	223863,3	
	3E-3G	13851,925	10,15	140597,04	
	4E-4G	13851,925	13,05	180767,62	
	5E-5F	7725,1855	16,25	125534,26	
Somme		122635,3	Somme	838527,51	
6	1A-1B	9159,8939	0,15	1373,98	6,835
	1C-1G	20233,979	0,15	3035,1	
	2A-2D	22141,026	4,55	100741,67	
	2E-2G	13898,699	4,55	63239,08	
	3A-3D	22141,026	10,15	224731,41	
	3E-3G	13898,699	10,15	141071,79	
	4E-4G	13898,699	13,05	181378,02	
	5E-5F	7758,3685	16,25	126073,49	
Somme		123130,39	Somme	841644,55	
4 et 5	1A-1B	11133,046	0,175	1948,28	6,803
	1C-1G	25938,854	0,175	4539,3	
	2A-2D	28576,512	4,575	130737,54	
	2E-2G	17105,549	4,575	78257,89	
	3A-3D	28576,512	10,175	290766,01	
	3E-3G	17105,549	10,175	174048,96	
	4E-4G	17105,549	13,075	223655,05	
	5E-5F	9097,7231	16,275	148065,44	
Somme		154639,29	Somme	1052018,5	

Suite de tableau :

Niveaux	Portiques	R_{jx} (KN/m)	Y_j (m)	$R_{jx}Y_j$ (KN.m)	Y_c (m)
3	1A-1B	11206,423	0,175	1961,12	6,805
	1C-1G	26064,932	0,175	4561,36	
	2A-2D	28921,84	4,575	132317,42	
	2E-2G	17206,051	4,575	78717,68	
	3A-3D	28921,84	10,175	294279,72	
	3E-3G	17206,051	10,175	175071,57	
	4E-4G	17206,051	13,075	224969,12	
	5E-5F	9145,7777	16,275	148847,53	
Somme		155878,97	Somme	1060725,5	
2 et 1	1A-1B	12518,52	0,2	2503,7	6,802
	1C-1G	29887,764	0,2	5977,55	
	2A-2D	33567,438	4,6	154410,21	
	2E-2G	19380,353	4,6	89149,62	
	3A-3D	33567,438	10,2	342387,87	
	3E-3G	19380,353	10,2	197679,6	
	4E-4G	19380,353	13,1	253882,62	
	5E-5F	9953,2259	16,3	162237,58	
Somme		177635,44	Somme	1208228,8	
RDC	1A-1B	20001,573	0,2	4000,31	6,603
	1C-1G	24922,214	0,2	4984,44	
	2A-2D	26195,202	4,6	120497,93	
	2E-2G	17594,419	4,6	80934,33	
	3A-3D	26195,202	10,2	267191,06	
	3E-3G	17594,419	10,2	179463,07	
	4E-4G	17594,419	13,1	230486,89	
	5E-5F	10674,652	16,3	173996,83	
Somme		160772,1	Somme	1061554,9	

V-4-2-3) centre de torsion de la structure (portiques + voiles) :

Les coordonnées du centre de torsion des portiques –voiles sont données par les formules suivantes :

$$X_{cj} = \frac{\sum R_{jpy} X_{cp} + \sum R_{jvy} X_{cv}}{\sum (R_{jpy} + R_{jvy})} \text{ et } Y_{cj} = \frac{\sum R_{jpx} X_{cp} + \sum R_{jvx} Y_{cv}}{\sum (R_{jpy} + R_{jvy})}$$

R_{jxp}, R_{jyp} : Rigidités des portiques dans le sens (x-x) et (y-y).

R_{jx}, R_{jy} : Rigidités des voiles dans le sens (x-x) et (y-y).

X_{cp}, Y_{cp} : Centre de torsion des portiques.

X_{cv}, Y_{cv} : Centre de torsion des voiles.

➤ **Sens longitudinal :**

élément	Rjy KN/m	Xcp	Rjvy KN/m	Xcv m	Xc
7 et 8	143973,78	9,762	10016935	14,484	14,417
6	144411,20	9,762	10016935	14,484	14,417
4 et 5	188876,79	9,541	10016935	14,484	14,393
3	189680,00	9,542	10016935	14,484	14,392
1 et 2	224433,08	9,366	10016935	14,484	14,372
RDC	167451,43	10,011	42260864	14,484	14,466

➤ **Sens transversal :**

élément	Rjy KN/m	Ycp	RjvxKN/m	Ycv	Yc
7 et 8	122635,30	6,838	6215373	6,972	6,969
6	123130,39	6,835	6215373	6,972	6,969
4 et 5	154639,29	6,803	6215373	6,972	6,968
3	155878,97	6,805	6215373	6,972	6,968
1 et 2	177635,44	6,802	6215373	6,972	6,967
RDC	160772,1	6,603	44780387	6,983	6,982

V – 6) calcul des excentricités (Art 4 – 2-7/RPA 99) :

Pour toutes les structures comportant des planchers ou diaphragmes horizontaux

rigides dans leur plan, ou supposera qu' chaque niveau et dans chaque direction, la résultantes des forces horizontales à une excentricité par rapport au centre de torsion égale à la plus grande des valeurs.

- Excentricité accidentelle : 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau.
- Excentricité théorique résultant des plans (e_x, e_y)

$$e_x = X_G - X_C$$

$$e_y = Y_G - Y_C$$

❖ **Excentricité théorique :**

Niveau	RDC	1	2	3	4	5	6	7	8
XG (m)	10,346	10,748	10,748	10,742	10,74	10,744	9,915	9,915	10,912
Xc(m)	14,466	14,372	14,372	14,393	14,393	14,393	14,417	14,417	14,417
ex(m)	-4,12	-3,624	-3,624	-3,651	-3,653	-3,649	-4,502	-4,502	-3,505
YG (m)	6,929	6,537	6,537	6,511	6,511	6,582	6,56	6,56	6,538
Yc(m)	6,982	6,967	6,967	6,968	6,968	6,968	6,969	6,969	6,969
ey(m)	-0,053	-0,43	-0,43	-0,457	-0,457	-0,386	-0,409	-0,409	-0,431

❖ **Excentricité accidentelle :**

$$e = \max (e_{\text{théorique}}, e_{\text{accidentelle}})$$

$$e_{\text{acc}} = 0,05 \times L_x = 0,05 \times 24,10 = 1,205 \text{ m}$$

$$e_{\text{acc}} = 0,05 \times L_y = 0,05 \times 16,50 = 0,852 \text{ m}$$

L'excentricité théorique calculée pour chaque niveau est supérieur à l'excentricité accidentelle dans les deux sens.

L'excentricité du centre de masse par rapport au centre de torsion a chaque niveau et dans chaque direction est prise égale à l'excentricité théorique $e = 4,502$

❖ Inertie polaire des voiles :

$$J\theta = \sum I_x d_1^2 + \sum I_y d_2^2$$

Avec :

$J\theta$: inertie polaire des voiles.

d_2 : distance entre le voile transversal « V_T » et le centre de torsion C .

d_1 : distance entre le voile longitudinal « V_L » et le centre de torsion C .

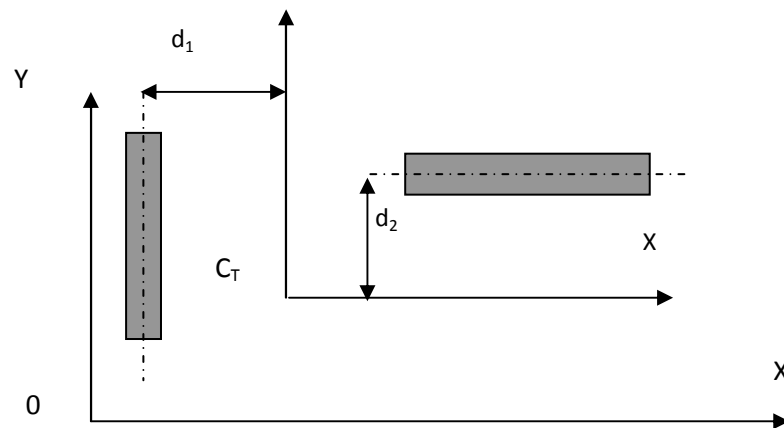


Figure V-4 inertie polaire d'un voile.

❖ Sens longitudinal :

		sens longitudinal			
niveau	voiles	$I_x \text{ m}^4$	$d_1(\text{ m})$	$I_x d_1^2$	$\sum I_x d_1^2$
6,7 et 8	VL1	1,73	-14,317	354,60933	706,577
	VL2	1,067	-5,76	35,400499	
	VL3	0,075	-3,99	1,1940075	
	VL'3	0,075	-2,3	0,39675	
	VL4	1,067	-0,88	0,8262848	
	VL5	3,423	9,58	314,15062	
3,4 et 5	VL1	1,73	-14,29	353,27309	706,253
	VL2	1,067	-5,74	35,155089	
	VL3	0,075	-3,97	1,1820675	
	VL'3	0,075	-2,28	0,38988	
	VL4	1,067	-0,86	0,7891532	
	VL5	3,423	9,6	315,46368	
1 et 2	VL1	1,73	-14,27	352,28492	706,281
	VL2	1,067	-5,72	34,910533	
	VL3	0,075	-3,95	1,1701875	
	VL'3	0,075	-2,26	0,38307	
	VL4	1,067	-0,84	0,7528752	
	VL5	3,423	9,62	316,77948	
RDC	VL1	1,73	-14,36	356,74261	712,760
	VL2	1,067	-5,81	36,017759	
	VL3	0,075	-4,04	1,22412	
	VL'3	0,075	-2,35	0,4141875	
	VL4	1,067	-0,93	0,9228483	
	VL5	3,423	9,63	317,43841	

❖ Sens transversal :

niveau	voiles	sens transversal			
		$I_y \text{ m}^4$	$d_2(\text{ m})$	$I_x d_1^2$	$\sum I_x d_2^2$
6,7 et 8	VT1	0,627	-6,86	29,506369	86,687
	VT2	2,615	-2,32	14,074976	
	VT3	0,04	-0,46	0,008464	
	VT4	1,332	1,61	3,4526772	
	VT5	2,6244	3,53	32,702386	
	VT6	0,07486	9,63	6,9422843	
3,4 et 5	VT1	0,627	-6,86	29,506369	86,687
	VT2	2,615	-2,32	14,074976	
	VT3	0,04	-0,46	0,008464	
	VT4	1,332	1,61	3,4526772	
	VT5	2,6244	3,53	32,702386	
	VT6	0,07486	9,63	6,9422843	
1 et 2	VT1	0,627	-6,86	29,506369	86,687
	VT2	2,615	-2,32	14,074976	
	VT3	0,04	-0,46	0,008464	
	VT4	1,332	1,61	3,4526772	
	VT5	2,6244	3,53	32,702386	
	VT6	0,07486	9,63	6,9422843	
RDC	VT1	0,624	-6,88	29,536666	150,974
	VT2	2,7	-2,34	14,78412	
	VT3	0,04	0,48	0,009216	
	VT4	1,324	1,59	3,3472044	
	VT5	2,7729	3,51	34,162405	
	VT6	0,7486	9,61	69,134782	

❖ Inertie polaire des voiles pour chaque niveau :

Niveau	$\sum I_x d_1^2 (\text{m}^6)$	$\sum I_x d_2^2 (\text{m}^6)$	$j\theta (\text{m}^6)$
6,7 et 8	706,577	86,687	793,264
3,4 et 5	706,253	86,687	792,940
1 et 2	706,281	86,687	792,968
RDC	712,76	150,974	863,734

❖ Rigidité à la torsion de l'étage « j » :

$$Rj\theta = \Sigma Rj_x^l (Y_j^l)^2 + \Sigma Rj_y^t (X_j^t)^2$$

X_j^t = distance entre l'axe du portique transversal et l'axe Y_c .

Y_j^l : distance entre l'axe du portique longitudinal

Rj_y^t : Rigidité du portique transversal.

Rj_x^l : Rigidité du portique longitudinal.

Les résultats sont donnés sous forme de tableaux :

➤ Sens longitudinal :

NIVEAUX	PORTIQUES	Rjy (KN/m)	Xj (m)	(Xj) ² (m) ²	Rjy.(Xj) ²	ΣRjy.(Xj ^T) ²
7 et 8	G2-G5	26195,53	3,281	10,76	281993,87	1909541,5
	F1-F5	33700,394	1,081	1,17	39380,966	
	E1-E2	10249,771	-4,769	22,74	233114,24	
	E3-E5	20605,388	6,081	36,98	761957,6	
	D1-D2	10249,771	-4,769	22,74	233114,24	
	C1-C3	16361,576	-1,969	3,88	63433,192	
	B1-B3	16361,576	-1,969	3,88	63433,192	
	A1-A2	10249,771	-4,769	22,74	233114,24	
6	G2-G5	26273,826	3,281	10,76	282836,71	1915728
	F1-F5	33797,285	1,081	1,17	39494,189	
	E1-E2	10283,247	-4,769	22,74	233875,6	
	E3-E5	20675,445	6,081	36,98	764548,2	
	D1-D2	10283,247	-4,769	22,74	233875,6	
	C1-C3	16407,453	-1,969	3,88	63611,055	
	B1-B3	16407,453	-1,969	3,88	63611,055	
	A1-A2	10283,247	-4,769	22,74	233875,6	
4 et 5	G2-G5	35526,261	3,282	10,77	382671,97	2500434,1
	F1-F5	45711,594	1,082	1,17	53515,66	
	E1-E2	12666,684	-4,768	22,73	287962,17	
	E3-E5	28101,194	6,082	36,99	1039483,5	
	D1-D2	12666,684	-4,768	22,73	287962,17	
	C1-C3	20768,844	-1,968	3,87	80438,231	
	B1-B3	20768,844	-1,968	3,87	80438,231	
	A1-A2	12666,684	-4,768	22,73	287962,17	

Suite de tableau :

NIVEAUX	PORTIQUES	R _{jy} (KN/m)	X _j (m)	(X _j) ² (m) ²	R _{jy} .(X _j) ²	ΣR _{jy} .(X _j ^T) ²
3	G2-G5	35671,16	3,282	10,77	384232,76	2511979,6
	F1-F5	45897,103	1,082	1,17	53732,84	
	E1-E2	12729,011	-4,768	22,73	289379,1	
	E3-E5	28234,349	6,082	36,99	1044409	
	D1-D2	12729,011	-4,768	22,73	289379,1	
	C1-C3	20845,177	-1,968	3,87	80733,871	
	B1-B3	20845,177	-1,968	3,87	80733,871	
	A1-A2	12729,011	-4,768	22,73	289379,1	
2 et 1	G2-G5	43379,294	3,283	10,78	467545,89	2968295
	F1-F5	55702,825	1,083	1,17	65333,231	
	E1-E2	14325,795	-4,767	22,72	325543,51	
	E3-E5	34408,208	6,083	37	1273203,1	
	D1-D2	14325,795	-4,767	22,72	325543,51	
	C1-C3	23982,684	-1,967	3,87	92791,139	
	B1-B3	23982,684	-1,967	3,87	92791,139	
	A1-A2	14325,795	-4,767	22,72	325543,51	
RDC	G2-G5	29869,556	3,268	10,68	319001,6	2222511,2
	F1-F5	37900,097	1,068	1,14	43229,76	
	E1-E2	12489,687	-4,782	22,87	285608,22	
	E3-E5	23077,239	6,068	36,82	849718,34	
	D1-D2	12489,687	-4,782	22,87	285608,22	
	C1-C3	19567,738	-1,982	3,93	76868,415	
	B1-B3	19567,738	-1,982	3,93	76868,415	
	A1-A2	12489,687	-4,782	22,87	285608,22	

➤ Sens transversal :

Niveaux	Portiques	R _{jx} (KN/m)	Y _j (m)	(Y _j) ² (m) ²	R _{jx} .(Y _j) ²	ΣR _{jx} .(Y _j ^T) ²
7 et 8	1A-1B	9121,1763	7,583	57,5	524484,87	6872252,023
	1C-1G	20122,169	-5,967	35,61	716451,62	
	2A-2D	22055,498	4,183	17,5	385915,83	
	2E-2G	13851,925	-10,217	104,39	1445962,1	
	3A-3D	22055,498	4,183	17,5	385915,83	
	3E-3G	13851,925	-10,217	104,39	1445962,1	
	4E-4G	13851,925	-10,217	104,39	1445962,1	
	5E-5F	7725,1855	-8,217	67,52	521597,49	
6	1A-1B	9159,8939	7,583	57,5	526711,2	6898340,705
	1C-1G	20233,979	-5,967	35,61	720432,62	
	2A-2D	22141,026	4,183	17,5	387412,36	
	2E-2G	13898,699	-10,217	104,39	1450844,7	
	3A-3D	22141,026	4,183	17,5	387412,36	
	3E-3G	13898,699	-10,217	104,39	1450844,7	
	4E-4G	13898,699	-10,217	104,39	1450844,7	
	5E-5F	7758,3685	-8,217	67,52	523837,97	
4 et 5	1A-1B	11133,046	7,607	57,87	644229,84	8514258,803
	1C-1G	25938,854	-5,943	35,32	916140,84	
	2A-2D	28576,512	4,207	17,7	505771,37	
	2E-2G	17105,549	-10,193	103,9	1777219,5	
	3A-3D	28576,512	4,207	17,7	505771,37	
	3E-3G	17105,549	-10,193	103,9	1777219,5	
	4E-4G	17105,549	-10,193	103,9	1777219,5	
	5E-5F	9097,7231	-8,193	67,13	610686,93	

Suite de tableaux :

Niveaux	Portiques	R _{jx} (KN/m)	Y _j (m)	(Y _j) ² (m) ²	R _{jx} .(Y _j) ²	ΣR _{jx} .(Y _j ^T) ²
3	1A-1B	11206,423	7,607	57,87	648475,91	8569732,99
	1C-1G	26064,932	-5,943	35,32	920593,82	
	2A-2D	28921,84	4,207	17,7	511883,28	
	2E-2G	17206,051	-10,193	103,9	1787661,4	
	3A-3D	28921,84	4,207	17,7	511883,28	
	3E-3G	17206,051	-10,193	103,9	1787661,4	
	4E-4G	17206,051	-10,193	103,9	1787661,4	
	5E-5F	9145,7777	-8,193	67,13	613912,61	
2 et 1	1A-1B	12518,52	7,628	58,19	728407,41	9657687,27
	1C-1G	29887,764	-5,922	35,07	1048166,4	
	2A-2D	33567,438	4,228	17,88	600050,98	
	2E-2G	19380,353	-10,172	103,47	2005277,1	
	3A-3D	33567,438	4,228	17,88	600050,98	
	3E-3G	19380,353	-10,172	103,47	2005277,1	
	4E-4G	19380,353	-10,172	103,47	2005277,1	
	5E-5F	9953,2259	-8,175	66,83	665180,31	
RDC	1A-1B	20001,573	7,534	56,76	1135312,4	9224884,96
	1C-1G	24922,214	-6,016	36,19	901991,15	
	2A-2D	26195,202	4,134	17,09	447674,85	
	2E-2G	17594,419	-10,266	105,39	1854289,1	
	3A-3D	26195,202	4,134	17,09	447674,85	
	3E-3G	17594,419	-10,266	105,39	1854289,1	
	4E-4G	17594,419	-10,266	105,39	1854289,1	
	5E-5F	10674,652	-8,266	68,33	729364,34	

❖ Récapitulatif des rigidités à la torsion :

niveau	8_7	6	5_4	3	2_1	RDC
ΣR _{jx} .(y _j ^T) ²	6872252,023	6898340,705	8514258,803	8569732,987	9657687,271	9224884,956
ΣR _{jy} .(X _j ^T) ²	1909541,543	1915728,013	2500434,101	2511979,636	2968295,018	2222511,183
R _{jθ} (KN.m)	8781793,566	8814068,718	11014692,9	11081712,62	12625982,29	11447396,14

V-6) Etude des éléments de contreventement :**V-6-1) calcul des inerties fictives des portiques (méthode des approximations successives) :**

Elle consiste à attribuer une inertie fictive aux portiques, qui sera déterminée en calculant les déplacements de chaque portique au droit de chaque plancher ; sous l'effet d'une série de forces horizontales égales à 1 tonne, et en comparant ces déplacements aux flèches que prendrait un refend bien déterminé de l'ouvrage sous l'effet du même système de forces horizontales. Connaissant l'inertie du refend choisie, il est alors possible d'attribuer à chaque portique et pour chaque niveau une inertie fictive.

V-6-2) calcul des flèches dans les refends :(méthode des moments des aires) :

la flèche que prendrait un refend à un niveau (i) suite à une série de forces égales à 1 tonne et donnée par la formule suivante :

$$f_i = \frac{\sum S_i \cdot d_i}{E \cdot I}$$

Avec :

S_i : élément de surface du niveau " i " donné par le diagramme des moments,

f_i : flèche du refend choisi au niveau " i ",

d_i : distance entre le CDG de S_i et le niveau considéré.

Sachant que la section du trapèze égale à :

$$S_i = \frac{(b_{i+1} + b_i) \cdot h_i}{2}$$

La distance du CDG d'un trapèze à sa plus petite base

$$d_i = \frac{h_i \cdot (2 \cdot b_i + b_{i+1})}{3 \cdot (b_i + b_{i+1})}$$

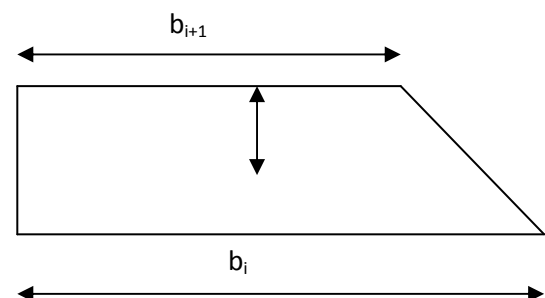


Fig5 .6 : Trapèze de calcul

Le tableau ci-dessous donne les aires « S_i » et la distance du centre de gravité « d_i » par rapport à la petite base du trapèze constituant le diagramme des moments :

➤ La flèche des refends par niveau :

Niveau	h(m)	bi+1	bi	Si	di	Fi*EI
8	3,06	0	3,06	4,6818	2,040	30631,104
7	3,06	3,06	9,18	18,7272	1,785	26160,7341
6	3,06	9,18	18,36	42,1362	1,700	21703,4878
5	3,06	18,36	30,6	74,9088	1,658	17392,5655
4	3,06	30,6	45,9	117,045	1,632	13230,5014
3	3,06	45,9	64,2	168,453	1,615	9359,77647
2	3,06	64,2	85,62	229,2246	1,603	5923,48353
1	3,06	85,62	110,1	299,4516	1,594	3093,22242
RDC	4,08	110,1	137,64	505,3896	2,116	1069,19827

Les flèches dans les niveaux :

Au niveau RDC : $f_{RDC} = \frac{1069,19827}{EI}$

Au niveau 1 : $f_1 = \frac{3093,22242}{EI}$

Au niveau 2 : $f_2 = \frac{5923,48353}{EI}$

Au niveau 3 : $f_3 = \frac{9359,77647}{EI}$

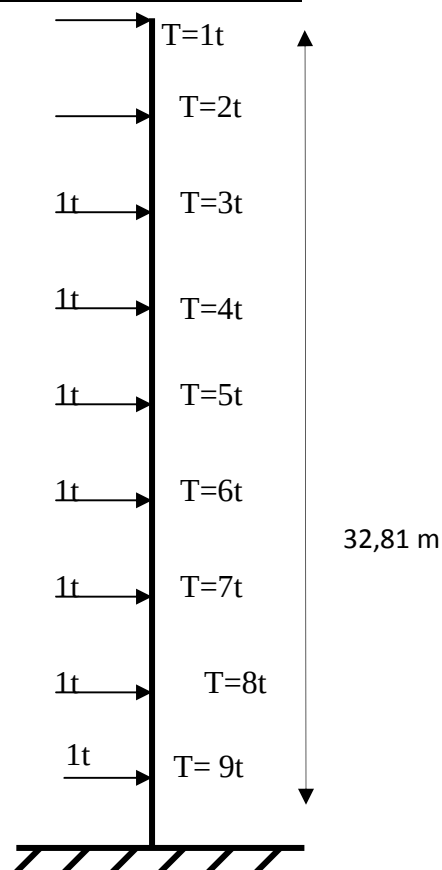
Au niveau 4 : $f_4 = \frac{13230,5014}{EI}$

Au niveau 5 : $f_5 = \frac{17392,5655}{EI}$

Au niveau 6 : $f_6 = \frac{21703,4878}{EI}$

Au niveau 7 : $f_7 = \frac{26160,7341}{EI}$

Au niveau 8 : $f_8 = \frac{30631,104}{EI}$



V -6-3) Calcule des déplacements des portiques (Méthode itérative) :**A/ Rotation d'étage :**

- Pour les niveaux supérieurs :

$$E\theta_n = \frac{M_n + M_{n+1}}{24 \sum K_{tn}}$$

- Pour le premier niveau :

$$E\theta_n = \frac{M_1 + M_2}{24 \sum K_{t1} + 2 \sum K_{p1}} \text{Poteau encastrés en pied}$$

$$E\theta_n = \frac{M_1 + M_2}{24 \sum K_{t1}} \text{Poteau articulés en pied}$$

$$\text{Avec : } M_n = T_n \times h_n \text{ et } M_{n+1} = T_{n+1} \times h_{n+1}$$

$$K_{tn} : \text{Raideur des poutres } K = \frac{I_{tn}}{L}$$

$$K_{pn} : \text{Raideur des poteaux } K = \frac{I_{pn}}{h}$$

h : hauteur d'étage

L : portée libre de la poutre

$$\sum K_{tn} = \text{Somme des raideurs des poutres du } n^{\text{ième}} \text{ niveau et } K_{tn} = \frac{I_{tn}}{L}$$

$$\sum K_{pn} = \text{Somme des raideurs des poteaux du } n^{\text{ième}} \text{ niveau et } K_{pn} = \frac{I_{pn}}{h}$$

B/ Le déplacement :

$$E\psi_n = \frac{M_n}{12 \sum K_{pn}} + \frac{E\theta_n + E\theta_{n+1}}{2}$$

E : Module d'élasticité

- Déplacements de chaque niveau :

$$E\Delta_n = E\psi_n \times h$$

- Déplacements du portique au niveau (i) :

$$\Delta_i = \sum_{n=1}^i \Delta_n$$

C/ Inertie fictive I_e :

$$I_e = \frac{f_i}{\Delta_i}$$

f_i = Flèche du refond au niveau (i).

Δ_i = Déplacement du portique au niveau (i).

Les résultats du calcul sont donnés dans les tableaux suivants.

✓ Inertie fictives des portiques sens longitudinal :

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				Efn	Ien	ΣIen
		$10^{-4} \sum K_{pn}$	$10^{-4} \sum K_{in}$	Mn(t)	Mn+1	Eθn	Eψn	EΔn	$D_n = \sum E\Delta_n$			
8	G2-G5	9,608	13,7847	3,06	0	92,5	450,4	1 378,20	43 003,20	30631,1	0,71	3,71
	F1-F5	12,0105	17,5056			72,8	358	1 095,40	34 133,50		0,9	
	E1-E2	4,8042	3,7209			342,7	1 216,10	3 721,30	125 969,10		0,24	
	E3-E5	7,2063	10,8756			117,2	588,3	1 800,30	55 739,00		0,55	
	D1-D2	4,8042	3,7209			342,7	1 216,10	3 721,30	125 969,10		0,24	
	C1-C3	7,2063	6,63			192,3	738,5	2 259,70	74 962,20		0,41	
	B1-B3	7,2063	6,63			192,3	738,5	2 259,70	74 962,20		0,41	
	A1-A2	4,8042	3,7209			342,7	1 216,10	3 721,30	125 969,10		0,24	
7	G2-G5	9,608	13,7847	6,12	3,06	277,5	900,8	2 756,40	41 625,00	26160,7	0,63	3,27
	F1-F5	12,0105	17,5056			218,5	716	2 190,80	33 038,00		0,79	
	E1-E2	4,8042	3,7209			1 028,00	2 432,20	7 442,60	122 247,90		0,21	
	E3-E5	7,2063	10,8756			351,7	1 176,70	3 600,60	53 938,70		0,49	
	D1-D2	4,8042	3,7209			1 028,00	2 432,20	7 442,60	122 247,90		0,21	
	C1-C3	7,2063	6,63			576,9	1 476,90	4 519,50	72 702,40		0,36	
	B1-B3	7,2063	6,63			576,9	1 476,90	4 519,50	72 702,40		0,36	
	A1-A2	4,8042	3,7209			1 028,00	2 432,20	7 442,60	122 247,90		0,21	

Suite de tableaux

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				E _{fn}	I _{en}	ΣI _{en}
		$10^{-4} \sum K_{pn}$	$10^{-4} \sum K_{tn}$	M _{n(t)}	M _{n+1}	Eθ _n	Eψ _n	EΔ _n	D _n =ΣEΔ _n			
6	G2-G5	9,608	13,785	9,18	6,12	462,5	1 346,20	4 119,40	38 868,60	21703,5	0,56	2,9
	F1-F5	12,011	17,506			364,2	1 070,20	3 274,90	30 847,20		0,7	
	E1-E2	4,8042	3,7209			1 713,30	3 634,40	11 121,10	114 805,30		0,19	
	E3-E5	7,2063	10,876			586,2	1 758,00	5 379,40	50 338,10		0,43	
	D1-D2	4,8042	3,7209			1 713,30	3 634,40	11 121,10	114 805,30		0,19	
	C1-C3	7,2063	6,63			961,5	2 208,30	6 757,50	68 183,00		0,32	
	B1-B3	7,2063	6,63			961,5	2 208,30	6 757,50	68 183,00		0,32	
	A1-A2	4,8042	3,7209			1 713,30	3 634,40	11 121,10	114 805,30		0,19	
5	G2-G5	17,644	14	12,24	9,18	637,5	1 306,70	3 998,40	34 749,30	17392,6	0,5	2,59
	F1-F5	22,055	17,765			502,4	1 036,70	3 172,20	27 572,30		0,63	
	E1-E2	8,822	3,7647			2 370,70	3 865,60	11 828,70	103 684,20		0,17	
	E3-E5	13,233	11,064			806,7	1 692,70	5 179,70	44 958,70		0,39	
	D1-D2	8,822	3,7647			2 370,70	3 865,60	11 828,70	103 684,20		0,17	
	C1-C3	13,233	6,7005			1 332,00	2 293,10	7 016,80	61 425,50		0,28	
	B1-B3	13,233	6,7005			1 332,00	2 293,10	7 016,80	61 425,50		0,28	
	A1-A2	8,822	3,7647			2 370,70	3 865,60	11 828,70	103 684,20		0,17	

Suite :

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				E _{fn}	I _{en}	ΣI _{en}
		10 ⁻⁴ ΣK _{pn}	10 ⁻⁴ ΣK _{tn}	M _{n(t)}	M _{n+1}	Eθ _n	Eψ _n	EΔ _n	D _n =ΣEΔ _n			
4	G2-G5	17,644	14	15,3	12,24	819,6	1 633,30	4 998,00	30 750,80	13230,5	0,43	2,22
	F1-F5	22,055	17,765			645,9	1 295,80	3 965,20	24 400,10		0,54	
	E1-E2	8,822	3,7647			3 048,10	4 832,00	14 785,80	91 855,50		0,14	
	E3-E5	13,233	11,064			1 037,10	2 115,90	6 474,60	39 779,00		0,33	
	D1-D2	8,822	3,7647			3 048,10	4 832,00	14 785,80	91 855,50		0,14	
	C1-C3	13,233	6,7005			1 712,60	2 866,30	8 771,00	54 408,70		0,24	
	B1-B3	13,233	6,7005			1 712,60	2 866,30	8 771,00	54 408,70		0,24	
	A1-A2	8,822	3,7647			3 048,10	4 832,00	14 785,80	91 855,50		0,14	
3	G2-G5	17,644	14	18,36	15,3	1 001,80	1 950,80	5 969,30	25 752,80	9359,78	0,36	1,88
	F1-F5	22,055	17,765			789,5	1 548,10	4 737,10	20 434,90		0,46	
	E1-E2	8,822	3,7647			3 725,40	5 772,50	17 663,80	77 069,70		0,12	
	E3-E5	13,233	11,064			1 267,60	2 526,10	7 729,80	33 304,40		0,28	
	D1-D2	8,822	3,7647			3 725,40	5 772,50	17 663,80	77 069,70		0,12	
	C1-C3	13,233	6,7005			2 093,10	3 426,50	10 485,00	45 637,70		0,21	
	B1-B3	13,233	6,7005			2 093,10	3 426,50	10 485,00	45 637,70		0,21	
	A1-A2	8,822	3,7647			3 725,40	5 772,50	17 663,80	77 069,70		0,12	

Suite :

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				Efn	Ien	$\sum I_{en}$
		$10^{-4} \sum K_{pn}$	$10^{-4} \sum K_{tn}$	Mn(t)	Mn+1	E θ_n	E ψ_n	E Δ_n	D $_n = \sum E\Delta_n$			
2	G2-G5	29,837	14,222	21,42	18,36	1 165,40	1 853,30	5 671,20	19 783,50	5923,48	0,3	1,54
	F1-F5	37,296	18,032			919,2	1 468,50	4 493,70	15 697,80		0,38	
	E1-E2	14,918	3,8095			4 351,00	5 882,20	17 999,40	59 405,90		0,1	
	E3-E5	22,378	11,259			1 472,10	2 383,00	7 292,10	25 574,70		0,23	
	D1-D2	14,918	3,8095			4 351,00	5 882,20	17 999,40	59 405,90		0,1	
	C1-C3	22,378	6,7725			2 447,40	3 433,30	10 506,00	35 152,70		0,17	
	B1-B3	22,378	6,7725			2 447,40	3 433,30	10 506,00	35 152,70		0,17	
	A1-A2	14,918	3,8095			4 351,00	5 882,20	17 999,40	59 405,90		0,1	
1	G2-G5	29,837	14,222	24,48	21,42	1 344,70	2 133,00	6 527,10	14 112,30	3093,22	0,22	1,14
	F1-F5	37,296	18,032			1 060,60	1 690,10	5 171,70	11 204,10		0,28	
	E1-E2	14,918	3,8095			5 020,30	6 778,30	20 741,50	41 406,40		0,07	
	E3-E5	22,378	11,259			1 698,60	2 742,30	8 391,50	18 282,60		0,17	
	D1-D2	14,918	3,8095			5 020,30	6 778,30	20 741,50	41 406,40		0,07	
	C1-C3	22,378	6,7725			2 823,90	3 955,20	12 102,90	24 646,70		0,13	
	B1-B3	22,378	6,7725			2 823,90	3 955,20	12 102,90	24 646,70		0,13	
	A1-A2	14,918	3,8095			5 020,30	6 778,30	20 741,50	41 406,40		0,07	
RDC	G2-G5	21,993	14,222	28,56	24,48	1 553,90	1 859,10	7 585,20	7 585,20	1069,2	0,14	0,75
	F1-F5	27,492	18,032			1 225,60	1 478,50	6 032,40	6 032,40		0,18	
	E1-E2	10,997	3,8095			5 801,30	5 064,90	20 665,00	20 665,00		0,05	
	E3-E5	16,495	11,259			1 962,80	2 424,30	9 891,10	9 891,10		0,11	
	D1-D2	10,997	3,8095			5 801,30	5 064,90	20 665,00	20 665,00		0,05	
	C1-C3	16,495	6,7725			3 263,20	3 074,50	12 543,80	12 543,80		0,09	
	B1-B3	16,495	6,7725			3 263,20	3 074,50	12 543,80	12 543,80		0,09	
	A1-A2	10,997	3,8095			5 801,30	5 064,90	20 665,00	20 665,00		0,05	

✓ Inertie fictive des portiques sens transversal :

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				E _{fn}	I _{en}	ΣI _{en}
		10 ⁻⁴ ΣK _{pn}	10 ⁻⁴ ΣK _{tn}	M _n (t)	M _{n+1}	Eθ _n	Eψ _n	EΔ _n	D _n =ΣEΔ _n			
8	1A-1B	4,72026	3,273	3,06	0	389,6	1 319,30	4 037,10	132 323,70	30631,1	0,23	3,44
	1C-1G	11,8007	16,398			77,8	371,6	1 137,10	43 090,90		0,71	
	2A-2D	9,44052	9,8187			129,9	529,8	1 621,30	50 461,10		0,61	
	2E-2G	7,08039	5,2734			241,8	843,7	2 581,70	84 137,30		0,36	
	3A-3D	9,44052	9,8187			129,9	529,8	1 621,30	50 461,10		0,61	
	3E-3G	7,08039	5,2734			241,8	843,7	2 581,70	84 137,30		0,36	
	4E-4G	7,08039	5,2734			241,8	843,7	2 581,70	84 137,30		0,36	
	5E-5F	4,72026	2,5073			508,5	1 557,30	4 765,20	161 745,00		0,19	
7	1A-1B	4,72026	3,273	6,12	3,06	1 168,70	2 638,70	8 074,30	128 286,60	26160,7	0,2	3,03
	1C-1G	11,8007	16,398			233,3	743,2	2 274,20	41 953,80		0,62	
	2A-2D	9,44052	9,8187			389,6	1 059,60	3 242,50	48 839,80		0,54	
	2E-2G	7,08039	5,2734			725,3	1 687,40	5 163,50	81 555,60		0,32	
	3A-3D	9,44052	9,8187			389,6	1 059,60	3 242,50	48 839,80		0,54	
	3E-3G	7,08039	5,2734			725,3	1 687,40	5 163,50	81 555,60		0,32	
	4E-4G	7,08039	5,2734			725,3	1 687,40	5 163,50	81 555,60		0,32	
	5E-5F	4,72026	2,5073			1 525,50	3 114,50	9 530,40	156 979,80		0,17	
6	1A-1B	4,72026	3,273	9,18	6,12	1 947,80	3 937,10	12 047,40	120 212,30	21703,5	0,18	2,68
	1C-1G	11,8007	16,398			388,8	1 254,30	3 838,30	39 679,60		0,55	
	2A-2D	9,44052	9,8187			649,3	1 582,50	4 842,50	45 597,30		0,48	
	2E-2G	7,08039	5,2734			1 208,90	2 520,70	7 713,30	76 392,10		0,28	
	3A-3D	9,44052	9,8187			649,3	1 582,50	4 842,50	45 597,30		0,48	
	3E-3G	7,08039	5,2734			1 208,90	2 520,70	7 713,30	76 392,10		0,28	
	4E-4G	7,08039	5,2734			1 208,90	2 520,70	7 713,30	76 392,10		0,28	
	5E-5F	4,72026	2,5073			2 542,60	4 650,70	14 231,00	147 449,50		0,15	

Suite de tableaux :

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				Efn	Ien	$\sum Ien$
		$10^{-4} \sum K_{pn}$	$10^{-4} \sum K_m$	Mn(t)	Mn+1	E θ_n	E ψ_n	E Δ_n	$D_n = \sum E\Delta_n$			
5	1A-1B	8,6692	3,324	12,24	9,18	2 685,00	4 245,20	12 990,20	108 164,90	17392,6	0,16	2,39
	1C-1G	21,673	10,84			823,4	1 411,60	4 319,50	35 841,30		0,49	
	2A-2D	17,338	9,9708			895,1	1 611,30	4 930,50	40 754,80		0,43	
	2E-2G	13,004	5,3393			1 671,60	2 694,70	8 245,90	68 678,80		0,25	
	3A-3D	17,338	9,9708			895,1	1 611,30	4 930,50	40 754,80		0,43	
	3E-3G	13,004	5,3393			1 671,60	2 694,70	8 245,90	68 678,80		0,25	
	4E-4G	13,004	5,3393			1 671,60	2 694,70	8 245,90	68 678,80		0,25	
	5E-5F	8,6692	2,5374			3 517,40	5 196,40	15 901,10	133 218,50		0,13	
4	1A-1B	8,6692	3,324	15,3	12,24	3 452,20	5 306,50	16 237,80	95 174,70	13230,5	0,14	2,07
	1C-1G	21,673	10,84			1 058,60	1 764,50	5 399,40	31 521,80		0,42	
	2A-2D	17,338	9,9708			1 150,90	2 014,10	6 163,10	35 824,30		0,37	
	2E-2G	13,004	5,3393			2 149,20	3 368,40	10 307,40	60 432,90		0,22	
	3A-3D	17,338	9,9708			1 150,90	2 014,10	6 163,10	35 824,30		0,37	
	3E-3G	13,004	5,3393			2 149,20	3 368,40	10 307,40	60 432,90		0,22	
	4E-4G	13,004	5,3393			2 149,20	3 368,40	10 307,40	60 432,90		0,22	
	5E-5F	8,6692	2,5374			4 522,30	6 495,60	19 876,40	117 317,30		0,11	
3	1A-1B	8,6692	3,324	18,36	15,3	4 219,30	6 329,40	19 367,80	78 936,90	9359,78	0,12	1,76
	1C-1G	21,673	10,84			1 293,90	2 107,60	6 449,10	26 122,40		0,36	
	2A-2D	17,338	9,9708			1 406,60	2 404,00	7 356,30	29 661,20		0,32	
	2E-2G	13,004	5,3393			2 626,70	4 022,70	12 309,60	50 125,40		0,19	
	3A-3D	17,338	9,9708			1 406,60	2 404,00	7 356,30	29 661,20		0,32	
	3E-3G	13,004	5,3393			2 626,70	4 022,70	12 309,60	50 125,40		0,19	
	4E-4G	13,004	5,3393			2 626,70	4 022,70	12 309,60	50 125,40		0,19	
	5E-5F	8,6692	2,5374			5 527,30	7 756,60	23 735,30	97 441,00		0,1	

Suite :

Niveaux	portiques	raideurs et moments				rotations et déplacements				Efn	Ien	$\sum Ien$
		$10^{-4} \sum K_{pn}$	$10^{-4} \sum K_{tn}$	Mn(t)	Mn+1	E θ_n	E ψ_n	E Δ_n	D $_n = \sum E\Delta_n$			
2	1A-1B	14,662	3,376	21,42	18,36	4 909,70	6 504,80	19 904,60	59 569,10	5923,48	0,1	1,48
	1C-1G	36,655	10,981			1 509,40	2 112,40	6 464,10	19 673,20		0,3	
	2A-2D	29,324	10,128			1 636,60	2 371,20	7 255,70	22 304,90		0,27	
	2E-2G	21,993	5,4068			3 065,60	4 113,00	12 585,80	37 815,80		0,16	
	3A-3D	29,324	10,128			1 636,60	2 371,20	7 255,70	22 304,90		0,27	
	3E-3G	21,993	5,4068			3 065,60	4 113,00	12 585,80	37 815,80		0,16	
	4E-4G	21,993	5,4068			3 065,60	4 113,00	12 585,80	37 815,80		0,16	
	5E-5F	14,662	2,5673			6 456,20	8 170,30	25 001,00	73 705,70		0,08	
1	1A-1B	14,662	3,376	24,48	21,42	5 665,00	7 497,00	22 940,70	39 664,50	3093,22	0,08	1,15
	1C-1G	36,655	10,981			1 741,60	2 433,60	7 446,70	13 209,10		0,23	
	2A-2D	29,324	10,128			1 888,30	2 730,90	8 356,50	15 049,10		0,21	
	2E-2G	21,993	5,4068			3 537,20	4 739,90	14 504,10	25 230,00		0,12	
	3A-3D	29,324	10,128			1 888,30	2 730,90	8 356,50	15 049,10		0,21	
	3E-3G	21,993	5,4068			3 537,20	4 739,90	14 504,10	25 230,00		0,12	
	4E-4G	21,993	5,4068			3 537,20	4 739,90	14 504,10	25 230,00		0,12	
	5E-5F	14,662	2,5673			7 449,50	9 420,20	28 825,90	48 704,70		0,06	
RDC	1A-1B	10,857	3,376	28,56	24,48	6 546,20	5 465,30	16 723,90	16 723,90	1069,2	0,06	0,92
	1C-1G	27,142	10,981			2 012,50	1 883,10	5 762,40	5 762,40		0,19	
	2A-2D	21,713	10,128			2 182,10	2 187,10	6 692,70	6 692,70		0,16	
	2E-2G	16,285	5,4068			4 087,40	3 505,20	10 725,90	10 725,90		0,1	
	3A-3D	21,713	10,128			2 182,10	2 187,10	6 692,70	6 692,70		0,16	
	3E-3G	16,285	5,4068			4 087,40	3 505,20	10 725,90	10 725,90		0,1	
	4E-4G	16,285	5,4068			4 087,40	3 505,20	10 725,90	10 725,90		0,1	
	5E-5F	10,857	2,5673			8 608,30	6 496,30	19 878,80	19 878,80		0,05	

- Comparaison des inerties portiques + voiles :

	Inertie des voiles	I moyenne des portiques	Inertie totale	I voiles (%)	I portiques (%)
Sens transversal	3,4931	2,102	5,5951	62,43	37,57
Sens longitudinal	3,3408	2,221	5,5618	60,07	39,93

Conclusion :

On constate que :

- 1/ L'inertie des voiles est plus importante que celle des portiques et cela dans les deux sens (les voiles vont reprendre au moins 80% des sollicitations dues aux charges horizontales).
 - 2/ Les voiles reprennent au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales.
 - 3/ les portiques doivent reprendre, outre les sollicitations dues aux charges verticales, au moins 25% de l'effort tranchants
- Donc la structure mixte assuré par des voiles et des portiques.



Chapitre VI

Etude au séisme

VI-1) Introduction :**VI-1-1) Généralités :****❖ Le phénomène physique :**

Les séismes majeurs sont liés à l'existence de mouvements tectoniques globaux continuellement en action qui soulèvent des chaînes de montagnes et creusent des tranchées océaniques à la surface de la terre. Ces mouvements affectent une quinzaine de « plaques » sphéroïdales et engendrent des contraintes sur les lignes de contact des plaques. Lorsque ces contraintes deviennent trop élevées et supérieures à la « résistance au frottement », une rupture brutale se produit : c'est un tremblement de terre, à la suite duquel un nouvel état provisoire de stabilité est réalisé.

❖ Caractérisation des séismes :

On peut caractériser la « taille » du tremblement de terre par différents paramètres.

- **La magnitude M** (échelle de Richter) est une évaluation de l'énergie libérée au foyer du tremblement de terre. Le foyer peut se trouver à plusieurs kilomètres sous la surface et à plusieurs centaines de kilomètres de la zone donnée.
- **L'intensité I** (échelle de MERCALLI) est une caractérisation de l'importance des effets matériels observés en surface et de la perception par la population. Cette description vaut pour une zone géographique donnée, mais est assez qualitative. L'intensité en un point dépend non seulement de la taille du séisme (magnitude) mais aussi de la distance au foyer, de la géologie locale et de la topographie.
- **L'accélération maximale a_g** du sol ou accélération de pointe, PGA (Peak Grounds

Accélération). Son ordre de grandeur est de 0,4g à 0,6 g en zone très sismique (Japon, Turquie) et de 0 à 0,2 g en zone faiblement sismique.

- **Le déplacement maximal d_g** du sol, qui donne une idée de l'ordre de grandeur du déplacement relatif du centre de gravité de la structure par rapport à la base de la structure : quelque cm en zone faiblement sismique, jusqu'à un m en zone très sismique.
- La durée du tremblement de terre est un paramètre significatif dans les processus de fissuration et dégradation progressive des éléments d'une construction. Elle est liée à la magnitude du séisme. Cette durée au maximum de l'ordre de 60 s en zone très sismique, mais n'est que de quelques secondes en zone peu sismique.

L'intérêt de cette étude est de permettre la réalisation des structures pouvant résister avec succès aux effets engendrés par les sollicitations auxquelles elles sont soumises.

C'est pourquoi, elles doivent être conçues et construites conformément aux règles parasismiques en vigueur de façon à fournir un degré de protection acceptable, ainsi de vérifier la stabilité et la résistance du bâtiment vis-à-vis des efforts horizontaux s'exerçant

Dans toutes les directions.

La force sismique s'applique à la base de la construction et se repartie au niveau de chaque plancher.

VI-1-2) classification de zones sismique (RPA 99 modifié 2003) :

Le territoire national est divisé en quatre zones de sismicité croissante :

- ZONE 0 : sismicité négligeable.
- ZONE I : sismicité faible.
- ZONE II : sismicité moyenne.
- ZONE III : sismicité élevée.

Dans notre cas : la structure est située à AZZAZGA qui est en zone Iia (sismicité moyenne).

VI -1-3) classification de l'ouvrage selon leur importance (RPA99 modifié 2003) :

Quatre groupes de construction sont définis en fonction de leur usage, avant pendant et après un fort séisme.

- **Groupe 1A** : ouvrage d'importance vitale devant demeurer opérationnels après un séisme majeur (centre de décision, hôpitaux, installation militaire.....) ;
- **Groupe 1B** : ouvrages de grande importance (bâtiments publics , scolaires , universitaires) ;
- **Groupe 2** : ouvrage courant d'importance moyenne (habitations, bureaux ; commerce...);
- **Groupe 3** : ouvrage de faible importance.

Notre bâtiment fait partie de construction de groupe 2 (habitation et commerce).

VI-1-4) classification des sites :

Les sites sont classés en quatre catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent.

- **Catégorie S1** : (site rocheux) : Roche ou autre formation géologique caractérisée par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement $V_s \geq 800 \text{ m/s}$.
- **Catégorie S2** : (site ferme) : dépôts de sables et de graviers très dense et / ou d'argile sur consolidée sur 10 à 20 m d'épaisseur avec $V_s \geq 400 \text{ m/s}$ à partir de 10 m de profondeur.
- **Catégorie 3** : (site meuble) : dépôts épais de sable et graviers moyennement denses ou d'argile moyennement raide avec $V_s \geq 200 \text{ m/s}$ à partir de 10 m de profondeur.
- **Catégorie 4** : (site très meuble) : dépôts de sable lâches avec ou sans présence de couches d'argile molle avec $V_s \leq 200 \text{ m/s}$ dans les 20 premiers mètres
Dépôts d'argile molle à moyennement raide avec $V_s < 200 \text{ m/s}$ dans les 20 premiers mètres.

VI -2) Choix de la méthode de calcul :

En fonction de la forme, des dimensions et de type de la construction, le RPA prévoit d'utiliser l'une des méthodes suivantes :

- La méthode statique équivalente.
- La méthode dynamique.
- La méthode d'analyse modale spectrale.

VI 3-1) méthode statique équivalente :

Cette méthode conçoit le remplacement des forces réelles dynamique par un système de forces statique fictives dont les effets sont supposés identiques.

VI-3-1-1) Modélisation :

- a) Le modèle du bâtiment à utiliser dans chaque des deux directions de calcul est plans dont les masses sont concentrées au centre de gravité des plancher avec un seul degré de liberté en translation horizontale.
- b) la rigidité latérale des éléments porteurs du système de contreventement est calculée à partir de section non fissurées pour les structures en béton armé ou en maçonnerie.
- c) Seul le mode fondamentale de vibration de la structure est à considérer dans le calcul de la force sismique totale.

VI -3-1-2) condition d'application de la méthode statique équivalente :

La méthode statique équivalente peut être utilisée dans les conditions suivantes :

- Le bâtiment ou le bloc étudié, satisfaisait aux conditions de régularité en plan et en élévation.
- La hauteur du bâtiment ou bloc étudié doit être au plus égale à 65 m en zones I et II et à 30 en zone III.

a) Régularité en plan :

- a1) Le bâtiment doit présenter une configuration sensiblement symétrique vis-à-vis de deux directions orthogonales aussi bien pour la distribution des rigidités que pour celle des masses.

Condition vérifiée. 

a2) A chaque niveau et pour chaque direction de calcul, la distance entre le centre de gravité des masses et le centre des rigidités ne dépasse pas 15% de la dimension du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée.

$$e_x \leq 15\% L_x \quad \Longrightarrow \quad e_x = 4,502 < 0,15 \times 24,10 = 3,615$$

$$e_y \leq 15\% L_y \quad \Longrightarrow \quad e_y = 0,409 < 0,15 \times 16,50 = 2,475$$

a3) la forme du bâtiment doit être compacte avec un rapport longueur / largeur du plancher inférieur ou égale 4.

$$\left. \begin{array}{l} L_x = 24,10 \text{ m} \\ L_y = 16,50 \text{ m} \end{array} \right\} \Longrightarrow \frac{L_x}{L_y} = \frac{24,10}{16,50} = 1,46 < 4 \quad \text{condition vérifiée.}$$

$$\frac{I_i}{L_y} \leq 25\%, I_i: \text{longueur du décrochement.}$$

$$6,10/16,50 \leq 25\% \Rightarrow 0,37 > 0,25 \quad \text{condition non vérifiée}$$

a 4) les planchers doivent présenter une rigidité suffisante vis-à-vis de celle des contreventements verticaux pour être considérés comme indéformables dans leur plan.

- **Ouverture dans le plancher :**

Il faut vérifier que : $S_0 \leq 15\% S_T$

S_0 : surface totale des ouvertures

S_T : surface totale du plancher.

$$22,7 \leq 15\% (335,65) \text{ m}^2 \Rightarrow 22,7 < 50,35 \quad (\text{Condition vérifiée})$$

Toutes les conditions sont pas vérifiées, donc le bâtiment est classé irrégulier en plan dans le sens transversal.

b) Régularité en élévation :

b1) le système de contreventement ne doit pas comporter d'élément porteur vertical discontinu, dont la charge ne se transmette pas directement à la fondation. $\Longrightarrow$ Condition vérifiée.

b2) la raideur et la masse des différents niveaux restent constantes ou diminuent progressivement et sans chargement brusque de la base au sommet du bâtiment.

$$\Longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

- **Conclusion 2 :** le bâtiment est régulier en élévation.

c) Hauteur du bâtiment :

La hauteur totale du bâtiment est égale à 32,81 m < 65 m (le bâtiment est implanté en zone II)

Condition vérifiée.

Condition complémentaire :

Notre bâtiment est implanté en zone (IIa), à usage d'habitation et commercial avec une hauteur :

Ht = 32,81 m < 43m. Donc il est du groupe d'usage (G 2), pour l'application de la M S E :

Il faut que $H_t < 23\text{m} \Rightarrow 32,81\text{ m} < 23\text{m} \Rightarrow$ condition non vérifiée

- Conclusion finale :**

Donc la méthode statique équivalente n'est pas applicable.

VI-2-2) Méthode dynamique :

La méthode dynamique modale spectral a pour but de déterminer pour chaque mode de vibration, le maximum des effets engendrés dans la structure, pour les forces sismique représentées par un spectre de réponse de calcul.

1) Spectre de réponse de calcul :

L'action sismique est représentée par le spectre de calcul suivant (RPA art 4.13) :

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1.25 A \left(1 + \frac{T}{T_1} \left(2.5 \eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5 \eta \left(1.25 A \right) \left(\frac{Q}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5 \eta \left(1.25 A \right) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0 \text{ s} \\ 2.5 \eta \left(1.25 A \right) \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} \left(\frac{Q}{R} \right) & T > 3.0 \text{ s} \end{cases}$$

A : coefficient d'accélération de zone.

Zone IIa, groupe 2 $\Rightarrow A = 0,15$.

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'amortissements critique fonction de matériaux.

Béton armé/ maçonnerie $\xrightarrow{\text{tableau}} \xi = 10\%$.

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{(2+10)}} = 0,76 > 0,7 \text{ vérifiée.}$$

R : coefficient de comportement de la structure $\Rightarrow R = 5$

T1, T2 : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site

Q : Facteur de qualité

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q$$

P_q : pénalité à retenir selon que le critère de qualité est satisfait ou non ; sa valeur est donnée par le tableau (4-4 R.P.A 99).

➤ **Tableau -1) vérification des critères de qualités :**

Critère q	Observé (oui ou non)	P_q
1- Condition minimale sur les files de contreventement	Oui	0.00
2- Redondance en plan	Oui	0.00
3- Régularité en élévation	Oui	0.00
4- Régularité en plan	Non	0.05
5- Contrôle de la qualité des matériaux	Non	0.05
6- Contrôle de la qualité de l'exécution	Non	0.05

$$Q = 1 + (0,05 + 0,05 + 0,05 + 0 + 0 + 0) = 1,15$$

$Q = 1,15$ (dans les deux sens).

➤ **Tableau- 2) Valeurs de T_1 et T_2 :**

Site	S_1	S_2	S_3	S_4
$T_{1(sec)}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$T_{2(sec)}$	0,30	0,40	0,50	0,70

Dans notre cas on a le site S_2 , (site ferme) donc : $T_1 = 0,15$ s, $T_2 = 0,40$ s

X.2-1) Modélisation de la structure :

Le model de calcul se présente comme une console rigidement encastrée à sa base RDC , les masse sont supposés concentrées au niveau des plancher et chaque plancher représente un degré de liberté.

VI-2-2-1) Exposé de la méthode :

Elle est basée sur un processus itératif donnant les solutions correspondant à un mode de vibration qui est régi par l'équation générale suivante :

$$M\ddot{V}(t) + C\dot{V}(t) + KV(t) = F(t)$$

Un mode de vibration est propre à la structure, c'est-à-dire il ne dépend pas de l'excitation dynamique $F(t)$, mais uniquement des caractéristiques de la structure (masse, rigidité et souplesse).

La détermination des modes propres d'une structure est possible en considérant le mouvement en oscillation non amortie.

L'équation du mouvement va s'écrire comme suit :

$$[M]\{\ddot{V}(t)\} + [K]\{V(t)\} = 0 \quad (1)$$

Les modes propres de la structure sont donnés par la solution $\{V(t)\}$ c à d les réponses en vibration libre par analogie à un système à un seul DDL dans les mêmes conditions. Sa réponse est du type harmonique.

$$\{V(t)\} = C(\sin(\omega t + \varphi)) \quad (2)$$

Soit une solution dans le mode $\mathfrak{R}$, alors :

$$\{V_{\mathfrak{R}}(t)\} = C_{\mathfrak{R}}(\sin(\omega_{\mathfrak{R}}t + \varphi)) \quad (3)$$

Nous dérivons deux fois l'équation (3) :

$$\begin{aligned} \{\dot{V}(t)\} &= C_{\mathfrak{R}} \times \omega_{\mathfrak{R}} (\cos(\omega_{\mathfrak{R}}t + \varphi)) \\ \{\ddot{V}(t)\} &= -C_{\mathfrak{R}} \times \omega_{\mathfrak{R}}^2 (\sin(\omega_{\mathfrak{R}}t + \varphi)) \end{aligned} \quad (4)$$

Maintenant pour toute la structure :

$$\{V(t)\} = C(\sin(\omega t + \varphi)) \quad (5)$$

$$\{\ddot{V}(t)\} = C \times \omega^2 (\sin(\omega t + \varphi)) \quad (6)$$

Substituons (5) et (6) dans (1) :

$$[M](-C \times \omega^2 (\sin(\omega t + \varphi))) + [K]C(\sin(\omega t + \varphi)) = 0$$

D'où

$$([K] - \omega^2 [M])C(\sin(\omega t + \varphi)) = 0 \quad (7)$$

$$([K] - \omega^2 [M])\{V(t)\} = 0 \quad (8)$$

Avec :

$[K]$, matrice de rigidité (n×n),

$[M]$, matrice de masse (n×n),

$\omega_{\mathfrak{R}}$, pulsation propre du mode $\mathfrak{R}$.

VI- 3) Détermination des pulsations propres

L'équation (8) doit être vérifiée quelque soit (t), donc pour toutes les valeurs de la fonction (sin), autrement dit, on a deux possibilités :

- $\{V(t)\} = 0$, solution triviale correspondant à une position non déformée.

$$- ([K] - \omega^2 [M]) = 0 \Rightarrow \det([K] - \omega^2 [M]) = 0 \quad (9)$$

En développant le système (9), nous aurons un polynôme de degré « n » en ω^2 sous la forme :

$$P(\omega^2) = a_0 (\omega^2)^0 + a_1 (\omega^2)^1 + a_2 (\omega^2)^2 + a_3 (\omega^2)^3 + \dots + a_n (\omega^2)^n = 0$$

En posant $\omega^2 = \lambda$:

$$P(\lambda) = a_0 (\lambda)^0 + a_1 (\lambda)^1 + a_2 (\lambda)^2 + a_3 (\lambda)^3 + \dots + a_n (\lambda)^n = 0$$

Avec :

$a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, coefficients qui résultent des développements des sous déterminants de l'équation (9).

Les solutions du $P(\lambda) = 0$ sont les racines $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n)$ ou $(\omega_1^2, \omega_2^2, \omega_3^2, \dots, \omega_n^2)$

Le problème finalement consiste à trouver les valeurs de ω_i pour lesquelles l'équation (9) possède des solutions non nulles.

Les ω_i ainsi déterminés s'appellent les pulsations propres du système dynamique. À chaque pulsation propre correspond un mode propre de vibration de la structure.

Le mode correspondant à la pulsation la plus basse est appelé le premier mode ou le mode fondamental. Le second mode correspond à la pulsation suivante etc.

VI-3-2-) Détermination des modes propres

Une fois les pulsations propres sont déterminées, on peut déterminer les modes propres de la structure.

Les modes propres $\{a_I\}, \{a_{II}\}, \{a_{III}\}, \dots, \{a_N\}$, sont déterminés à partir de l'équation (7)

$([K] - \omega^2 [M])C(\sin(\omega t + \varphi)) = 0$, qui possède deux solutions :

Soit : $\sin(\omega t + \varphi) = 0$, solution triviale (pas de déformée), (10)

Soit : $([K] - \omega^2 [M])\{a_i\} = 0$.

L'équation (10) permettra de déterminer directement les modes propres donnés par le vecteur $\{a_i\}$.

Pour trouver $\{a_I\}$, il suffit de résoudre :

$$([K] - \omega_I^2 [M])\{a_I\} = 0$$

Pour trouver $\{a_{II}\}$, il suffit de résoudre :

$$([K] - \omega_{II}^2 [M])\{a_{II}\} = 0$$

Pour trouver $\{a_N\}$, il suffit de résoudre : $([K] - \omega_N^2 [M])\{a_N\} = 0$

N.B :

Pour déterminer le mode « I » par exemple, la pulsation ω_I est une solution de l'équation (10), cette solution doit satisfaire l'équation quel que soit la valeur du vecteur $\{a_i\}$

Pour avoir une solution $\{a_i\} \neq \{0\}$, on suppose une déformée approchée en attribuant une valeur non nulle à l'une des composantes de ce vecteur, en général pour une question de simplification et de commodité on prend cette valeur égale à l'unité. On se donne la première composante $a_{1I} = 1$ et on cherche les autres composantes ; en procédant par la même manière, on détermine les autres modes.

Selon le R.P.A. 99, le nombre de mode à prendre en compte est tel que la somme des coefficients de participation α de ces modes doit être au moins égale à 90% avec un minimum de trois modes.

$$\alpha_j = \frac{\left[\sum_{K=1}^n M_K \times a_{Kj} \right]^2}{\sum_{K=1}^n M_K \left[\sum_{K=1}^n M_K \times a_{Kj}^2 \right]}$$

Pour le calcul des modes et des périodes, on a utilisé le logiciel **MATLABE** (le programme de calcul est donné dans l'annexe 1).

VI-4) Données du programme

- nombre de niveaux 9,
- matrice masse en tonne,
- matrice de rigidité en kN/m.

a) Calcul des masses

Selon [2], le poids W_i de chaque niveau « i » est calculé comme suit :

$$W_i = W_{Gi} + \beta \cdot W_{Qi}.$$

Avec :

W_i : Poids total de niveau i.

W_{Gi} : Poids dû aux charges permanentes.

W_{Qi} : Poids dû aux charges d'exploitation.

β : Coefficient de pondération donné par le tableau (4-5) du (RPA 99 modifier 2003) selon l'usage :

$\beta = 0,2$ (bâtiment à usage d'habitation bureaux ou assimilés)

Les masses revenant aux différents niveaux sont représentées dans les tableaux suivants :

➤ Tableau-3) : poids des différents niveaux :

Poids (KN)												
NIV	Voiles	Pout prin	Pout sec	plancher	Mur	escalier	poteau	acrotère	balcons	G	Q	Wi = G+0,2Q
8	501,125	246,900	213,413	1204,000	340,932	0,000	186,030	89,653	180,670	2962,722	374,585	3037,639
7	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	186,030	0,000	180,670	2846,411	482,819	2942,975
6	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	186,030	0,000	180,670	2846,411	482,819	2942,975
5	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	253,000	0,000	180,670	2913,381	482,819	3009,945
4	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	253,000	0,000	180,670	2913,381	482,819	3009,945
3	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	253,000	0,000	180,670	2913,381	482,819	3009,945
2	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	330,500	0,000	180,670	2990,881	482,819	3087,445
1	501,125	246,900	213,413	1080,869	340,932	96,473	330,500	0,000	180,670	2990,881	482,819	3087,445
RDC	823,800	246,900	213,413	1080,869	233,498	96,473	440,640	0,000	180,670	3316,262	1041,119	3524,486

➤ **Tableau -4) Vecteurs propres pour chaque mode:**

Etages	Sens longitudinal				Sens transversal			
	MODE 1	MODE 2	MODE3	MODE 4	MODE 1	MODE 2	MODE3	MODE 4
a₉	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
a₈	0,9714	0,7519	0,3435	-0,2039	0,9707	0,7461	0,3286	-0,2287
a₇	0,9109	0,2907	-0,5706	-1,1273	0,9088	0,2756	-0,5949	-1,1363
a₆	0,8201	-0,2543	-1,0493	-0,4731	0,8159	-0,2761	-1,0541	-0,4211
a₅	0,7023	-0,7231	-0,7194	0,8451	0,6955	-0,7431	-0,6829	0,8960
a₄	0,5606	-0,9794	0,1700	0,9582	0,5509	-0,9867	0,2311	0,9098
a₃	0,3998	-0,9479	0,9271	-0,2951	0,3872	-0,9337	0,9612	-0,3995
a₂	0,2260	-0,6353	0,9537	-1,1192	0,2105	-0,5975	0,9176	-1,1177
a₁	0,0443	-0,1316	0,2216	-0,3105	0,0263	-0,0775	0,1279	-0,1730

➤ **Tableau -5) Pulsation, périodes et coefficients de répartitions de chaque mode :**

	Sens longitudinal			Sens transversal		
	$\alpha\%$	Wi(rd/s)	Ti(s)	$\alpha\%$	Wi(rd/s)	Ti(s)
Mode 1	77,889	10,902	0,6	76,75	8,714	0,7
Mode 2	9,177	32,084	0,2	8,65	25,637	0,24
Mode 3	2,141	52,192	0,12	3,69	41,686	0,15
Mode4	1,607	70,68	0,09	1,458	56,393	0,11

➤ **Calcul des forces sismiques :**

La force sismique latérale au niveau « k » pour le mode « i » est donnée par la formule suivante :

$$F_{ki} = \frac{S_{ai}}{g} \times \gamma_{ki} \times W_{ki} \quad \text{Avec :}$$

W_{ki} : Poids du niveau « k »,

$\frac{S_{ai}}{g}$: Accélération donnée par le spectre de réponse ;

ϕ_{ki} : Amplitude au niveau « k » pour le mode « i »,

γ_{ki} : Facteur de distribution,

➤ Où :
$$\gamma_i = \phi_{Ki} \frac{\left| \sum_{K=1}^{12} W_K \times \phi_{Ki} \right|}{\sum W_K \times \phi_{Ki}^2}$$

➤ **calcul des facteurs de distribution dans le sens transversal :**

a/ Calcul de l'accélération spectrale :

➤ **Périodes T_1 et T_2 :**

Site	$T_1(s)$	$T_2(s)$
Meuble (S₂)	0.15	0.4

➤ Calcul de l'accélération spectrale :

✓ Calcul de l'accélération spectrale :

❖ Sens longitudinal :

- **Mode 1** : $0.4 < T = 0.60 < 3.0$ s

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2.5\eta(1.25A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2.5 * 0.76(1.25 * 0.15) \left(\frac{1.15}{5} \right) \left(\frac{0.4}{0.60} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0.063$$

- **Mode 2** : $T_1 = 0.15 \leq T = 0.20 \text{ s} < T_2 = 0.4 \text{ s}$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2.5 \square (1.25A) \left(\frac{Q}{R} \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2.5 * 0.76 * 1.25 * 0.15 * \frac{1.15}{5}$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0.082$$

- **Mode 3** : $0 \leq T = 0.12 \text{ s} < T_1 = 0.15 \text{ s}$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1.25A \left(1 + \frac{T}{T_1} (2.5 \square \frac{Q}{R} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1.25 * 0.15 * \left(1 + \frac{0.12}{0.15} * (2.5 * 0.76 * \frac{1.15}{5} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0.103$$

- **Mode 4** : $0 \leq T = 0.09 \text{ s} < T_1 = 0.15 \text{ s}$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1.25A \left(1 + \frac{T}{T_1} (2.5 \square \frac{Q}{R} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1.25 * 0.15 * \left(1 + \frac{0.09}{0.15} * (2.5 * 0.76 * \frac{1.15}{5} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0.124$$

❖ Sens transversal :

- **Mode 1:** $T_2=0.4s \leq T = 0.7s \leq 3.0s$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2.5\eta(1.25A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2.5 * 0.76(1.25 * 0.15) \left(\frac{1.15}{5} \right) \left(\frac{0.4}{0.7} \right)^{2/3}$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0.056$$

- **Mode 2 :** $0,15 \leq T = 0,24s < T_2=0,4s$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2,5 \square (1,25A) \left(\frac{Q}{R} \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 2,5 * 0,76(1,25 * 0,15) * \frac{1,15}{5}$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0.082$$

- **Mode 3 :** $0 \leq T = 0.15s \leq T_1=0,15s$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1,25A \left(1 + \frac{T}{T_1} (2,5 \square \frac{Q}{R} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1,25 * 0,15 * \left(1 + \frac{0,15}{0,15} * (2,5 * 0,76 * \frac{1,15}{5} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0,082$$

- **Mode 4 :** $0 \leq T = 0.11s \leq T_1=0,15s$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1,25A \left(1 + \frac{T}{T_1} (2,5 \square \frac{Q}{R} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 1,25 * 0,15 * \left(1 + \frac{0,11}{0,15} * (2,5 * 0,76 * \frac{1,15}{5} - 1) \right)$$

$$\frac{S_{ai}}{g} = 0,110$$

➤ Tableau – 6) Les forces sismiques par niveau et par mode (sens longitudinal):

niveau	Wi	MODE 1			MODE 2			MODE 3			MODE4		
		Sa/g	γ_{k1}	F _{k1}	Sa/g	γ_{k2}	F _{k2}	Sa/g	γ_{k3}	F _{k3}	Sa/g	γ_{k4}	F _{k4}
9	3037,64	0,063	1,272	243,4242	0,082	-0,43	107,1071	0,103	0,094	29,4104	0,124	-0,175	-65,9168
8	2942,97	0,063	1,236	229,1636	0,082	-0,345	-83,2568	0,103	0,032	9,7000	0,124	0,032	11,6777
7	2942,97	0,063	1,171	217,1121	0,082	-0,125	-30,1655	0,103	-0,054	-16,3688	0,124	0,177	64,5924
6	3009,94	0,063	1,043	197,7805	0,082	0,109	26,9029	0,103	-0,099	-30,6924	0,124	0,074	27,6193
5	3009,94	0,063	0,893	169,3365	0,082	0,311	76,7596	0,103	-0,068	-21,0817	0,124	-0,133	-49,6400
4	3009,94	0,063	0,713	135,2037	0,082	0,421	103,9093	0,103	-0,016	-4,9604	0,124	-0,15	-55,9850
3	3087,44	0,063	0,509	99,0051	0,082	0,408	103,2936	0,103	0,087	27,6666	0,124	0,046	17,6108
2	3087,44	0,063	0,287	55,8241	0,082	0,273	69,1155	0,103	0,09	28,6206	0,124	0,175	66,9976
1	3524,49	0,063	0,056	12,4344	0,082	0,057	16,4734	0,103	0,021	7,6235	0,124	0,049	21,4148

➤ Tableau -7) Les forces sismiques par niveau et par mode (sens transversal):

niveau	Wi	MODE 1			MODE 2			MODE 3			MODE4		
		Sa/g	γ_{k1}	F _{k1}	Sa/g	γ_{k2}	F _{k2}	Sa/g	γ_{k3}	F _{k3}	Sa/g	γ_{k4}	F _{k4}
9	3037,64	0,056	1,274	216,7173	0,082	-0,436	108,6017	0,082	0,2	49,8173	0,110	-0,141	-47,1138
8	2942,97	0,056	1,236	203,7009	0,082	-0,325	-78,4303	0,082	0,066	15,9274	0,110	0,032	10,3593
7	2942,97	0,056	1,157	190,6812	0,082	-0,12	-28,9589	0,082	-0,119	-28,7175	0,110	0,161	52,1201
6	3009,94	0,056	1,039	175,1306	0,082	0,12	29,6179	0,082	-0,211	-52,0781	0,110	0,06	19,8656
5	3009,94	0,056	0,886	149,3414	0,082	0,324	79,9682	0,082	-0,137	-33,8137	0,110	-0,127	-42,0489
4	3009,94	0,056	0,702	118,3269	0,082	0,43	106,1307	0,082	0,046	11,3535	0,110	-0,129	-42,7111
3	3087,44	0,056	0,493	85,2382	0,082	0,407	103,0404	0,082	0,193	48,8619	0,110	0,056	19,0187
2	3087,44	0,056	0,268	46,3364	0,082	0,261	66,0775	0,082	0,184	46,5834	0,110	0,158	53,6598
1	3524,49	0,056	0,033	6,5133	0,082	0,034	9,8263	0,082	0,026	7,5142	0,110	0,024	9,3046

➤ **Combinaison des réponses modales [RPA 99/ Art4.3.5] :**

Les réponses de deux modes de vibration « i » et « j » de période « T_i » et « T_j », et d'amortissement « ξ_i » et « ξ_j » sont considérées indépendantes si le rapport : $r = \frac{T_i}{T_j}$, ($T_i < T_j$) vérifie la relation suivante : $r \leq 10 / (10 + \sqrt{\xi_i \times \xi_j})$, Dans notre cas $\xi_i = \xi_j = 10 \Rightarrow r = 0.5$.

➤ **Combinaison des réponses dans les deux sens :**

• **Sens longitudinal :**

	Ti	Tj	r=Ti/Tj	10/10+sqrt(ξi.ξj)	Observation
Mode 1-2	0,20	0,600	0,333	0,500	oui
Mode 2-3	0,12	0,200	0,600	0,500	non
Mode3-4	0,09	0,120	0,750	0,500	non
Mode1-3	0,12	0,600	0,200	0,500	oui
Mode1-4	0,09	0,600	0,150	0,500	oui
Mode 2-4	0,09	0,200	0,450	0,500	oui

• **Sens transversal :**

	Ti	Tj	r=Ti/Tj	10/10+sqrt(ξi.ξj)	Observation
Mode 1-2	0,240	0,700	0,343	0,500	oui
Mode 2-3	0,150	0,240	0,625	0,500	non
Mode3-4	0,110	0,150	0,733	0,500	non
Mode1-3	0,150	0,700	0,214	0,500	oui
Mode1-4	0,110	0,700	0,157	0,500	oui
Mode 2-4	0,110	0,240	0,458	0,500	oui

➤ **Conclusion :**

Dans notre cas on a trois réponses modales sont indépendantes donc la réponse totale est donnée par :

$$E = \sqrt{(E_2 + E_3 + E_4)^2 + E_1^2}$$

➤ **Tableau -8) Force sismiques résultantes par niveau dans les deux sens :**

Niveau	Sens longitudinal					Sens transversal				
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode4	Fk(KN)	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode4	Fk(KN)
	Fk1	Fk2	Fk3	Fk4		Fk1	Fk2	Fk3	Fk4	
9	243,424	-	29,410	-65,917	316,599	216,717	-	49,817	-47,114	298,681
8	229,164	-83,257	9,700	11,678	251,921	203,701	-78,430	15,927	10,359	229,041
7	217,112	-30,165	-16,369	64,592	243,899	190,681	-28,959	-28,718	52,120	220,033
6	197,780	26,903	-30,692	27,619	215,357	175,131	29,618	-52,078	19,866	202,449
5	169,336	76,760	-21,082	-49,640	224,556	149,341	79,968	-33,814	-42,049	215,838
4	135,204	103,909	-4,960	-55,985	213,207	118,327	106,131	11,354	-42,711	199,158
3	99,005	103,294	27,667	17,611	178,537	85,238	103,040	48,862	19,019	190,996
2	55,824	69,116	28,621	66,998	173,935	46,336	66,077	46,583	53,660	172,655
1	12,434	16,473	7,623	21,415	47,180	6,513	9,826	7,514	9,305	27,430

VI-4-1) Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques :

Les forces sismiques sont réparties sur les voiles et les portiques proportionnellement à leurs inerties calculer et donner en pourcentages dans l'étude du contreventement

1) Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant :

$$T_K = F_K + T_{K+1}$$

$$M_K = T_{K+1} \times h_e + M_{K+1}$$

Où :

F_K : force sismique au niveau « k » reprise par le portique ou par le voile.

h_e : hauteur d'étage du niveau « k ».

T_K : effort tranchant au niveau de l'étage k

M_K : moment fléchissant au niveau de l'étage k .

✓ **Tableau-9) Les différentes sollicitations par niveau:**

Niveau	he(m)	Sens longitudinal			Sens transversal		
		Fk(KN)	Tk(KN)	Mk(KN.m)	Fk(KN)	Tk(KN)	Mk(KN.m)
9	3,06	316,599	74,759	0	298,681	71,081	0
8	3,06	251,921	326,680	228,76254	229,041	300,122	217,50786
7	3,06	243,899	570,579	1228,4041	220,033	520,155	1135,8807
6	3,06	215,357	785,936	2974,3772	202,449	722,604	2727,55507
5	3,06	224,556	1010,493	5379,3426	215,838	938,442	4938,72253
4	3,06	213,207	1223,700	8471,4505	199,158	1137,600	7810,35479
3	3,06	178,537	1402,236	12215,971	190,996	1328,596	11291,4097
2	3,06	173,935	1576,172	16506,814	172,655	1501,250	15356,9126
1	4,08	47,180	1623,351	21329,898	27,430	1528,680	19950,7387

✓ **Tableau -10) Forces sismiques dans les voiles et les portiques dans le sens longitudinal :**

Niveau	h(m)	voiles(60,07%)				portiques(39,93%)			
		Fktot(KN)	Fk(KN)	Tk(KN)	Mk(KN.m)	Fktot(KN)	Fk(KN)	Tk(KN)	Mk(KN.m)
9	3,06	316,599	190,181	190,181	0,000	316,599	126,418	126,418	0,000
8	3,06	251,921	151,329	341,510	581,9541	251,921	100,592	227,010	386,83914
7	3,06	243,899	146,510	488,020	1626,975	243,899	97,389	324,399	1081,4903
6	3,06	215,357	129,365	617,385	3120,318	215,357	85,992	410,391	2074,1516
5	3,06	224,556	134,891	752,276	5009,517	224,556	89,665	500,057	3329,9485
4	3,06	213,207	128,073	880,350	7311,483	213,207	85,133	585,190	4860,1215
3	3,06	178,537	107,247	987,597	10005,35	178,537	71,290	656,480	6650,8028
2	3,06	173,935	104,483	1092,080	13027,4	173,935	69,452	725,932	8659,6305
1	4,08	47,180	28,341	1120,420	17483,08	47,180	18,839	744,771	11621,433

✓ **Tableau-11) Forces sismiques dans les voiles et les portiques dans le sens transversal :**

Niveau	h(m)	voiles(62,43%)				portiques(37,57%)			
		Fktot(KN)	Fk(KN)	Tk(KN)	Mk(KN.m)	Fktot(KN)	Fk(KN)	Tk(KN)	Mk(KN.m)
9	3,06	298,681	186,466	186,466	0,000	298,681	112,214	112,214	0,000
8	3,06	229,041	142,990	329,456	570,587	229,041	86,051	198,265	343,376
7	3,06	220,033	137,367	466,823	1578,724	220,033	82,666	280,931	950,066
6	3,06	202,449	126,389	593,212	3007,202	202,449	76,060	356,991	1809,716
5	3,06	215,838	134,748	727,960	4822,431	215,838	81,090	438,082	2902,110
4	3,06	199,158	124,334	852,294	7049,988	199,158	74,824	512,905	4242,640
3	3,06	190,996	119,239	971,533	9658,007	190,996	71,757	584,663	5812,131
2	3,06	172,655	107,788	1079,321	12630,897	172,655	64,866	649,529	7601,198
1	4,08	27,430	17,124	1096,445	17034,527	27,430	10,305	659,834	10251,276

➤ **Calcul des déplacements :**

Les efforts sismiques peuvent provoquer des efforts renversant dans une structure. Pour cela, la limitation des déplacements à chaque niveau doit se faire conformément aux règles parasismiques qui exigent que le déplacement calculé à partir des forces latérales spécifiées doit être multiplié par le coefficient de comportement de la structure R pour obtenir le déplacement relatif.

Le déplacement latéral d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doit pas dépasser le 1% de la hauteur d'étage.

$$\delta_k = R \times \delta_{ek}$$

$$\delta_{ek} = \frac{\{F_K\}}{[K]} = \{F_K\} [K]^{-1}$$

Avec :

δ_{ek} : Déplacement du niveau « K » du à la force sismique F_K ,

R : Coefficient de comportement.

- Déplacement relatif au niveau k

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1}$$

$\bar{\Delta}_k$: Déplacement relatif admissible donné par

Les résultats et les vérifications figurent dans les tableaux suivants :

✓ Sens longitudinal :

Niveaux	F _k (t)	δ _{ek} (mm)	R	δ _k (mm)	Δ _k (mm)
9	316,599	0,91607227	5	4,5803613	0,15579266
8	251,921	0,88491374	5	4,4245687	0,27975844
7	243,899	0,82896205	5	4,1448102	0,39975953
6	215,357	0,74901014	5	3,7450507	0,50352486
5	224,556	0,64830517	5	3,2415258	0,50352486
4	213,207	0,52559744	5	2,6279872	0,61353865
3	178,537	0,38201027	5	1,9100513	0,71793587
2	173,935	0,22147742	5	1,1073871	0,8875821
1	47,180	0,043961	5	0,219805	0,219805

✓ Sens transversal :

Niveaux	F _k (t)	δ _{ek} (mm)	R	δ _k (mm)	Δ _k (mm)
9	298,681	1,3478	5	6,7389	0,2356
8	229,041	1,3007	5	6,5033	0,4163
7	220,033	1,2174	5	6,0870	0,5899
6	202,449	1,0994	5	5,4971	0,7458
5	215,838	0,9503	5	4,7513	0,9153
4	199,158	0,7672	5	3,8360	1,0714
3	190,996	0,5529	5	2,7646	1,2171
2	172,655	0,3095	5	1,5475	1,3521
1	27,430	0,0391	5	0,1954	0,1954

Les déplacements relatifs de tous les niveaux et dans les deux sens sont inférieurs aux déplacements admissibles qui est égal à :

Etage courant : 0,01 x 306 cm = 3,06cm.

RDC : 0,01 x 408 cm = 4,08cm.

VI-4-2) Comparaison entre l'effort tranchant à la base de la méthode dynamique et celui de la méthode statique équivalente :

L'une des vérifications préconisées par le RPA99 est relative à la résultante des forces sismiques.

En effet, la résultante des forces sismiques à la base V_{tot} obtenue par la combinaison des valeurs modales ne doit pas être inférieure à 80% de la résultante des forces sismiques déterminées par la méthode statique équivalente V .

VI-12) Calcul de la force sismique totale :

La force sismique totale V appliquée à la base de la structure, est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{A.D.Q}{R} \times W_T$$

Avec :

A : Coefficient d'accélération de zone donné par le tableau des règles RPA en fonction de la zone sismique et du groupe d'usage.

R : Facteur de comportement dépendant du type de système de contreventement de la structure

D : Facteur d'amplification dynamique, dépendant de la période T et du type de sol d'assise de fondation.

Q : Facteur de qualité, dépendant de la qualité du système structurel (régularité en plan, en élévation, contrôle de la qualité des matériaux...).

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta(T_2/3.0)^{\frac{2}{3}}(3.0/T)^{\frac{5}{3}} & T \geq 3.0s \end{cases}$$

$$T = \min \left\{ C_t h_n^{\frac{3}{4}}; 0.09 \frac{h_n}{\sqrt{D}} \right\}$$

h : hauteur du bâtiment à partir de sa base jusqu'au dernier niveau.

C_t : coefficient, fonction de système de contreventement, du type de remplissage.

D : dimension du bâtiment à sa base dans la direction de calcul considéré

Application numérique**✓ Sens transversal :**

$$\left\{ \begin{array}{l} D_x = 24,10 \text{ m} \\ h_N = 32,81 \text{ m} \end{array} \right. \Rightarrow T = 0,09 \times h_n / \sqrt{D} = 0,09 \times 32,81 / \sqrt{24,10} = 0,601s$$

Et on a $T_2 = 0,40s$

$$T_2 = \left\{ \begin{array}{l} 0,4s \leq T = 0,601s \leq 3,0s \rightarrow D = 2,5\eta \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \\ \eta = \left[\frac{7}{2 + \xi} \right]^{1/2} = 0,764 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow D = 2,5 \times 0,764 \times \left(\frac{0,4}{0,601} \right)^{2/3} = 1,456$$

$$V_x = \frac{0,15 \times 1,456 \times 1,15}{5} \times 2765,279 = 138,91t$$

✓ Sens longitudinal :

$$\left\{ \begin{array}{l} D_y = 16,50 \text{ m} \\ h_N = 32,81 \text{ m} \end{array} \right. \Rightarrow T = 0,09 \times h_n / \sqrt{D} = 0,09 \times 32,81 / \sqrt{16,50} = 0,727s$$

Et on a $T_2 = 0,40s$

$$T_2 = \left\{ \begin{array}{l} 0,40s \leq T = 0,727s \leq 3,0s \rightarrow D = 2,5\eta \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \\ \eta = \left[\frac{7}{2 + \xi} \right]^{1/2} = 0,764 \Rightarrow D = 2,5 \times 0,764 \times \left(\frac{0,4}{0,727} \right)^{2/3} = 1,282 \end{array} \right.$$

$$V_y = \frac{0,15 \times 1,282 \times 1,15}{5} \times 2765,279 = 122,31t$$

- Comparaison entre l'effort tranchant à la base de la méthode dynamique et celui de la méthode statique équivalente :

Sens	$V_{\text{dynamique}}$	$V_{\text{statequiv}}$	$\frac{V_{\text{dynamique}}}{V_{\text{statique}}}$	Observation
Longitudinal	162,34 t	122,31t	1,33 > 0,8	Vérifiée
Transversal	152,87t	138,91t	1,101 > 0,8	Vérifiée

Conclusion :

La condition de RPA étant satisfaite, nous opterons pour les efforts sismiques obtenus par la méthode dynamique.

Chapitre VII

Etude sous charges horizontales

VII-1) Etude des portiques sous charges horizontales :**1) Introduction :**

Pour l'étude des portiques sous les charges horizontales, on utilisera la méthode de « MUTO ».

Celle-ci permet de distribuer l'effort tranchant de niveau « τ_j » calculé dans le chapitre VI (étude au séisme), dans les différents portiques du même niveau proportionnellement à leurs rigidités calculée avec la même méthode dans le chapitre V (étude du contreventement). Puis d'en déduire les efforts internes dans les poutres et les poteaux de chaque portique.

2) Calcule de l'effort revenant à chaque portique pour chaque niveau :

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Sens transversal : } T_{jx} &= \frac{R_{jx}}{\sum R_{jx}} \tau_{jx} + \frac{R_{jx}}{\sum R_{jx}} e_y y_j \tau_{jx} \\ \checkmark \text{ Sens longitudinal : } T_{jy} &= \frac{R_{jy}}{\sum R_{jy}} \tau_{jy} + \frac{R_{jy}}{\sum R_{jy}} e_x x_j \tau_{jy} \end{aligned}$$

Avec :

T_{jx} : Effort tranchant de niveau « j » dans le sens transversal X-X.

T_{jy} : Effort tranchant de niveau « j » dans le sens longitudinal Y-Y

X_j^T : Distance entre le portique transversal « T » et le centre de torsion « c_j ».

X_j^L : Distance entre le portique longitudinal « L » 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 ».

3) Calcul des sollicitations :**a) Effort tranchant revenant à chaque poteau d'un portique :**

$$t_{ij} = T_j \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}}$$

t_{ij} : Effort tranchant dans le poteau « i » du niveau « j ».

Avec :

r_{ij} : Rigidité u 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 écrire :

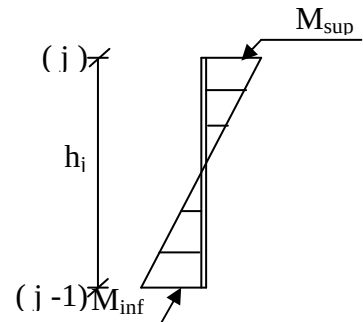
$$t_{ij} = T_j \frac{a.k_{pot}}{\sum a.k_{pot}}$$

b) Moment à la tête et à la base du poteau :

$$M_{inf} = t_{ij} \times z$$

$$M_{sup} = t_{ij} \times (h - z)$$

$$\text{Avec : } z = h_j \times y$$



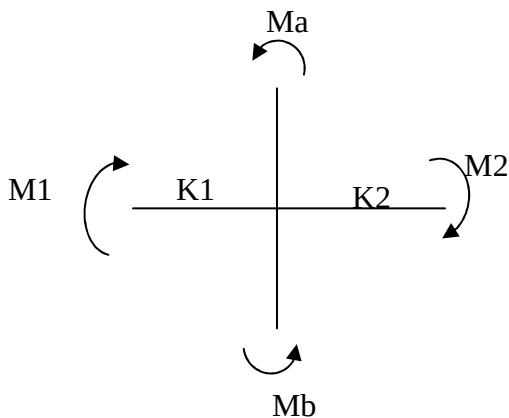
Z : position du point de moment nul dans le poteau.

H_j : hauteur du niveau « j ».

Y = (y₀ + y₁ + y₂ + y₃) : Coefficients de correction de la position du point du moment nul pour le niveau d'hauteur (h_j).

Nota : Les coefficients y, y₀, y₁, y₂ et y₃ sont fonction de $\bar{K}$, ($\bar{K}$ coefficient calculé par la méthode de Muto).

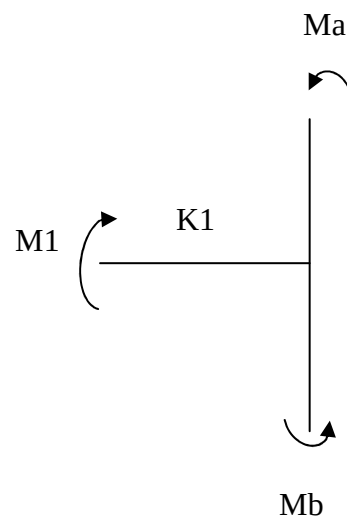
c) Moments dans les poutres :



Nœud intermédiaire :

$$M_1 = \left(\frac{k_1}{k_1 + k_2} \right) \times (M_a + M_b)$$

$$M_2 = \left(\frac{k_2}{k_1 + k_2} \right) \times (M_{inf} + M_{sup})$$



Nœud de rives :

$$M_1 = M_a + M_b$$

d) Moment en travées correspondant au moment max sous charges verticales :

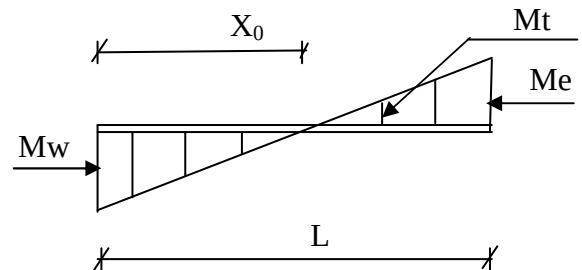
$$M_t(x_0) = M_w - \left(\frac{M_w + M_e}{L} \right) \times (X_0)$$

Avec : X_0 : abscisse de la poutre correspondant au moment max sous charges verticales

Calculée dans le chapitre VI.

L : longueur libre de la poutre.

M_w et M_e : moments aux appuis de la poutre.

**e) Effort tranchant dans les poutres :**

$$T(x) = \frac{|M_w| + |M_e|}{L} \quad \text{Sous } \vec{E}$$

$$T(x) = - \frac{|M_w| + |M_e|}{L} \quad \text{Sous } \vec{E}$$

f) Calcul des efforts normaux :

Les efforts normaux dans les poteaux sous $\vec{E}$ seront déduits à partir des efforts tranchants dans les poutres sous $\vec{E}$ et seront donnés par :

$$N = |T_w| - |T_e|$$

$$\text{Effort normal cumulé} \quad N_c = N_i + N_{i+1}$$

➤ Les résultats sont donnés dans les tableaux qui suivent :

A. Portique longitudinal :

➤ Répartition des efforts tranchants par portique et par niveau sous E :

➤ sens longitudinal :

Niveau	Portiques	ζ_{ix} (KN)	R _{jy} (KN/m)	ΣR_{jx} (KN/m)	R _{j0} (KN.m)	X _j (m)	e _y (m)	T _{jx} (KN)
8	G2-G5	126,418	26195,53	143973,78	9025475	3,281	0,852	24,03
	F1-F5	126,418	33700,39	143973,78	9025475	1,081	0,852	30,03
	E1-E2	126,418	10249,77	143973,78	9025475	-4,769	0,852	8,42
	E3-E5	126,418	20605,39	143973,78	9025475	6,081	0,852	19,59
	D1-D2	126,418	10249,77	143973,78	9025475	-4,769	0,852	8,42
	C1-C3	126,418	16361,58	143973,78	9025475	-1,969	0,852	13,98
	B1-B3	126,418	16361,58	143973,78	9025475	-1,969	0,852	13,98
	A1-A2	126,418	10249,77	143973,78	9025475	-4,769	0,852	8,42
7	G2-G5	227,010	26195,53	143973,78	9025475	3,281	0,852	43,15
	F1-F5	227,010	33700,39	143973,78	9025475	1,081	0,852	53,92
	E1-E2	227,010	10249,77	143973,78	9025475	-4,769	0,852	15,11
	E3-E5	227,010	20605,39	143973,78	9025475	6,081	0,852	35,17
	D1-D2	227,010	10249,77	143973,78	9025475	-4,769	0,852	15,11
	C1-C3	227,010	16361,58	143973,78	9025475	-1,969	0,852	25,11
	B1-B3	227,010	16361,58	143973,78	9025475	-1,969	0,852	25,11
	A1-A2	227,010	10249,77	143973,78	9025475	-4,769	0,852	15,11
6	G2-G5	324,399	26273,83	144411,2	9058476	3,281	0,852	61,65
	F1-F5	324,399	33797,29	144411,2	9058476	1,081	0,852	77,04
	E1-E2	324,399	10283,25	144411,2	9058476	-4,769	0,852	21,60
	E3-E5	324,399	20675,45	144411,2	9058476	6,081	0,852	50,28
	D1-D2	324,399	10283,25	144411,2	9058476	-4,769	0,852	21,60
	C1-C3	324,399	16407,45	144411,2	9058476	-1,969	0,852	35,87
	B1-B3	324,399	16407,45	144411,2	9058476	-1,969	0,852	35,87
	A1-A2	324,399	10283,25	144411,2	9058476	-4,769	0,852	21,60
5	G2-G5	410,391	35526,26	188876,8	11255758	3,282	0,852	80,81
	F1-F5	410,391	45711,59	188876,8	11255758	1,082	0,852	100,86
	E1-E2	410,391	12666,68	188876,8	11255758	-4,768	0,852	25,65
	E3-E5	410,391	28101,19	188876,8	11255758	6,082	0,852	66,37
	D1-D2	410,391	12666,68	188876,8	11255758	-4,768	0,852	25,65
	C1-C3	410,391	20768,84	188876,8	11255758	-1,968	0,852	43,86
	B1-B3	410,391	20768,84	188876,8	11255758	-1,968	0,852	43,86
	A1-A2	410,391	12666,68	188876,8	11255758	-4,768	0,852	25,65

Niveau	Portiques	ζ_{ix} (KN)	Rjy(KN/m)	$\sum Rjx$ (KN/m)	Rj0 (KN.m)	Xj (m)	ey (m)	Tjx (KN)
4	G2-G5	500,057	35526,261	188876,79	11255758	3,282	0,852	98,47
	F1-F5	500,057	45711,594	188876,79	11255758	1,082	0,852	122,89
	E1-E2	500,057	12666,684	188876,79	11255758	-4,768	0,852	31,25
	E3-E5	500,057	28101,194	188876,79	11255758	6,082	0,852	80,87
	D1-D2	500,057	12666,684	188876,79	11255758	-4,768	0,852	31,25
	C1-C3	500,057	20768,844	188876,79	11255758	-1,968	0,852	53,44
	B1-B3	500,057	20768,844	188876,79	11255758	-1,968	0,852	53,44
	A1-A2	500,057	12666,684	188876,79	11255758	-4,768	0,852	31,25
3	G2-G5	585,190	35671,16	189680	11323724	3,282	0,852	115,21
	F1-F5	585,190	45897,103	189680	11323724	1,082	0,852	143,79
	E1-E2	585,190	12729,011	189680	11323724	-4,768	0,852	36,60
	E3-E5	585,190	28234,349	189680	11323724	6,082	0,852	94,67
	D1-D2	585,190	12729,011	189680	11323724	-4,768	0,852	36,60
	C1-C3	585,190	20845,177	189680	11323724	-1,968	0,852	62,50
	B1-B3	585,190	20845,177	189680	11323724	-1,968	0,852	62,50
	A1-A2	585,190	12729,011	189680	11323724	-4,768	0,852	36,60
2	G2-G5	656,480	43379,294	224433,08	13216605	3,283	0,852	132,91
	F1-F5	656,480	55702,825	224433,08	13216605	1,083	0,852	165,49
	E1-E2	656,480	14325,795	224433,08	13216605	-4,767	0,852	39,01
	E3-E5	656,480	34408,208	224433,08	13216605	6,083	0,852	109,50
	D1-D2	656,480	14325,795	224433,08	13216605	-4,767	0,852	39,01
	C1-C3	656,480	23982,684	224433,08	13216605	-1,967	0,852	68,15
	B1-B3	656,480	23982,684	224433,08	13216605	-1,967	0,852	68,15
	A1-A2	656,480	14325,795	224433,08	13216605	-4,767	0,852	39,01
1	G2-G5	725,932	43379,294	224433,08	13216605	3,283	0,852	146,98
	F1-F5	725,932	55702,825	224433,08	13216605	1,083	0,852	182,99
	E1-E2	725,932	14325,795	224433,08	13216605	-4,767	0,852	43,14
	E3-E5	725,932	34408,208	224433,08	13216605	6,083	0,852	121,09
	D1-D2	725,932	14325,795	224433,08	13216605	-4,767	0,852	43,14
	C1-C3	725,932	23982,684	224433,08	13216605	-1,967	0,852	75,36
	B1-B3	725,932	23982,684	224433,08	13216605	-1,967	0,852	75,36
	A1-A2	725,932	14325,795	224433,08	13216605	-4,767	0,852	43,14
RDC	G2-G5	744,771	29869,556	167451,43	11680076	3,268	0,852	138,15
	F1-F5	744,771	37900,097	167451,43	11680076	1,068	0,852	170,77
	E1-E2	744,771	12489,687	167451,43	11680076	-4,782	0,852	52,31
	E3-E5	744,771	23077,239	167451,43	11680076	6,068	0,852	110,25
	D1-D2	744,771	12489,687	167451,43	11680076	-4,782	0,852	52,31
	C1-C3	744,771	19567,738	167451,43	11680076	-1,982	0,852	84,92
	B1-B3	744,771	19567,738	167451,43	11680076	-1,982	0,852	84,92
	A1-A2	744,771	12489,687	167451,43	11680076	-4,782	0,852	52,31

1.) portique G-G :

a) effort tranchant par niveau à chaque poteau du portique longitudinal G-G :

Niveau	poteau	$r_{jx}(\text{KN/m})$	$R_{jx}(\text{KN/m})$	$T_{jx}(\text{KN/m})$	$t_{jx}(\text{KN/m})$
8	2	4428,357	26195,531	24,03	4,0618
	3	7540,869	26195,531	24,03	6,9166
	4	8144,511	26195,531	24,03	7,4703
	5	6081,794	26195,531	24,03	5,5783
7	2	4428,357	26195,531	43,15	7,2938
	3	7540,869	26195,531	43,15	12,4202
	4	8144,511	26195,531	43,15	13,4145
	5	6081,794	26195,531	43,15	10,0171
6	2	4441,997	26273,826	61,65	10,4230
	3	7561,063	26273,826	61,65	17,7418
	4	8165,875	26273,826	61,65	19,1609
	5	6104,891	26273,826	61,65	14,3249
5	2	5291,755	35526,261	80,81	12,0374
	3	10551,589	35526,261	80,81	24,0022
	4	11784,992	35526,261	80,81	26,8079
	5	7897,925	35526,261	80,81	17,9658
4	2	5291,755	35526,261	98,47	14,6675
	3	10551,589	35526,261	98,47	29,2464
	4	11784,992	35526,261	98,47	32,6651
	5	7897,925	35526,261	98,47	21,8911
3	2	5309,617	35671,16	115,21	17,1482
	3	10591,456	35671,16	115,21	34,2067
	4	11830,633	35671,16	115,21	38,2088
	5	7939,454	35671,16	115,21	25,6417
2	2	5829,577	43379,294	132,91	17,8618
	3	13144,011	43379,294	132,91	40,2732
	4	15136,324	43379,294	132,91	46,3776
	5	9269,382	43379,294	132,91	28,4013
1	2	5829,577	43379,294	146,98	19,7515
	3	13144,011	43379,294	146,98	44,5339
	4	15136,324	43379,294	146,98	51,2841
	5	9269,382	43379,294	146,98	31,4060
RDC	2	5768,599	29869,557	138,15	26,6811
	3	8250,682	29869,557	138,15	38,1613
	4	8873,121	29869,557	138,15	41,0402
	5	6977,155	29869,557	138,15	32,2709

b) Moment en tête et à la base du portique longitudinal G-G :

Niveau	poteau	t_{jX} (KN)	K	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y	Z=Y.h (m)	Minf (KN.m)	h-Z (m)	Msup (KN.m)
8	2	4,0617669	1,211	0,41	0	0	0	0,41	1,2546	5,0959	1,8054	7,3331
	3	6,9166176	3,59	0,45	0	0	0	0,45	1,377	9,5242	1,6830	11,6407
	4	7,4702886	4,528	0,45	0	0	0	0,45	1,377	10,2866	1,6830	12,5725
	5	5,5783283	2,149	0,45	0	0	0	0,45	1,377	7,6814	1,6830	9,3883
7	2	7,2937578	1,211	0,45	0	0	0	0,45	1,377	10,0435	1,6830	12,2754
	3	12,420243	3,59	0,5	0	0	0	0,5	1,53	19,0030	1,5300	19,0030
	4	13,414476	4,528	0,5	0	0	0	0,5	1,53	20,5241	1,5300	20,5241
	5	10,017063	2,149	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	14,1000	1,6524	16,5522
6	2	10,422992	1,217	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	14,6714	1,6524	17,2230
	3	17,741773	3,617	0,5	0	0	0	0,5	1,53	27,1449	1,5300	27,1449
	4	19,160943	4,567	0,5	0	0	0	0,5	1,53	29,3162	1,5300	29,3162
	5	14,324915	2,166	0,5	0	0	0	0,5	1,53	21,9171	1,5300	21,9171
5	2	12,037428	0,666	0,45	0	0	0	0,45	1,377	16,5755	1,6830	20,2590
	3	24,002244	1,985	0,5	0	0	0	0,5	1,53	36,7234	1,5300	36,7234
	4	26,807929	2,508	0,5	0	0	0	0,5	1,53	41,0161	1,5300	41,0161
	5	17,965817	1,189	0,5	0	0	0	0,5	1,53	27,4877	1,5300	27,4877
4	2	14,667456	0,666	0,45	0	0	0	0,45	1,377	20,1971	1,6830	24,6853
	3	29,246435	1,985	0,5	0	0	0	0,5	1,53	44,7470	1,5300	44,7470
	4	32,665128	2,508	0,5	0	0	0	0,5	1,53	49,9776	1,5300	49,9776
	5	21,891125	1,189	0,5	0	0	0	0,5	1,53	33,4934	1,5300	33,4934

b.) Moment en tête et à la base du portique longitudinal G-G (suite) :

Niveau	poteau	t_{jX} (KN)	K	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y	$Z=Y.h$ (m)	Minf (KN.m)	h-Z (m)	Msup (KN.m)
3	2	17,1482	0,669	0,5	0	0	0	0,5	1,53	26,2367	1,5300	26,2367
	3	34,206687	2	0,5	0	0	0	0,5	1,53	52,3362	1,5300	52,3362
	4	38,208794	2,53	0,5	0	0	0	0,5	1,53	58,4595	1,5300	58,4595
	5	25,641651	1,199	0,5	0	0	0	0,5	1,53	39,2317	1,5300	39,2317
2	2	17,86178	0,397	0,5	0	0	0	0,5	1,53	27,3285	1,5300	27,3285
	3	40,273151	1,192	0,5	0	0	0	0,5	1,53	61,6179	1,5300	61,6179
	4	46,377583	1,509	0,5	0	0	0	0,5	1,53	70,9577	1,5300	70,9577
	5	28,401317	0,715	0,5	0	0	0	0,5	1,53	43,4540	1,5300	43,4540
1	2	19,751471	0,397	0,6	0	0	0	0,6	1,836	36,2637	1,2240	24,1758
	3	44,533857	1,192	0,5	0	0	0	0,5	1,53	68,1368	1,5300	68,1368
	4	51,284109	1,509	0,5	0	0	0	0,5	1,53	78,4647	1,5300	78,4647
	5	31,40604	0,715	0,51	0	0	0	0,51	1,5606	49,0123	1,4994	47,0902
RDC	2	26,681063	0,539	0,75	0	0	0	0,75	3,06	81,6441	1,0200	27,2147
	3	38,161253	1,617	0,63	0	0	0	0,63	2,5704	98,0897	1,5096	57,6082
	4	41,040173	2,048	0,55	0	0	0	0,55	2,244	92,0941	1,8360	75,3498
	5	32,270905	0,97	0,65	0	0	0	0,65	2,652	85,5824	1,4280	46,0829

c.) Moment sur appuis dans le portique longitudinal G-G :

Niveau	poteau	$K_w[10^{-4}m^3]$	$K_e[10^{-4}m^3]$	$M_n[KN.m]$	$M_s[KN.m]$	$M_w[KN.m]$	$M_e[KN.m]$
8	2	0	290,91	0	7,3331	0,0000	7,3331
	3	290,91	571,43	0	11,6407	3,9270	7,7137
	4	571,43	516,13	0	12,5725	6,6059	5,9666
	5	516,13	0	0	9,3883	9,3883	0,0000
7	2	0	290,91	5,0959	12,2754	0,0000	17,3713
	3	290,91	571,43	9,5242	19,0030	9,6236	18,9035
	4	571,43	516,13	10,2866	20,5241	16,1887	14,6220
	5	516,13	0	7,6814	16,5522	24,2336	0,0000
6	2	0	290,91	10,0435	17,2230	0,0000	27,2665
	3	290,91	571,43	19,0030	27,1449	15,5680	30,5799
	4	571,43	516,13	20,5241	29,3162	26,1873	23,6531
	5	516,13	0	14,1000	21,9171	36,0171	0,0000
5	2	0	293,58	14,6714	20,2590	0,0000	34,9304
	3	293,58	581,82	27,1449	36,7234	21,4193	42,4490
	4	581,82	524,59	29,3162	41,0161	36,9852	33,3472
	5	524,59	0	21,9171	27,4877	49,4048	0,0000
4	2	0	293,58	16,5755	24,6853	0,0000	41,2609
	3	293,58	581,82	36,7234	44,7470	27,3225	54,1480
	4	581,82	524,59	41,0161	49,9776	47,8503	43,1435
	5	524,59	0	27,4877	33,4934	60,9811	0,0000
3	2	0	293,58	20,1971	26,2367	0,0000	46,4338
	3	293,58	581,82	44,7470	52,3362	32,5585	64,5248
	4	581,82	524,59	49,9776	58,4595	57,0231	51,4140
	5	524,59	0	33,4934	39,2317	72,7251	0,0000
2	2	0	296,3	26,2367	27,3285	0,0000	53,5653
	3	296,3	592,59	52,3362	61,6179	37,9851	75,9690
	4	592,59	533,33	58,4595	70,9577	68,1144	61,3028
	5	533,33	0	39,2317	43,4540	82,6857	0,0000
1	2	0	296,3	27,3285	24,1758	0,0000	51,5043
	3	296,3	592,59	61,6179	68,1368	43,2521	86,5027
	4	592,59	533,33	70,9577	78,4647	78,6434	70,7790
	5	533,33	0	43,4540	47,0902	90,5442	0,0000
RDC	2	0	296,3	36,2637	27,2147	0,0000	63,4784
	3	296,3	592,59	68,1368	57,6082	41,9155	83,8295
	4	592,59	533,33	78,4647	75,3498	80,9550	72,8594
	5	533,33	0	49,0123	46,0829	95,0951	0,0000

d) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique G-G:

Niveau	poteau	$K_w[10^{-4}m^3]$	$K_e[10^{-4}m^3]$	$M_n[KN.m]$	$M_s[KN.m]$	$M_w[KN.m]$	$M_e[KN.m]$
8	2	0	290,91	0	7,3331	0,0000	7,3331
	3	290,91	571,43	0	11,6407	3,9270	7,7137
	4	571,43	516,13	0	12,5725	6,6059	5,9666
	5	516,13	0	0	9,3883	9,3883	0,0000
7	2	0	290,91	5,0959	12,2754	0,0000	17,3713
	3	290,91	571,43	9,5242	19,0030	9,6236	18,9035
	4	571,43	516,13	10,2866	20,5241	16,1887	14,6220
	5	516,13	0	7,6814	16,5522	24,2336	0,0000
6	2	0	290,91	10,0435	17,2230	0,0000	27,2665
	3	290,91	571,43	19,0030	27,1449	15,5680	30,5799
	4	571,43	516,13	20,5241	29,3162	26,1873	23,6531
	5	516,13	0	14,1000	21,9171	36,0171	0,0000
5	2	0	293,58	14,6714	20,2590	0,0000	34,9304
	3	293,58	581,82	27,1449	36,7234	21,4193	42,4490
	4	581,82	524,59	29,3162	41,0161	36,9852	33,3472
	5	524,59	0	21,9171	27,4877	49,4048	0,0000
4	2	0	293,58	16,5755	24,6853	0,0000	41,2609
	3	293,58	581,82	36,7234	44,7470	27,3225	54,1480
	4	581,82	524,59	41,0161	49,9776	47,8503	43,1435
	5	524,59	0	27,4877	33,4934	60,9811	0,0000
3	2	0	293,58	20,1971	26,2367	0,0000	46,4338
	3	293,58	581,82	44,7470	52,3362	32,5585	64,5248
	4	581,82	524,59	49,9776	58,4595	57,0231	51,4140
	5	524,59	0	33,4934	39,2317	72,7251	0,0000
2	2	0	296,3	26,2367	27,3285	0,0000	53,5653
	3	296,3	592,59	52,3362	61,6179	37,9851	75,9690
	4	592,59	533,33	58,4595	70,9577	68,1144	61,3028
	5	533,33	0	39,2317	43,4540	82,6857	0,0000
1	2	0	296,3	27,3285	24,1758	0,0000	51,5043
	3	296,3	592,59	61,6179	68,1368	43,2521	86,5027
	4	592,59	533,33	70,9577	78,4647	78,6434	70,7790
	5	533,33	0	43,4540	47,0902	90,5442	0,0000
RDC	2	0	296,3	36,2637	27,2147	0,0000	63,4784
	3	296,3	592,59	68,1368	57,6082	41,9155	83,8295
	4	592,59	533,33	78,4647	75,3498	80,9550	72,8594
	5	533,33	0	49,0123	46,0829	95,0951	0,0000

d.) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique G-G:

Niveau	travée	L(m)	M _w (KN.m)	M _e (KN.m)	x(m)	M _t (KN.m)	T(KN)	(-) T(KN)
8	2_3	5,3	7,33311	3,92697	2,52	1,9793	2,1245	-2,1245
	3_4	2,6	7,71369	6,60589	1,54	-0,7679	5,5075	-5,5075
	4_5	2,9	5,96661	9,38833	1,63	-2,6639	5,2948	-5,2948
7	2_3	5,3	17,37129	9,62362	2,59	4,1794	5,0934	-5,0934
	3_4	2,6	18,90353	16,18870	1,5	-1,3420	13,4970	-13,4970
	4_5	2,9	14,62204	24,23355	1,56	-6,2796	13,3985	-13,3985
6	2_3	5,3	27,26646	15,56797	2,61	6,1725	8,0820	-8,0820
	3_4	2,6	30,57992	26,18733	1,48	-1,7337	21,8336	-21,8336
	4_5	2,9	23,65306	36,01714	1,51	-7,4166	20,5759	-20,5759
5	2_3	5,25	34,93040	21,41932	2,59	7,1312	10,7333	-10,7333
	3_4	2,55	42,44903	36,98519	1,43	-2,0964	31,1507	-31,1507
	4_5	2,85	33,34719	49,40482	1,48	-9,6258	29,0358	-29,0358
4	2_3	5,25	41,26087	27,32248	2,59	7,4264	13,0635	-13,0635
	3_4	2,55	54,14799	47,85025	1,43	-3,0510	39,9993	-39,9993
	4_5	2,85	43,14352	60,98112	1,48	-10,9282	36,5350	-36,5350
3	2_3	5,25	46,43383	32,55850	2,6	7,3138	15,0462	-15,0462
	3_4	2,55	64,52478	57,02305	1,4	-2,2074	47,6658	-47,6658
	4_5	2,85	51,41405	72,72515	1,47	-12,6156	43,5576	-43,5576
2	2_3	5,2	53,56527	37,98514	2,58	8,1422	17,6058	-17,6058
	3_4	2,5	75,96901	68,11435	1,36	-2,4123	57,6333	-57,6333
	4_5	2,8	61,30280	82,68574	1,43	-12,2342	51,4245	-51,4245
1	2_3	5,2	51,50432	43,25206	2,58	4,4906	18,2224	-18,2224
	3_4	2,5	86,50266	78,64343	1,36	-3,3368	66,0584	-66,0584
	4_5	2,8	70,77896	90,54423	1,43	-11,6111	57,6154	-57,6154
RDC	2_3	5,2	63,47838	41,91548	2,58	11,1868	20,2681	-20,2681
	3_4	2,5	83,82955	80,95504	1,38	-7,1315	65,9138	-65,9138
	4_5	2,8	72,85940	95,09512	1,44	-13,5172	59,9838	-59,9838

e) Efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal G-G :

Niveau	poteau	T _w (KN)	T _e (KN)	N(KN)	N _c (KN)
8	2	0	2,1245	-2,1245	-2,1245
	3	2,1245	5,5075	-3,3830	-3,3830
	4	5,5075	5,2948	0,2127	0,2127
	5	5,2948	0	5,2948	5,2948
7	2	0	5,0934	-5,0934	-7,2179
	3	5,0934	13,4970	-8,4036	-11,7866
	4	13,4970	13,3985	0,0985	0,3113
	5	13,3985	0	13,3985	18,6933
6	2	0	8,0820	-8,0820	-15,2999
	3	8,0820	21,8336	-13,7516	-25,5382
	4	21,8336	20,5759	1,2576	1,5689
	5	20,5759	0	20,5759	39,2692
5	2	0	10,7333	-10,7333	-26,0332
	3	10,7333	31,1507	-20,4174	-45,9556
	4	31,1507	29,0358	2,1149	3,6838
	5	29,0358	0	29,0358	68,3050
4	2	0	13,0635	-13,0635	-39,0967
	3	13,0635	39,9993	-26,9358	-72,8914
	4	39,9993	36,5350	3,4643	7,1481
	5	36,5350	0	36,5350	104,8400
3	2	0	15,0462	-15,0462	-41,0793
	3	15,0462	47,6658	-32,6197	-78,5753
	4	47,6658	43,5576	4,1082	7,7920
	5	43,5576	0	43,5576	111,8626
2	2	0	17,6058	-17,6058	-58,6852
	3	17,6058	57,6333	-40,0275	-118,6028
	4	57,6333	51,4245	6,2089	14,0008
	5	51,4245	0	51,4245	163,2871
1	2	0	18,2224	-18,2224	-76,9076
	3	18,2224	66,0584	-47,8361	-166,4388
	4	66,0584	57,6154	8,4430	22,4438
	5	57,6154	0	57,6154	220,9025
RDC	2	0	20,2681	-20,2681	-97,1756
	3	20,2681	65,9138	-45,6458	-212,0846
	4	65,9138	59,9838	5,9301	28,3739
	5	59,9838	0	59,9838	280,8863

2.) Portique F-F :**a-) Effort tranchant par niveau à chaque poteau du portique longitudinal F-F :**

Niveau	poteau	rjy (KN/m)	Rjy (KN/m)	Tjx(KN)	tij (KN)
8	1	5124,885	33700,39	30,03	4,57
	2	6808,334	33700,39	30,03	6,07
	3	7540,869	33700,39	30,03	6,72
	4	8144,511	33700,39	30,03	7,26
	5	6081,794	33700,39	30,03	5,42
7	1	5124,885	33700,39	53,92	8,20
	2	6808,334	33700,39	53,92	10,89
	3	7540,869	33700,39	53,92	12,07
	4	8144,511	33700,39	53,92	13,03
	5	6081,794	33700,39	53,92	9,73
6	1	5141,623	33797,28	77,04	11,72
	2	6823,832	33797,28	77,04	15,55
	3	7561,063	33797,28	77,04	17,24
	4	8165,875	33797,28	77,04	18,61
	5	6104,891	33797,28	77,04	13,92
5	1	6333,342	45711,6	100,86	13,97
	2	9143,747	45711,6	100,86	20,18
	3	10551,589	45711,6	100,86	23,28
	4	11784,992	45711,6	100,86	26,00
	5	7897,925	45711,6	100,86	17,43
4	1	6333,342	45711,6	122,89	17,03
	2	9143,747	45711,6	122,89	24,58
	3	10551,589	45711,6	122,89	28,37
	4	11784,992	45711,6	122,89	31,68
	5	7897,925	45711,6	122,89	21,23

a-) Effort tranchant par niveau à chaque poteau du portique longitudinal F-F (suite)

Niveau	poteau	rjy (KN/m)	Rjy (KN/m)	Tjx(KN)	tij (KN)
3	1	6364,506	45897,103	143,79	19,94
	2	9171,054	45897,103	143,79	28,73
	3	10591,456	45897,103	143,79	33,18
	4	11830,633	45897,103	143,79	37,06
	5	7939,454	45897,103	143,79	24,87
2	1	7162,898	55702,825	165,49	21,28
	2	10990,21	55702,825	165,49	32,65
	3	13144,011	55702,825	165,49	39,05
	4	15136,324	55702,825	165,49	44,97
	5	9269,382	55702,825	165,49	27,54
1	1	7162,898	55702,825	182,99	23,53
	2	10990,21	55702,825	182,99	36,10
	3	13144,011	55702,825	182,99	43,18
	4	15136,324	55702,825	182,99	49,72
	5	9269,382	55702,825	182,99	30,45
RDC	1	6244,844	37900,098	170,77	28,14
	2	7554,296	37900,098	170,77	34,04
	3	8250,682	37900,098	170,77	37,18
	4	8873,121	37900,098	170,77	39,98
	5	6977,155	37900,098	170,77	31,44

a) Moment en tête et à la base du portique longitudinal F-F :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z = y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z (m)	Msup(KN.m)
8	1	4,57	1,55	0,43	0,00	0,00	0,00	0,43	1,31	5,97	1,75	8,01
	2	6,07	2,76	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45	1,38	8,35	1,68	10,21
	3	6,72	3,59	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45	1,38	9,25	1,68	11,31
	4	7,26	4,53	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45	1,38	9,99	1,68	12,21
	5	5,42	2,15	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45	1,38	7,46	1,68	9,12
7	1	8,20	1,55	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45	1,38	11,29	1,68	13,80
	2	10,89	2,76	0,49	0,00	0,00	0,00	0,49	1,49	16,27	1,57	17,07
	3	12,07	3,59	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	18,46	1,53	18,46
	4	13,03	4,53	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	19,94	1,53	19,94
	5	9,73	2,15	0,49	0,00	0,00	0,00	0,49	1,49	14,53	1,57	15,25
6	1	11,72	1,56	0,48	0,00	0,00	0,00	0,48	1,46	17,14	1,60	18,72
	2	15,55	2,78	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	23,80	1,53	23,80
	3	17,24	3,62	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	26,37	1,53	26,37
	4	18,61	4,57	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	28,48	1,53	28,48
	5	13,92	2,17	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	21,29	1,53	21,29
5	1	13,97	0,85	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45	1,38	19,24	1,68	23,52
	2	20,18	1,52	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	30,87	1,53	30,87
	3	23,28	1,99	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	35,62	1,53	35,62
	4	26,00	2,51	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	39,78	1,53	39,78
	5	17,43	1,19	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	26,66	1,53	26,66
4	1	17,03	0,85	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,52	25,95	1,54	26,15
	2	24,58	1,52	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	37,61	1,53	37,61
	3	28,37	1,99	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	43,40	1,53	43,40
	4	31,68	2,51	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	48,47	1,53	48,47
	5	21,23	1,19	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	32,49	1,53	32,49

b) Moment en tête et à la base du portique longitudinal F-F (suite) :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z = y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z (m)	Msup(KN.m)
3	1	19,94	0,86	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	30,51	1,53	30,51
	2	28,73	1,53	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	43,96	1,53	43,96
	3	33,18	2,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	50,77	1,53	50,77
	4	37,06	2,53	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	56,71	1,53	56,71
	5	24,87	1,20	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	38,06	1,53	38,06
2	1	21,28	0,51	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	32,56	1,53	32,56
	2	32,65	0,91	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	49,96	1,53	49,96
	3	39,05	1,19	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	59,75	1,53	59,75
	4	44,97	1,51	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	68,80	1,53	68,80
	5	27,54	0,72	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	42,13	1,53	42,13
1	1	23,53	0,51	0,55	0,00	0,00	0,00	0,55	1,68	39,60	1,38	32,40
	2	36,10	0,91	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	55,24	1,53	55,24
	3	43,18	1,19	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	66,06	1,53	66,06
	4	49,72	1,51	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,53	76,08	1,53	76,08
	5	30,45	0,72	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1,54	46,96	1,52	46,22
RDC	1	28,14	0,69	0,70	0,00	0,00	0,00	0,70	2,86	80,40	1,22	34,41
	2	34,04	1,23	0,64	0,00	0,00	0,00	0,64	2,60	88,60	1,48	50,27
	3	37,18	1,62	0,62	0,00	0,00	0,00	0,62	2,53	93,89	1,55	57,79
	4	39,98	2,05	0,60	0,00	0,00	0,00	0,60	2,44	97,55	1,64	65,57
	5	31,44	0,97	0,65	0,00	0,00	0,00	0,65	2,65	83,37	1,43	44,89

c) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique F-F :

Niveau	nœud	Kw	Ke	Msup (KN.m)	Minf(KN.m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)
8	1	0,00	372,09	8,01	0,00	0,00	8,01
	2	372,09	290,91	10,21	0,00	5,73	4,48
	3	290,91	571,43	11,31	0,00	3,82	7,49
	4	571,43	516,13	12,21	0,00	6,42	5,80
	5	516,13	0,00	9,12	0,00	9,12	0,00
7	1	0,00	372,09	13,80	5,97	0,00	19,77
	2	372,09	290,91	17,07	8,35	14,27	11,15
	3	290,91	571,43	18,46	9,25	9,35	18,36
	4	571,43	516,13	19,94	9,99	15,73	14,20
	5	516,13	0,00	15,25	7,46	22,71	0,00
6	1	0,00	372,09	18,72	11,29	0,00	30,01
	2	372,09	290,91	23,80	16,27	22,49	17,58
	3	290,91	571,43	26,37	18,46	15,12	29,71
	4	571,43	516,13	28,48	19,94	25,44	22,98
	5	516,13	0,00	21,29	14,53	35,82	0,00
5	1	0,00	376,47	23,52	17,14	0,00	40,66
	2	376,47	293,58	30,87	23,80	30,71	23,95
	3	293,58	581,82	35,62	26,37	20,79	41,20
	4	581,82	524,59	39,78	28,48	35,90	32,37
	5	524,59	0,00	26,66	21,29	47,95	0,00
4	1	0,00	376,47	26,15	19,24	0,00	45,40
	2	376,47	293,58	37,61	30,87	38,47	30,00
	3	293,58	581,82	43,40	35,62	26,50	52,52
	4	581,82	524,59	48,47	39,78	46,41	41,85
	5	524,59	0,00	32,49	26,66	59,15	0,00

c) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique F-F(suite) :

Niveau	nœud	Kw	Ke	Msup (KN.m)	Minf(KN.m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)
3	1	0,00	376,47	30,51	25,95	0,00	56,45
	2	376,47	293,58	43,96	37,61	45,83	35,74
	3	293,58	581,82	50,77	43,40	31,58	62,59
	4	581,82	524,59	56,71	48,47	55,31	49,87
	5	524,59	0,00	38,06	32,49	70,54	0,00
2	1	0,00	380,95	32,56	30,51	0,00	63,07
	2	380,95	296,3	49,96	43,96	52,83	41,09
	3	296,3	592,59	59,75	50,77	36,84	73,68
	4	592,59	533,33	68,80	56,71	66,06	59,45
	5	533,33	0,00	42,13	38,06	80,19	0,00
1	1	0,00	380,95	32,40	32,56	0,00	64,96
	2	380,95	296,3	55,24	49,96	59,17	46,02
	3	296,3	592,59	66,06	59,75	41,94	83,87
	4	592,59	533,33	76,08	68,80	76,25	68,63
	5	533,33	0,00	46,22	42,13	88,35	0,00
RDC	1	0,00	380,95	34,41	39,60	0,00	74,01
	2	380,95	296,3	50,27	55,24	59,35	46,16
	3	296,3	592,59	57,79	66,06	41,29	82,57
	4	592,59	533,33	65,57	76,08	74,55	67,10
	5	533,33	0,00	44,89	46,96	91,86	0,00

d) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique F-F:

Niveau	travées	L(m)	Me(KN.m)	Mw (KN.m)	X(m)	Mt (KN.m)	T(KN)	(-)T(KN)
8	1_2	4,10	5,73	8,01	1,89	1,675	3,351	-3,351
	2_3	5,30	3,82	4,48	2,81	0,082	1,565	-1,565
	3_4	2,60	6,42	7,49	1,51	-0,586	5,351	-5,351
	4_5	2,90	9,12	5,80	1,65	-2,691	5,144	-5,144
7	1_2	4,10	14,27	19,77	1,99	3,248	8,301	-8,301
	2_3	5,30	9,35	11,15	2,71	0,670	3,868	-3,868
	3_4	2,60	15,73	18,36	1,5	-1,304	13,112	-13,112
	4_5	2,90	22,71	14,20	1,58	-5,906	12,728	-12,728
6	1_2	4,10	22,49	30,01	2	4,403	12,804	-12,804
	2_3	5,30	15,12	17,58	2,7	0,920	6,170	-6,170
	3_4	2,60	25,44	29,71	1,49	-1,896	21,210	-21,210
	4_5	2,90	35,82	22,98	1,54	-8,247	20,276	-20,276
5	1_2	4,10	30,71	40,66	1,97	6,366	17,409	-17,409
	2_3	5,30	20,79	23,95	2,66	1,497	8,442	-8,442
	3_4	2,60	35,90	41,20	1,45	-1,796	29,653	-29,653
	4_5	2,90	47,95	32,37	1,49	-8,902	27,697	-27,697
4	1_2	4,10	38,47	45,40	1,97	5,098	20,457	-20,457
	2_3	5,30	26,50	30,00	2,66	1,645	10,661	-10,661
	3_4	2,60	46,41	52,52	1,45	-2,653	38,051	-38,051
	4_5	2,90	59,15	41,85	1,49	-10,044	34,826	-34,826

d) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique F-F (suite) :

Niveau	travées	L(m)	Me(KN.m)	Mw (KN.m)	X(m)	Mt (KN.m)	T(KN)	(-)T(KN)
3	1_2	4,10	45,83	56,45	1,98	7,058	24,947	-24,947
	2_3	5,30	31,58	35,74	2,66	1,952	12,702	-12,702
	3_4	2,60	55,31	62,59	1,42	-1,803	45,346	-45,346
	4_5	2,90	70,54	49,87	1,47	-11,166	41,522	-41,522
2	1_2	4,10	52,83	63,07	1,96	7,663	28,267	-28,267
	2_3	5,30	36,84	41,09	2,63	2,419	14,703	-14,703
	3_4	2,60	66,06	73,68	1,38	-0,491	53,744	-53,744
	4_5	2,90	80,19	59,45	1,44	-9,888	48,153	-48,153
1	1_2	4,10	59,17	64,96	1,96	5,620	30,276	-30,276
	2_3	5,30	41,94	46,02	2,63	2,375	16,596	-16,596
	3_4	2,60	76,25	83,87	1,38	-1,117	61,587	-61,587
	4_5	2,90	88,35	68,63	1,44	-9,321	54,131	-54,131
RDC	1_2	4,10	59,35	74,01	1,93	11,233	32,527	-32,527
	2_3	5,30	41,29	46,16	2,61	3,098	16,499	-16,499
	3_4	2,60	74,55	82,57	1,4	-2,036	60,432	-60,432
	4_5	2,90	91,86	67,10	1,45	-12,378	54,812	-54,812

e) Efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal F-F :

Niveau	Nœuds	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
8	1	0,000	3,350	-3,350	-3,350
	2	3,350	1,565	1,785	1,785
	3	1,565	5,351	-3,785	-3,785
	4	5,351	5,144	0,207	0,207
	5	5,144	0,000	5,144	5,144
7	1	0,000	8,301	-8,301	-11,651
	2	8,301	3,868	4,432	6,217
	3	3,868	13,112	-9,243	-13,029
	4	13,112	12,728	0,383	0,590
	5	12,728	0,000	12,728	17,872
6	1	0,000	12,804	-12,804	-24,455
	2	12,804	6,170	6,634	12,851
	3	6,170	21,210	-15,040	-28,068
	4	21,210	20,276	0,934	1,524
	5	20,276	0,000	20,276	38,148
5	1	0,000	17,409	-17,409	-41,864
	2	17,409	8,442	8,967	21,818
	3	8,442	29,653	-21,211	-49,280
	4	29,653	27,697	1,957	3,481
	5	27,697	0,000	27,697	65,845
4	1	0,000	20,457	-20,457	-62,320
	2	20,457	10,661	9,795	31,613
	3	10,661	38,051	-27,390	-76,669
	4	38,051	34,826	3,225	6,706
	5	34,826	0,000	34,826	100,670

e) Efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal F-F (suite):

Niveau	Nœuds	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
3	1	0,000	24,947	-24,947	-87,268
	2	24,947	12,702	12,245	43,859
	3	12,702	45,346	-32,644	-109,313
	4	45,346	41,522	3,824	10,530
	5	41,522	0,000	41,522	142,192
2	1	0,000	28,267	-28,267	-115,534
	2	28,267	14,703	13,563	57,422
	3	14,703	53,744	-39,041	-148,354
	4	53,744	48,153	5,591	16,121
	5	48,153	0,000	48,153	190,345
1	1	0,000	30,276	-30,276	-145,811
	2	30,276	16,596	13,680	71,102
	3	16,596	61,587	-44,991	-193,345
	4	61,587	54,131	7,456	23,578
	5	54,131	0,000	54,131	244,476
RDC	1	0,000	32,527	-32,527	-178,337
	2	32,527	16,499	16,027	87,129
	3	16,499	60,432	-43,932	-237,277
	4	60,432	54,812	5,620	29,198
	5	54,812	0,000	54,812	299,288

➤ Sens transversal :

1) Répartition des efforts tranchants par portique et par niveau sous E :

a- Portique transversal (1-1) :

Niveau	Portiques	ζ_{ix} (KN)	R_{jx} (KN/m)	$\sum R_{jx}$ (KN/m)	R_{j0} (KN.m)	Y_j (m)	e_y (m)	T_{jx} (KN)
8	1A_1B	112,214	9121,18	122635,30	9025474,62	7,583	4,502	12,218
	1C_1G	112,214	20122,2	122635,30	9025474,62	-5,967	4,502	11,692
	2A_2D	112,214	22055,5	122635,3	9025474,62	4,183	4,502	25,345
	2E_2G	112,214	13851,9	122635,30	9025474,62	-10,217	4,502	4,753
	3A_3D	112,214	22055,5	122635,30	9025474,62	4,183	4,502	25,345
	3E_3G	112,214	13851,9	122635,30	9025474,62	-10,217	4,502	4,753
	4E_4G	112,214	13851,9	122635,3	9025474,62	-10,217	4,502	4,753
	5E_5F	112,214	7725,19	122635,30	9025474,62	-8,217	4,502	3,516
7	1A_1B	198,265	9121,18	122635,30	9025474,62	7,583	4,502	21,587
	1C_1G	198,265	20122,2	122635,30	9025474,62	-5,967	4,502	20,657
	2A_2D	198,265	22055,5	122635,3	9025474,62	4,183	4,502	44,781
	2E_2G	198,265	13851,9	122635,30	9025474,62	-10,217	4,502	8,398
	3A_3D	198,265	22055,5	122635,30	9025474,62	4,183	4,502	44,781
	3E_3G	198,265	13851,9	122635,30	9025474,62	-10,217	4,502	8,398
	4E_4G	198,265	13851,9	122635,3	9025474,62	-10,217	4,502	8,398
	5E_5F	198,265	7725,19	122918,13	9025474,62	-8,217	4,502	6,183
6	1A_1B	280,931	9159,89	123130,4	9058475,87	7,583	4,502	30,597
	1C_1G	280,931	20234	123130,4	9058475,87	-5,967	4,502	29,308
	2A_2D	280,931	22141	123130,4	9058475,87	4,183	4,502	63,447
	2E_2G	280,931	13898,7	123130,4	9058475,87	-10,217	4,502	11,884
	3A_3D	280,931	22141	123130,4	9058475,87	4,183	4,502	63,447
	3E_3G	280,931	13898,7	123130,4	9058475,87	-10,217	4,502	11,884
	4E_4G	280,931	13898,7	123130,4	9058475,87	-10,217	4,502	11,884
	5E_5F	280,931	7758,37	140450,8	9058475,87	-8,217	4,502	6,617
5	1A_1B	356,991	11133	154639,3	11255758,5	7,607	4,502	37,794
	1C_1G	356,991	25938,9	154639,3	11255758,5	-5,943	4,502	37,870
	2A_2D	356,991	28576,5	154639,3	11255758,5	4,207	4,502	83,136
	2E_2G	356,991	17105,5	154639,3	11255758,5	-10,193	4,502	14,593
	3A_3D	356,991	28576,5	154639,3	11255758,5	4,207	4,502	83,136
	3E_3G	356,991	17105,5	154639,3	11255758,5	-10,193	4,502	14,593
	4E_4G	356,991	17105,5	154639,3	11255758,5	-10,193	4,502	14,593
	5E_5F	356,991	9097,72	154639,3	11255758,5	-8,193	4,502	10,359

Niveau	Portiques	ζ_{ix} (KN)	R _{jx} (KN/m)	$\sum R_{jx}$ (KN/m)	R _{j0} (KN.m)	Y _j (m)	e _y (m)	T _{jx} (KN)
4	1A_1B	438,082	11133,05	154639,294	11255758,5	7,607	4,502	46,378
	1C_1G	438,082	25938,85	128436,022	11255758,5	-5,943	4,502	61,464
	2A_2D	438,082	28576,51	154639,294	11255758,5	4,207	4,502	102,021
	2E_2G	438,082	17105,55	154639,294	11255758,5	-10,19	4,502	17,908
	3A_3D	438,082	28576,51	154639,294	11255758,5	4,207	4,502	102,021
	3E_3G	438,082	17105,55	154639,294	11255758,5	-10,19	4,502	17,908
	4E_4G	438,082	17105,55	154639,294	11255758,5	-10,19	4,502	17,908
	5E_5F	438,082	9097,723	154639,294	11255758,5	-8,193	4,502	12,713
3	1A_1B	512,905	11206,42	155878,966	11323723,8	7,607	4,502	54,257
	1C_1G	512,905	26064,93	155878,966	11323723,8	-5,943	4,502	54,177
	2A_2D	512,905	28921,84	155878,966	11323723,8	4,207	4,502	119,976
	2E_2G	512,905	17206,05	155878,966	11323723,8	-10,19	4,502	20,852
	3A_3D	512,905	28921,84	155878,966	11323723,8	4,207	4,502	119,976
	3E_3G	512,905	17206,05	155878,966	11323723,8	-10,19	4,502	20,852
	4E_4G	512,905	17206,05	155878,966	11323723,8	-10,19	4,502	20,852
	5E_5F	512,905	9145,778	167833,795	11323723,8	-8,193	4,502	12,670
2	1A_1B	584,663	12518,52	177635,445	13216605,1	7,628	4,502	60,221
	1C_1G	584,663	29887,76	177635,445	13216605,1	-5,922	4,502	63,122
	2A_2D	584,663	33567,44	177635,445	13216605,1	4,228	4,502	138,747
	2E_2G	584,663	19380,35	177635,445	13216605,1	-10,17	4,502	24,527
	3A_3D	584,663	33567,44	177635,445	13216605,1	4,228	4,502	138,747
	3E_3G	584,663	19380,35	177635,445	13216605,1	-10,17	4,502	24,527
	4E_4G	584,663	19380,35	177635,445	13216605,1	-10,17	4,502	24,527
	5E_5F	584,663	9953,226	177635,445	13216605,1	-8,175	4,502	16,555
1	1A_1B	649,529	12518,52	177635,445	13216605,1	7,628	4,502	66,902
	1C_1G	649,529	29887,76	177635,445	13216605,1	-5,922	4,502	70,125
	2A_2D	649,529	33567,44	177635,445	13216605,1	4,228	4,502	154,141
	2E_2G	649,529	19380,35	177635,445	13216605,1	-10,17	4,502	27,248
	3A_3D	649,529	33567,44	177635,445	13216605,1	4,228	4,502	154,141
	3E_3G	649,529	19380,35	177635,445	13216605,1	-10,17	4,502	27,248
	4E_4G	649,529	19380,35	177635,445	13216605,1	-10,17	4,502	27,248
	5E_5F	649,529	9953,226	170994,778	13216605,1	-8,175	4,502	19,805
RDC	1A_1B	659,834	20001,57	160772,1	11680075,9	7,534	4,502	120,415
	1C_1G	659,834	24922,21	160772,1	11680075,9	-6,016	4,502	64,153
	2A_2D	659,834	26195,2	160772,1	11680075,9	4,134	4,502	135,051
	2E_2G	659,834	17594,42	160772,1	11680075,9	-10,27	4,502	26,272
	3A_3D	659,834	26195,2	160772,1	11680075,9	4,134	4,502	135,051
	3E_3G	659,834	17594,42	160772,1	11680075,9	-10,27	4,502	26,272
	4E_4G	659,834	17594,42	160772,1	11680075,9	-10,27	4,502	26,272
	5E_5F	659,834	10674,65	160772,1	11680075,9	-8,266	4,502	21,369

2) Effort tranchant par niveau à chaque poteau du portique transversal (1-1) :

Niv	poteau	rjx (KN/m)	Rjx (KN/m)	Tjx(KN)	tij (KN)
8	A	4560,5882	35119,4821	12,218	1,58655928
	B	4560,5882	35119,4821	12,218	1,58655928
	C	4560,5882	35119,4821	11,692	1,51825496
	D	5955,6767	35119,4821	11,692	1,98269067
	E	5533,368	35119,4821	11,692	1,84210085
	F	5876,1369	35119,4821	11,692	1,95621126
	G	4072,5359	35119,4821	11,692	1,35577858
7	A	4560,5882	35119,4821	21,587	2,80320794
	B	4560,5882	35119,4821	21,587	2,80320794
	C	4560,5882	35119,4821	20,657	2,68252463
	D	5955,6767	35119,4821	20,657	3,50311116
	E	5533,368	35119,4821	20,657	3,25471086
	F	5876,1369	35119,4821	20,657	3,45632652
	G	4072,5359	35119,4821	20,657	2,3954537
6	A	4579,947	35287,347	30,597	3,97118058
	B	4579,947	35287,347	30,597	3,97118058
	C	4579,947	35287,347	29,308	3,80389107
	D	5974,8882	35287,347	29,308	4,96246438
	E	5548,8315	35287,347	29,308	4,60860149
	F	5893,4742	35287,347	29,308	4,8948457
	G	4130,3121	35287,347	29,308	3,43044522
5	A	5566,5228	44149,7324	37,794	4,76511907
	B	5566,5228	44149,7324	37,794	4,76511907
	C	5566,5228	44149,7324	37,870	4,77471138
	D	7802,8652	44149,7324	37,870	6,6929447
	E	7077,8331	44149,7324	37,870	6,07104497
	F	7662,0813	44149,7324	37,870	6,57218664
	G	4907,3844	44149,7324	37,870	4,20933229
4	A	5566,5228	44149,7324	46,378	5,84752246
	B	5566,5228	44149,7324	46,378	5,84752246
	C	5566,5228	44149,7324	46,472	5,85929368
	D	7802,8652	44149,7324	46,472	8,21325636
	E	7077,8331	44149,7324	46,472	7,45009124
	F	7662,0813	44149,7324	46,472	8,06506794
	G	4907,3844	44149,7324	46,472	5,16548794

Niveau	poteau	rjx (KN/m)	Rjx (KN/m)	Tjx(KN)	tij (KN)
3	A	5603,2116	44378,651	54,257	6,8504475
	B	5603,2116	44378,651	54,257	6,8504475
	C	5603,2116	44378,651	54,177	6,8403023
	D	7832,8869	44378,651	54,177	9,5622507
	E	7107,2962	44378,651	54,177	8,6764624
	F	7692,7935	44378,651	54,177	9,3912272
	G	4936,0399	44378,651	54,177	6,0258308
2	A	6259,2601	50603,221	60,221	7,4488588
	B	6259,2601	50603,221	60,221	7,4488588
	C	6259,2601	50603,221	63,122	7,8077471
	D	9204,5757	50603,221	63,122	11,481708
	E	8196,9368	50603,221	63,122	10,224788
	F	9006,5114	50603,221	63,122	11,234645
	G	5417,4165	50603,221	63,122	6,7576387
1	A	6259,2601	50603,221	66,902	8,2752796
	B	6259,2601	50603,221	66,902	8,2752796
	C	6259,2601	50603,221	70,125	8,6739852
	D	9204,5757	50603,221	70,125	12,755558
	E	8196,9368	50603,221	70,125	11,359187
	F	9006,5114	50603,221	70,125	12,481083
	G	5417,4165	50603,221	70,125	7,5073714
RDC	A	10000,787	51419,001	120,415	23,420188
	B	10000,787	51419,001	120,415	23,420188
	C	5804,9057	51419,001	64,153	7,242471
	D	6843,2375	51419,001	64,153	8,5379422
	E	6495,2134	51419,001	64,153	8,1037311
	F	6773,6817	51419,001	64,153	8,4511611
	G	5500,3887	51419,001	64,153	6,8625414

1) Moment en tête et à la base du portique transversal 1-1 :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z=y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z(m)	Msup(KN.m)
8	A	1,5865593	1,387	0,42	0	0	0	0,42	1,2852	2,0390	1,7748	2,8158
	B	1,5865593	1,387	0,42	0	0	0	0,42	1,2852	2,0390	1,7748	2,8158
	C	1,518255	1,387	0,42	0	0	0	0,42	1,2852	1,9513	1,7748	2,6946
	D	1,9826907	2,299	0,45	0	0	0	0,45	1,377	2,7302	1,683	3,3369
	E	1,8421008	1,975	0,44	0	0	0	0,44	1,3464	2,4802	1,7136	3,1566
	F	1,9562113	2,234	0,45	0	0	0	0,45	1,377	2,6937	1,683	3,2923
	G	1,3557786	1,153	0,41	0	0	0	0,41	1,2546	1,7010	1,8054	2,4477
7	A	2,8032079	1,387	0,45	0	0	0	0,45	1,377	3,8600	1,683	4,7178
	B	2,8032079	1,387	0,45	0	0	0	0,45	1,377	3,8600	1,683	4,7178
	C	2,6825246	1,387	0,45	0	0	0	0,45	1,377	3,6938	1,683	4,5147
	D	3,5031116	2,299	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	4,9310	1,6524	5,7885
	E	3,2547109	1,975	0,45	0	0	0	0,45	1,377	4,4817	1,683	5,4777
	F	3,4563265	2,234	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	4,8651	1,6524	5,7112
	G	2,3954537	1,153	0,45	0	0	0	0,45	1,377	3,2985	1,683	4,0315
6	A	3,9711806	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,4382	5,7114	1,6218	6,4405
	B	3,9711806	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,4382	5,7114	1,6218	6,4405
	C	3,8038911	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,4382	5,4708	1,6218	6,1692
	D	4,9624644	2,315	0,5	0	0	0	0,5	1,53	7,5926	1,53	7,5926
	E	4,6086015	1,986	0,49	0	0	0	0,49	1,4994	6,9101	1,5606	7,1922
	F	4,8948457	2,248	0,5	0	0	0	0,5	1,53	7,4891	1,53	7,4891
	G	3,4304452	1,179	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	4,8287	1,6524	5,6685

2) Moment en tête et à la base du portique transversal 1-1 (suite) :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z=y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z(m)	Msup(KN.m)
5	A	4,7651191	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	6,5616	1,683	8,0197
	B	4,7651191	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	6,5616	1,683	8,0197
	C	4,7747114	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	6,5748	1,683	8,0358
	D	6,6929447	1,269	0,5	0	0	0	0,5	1,53	10,2402	1,53	10,2402
	E	6,071045	1,087	0,5	0	0	0	0,5	1,53	9,2887	1,53	9,2887
	F	6,5721866	1,232	0,5	0	0	0	0,5	1,53	10,0554	1,53	10,0554
	G	4,2093323	0,646	0,45	0	0	0	0,45	1,377	5,7963	1,683	7,0843
4	A	5,8475225	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	8,0520	1,683	9,8414
	B	5,8475225	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	8,0520	1,683	9,8414
	C	5,8592937	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	8,0682	1,683	9,8612
	D	8,2132564	1,269	0,5	0	0	0	0,5	1,53	12,5663	1,53	12,5663
	E	7,4500912	1,087	0,5	0	0	0	0,5	1,53	11,3986	1,53	11,3986
	F	8,0650679	1,232	0,5	0	0	0	0,5	1,53	12,3396	1,53	12,3396
	G	5,1654879	0,646	0,45	0	0	0	0,45	1,377	7,1129	1,683	8,6935
3	A	6,8504475	0,773	0,5	0	0	0	0,5	1,53	10,4812	1,53	10,4812
	B	6,8504475	0,773	0,5	0	0	0	0,5	1,53	10,4812	1,53	10,4812
	C	6,8403023	0,773	0,5	0	0	0	0,5	1,53	10,4657	1,53	10,4657
	D	9,5622507	1,277	0,5	0	0	0	0,5	1,53	14,6302	1,53	14,6302
	E	8,6764624	1,094	0,5	0	0	0	0,5	1,53	13,2750	1,53	13,2750
	F	9,3912272	1,24	0,5	0	0	0	0,5	1,53	14,3686	1,53	14,3686
	G	6,0258308	0,651	0,5	0	0	0	0,5	1,53	9,2195	1,53	9,2195

Suite :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z=y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z(m)	Msup(KN.m)
2	A	7,4488588	0,461	0,5	0	0	0	0,5	1,53	11,3968	1,53	11,3968
	B	7,4488588	0,461	0,5	0	0	0	0,5	1,53	11,3968	1,53	11,3968
	C	7,8077471	0,461	0,5	0	0	0	0,5	1,53	11,9459	1,53	11,9459
	D	11,481708	0,76	0,5	0	0	0	0,5	1,53	17,5670	1,53	17,5670
	E	10,224788	0,65	0,5	0	0	0	0,5	1,53	15,6439	1,53	15,6439
	F	11,234645	0,738	0,5	0	0	0	0,5	1,53	17,1890	1,53	17,1890
	G	6,7576387	0,387	0,5	0	0	0	0,5	1,53	10,3392	1,53	10,3392
1	A	8,2752796	0,461	0,55	0	0	0	0,55	1,683	13,9273	1,377	11,3951
	B	8,2752796	0,461	0,55	0	0	0	0,55	1,683	13,9273	1,377	11,3951
	C	8,6739852	0,461	0,55	0	0	0	0,55	1,683	14,5983	1,377	11,9441
	D	12,755558	0,76	0,53	0	0	0	0,53	1,6218	20,6870	1,4382	18,3450
	E	11,359187	0,65	0,55	0	0	0	0,55	1,683	19,1175	1,377	15,6416
	F	12,481083	0,738	0,52	0	0	0	0,52	1,5912	19,8599	1,4688	18,3322
	G	7,5073714	0,387	0,59	0	0	0	0,59	1,8054	13,5538	1,2546	9,4187
RDC	A	23,420188	0,622	0,71	0	0	0	0,71	2,8968	67,8436	1,1832	27,7108
	B	23,420188	0,622	0,71	0	0	0	0,71	2,8968	67,8436	1,1832	27,7108
	C	7,242471	0,622	0,71	0	0	0	0,71	2,8968	20,9800	1,1832	8,5693
	D	8,5379422	1,027	0,6	0	0	0	0,6	2,448	20,9009	1,632	13,9339
	E	8,1037311	0,878	0,68	0	0	0	0,68	2,7744	22,4830	1,3056	10,5802
	F	8,4511611	0,996	0,65	0	0	0	0,65	2,652	22,4125	1,428	12,0683
	G	6,8625414	0,523	0,75	0	0	0	0,75	3,06	20,9994	1,02	6,9998

2) Moment sur appuis dans le portique transversal (1-1) :

Niveau	nœud	Kw	Ke	Msup (KN.m)	Minf(KN.m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)
8	A	0	327,3	2,8158	0,0000	0,0000	2,8158
	B	327,3	0	2,8158	0,0000	2,8158	0,0000
	C	0	327,29	2,6946	0,0000	0,0000	2,6946
	D	327,29	497,51	3,3369	0,0000	1,3241	2,0128
	E	497,51	427,5	3,1566	0,0000	1,6978	1,4589
	F	427,5	387,5	3,2923	0,0000	1,7269	1,5654
	G	387,5	0	2,4477	0,0000	2,4477	0,0000
7	A	0	327,3	4,7178	2,0390	0,0000	6,7568
	B	327,3	0	4,7178	2,0390	6,7568	0,0000
	C	0	327,29	4,5147	1,9513	0,0000	6,4660
	D	327,29	497,51	5,7885	2,7302	3,3803	5,1384
	E	497,51	427,5	5,4777	2,4802	4,2801	3,6778
	F	427,5	387,5	5,7112	2,6937	4,4087	3,9962
	G	387,5	0	4,0315	1,7010	5,7325	0,0000
6	A	0	327,3	6,4405	3,8600	0,0000	10,3005
	B	327,3	0	6,4405	3,8600	10,3005	0,0000
	C	0	327,29	6,1692	3,6938	0,0000	9,8630
	D	327,29	497,51	7,5926	4,9310	4,9695	7,5541
	E	497,51	427,5	7,1922	4,4817	6,2787	5,3952
	F	427,5	387,5	7,4891	4,8651	6,4803	5,8739
	G	387,5	0	5,6685	3,2985	8,9670	0,0000
5	A	0	332,4	8,0197	5,7114	0,0000	13,7310
	B	332,4	0	8,0197	5,7114	13,7310	0,0000
	C	0	332,36	8,0358	5,4708	0,0000	13,5066
	D	332,36	217,64	10,2402	7,5926	10,7762	7,0566
	E	217,64	253,74	9,2887	6,9101	7,4791	8,7197
	F	253,74	280,23	10,0554	7,4891	8,3371	9,2075
	G	280,23	0	7,0843	4,8287	11,9130	0,0000

Suite :

Niveau	nœud	Kw	Ke	Msup (KN.m)	Minf(KN.m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)
4	A	0	332,4	9,8414	6,5616	0,0000	16,4029
	B	332,4	0	9,8414	6,5616	16,4029	0,0000
	C	0	332,36	9,8612	6,5748	0,0000	16,4360
	D	332,36	217,64	12,5663	10,2402	13,7818	9,0247
	E	217,64	253,74	11,3986	9,2887	9,5515	11,1358
	F	253,74	280,23	12,3396	10,0554	10,6420	11,7530
	G	280,23	0	8,6935	5,7963	14,4898	0,0000
3	A	0	332,4	10,4812	8,0520	0,0000	18,5332
	B	332,4	0	10,4812	8,0520	18,5332	0,0000
	C	0	332,36	10,4657	8,0682	0,0000	18,5339
	D	332,36	217,64	14,6302	12,5663	16,4346	10,7619
	E	217,64	253,74	13,2750	11,3986	11,3920	13,2816
	F	253,74	280,23	14,3686	12,3396	12,6916	14,0166
	G	280,23	0	9,2195	7,1129	16,3324	0,0000
2	A	0	337,6	11,3968	10,4812	0,0000	21,8779
	B	337,6	0	11,3968	10,4812	21,8779	0,0000
	C	0	337,6	11,9459	10,4657	0,0000	22,4115
	D	337,6	219,87	17,5670	14,6302	19,4984	12,6988
	E	219,87	256,73	15,6439	13,2750	13,3412	15,5777
	F	256,73	283,94	17,1890	14,3686	14,9847	16,5729
	G	283,94	0	10,3392	9,2195	19,5587	0,0000
1	A	0	337,6	11,3951	11,3968	0,0000	22,7918
	B	337,6	0	11,3951	11,3968	22,7918	0,0000
	C	0	337,6	11,9441	11,9459	0,0000	23,8899
	D	337,6	219,87	18,3450	17,5670	21,7481	14,1640
	E	219,87	256,73	15,6416	15,6439	14,4330	16,8526
	F	256,73	283,94	18,3322	17,1890	16,8668	18,6544
	G	283,94	0	9,4187	10,3392	19,7579	0,0000
RDC	A	0	337,6	27,7108	13,9273	0,0000	41,6381
	B	337,6	0	27,7108	13,9273	41,6381	0,0000
	C	0	337,6	8,5693	14,5983	0,0000	23,1676
	D	337,6	219,87	13,9339	20,6870	20,9662	13,6547
	E	219,87	256,73	10,5802	19,1175	13,7005	15,9973
	F	256,73	283,94	12,0683	19,8599	15,1607	16,7675
	G	283,94	0	6,9998	13,5538	20,5536	0,0000

4) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique 1-1 :

Niveau	travées	L(m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)	X(m)	Mt (KN.m)	(E)T(KN)	(- E)T(KN)
9	A_B	3,1	2,8158	2,8158	1,31	0,4360	3,7242	-3,7242
	B_C	3,1	0,0000	0,0000	1,67	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3,1	2,6946	1,3241	1,47	0,7890	3,1217	-3,1217
	D_E	4,8	2,0128	1,6978	2,37	0,1807	2,3665	-2,3665
	E_F	4,1	1,4589	1,7269	2,06	-0,1418	1,8801	-1,8801
	F_G	3,7	1,5654	2,4477	2,21	-0,8316	2,2269	-2,2269
8	A_B	3,1	6,7568	6,7568	1,38	0,7411	8,9365	-8,9365
	B_C	3,1	0,0000	0,0000	1,59	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3,1	6,4660	3,3803	1,41	1,9875	7,5564	-7,5564
	D_E	4,8	5,1384	4,2801	2,37	0,4880	6,0301	-6,0301
	E_F	4,1	3,6778	4,4087	2,09	-0,4444	4,7531	-4,7531
	F_G	3,7	3,9962	5,7325	2,05	-1,3940	5,5455	-5,5455
7	A_B	3,1	10,3005	10,3005	1,45	0,6645	13,6232	-13,6232
	B_C	3,1	0,0000	0,0000	1,55	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3,1	9,8630	4,9695	1,43	3,0209	11,4660	-11,4660
	D_E	4,8	7,5541	6,2787	2,38	0,6953	8,8621	-8,8621
	E_F	4,1	5,3952	6,4803	2,1	-0,6874	6,9757	-6,9757
	F_G	3,7	5,8739	8,9670	1,99	-2,1081	8,2975	-8,2975
6	A_B	3,05	13,7310	13,7310	1,44	0,7653	18,2330	-18,2330
	B_C	3,05	0,0000	0,0000	1,52	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3,05	13,5066	10,7762	1,42	2,2012	17,0398	-17,0398
	D_E	4,75	7,0566	7,4791	2,36	-0,1654	8,6311	-8,6311
	E_F	4,05	8,7197	8,3371	2,07	0,0018	10,7782	-10,7782
	F_G	3,65	9,2075	11,9130	1,94	-2,0182	12,4713	-12,4713
5	A_B	3,05	16,4029	16,4029	1,44	0,9143	21,7810	-21,7810
	B_C	3,05	0,0000	0,0000	1,52	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3,05	16,4360	13,7818	1,42	2,3674	20,9546	-20,9546
	D_E	4,75	9,0247	9,5515	2,36	-0,2047	11,0356	-11,0356
	E_F	4,05	11,1358	10,6420	2,07	0,0049	13,7635	-13,7635
	F_G	3,65	11,7530	14,4898	1,94	-2,1952	15,7228	-15,7228

Suite :

Niveau	travées	L(m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)	X(m)	Mt (KN.m)	(E)T(KN)	(- E)T(KN)
4	A_B	3,05	18,5332	18,5332	1,46	0,7899	24,6097	-24,6097
	B_C	3,05	0,0000	0,0000	1,54	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3,05	18,5339	16,4346	1,47	1,6802	23,9223	-23,9223
	D_E	4,75	10,7619	11,3920	2,36	-0,2451	13,1602	-13,1602
	E_F	4,05	13,2816	12,6916	2,06	0,0706	16,4153	-16,4153
	F_G	3,65	14,0166	16,3324	1,92	-1,9478	18,4912	-18,4912
3	A_B	3	21,8779	21,8779	1,44	0,8751	29,1706	-29,1706
	B_C	3	0,0000	0,0000	1,51	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3	22,4115	19,4984	1,45	2,1550	28,9110	-28,9110
	D_E	4,7	12,6988	13,3412	1,83	2,5598	15,5374	-15,5374
	E_F	4	15,5777	14,9847	2,03	0,0673	19,3239	-19,3239
	F_G	3,6	16,5729	19,5587	1,88	-2,2958	22,0059	-22,0059
2	A_B	3	22,7918	22,7918	1,44	0,9117	30,3891	-30,3891
	B_C	3	0,0000	0,0000	1,51	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3	22,4115	19,4984	1,45	2,1550	28,9110	-28,9110
	D_E	4,7	12,6988	13,3412	1,83	2,5598	15,5374	-15,5374
	E_F	4	15,5777	14,9847	2,03	0,0673	19,3239	-19,3239
	F_G	3,6	16,5729	19,5587	1,88	-2,2958	22,0059	-22,0059
1	A_B	3	41,6381	41,6381	1,44	1,6655	55,5174	-55,5174
	B_C	3	0,0000	0,0000	1,5	0,0000	0,0000	0,0000
	C_D	3	23,1676	20,9662	1,42	2,2776	30,1563	-30,1563
	D_E	4,7	13,6547	13,7005	1,83	3,0037	16,5697	-16,5697
	E_F	4	15,9973	15,1607	2,03	0,1846	19,7874	-19,7874
	F_G	3,6	16,7675	20,5536	1,88	-2,7224	22,4768	-22,4768

5) Efforts normaux dans les poteaux du portique transversal 1-1 :

Niv	Nœuds	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
8	A	0	3,7241562	-3,724156	-3,724156
	B	3,7241562	0	3,7241562	3,7241562
	C	0	3,1217303	-3,12173	-3,12173
	D	3,1217303	2,3664627	0,7552675	0,7552675
	E	2,3664627	1,8800624	0,4864004	0,4864004
	F	1,8800624	2,2269057	-0,346843	-0,346843
	G	2,2269057	0	2,2269057	2,2269057
7	A	0	8,9364723	-8,936472	-12,66063
	B	8,9364723	0	8,9364723	12,660629
	C	0	7,5563759	-7,556376	-10,67811
	D	7,5563759	6,0300727	1,5263032	2,2815707
	E	6,0300727	4,7530913	1,2769814	1,7633817
	F	4,7530913	5,5455389	-0,792448	-1,139291
	G	5,5455389	0	5,5455389	7,7724446
6	A	0	13,623213	-13,62321	-26,28384
	B	13,623213	0	13,623213	26,283841
	C	0	11,466047	-11,46605	-22,14415
	D	11,466047	8,8621331	2,6039141	4,8854848
	E	8,8621331	6,9757447	1,8863884	3,6497701
	F	6,9757447	8,2974636	-1,321719	-2,46101
	G	8,2974636	0	8,2974636	16,069908
5	A	0	18,23303	-18,23303	-44,51687
	B	18,23303	0	18,23303	44,516871
	C	0	17,039771	-17,03977	-39,18392
	D	17,039771	8,6311463	8,4086243	13,294109
	E	8,6311463	10,778242	-2,147096	1,5026745
	F	10,778242	12,471304	-1,693062	-4,154072
	G	12,471304	0	12,471304	28,541212
4	A	0	21,780965	-21,78097	-66,29784
	B	21,780965	0	21,780965	66,297837
	C	0	20,954576	-20,95458	-60,1385
	D	20,954576	11,035579	9,918997	23,213106
	E	11,035579	13,763479	-2,727899	-1,225225
	F	13,763479	15,722802	-1,959323	-6,113395
	G	15,722802	0	15,722802	44,264014

Suite :

Niveau	Nœuds	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
3	A	0	24,60969	-24,60969	-90,90753
	B	24,60969	0	24,60969	90,907526
	C	0	23,922308	-23,92231	-84,06081
	D	23,922308	13,160232	10,762076	33,975182
	E	13,160232	16,415334	-3,255103	-4,480328
	F	16,415334	18,491184	-2,07585	-8,189245
	G	18,491184	0	18,491184	62,755198
2	A	0	29,170585	-29,17058	-120,0781
	B	29,170585	0	29,170585	120,07811
	C	0	28,910995	-28,91099	-112,9718
	D	28,910995	15,537366	13,373628	47,348811
	E	15,537366	19,323919	-3,786553	-8,26688
	F	19,323919	22,005857	-2,681938	-10,87118
	G	22,005857	0	22,005857	84,761055
1	A	0	30,389085	-30,38909	-150,4672
	B	30,389085	0	30,389085	150,4672
	C	0	28,910995	-28,91099	-141,8828
	D	28,910995	15,537366	13,373628	60,722439
	E	15,537366	19,323919	-3,786553	-12,05343
	F	19,323919	22,005857	-2,681938	-13,55312
	G	22,005857	0	22,005857	106,76691
RDC	A	0	55,517416	-55,51742	-205,9846
	B	55,517416	0	55,517416	205,98461
	C	0	30,156332	-30,15633	-172,0391
	D	30,156332	16,569708	13,586624	74,309063
	E	16,569708	19,787442	-3,217734	-15,27117
	F	19,787442	22,476828	-2,689386	-16,24251
	G	22,476828	0	22,476828	129,24374

6) Effort tranchant par niveau à chaque poteau du portique transversal (2-2) :

Niveau	poteau	rjx (KN/m)	Rjx (KN/m)	Tjx(KN)	tij (KN)
8	A	4560,511	35907,423	25,345	3,2190397
	B	6467,238	359074,23	25,345	0,4564904
	C	6467,238	359074,23	25,345	0,4564904
	D	4560,511	359074,23	25,345	0,321904
	E	3862,235	359074,23	4,753	0,0511254
	F	5880,219	359074,23	4,753	0,077838
	G	4109,471	359074,23	4,753	0,0543981
7	A	4560,511	35907,423	44,781	5,6875515
	B	6467,238	359074,23	44,781	0,8065489
	C	6467,238	359074,23	44,781	0,8065489
	D	4560,511	359074,23	44,781	0,5687551
	E	3862,235	359074,23	8,398	0,0903308
	F	5880,219	359074,23	8,398	0,1375279
	G	4109,471	359074,23	8,398	0,0961132
6	A	4579,888	36039,725	63,447	8,0628345
	B	6490,625	360397,25	63,447	1,1426663
	C	6490,625	360397,25	63,447	1,1426663
	D	4579,888	360397,25	63,447	0,8062834
	E	3875,599	360397,25	11,884	0,1278004
	F	5891,355	360397,25	11,884	0,1942712
	G	4131,745	360397,25	11,884	0,1362469
5	A	5566,438	45682,061	83,136	10,130271
	B	8721,818	456820,61	83,136	1,5872696
	C	8721,818	45682,061	83,136	15,872696
	D	5566,438	456820,61	83,136	1,0130271
	E	4542,719	45682,061	14,593	1,4511572
	F	7658,301	456820,61	14,593	0,244642
	G	4904,529	456820,61	14,593	0,1566736

Niveau	poteau	rjx (KN/m)	Rjx (KN/m)	Tjx(KN)	tij (KN)
4	A	5566,438	45682,061	102,021	12,431376
	B	8721,818	456820,61	102,021	1,9478201
	C	8721,818	45854,725	102,021	19,404856
	D	5566,438	456820,61	102,021	1,2431376
	E	4542,719	46027,389	17,908	1,767429
	F	7658,301	456820,61	17,908	0,3002128
	G	4904,529	456820,61	17,908	0,1922623
3	A	5700,709	46127,891	119,976	14,827217
	B	8760,211	461278,91	119,976	2,2784806
	C	8760,211	461278,91	119,976	2,2784806
	D	5700,709	461278,91	119,976	1,4827217
	E	4582,92	461278,91	20,852	0,2071666
	F	7698,502	461278,91	20,852	0,3480036
	G	4924,629	461278,91	20,852	0,2226133
2	A	6248,158	52947,791	138,747	16,373025
	B	10535,561	529477,91	138,747	2,7607977
	C	10535,561	43465,791	138,747	33,630618
	D	6248,158	529477,91	138,747	1,6373025
	E	4978,746	43465,791	24,527	2,8094209
	F	8988,474	529477,91	24,527	0,416373
	G	5413,133	529477,91	24,527	0,2507525
1	A	6248,158	43465,791	154,141	22,15757
	B	1053,561	529477,91	154,141	0,3067111
	C	10535,561	49261,673	154,141	32,965997
	D	6248,158	529477,91	154,141	1,8189546
	E	4978,746	45575,555	27,248	2,9766335
	F	8988,474	529477,91	27,248	0,4625679
	G	5413,133	529477,91	27,248	0,2785725
RDC	A	5804,802	43789,621	135,051	17,902472
	B	7292,799	437896,21	135,051	2,2491573
	C	7292,799	30692,02	135,051	32,089691
	D	5804,802	437896,21	135,051	1,7902472
	E	5331,231	17594,419	26,272	7,9607226
	F	6769,171	437896,21	26,272	0,4061292
	G	5494,017	437896,21	26,272	0,3296239

7) Moment en tête et à la base du portique transversal 2-2 :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z=y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z(m)	Msup(KN.m)
8	A	3,2190397	1,387	0,42	0	0	0	0,42	1,2852	4,1371	1,7748	5,7132
	B	0,4564904	2,773	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,6286	1,683	0,7683
	C	0,4564904	2,773	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,6286	1,683	0,7683
	D	0,321904	1,387	0,42	0	0	0	0,42	1,2852	0,4137	1,7748	0,5713
	E	0,0511254	1,062	0,4	0	0	0	0,4	1,224	0,0626	1,836	0,0939
	F	0,077838	2,234	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,1072	1,683	0,1310
	G	0,0543981	1,172	0,41	0	0	0	0,41	1,2546	0,0682	1,8054	0,0982
7	A	5,6875515	1,387	0,45	0	0	0	0,45	1,377	7,8318	1,683	9,5721
	B	0,8065489	2,773	0,48	0	0	0	0,48	1,4688	1,1847	1,5912	1,2834
	C	0,8065489	2,773	0,48	0	0	0	0,48	1,4688	1,1847	1,5912	1,2834
	D	0,5687551	1,387	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,7832	1,683	0,9572
	E	0,0903308	1,062	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,1244	1,683	0,1520
	F	0,1375279	2,234	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	0,1936	1,6524	0,2273
	G	0,0961132	1,172	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,1323	1,683	0,1618
6	A	8,0628345	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,4382	11,5960	1,6218	13,0763
	B	1,1426663	2,794	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,7483	1,53	1,7483
	C	1,1426663	2,794	0,5	0	0	0	0,5	1,53	1,7483	1,53	1,7483
	D	0,8062834	1,397	0,47	0	0	0	0,47	1,4382	1,1596	1,6218	1,3076
	E	0,1278004	1,068	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,1760	1,683	0,2151
	F	0,1942712	2,248	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,2972	1,53	0,2972
	G	0,1362469	1,179	0,46	0	0	0	0,46	1,4076	0,1918	1,6524	0,2251

Suite :

Niveau	Poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z=y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z(m)	Msup(KN.m)
5	A	10,130271	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	13,9494	1,683	17,0492
	B	1,5872696	1,533	0,5	0	0	0	0,5	1,53	2,4285	1,53	2,4285
	C	15,872696	1,533	0,5	0	0	0	0,5	1,53	24,2852	1,53	24,2852
	D	1,0130271	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,3949	1,683	1,7049
	E	1,4511572	0,585	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,9982	1,683	2,4423
	F	0,244642	1,231	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,3743	1,53	0,3743
	G	0,1566736	0,646	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,2157	1,683	0,2637
4	A	12,431376	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	17,1180	1,683	20,9220
	B	1,9478201	1,533	0,5	0	0	0	0,5	1,53	2,9802	1,53	2,9802
	C	19,404856	1,533	0,5	0	0	0	0,5	1,53	29,6894	1,53	29,6894
	D	1,2431376	0,766	0,45	0	0	0	0,45	1,377	1,7118	1,683	2,0922
	E	1,767429	0,585	0,45	0	0	0	0,45	1,377	2,4337	1,683	2,9746
	F	0,3002128	1,231	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,4593	1,53	0,4593
	G	0,1922623	0,646	0,45	0	0	0	0,45	1,377	0,2647	1,683	0,3236
3	A	14,827217	0,772	0,5	0	0	0	0,5	1,53	22,6856	1,53	22,6856
	B	2,2784806	1,545	0,5	0	0	0	0,5	1,53	3,4861	1,53	3,4861
	C	2,2784806	1,545	0,5	0	0	0	0,5	1,53	3,4861	1,53	3,4861
	D	1,4827217	0,772	0,5	0	0	0	0,5	1,53	2,2686	1,53	2,2686
	E	0,2071666	0,589	0,49	0	0	0	0,49	1,4994	0,3106	1,5606	0,3233
	F	0,3480036	1,239	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,5324	1,53	0,5324
	G	0,2226133	0,65	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,3406	1,53	0,3406

Suite :

Niveau	poteau	tjx(KN)	K	y0	y1	y2	y3	y	z=y*h (m)	Minf(KN.m)	h-z(m)	Msup(KN.m)
2	A	16,373025	0,461	0,5	0	0	0	0,5	1,53	25,0507	1,53	25,0507
	B	2,7607977	0,921	0,5	0	0	0	0,5	1,53	4,2240	1,53	4,2240
	C	33,630618	0,921	0,5	0	0	0	0,5	1,53	51,4548	1,53	51,4548
	D	1,6373025	0,461	0,5	0	0	0	0,5	1,53	2,5051	1,53	2,5051
	E	2,8094209	0,35	0,5	0	0	0	0,5	1,53	4,2984	1,53	4,2984
	F	0,416373	0,737	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,6371	1,53	0,6371
	G	0,2507525	0,387	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,3837	1,53	0,3837
1	A	22,15757	0,461	0,55	0	0	0	0,55	1,683	37,2912	1,377	30,5110
	B	0,3067111	0,921	0,5	0	0	0	0,5	1,53	0,4693	1,53	0,4693
	C	32,965997	0,921	0,5	0	0	0	0,5	1,53	50,4380	1,53	50,4380
	D	1,8189546	0,461	0,55	0	0	0	0,55	1,683	3,0613	1,377	2,5047
	E	2,9766335	0,35	0,57	0	0	0	0,57	1,7442	5,1918	1,3158	3,9167
	F	0,4625679	0,737	0,52	0	0	0	0,52	1,5912	0,7360	1,4688	0,6794
	G	0,2785725	0,387	0,59	0	0	0	0,59	1,8054	0,5029	1,2546	0,3495
RDC	A	17,902472	0,622	0,71	0	0	0	0,71	2,8968	51,8599	1,1832	21,1822
	B	2,2491573	1,244	0,61	0	0	0	0,61	2,4888	5,5977	1,5912	3,5789
	C	32,089691	1,244	0,61	0	0	0	0,61	2,4888	79,8648	1,5912	51,0611
	D	1,7902472	0,622	0,71	0	0	0	0,71	2,8968	5,1860	1,1832	2,1182
	E	7,9607226	0,473	0,78	0	0	0	0,78	3,1824	25,3342	0,8976	7,1455
	F	0,4061292	0,996	0,65	0	0	0	0,65	2,652	1,0771	1,428	0,5800
	G	0,3296239	0,523	0,75	0	0	0	0,75	3,06	1,0086	1,02	0,3362

8) Moment sur appuis dans le portique transversal 2-2 :

Niveau	nœud	Kw	Ke	Msup (KN.m)	Minf(KN.m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)
8	A	0	327,29	5,7132	0,0000	0,0000	5,7132
	B	327,29	327,29	0,7683	0,0000	0,3841	0,3841
	C	327,29	327,29	0,7683	0,0000	0,3841	0,3841
	D	327,29	0	0,5713	0,0000	0,5713	0,0000
	E	0	250,73	0,0939	0,0000	0,0000	0,0939
	F	250,73	276,61	0,1310	0,0000	0,0623	0,0687
	G	276,61	0	0,0982	0,0000	0,0982	0,0000
7	A	0	327,29	9,5721	4,1371	0,0000	13,7093
	B	327,29	327,29	1,2834	0,6286	0,9560	0,9560
	C	327,29	327,29	1,2834	0,6286	0,9560	0,9560
	D	327,29	0	0,9572	0,4137	1,3709	0,0000
	E	0	250,73	0,1520	0,0626	0,0000	0,2146
	F	250,73	276,61	0,2273	0,1072	0,1590	0,1754
	G	276,61	0	0,1618	0,0682	0,2300	0,0000
6	A	0	327,29	13,0763	7,8318	0,0000	20,9081
	B	327,29	327,29	1,7483	1,1847	1,4665	1,4665
	C	327,29	327,29	1,7483	1,1847	1,4665	1,4665
	D	327,29	0	1,3076	0,7832	2,0908	0,0000
	E	0	250,73	0,2151	0,1244	0,0000	0,3395
	F	250,73	276,61	0,2972	0,1936	0,2334	0,2575
	G	276,61	0	0,2251	0,1323	0,3575	0,0000
5	A	0	332,36	17,0492	11,5960	0,0000	28,6452
	B	332,36	332,36	2,4285	1,7483	2,0884	2,0884
	C	332,36	332,36	24,2852	1,7483	13,0168	13,0168
	D	332,36	0	1,7049	1,1596	2,8645	0,0000
	E	0	253,7	2,4423	0,1760	0,0000	2,6183
	F	253,7	280,23	0,3743	0,2972	0,3191	0,3525
	G	280,23	0	0,2637	0,1918	0,4555	0,0000

Suite :

Niveau	nœud	Kw	Ke	Msup (KN.m)	Minf(KN.m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)
4	A	0	332,36	20,9220	13,9494	0,0000	34,8714
	B	332,36	332,36	2,9802	2,4285	2,7043	2,7043
	C	332,36	332,36	29,6894	24,2852	26,9873	26,9873
	D	332,36	0	2,0922	1,3949	3,4871	0,0000
	E	0	253,7	2,9746	1,9982	0,0000	4,9728
	F	253,7	280,23	0,4593	0,3743	0,3961	0,4375
	G	280,23	0	0,3236	0,2157	0,5393	0,0000
3	A	0	332,36	22,6856	17,1180	0,0000	39,8036
	B	332,36	332,36	3,4861	2,9802	3,2331	3,2331
	C	332,36	332,36	3,4861	29,6894	16,5878	16,5878
	D	332,36	0	2,2686	1,7118	3,9804	0,0000
	E	0	253,7	0,3233	2,4337	0,0000	2,7571
	F	253,7	280,23	0,5324	0,4593	0,4712	0,5205
	G	280,23	0	0,3406	0,2647	0,6053	0,0000
2	A	0	337,6	25,0507	22,6856	0,0000	47,7364
	B	337,6	337,6	4,2240	3,4861	3,8550	3,8550
	C	337,6	337,6	51,4548	3,4861	27,4705	27,4705
	D	337,6	0	2,5051	2,2686	4,7736	0,0000
	E	0	256,74	4,2984	0,3106	0,0000	4,6090
	F	256,74	283,94	0,6371	0,5324	0,5553	0,6142
	G	283,94	0	0,3837	0,3406	0,7242	0,0000
1	A	0	337,6	30,5110	25,0507	0,0000	55,5617
	B	337,6	337,6	0,4693	4,2240	2,3466	2,3466
	C	337,6	337,6	50,4380	51,4548	50,9464	50,9464
	D	337,6	0	2,5047	2,5051	5,0098	0,0000
	E	0	256,74	3,9167	4,2984	0,0000	8,2151
	F	256,74	283,94	0,6794	0,6371	0,6251	0,6913
	G	283,94	0	0,3495	0,3837	0,7331	0,0000
RDC	A	0	337,6	21,1822	37,2912	0,0000	58,4734
	B	337,6	337,6	3,5789	0,4693	2,0241	2,0241
	C	337,6	337,6	51,0611	50,4380	50,7495	50,7495
	D	337,6	0	2,1182	3,0613	5,1795	0,0000
	E	0	256,74	7,1455	5,1918	0,0000	12,3374
	F	256,74	283,94	0,5800	0,7360	0,6249	0,6911
	G	283,94	0	0,3362	0,5029	0,8392	0,0000

9) Moment en travée et effort tranchant dans les poutres du portique 2-2

Niveau	travées	L(m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)	X(m)	Mt (KN.m)	(E)T(KN)	(- E)T(KN)
8	A_B	3,1	5,7132	0,3841	1,31	3,1366	1,9669	-1,9669
	B_C	3,1	0,3841	0,3841	1,63	-0,0198	0,2478	-0,2478
	C_D	3,1	0,3841	0,5713	1,71	-0,1429	0,3082	-0,3082
	D_E	4,8	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4,1	0,0939	0,0623	1,8	0,0253	0,0381	-0,0381
	F_G	3,7	0,0687	0,0982	2,14	-0,0278	0,0451	-0,0451
7	A_B	3,1	13,7093	0,9560	1,38	7,1809	4,7307	-4,7307
	B_C	3,1	0,9560	0,9560	1,6	-0,0308	0,6168	-0,6168
	C_D	3,1	0,9560	1,3709	1,67	-0,2975	0,7506	-0,7506
	D_E	4,8	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4,1	0,2146	0,1590	1,9	0,0415	0,0911	-0,0911
	F_G	3,7	0,1754	0,2300	2,03	-0,0470	0,1096	-0,1096
6	A_B	3,1	20,9081	1,4665	1,45	10,4426	7,2176	-7,2176
	B_C	3,1	1,4665	1,4665	1,56	-0,0095	0,9461	-0,9461
	C_D	3,1	1,4665	2,0908	1,65	-0,4269	1,1475	-1,1475
	D_E	4,8	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4,1	0,3395	0,2334	1,96	0,0656	0,1397	-0,1397
	F_G	3,7	0,2575	0,3575	1,97	-0,0700	0,1662	-0,1662
5	A_B	3,05	28,6452	2,0884	1,44	14,1349	10,0766	-10,0766
	B_C	3,05	2,0884	13,0168	1,53	-5,4889	4,9525	-4,9525
	C_D	3,05	13,0168	2,8645	1,61	4,6335	5,2070	-5,2070
	D_E	4,75	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4,05	2,6183	0,3191	1,95	1,2040	0,7253	-0,7253
	F_G	3,65	0,3525	0,4555	1,93	-0,0747	0,2213	-0,2213

Suite :

Niveau	travées	L(m)	Mw (KN.m)	Me(KN.m)	X(m)	Mt (KN.m)	(E)T(KN)	(-E)T(KN)
4	A_B	3,05	34,8714	2,7043	1,44	17,1307	12,3199	-12,3199
	B_C	3,05	2,7043	26,9873	1,53	-12,1902	9,7350	-9,7350
	C_D	3,05	26,9873	3,4871	1,61	10,9008	9,9916	-9,9916
	D_E	4,75	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4,05	4,9728	0,3961	1,95	2,3878	1,3257	-1,3257
	F_G	3,65	0,4375	0,5393	1,93	-0,0790	0,2676	-0,2676
3	A_B	3,05	39,8036	3,2331	1,46	19,2024	14,1104	-14,1104
	B_C	3,05	3,2331	16,5878	1,53	-6,7098	6,4986	-6,4986
	C_D	3,05	16,5878	3,9804	1,59	5,8654	6,7436	-6,7436
	D_E	4,75	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4,05	2,7571	0,4712	1,96	1,1947	0,7971	-0,7971
	F_G	3,65	0,5205	0,6053	1,91	-0,0686	0,3085	-0,3085
2	A_B	3	47,7364	3,8550	1,44	22,9725	17,1971	-17,1971
	B_C	3	3,8550	27,4705	1,5	-11,8077	10,4418	-10,4418
	C_D	3	27,4705	4,7736	1,56	10,7035	10,7480	-10,7480
	D_E	4,7	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4	4,6090	0,5553	1,95	2,0914	1,2911	-1,2911
	F_G	3,6	0,6142	0,7242	1,87	-0,0811	0,3718	-0,3718
1	A_B	3	55,5617	2,3466	1,44	27,7657	19,3028	-19,3028
	B_C	3	2,3466	50,9464	1,5	-24,2999	17,7644	-17,7644
	C_D	3	50,9464	5,0098	1,56	21,8492	18,6521	-18,6521
	D_E	4,7	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4	8,2151	0,6251	1,95	3,9055	2,2100	-2,2100
	F_G	3,6	0,6913	0,7331	1,87	-0,0486	0,3957	-0,3957
RDC	A_B	3	58,4734	2,0241	1,44	29,4346	20,1658	-20,1658
	B_C	3	2,0241	50,7495	1,5	-24,3627	17,5912	-17,5912
	C_D	3	50,7495	5,1795	1,56	21,6664	18,6430	-18,6430
	D_E	4,7	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
	E_F	4	12,3374	0,6249	1,94	6,0507	3,2406	-3,2406
	F_G	3,6	0,6911	0,8392	1,88	-0,1080	0,4251	-0,4251

10) Efforts normaux dans les poteaux du portique transversal 2-2 :

Niveau	Nœuds	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
8	A	0	1,9669	-1,966867	-1,966867
	B	1,9669	0,2478	1,7190371	1,7190371
	C	0,2478	0,3082	-0,06038	-0,06038
	D	0,3082	0,0000	0,3082103	0,3082103
	E	0,0000	0,0381	-0,038086	-0,038086
	F	0,0381	0,0451	-0,007029	-0,007029
	G	0,0451	0	0,045115	0,045115
7	A	0	4,7307	-4,730723	-6,697591
	B	4,7307	0,6168	4,1139597	5,8329968
	C	0,6168	0,7506	-0,133852	-0,194232
	D	0,7506	0,0000	0,7506161	1,0588263
	E	0,0000	0,0911	-0,091126	-0,129212
	F	0,0911	0,1096	-0,01845	-0,025479
	G	0,1096	0	0,1095756	0,1546907
6	A	0	7,2176	-7,217591	-13,91518
	B	7,2176	0,9461	6,271482	12,104479
	C	0,9461	1,1475	-0,201399	-0,395631
	D	1,1475	0,0000	1,1475082	2,2063346
	E	0,0000	0,1397	-0,139717	-0,268928
	F	0,1397	0,1662	-0,026482	-0,051961
	G	0,1662	0	0,1661989	0,3208895
5	A	0	10,0766	-10,0766	-23,99178
	B	10,0766	4,9525	5,1240859	17,228565
	C	4,9525	5,2070	-0,254466	-0,650097
	D	5,2070	0,0000	5,2069749	7,4133095
	E	0,0000	0,7253	-0,725275	-0,994203
	F	0,7253	0,2213	0,5039283	0,4519672
	G	0,2213	0	0,2213466	0,5422362

Suite :

Niveau	Nœuds	Tw(KN)	Te(KN)	N(KN)	Nc(KN)
4	A	0	12,3199	-12,31991	-36,31169
	B	12,3199	9,7350	2,5849379	19,813503
	C	9,7350	9,9916	-0,256654	-0,906751
	D	9,9916	0,0000	9,9916283	17,404938
	E	0,0000	1,3257	-1,325662	-2,319865
	F	1,3257	0,2676	1,0580338	1,510001
	G	0,2676	0	0,2676278	0,809864
3	A		14,1104	-14,11042	-50,4221
	B	14,1104	6,4986	7,6117684	27,425271
	C	6,4986	6,7436	-0,244998	-1,15175
	D	6,7436	0,0000	6,7436451	24,148583
	E	0,0000	0,7971	-0,797111	-3,116976
	F	0,7971	0,3085	0,4886539	1,9986549
	G	0,3085	0	0,3084571	1,1183212
2	A	0	17,1971	-17,19714	-67,61924
	B	17,1971	10,4418	6,7553034	34,180574
	C	10,4418	10,7480	-0,306196	-1,457946
	D	10,7480	0,0000	10,748032	34,896615
	E	0,0000	1,2911	-1,291093	-4,408069
	F	1,2911	0,3718	0,9193108	2,9179658
	G	0,3718	0	0,3717818	1,490103
1	A	0	19,3028	-19,30278	-86,92203
	B	19,3028	17,7644	1,5384304	35,719005
	C	17,7644	18,6521	-0,88771	-2,345656
	D	18,6521	0,0000	18,652061	53,548677
	E	0,0000	2,2100	-2,210047	-6,618116
	F	2,2100	0,3957	1,8143537	4,7323194
	G	0,3957	0	0,3956937	1,8857967
RDC	A	0	20,1658	-20,16582	-107,0878
	B	20,1658	17,5912	2,5746159	38,293621
	C	17,5912	18,6430	-1,051819	-3,397475
	D	18,6430	0,0000	18,643022	72,191699
	E	0,0000	3,2406	-3,240571	-9,858687
	F	3,2406	0,4251	2,8155016	7,547821
	G	0,4251	0	0,4250689	2,3108657

VII -2) distribution des sollicitations horizontales dans les voiles :**VII-2-1) Introduction :**

Dans cette partie on procèdera 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 et pour cela on utilisera la méthode du centre de torsion.

a) Etape de calcul :

a.1) Détermination de l'inertie I_{xi} et I_{yi} de chaque refend.

a.2) Détermination de l'effet de la translation dans les deux sens pour le refend i :

$$H'_{yi} = F_{Kvx} \times \frac{I_{xi}}{\sum I_{xi}} H'_{xi} = F_{Kvy} \times \frac{I_{yi}}{\sum I_{yi}}$$

a.3) Détermination de l'effet de rotation dans les deux sens :

$$H''_{yi} = F_{Kvx} \times \frac{I_{xi} \times y_i \times e_y}{j_\theta} H''_{xi} = F_{Kvy} \times \frac{I_{yi} \times x_i \times e_x}{j_\theta}$$

Avec :

x_i et y_i coordonnées du centre de gravité du voile i par rapport au centre de torsion.

e_x et e_y : excentricité.

F_{kj} : force au niveau K selon le sens considéré.

j_θ : Inertie polaire

$$j_\theta = \sum I_x \times Y_i^2 + \sum I_y \times X_i^2$$

a.4) Calcul des forces finales distribuées dans les refends :

$$H_{kx} = H'_{xi} + H''_{xi} \quad H_{ky} = H'_{yi} + H''_{yi}$$

a.5) Détermination des efforts tranchants distribués aux voiles au niveau considéré :

$$T_{kj} = T_{j(k+1)} + H_{kj}$$

a.6) Détermination des moments fléchissant distribués aux voiles au niveau considéré :

$$M_{kj} = T_{j(k+1)} h + M_{k+1}$$

➤ Remarque :

D'après le (RPA 99. Art 4.2.7) les efforts tranchants négatifs dus à la torsion devront être négligés.

Tableau-11) Moments et efforts tranchants dans les voiles :

a.1) Sens longitudinal :

Niveau	Voiles	Eky (KN)	Ix (m ⁴)	$\sum I_{ex}$ (m ⁴)	ex(m)	dx(m)	J0 (m ⁶)	H'y (KN)	H'y (KN)	Hky (KN)	Tjk (KN)	Mjk (KN.m)
8	VL1	190,181	1,73	7,437	4,502	-14,317	793,264	44,240	-26,733	17,507	17,507	0,000
	VL2	190,181	1,067	7,437	4,502	-5,76	793,264	27,286	-6,633	20,652	20,652	0,000
	VL3	190,181	0,075	7,437	4,502	-3,99	793,264	1,918	-0,323	1,595	1,595	0,000
	VL'3	190,181	0,075	7,437	4,502	-2,3	793,264	1,918	-0,186	1,732	1,732	0,000
	VL4	190,181	1,067	7,437	4,502	-0,88	793,264	27,286	-1,013	26,272	26,272	0,000
	VL5	190,181	3,423	7,437	4,502	9,58	793,264	87,534	35,394	122,928	122,928	0,000
7	VL1	341,510	1,73	7,437	4,502	-14,317	793,264	79,442	-48,005	31,437	48,944	53,571
	VL2	341,510	1,067	7,437	4,502	-5,76	793,264	48,997	-11,912	37,085	57,737	63,196
	VL3	341,510	0,075	7,437	4,502	-3,99	793,264	3,444	-0,580	2,864	4,459	4,880
	VL'3	341,510	0,075	7,437	4,502	-2,3	793,264	3,444	-0,334	3,110	4,841	5,299
	VL4	341,510	1,067	7,437	4,502	-0,88	793,264	48,997	-1,820	47,177	73,449	80,393
	VL5	341,510	3,423	7,437	4,502	9,58	793,264	157,186	63,557	220,743	343,670	376,159
6	VL1	488,020	1,73	7,437	4,502	-14,317	793,264	113,524	-68,600	44,924	93,867	149,768
	VL2	488,020	1,067	7,437	4,502	-5,76	793,264	70,017	-17,022	52,995	110,733	176,676
	VL3	488,020	0,075	7,437	4,502	-3,99	793,264	4,922	-0,829	4,093	8,552	13,644
	VL'3	488,020	0,075	7,437	4,502	-2,3	793,264	4,922	-0,478	4,444	9,285	14,815
	VL4	488,020	1,067	7,437	4,502	-0,88	793,264	70,017	-2,601	67,417	140,866	224,755
	VL5	488,020	3,423	7,437	4,502	9,58	793,264	224,619	90,823	315,443	659,113	1051,631
5	VL1	617,385	1,73	7,437	4,502	-14,29	792,94	143,617	-86,656	56,960	150,828	287,234
	VL2	617,385	1,067	7,437	4,502	-5,74	792,94	88,577	-21,468	67,109	177,842	338,841
	VL3	617,385	0,075	7,437	4,502	-3,97	792,94	6,226	-1,044	5,182	13,734	26,168
	VL'3	617,385	0,075	7,437	4,502	-2,28	792,94	6,226	-0,599	5,627	14,912	28,413
	VL4	617,385	1,067	7,437	4,502	-0,86	792,94	88,577	-3,217	85,361	226,227	431,050
	VL5	617,385	3,423	7,437	4,502	9,6	792,94	284,162	115,186	399,348	1058,461	2016,886

4	VL1	752,28	1,73	7,44	4,50	-14,29	792,94	175,00	-105,59	69,41	220,23	461,53
	VL2	752,28	1,07	7,44	4,50	-5,74	792,94	107,93	-26,16	81,77	259,61	544,20
	VL3	752,28	0,08	7,44	4,50	-3,97	792,94	7,59	-1,27	6,31	20,05	42,03
	VL'3	752,28	0,08	7,44	4,50	-2,28	792,94	7,59	-0,73	6,86	21,77	45,63
	VL4	752,28	1,07	7,44	4,50	-0,86	792,94	107,93	-3,92	104,01	330,24	692,25
	VL5	752,28	3,42	7,44	4,50	9,60	792,94	346,25	140,35	486,60	1545,06	3238,89
3	VL1	880,35	1,73	7,44	4,50	-14,29	792,94	204,79	-123,57	81,22	301,45	673,91
	VL2	880,35	1,07	7,44	4,50	-5,74	792,94	126,31	-30,61	95,69	355,31	794,42
	VL3	880,35	0,08	7,44	4,50	-3,97	792,94	8,88	-1,49	7,39	27,44	61,35
	VL'3	880,35	0,08	7,44	4,50	-2,28	792,94	8,88	-0,85	8,02	29,79	66,61
	VL4	880,35	1,07	7,44	4,50	-0,86	792,94	126,31	-4,59	121,72	451,96	1010,53
	VL5	880,35	3,42	7,44	4,50	9,60	792,94	405,20	164,25	569,44	2114,50	4727,89
2	VL1	987,60	1,73	7,44	4,50	-14,27	792,97	229,74	-138,42	91,32	392,77	922,45
	VL2	987,60	1,07	7,44	4,50	-5,72	792,97	141,69	-34,22	107,47	462,78	1087,24
	VL3	987,60	0,08	7,44	4,50	-3,95	792,97	9,96	-1,66	8,30	35,74	83,96
	VL'3	987,60	0,08	7,44	4,50	-2,26	792,97	9,96	-0,95	9,01	38,80	91,16
	VL4	987,60	1,07	7,44	4,50	-0,84	792,97	141,69	-5,03	136,67	588,62	1382,99
	VL5	987,60	3,42	7,44	4,50	9,62	792,97	454,56	184,63	639,19	2753,69	6470,38
1	VL1	1092,08	1,73	7,44	4,50	-14,27	792,97	254,04	-153,06	100,98	493,75	1201,88
	VL2	1092,08	1,07	7,44	4,50	-5,72	792,97	156,68	-37,84	118,84	581,62	1416,10
	VL3	1092,08	0,08	7,44	4,50	-3,95	792,97	11,01	-1,84	9,18	44,91	109,36
	VL'3	1092,08	0,08	7,44	4,50	-2,26	792,97	11,01	-1,05	9,96	48,76	118,73
	VL4	1092,08	1,07	7,44	4,50	-0,84	792,97	156,68	-5,56	151,13	739,75	1801,19
	VL5	1092,08	3,42	7,44	4,50	9,62	792,97	502,65	204,17	706,81	3460,51	8426,31
RDC	VL1	1120,42	1,73	7,44	4,50	-14,36	863,73	260,63	-145,08	115,55	609,30	1613,86
	VL2	1120,42	1,07	7,44	4,50	-5,81	863,73	160,75	-36,20	124,55	706,16	1900,97
	VL3	1120,42	0,08	7,44	4,50	-4,04	863,73	11,30	-1,77	9,53	54,44	146,80
	VL'3	1120,42	0,08	7,44	4,50	-2,35	863,73	11,30	-1,03	10,27	59,03	159,38
	VL4	1120,42	1,07	7,44	4,50	-0,93	863,73	160,75	-5,80	154,95	894,70	2417,78
	VL5	1120,42	3,42	7,44	4,50	9,63	863,73	515,69	192,50	708,20	4168,71	11310,11

a.2) Sens transversale :

Niveau	Voiles	Ekx (KN)	Iy (m ⁴)	ΣIey (m ⁴)	e _y (m)	d _y (m)	Jθ (m ⁶)	H'x (KN)	H''x (KN)	Hkx (KN)	Tjk (KN)	Mjk (KN.m)
8	VT1	186,466	0,627	7,313	0,852	-6,86	793,264	15,987	-0,861	15,125	15,125	0,000
	VT2	186,466	2,615	7,313	0,852	-2,32	793,264	66,675	-1,215	65,460	65,460	0,000
	VT3	186,466	0,04	7,313	0,852	-0,46	793,264	1,020	-0,004	1,016	1,016	0,000
	VT4	186,466	1,332	7,313	0,852	1,61	793,264	33,962	0,429	34,392	34,392	0,000
	VT5	186,466	2,6244	7,313	0,852	3,53	793,264	66,914	1,855	68,770	68,770	0,000
	VT6	186,466	0,07486	7,313	0,852	9,63	793,264	1,909	0,144	2,053	2,053	0,000
7	VT1	329,456	0,627	7,313	0,852	-6,86	793,264	28,246	-1,522	26,724	41,849	46,283
	VT2	329,456	2,615	7,313	0,852	-2,32	793,264	117,804	-2,147	115,657	181,117	200,307
	VT3	329,456	0,04	7,313	0,852	-0,46	793,264	1,802	-0,007	1,795	2,812	3,110
	VT4	329,456	1,332	7,313	0,852	1,61	793,264	60,006	0,759	60,764	95,156	105,238
	VT5	329,456	2,6244	7,313	0,852	3,53	793,264	118,227	3,278	121,505	190,275	210,435
	VT6	329,456	0,07486	7,313	0,852	9,63	793,264	3,372	0,255	3,627	5,681	6,282
6	VT1	466,823	0,627	7,313	0,852	-6,86	793,264	40,023	-2,157	37,866	79,715	128,058
	VT2	466,823	2,615	7,313	0,852	-2,32	793,264	166,922	-3,042	163,880	344,997	554,217
	VT3	466,823	0,04	7,313	0,852	-0,46	793,264	2,553	-0,009	2,544	5,356	8,604
	VT4	466,823	1,332	7,313	0,852	1,61	793,264	85,025	1,075	86,100	181,256	291,177
	VT5	466,823	2,6244	7,313	0,852	3,53	793,264	167,522	4,645	172,167	362,442	582,241
	VT6	466,823	0,07486	7,313	0,852	9,63	793,264	4,778	0,361	5,140	10,821	17,383
5	VT1	593,212	0,627	7,313	0,852	-6,86	792,94	50,859	-2,742	48,117	127,833	243,929
	VT2	593,212	2,615	7,313	0,852	-2,32	792,94	212,115	-3,867	208,248	553,244	1055,689
	VT3	593,212	0,04	7,313	0,852	-0,46	792,94	3,245	-0,012	3,233	8,589	16,389
	VT4	593,212	1,332	7,313	0,852	1,61	792,94	108,045	1,367	109,412	290,667	554,643
	VT5	593,212	2,6244	7,313	0,852	3,53	792,94	212,877	5,905	218,782	581,224	1109,072
	VT6	593,212	0,07486	7,313	0,852	9,63	792,94	6,072	0,459	6,532	17,352	33,111

4	VT1	727,960	0,627	7,313	0,852	-6,86	792,94	62,411	-3,364	59,047	186,880	391,168
	VT2	727,960	2,615	7,313	0,852	-2,32	792,94	260,296	-4,745	255,551	808,795	1692,927
	VT3	727,960	0,04	7,313	0,852	-0,46	792,94	3,982	-0,014	3,967	12,556	26,281
	VT4	727,960	1,332	7,313	0,852	1,61	792,94	132,587	1,677	134,264	424,932	889,442
	VT5	727,960	2,6244	7,313	0,852	3,53	792,94	261,232	7,246	268,478	849,702	1778,544
	VT6	727,960	0,07486	7,313	0,852	9,63	792,94	7,452	0,564	8,015	25,368	53,098
3	VT1	852,294	0,627	7,313	0,852	-6,86	792,94	73,071	-3,939	69,132	256,012	571,852
	VT2	852,294	2,615	7,313	0,852	-2,32	792,94	304,754	-5,556	299,199	1107,994	2474,913
	VT3	852,294	0,04	7,313	0,852	-0,46	792,94	4,662	-0,017	4,645	17,201	38,421
	VT4	852,294	1,332	7,313	0,852	1,61	792,94	155,232	1,964	157,196	582,128	1300,291
	VT5	852,294	2,6244	7,313	0,852	3,53	792,94	305,850	8,484	314,334	1164,036	2600,088
	VT6	852,294	0,07486	7,313	0,852	9,63	792,94	8,724	0,660	9,384	34,752	77,625
2	VT1	971,533	0,627	7,313	0,852	-6,86	792,968	83,294	-4,490	78,804	334,816	783,396
	VT2	971,533	2,615	7,313	0,852	-2,32	792,968	347,391	-6,333	341,058	1449,052	3390,461
	VT3	971,533	0,04	7,313	0,852	-0,46	792,968	5,314	-0,019	5,295	22,495	52,634
	VT4	971,533	1,332	7,313	0,852	1,61	792,968	176,950	2,239	179,189	761,317	1781,312
	VT5	971,533	2,6244	7,313	0,852	3,53	792,968	348,639	9,670	358,310	1522,345	3561,949
	VT6	971,533	0,07486	7,313	0,852	9,63	792,968	9,945	0,753	10,697	45,449	106,341
1	VT1	1079,321	0,627	7,313	0,852	-6,86	792,968	92,535	-4,988	87,547	422,363	1024,537
	VT2	1079,321	2,615	7,313	0,852	-2,32	792,968	385,932	-7,035	378,897	1827,949	4434,098
	VT3	1079,321	0,04	7,313	0,852	-0,46	792,968	5,903	-0,021	5,882	28,377	68,835
	VT4	1079,321	1,332	7,313	0,852	1,61	792,968	196,582	2,487	199,069	960,386	2329,629
	VT5	1079,321	2,6244	7,313	0,852	3,53	792,968	387,320	10,743	398,063	1920,409	4658,377
	VT6	1079,321	0,07486	7,313	0,852	9,63	792,968	11,048	0,836	11,884	57,334	139,075
RDC	VT1	1096,445	0,624	8,210	0,852	-6,88	863,734	83,340	-4,643	78,697	501,060	1381,730
	VT2	1096,445	2,7	8,210	0,852	-2,34	863,734	360,607	-6,833	353,774	2181,722	5979,997
	VT3	1096,445	0,04	8,210	0,852	0,48	863,734	5,342	0,021	5,363	33,740	92,834
	VT4	1096,445	1,324	8,210	0,852	1,59	863,734	176,831	2,277	179,108	1139,493	3141,830
	VT5	1096,445	2,7729	8,210	0,852	3,51	863,734	370,343	10,527	380,870	2301,278	6282,475
	VT6	1096,445	0,7486	8,210	0,852	9,61	863,734	99,982	7,781	107,762	165,096	187,563

Chapitre VII

Etude sous charges horizontales

I) Introduction :

Les sollicitations à prendre en considération pour le calcul des ferraillages sont imposées par le **BEAL 91 et RPA 99**, de façon à prévoir les efforts les plus défavorables contre lesquels la structure sera amenée à résister.

I-1) les combinaisons de BAEL 91 :

- A L'ELU : $1,35 G + 1,5 Q$
- A L'ELS : $G + Q$

I-2) Les combinaisons du RPA 99 (Article : 5.2) :

Une action sismique est considérée comme une action accidentelle au sens de la philosophie de calcul aux états limite.

Pour les poutres et les refends

Pour les poutres, les poteaux et les refends.

Avec :

G : Charge permanente.

Q : Charge d'exploitation.

E : Effet de séisme.

Remarque :

L'action due au vent n'est pas prise en compte, car elle est négligeable devant celle de 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 calculs sont donnés dans les tableaux suivants :

Tableau VIII-1) Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal G-G :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	2_3	18,17	29,23	86,65	24,8535	39,981	118,521	20,1411	24,5350	63,0673
	3_4	21,26	11,47	26,43	29,079	15,6885	36,1515	22,7057	14,6939	17,8641
	4_5	12,17	3,97	21,6	16,647	5,43	29,544	14,5426	12,1883	12,5681
7	2_3	31,07	38,14	113,94	42,561	52,2465	156,081	38,9393	36,0956	83,2674
	3_4	23,51	12,71	32,76	32,205	17,4105	44,8755	35,2235	25,0127	21,4020
	4_5	13,85	7,45	30,84	18,972	10,206	42,246	24,2380	29,4016	15,1284
6	2_3	34,57	39,28	114,46	47,355	53,808	156,7935	51,2665	42,8320	85,6205
	3_4	21,19	11,41	31,37	29,0265	15,63	42,972	45,2919	34,1073	20,0423
	4_5	12,65	8,75	31,74	17,328	11,9865	43,479	32,4371	42,0891	14,6154
5	2_3	35,4	38,89	111,75	48,4875	53,268	153,066	59,5304	48,4433	84,7792
	3_4	19,19	10,83	29,9	26,2845	14,8335	40,9545	55,7850	44,5132	18,6796
	4_5	12,19	9,06	31,02	16,6965	12,4095	42,489	41,8192	55,7008	11,9262
4	2_3	35,4	38,89	111,75	48,4875	53,268	153,066	65,8609	54,3465	85,0744
	3_4	19,19	10,83	29,9	26,2845	14,8335	40,9545	67,4840	55,3783	17,7250
	4_5	12,19	9,06	31,02	16,6965	12,4095	42,489	51,6155	67,2771	10,6238
3	2_3	37,16	39,65	112,23	50,898	54,309	153,723	72,2578	60,1105	85,2978
	3_4	17,63	10,73	29,55	24,1485	14,697	40,4745	76,7728	64,4791	18,3286
	4_5	12,28	9,8	31,62	16,8195	13,4235	43,311	59,9500	79,5331	9,3524
2	2_3	37,24	39,09	109,56	51,003	53,5365	150,051	79,4693	65,1771	84,3502
	3_4	16,02	10,18	28,07	21,9405	13,9425	38,4435	87,1130	75,1944	17,1157
	4_5	11,81	9,82	30,65	16,1745	13,449	41,9775	69,5188	89,5177	9,0858
1	2_3	37,24	39,09	109,56	51,003	53,5365	150,051	77,4083	70,4441	80,6986
	3_4	16,02	10,18	28,07	21,9405	13,9425	38,4435	97,6467	85,7234	16,1912
	4_5	11,81	9,82	30,65	16,1745	13,449	41,9775	78,9950	97,3762	9,7089
RDC	2_3	48,77	51,7	145,79	67,749	71,8185	202,5225	92,3104	72,4835	97,3868
	3_4	22,27	13,64	37,67	30,936	18,948	52,329	96,9975	89,0190	15,1405
	4_5	15,71	12,71	40,57	21,8235	17,6565	56,358	82,1474	102,6071	10,4668

Tableau VIII -2) superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal G-G :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	2_3	5,47489	16,68103	59,10874	25,50311	33,15697	88,62926	10,83689	25,30303	84,67074
	3_4	7,27831	1,48211	19,39991	28,97369	18,07589	25,66209	13,54631	4,86411	27,19791
	4_5	2,60939	-6,58833	17,89592	18,13661	13,35833	18,93608	6,20339	-5,41833	24,26392
7	2_3	4,19671	16,84838	74,90856	48,44129	47,76362	118,11944	13,69871	28,51638	109,76056
	3_4	-2,58353	-7,36470	24,08598	42,41353	28,89870	31,41802	4,60647	-3,47870	34,10198
	4_5	-5,00604	-19,06555	27,68759	28,47204	31,68355	24,56041	-0,77204	-16,78355	37,11959
6	2_3	-3,26646	11,69603	73,27548	61,83646	54,84797	120,63252	7,30354	23,71203	108,28748
	3_4	-15,86792	-18,26733	23,50975	51,76992	37,59733	29,63625	-9,38992	-14,77733	33,10375
	4_5	-14,86906	-29,94514	29,44860	36,30306	44,76714	24,32340	-11,00306	-27,26714	39,15660
5	2_3	-10,33040	5,60468	70,51680	70,33040	60,30932	118,88120	0,46960	17,47068	104,61880
	3_4	-29,11303	-29,45719	22,87243	61,63903	47,81519	27,80357	-23,25903	-26,15519	31,99643
	4_5	-24,87519	-43,10882	31,17779	45,53719	58,46482	21,39421	-21,15719	-40,34482	40,64579
4	2_3	-16,66087	-0,29848	70,22159	76,66087	66,21248	119,17641	-5,86087	11,56752	104,32359
	3_4	-40,81199	-40,32225	23,82702	73,33799	58,68025	26,84898	-34,95799	-37,02025	32,95102
	4_5	-34,67152	-54,68512	32,48022	55,33352	70,04112	20,09178	-30,95352	-51,92112	41,94822

Tableau VIII -2) superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal G-G (suite) :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
3	2_3	-20,60983	-5,00650	70,67018	83,59383	72,20850	119,54382	-9,27383	7,09150	104,91618
	3_4	-52,27678	-49,56705	22,74336	82,15478	67,75305	27,34264	-46,89478	-46,29305	31,75736
	4_5	-42,87805	-65,91715	34,58364	63,69405	82,52515	19,00436	-39,13405	-62,92515	44,23564
2	2_3	-27,66127	-10,79314	68,06582	90,80527	77,07514	117,70218	-16,32527	1,10486	101,41782
	3_4	-64,82501	-61,03435	21,94034	91,98901	78,29435	25,65766	-59,94901	-57,93435	30,48234
	4_5	-53,08680	-75,85374	33,55420	73,11280	92,50574	18,41580	-49,49280	-72,86574	42,88420
1	2_3	-25,60032	-16,06006	71,71742	88,74432	82,34206	114,05058	-14,26432	-4,16206	105,06942
	3_4	-75,35866	-71,56343	22,86481	102,52266	88,82343	24,73319	-70,48266	-68,46343	31,40681
	4_5	-62,56296	-83,71223	32,93110	82,58896	100,36423	19,03890	-58,96896	-80,72423	42,26110
RDC	2_3	-34,64638	-11,34748	75,01319	112,24838	93,61548	156,97681	-14,70838	9,78452	134,60319
	3_4	-70,66155	-72,89104	29,40355	106,09955	94,59504	30,53845	-61,55955	-67,31504	44,80155
	4_5	-63,57140	-87,58312	37,50121	88,56940	107,80512	27,05279	-57,14940	-82,38512	54,08721

Tableau VIII-3) superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal G-G :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	2_3	34,54	-38,22	4,66	-5,15	2,1245	2,1245	39,2	-43,37	53,619	-59,322
	3_4	21,17	-14,53	2,85	-1,96	5,5075	5,5075	24,02	-16,49	32,8545	-22,5555
	4_5	22,4	-17,42	3,02	-2,34	5,2948	5,2948	25,42	-19,76	34,77	-27,027
7	2_3	47,15	-49,47	7,19	-7,54	5,0934	5,0934	54,34	-57,01	74,4375	-78,0945
	3_4	27,3	-20,1	4,16	-3,06	13,4970	13,4970	31,46	-23,16	43,095	-31,725
	4_5	28,35	-24,52	4,32	-3,74	13,3985	13,3985	32,67	-28,26	44,7525	-38,712
6	2_3	47,54	-49,08	7,25	-7,49	8,0820	8,0820	54,79	-56,57	75,054	-77,493
	3_4	26,96	-20,43	4,11	-3,12	21,8336	21,8336	31,07	-23,55	42,561	-32,2605
	4_5	27,6	-25,26	4,21	-3,86	20,5759	20,5759	31,81	-29,12	43,575	-39,891
5	2_3	46,96	-48,12	7,1	-7,28	10,7333	10,7333	54,06	-55,4	74,046	-75,882
	3_4	25,94	-20,24	3,92	-3,06	31,1507	31,1507	29,86	-23,3	40,899	-31,914
	4_5	26,76	-24,85	4,05	-3,76	29,0358	29,0358	30,81	-28,61	42,201	-39,1875
4	2_3	46,96	-48,12	7,1	-7,28	13,0635	13,0635	54,06	-55,4	74,046	-75,882
	3_4	25,94	-20,24	3,92	-3,06	39,9993	39,9993	29,86	-23,3	40,899	-31,914
	4_5	26,76	-24,85	4,05	-3,76	36,5350	36,5350	30,81	-28,61	42,201	-39,1875

Tableau VIII-3) superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal G-G (suite):

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
3	2_3	47,13	-47,95	7,13	-7,26	15,0462	15,0462	54,26	-55,21	74,3205	-75,6225
	3_4	25,44	-20,74	3,85	-3,14	47,6658	47,6658	29,29	-23,88	40,119	-32,709
	4_5	26,56	-25,05	4,02	-3,79	43,5576	43,5576	30,58	-28,84	41,886	-39,5025
2	2_3	46,46	-47,08	6,97	-7,07	17,6058	17,6058	53,43	-54,15	73,176	-74,163
	3_4	24,52	-20,46	3,68	-3,07	57,6333	57,6333	28,2	-23,53	38,622	-32,226
	4_5	25,8	-24,57	3,87	-3,69	51,4245	51,4245	29,67	-28,26	40,635	-38,7045
1	2_3	46,46	-47,08	6,97	-7,07	18,2224	18,2224	53,43	-54,15	73,176	-74,163
	3_4	24,52	-20,46	3,68	-3,07	66,0584	66,0584	28,2	-23,53	38,622	-32,226
	4_5	25,8	-24,57	3,87	-3,69	57,6154	57,6154	29,67	-28,26	40,635	-38,7045
RDC	2_3	52,6	-53,43	18,57	-18,87	20,2681	20,2681	71,17	-72,3	98,865	-100,4355
	3_4	28,04	-22,94	9,9	-8,1	65,9138	65,9138	37,94	-31,04	52,704	-43,119
	4_5	29,34	-27,75	10,36	-9,8	59,9838	59,9838	39,7	-37,55	55,149	-52,1625

Tableau VIII- 4) superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal G-G :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	2_3	29,7565448	-28,4514551	25,5074551	-32,7005448	41,3245	-41,2455	37,0755	-45,4945
	3_4	22,4435319	-6,11646802	11,4284680	-17,1315319	29,5275	-10,9825	18,5125	-21,9975
	4_5	23,2148043	-8,64119560	12,6251956	-19,2308043	30,7148	-14,4652	20,1252	-25,0548
7	2_3	42,8133791	-34,4826208	32,6266208	-44,6693791	59,4334	-51,9166	49,2466	-62,1034
	3_4	35,337011	-2,582988	8,342988	-29,577011	44,9570	-9,6630	17,9630	-36,6570
	4_5	36,0784803	-6,21751964	9,28151964	-33,0144803	46,0685	-14,8615	19,2715	-41,6585
6	2_3	46,1139668	-31,1820331	29,9500331	-47,3459668	62,8720	-48,4880	46,7080	-64,6520
	3_4	43,4015574	5,4895574	-0,2655574	-38,1775574	52,9036	-1,7164	9,2364	-45,3836
	4_5	42,6559305	0,3679305	1,5040694	-40,7839305	52,3859	-8,5441	11,2341	-49,6959
5	2_3	48,3012782	-27,7627217	26,8347217	-49,2292782	64,7933	-44,6667	43,3267	-66,1333
	3_4	51,902673	14,9586736	-10,3986736	-47,3426736	61,0107	7,8507	-1,2907	-54,4507
	4_5	50,4437920	9,1557920	-7,6277920	-48,9157920	59,8458	0,4258	1,7742	-57,6458
4	2_3	50,6314956	-25,4325043	24,5045043	-51,5594956	67,1235	-42,3365	40,9965	-68,4635
	3_4	60,7513130	23,8073130	-19,2473130	-56,1913130	69,8593	16,6993	-10,1393	-63,2993
	4_5	57,9429631	16,6549631	-15,1269631	-56,4149631	67,3450	7,9250	-5,7250	-65,1450

Tableau VIII- 4) superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal G-G (suite) :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
3	2_3	52,7501582	-23,3138417	22,6578417	-53,4061582	69,3062	-40,1638	39,2138	-70,2562
	3_4	68,0178162	31,0738162	-27,3138162	-64,2578162	76,9558	23,7858	-18,3758	-71,5458
	4_5	64,8056130	23,5176130	-22,3096130	-63,5976130	74,1376	14,7176	-12,9776	-72,3976
2	2_3	54,7738488	-20,0581511	19,5621511	-55,2698488	71,0358	-36,5442	35,8242	-71,7558
	3_4	77,2493441	41,2653441	-38,0173441	-74,0013441	85,8333	34,1033	-29,4333	-81,1633
	4_5	72,0644798	31,7684798	-30,7844798	-71,0804798	81,0945	23,1645	-21,7545	-79,6845
1	2_3	55,3903815	-19,4416184	18,9456184	-55,8863815	71,6524	-35,9276	35,2076	-72,3724
	3_4	85,6744371	49,6904371	-46,4424371	-82,4264371	94,2584	42,5284	-37,8584	-89,5884
	4_5	78,2554236	37,9594236	-36,9754236	-77,2714236	87,2854	29,3554	-27,9454	-85,8754
RDC	2_3	62,3480510	-22,4759489	21,8119489	-63,0120510	91,4381	-52,0319	50,9019	-92,5681
	3_4	88,3458359	47,5618359	-43,4818359	-84,2658359	103,8538	34,8738	-27,9738	-96,9538
	4_5	83,4557571	37,7837571	-36,5117571	-82,1837571	99,6838	22,4338	-20,2838	-97,5338

Tableau VIII- 5) superposition des efforts normaux et des moments dans les poteaux du portique longitudinal G-G :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	poteaux	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
8	2	41,43	4,66	-2,1245	46,09	62,9205	31,01946	35,26854
	3	66,28	8	-3,3830	74,28	101,478	49,64101	56,40699
	4	43,82	4,98	0,2127	48,8	66,627	35,26873	34,84327
	5	24,31	2,34	5,2948	26,65	36,3285	24,74280	14,15320
7	2	95,47	11,85	9,7255	107,32	146,6595	86,10146	66,65054
	3	149,94	19,7	16,3170	169,64	231,969	136,26901	103,63499
	4	99,16	12,36	12,5727	111,52	152,406	91,90073	66,75527
	5	55,72	6,08	11,3748	61,8	84,342	55,95080	33,20120
6	2	149,9	19,1	28,8255	169	231,015	148,74546	91,09454
	3	232,87	31,3	47,6170	264,17	361,3245	233,91301	138,67899
	4	154,08	19,69	32,2627	173,77	237,543	155,52673	91,00127
	5	87,87	9,94	21,3148	97,81	133,5345	91,61080	48,98120
5	2	206,23	26,2	55,0255	232,43	317,7105	220,00946	109,95854
	3	316,3	42,5	90,1170	358,8	490,755	343,15701	162,92299
	4	210,45	26,8	59,0627	237,25	324,3075	227,42273	109,29727
	5	122,09	13,7	35,0148	135,79	185,3715	132,68680	62,65720
4	2	262,56	33,3	88,3255	295,86	404,406	298,37346	121,72254
	3	399,73	53,7	143,8170	453,43	620,1855	463,60101	175,96699
	4	266,82	33,91	92,9727	300,73	411,072	306,42873	120,48327
	5	156,31	17,46	52,4748	173,77	237,2085	177,52280	72,57320

Tableau VIII- 5) superposition des efforts normaux et des moments dans les poteaux du portique longitudinal G-G (suite) :

Niveau	poteaux	G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
		Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
3	2	319,06	40,43	75,4448	359,49	491,376	330,69280	179,80320
	3	482,49	64,81	153,1355	547,3	748,5765	539,12746	232,85654
	4	323,49	41,07	184,8870	364,56	498,3165	443,67901	73,90499
	5	190,73	21,25	114,2227	211,98	289,3605	266,80673	38,36127
2	2	377,76	47,4	122,8448	425,16	581,076	425,05280	179,36320
	3	566,33	75,56	228,6955	641,89	877,8855	681,75946	224,36854
	4	381,99	48,01	232,8970	430	587,7015	538,48901	72,69499
	5	227,54	24,94	139,1627	252,48	344,589	321,19473	42,86927
1	2	436,46	54,37	177,2148	490,83	670,776	526,38280	171,95320
	3	650,17	86,31	315,0055	736,48	1007,1945	835,14146	205,13054
	4	440,49	54,95	287,8470	495,44	677,0865	640,23901	64,54499
	5	264,35	28,63	167,7927	292,98	399,8175	379,27273	43,68727
RDC	2	505,38	72,94	250,1548	578,32	791,673	654,45880	154,14920
	3	747,96	115,08	430,0855	863,04	1182,366	1028,45346	168,28254
	4	509,09	73,41	361,2570	582,5	797,3865	768,52901	46,01499
	5	308,42	38,43	206,2227	346,85	474,012	452,95873	40,51327

Tableau VIII -6) les moments de portique (G-G) :

Niveau	poteaux	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
9	2	7,3331	0	2,16	0	7,3331	0	9,49311	0	13,13970	0,00000	13,19960	0,00000	-1,46662	0,00000
	3	-7,02	0	-0,95	0	11,6407	0	-7,97	0	-10,90200	0,00000	6,02467	0,00000	-17,25667	0,00000
	4	0,61	0	0,08	0	12,5725	0	0,69	0	0,94350	0,00000	13,06050	0,00000	-12,08450	0,00000
	5	-3,5	0	-0,47	0	9,3883	0	-3,97	0	-5,43000	0,00000	6,58833	0,00000	-12,18833	0,00000
8	2	14,26	12,7	2,17	1,94	12,2754	5,0959	16,43	14,64	22,50600	20,05500	23,68339	15,25589	-0,86739	5,06411
	3	-6,71	-5,98	-1,02	-0,91	19,0030	9,5242	-7,73	-6,89	-10,58850	-9,43800	13,63497	4,74018	-24,37097	-14,30818
	4	0,53	0,47	0,08	0,07	20,5241	10,2866	0,61	0,54	0,83550	0,73950	20,94815	10,66259	-20,10015	-9,91059
	5	-3,42	-3,05	-0,52	-0,46	16,5522	7,6814	-3,94	-3,51	-5,39700	-4,80750	13,81620	5,24136	-19,28820	-10,12136
7	2	19,48	10,52	2,97	1,6	17,2230	10,0435	22,45	12,12	30,75300	16,60200	32,80695	18,45950	-1,63895	-1,62750
	3	-10,19	-5,5	-1,55	-0,84	27,1449	19,0030	-11,74	-6,34	-16,08150	-8,68500	18,99291	14,60297	-35,29691	-23,40297
	4	0,7	0,38	0,11	0,06	29,3162	20,5241	0,81	0,44	1,11000	0,60300	29,87624	20,82815	-28,75624	-20,22015
	5	-4,93	-2,66	-0,75	-0,41	21,9171	14,1000	-5,68	-3,07	-7,78050	-4,20600	17,97312	11,97202	-25,86112	-16,22802
6	2	15,38	15,38	2,33	2,33	20,2590	14,6714	17,71	17,71	24,25800	24,25800	32,56299	26,97540	-7,95499	-2,36740
	3	-8,56	-8,56	-1,29	-1,29	36,7234	27,1449	-9,85	-9,85	-13,49100	-13,49100	29,87543	20,29691	-43,57143	-33,99291
	4	0,59	0,59	0,09	0,09	41,0161	29,3162	0,68	0,68	0,93150	0,93150	41,48813	29,78824	-40,54413	-28,84424
	5	-3,93	-3,93	-0,6	-0,6	27,4877	21,9171	-4,53	-4,53	-6,20550	-6,20550	24,34370	18,77312	-30,63170	-25,06112
5	2	-1,765	15,38	2,33	2,33	24,6853	16,5755	0,5655	17,71	1,11293	24,25800	23,27373	28,87954	-26,09693	-4,27154
	3	-2,114	-8,56	-1,29	-1,29	44,7470	36,7234	-3,404	-9,85	-4,78890	-13,49100	43,05585	29,87543	-46,43825	-43,57143
	4	-2,464	0,59	0,09	0,09	49,9776	41,0161	-2,3735	0,68	-3,19073	0,93150	48,00685	41,48813	-51,94845	-40,54413
	5	-2,813	-3,93	-0,6	-0,6	33,4934	27,4877	-3,413	-4,53	-4,69755	-6,20550	31,24302	24,34370	-35,74382	-30,63170

Les moments suite :

Niveau	poteaux	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
3	2	20,36	11,93	3,08	1,8	26,2367	20,1971	23,44	13,73	32,10600	18,80550	42,52475	29,74109	-9,94875	-10,65309
	3	-12,06	-7,07	-1,83	-1,07	52,3362	44,7470	-13,89	-8,14	-19,02600	-11,14950	42,68823	39,09105	-61,98423	-50,40305
	4	0,85	0,5	0,13	0,08	58,4595	49,9776	0,98	0,58	1,34250	0,79500	59,13946	50,37765	-57,77946	-49,57765
	5	-5,37	-3,14	-0,81	-0,48	39,2317	33,4934	-6,18	-3,62	-8,46450	-4,95900	34,93573	30,98142	-43,52773	-36,00542
2	2	16,19	16,19	2,43	2,43	27,3285	26,2367	18,62	18,62	25,50150	25,50150	40,28052	39,18875	-14,37652	-13,28475
	3	-10,03	-10,03	-1,51	-1,51	61,6179	52,3362	-11,54	-11,54	-15,80550	-15,80550	53,59392	44,31223	-69,64192	-60,36023
	4	0,71	0,71	0,11	0,11	70,9577	58,4595	0,82	0,82	1,12350	1,12350	71,52570	59,02746	-70,38970	-57,89146
	5	-4,27	-4,27	-0,64	-0,64	43,4540	39,2317	-4,91	-4,91	-6,72450	-6,72450	40,03801	35,81573	-46,87001	-42,64773
1	2	16,19	16,19	2,43	2,43	24,1758	27,3285	18,62	18,62	25,50150	25,50150	37,12780	40,28052	-11,22380	-14,37652
	3	-10,03	-10,03	-1,51	-1,51	68,1368	61,6179	-11,54	-11,54	-15,80550	-15,80550	60,11280	53,59392	-76,16080	-69,64192
	4	0,71	0,71	0,11	0,11	78,4647	70,9577	0,82	0,82	1,12350	1,12350	79,03269	71,52570	-77,89669	-70,38970
	5	-4,27	-4,27	-0,64	-0,64	47,0902	43,4540	-4,91	-4,91	-6,72450	-6,72450	43,67422	40,03801	-50,50622	-46,87001
RDC	2	15,19	20,85	5,36	7,36	27,2147	36,2637	20,55	28,21	28,54650	39,18750	39,36668	52,94370	-15,06268	-19,58370
	3	-9,17	-12,59	-3,24	-4,44	57,6082	68,1368	-12,41	-17,03	-17,23950	-23,65650	50,27223	58,06480	-64,94423	-78,20880
	4	0,64	0,88	0,23	0,31	75,3498	78,4647	0,87	1,19	1,20900	1,65300	75,86176	79,16869	-74,83776	-77,76069
	5	-3,96	-5,43	-1,4	-1,92	46,0829	49,0123	-5,36	-7,35	-7,44600	-10,21050	42,91485	44,66827	-49,25085	-53,35627

Tableau VIII-7) Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal F-F :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	1_2	44,17	73,20	162,30	60,537	100,302	222,426	38,503	56,386	113,834
	2_3	76,25	50,64	143,48	104,463	69,3675	196,530	57,344	38,975	99,740
	3_4	39,04	22,79	51,04	53,478	31,218	69,915	34,598	22,242	34,853
	4_5	23,99	6,54	39,98	32,862	8,958	54,765	22,453	13,665	25,071
7	1_2	45,96	56,35	148,12	63,453	77,817	204,520	49,031	50,043	97,455
	2_3	57,87	49,75	144,21	79,9425	68,7375	199,255	47,754	40,749	91,668
	3_4	32,23	18,04	44,50	44,5305	24,9255	61,490	38,708	27,110	26,786
	4_5	19,48	9,11	40,21	26,9145	12,5865	55,561	26,501	28,460	19,479
6	1_2	46,92	56,18	148,00	64,779	77,5785	204,350	59,884	58,174	98,551
	2_3	58	51,02	145,92	80,124	70,491	201,615	54,252	47,331	93,010
	3_4	29,63	15,92	42,35	40,938	21,996	58,507	48,410	35,487	24,832
	4_5	17,49	10,63	41,27	24,165	14,6865	57,026	34,017	42,534	17,808
5	1_2	42,74	51,28	133,63	59,1045	70,8975	184,781	67,357	62,835	89,927
	2_3	55,67	50,37	143,03	76,926	69,5925	197,615	59,040	52,590	91,816
	3_4	26,83	14,33	39,58	37,0695	19,7985	54,691	58,137	44,945	23,195
	4_5	15,94	11,10	40,12	22,023	15,336	55,429	42,430	54,962	16,426
4	1_2	42,74	51,28	133,63	59,1045	70,8975	184,781	72,093	70,595	88,658
	2_3	55,67	50,37	143,03	76,926	69,5925	197,615	65,091	58,301	91,964
	3_4	26,83	14,33	39,58	37,0695	19,7985	54,691	69,456	55,460	22,337
	4_5	15,94	11,10	40,12	22,023	15,336	55,429	51,911	66,156	15,284

Tableau VIII-7) Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal F-F suite :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
3	1_2	43,61	51,00	133,41	60,3075	70,5135	184,474	83,693	77,758	90,463
	2_3	55,88	51,42	144,38	77,214	71,043	199,476	70,972	64,045	93,119
	3_4	24,67	14,20	39,18	34,0845	19,6185	54,136	78,164	64,279	22,936
	4_5	16,07	12,18	41,00	22,203	16,8285	56,643	60,015	78,230	14,714
2	1_2	42,64	49,03	128,41	58,9635	67,788	177,556	89,714	83,531	87,976
	2_3	54,29	50,53	140,91	75,012	69,81	194,668	75,345	68,759	91,440
	3_4	22,34	13,42	37,11	30,864	18,54	51,265	87,788	74,538	22,951
	4_5	15,39	12,26	39,66	21,2625	16,938	54,792	69,172	87,935	15,164
1	1_2	42,64	49,03	128,41	58,9635	67,788	177,556	91,609	89,876	85,932
	2_3	54,29	50,53	140,91	75,012	69,81	194,668	80,280	73,858	91,396
	3_4	22,34	13,42	37,11	30,864	18,54	51,265	97,986	84,733	22,325
	4_5	15,39	12,26	39,66	21,2625	16,938	54,792	78,348	96,096	15,731
RDC	1_2	38,66	49,30	122,00	54,6	69,627	172,297	92,089	82,406	68,287
	2_3	70,48	67,64	190,44	99,54	95,529	268,957	79,122	72,917	92,159
	3_4	31,48	18,20	50,42	44,46	25,704	71,204	97,289	83,066	21,542
	4_5	20,72	15,97	53,10	29,2635	22,554	74,999	9,688	7,472	24,837

Tableau VIII -8) superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal F-F :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	1_2	22,489	44,926	110,485	52,177	78,930	163,978	36,163	67,470	160,629
	2_3	48,384	31,345	99,576	80,730	54,455	143,559	71,770	46,825	143,395
	3_4	19,610	9,406	36,024	46,534	29,208	50,455	31,546	16,372	51,626
	4_5	10,859	-4,577	30,453	29,787	15,661	37,289	18,193	-2,581	42,671
7	1_2	9,497	21,509	90,958	65,727	70,617	151,371	26,193	42,083	144,874
	2_3	25,446	22,051	90,327	69,024	59,099	144,882	46,716	40,401	143,541
	3_4	1,980	-4,342	29,393	50,594	33,766	43,201	13,866	2,314	45,809
	4_5	-1,909	-16,956	31,292	33,685	31,818	34,307	5,275	-13,598	46,120
6	1_2	-0,140	13,202	89,744	76,932	78,666	152,405	16,908	33,694	143,598
	2_3	19,092	17,085	91,171	75,580	66,143	146,841	40,420	35,897	145,002
	3_4	-11,002	-15,391	28,625	59,336	41,359	40,449	-0,076	-9,519	44,242
	4_5	-11,937	-29,110	34,302	40,467	46,452	33,027	-5,487	-25,192	49,521
5	1_2	-13,965	1,405	77,195	83,401	81,995	139,999	2,079	20,565	127,267
	2_3	11,136	11,010	88,823	79,622	71,160	144,530	31,718	29,580	141,537
	3_4	-24,265	-26,849	26,787	68,031	50,227	37,788	-14,371	-21,567	41,381
	4_5	-22,302	-40,946	34,229	48,306	59,054	31,217	-16,426	-36,854	49,020
4	1_2	-18,701	-6,355	78,463	88,137	89,755	138,730	-2,657	12,805	128,535
	2_3	5,085	5,299	88,675	85,673	76,871	144,678	25,667	23,869	141,389
	3_4	-35,584	-37,364	27,644	79,350	60,742	36,931	-25,690	-32,082	42,238
	4_5	-31,783	-52,140	35,371	57,787	70,248	30,075	-25,907	-48,048	50,162

Tableau VIII -8) superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal F-F suite :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
3	1_2	-29,213	-13,902	76,347	100,063	96,830	140,466	-12,843	5,170	126,351
	2_3	-0,508	0,883	89,214	91,620	83,001	146,332	20,140	19,839	142,428
	3_4	-47,012	-46,343	26,543	87,258	69,511	37,380	-37,918	-41,111	40,986
	4_5	-39,727	-62,854	37,047	65,941	82,722	29,831	-33,801	-58,362	52,163
2	1_2	-36,418	-22,123	72,649	105,706	101,857	136,073	-20,426	-3,797	120,746
	2_3	-6,833	-4,919	86,602	95,379	87,369	143,325	13,201	13,691	138,487
	3_4	-59,564	-57,578	23,932	96,016	79,478	36,616	-51,336	-52,638	37,597
	4_5	-49,732	-72,447	34,939	74,842	92,451	29,772	-44,062	-67,931	49,547
1	1_2	-38,313	-28,468	74,693	107,601	108,202	134,029	-22,321	-10,142	122,790
	2_3	-11,768	-10,018	86,646	100,314	92,468	143,281	8,266	8,592	138,531
	3_4	-69,762	-67,773	24,559	106,214	89,673	35,990	-61,534	-62,833	38,223
	4_5	-58,908	-80,608	34,372	84,018	100,612	30,339	-53,238	-76,092	48,980
RDC	1_2	-55,929	-36,294	45,821	112,669	108,650	133,229	-35,349	-10,050	110,764
	2_3	-13,202	-9,653	85,962	116,642	108,925	193,535	24,318	26,355	187,338
	3_4	-67,849	-66,042	25,614	114,049	92,754	48,380	-51,089	-56,354	52,452
	4_5	-57,411	-84,384	37,215	87,819	107,826	40,725	-46,379	-75,886	65,482

Tableau VIII-9) superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal F-F :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1_2	70,75	-83,04	11,26	-13,13	3,351	3,351	82,010	-96,170	112,403	-131,799
	2_3	72,07	-63,72	10,99	-9,68	1,565	1,565	83,060	-73,400	113,780	-100,542
	3_4	38,73	-27,88	5,9	-4,24	5,351	5,351	44,630	-32,120	61,136	-43,998
	4_5	42,37	-31,93	6,45	-4,86	5,144	5,144	48,820	-36,790	66,875	-50,396
7	1_2	69,35	-73,33	17,76	-18,86	8,301	8,301	87,110	-92,190	120,263	-127,286
	2_3	59,21	-56,76	15,81	-15,2	3,868	3,868	75,020	-71,960	103,649	-99,426
	3_4	32,75	-24,14	8,76	-6,46	13,112	13,112	41,510	-30,600	57,353	-42,279
	4_5	34,55	-28,91	9,24	-7,73	12,728	12,728	43,790	-36,640	60,503	-50,624
6	1_2	69,57	-73,11	17,82	-18,79	12,804	12,804	87,390	-91,900	120,650	-126,884
	2_3	59,03	-56,93	15,77	-15,24	6,170	6,170	74,800	-72,170	103,346	-99,716
	3_4	32,61	-24,28	8,72	-6,49	21,210	21,210	41,330	-30,770	57,104	-42,513
	4_5	33,59	-29,86	8,98	-7,98	20,276	20,276	42,570	-37,840	58,817	-52,281
5	1_2	61,97	-65,32	17,43	-18,3	17,409	17,409	79,400	-83,620	109,805	-115,632
	2_3	57,56	-56	15,4	-14,95	8,442	8,442	72,960	-70,950	100,806	-98,025
	3_4	31,44	-23,71	8,4	-6,33	29,653	29,653	39,840	-30,040	55,044	-41,504
	4_5	32,16	-29,48	8,59	-7,88	27,697	27,697	40,750	-37,360	56,301	-51,618
4	1_2	61,97	-65,32	17,43	-18,3	20,457	20,457	79,400	-83,620	109,805	-115,632
	2_3	57,56	-56	15,4	-14,95	10,661	10,661	72,960	-70,950	100,806	-98,025
	3_4	31,44	-23,71	8,4	-6,33	38,051	38,051	39,840	-30,040	55,044	-41,504
	4_5	32,16	-29,48	8,59	-7,88	34,826	34,826	40,750	-37,360	56,301	-51,618

Tableau VIII-9) superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal F-F suite :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
3	1_2	62,2	-65,09	17,48	-18,24	24,947	24,947	79,680	-83,330	110,190	-115,232
	2_3	57,44	-56,12	15,36	-14,98	12,702	12,702	72,800	-71,100	100,584	-98,232
	3_4	30,82	-24,34	8,24	-6,5	45,346	45,346	39,060	-30,840	53,967	-42,609
	4_5	31,9	-29,75	8,52	-7,95	41,522	41,522	40,420	-37,700	55,845	-52,088
2	1_2	60,87	-63,41	17,07	-17,73	28,267	28,267	77,940	-81,140	107,780	-112,199
	2_3	56,18	-55,05	14,98	-14,66	14,703	14,703	71,160	-69,710	98,313	-96,308
	3_4	29,55	-23,92	7,88	-6,37	53,744	53,744	37,430	-30,290	51,713	-41,847
	4_5	30,83	-29,06	8,22	-7,74	48,153	48,153	39,050	-36,800	53,951	-50,841
1	1_2	60,87	-63,41	17,07	-17,73	30,276	30,276	77,940	-81,140	107,780	-112,199
	2_3	56,18	-55,05	14,98	-14,66	16,596	16,596	71,160	-69,710	98,313	-96,308
	3_4	29,55	-23,92	7,88	-6,37	61,587	61,587	37,430	-30,290	51,713	-41,847
	4_5	30,83	-29,06	8,22	-7,74	54,131	54,131	39,050	-36,800	53,951	-50,841
RDC	1_2	41,23	-44,34	29,3	-31,51	32,527	32,527	70,530	-75,850	99,611	-107,124
	2_3	55,93	-55,29	39,75	-39,29	16,499	16,499	95,680	-94,580	135,131	-133,577
	3_4	29,84	-23,63	21,21	-16,79	60,432	60,432	51,050	-40,420	72,099	-57,086
	4_5	30,94	-28,96	21,99	-20,57	54,812	54,812	52,930	-49,530	74,754	-69,951

Suite de tableau 09:

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1_2	59,951	-63,081	53,249	-69,783	85,361	-92,819	78,659	-99,521
	2_3	59,221	-49,411	56,091	-52,541	84,625	-71,835	81,495	-74,965
	3_4	36,335	-16,953	25,633	-27,655	49,981	-26,769	39,279	-37,471
	4_5	39,040	-20,400	28,752	-30,688	53,964	-31,646	43,676	-41,934
7	1_2	63,781	-50,363	47,179	-66,965	95,411	-83,889	78,809	-100,491
	2_3	51,236	-41,540	43,500	-49,276	78,888	-68,092	71,152	-75,828
	3_4	39,312	-6,200	13,088	-32,424	54,622	-17,488	28,398	-43,712
	4_5	40,368	-10,400	14,912	-35,856	56,518	-23,912	31,062	-49,368
6	1_2	68,460	-45,684	42,852	-71,292	100,194	-79,096	74,586	-104,704
	2_3	53,394	-39,374	41,054	-51,714	80,970	-66,000	68,630	-78,340
	3_4	47,298	1,786	4,878	-40,634	62,540	-9,560	20,120	-51,980
	4_5	47,148	-3,612	6,596	-44,164	62,846	-17,564	22,294	-58,116
5	1_2	66,985	-34,847	32,167	-69,665	96,809	-66,211	61,991	-101,029
	2_3	54,490	-36,358	37,606	-53,242	81,402	-62,508	64,518	-79,392
	3_4	54,805	10,685	-4,501	-48,621	69,493	-0,387	10,187	-59,693
	4_5	53,425	4,113	-1,969	-51,281	68,447	-9,663	13,053	-65,057
4	1_2	70,033	-31,799	29,119	-72,713	99,857	-63,163	58,943	-104,077
	2_3	56,709	-34,139	35,387	-55,461	83,621	-60,289	62,299	-81,611
	3_4	63,203	19,083	-12,899	-57,019	77,891	8,011	1,789	-68,091
	4_5	60,554	11,242	-9,098	-58,410	75,576	-2,534	5,924	-72,186

Suite de tableau 09 :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
3	1_2	74,707	-27,125	24,813	-77,019	104,627	-58,383	54,733	-108,277
	2_3	58,654	-32,194	33,250	-57,598	85,502	-58,398	60,098	-83,802
	3_4	70,002	25,874	-20,690	-64,818	84,406	14,506	-6,286	-76,186
	4_5	67,042	17,722	-16,002	-65,322	81,942	3,822	-1,102	-79,222
2	1_2	76,963	-22,461	20,429	-78,995	106,207	-52,873	49,673	-109,407
	2_3	59,647	-29,337	30,241	-58,743	85,863	-55,007	56,457	-84,413
	3_4	77,384	34,608	-30,104	-72,880	91,174	23,454	-16,314	-84,034
	4_5	72,817	24,905	-23,489	-71,401	87,203	11,353	-9,103	-84,953
1	1_2	78,972	-20,452	18,420	-81,004	108,216	-50,864	47,664	-111,416
	2_3	61,540	-27,444	28,348	-60,636	87,756	-53,114	54,564	-86,306
	3_4	85,227	42,451	-37,947	-80,723	99,017	31,297	-24,157	-91,877
	4_5	78,795	30,883	-29,467	-77,379	93,181	17,331	-15,081	-90,931
RDC	1_2	65,511	-2,945	0,457	-67,999	103,057	-43,323	38,003	-108,377
	2_3	61,243	-27,733	28,245	-60,731	112,179	-78,081	79,181	-111,079
	3_4	84,304	41,528	-36,560	-79,336	111,482	20,012	-9,382	-100,852
	4_5	79,564	31,644	-30,060	-77,980	107,742	5,282	-1,882	-104,342

Tableau VIII 10 : superposition des efforts normaux et des moments dans les poteaux du portique longitudinal F-F :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	Travée	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
8	1	109,21	16,38	-3,350	125,590	172,004	84,018	90,718
	2	162	24,12	1,785	186,120	254,880	131,385	127,815
	3	109,34	15,58	-3,785	124,920	170,979	83,687	91,257
	4	77,14	10,69	0,207	87,830	120,174	61,919	61,505
	5	38,82	4,86	5,144	43,680	59,697	36,200	25,912
7	1	213,23	41,1	-11,651	254,330	349,511	158,933	182,235
	2	301,43	58,79	6,217	360,220	495,116	247,361	234,927
	3	205,74	39,54	-13,029	245,280	337,059	151,563	177,621
	4	142,72	26,39	0,590	169,110	232,257	114,766	113,586
	5	74,62	12,59	17,872	87,210	119,622	77,568	41,824
6	1	315,61	65,41	-24,455	381,020	524,189	228,033	276,943
	2	440,46	93,35	12,851	533,810	734,646	365,219	339,517
	3	302,17	63,5	-28,068	365,670	503,180	213,668	269,804
	4	207,48	41,86	1,524	249,340	342,888	167,508	164,460
	5	111,37	20,57	38,148	131,940	181,205	127,244	50,948
5	1	407,33	88,76	-41,864	496,090	683,036	284,000	367,728
	2	572,71	127,05	21,818	699,760	963,734	479,986	436,350
	3	398,98	86,85	-49,280	485,830	668,898	269,904	368,464
	4	272,72	56,78	3,481	329,500	453,342	221,657	214,695
	5	150,22	28,45	65,845	178,670	245,472	186,021	54,331

Suite de tableau 10 :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	Travée	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
4	1	499,05	112,11	-62,320	611,160	841,883	336,920	461,560
	2	704,96	160,75	31,613	865,710	1192,821	595,581	532,355
	3	495,79	110,2	-76,669	605,990	834,617	319,963	473,301
	4	337,96	71,7	6,706	409,660	563,796	277,074	263,662
	5	189,07	36,33	100,670	225,400	309,740	251,926	50,586
3	1	589,37	135,06	-87,268	724,430	998,240	384,228	558,764
	2	836,86	194,35	43,859	1031,210	1421,286	713,347	625,629
	3	592,1	133,42	-109,313	725,520	999,465	364,367	582,993
	4	403,57	86,72	10,530	490,290	674,900	333,386	312,326
	5	228,19	44,28	142,192	272,470	374,477	324,744	40,360
2	1	679,49	157,1	-115,534	836,590	1152,962	428,058	659,126
	2	968,69	227,06	57,422	1195,750	1648,322	832,374	717,530
	3	688,94	155,96	-148,354	844,900	1164,009	402,798	699,506
	4	470,56	101,31	16,121	571,870	787,221	392,569	360,327
	5	269,49	52,02	190,345	321,510	441,842	405,937	25,247
1	1	769,61	179,14	-145,811	948,750	1307,684	469,877	761,499
	2	1100,52	259,77	71,102	1360,290	1875,357	951,518	809,314
	3	785,78	178,5	-193,345	964,280	1328,553	435,279	821,969
	4	537,55	115,9	23,578	653,450	899,543	453,618	406,462
	5	310,79	59,76	244,476	370,550	509,207	493,108	4,156
RDC	1	827,16	208,44	-178,337	1035,600	1429,326	483,391	840,065
	2	1217,11	331,03	87,129	1548,140	2139,644	1060,817	886,559
	3	887,23	239	-237,277	1126,230	1556,261	472,507	947,061
	4	608,44	154,68	29,198	763,120	1053,414	515,950	457,554
	5	356,07	80,33	299,288	436,400	601,190	584,144	-14,432

Tableau VIII 11 : les moments :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
8	1	0	7,12	0	1,13	8,01	0,000	0,000	8,250	0,000	11,307	8,007	5,696	-8,007	5,696
	2	0	2,76	0	0,3	10,21	0,000	0,000	3,060	0,000	4,176	10,210	2,208	-10,210	2,208
	3	0	-10,07	0	-1,53	11,31	0,000	0,000	-11,600	0,000	-15,890	11,309	-8,056	-11,309	-8,056
	4	0	1,04	0	0,16	12,21	0,000	0,000	1,200	0,000	1,644	12,214	0,832	-12,214	0,832
	5	0	-5,68	0	-0,86	9,12	0,000	0,000	-6,540	0,000	-8,958	9,121	-4,544	-9,121	-4,544
7	1	5,69	5,69	1,46	1,46	13,80	5,97	7,150	7,150	9,872	9,872	18,352	10,519	-9,248	-1,415
	2	0,52	0,52	0,25	0,25	17,07	8,35	0,770	0,770	1,077	1,077	17,483	8,770	-16,651	-7,938
	3	-6,91	-6,91	-1,85	-1,85	18,46	9,25	-8,760	-8,760	-12,104	-12,104	12,932	3,725	-23,988	-14,781
	4	0,57	0,57	0,15	0,15	19,94	9,99	0,720	0,720	0,995	0,995	20,394	10,450	-19,482	-9,538
	5	-3,59	-3,59	-0,96	-0,96	15,25	7,46	-4,550	-4,550	-6,287	-6,287	12,373	4,591	-18,117	-10,335
6	1	5,11	9,45	1,31	2,43	18,72	11,29	6,420	11,880	8,864	16,403	22,809	18,851	-14,633	-3,731
	2	0,43	0,8	0,21	0,38	23,80	16,27	0,640	1,180	0,896	1,650	24,143	16,907	-23,455	-15,627
	3	-5,92	-10,96	-1,58	-2,93	26,37	18,46	-7,500	-13,890	-10,362	-19,191	21,634	9,692	-31,106	-27,228
	4	0,43	0,8	0,12	0,22	28,48	19,94	0,550	1,020	0,761	1,410	28,823	20,578	-28,135	-19,298
	5	-2,94	-5,45	-0,79	-1,46	21,29	14,53	-3,730	-6,910	-5,154	-9,548	18,939	10,171	-23,643	-18,891
5	1	7,58	7,58	2,12	2,12	23,52	17,14	9,700	9,700	13,413	13,413	29,583	23,207	-17,455	-11,079
	2	1,86	1,86	0,34	0,34	30,87	23,80	2,200	2,200	3,021	3,021	32,356	25,287	-29,380	-22,311
	3	-9,29	-9,29	-2,48	-2,48	35,62	26,37	-11,770	-11,770	-16,262	-16,262	28,189	18,938	-43,053	-33,802
	4	0,63	0,63	0,17	0,17	39,78	28,48	0,800	0,800	1,106	1,106	40,288	28,983	-39,280	-27,975
	5	-4,38	-4,38	-1,17	-1,17	26,66	21,29	-5,550	-5,550	-7,668	-7,668	23,158	17,787	-30,166	-24,795

Suite de tableau 11 :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
4	1	7,58	7,58	2,12	2,12	26,15	19,24	9,700	9,700	13,413	13,413	32,219	25,306	-20,091	-13,178
	2	1,86	1,86	0,34	0,34	37,61	30,87	2,200	2,200	3,021	3,021	39,098	32,356	-36,122	-29,380
	3	-9,29	-9,29	-2,48	-2,48	43,40	35,62	-11,770	-11,770	-16,262	-16,262	35,969	28,189	-50,833	-43,053
	4	0,63	0,63	0,17	0,17	48,47	39,78	0,800	0,800	1,106	1,106	48,978	40,288	-47,970	-39,280
	5	-4,38	-4,38	-1,17	-1,17	32,49	26,66	-5,550	-5,550	-7,668	-7,668	28,982	23,158	-35,990	-30,166
3	1	6,64	11,33	1,86	3,17	30,51	25,95	8,500	14,500	11,754	20,051	35,819	35,010	-25,195	-16,882
	2	1,53	2,61	0,28	0,47	43,96	37,61	1,810	3,080	2,486	4,229	45,184	39,698	-42,736	-35,522
	3	-7,8	-13,31	-2,08	-3,56	50,77	43,40	-9,880	-16,870	-13,650	-23,309	44,528	32,753	-57,008	-54,049
	4	0,54	0,93	0,14	0,25	56,71	48,47	0,680	1,180	0,939	1,631	57,140	49,218	-56,276	-47,730
	5	-3,55	-6,06	-0,95	-1,62	38,06	32,49	-4,500	-7,680	-6,218	-10,611	35,216	27,638	-40,896	-37,334
2	1	9,69	9,69	2,7	2,7	32,56	30,51	12,390	12,390	17,132	17,132	40,311	38,259	-24,807	-22,755
	2	2,22	2,22	0,41	0,41	49,96	43,96	2,630	2,630	3,612	3,612	51,732	45,736	-48,180	-42,184
	3	-11,13	-11,13	-2,97	-2,97	59,75	50,77	-14,100	-14,100	-19,481	-19,481	50,843	41,864	-68,651	-59,672
	4	0,78	0,78	0,21	0,21	68,80	56,71	0,990	0,990	1,368	1,368	69,427	57,332	-68,179	-56,084
	5	-4,84	-4,84	-1,29	-1,29	42,13	38,06	-6,130	-6,130	-8,469	-8,469	38,262	34,184	-46,006	-41,928
1	1	9,69	9,69	2,7	2,7	32,40	32,56	12,390	12,390	17,132	17,132	40,154	40,311	-24,650	-24,807
	2	2,22	2,22	0,41	0,41	55,24	49,96	2,630	2,630	3,612	3,612	57,015	51,732	-53,463	-48,180
	3	-11,13	-11,13	-2,97	-2,97	66,06	59,75	-14,100	-14,100	-19,481	-19,481	57,161	50,843	-74,969	-68,651
	4	0,78	0,78	0,21	0,21	76,08	68,80	0,990	0,990	1,368	1,368	76,703	69,427	-75,455	-68,179
	5	-4,84	-4,84	-1,29	-1,29	46,22	42,13	-6,130	-6,130	-8,469	-8,469	42,345	38,262	-50,089	-46,006
RDC	1	7,44	5,41	5,29	3,84	34,41	39,60	12,730	9,250	17,979	13,064	40,358	43,931	-28,454	-35,275
	2	7,17	5,21	5,09	3,7	50,27	55,24	12,260	8,910	17,315	12,584	56,009	59,407	-44,537	-51,071
	3	-12,24	-8,9	-8,7	-6,32	57,79	66,06	-20,940	-15,220	-29,574	-21,495	47,997	58,945	-67,581	-73,185
	4	0,85	0,62	0,6	0,44	65,57	76,08	1,450	1,060	2,048	1,497	66,254	76,575	-64,894	-75,583
	5	-5,41	-3,93	-3,84	-2,79	44,89	46,96	-9,250	-6,720	-13,064	-9,491	40,565	43,819	-49,221	-50,107

Tableau VIII 12 : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (1-1) :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	1_2	3,9	15,96	27,68	5,439	22,26	38,5515	5,0078	11,7758	16,2680
	2_3	15,96	9,13	31,25	22,26	12,6705	43,4925	8,9600	5,4640	18,0400
	3_4	7,81	8,44	16,33	10,7985	11,511	22,3185	7,5826	7,4521	12,3970
	4_5	10,08	11,1	30,89	13,7475	15,138	42,129	9,3328	9,7618	22,6127
	5_6	10,24	9,77	24,82	13,965	13,317	33,846	8,8989	8,8629	17,9062
	6_7	8,45	1,85	12,46	11,5095	2,517	16,9515	7,7814	3,8237	8,4404
7	1_2	3,86	9,72	19,63	5,2365	13,1865	26,631	9,7088	14,1888	15,7491
	2_3	9,72	8,54	22,43	13,1865	11,601	30,4365	7,4320	6,4480	17,1120
	3_4	9,01	14,69	27,28	12,252	19,995	37,125	13,2020	14,2603	22,2275
	4_5	19,49	21,11	58,19	26,529	28,734	79,206	19,5704	19,9121	43,5760
	5_6	18,66	16,64	45,27	25,3995	22,6335	61,611	17,4938	16,8167	33,1236
	6_7	14,48	6,01	28,51	19,671	8,154	38,6865	14,9242	10,3245	20,3580
6	1_2	4,69	8,22	19,61	6,363	11,151	26,604	13,8845	16,5885	15,6565
	2_3	8,22	8,47	21,67	11,151	11,5035	29,4045	6,2880	6,4080	16,5360
	3_4	9,08	13,88	27,01	12,348	18,8925	36,7575	16,6470	15,2495	23,0609
	4_5	20,01	21,4	58,59	27,237	29,1285	79,7505	22,3701	22,1267	44,0793
	5_6	18,32	15,33	44,42	24,936	20,853	60,456	18,9632	17,9043	32,2406
	6_7	12,89	7,15	28,67	17,508	9,7005	38,9025	15,6179	14,4310	19,7719

Suite de tableau 12 :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
5	1_2	4,98	7,76	19,16	6,756	10,527	25,9935	17,5390	19,6670	15,4133
	2_3	7,76	8,15	20,84	10,527	11,067	28,2765	5,9360	6,1760	15,9120
	3_4	8,84	13,05	26,03	12,024	17,763	35,4255	20,0986	20,4402	21,5052
	4_5	19,9	21,12	57,62	27,087	28,7475	78,4305	21,7926	23,1191	42,4986
	5_6	17,7	15,11	43,34	24,093	20,556	58,9875	21,8237	19,5851	32,1218
	6_7	12,39	7,59	28,23	16,827	10,2975	38,3055	18,5835	17,7130	19,5258
4	1_2	4,98	7,76	19,16	6,756	10,527	25,9935	20,2109	22,3389	15,5623
	2_3	7,76	8,15	20,84	10,527	11,067	28,2765	5,9360	6,1760	15,9120
	3_4	8,84	13,05	26,03	12,024	17,763	35,4255	23,0280	23,4458	21,6714
	4_5	19,9	21,12	57,62	27,087	28,7475	78,4305	23,7607	25,1915	42,4593
	5_6	17,7	15,11	43,34	24,093	20,556	58,9875	24,2398	21,8900	32,1249
	6_7	12,39	7,59	28,23	16,827	10,2975	38,3055	21,1290	20,2898	19,3488
3	1_2	11,2	15,83	39,64	15,495	21,9	54,84	25,4932	28,3732	25,4299
	2_3	15,83	14,34	41,35	21,9	19,7925	57,1815	9,8400	9,1600	25,8320
	3_4	10,71	12,45	26,79	14,658	16,947	36,5025	26,0379	25,6506	21,3202
	4_5	20,28	21,33	57,91	27,6045	29,034	78,825	25,7779	27,1840	42,6349
	5_6	17,46	15,29	43,32	23,766	20,8035	58,9605	26,2096	24,0596	32,1746
	6_7	12,19	8,28	28,54	16,5525	11,2335	38,724	23,2566	22,6604	19,8442

Suite de tableau 12 :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
2	1_2	11,49	15,32	38,73	15,8955	21,195	53,5815	29,0219	31,3979	24,9471
	2_3	15,32	14,04	40,08	21,195	19,3845	55,428	9,5200	8,9360	25,0240
	3_4	10,19	11,71	25,69	13,938	15,939	34,9995	29,5955	28,1704	21,0110
	4_5	20,11	21,01	43,08	27,3735	28,5975	58,6395	27,5868	28,9012	34,4558
	5_6	16,89	15,04	42,26	22,9905	20,4645	57,519	28,0817	26,1607	31,3793
	6_7	11,74	8,47	27,96	15,9405	11,49	37,9365	25,4769	26,0387	19,0562
1	1_2	11,49	15,32	38,73	15,8955	21,195	53,5815	29,9358	32,3118	24,9837
	2_3	15,32	14,04	40,08	21,195	19,3845	55,428	9,5200	8,9360	25,0240
	3_4	10,19	11,71	25,69	13,938	15,939	34,9995	29,5955	28,1704	21,0110
	4_5	20,11	21,01	43,08	27,3735	28,5975	58,6395	27,5868	28,9012	34,4558
	5_6	16,89	15,04	42,26	22,9905	20,4645	57,519	28,0817	26,1607	31,3793
	6_7	11,74	8,47	27,96	15,9405	11,49	37,9365	25,4769	26,0387	19,0562
RDC	1_2	6,99	9,69	24,35	9,5325	13,2135	33,2055	46,7181	48,6861	19,3695
	2_3	9,69	9,69	25,78	13,2135	13,2135	35,154	7,0480	7,0480	18,7520
	3_4	9,69	13,02	27,31	13,2135	17,754	37,2405	30,2156	30,4382	22,1416
	4_5	21,66	22,74	46,66	29,5365	31,0095	63,627	29,4067	30,2365	36,9397
	5_6	18,46	16,64	46,13	25,173	22,6905	62,904	29,4213	27,2647	33,7366
	6_7	14,61	10,55	35,61	19,923	14,3865	48,5595	27,3915	28,2256	23,1736

Tableau VIII 13 : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (1-1) :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	1_2	-0,6238254	6,1441745	15,396001	6,7158	18,7758	28,115998	1,0842	13,1442	27,244001
	2_3	8,96	5,464	18,04	15,9600	9,1300	31,25	15,9600	9,1300	31,25
	3_4	2,193401	4,8038927	10,819045	10,5046	9,7641	17,118954	5,1154	7,1159	15,541045
	4_5	5,3072388	6,3662323	22,251312	12,0928	12,7978	31,070687	8,0672	9,4022	30,709312
	5_6	5,9811435	5,409055	18,189814	11,6989	11,4969	24,678185	8,7811	8,0431	24,961814
	6_7	4,6506409	-1,0717226	10,103648	10,0154	4,2977	11,628356	6,8846	-0,5977	13,291643
7	1_2	-3,8048449	0,6751550	14,266926	10,6168	16,4768	20,371073	-2,8968	2,9632	18,888926
	2_3	7,432	6,448	17,112	9,7200	8,5400	22,43	9,7200	8,5400	22,43
	3_4	0,2700497	7,4996805	18,252514	15,4760	18,0703	29,267485	2,5440	11,3097	25,292514
	4_5	9,2936128	11,351909	42,599986	24,6284	25,3901	58,678013	14,3516	16,8299	57,701986
	5_6	10,138207	7,9992754	34,012358	22,3378	21,0487	44,825641	14,9822	12,2313	45,714358
	6_7	6,9317876	-1,1405083	23,146024	18,4762	11,7425	27,115975	10,4838	0,2775	29,904024
6	1_2	-6,7164779	-4,0124779	14,32745	14,9905	18,5205	20,27454	-5,6105	-2,0805	18,94545
	2_3	6,288	6,408	16,536	8,2200	8,4700	21,67	8,2200	8,4700	21,67
	3_4	-3,0789869	5,3105130	17,019089	18,9430	18,8495	30,030910	-0,7830	8,9105	23,989089
	4_5	7,2619365	9,569265	42,688698	27,5641	27,6787	59,285301	12,4559	15,1213	57,894698
	5_6	8,1728140	4,9437089	33,615375	23,7152	21,8103	43,732624	12,9248	8,8497	45,107375
	6_7	3,8700519	-3,5030074	23,988079	18,7639	16,1170	26,561920	7,0161	-1,8170	30,778079

Suite de tableau 13 :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
5	1_2	-9,923047	-7,795047	13,882662	18,7110	21,4910	19,9253	-8,7510	-5,9710	18,394662
	2_3	5,936	6,176	15,912	7,7600	8,1500	20,84	7,7600	8,1500	20,84
	3_4	-6,914595	-1,112184	17,102829	22,3466	23,8262	28,2311	-4,6666	2,2738	23,828829
	4_5	7,679408	8,1608650	42,829369	26,9566	28,5991	57,4546	12,8434	13,6409	57,785369
	5_6	4,384299	2,9109089	32,118215	26,4197	23,4471	43,3417	8,9803	6,7729	43,33821
	6_7	0,16853	-6,113000	23,562205	21,5975	19,5030	26,2117	3,1825	-4,3230	30,248205
4	1_2	-12,5949	-10,46694	13,733737	21,3829	24,1629	20,0742	-11,4229	-8,6429	18,245737
	2_3	5,936	6,176	15,912	7,7600	8,1500	20,84	7,7600	8,1500	20,84
	3_4	-9,84396	-4,117753	16,936609	25,2760	26,8318	28,3973	-7,5960	-0,7318	23,662609
	4_5	5,711265	6,0884867	42,868727	28,9247	30,6715	57,4152	10,8753	11,5685	57,824727
	5_6	1,968174	0,6060029	32,115061	28,8358	25,7520	43,3449	6,5642	4,4680	43,335061
	6_7	-2,37700	-8,689766	23,739209	24,1430	22,0798	26,0347	0,6370	-6,8998	30,425209
3	1_2	-11,5732	-8,693223	23,850059	29,7332	34,3632	40,4299	-7,3332	-2,7032	38,850059
	2_3	9,84	9,16	25,832	15,8300	14,3400	41,35	15,8300	14,3400	41,35
	3_4	-11,0299	-7,218613	17,959771	29,2439	28,8846	28,4702	-7,8239	-3,9846	25,109771
	4_5	4,254087	4,3999846	43,125091	31,0419	32,7220	57,6649	9,5181	9,9380	58,155091
	5_6	-0,35361	-1,323576	32,033442	30,7416	27,9816	43,3905	4,1784	2,5984	43,249442
	6_7	-4,77655	-10,00439	23,739825	26,2066	24,6124	26,5921	-1,8266	-8,0524	30,487825

Suite de tableau 13 :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
2	1_2	-14,7339385	-12,3579385	23,1968825	33,3679	37,1979	39,6051175	-10,3879	-6,5579	37,854882
	2_3	9,52	8,936	25,024	15,3200	14,0400	40,08	15,3200	14,0400	40,08
	3_4	-15,2275156	-10,8264378	16,7009619	32,6015	31,2084	27,8450381	-12,2215	-7,7884	23,534961
	4_5	2,18918032	2,2188302	29,3361549	32,8088	34,3512	45,6398451	7,4112	7,6688	40,520154
	5_6	-3,07374377	-3,80870146	31,2446972	32,4677	30,0247	42,3273028	1,3123	0,0553	42,192697
	6_7	-7,66888254	-13,0787083	23,6478371	28,3129	28,0287	25,6641629	-4,8329	-11,0887	30,255837
1	1_2	-15,6478139	-13,2718139	23,1603274	34,2818	38,1118	39,6416726	-11,3018	-7,4718	37,818327
	2_3	9,52	8,936	25,024	15,3200	14,0400	40,08	15,3200	14,0400	40,08
	3_4	-15,2275156	-10,8264378	16,7009619	32,6015	31,2084	27,8450381	-12,2215	-7,7884	23,534961
	4_5	2,18918032	2,2188302	29,3361549	32,8088	34,3512	45,6398451	7,4112	7,6688	40,520154
	5_6	-3,07374377	-3,80870146	31,2446972	32,4677	30,0247	42,3273028	1,3123	0,0553	42,192697
	6_7	-7,66888254	-13,0787083	23,6478371	28,3129	28,0287	25,6641629	-4,8329	-11,0887	30,255837
RDC	1_2	-36,558062	-34,590062	16,0384775	48,6281	51,3281	26,0155225	-34,6481	-31,9481	22,68447
	2_3	7,048	7,048	18,752	9,6900	9,6900	25,78	9,6900	9,6900	25,78
	3_4	-16,1196087	-11,49417	17,5863799	32,8576	33,9862	29,5876201	-13,4776	-7,9462	25,032379
	4_5	2,09728499	2,83553236	30,9323455	35,3147	36,4405	49,6636545	8,0053	9,0395	43,656345
	5_6	-2,57327593	-3,05666346	33,3673783	34,4573	31,8007	46,3146217	2,4627	1,4793	45,945378
	6_7	-6,14349419	-12,8816005	28,6184108	31,3775	31,1036	32,8875892	-2,1575	-10,0036	38,332410

Tableau VIII-14 :superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique transversal (1-1) :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1_2	15,06	-20,52	5,78	-8,11	3,7340	3,7340	20,84	-28,63	29,001	-39,867
	2_3	19,2	-16,38	7,74	-6,15	0,0000	0,0000	26,94	-22,53	37,53	-31,338
	3_4	9,42	-10,42	1,3	-0,71	3,1300	3,1300	10,72	-11,13	14,667	-15,132
	4_5	15,17	-15,55	1,54	-1,58	2,3727	2,3727	16,71	-17,13	22,7895	-23,3625
	5_6	13,21	-13,03	1,35	-1,31	1,8850	1,8850	14,56	-14,34	19,8585	-19,5555
	6_7	10	-6,73	0,76	-0,46	2,2328	2,2328	10,76	-7,19	14,64	-9,7755
7	1_2	14,62	-18,24	0,68	-0,84	8,9593	8,9593	15,3	-19,08	20,757	-25,884
	2_3	16,83	-16,03	0,74	-0,78	0,0000	0,0000	17,57	-16,81	23,8305	-22,8105
	3_4	17,21	-20,55	1,36	-1,68	7,5757	7,5757	18,57	-22,23	25,2735	-30,2625
	4_5	28,92	-29,54	2,33	-2,38	6,0455	6,0455	31,25	-31,92	42,537	-43,449
	5_6	25,4	-24,54	2,07	-1,95	4,7653	4,7653	27,47	-26,49	37,395	-36,054
	6_7	21,75	-17,47	1,06	-0,76	5,5597	5,5597	22,81	-18,23	30,9525	-24,7245
6	1_2	15,34	-17,52	0,71	-0,81	16,1874	16,1874	16,05	-18,33	21,774	-24,867
	2_3	16,38	-16,48	0,73	-0,79	0,0000	0,0000	17,11	-17,27	23,208	-23,433
	3_4	17,47	-20,29	1,38	-1,66	13,6158	13,6158	18,85	-21,95	25,6545	-29,8815
	4_5	28,96	-29,5	2,33	-2,37	10,4840	10,4840	31,29	-31,87	42,591	-43,38
	5_6	25,62	-24,32	2,08	-1,93	8,2651	8,2651	27,7	-26,25	37,707	-35,727
	6_7	21,06	-18,16	1,01	-0,8	9,8309	9,8309	22,07	-18,96	29,946	-25,716

Suite de tableau 14:

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
5	1_2	15,29	-17,04	0,71	-0,79	23,0183	23,0183	16	-17,83	21,7065	-24,189
	2_3	16,07	-16,26	0,72	-0,78	0,0000	0,0000	16,79	-17,04	22,7745	-23,121
	3_4	17,32	-19,83	1,37	-1,62	21,5047	21,5047	18,69	-21,45	25,437	-29,2005
	4_5	28,69	-29,17	2,31	-2,35	10,9019	10,9019	31	-31,52	42,1965	-42,9045
	5_6	25,24	-24,09	2,05	-1,92	13,6143	13,6143	27,29	-26,01	37,149	-35,4015
	6_7	20,57	-18,12	0,98	-0,8	15,7486	15,7486	21,55	-18,92	29,2395	-25,662
4	1_2	15,29	-17,04	0,71	-0,79	26,3546	26,3546	16	-17,83	21,7065	-24,189
	2_3	16,07	-16,26	0,72	-0,78	0,0000	0,0000	16,79	-17,04	22,7745	-23,121
	3_4	17,32	-19,83	1,37	-1,62	25,3644	25,3644	18,69	-21,45	25,437	-29,2005
	4_5	28,69	-29,17	2,31	-2,35	13,3764	13,3764	31	-31,52	42,1965	-42,9045
	5_6	25,24	-24,09	2,05	-1,92	16,6829	16,6829	27,29	-26,01	37,149	-35,4015
	6_7	20,57	-18,12	0,98	-0,8	19,0494	19,0494	21,55	-18,92	29,2395	-25,662
3	1_2	25,6	-27,96	7,35	-8,02	30,9299	30,9299	32,95	-35,98	45,585	-49,776
	2_3	27,06	-26,5	7,9	-7,48	0,0000	0,0000	34,96	-33,98	48,381	-46,995
	3_4	17,87	-19,28	1,63	-1,36	30,0473	30,0473	19,5	-20,64	26,5695	-28,068
	4_5	28,72	-29,13	2,31	-2,34	16,4988	16,4988	31,03	-31,47	42,237	-42,8355
	5_6	25,15	-24,18	2,04	-1,93	20,5798	20,5798	27,19	-26,11	37,0125	-35,538
	6_7	20,34	-18,35	0,97	-0,82	23,1957	23,1957	21,31	-19,17	28,914	-26,0025

Suite de tableau 14 :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
2	1_2	25,35	-27,33	7,27	-7,85	37,5313	37,5313	32,62	-35,18	45,1275	-48,6705
	2_3	26,58	-26,1	7,74	-7,38	0,0000	0,0000	34,32	-33,48	47,493	-46,305
	3_4	17,65	-18,89	1,58	-1,36	37,1811	37,1811	19,23	-20,25	26,1975	-27,5415
	4_5	22,31	-22,76	1,8	-1,83	19,9767	19,9767	24,11	-24,59	32,8185	-33,471
	5_6	24,78	-23,95	2,01	-1,91	24,8474	24,8474	26,79	-25,86	36,468	-35,1975
	6_7	19,92	-18,24	0,95	-0,82	28,2967	28,2967	20,87	-19,06	28,317	-25,854
1	1_2	25,35	-27,33	7,27	-7,85	38,1460	38,1460	32,62	-35,18	45,1275	-48,6705
	2_3	26,58	-26,1	7,74	-7,38	0,0000	0,0000	34,32	-33,48	47,493	-46,305
	3_4	17,65	-18,89	1,58	-1,36	39,0856	39,0856	19,23	-20,25	26,1975	-27,5415
	4_5	22,31	-22,76	1,8	-1,83	21,6299	21,6299	24,11	-24,59	32,8185	-33,471
	5_6	24,78	-23,95	2,01	-1,91	26,4454	26,4454	26,79	-25,86	36,468	-35,1975
	6_7	19,92	-18,24	0,95	-0,82	30,3006	30,3006	20,87	-19,06	28,317	-25,854
RDC	1_2	18,68	-20,32	1,87	-2,03	69,2419	69,2419	20,55	-22,35	28,023	-30,477
	2_3	19,5	-19,5	1,95	-1,95	0,0000	0,0000	21,45	-21,45	29,25	-29,25
	3_4	18,49	-20,51	1,85	-2,05	37,5414	37,5414	20,34	-22,56	27,7365	-30,7635
	4_5	23,79	-24,31	2,38	-2,43	20,6297	20,6297	26,17	-26,74	35,6865	-36,4635
	5_6	26,41	-25,59	2,64	-2,56	24,6305	24,6305	29,05	-28,15	39,6135	-38,3865
	6_7	24,43	-22,38	2,44	-2,24	27,9796	27,9796	26,87	-24,62	36,6405	-33,573

Tableau VIII -15 : superposition des efforts tranchants dan les poutres du portique transversal (1-1) :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1_2	15,7820	-12,6820	8,3140	-20,1500	24,5740	-24,8960	17,1060	-32,3640
	2_3	15,3600	-13,1040	15,3600	-13,1040	26,9400	-22,5300	26,9400	-22,5300
	3_4	10,6660	-5,2060	4,4060	-11,4660	13,8500	-8,0000	7,5900	-14,2600
	4_5	14,5087	-10,0673	9,7633	-14,8127	19,0827	-14,7573	14,3373	-19,5027
	5_6	12,4530	-8,5390	8,6830	-12,3090	16,4450	-12,4550	12,6750	-16,2250
	6_7	10,2328	-3,1512	5,7672	-7,6168	12,9928	-4,9572	8,5272	-9,4228
7	1_2	20,6553	-5,6327	2,7367	-23,5513	24,2593	-10,1207	6,3407	-28,0393
	2_3	13,4640	-12,8240	13,4640	-12,8240	17,5700	-16,8100	17,5700	-16,8100
	3_4	21,3437	-8,8643	6,1923	-24,0157	26,1457	-14,6543	10,9943	-29,8057
	4_5	29,1815	-17,5865	17,0905	-29,6775	37,2955	-25,8745	25,2045	-37,9655
	5_6	25,0853	-14,8667	15,5547	-24,3973	32,2353	-21,7247	22,7047	-31,2553
	6_7	22,9597	-8,4163	11,8403	-19,5357	28,3697	-12,6703	17,2503	-23,7897
6	1_2	28,4594	2,1714	-3,9154	-30,2034	32,2374	-2,1426	-0,1374	-34,5174
	2_3	13,1040	-13,1840	13,1040	-13,1840	17,1100	-17,2700	17,1100	-17,2700
	3_4	27,5918	-2,6162	0,3602	-29,8478	32,4658	-8,3342	5,2342	-35,5658
	4_5	33,6520	-13,1160	12,6840	-34,0840	41,7740	-21,3860	20,8060	-42,3540
	5_6	28,7611	-11,1909	12,2309	-27,7211	35,9651	-17,9849	19,4349	-34,5151
	6_7	26,6789	-4,6971	7,0171	-24,3589	31,9009	-9,1291	12,2391	-28,7909

Suite de tableau 15 :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
5	1_2	35,2503	9,3863	-10,7863	-36,6503	39,0183	5,1883	-7,0183	-40,8483
	2_3	12,8560	-13,0080	12,8560	-13,0080	16,7900	-17,0400	16,7900	-17,0400
	3_4	35,3607	5,6407	-7,6487	-37,3687	40,1947	0,0547	-2,8147	-42,9547
	4_5	33,8539	-12,4341	12,0501	-34,2379	41,9019	-20,6181	20,0981	-42,4219
	5_6	33,8063	-5,6577	6,5777	-32,8863	40,9043	-12,3957	13,6757	-39,6243
	6_7	32,2046	1,2526	0,7074	-30,2446	37,2986	-3,1714	5,8014	-34,6686
4	1_2	38,5866	12,7226	-14,1226	-39,9866	42,3546	8,5246	-10,3546	-44,1846
	2_3	12,8560	-13,0080	12,8560	-13,0080	16,7900	-17,0400	16,7900	-17,0400
	3_4	39,2204	9,5004	-11,5084	-41,2284	44,0544	3,9144	-6,6744	-46,8144
	4_5	36,3284	-9,9596	9,5756	-36,7124	44,3764	-18,1436	17,6236	-44,8964
	5_6	36,8749	-2,5891	3,5091	-35,9549	43,9729	-9,3271	10,6071	-42,6929
	6_7	35,5054	4,5534	-2,5934	-33,5454	40,5994	0,1294	2,5006	-37,9694
3	1_2	51,4099	8,5619	-10,4499	-53,2979	63,8799	-5,0501	2,0201	-66,9099
	2_3	21,6480	-21,2000	21,6480	-21,2000	34,9600	-33,9800	34,9600	-33,9800
	3_4	44,3433	14,6233	-15,7513	-45,4713	49,5473	9,4073	-10,5473	-50,6873
	4_5	39,4748	-6,8052	6,4772	-39,8028	47,5288	-14,9712	14,5312	-47,9688
	5_6	40,6998	1,2358	-0,4598	-39,9238	47,7698	-5,5302	6,6102	-46,6898
	6_7	39,4677	8,5157	-6,9237	-37,8757	44,5057	4,0257	-1,8857	-42,3657

Suite de tableau 15 :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
2	1_2	57,8113	15,6673	-17,2513	-59,3953	70,1513	2,3513	-4,9113	-72,7113
	2_3	21,2640	-20,8800	21,2640	-20,8800	34,3200	-33,4800	34,3200	-33,4800
	3_4	51,3011	22,0691	-23,0611	-52,2931	56,4111	16,9311	-17,9511	-57,4311
	4_5	37,8247	1,7687	-2,1287	-38,1847	44,0867	-4,6133	4,1333	-44,5667
	5_6	44,6714	5,6874	-5,0234	-44,0074	51,6374	-1,0126	1,9426	-50,7074
	6_7	44,2327	13,7047	-12,3607	-42,8887	49,1667	9,2367	-7,4267	-47,3567
1	1_2	58,4260	16,2820	-17,8660	-60,0100	70,7660	2,9660	-5,5260	-73,3260
	2_3	21,2640	-20,8800	21,2640	-20,8800	34,3200	-33,4800	34,3200	-33,4800
	3_4	53,2056	23,9736	-24,9656	-54,1976	58,3156	18,8356	-19,8556	-59,3356
	4_5	39,4779	3,4219	-3,7819	-39,8379	45,7399	-2,9601	2,4801	-46,2199
	5_6	46,2694	7,2854	-6,6214	-45,6054	53,2354	0,5854	0,3446	-52,3054
	6_7	46,2366	15,7086	-14,3646	-44,8926	51,1706	11,2406	-9,4306	-49,3606
RDC	1_2	84,1859	52,9859	-54,2979	-85,4979	89,7919	46,8919	-48,6919	-91,5919
	2_3	15,6000	-15,6000	15,6000	-15,6000	21,4500	-21,4500	21,4500	-21,4500
	3_4	52,3334	21,1334	-22,7494	-53,9494	57,8814	14,9814	-17,2014	-60,1014
	4_5	39,6617	1,1817	-1,5977	-40,0777	46,7997	-6,1103	5,5403	-47,3697
	5_6	45,7585	4,1585	-3,5025	-45,1025	53,6805	-3,5195	4,4195	-52,7805
	6_7	47,5236	10,0756	-8,4356	-45,8836	54,8496	3,3596	-1,1096	-52,5996

Tableau VIII -16 : superposition des efforts normaux et des moments dans les poteaux du portique transversal (1-1) :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	poteau	Nc	Nc	NC(KN	Nc	Nc	Nc	Nc
8	1	21,95	5,78	-3,7242	27,73	38,3025	13,8358	21,2842
	2	46,61	12,85	3,7242	59,46	82,1985	41,0122	33,5638
	3	32,69	7,45	-3,1217	40,14	55,3065	23,0303	29,2737
	4	32,48	2,25	0,7553	34,73	47,223	26,7393	25,2287
	5	35,65	2,93	0,4864	38,58	52,5225	29,0064	28,0336
	6	29,92	2,07	-0,3468	31,99	43,497	23,5892	24,2828
	7	13,62	0,46	2,2269	14,08	19,077	13,1229	8,6691
7	1	43,46	6,46	-12,6606	49,92	68,361	22,1074	47,4286
	2	88,57	14,43	12,6606	103	141,2145	83,5166	58,1954
	3	72,82	9,59	-10,6781	82,41	112,692	47,5779	68,9341
	4	88,84	6,26	2,2816	95,1	129,324	73,3536	68,7904
	5	97,48	7,38	1,7634	104,86	142,668	79,7474	76,2206
	6	83,1	5,08	-1,1393	88,18	119,805	65,3407	67,6193
	7	37,98	1,22	7,7724	39,2	53,103	38,1564	22,6116
6	1	65,69	7,17	-26,2838	72,86	99,4365	26,2682	78,8358
	2	129,36	15,97	26,2838	145,33	198,591	129,7718	77,2042
	3	113,66	11,76	-22,1442	125,42	171,081	68,7838	113,0722
	4	144,98	10,25	4,8855	155,23	211,098	120,8695	111,0985
	5	159,49	11,83	3,6498	171,32	233,0565	131,2418	123,9422
	6	135,37	8,02	-2,4610	143,39	194,7795	105,8350	110,7570
	7	63,03	2,02	16,0699	65,05	88,1205	66,4939	34,3541

Suite de tableau16 :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	poteau	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
5	1	90,35	7,88	-44,5169	98,23	133,7925	27,7631	116,7969
	2	171,84	17,48	44,5169	189,32	258,204	181,9889	92,9551
	3	156,61	13,91	-39,1839	170,52	232,2885	86,1041	164,4719
	4	202,87	14,18	13,2941	217,05	295,1445	175,5901	149,0019
	5	223,27	16,23	1,5027	239,5	325,7595	180,1187	177,1133
	6	189,4	10,92	-4,1541	200,32	272,07	147,3659	155,6741
	7	90,52	2,82	28,5412	93,34	126,432	100,9572	43,8748
4	1	115,01	8,59	-66,2978	123,6	168,1485	25,7102	158,3058
	2	214,32	18,99	66,2978	233,31	317,817	237,7538	105,1582
	3	199,56	16,06	-60,1385	215,62	293,496	99,5095	219,7865
	4	260,76	18,11	23,2131	278,87	379,191	231,8211	185,3949
	5	287,05	20,63	-1,2252	307,68	418,4625	228,4148	230,8652
	6	243,43	13,82	-6,1134	257,25	349,3605	188,6306	200,8574
	7	118,01	3,62	44,2640	121,63	164,7435	138,6720	50,1440
3	1	149,98	15,94	-90,9075	165,92	226,383	29,0765	210,8915
	2	278,71	34,91	90,9075	313,62	428,6235	313,8755	132,0605
	3	252,85	25,17	-84,0608	278,02	379,1025	118,2192	286,3408
	4	318,13	21,78	33,9752	339,91	462,1455	288,4792	220,5288
	5	350,7	25,01	-4,4803	375,71	510,96	276,0797	285,0403
	6	297,32	16,72	-8,1892	314,04	426,462	229,6668	246,0452
	7	145,73	4,44	62,7552	150,17	203,3955	179,3392	53,8288

Suite de tableau 16 :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	poteau	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
2	1	187,57	23,21	-120,0781	210,78	288,0345	29,9779	270,1341
	2	344,86	50,5	120,0781	395,36	541,311	395,9661	155,8099
	3	308,84	34,13	-112,9718	342,97	468,129	134,1002	360,0438
	4	371,57	24,94	47,3488	396,51	539,0295	344,6048	249,9072
	5	410,48	28,85	-8,2669	439,33	597,423	320,1171	336,6509
	6	353,43	19,58	-10,8712	373,01	506,5005	271,8728	293,6152
	7	176,21	5,26	84,7611	181,47	245,7735	225,7291	56,2069
1	1	225,16	30,48	-150,4672	255,64	349,686	29,6608	330,5952
	2	411,01	66,09	150,4672	477,1	653,9985	479,2752	178,3408
	3	364,83	43,09	-141,8828	407,92	557,1555	149,9812	433,7468
	4	425,01	28,1	60,7224	453,11	615,9135	400,7304	279,2856
	5	470,26	32,69	-12,0534	502,95	683,886	364,1546	388,2614
	6	409,54	22,44	-13,5531	431,98	586,539	314,0789	341,1851
	7	206,69	6,08	106,7669	212,77	288,1515	272,1189	58,5851
RDC	1	260,16	32,35	-205,9846	292,51	399,741	2,1434	414,1126
	2	467,15	70,07	205,9846	537,22	735,7575	579,7046	167,7354
	3	419,14	46,89	-172,0391	466,03	636,174	163,2729	507,3511
	4	485,63	32,53	74,3091	518,16	704,3955	462,8131	314,1949
	5	537,3	37,76	-15,2712	575,06	781,995	414,5688	445,1112
	6	475,88	27,44	-16,2425	503,32	683,598	364,4615	396,9465
	7	245,39	8,32	129,2437	253,71	343,7565	325,5557	67,0683

Tableau VIII-17 : les moments du portique(1-1):

Niveau	poteau	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Minf	Msup	Minf	M sup	Minf	Msup	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
8	1	0	2,74	0	1,16	0,0000	2,8158	3,9000	0,0	5,4390	0,0	5,0078	0,0	-0,6238	0,0
	2	0	0	0	0	0,0000	2,8158	0,0000	0,0	0,0000	0,0	2,8158	0,0	-2,8158	0,0
	3	0	-0,73	0	-0,6	0,0000	2,6946	-1,3300	0,0	-1,8855	0,0	2,1106	0,0	-3,2786	0,0
	4	0	1,49	0	0,15	0,0000	3,3369	1,6400	0,0	2,2365	0,0	4,5289	0,0	-2,1449	0,0
	5	0	-0,78	0	-0,08	0,0000	3,1566	-0,8600	0,0	-1,1730	0,0	2,5326	0,0	-3,7806	0,0
	6	0	-1,15	0	-0,16	0,0000	3,2923	-1,3100	0,0	-1,7925	0,0	2,3723	0,0	-4,2123	0,0
	7	0	-1,72	0	-0,13	0,0000	2,4477	-1,8500	0,0	-2,5170	0,0	1,0717	0,0	-3,8237	0,0
7	1	1,73	1,96	0,08	0,09	2,0390	4,7178	2,0500	1,8100	2,7810	2,4555	6,2858	3,4230	-3,1498	-0,6550
	2	0	0	0	0	2,0390	4,7178	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,7178	2,0390	-4,7178	-2,0390
	3	0,17	0,19	0,05	0,06	1,9513	4,5147	0,2500	0,2200	0,3465	0,3045	4,6667	2,0873	-4,3627	-1,8153
	4	2,08	2,35	0,17	0,19	2,7302	5,7885	2,5400	2,2500	3,4575	3,0630	7,6685	4,3942	-3,9085	-1,0662
	5	-1,07	-1,21	-0,09	-0,1	2,4802	5,4777	-1,3100	-1,1600	-1,7835	-1,5795	4,5097	1,6242	-6,4457	-3,3362
	6	-0,87	-0,98	-0,14	-0,16	2,6937	5,7112	-1,1400	-1,0100	-1,5630	-1,3845	4,9272	1,9977	-6,4952	-3,3897
	7	-2,7	-3,04	-0,12	-0,14	1,7010	4,0315	-3,1800	-2,8200	-4,3140	-3,8250	1,5995	-0,4590	-6,4635	-3,8610
6	1	1,57	2,91	0,07	0,13	2,9479	6,4405	3,0400	1,6400	4,1235	2,2245	8,7685	4,2039	-4,1125	-1,6919
	2	0	0	0	0	3,1920	6,4405	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,4405	3,1920	-6,4405	-3,1920
	3	0,17	0,31	0,05	0,09	3,4362	6,1692	0,4000	0,2200	0,5535	0,3045	6,4172	3,5722	-5,9212	-3,3002
	4	1,99	3,68	0,16	0,3	3,6803	7,5926	3,9800	2,1500	5,4180	2,9265	10,5366	5,2723	-4,6486	-2,0883
	5	-1	-1,85	-0,08	-0,15	3,9245	7,1922	-2,0000	-1,0800	-2,7225	-1,4700	5,7122	3,1245	-8,6722	-4,7245
	6	-0,74	-1,36	-0,12	-0,22	4,1686	7,4891	-1,5800	-0,8600	-2,1660	-1,1790	6,4011	3,5766	-8,5771	-4,7606
	7	-2,4	-4,44	-0,11	-0,21	4,4128	5,6685	-4,6500	-2,5100	-6,3090	-3,4050	2,1165	2,4928	-9,2205	-6,3328

Suite de tableau 17 :

Niveau	poteau	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Minf	Msup	Minf	M sup	Minf	Msup	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
5	1	2,38	2,38	0,11	0,11	5,7114	8,0197	2,4900	2,4900	3,3780	3,3780	9,9237	7,6154	-6,1157	-3,8074
	2	0	0	0	0	5,7114	8,0197	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,0197	5,7114	-8,0197	-5,7114
	3	0,26	0,26	0,08	0,08	5,4708	8,0358	0,3400	0,3400	0,4710	0,4710	8,2438	5,6788	-7,8278	-5,2628
	4	3,17	3,17	0,26	0,26	7,5926	10,2402	3,4300	3,4300	4,6695	4,6695	12,7762	10,1286	-7,7042	-5,0566
	5	-1,59	-1,59	-0,13	-0,13	6,9101	9,2887	-1,7200	-1,7200	-2,3415	-2,3415	8,0167	5,6381	-10,5607	-8,1821
	6	-1,17	-1,17	-0,19	-0,19	7,4891	10,0554	-1,3600	-1,3600	-1,8645	-1,8645	9,1194	6,5531	-10,9914	-8,4251
	7	-3,62	-3,62	-0,17	-0,17	4,8287	7,0843	-3,7900	-3,7900	-5,1420	-5,1420	4,1883	1,9327	-9,9803	-7,7247
4	1	2,38	2,38	0,11	0,11	6,5616	9,8414	2,4900	2,4900	3,3780	3,3780	11,7454	8,4656	-7,9374	-4,6576
	2	0	0	0	0	6,5616	9,8414	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	9,8414	6,5616	-9,8414	-6,5616
	3	0,26	0,26	0,08	0,08	6,5748	9,8612	0,3400	0,3400	0,4710	0,4710	10,0692	6,7828	-9,6532	-6,3668
	4	3,17	3,17	0,26	0,26	10,2402	12,5663	3,4300	3,4300	4,6695	4,6695	15,1023	12,7762	-10,0303	-7,7042
	5	-1,59	-1,59	-0,13	-0,13	9,2887	11,3986	-1,7200	-1,7200	-2,3415	-2,3415	10,1266	8,0167	-12,6706	-10,5607
	6	-1,17	-1,17	-0,19	-0,19	10,0554	12,3396	-1,3600	-1,3600	-1,8645	-1,8645	11,4036	9,1194	-13,2756	-10,9914
	7	-3,62	-3,62	-0,17	-0,17	5,7963	8,6935	-3,7900	-3,7900	-5,1420	-5,1420	5,7975	2,9003	-11,5895	-8,6923
3	1	3,22	5,49	0,92	1,57	8,0520	10,4812	7,0600	4,1400	9,7665	5,7270	14,8732	10,6280	-6,0892	-5,4760
	2	0	0	0	0	8,0520	10,4812	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,4812	8,0520	-10,4812	-8,0520
	3	-0,76	-1,3	-0,58	-0,98	8,0682	10,4657	-2,2800	-1,3400	-3,2250	-1,8960	9,4257	7,4602	-11,5057	-8,6762
	4	2,68	4,57	0,22	0,37	12,5663	14,6302	4,9400	2,9000	6,7245	3,9480	18,2862	14,7103	-10,9742	-10,4223
	5	-1,32	-2,26	-0,11	-0,18	11,3986	13,2750	-2,4400	-1,4300	-3,3210	-1,9470	11,4670	10,3426	-15,0830	-12,4546
	6	-0,98	-1,68	-0,16	-0,27	12,3396	14,3686	-1,9500	-1,1400	-2,6730	-1,5630	13,0246	11,5556	-15,7126	-13,1236
	7	-2,92	-4,98	-0,14	-0,23	7,1129	9,2195	-5,2100	-3,0600	-7,0680	-4,1520	5,2355	4,7769	-13,2035	-9,4489

Suite de tableau 17 :

Niveau	poteau	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Minf	Msup	Minf	M sup	Minf	Msup	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
2	1	4,46	4,46	1,28	1,28	10,4812	11,3968	5,7400	5,7400	7,9410	7,9410	14,9648	14,0492	-7,8288	-6,9132
	2	0	0	0	0	10,4812	11,3968	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,3968	10,4812	-11,3968	-10,4812
	3	-1,09	-1,09	-0,83	-0,83	10,4657	11,9459	-1,9200	-1,9200	-2,7165	-2,7165	11,0739	9,5937	-12,8179	-11,3377
	4	3,88	3,88	0,31	0,31	14,6302	17,5670	4,1900	4,1900	5,7030	5,7030	20,6710	17,7342	-14,4630	-11,5262
	5	-1,91	-1,91	-0,15	-0,15	13,2750	15,6439	-2,0600	-2,0600	-2,8035	-2,8035	14,1159	11,7470	-17,1719	-14,8030
	6	-1,42	-1,42	-0,23	-0,23	14,3686	17,1890	-1,6500	-1,6500	-2,2620	-2,2620	16,0530	13,2326	-18,3250	-15,5046
	7	-4,05	-4,05	-0,19	-0,19	9,2195	10,3392	-4,2400	-4,2400	-5,7525	-5,7525	7,0992	5,9795	-13,5792	-12,4595
1	1	4,46	4,46	1,28	1,28	11,3968	11,3951	5,7400	5,7400	7,9410	7,9410	14,9631	14,9648	-7,8271	-7,8288
	2	0	0	0	0	11,3968	11,3951	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,3951	11,3968	-11,3951	-11,3968
	3	-1,09	-1,09	-0,83	-0,83	11,9459	11,9441	-1,9200	-1,9200	-2,7165	-2,7165	11,0721	11,0739	-12,8161	-12,8179
	4	3,88	3,88	0,31	0,31	17,5670	18,3450	4,1900	4,1900	5,7030	5,7030	21,4490	20,6710	-15,2410	-14,4630
	5	-1,91	-1,91	-0,15	-0,15	15,6439	15,6416	-2,0600	-2,0600	-2,8035	-2,8035	14,1136	14,1159	-17,1696	-17,1719
	6	-1,42	-1,42	-0,23	-0,23	17,1890	18,3322	-1,6500	-1,6500	-2,2620	-2,2620	17,1962	16,0530	-19,4682	-18,3250
	7	-4,05	-4,05	-0,19	-0,19	10,3392	9,4187	-4,2400	-4,2400	-5,7525	-5,7525	6,1787	7,0992	-12,6587	-13,5792
RDC	1	3,68	2,67	0,37	0,27	13,9273	27,7108	2,9400	4,0500	4,0095	5,5230	29,8468	16,8713	-25,5748	-10,9833
	2	0	0	0	0	13,9273	27,7108	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	27,7108	13,9273	-27,7108	-13,9273
	3	0	0	0	0	14,5983	8,5693	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,5693	14,5983	-8,5693	-14,5983
	4	4,55	3,3	0,45	0,33	20,6870	13,9339	3,6300	5,0000	4,9500	6,8175	16,5739	24,3270	-11,2939	-17,0470
	5	-2,25	-1,63	-0,22	-0,16	19,1175	10,5802	-1,7900	-2,4700	-2,4405	-3,3675	9,2762	17,3175	-11,8842	-20,9175
	6	-1,07	-0,78	-0,11	-0,08	19,8599	12,0683	-0,8600	-1,1800	-1,1730	-1,6095	11,4443	19,0039	-12,6923	-20,7159
	7	-5,56	-4,04	-0,56	-0,4	13,5538	6,9998	-4,4400	-6,1200	-6,0540	-8,3460	3,7678	9,1058	-10,2318	-18,0018

Tableau VIII- 18 : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (2-2) :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	1_2	1,68	6,88	12,15	2,2905	9,3825	16,5705	6,93715162	5,38413669	11,9605556
	2_3	6,88	5,1	14,38	9,3825	6,9555	19,611	5,38413669	4,08813669	10,4281736
	3_4	5,1	1,68	11,6	6,9555	2,2905	15,8205	4,08813669	1,79531516	8,28109712
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	3,51	10,8	21,29	4,7865	14,73	29,0355	2,64586626	7,90228613	15,4893116
	6_7	10,24	2,68	17,64	13,965	3,6555	24,0585	7,50871522	2,04221041	12,780169
7	1_2	2,35	5,93	11,96	3,2235	8,1345	16,4055	15,3172589	5,01198392	15,3648605
	2_3	5,93	4,89	13,51	8,1345	6,708	18,5325	5,01198392	4,29998392	9,20916181
	3_4	4,89	2,35	11,59	6,708	3,2235	15,8985	4,29998392	2,97892589	7,63045508
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	4,71	8,9	20,78	6,4605	12,2085	28,5045	3,43860425	6,24701055	14,2574657
	6_7	8,26	3,66	17,18	11,331	5,0205	23,5665	5,8234234	2,73400645	11,7049849
6	1_2	2,85	5,01	11,94	3,909	6,873	16,3785	22,8600633	4,89046916	18,6105562
	2_3	5,01	4,89	13,07	6,873	6,708	17,9295	4,89046916	4,81046916	8,92653891
	3_4	4,89	2,85	11,89	6,708	3,909	16,3095	4,81046916	4,04280633	7,70908059
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	5,56	8,15	20,97	7,6275	11,1795	28,7655	4,13947352	5,80936574	14,4096284
	6_7	7,41	4,36	17,31	10,164	5,9805	23,745	5,32945342	3,34148234	11,7700417

Suite de tableau 18 :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
5	1_2	3,04	4,74	11,68	4,17	6,5025	16,0215	30,7252142	5,32840093	22,1269172
	2_3	4,74	4,74	12,6	6,5025	6,5025	17,2845	5,32840093	16,2567521	3,12706188
	3_4	4,74	3,04	11,68	6,5025	4,17	16,0215	16,2567521	4,94452142	12,6255225
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	5,87	8	20,74	8,052	10,974	28,4505	6,63427874	5,79108488	15,3879925
	6_7	7,17	4,62	17,04	9,8355	6,3375	23,3745	5,25645233	3,61546291	11,5812533
4	1_2	3,04	4,74	11,68	4,17	6,5025	16,0215	36,9513882	5,9443436	25,1227148
	2_3	4,74	4,74	12,6	6,5025	6,5025	17,2845	5,9443436	30,2273276	-3,5741668
	3_4	4,74	3,04	11,68	6,5025	4,17	16,0215	30,2273276	5,56713882	18,892806
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	5,87	8	20,74	8,052	10,974	28,4505	8,98882646	5,86810319	16,5717863
	6_7	7,17	4,62	17,04	9,8355	6,3375	23,3745	5,34152463	3,69931698	11,5770029
3	1_2	3,35	4,74	11,86	4,596	6,5025	16,269	42,0916466	6,47312004	27,3144403
	2_3	4,74	4,74	12,6	6,5025	6,5025	17,2845	6,47312004	19,8277529	1,90619036
	3_4	4,74	3,35	11,86	6,5025	4,596	16,269	19,8277529	6,26836466	13,9773572
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	6,36	8,06	21,03	8,724	11,0565	28,848	7,10905391	5,98324589	15,5787162
	6_7	7,11	5,04	17,26	9,753	6,9135	23,676	5,38452517	4,05334342	11,739372

Suite de tableau 18 :

Niveau	Travée	G+Q			1,35G+1,5Q			0,8G+E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
2	1_2	3,44	4,58	11,58	4,719	6,282	15,885	50,088370	6,9910479	30,892489
	2_3	4,58	4,58	12,18	6,282	6,282	16,707	6,9910479	30,606460	-3,4717062
	3_4	4,58	3,44	11,58	6,282	4,719	15,885	30,606460	7,1256370	18,623529
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	6,51	7,89	20,7	8,9295	10,8225	28,395	9,0650395	5,9553311	16,251408
	6_7	6,88	5,16	16,93	9,438	7,0785	23,2245	5,3181650	4,2522496	11,49493
1	1_2	3,44	4,58	11,58	4,719	6,282	15,885	57,913701	5,4826442	35,685695
	2_3	4,58	4,58	12,18	6,282	6,282	16,707	5,4826442	54,082410	-15,96388
	3_4	4,58	3,44	11,58	6,282	4,719	15,885	54,082410	7,3617733	29,769194
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	6,51	7,89	20,7	8,9295	10,8225	28,395	12,671068	6,0251213	18,065475
	6_7	6,88	5,16	16,93	9,438	7,0785	23,2245	5,3953490	4,2611483	11,527401
RDC	1_2	4,1	5,68	14,26	5,7255	7,932	19,914	60,737393	5,1600635	37,306614
	2_3	5,68	5,68	15,11	7,932	7,932	21,102	5,1600635	53,885546	-16,026741
	3_4	5,68	4,1	14,26	7,932	5,7255	19,914	53,88554	7,4435210	29,538431
	4_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5_6	7,83	9,76	25,52	10,935	13,6305	35,64	16,657388	6,0088934	20,130681
	6_7	8,56	6,19	20,88	11,955	8,6445	29,16	5,4110970	4,2551511	11,411967

Tableau VIII-19 : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (2-2) :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
8	1_2	-4,4892	4,6159	5,6874	7,3932	7,2641	15,2866	-4,0332	6,4959	9,0134
	2_3	4,6159	3,3199	10,4678	7,2641	5,4841	14,3602	6,4959	4,7159	14,3998
	3_4	3,3199	0,6527	8,5669	5,4841	2,2513	11,4571	4,7159	1,1087	11,7429
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	2,4581	7,7777	15,4387	3,6039	10,8623	21,3153	3,4161	10,7377	21,2647
	6_7	7,3713	1,8458	12,8358	10,3087	2,7782	17,6122	10,1713	2,5818	17,6678
7	1_2	-12,1013	3,1000	1,0031	16,0593	6,8860	19,1409	-11,3593	4,9740	4,7791
	2_3	3,1000	2,3880	9,2708	6,8860	5,8460	13,4792	4,9740	3,9340	13,5408
	3_4	2,3880	0,2371	8,2255	5,8460	3,7209	11,2925	3,9340	0,9791	11,8875
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	3,0094	5,9290	14,1745	4,9246	9,0590	20,8215	4,4954	8,7410	20,7385
	6_7	5,4726	2,2740	11,7990	8,4354	3,8900	17,1330	8,0846	3,4300	17,2270
6	1_2	-18,9561	1,9575	-2,2746	23,7581	6,4765	22,3826	-18,0581	3,5435	1,4974
	2_3	1,9575	1,8775	8,9455	6,4765	6,3565	13,0605	3,5435	3,4235	13,0795
	3_4	1,8775	-0,1388	8,5629	6,3565	4,9408	11,4631	3,4235	0,7592	12,3169
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	3,4605	5,3426	14,2784	5,8995	8,3834	21,0356	5,2205	7,9166	20,9044
	6_7	4,8145	2,6265	11,9100	7,6675	4,7175	17,2400	7,1525	4,0025	17,3800

Suite de tableau 19 :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
5	1_2	-26,5652	1,1516	-6,1429	31,6852	6,8284	25,8149	-25,6052	2,6516	-2,4549
	2_3	1,1516	-9,7768	14,1049	6,8284	17,7568	7,1111	2,6516	-8,2768	18,0889
	3_4	-9,7768	-0,7845	3,3585	17,7568	5,9045	16,3135	-8,2768	0,1755	7,0465
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	1,3977	5,1529	12,9800	8,4883	8,3191	21,9440	3,2517	7,6809	19,5360
	6_7	4,5515	2,7045	11,7307	7,5225	5,0755	16,9653	6,8175	4,1645	17,1147
4	1_2	-32,7914	0,5357	-9,1387	37,9114	7,4443	28,8107	-31,8314	2,0357	-5,4507
	2_3	0,5357	-23,7473	20,8062	7,4443	31,7273	0,4098	2,0357	-22,2473	24,7902
	3_4	-23,7473	-1,4071	-2,9088	31,7273	6,5271	22,5808	-22,2473	-0,4471	0,7792
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	-0,9568	5,0759	11,7962	10,8428	8,3961	23,1278	0,8972	7,6039	18,3522
	6_7	4,4665	2,6207	11,7350	7,6075	5,1593	16,9610	6,7325	4,0807	17,1190
3	1_2	-37,5156	0,0069	-11,0904	43,1536	7,9731	31,0624	-36,4536	1,5069	-7,3424
	2_3	0,0069	-13,3478	15,3258	7,9731	21,3278	5,8902	1,5069	-11,8478	19,3098
	3_4	-13,3478	-1,6924	2,2466	21,3278	7,3304	17,7254	-11,8478	-0,6304	5,9946
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	1,5949	5,0408	13,1893	9,1171	8,5312	22,2247	3,6029	7,5888	19,8353
	6_7	4,3435	2,8427	11,8766	7,6305	5,6453	17,1914		4,4347	17,3286

Suite de tableau 19 :

Niveau	Travée	0,8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
2	1_2	-45,3844	-0,7190	-15,0525	51,1764	8,4350	34,5525	-44,2964	0,7250	-11,3925
	2_3	-0,7190	-24,3345	20,1437	8,4350	32,0505	0,3723	0,7250	-22,8905	23,9877
	3_4	-24,3345	-2,4216	-2,7835	32,0505	8,2136	22,2835	-22,8905	-1,3336	0,8765
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	-0,1530	4,8447	12,0686	11,1190	8,4453	22,7914	1,9010	7,3347	18,6086
	6_7	4,0898	2,8038	11,6571	7,4942	5,8842	16,8489	6,2658	4,4358	17,0111
1	1_2	-53,2097	0,7894	-19,8457	59,0017	6,9266	39,3457	-52,1217	2,2334	-16,1857
	2_3	0,7894	-47,8104	32,6359	6,9266	55,5264	-12,1199	2,2334	-46,3664	36,4799
	3_4	-47,8104	-2,6578	-13,9292	55,5264	8,4498	33,4292	-46,3664	-1,5698	-10,2692
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	-3,7591	4,7749	10,2545	14,7251	8,5151	24,6055	-1,7051	7,2649	16,7945
	6_7	4,0127	2,7949	11,6246	7,5713	5,8931	16,8814	6,1887	4,4269	16,9786
RDC	1_2	-56,2094	1,1119	-21,5626	62,5734	7,7041	43,6946	-54,3734	3,6559	-15,1746
	2_3	1,1119	-47,6135	32,6987	7,7041	56,4295	-9,2527	3,6559	-45,0695	39,4727
	3_4	-47,6135	-2,9155	-13,7944	56,4295	9,2795	35,9264	-45,0695	-1,0795	-7,4064
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	-8,0174	4,7591	8,0293	20,1674	10,3849	31,5707	-4,5074	9,1351	19,4693
	6_7	4,0289	2,5768	11,6280	9,2511	7,0292	20,7720	7,8689	5,3508	20,9880

Tableau VIII-20 : superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique transversal (2-2) :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1_2	8,4	-11,44	0,85	-1,16	1,9669	1,9669	9,25	-12,6	12,615	-17,184
	2_3	10,44	-9,4	1,06	-0,96	0,2478	0,2478	11,5	-10,36	15,684	-14,13
	3_4	10,92	-8,92	1,11	-0,9	0,3082	0,3082	12,03	-9,82	16,407	-13,392
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,51	-14,73	1,17	-1,5	0,0381	0,0381	12,68	-16,23	17,2935	-22,1355
	6_7	13,7	-9,98	1,39	-1,02	0,0451	0,0451	15,09	-11	20,58	-15,003
7	1_2	7,97	-9,95	1,35	-1,69	4,7307	4,7307	9,32	-11,64	12,7845	-15,9675
	2_3	9,25	-8,67	1,57	-1,47	0,6168	0,6168	10,82	-10,14	14,8425	-13,9095
	3_4	9,66	-8,26	1,64	-1,4	0,7506	0,7506	11,3	-9,66	15,501	-13,251
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	10,98	-12,72	1,86	-2,16	0,0911	0,0911	12,84	-14,88	17,613	-20,412
	6_7	11,76	-9,63	1,99	-1,63	0,1096	0,1096	13,75	-11,26	18,861	-15,4455
6	1_2	8,37	-9,55	1,42	-1,62	7,2176	7,2176	9,79	-11,17	13,4295	-15,3225
	2_3	8,99	-8,93	1,53	-1,51	0,9461	0,9461	10,52	-10,44	14,4315	-14,3205
	3_4	9,52	-8,4	1,62	-1,42	1,1475	1,1475	11,14	-9,82	15,282	-13,47
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,31	-12,39	1,92	-2,1	0,1397	0,1397	13,23	-14,49	18,1485	-19,8765
	6_7	11,4	-9,99	1,93	-1,69	0,1662	0,1662	13,33	-11,68	18,285	-16,0215

Suite de tableau 20 :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
5	1_2	8,34	-9,29	1,41	-1,58	10,0766	10,0766	9,75	-10,87	13,374	-14,9115
	2_3	8,81	-8,81	1,49	-1,49	4,9525	4,9525	10,3	-10,3	14,1285	-14,1285
	3_4	9,29	-8,34	1,58	-1,41	5,2070	5,2070	10,87	-9,75	14,9115	-13,374
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,26	-12,15	1,91	-2,06	0,7253	0,7253	13,17	-14,21	18,066	-19,4925
	6_7	11,15	-9,95	1,89	-1,69	0,2213	0,2213	13,04	-11,64	17,8875	-15,9675
4	1_2	8,34	-9,29	1,41	-1,58	12,3199	12,3199	9,75	-10,87	13,374	-14,9115
	2_3	8,81	-8,81	1,49	-1,49	9,7350	9,7350	10,3	-10,3	14,1285	-14,1285
	3_4	9,29	-8,34	1,58	-1,41	9,9916	9,9916	10,87	-9,75	14,9115	-13,374
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,26	-12,15	1,91	-2,06	1,3257	1,3257	13,17	-14,21	18,066	-19,4925
	6_7	11,15	-9,95	1,89	-1,69	0,2676	0,2676	13,04	-11,64	17,8875	-15,9675
3	1_2	8,42	-9,2	1,43	-1,56	14,1104	14,1104	9,85	-10,76	13,512	-14,76
	2_3	8,81	-8,81	1,49	-1,49	6,4986	6,4986	10,3	-10,3	14,1285	-14,1285
	3_4	9,2	-8,42	1,56	-1,43	6,7436	6,7436	10,76	-9,85	14,76	-13,512
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,35	-12,06	1,92	-2,05	0,7971	0,7971	13,27	-14,11	18,2025	-19,356
	6_7	11,03	-10,06	1,87	-1,71	0,3085	0,3085	12,9	-11,77	17,6955	-16,146

Suite de tableau 20 :

Niveau	Travée	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
2	1_2	8,34	-9	1,42	-1,52	17,1971	17,1971	9,76	-10,52	13,389	-14,43
	2_3	8,67	-8,67	1,47	-1,47	10,4418	10,4418	10,14	-10,14	13,9095	-13,9095
	3_4	9	-8,34	1,52	-1,42	10,7480	10,7480	10,52	-9,76	14,43	-13,389
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,27	-11,86	1,91	-2,01	1,2911	1,2911	13,18	-13,87	18,0795	-19,026
	6_7	10,81	-10	1,83	-1,69	0,3718	0,3718	12,64	-11,69	17,3385	-16,035
1	1_2	8,34	-9	1,42	-1,52	19,3028	19,3028	9,76	-10,52	13,389	-14,43
	2_3	8,67	-8,67	1,47	-1,47	17,7644	17,7644	10,14	-10,14	13,9095	-13,9095
	3_4	9	-8,34	1,52	-1,42	18,6521	18,6521	10,52	-9,76	14,43	-13,389
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,27	-11,86	1,91	-2,01	2,2100	2,2100	13,18	-13,87	18,0795	-19,026
	6_7	10,81	-10	1,83	-1,69	0,3957	0,3957	12,64	-11,69	17,3385	-16,035
RDC	1_2	8,31	-9,03	3,74	-4,06	20,1658	20,1658	12,05	-13,09	16,8285	-18,2805
	2_3	8,67	-8,67	3,9	-3,9	17,5912	17,5912	12,57	-12,57	17,5545	-17,5545
	3_4	9,03	-8,31	4,06	-3,74	18,6430	18,6430	13,09	-12,05	18,2805	-16,8285
	4_5	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0	0	0	0
	5_6	11,23	-11,89	5,05	-5,35	3,2406	3,2406	16,28	-17,24	22,7355	-24,0765
	6_7	10,86	-9,95	4,89	-4,47	0,4251	0,4251	15,75	-14,42	21,996	-20,1375

Tableau VIII- 21 : superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique transversal (2-2) :

NIV	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1_2	8,6869	-7,1851	4,7531	-11,1189	11,2169	-10,6331	7,2831	-14,5669
	2_3	8,5998	-7,2722	8,1042	-7,7678	11,7478	-10,1122	11,2522	-10,6078
	3_4	9,0442	-6,8278	8,4278	-7,4442	12,3382	-9,5118	11,7218	-10,1282
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	9,2461	-11,7459	9,1699	-11,8221	12,7181	-16,1919	12,6419	-16,2681
	6_7	11,0051	-7,9389	10,9149	-8,0291	15,1351	-10,9549	15,0449	-11,0451
7	1_2	11,1067	-3,2293	1,6453	-12,6907	14,0507	-6,9093	4,5893	-16,3707
	2_3	8,0168	-6,3192	6,7832	-7,5528	11,4368	-9,5232	10,2032	-10,7568
	3_4	8,4786	-5,8574	6,9774	-7,3586	12,0506	-8,9094	10,5494	-10,4106
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	8,8751	-10,0849	8,6929	-10,2671	12,9311	-14,7889	12,7489	-14,9711
	6_7	9,5176	-7,5944	9,2984	-7,8136	13,8596	-11,1504	13,6404	-11,3696
6	1_2	13,9136	-0,4224	-0,5216	-14,8576	17,0076	-3,9524	2,5724	-18,3876
	2_3	8,1381	-6,1979	6,2459	-8,0901	11,4661	-9,4939	9,5739	-11,3861
	3_4	8,7635	-5,5725	6,4685	-7,8675	12,2875	-8,6725	9,9925	-10,9675
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	9,1877	-9,7723	8,9083	-10,0517	13,3697	-14,3503	13,0903	-14,6297
	6_7	9,2862	-7,8258	8,9538	-8,1582	13,4962	-11,5138	13,1638	-11,8462

Suite de tableau 21 :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
5	1_2	16,7486	2,6446	-3,4046	-17,5086	19,8266	-0,7934	-0,3266	-20,9466
	2_3	12,0005	-2,0955	2,0955	-12,0005	15,2525	-5,3475	5,3475	-15,2525
	3_4	12,6390	-1,4650	2,2250	-11,8790	16,0770	-4,5430	5,6630	-14,9570
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	9,7333	-8,9947	8,2827	-10,4453	13,8953	-13,4847	12,4447	-14,9353
	6_7	9,1413	-7,7387	8,6987	-8,1813	13,2613	-11,4187	12,8187	-11,8613
4	1_2	18,9919	4,8879	-5,6479	-19,7519	22,0699	1,4499	-2,5699	-23,1899
	2_3	16,7830	2,6870	-2,6870	-16,7830	20,0350	-0,5650	0,5650	-20,0350
	3_4	17,4236	3,3196	-2,5596	-16,6636	20,8616	0,2416	0,8784	-19,7416
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	10,3337	-8,3943	7,6823	-11,0457	14,4957	-12,8843	11,8443	-15,5357
	6_7	9,1876	-7,6924	8,6524	-8,2276	13,3076	-11,3724	12,7724	-11,9076
3	1_2	20,8464	6,7504	-7,3744	-21,4704	23,9604	3,3504	-4,2604	-24,8704
	2_3	13,5466	-0,5494	0,5494	-13,5466	16,7986	-3,8014	3,8014	-16,7986
	3_4	14,1036	0,0076	0,6164	-13,4796	17,5036	-3,1064	4,0164	-16,5936
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	9,8771	-8,8509	8,2829	-10,4451	14,0671	-13,3129	12,4729	-14,9071
	6_7	9,1325	-7,7395	8,5155	-8,3565	13,2085	-11,4615	12,5915	-12,0785

Suite de tableau 21 :

Niveau	Travée	0,8*G+E		0,8*G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
2	1_2	23,8691	9,9971	-10,5251	-24,3971	26,9571	6,6771	-7,4371	-27,7171
	2_3	17,3778	3,5058	-3,5058	-17,3778	20,5818	0,3018	-0,3018	-20,5818
	3_4	17,9480	4,0760	-3,5480	-17,4200	21,2680	0,9880	-0,2280	-20,5080
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	10,3071	-8,1969	7,7249	-10,7791	14,4711	-12,5789	11,8889	-15,1611
	6_7	9,0198	-7,6282	8,2762	-8,3718	13,0118	-11,3182	12,2682	-12,0618
1	1_2	25,9748	12,1028	-12,6308	-26,5028	29,0628	8,7828	-9,5428	-29,8228
	2_3	24,7004	10,8284	-10,8284	-24,7004	27,9044	7,6244	-7,6244	-27,9044
	3_4	25,8521	11,9801	-11,4521	-25,3241	29,1721	8,8921	-8,1321	-28,4121
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	11,2260	-7,2780	6,8060	-11,6980	15,3900	-11,6600	10,9700	-16,0800
	6_7	9,0437	-7,6043	8,2523	-8,3957	13,0357	-11,2943	12,2443	-12,0857
RDC	1_2	26,8138	12,9418	-13,5178	-27,3898	32,2158	7,0758	-8,1158	-33,2558
	2_3	24,5272	10,6552	-10,6552	-24,5272	30,1612	5,0212	-5,0212	-30,1612
	3_4	25,8670	11,9950	-11,4190	-25,2910	31,7330	6,5930	-5,5530	-30,6930
	4_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	5_6	12,2246	-6,2714	5,7434	-12,7526	19,5206	-13,9994	13,0394	-20,4806
	6_7	9,1131	-7,5349	8,2629	-8,3851	16,1751	-13,9949	15,3249	-14,8451

Tableau VIII-22 : superposition des efforts normaux et des moments dans les poteaux du portique transversal (2-2) :

Niveau	Poteau	G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
		Nc	Nc	NC(KN	Nc	Nc	Nc	Nc
8	1	15,29	0,85	-1,966867	16,14	21,9165	10,2651	14,1989
	2	28,77	2,22	1,7190371	30,99	42,1695	24,7350	21,2970
	3	27,21	2,07	-0,06038	29,28	39,8385	21,7076	21,8284
	4	15,81	0,9	0,3082103	16,71	22,6935	12,9562	12,3398
	5	18,4	1,17	-0,038086	19,57	26,595	14,6819	14,7581
	6	35,32	2,89	-0,007029	38,21	52,017	28,2490	28,2630
	7	16,87	1,02	0,045115	17,89	24,3045	13,5411	13,4509
7	1	30,15	2,2	0,2331328	32,35	44,0025	24,3531	23,8869
	2	54,86	5,48	7,1990371	60,34	82,281	51,0870	36,6890
	3	52,43	5,18	5,1196198	57,61	78,5505	47,0636	36,8244
	4	30,96	2,3	2,6082103	33,26	45,246	27,3762	22,1598
	5	36,27	2,85	2,811914	39,12	53,2395	31,8279	26,2041
	6	66,69	7,04	7,0329709	73,73	100,5915	60,3850	46,3190
	7	33,39	2,65	2,695115	36,04	49,0515	29,4071	24,0169
6	1	45,41	3,62	3,8531328	49,03	66,7335	40,1811	32,4749
	2	80,29	8,63	15,829037	88,92	121,3365	80,0610	48,4030
	3	77,77	8,31	13,42962	86,08	117,4545	75,6456	48,7864
	4	46,25	3,72	6,3282103	49,97	68,0175	43,3282	30,6718
	5	54,47	4,77	7,581914	59,24	80,6895	51,1579	35,9941
	6	97,37	11,07	18,102971	108,44	148,0545	95,9990	59,7930
	7	50,27	4,34	7,035115	54,61	74,3745	47,2511	33,1809

Suite de tableau 22 :

		G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
Niveau	poteau	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
5	1	63,12	5,03	-23,99178	68,15	92,757	26,5042	74,4878
	2	107,76	11,7	17,228565	119,46	163,026	103,4366	68,9794
	3	105,24	11,38	-0,650097	116,62	159,144	83,5419	84,8421
	4	63,96	5,13	7,4133095	69,09	94,041	58,5813	43,7547
	5	75,1	6,68	-0,994203	81,78	111,405	59,0858	61,0742
	6	130,04	15,02	0,4519672	145,06	198,084	104,4840	103,5800
	7	69,59	6,03	0,5422362	75,62	102,9915	56,2142	55,1298
4	1	80,83	6,44	-36,31169	87,27	118,7805	28,3523	100,9757
	2	135,23	14,77	19,813503	150	204,7155	127,9975	88,3705
	3	132,71	14,45	-0,906751	147,16	200,8335	105,2612	107,0748
	4	81,67	6,54	17,404938	88,21	120,0645	82,7409	47,9311
	5	95,73	8,59	-2,319865	104,32	142,1205	74,2641	78,9039
	6	162,71	18,97	1,510001	181,68	248,1135	131,6780	128,6580
	7	88,91	7,72	0,809864	96,63	131,6085	71,9379	70,3181
3	1	98,62	7,87	-50,4221	106,49	144,942	28,4739	129,3181
	2	162,61	17,82	27,425271	180,43	246,2535	157,5133	102,6627
	3	160,09	17,5	-1,15175	177,59	242,3715	126,9203	129,2237
	4	99,46	7,97	24,148583	107,43	146,226	103,7166	55,4194
	5	116,45	10,51	-3,116976	126,96	172,9725	90,0430	96,2770
	6	195,16	22,89	1,9986549	218,05	297,801	158,1267	154,1293
	7	108,34	9,43	1,1183212	117,77	160,404	87,7903	85,5537

Suite de tableau 22 :

Niveau	poteau	G	Q	E	G+Q	1,35G+1,5Q	0,8G+E	0,8G-E
		Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
2	1	119,2	9,29	-67,61924	128,49	174,855	27,7408	162,9792
	2	192,52	20,81	34,180574	213,33	291,117	188,1966	119,8354
	3	190	20,49	-1,457946	210,49	287,235	150,5421	153,4579
	4	120,04	9,39	34,896615	129,43	176,139	130,9286	61,1354
	5	139,96	12,42	-4,408069	152,38	207,576	107,5599	116,3761
	6	230,07	26,73	2,9179658	256,8	350,6895	186,9740	181,1380
	7	130,58	11,12	1,490103	141,7	192,963	105,9541	102,9739
1	1	139,78	10,71	-86,92203	150,49	204,768	24,9020	198,7460
	2	222,43	23,8	35,719005	246,23	335,9805	213,6630	142,2250
	3	219,91	23,48	-2,345656	243,39	332,0985	173,5823	178,2737
	4	140,62	10,81	53,548677	151,43	206,052	166,0447	58,9473
	5	163,47	14,33	-6,618116	177,8	242,1795	124,1579	137,3941
	6	264,98	30,57	4,7323194	295,55	403,578	216,7163	207,2517
	7	152,82	12,81	1,8857967	165,63	225,522	124,1418	120,3702
RDC	1	164,41	14,45	-107,0878	178,86	243,6285	24,4402	238,6158
	2	256,45	31,76	38,293621	288,21	393,8475	243,4536	166,8664
	3	253,93	31,44	-3,397475	285,37	389,9655	199,7465	206,5415
	4	165,25	14,55	72,191699	179,8	244,9125	204,3917	60,0083
	5	191,02	19,38	-9,858687	210,4	286,947	142,9573	162,6747
	6	304,05	40,81	7,547821	344,86	471,6825	250,7878	235,6922
	7	179,09	17,28	2,3108657	196,37	267,6915	145,5829	140,9611

Tableau VIII-23 : les moments de portique (2-2) :

Niveau	poteau	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Minf	Msup	Minf	M sup	Minf	Msup	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
8	1	0	1,53	0	0,15	0,0000	5,7132	1,6800	0,0	2,2905	0,0	6,9372	1,2	-4,4892	0,0
	2	0	0	0	0	0,0000	0,7683	0,0000	0,0	0,0000	0,0	0,7683	0,0	-0,7683	0,0
	3	0	0	0	0	0,0000	0,7683	0,0000	0,0	0,0000	0,0	0,7683	0,0	-0,7683	0,0
	4	0	-1,53	0	-0,15	0,0000	0,5713	-1,6800	0,0	-2,2905	0,0	-0,6527	-1,2	-1,7953	0,0
	5	0	3,19	0	0,32	0,0000	0,0939	3,5100	0,0	4,7865	0,0	2,6459	2,6	2,4581	0,0
	6	0	-0,5	0	-0,05	0,0000	0,131	-0,5500	0,0	-0,7500	0,0	-0,2690	-0,4	-0,5310	0,0
	7	0	-2,44	0	-0,25	0,0000	0,0982	-2,6900	0,0	-3,6690	0,0	-1,8538	-2,0	-2,0502	0,0
7	1	0,95	1,07	0,16	0,18	7,8318	9,5721	1,2500	1,1	1,7145	1,5	10,4281	8,7	-8,7161	-7,1
	2	0	0	0	0	1,1847	1,2834	0,0000	0,0	0,0000	0,0	1,2834	1,2	-1,2834	-1,2
	3	0	0	0	0	1,1847	1,2834	0,0000	0,0	0,0000	0,0	1,2834	1,2	-1,2834	-1,2
	4	-0,95	-1,07	-0,16	-0,18	0,7832	0,9572	-1,2500	-1,1	-1,7145	-1,5	0,1012	-0,1	-1,8132	-1,5
	5	1,89	2,14	0,32	0,36	0,1244	0,152	2,5000	2,2	3,4290	3,0	1,8640	1,8	1,5600	1,4
	6	-0,26	-0,3	-0,04	-0,05	0,1936	0,2273	-0,3500	-0,3	-0,4800	-0,4	-0,0127	0,0	-0,4673	-0,4
	7	-1,47	-1,66	-0,25	-0,28	0,1323	0,1618	-1,9400	-1,7	-2,6610	-2,4	-1,1662	-1,2	-1,4898	-1,3
6	1	0,86	1,58	0,15	0,27	11,596	13,0763	1,8500	1,0	2,5380	1,4	14,3403	12,9	-11,8123	-10,9
	2	0	0	0	0	1,7483	1,7483	0,0000	0,0	0,0000	0,0	1,7483	1,7	-1,7483	-1,7
	3	0	0	0	0	1,7483	1,7483	0,0000	0,0	0,0000	0,0	1,7483	1,7	-1,7483	-1,7
	4	-0,86	-1,58	-0,15	-0,27	1,1596	1,3076	-1,8500	-1,0	-2,5380	-1,4	0,0436	-0,1	-2,5716	-1,8
	5	1,67	3,09	0,28	0,52	0,176	0,2151	3,6100	2,0	4,9515	2,7	2,6871	2,6	2,2569	1,2
	6	-0,22	-0,41	-0,04	-0,07	0,2972	0,2972	-0,4800	-0,3	-0,6585	-0,4	-0,0308	0,0	-0,6252	-0,5
	7	-1,31	-2,42	-0,22	-0,41	0,1918	0,2251	-2,8300	-1,5	-3,8820	-2,1	-1,7109	-1,7	-2,1611	-1,2

Suite de tableau 23 :

Niveau	poteau	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Minf	Msup	Minf	M sup	Minf	Msup	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
5	1	1,3	1,3	0,22	0,22	13,9494	17,0492	1,5200	1,5200	2,0850	2,0850	18,0892	14,9894	-16,0092	-12,9094
	2	0	0	0	0	2,4285	2,4285	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,4285	2,4285	-2,4285	-2,4285
	3	0	0	0	0	24,2852	24,2852	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	24,2852	24,2852	-24,2852	-24,2852
	4	-1,3	-1,3	-0,22	-0,22	1,3949	1,7049	-1,5200	-1,5200	-2,0850	-2,0850	0,6649	0,3549	-2,7449	-2,4349
	5	2,51	2,51	0,43	0,43	1,9982	2,4423	2,9400	2,9400	4,0335	4,0335	4,4503	4,0062	-0,4343	0,0098
	6	-0,36	-0,36	-0,06	-0,06	0,3743	0,3743	-0,4200	-0,4200	-0,5760	-0,5760	0,0863	0,0863	-0,6623	-0,6623
	7	-1,98	-1,98	-0,34	-0,34	0,2157	0,2637	-2,3200	-2,3200	-3,1830	-3,1830	-1,3203	-1,3683	-1,8477	-1,7997
4	1	1,3	1,3	0,22	0,22	17,118	20,922	1,5200	1,5200	2,0850	2,0850	21,9620	18,1580	-19,8820	-16,0780
	2	0	0	0	0	2,9802	2,9802	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9802	2,9802	-2,9802	-2,9802
	3	0	0	0	0	29,6894	29,6894	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	29,6894	29,6894	-29,6894	-29,6894
	4	-1,3	-1,3	-0,22	-0,22	1,7118	2,0922	-1,5200	-1,5200	-2,0850	-2,0850	1,0522	0,6718	-3,1322	-2,7518
	5	2,51	2,51	0,43	0,43	2,4337	2,9746	2,9400	2,9400	4,0335	4,0335	4,9826	4,4417	-0,9666	-0,4257
	6	-0,36	-0,36	-0,06	-0,06	0,4593	0,4593	-0,4200	-0,4200	-0,5760	-0,5760	0,1713	0,1713	-0,7473	-0,7473
	7	-1,98	-1,98	-0,34	-0,34	0,2647	0,3236	-2,3200	-2,3200	-3,1830	-3,1830	-1,2604	-1,3193	-1,9076	-1,8487
3	1	1,06	1,81	0,18	0,31	22,6856	22,6856	2,1200	1,2400	2,9085	1,7010	24,1336	23,5336	-21,2376	-21,8376
	2	0	0	0	0	3,4861	3,4861	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,4861	3,4861	-3,4861	-3,4861
	3	0	0	0	0	3,4861	3,4861	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,4861	3,4861	-3,4861	-3,4861
	4	-1,06	-1,81	-0,18	-0,31	2,2686	2,2686	-2,1200	-1,2400	-2,9085	-1,7010	0,8206	1,4206	-3,7166	-3,1166
	5	2,01	3,43	0,34	0,58	0,3106	0,3233	4,0100	2,3500	5,5005	3,2235	3,0673	1,9186	2,4207	1,2974
	6	-0,3	-0,51	-0,05	-0,09	0,5324	0,5324	-0,6000	-0,3500	-0,8235	-0,4800	0,1244	0,2924	-0,9404	-0,7724
	7	-1,59	-2,72	-0,27	-0,46	0,3406	0,3406	-3,1800	-1,8600	-4,3620	-2,5515	-1,8354	-0,9314	-2,5166	-1,6126

Suite de tableau 23 :

Niveau	poteau	G		Q		E		G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E	
		Minf	Msup	Minf	M sup	Minf	Msup	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf	M sup	Minf
2	1	1,47	1,47	0,25	0,25	25,0507	25,0507	1,7200	1,7200	2,3595	2,3595	26,2267	26,2267	-23,8747	-23,8747
	2	0	0	0	0	4,224	4,224	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,2240	4,2240	-4,2240	-4,2240
	3	0	0	0	0	51,4548	51,4548	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	51,4548	51,4548	-51,4548	-51,4548
	4	-1,47	-1,47	-0,25	-0,25	2,5051	2,5051	-1,7200	-1,7200	-2,3595	-2,3595	1,3291	1,3291	-3,6811	-3,6811
	5	2,78	2,78	0,47	0,47	4,2984	4,2984	3,2500	3,2500	4,4580	4,4580	6,5224	6,5224	-2,0744	-2,0744
	6	-0,43	-0,43	-0,07	-0,07	0,6371	0,6371	-0,5000	-0,5000	-0,6855	-0,6855	0,2931	0,2931	-0,9811	-0,9811
	7	-2,21	-2,21	-0,37	-0,37	0,3837	0,3837	-2,5800	-2,5800	-3,5385	-3,5385	-1,3843	-1,3843	-2,1517	-2,1517
1	1	1,47	1,47	0,25	0,25	37,2912	30,511	1,7200	1,7200	2,3595	2,3595	31,6870	38,4672	-29,3350	-36,1152
	2	0	0	0	0	0,4693	0,4693	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4693	0,4693	-0,4693	-0,4693
	3	0	0	0	0	50,438	50,438	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	50,4380	50,4380	-50,4380	-50,4380
	4	-1,47	-1,47	-0,25	-0,25	3,0613	2,5047	-1,7200	-1,7200	-2,3595	-2,3595	1,3287	1,8853	-3,6807	-4,2373
	5	2,78	2,78	0,47	0,47	5,1918	3,9167	3,2500	3,2500	4,4580	4,4580	6,1407	7,4158	-1,6927	-2,9678
	6	-0,43	-0,43	-0,07	-0,07	0,736	0,6794	-0,5000	-0,5000	-0,6855	-0,6855	0,3354	0,3920	-1,0234	-1,0800
	7	-2,21	-2,21	-0,37	-0,37	0,5029	0,3495	-2,5800	-2,5800	-3,5385	-3,5385	-1,4185	-1,2651	-2,1175	-2,2709
RDC	1	1,64	1,19	0,74	0,53	51,8599	21,1822	1,7200	2,3800	2,4015	3,3240	22,1342	53,1719	-20,2302	-50,5479
	2	0	0	0	0	5,5977	3,5789	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,5789	5,5977	-3,5789	-5,5977
	3	0	0	0	0	79,8648	51,0611	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	51,0611	79,8648	-51,0611	-79,8648
	4	-1,64	-1,19	-0,74	-0,53	5,186	2,1182	-1,7200	-2,3800	-2,4015	-3,3240	1,1662	3,8740	-3,0702	-6,4980
	5	3,13	2,27	1,41	1,02	25,3342	7,1455	3,2900	4,5400	4,5945	6,3405	8,9615	27,8382	-5,3295	-22,8302
	6	-0,48	-0,35	-0,21	-0,16	1,0771	0,58	-0,5100	-0,6900	-0,7125	-0,9630	0,3000	0,6931	-0,8600	-1,4611
	7	-2,47	-1,79	-1,11	-0,81	1,0086	0,3362	-2,6000	-3,5800	-3,6315	-4,9995	-1,0958	-0,9674	-1,7682	-2,9846

Chapitre IX

Ferraillage de la structure

IX) Ferraillage de la structure :**IX -1)Ferraillage des portiques :****IX-1-1)Ferraillage des poutres :**

Le ferraillage des poutres sera déterminé en flexion simple, à l'état limite ultime (ELU), puis on procédera à une vérification à l'état limite de service (ELS).

Les aciers nécessaires pour le ferraillage des poutres seront déterminés en fonction des moments fléchissant maximums, qui seront donnés par les différentes combinaisons d'action ; respectivement en travées et aux appuis.

IX-1-1-2) Combinaisons d'actions :

En fonction du type de sollicitation, nous distinguons les différentes combinaisons suivantes :

- **Selon BAEL 91 :**

ELU : $1,35 G + 1,5 Q$

ELS : $G + Q$

- **Selon le R.P.A 99/version 2003 :**

$G + Q \pm E$ sur appuis supérieurs

$0.8G \pm E$ sur appuis inférieurs

IX 1-1-3) Recommandations du RPA 99 :**Armature longitudinales :(Art 7.5.2.1) :**

- Le pourcentage minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre est de 0,5% en toute section
 - Poutre principale de (30x40) : $A_{min} = 0,005 \times 30 \times 40 = 6 \text{ cm}^2$
 - Poutre secondaire de (30x35) : $A_{min} = 0,005 \times 30 \times 35 = 5,25 \text{ cm}^2$
- Le pourcentage maximum des aciers longitudinaux est de 4% en zone courante et de 6% en zone de recouvrement.
 - Poutres principales de (30x40) : $A_{max} = 0,04 \times 30 \times 40 = 48 \text{ cm}^2$ (en zone courante)
 $A_{max} = 0,06 \times 30 \times 40 = 72 \text{ cm}^2$ (en zone de recouvrement)
 - Poutres secondaire de (30x35) : $A_{max} = 0,04 \times 30 \times 35 = 42 \text{ cm}^2$ (en zone courante)

$$A_{max} = 0,06 \times 30 \times 35 = 63 \text{ cm}^2 \text{ (en zone de recouvrement)}$$

La longueur minimal de recouvrement est de :

- 40ϕ en zone I et II
- 50ϕ en zone III

Dans notre cas, la longueur minimum de recouvrement est donnée de 40ϕ (zone IIa)

❖ **Armatures transversales (Art 7.5.2.2) :**

- ✓ la quantité minimale des armatures transversales est donnée par

$$A_t = 0,003 \times S_t \times b$$

b : base de la poutre.

S_t : espacement entre des cadres.

- ✓ L'espacement maximum entre les armatures transversales est de :

$$S_t = \min \left(\frac{h}{4} ; 12\phi \right) \text{ en zone nodale.}$$

$$S_t \leq \frac{h}{4} \text{ en zone de recouvrement.}$$

Avec :

Φ_L : le plus petit diamètre utilisé pour les armatures longitudinales.

- ✓ Les premières armatures transversales doivent être disposées à 5 cm au plus du nu de l'appui ou de l'encastrement.

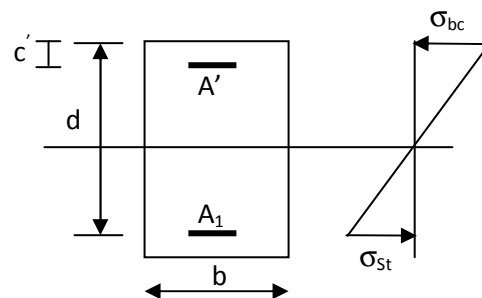
IX1-1-4) Etapes de calcul à L'ELU :**a) Armature longitudinales :**

Calcul de μ :

$$\mu = \frac{M}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}}$$

Si : $\mu \leq \mu_1 = 0.392$ la section est simplement armée.

$$A_s = \frac{M}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s}$$



Si $\mu > \mu_1 = 0.392$ la section est doublement armée c-à-d la section comprendra des aciers tendus ainsi que des aciers comprimés

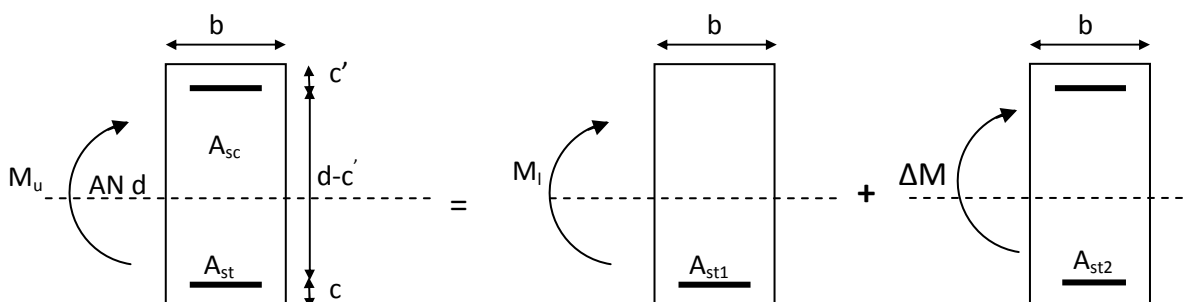


Fig. IX .1 : Ferrailage de la poutre

On calcule :
$$\begin{cases} M_r = \mu_l \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{bc} \\ \Delta M = M_u - M_r \end{cases}$$

Avec :

Mr : moment ultime pour une section simplement armée.

Mu : moment maximum à l'ELU dans les poutres.

- autres tendues : $A_{sl} = \frac{M_f}{\beta_r \cdot d \cdot \sigma_s} + \frac{\Delta M}{(d-c')\sigma_{st}}$
- Armatures comprimées : $A_{sc} = \frac{\Delta M}{(d-c')\sigma_{sc}}$
- Si $\frac{c'}{d} \leq 2\alpha - 1 \longrightarrow \sigma_{sc} = \sigma_{st}$

La section théorique totale :

$$A_{sc} = \frac{\Delta M}{(d-c')\sigma_{sc}}$$

$$A_{st} = A_{st1} + A_{st2}$$

$$A_{st} = A_{sc}$$

Remarque :

- En situation durable

$$\gamma_b = 1,5 \longrightarrow f_{bc} = 14,2 \text{ MPa.}$$

$$\gamma_s = 1,15 \longrightarrow \sigma_{st} = 348 \text{ MPa.}$$

- En situation accidentelle :

$$\gamma_b = 1,15 \qquad f_{bc} = 21,739 \text{ MPa.}$$

$$\gamma_s = 1 \longrightarrow \sigma_{st} = 400 \text{ MPa.}$$

b) Armatures transversales :

✓ **Diamètre des aciers transversaux (BAEL 99/Art A.7.2.2) :**

$$\varphi_t = \min \left(\varphi_t; \frac{h}{35}; \frac{b}{10} \right)$$

✓ **Espacement minimale (BAEL 99 /Art 5.1.1.1) :**

$$S_t \leq \min (0,9 d ; 40 \text{ cm})$$

IX 1.15) Vérifications :**A L'ELU :****a) Condition de non fragilité (BAEL 99/A.4.2) :**

$$A_s \geq A_{\min} = 0,23 \, bd \, \frac{f_{t28}}{f_e} \quad (\text{Armatures longitudinales})$$

b) Vérification de l'effort tranchant (Art A.5.211).

$$\tau_u = \frac{T_{u\max}}{bd} < \min \left[0,2 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} ; 5 \text{ MPa} \right] = 3,33 \text{ MPa} \quad \text{situation durable.}$$

$$\tau_u = \frac{T_{u\max}}{bd} < \min \left[0,2 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} ; 5 \text{ MPa} \right] = 5 \text{ MPa} \quad \text{situation accidentelle.}$$

c) Influence de l'effort tranchant aux appuis :**✓ Influence sur le béton (Art A.5.313) :**

$$V_u \leq 0,4 f_{c28} \frac{ad}{\gamma_d} \quad \text{avec } a = 0,9 d$$

✓ Influence sur les aciers (BAEL 99/Art A.5.1.321) :

$$A_s \geq \left[T_u + \frac{M_u \gamma_s}{0,9 d f_e} \right]$$

d) Vérification de la contrainte d'adhérence des aciers (BAEL 99/Art A 6.1.3) :

$$\bar{\tau}_{se} = \frac{T_u}{0,9 d \Sigma u} \leq \tau_{se} = \psi_s f_{t28}$$

e) Calcul la longueur de scellement (Art.6.1.23) :

$$L_s = \frac{\phi f_e}{4 \tau_{su}} \tau_{su} = 0,6 \psi_s^2 f_{t28}$$

a L'ELS :

a) Etat limite de compression du béton (BEAL 91/Art .A.4.5,2) :

On doit vérifier que :

$$\sigma_{bc} \leq \overline{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{\sigma_s}{k_1} \quad \text{ou} \quad \sigma_s = \frac{M_s}{d A B_1}$$

$k_1 ; B_1$ sont données par le tableau en fonction de $\rho_1 = \frac{100A}{bd}$

b) Etats limite d'ouvertures des fissures :

Il faut vérifier que $\sigma_s \leq \overline{\sigma}_s$

Dans notre cas la fissuration est peu nuisible, donc la vérification n'est pas nécessaire.

c) Etat de déformation (BAEL 91/Art .B.6.5 ,2) :

Le calcul de la flèche n'est pas nécessaire si toutes les conditions suivantes sont vérifiées

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10 M_0} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{A}{b.d} \leq \frac{4,2}{f_e} \dots\dots\dots(3)$$

Avec :

h : hauteur de la section droite

l : portée libre de la travée entre nus des appuis

d : hauteur utile de la section droite

M_t : Moment maximum isostatique.

A_s : section des armatures tendues.

f_e : limite d'élasticité de l'acier utilisé.

Si l'une des conditions n'est pas vérifiée, le calcul s'effectuera comme suit :

$$F_v = \frac{M_{ser} L^2}{10 E_v I_{fv}} \leq F = \frac{L}{500}$$

Avec :

$\overline{F}$: la flèche limite.

E_v : module de déformation différée ; $E_v = 3700 \sqrt[3]{f_{c28}}$

I_{fv} : inertie fictive de la section pour les déformations de la longue durée :

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

soit :

I_0 : moment d'inertie de la section total homogène avec (n= 15)

$$I_0 = \frac{bh^3}{12} + 15 \left[A_s \left(\frac{h}{2} + c \right)^2 + A_s' \left(\frac{h}{2} + c' \right)^2 \right]$$

μ : le coefficient de frottement :

$$\mu = \max \left[\frac{1,75 f_{t28}}{4 \rho \sigma_s + f_{t28}}, 0 \right]$$

On calcule le coefficient de déformation λ_v :

$$\lambda_v = \frac{0,02 f_{t28}}{5 \rho} \quad \text{ou} \quad \rho = \frac{A_s}{bd} ; \sigma_s = \frac{M_s}{d \cdot A_s \cdot B_1}$$

❖ Calcul des armatures transversales à L'ELU :

Tableaux IX-1 : ferrailage des poutres aux appuis des portiques transversal (poutre secondaire)

niveau	Appuis	Mu Kn.m	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
8	A	18,77	0,015	SSA	0,992	1,699	3T12	3,39
	B	15,96	0,044	SSA	0,978	1,465	3T12	3,39
	C	10,5	0,024	SSA	0,988	0,954	3T12	3,39
	D	12,79	0,027	SSA	0,986	1,165	3T12	3,39
	E	11,69	0,030	SSA	0,985	1,066	3T12	3,39
	F	10,015	0,022	SSA	0,989	0,909	3T12	3,39
	G	18,77	0,016	SSA	0,992	1,699	3T12	3,39
7	A	16,47	0,037	SSA	0,981	1,508	3T12	3,39
	B	9,72	0,022	SSA	0,989	0,883	3T12	3,39
	C	18,07	0,042	SSA	0,979	1,657	3T12	3,39
	D	25,39	0,058	SSA	0,97	2,351	3T12	3,39
	E	22,33	0,052	SSA	0,973	2,061	3T12	3,39
	F	18,47	0,042	SSA	0,979	1,694	3T12	3,39
	G	16,47	0,037	SSA	0,981	1,508	3T12	3,39
6	A	18,52	0,042	SSA	0,979	1,699	3T12	3,39
	B	8,47	0,019	SSA	0,99	0,768	3T12	3,39
	C	18,94	0,044	SSA	0,978	1,739	3T12	3,39
	D	27,56	0,063	SSA	0,967	2,559	3T12	3,39
	E	23,71	0,054	SSA	0,972	2,190	3T12	3,39
	F	18,76	0,043	SSA	0,978	1,723	3T12	3,39
	G	18,52	0,042	SSA	0,979	1,699	3T12	3,39
5	A	21,49	0,049	SSA	0,974	1,981	3T12	3,39
	B	8,15	0,018	SSA	0,991	0,739	3T12	3,39
	C	23,82	0,054	SSA	0,972	2,201	3T12	3,39
	D	28,59	0,065	SSA	0,966	2,658	3T12	3,39
	E	26,41	0,060	SSA	0,969	2,447	3T12	3,39
	F	21,59	0,050	SSA	0,974	1,991	3T12	3,39
	G	21,49	0,049	SSA	0,974	1,981	3T12	3,39

Suite de tableaux IX -1 :

niveau	Appuis	M _u (KN.m)	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
4	A	24,16	0,055	SSA	0,971	2,234	3T12	3,39
	B	8,15	0,018	SSA	0,991	0,739	3T12	3,39
	C	26,83	0,061	SSA	0,968	2,489	3T12	3,39
	D	30,67	0,070	SSA	0,964	2,857	3T12	3,39
	E	28,83	0,066	SSA	0,966	2,680	3T12	3,39
	F	24,14	0,055	SSA	0,971	2,232	3T12	3,39
	G	24,16	0,055	SSA	0,971	2,234	3T12	3,39
3	A	34,36	0,078	SSA	0,959	3,217	3T12	3,39
	B	15,83	0,036	SSA	0,982	1,448	3T12	3,39
	C	29,24	0,067	SSA	0,965	2,721	3T12	3,39
	D	32,72	0,075	SSA	0,96	3,061	3T12	3,39
	E	30,74	0,070	SSA	0,964	2,864	3T12	3,39
	F	26,2	0,060	SSA	0,969	2,428	3T12	3,39
	G	34,36	0,078	SSA	0,959	3,217	3T12	3,39
2	A	37,19	0,085	SSA	0,955	3,497	3T12+1T10	4,17
	B	15,32	0,035	SSA	0,982	1,401	3T12	3,39
	C	32,6	0,074	SSA	0,962	3,043	3T12	3,39
	D	34,35	0,078	SSA	0,959	3,216	3T12	3,39
	E	32,46	0,074	SSA	0,962	3,030	3T12	3,39
	F	28,31	0,064	SSA	0,967	2,629	3T12	3,39
	G	37,19	0,085	SSA	0,955	3,497	3T12+1T10	4,17
1	A	38,11	0,087	SSA	0,954	3,587	3T12+1T10	4,17
	B	15,32	0,035	SSA	0,982	1,401	3T12	3,39
	C	32,6	0,074	SSA	0,962	3,043	3T12	3,39
	D	34,35	0,078	SSA	0,959	3,216	3T12	3,39
	E	32,46	0,074	SSA	0,962	3,030	3T12	3,39
	F	28,31	0,064	SSA	0,967	2,629	3T12	3,39
	G	38,11	0,087	SSA	0,954	3,587	3T12+1T10	4,17
RDC	A	51,32	0,117	SSA	0,937	4,918	3T12+2T10	4,96
	B	9,69	0,022	SSA	0,989	0,880	3T12	3,39
	C	33,98	0,077	SSA	0,959	3,182	3T12	3,39
	D	36,44	0,084	SSA	0,956	3,423	3T12+1T10	4,17
	E	34,45	0,078	SSA	0,959	3,226	3T12	3,39
	F	31,37	0,072	SSA	0,963	2,925	3T12	3,39
	G	51,32	0,117	SSA	0,937	4,918	3T12+2T10	4,96

Tableaux IX-2 : Ferrailage des poutres aux travées (poutre secondaire) :

Niveau	travée	Mt	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
8	1-2	38,55	0,088	SSA	0,954	3,138	3T12	3,39
	2-3	43,49	0,099	SSA	0,948	3,563	3T12+1T12	4,17
	3-4	22,31	0,052	SSA	0,973	1,781	3T12	3,39
	4-5	42,13	0,096	SSA	0,949	3,448	3T12+1T12	4,17
	5-6	33,84	0,078	SSA	0,959	2,741	3T12	3,39
	6-7	16,95	0,038	SSA	0,981	1,342	3T12	3,39
7	1-2	26,63	0,061	SSA	0,968	2,137	3T12	3,39
	2-3	30,43	0,070	SSA	0,964	2,452	3T12	3,39
	3-4	37,12	0,085	SSA	0,955	3,019	3T12	3,39
	4-5	79,2	0,181	SSA	0,899	6,842	3T12+3T14	8,01
	5-6	61,61	0,141	SSA	0,923	5,184	3T12+3T14	8,01
	6-7	38,63	0,088	SSA	0,954	3,145	3T12	3,39
6	1-2	26,604	0,060	SSA	0,969	2,132	3T12	3,39
	2-3	29,4045	0,067	SSA	0,966	2,364	3T12	3,39
	3-4	36,7575	0,084	SSA	0,956	2,986	3T12	3,39
	4-5	79,7505	0,182	SSA	0,899	6,890	3T12+3T14	8,01
	5-6	60,456	0,138	SSA	0,925	5,076	3T12+3T14	8,01
	6-7	38,9025	0,090	SSA	0,953	3,170	3T12	3,39
5	1-2	25,99	0,060	SSA	0,969	2,083	3T12	3,39
	2-3	28,27	0,064	SSA	0,967	2,270	3T12	3,39
	3-4	35,42	0,081	SSA	0,957	2,874	3T12	3,39
	4-5	78,43	0,179	SSA	0,901	6,760	3T12+3T12	6,78
	5-6	58,98	0,135	SSA	0,927	4,941	3T12+3T12	6,78
	6-7	38,3	0,087	SSA	0,954	3,118	3T12	3,39

Suite de tableaux IX-2 :

Niveau	travée	Mt	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
4	1-2	25,9935	0,060	SSA	0,969	2,083	3T12	3,39
	2-3	28,2765	0,064	SSA	0,967	2,271	3T12	3,39
	3-4	35,4255	0,081	SSA	0,957	2,875	3T12	3,39
	4-5	78,4305	0,180	SSA	0,9	6,768	3T12+3T12	6,78
	5-6	58,9875	0,135	SSA	0,927	4,942	3T12+3T12	6,78
	6-7	38,3055	0,087	SSA	0,955	3,115	3T12	3,39
3	1-2	54,84	0,125	SSA	0,932	4,570	3T12+3T12	5,65
	2-3	57,1815	0,131	SSA	0,929	4,780	3T12+3T12	5,65
	3-4	36,5025	0,084	SSA	0,956	2,965	3T12	3,39
	4-5	78,825	0,180	SSA	0,9	6,802	3T12+3T14	8,01
	5-6	58,9605	0,136	SSA	0,926	4,945	3T12+2T12	5,65
	6-7	38,724	0,088	SSA	0,954	3,152	3T12	4,62
2	1-2	53,58	0,122	SSA	0,935	4,451	3T12+2T12	5,65
	2-3	55,42	0,127	SSA	0,931	4,623	3T12+2T12	5,65
	3-4	34,99	0,080	SSA	0,958	2,837	3T12	3,39
	4-5	58,63	0,134	SSA	0,928	4,907	3T12+2T12	5,65
	5-6	57,51	0,131	SSA	0,929	4,808	3T12+2T12	5,65
	6-7	37,93	0,086	SSA	0,955	3,085	3T12	3,39
1	1-2	53,58	0,122	SSA	0,935	4,451	3T12+2T12	5,65
	2-3	55,42	0,127	SSA	0,931	4,623	3T12+2T12	5,65
	3-4	34,99	0,080	SSA	0,958	2,837	3T12	3,39
	4-5	58,63	0,134	SSA	0,928	4,907	3T12+2T12	5,65
	5-6	57,51	0,131	SSA	0,929	4,808	3T12+2T12	5,65
	6-7	37,93	0,086	SSA	0,955	3,085	3T12	3,39
RDC	1-2	33,2	0,076	SSA	0,96	2,686	3T12	3,39
	2-3	35,15	0,080	SSA	0,958	2,850	3T12	3,39
	3-4	37,24	0,085	SSA	0,955	3,028	3T12	3,39
	4-5	63,62	0,145	SSA	0,921	5,365	3T12+2T12	5,65
	5-6	62,9	0,144	SSA	0,922	5,298	3T12+2T12	5,65
	6-7	48,55	0,112	SSA	0,94	4,011	3T12+1T10	4,17

Vérifications à l'ELU (selon le BAEL 99) :

a- Condition de non fragilité :

$$A_{\min} = 0,23 b d \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \cdot 32 \cdot 30 \cdot \frac{2,1}{400} = 1,159 \text{ cm}^2$$

$$A_u > A_{\min} \quad \text{Condition vérifiée}$$

b- Vérification des efforts tranchants aux appuis :

➤ **Influence sur le béton :**

$$V_u \leq 0,4 f_{c28} \frac{b a}{\gamma_b}$$

$$0,4 \cdot 25 \cdot \frac{30 \cdot (0,9 \cdot 32)}{1,5} = 567 \text{ kN}$$

$$V_u = 51,32 \text{ kN} < 567 \text{ kN} \quad \text{Condition vérifiée.}$$

➤ **Influence sur les armatures inférieures :**

$$V_u = 51,32 \text{ kN} \quad ; \quad M_u = 48,55 \text{ kN.m}$$

$$A_s \geq \frac{\gamma_s}{f_e} \left[T_u + \frac{M_u}{0,9 d} \right]$$

$$\left[51,32 + \frac{48,55}{0,9 \cdot 32} \right] \cdot \frac{1,15}{400} = 0,152 \text{ cm}^2 < 0,996 \text{ cm}^2 \quad \text{Condition vérifiée}$$

Donc aucune vérification n'est nécessaire pour les armatures inférieures.

c- Vérification de l'adhérence :

On doit vérifier que : $\tau_{se} \leq \bar{\tau}_{se}$

$$\tau_{se} = \frac{V_u}{0,9 d \sum u_i} \leq \bar{\tau}_{se} = \psi_s f_{t28} \quad \text{où } \psi_s = 1,5$$

$$\sum \mu_i = \pi \cdot 3 \cdot 1,2 = 11,304 \text{ cm}$$

$$\tau_{se} = \frac{51,32 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 320 \cdot 1130,4} = 0,157 \text{ MPa} < 1,5 \cdot 2,1 = 3,15 \text{ MPa} \quad \text{Condition vérifiée.}$$

d- Vérification de la contrainte de cisaillement :

On doit vérifier que :

$$\tau_u = \frac{V_u}{b d} \leq \bar{\tau}_u = \min\left(\frac{0,2 f_{c28}}{\gamma_b} ; 5 \text{ MPa}\right)$$

$$\bar{\tau}_u = 3,33 \text{ MPa} \quad (\text{Fissuration peu nuisible})$$

$$V_u = 51,32 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{51,32 \cdot 10}{30 \times 32} = 0,534 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u \quad \text{Condition vérifiée}$$

Vérifications (selon le RPA 99) :

Le pourcentage minimal des aciers dans la section de la poutre sur toute sa longueur est de 0,5 % de la section totale du béton.

$$A_{\min} \geq 0,5 \% b h = 5,25 \text{ cm}^2$$

$$A = 8,01 \text{ cm}^2 > A_{\min} \quad \text{Condition vérifiée.}$$

Le pourcentage maximum des armatures longitudinales est de :

4 % bh en zone courante.

6 % bh en zone de recouvrement.

- Zone courante :

$$A_{\max} = 0,04 \cdot (30 \cdot 35) = 42 \text{ cm}^2$$

$$A = 8,01 \text{ cm}^2 < A_{\max}$$

- Zone de recouvrement :

$$A_{\max} = 0,06 \cdot (30 \cdot 35) = 63 \text{ cm}^2$$

$$A = 8,01 \text{ cm}^2 < A_{\max}$$

Les deux conditions sont vérifiées

La longueur minimale de recouvrement est de 40ϕ (en zone II) :

$$\text{HA 12} \rightarrow l_r = 40 \cdot 1,2 = 48 \text{ cm}$$

❖ **Calcul des armatures transversales :**❖ **Détermination du diamètre ϕ_t :**

Le diamètre des armatures transversales ϕ_t sera déterminé en respectant la condition suivante :

$$\phi_t = \min\left(\frac{h}{35} ; \phi_l ; \frac{b}{10}\right)$$

$$\phi_t = \min(10 ; 12 ; 30) \text{ mm}$$

$$\text{avec } h = 35 ; \quad b = 30 \text{ cm} ; \quad \phi_l = 12 \text{ cm}$$

On prend $\phi_t = 8 \text{ mm}$

1 cadre HA 8**1 étrier HA 8**

L'espacement des armatures transversales doit être comme suit :

- Zone nodale :

$$S_t \leq \min\left(\frac{h}{4} ; 12 \phi_l\right)$$

$$S_t \leq \min(8,75 ; 14,4) \text{ cm}$$

On prend $S_t = 7 \text{ cm}$

- Zone courante :

$$S_t \leq \frac{h}{2}$$

$$S \leq 17,2 \text{ cm}$$

On prend $S_t = 15 \text{ cm}$

La section minimale d'armatures transversales est :

$$A_t = 0,003 S_t b$$

$$A_t = 4 \text{ HA } 8 = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{t \min} = 0,003 \cdot 15 \cdot 30 = 1,35 \text{ cm}^2 \text{ Condition vérifiée}$$

Vérification à L'ELS :**a- Etat limite de compression du béton :**

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

Tableau IX-3: Etat limite de compression du béton au niveau des appuis (portique 1-1) :

Niveau	Ms	As	p	B1	K1	σ_{st}	σ_{bc}	$\bar{\sigma}_{bc}$	OBS
8	15,96	1,695	0,176	0,931	57,46	316,05	5,5	15	CV
7	18,66	1,695	0,176	0,931	57,46	369,5	6,43	15	CV
6	21,4	1,695	0,176	0,931	57,46	423,78	7,37	15	CV
5	21,12	1,695	0,176	0,931	57,46	418,23	7,27	15	CV
4	21,12	1,695	0,176	0,931	57,46	418,23	7,27	15	CV
3	21,33	1,695	0,176	0,931	57,46	422,39	7,35	15	CV
2	21,01	2,08	0,216	0,925	51,67	341,24	6,60	15	CV
1	21,01	2,08	0,216	0,925	51,67	341,24	6,60	15	CV
RDC	22,74	2,48	0,216	0,925	51,67	369,34	7,14	15	CV

Tableau IX -4) : Etat limite de compression du béton en travée (portique 1-1) :

Niveau	Ms	As	p	B1	K1	σ_{st}	σ_{bc}	$\bar{\sigma}_{bc}$	OBS
8	30,89	2,08	0,216	0,925	51,67	501,72	9,39	15	CV
7	58,19	4,005	0,417	0,901	35,5	503,93	14,19	15	CV
6	58,59	4,005	0,417	0,901	35,5	507,39	14,3	15	CV
5	57,62	3,39	0,353	0,907	38,76	498,9	12,87	15	CV
4	57,62	3,39	0,353	0,907	38,76	498,9	12,87	15	CV
3	57,91	4,005	0,417	0,901	35,5	501,5	14,12	15	CV
2	43,08	2,82	0,293	0,916	44,52	521,11	11,70	15	CV
1	43,08	2,82	0,293	0,916	44,52	521,11	11,70	15	CV
RDC	46,66	2,82	0,293	0,916	44,52	521,11	11,70	15	CV

b- Etat limite de déformation (BAEL 91/Art B.6.5, 2) :

Si les conditions suivantes sont vérifiées le calcul de la flèche ne sera pas nécessaire

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10.M_0} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{A}{b.d} < \frac{4.2}{f_e} \dots\dots\dots(3)$$

Avec :

$M_t = 58,59 \text{ kN.m}$ (le moment max en travée)

$M_0 = \frac{(G+Q)L^2}{8} \Rightarrow M_0 = (17,56 + 5,04) \cdot \frac{5,1^2}{8} = 73,47 \text{ kN.m}$ (Le moment isostatique de la poutre)

$$\frac{35}{340} = 0,103 > \frac{1}{16} = 0,0625$$

$$\frac{35}{340} = 0,103 > \frac{58,59}{10 \cdot 73,47} = 0,079$$

$$\frac{4.2}{400} = 0,0105 > \frac{4,005}{30 \times 32} = 0,0042$$

Toutes les conditions sont vérifiées, le calcul de la flèche n'est pas nécessaire.

❖ Calcul des armatures longitudinales à L'ELU :

Tableaux IX -3 : ferrailage des poutres aux appuis des portiques longitudinales (poutre principale).

niveau	Appuis	Mu Kn,m	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
8	1	52,17	0,089	SSA	0,953	4,250	3T16	6,03
	2	80,73	0,138	SSA	0,925	6,770	3T16	6,03
	3	54,45	0,093	SSA	0,951	4,447	3T16	6,03
	4	29,2	0,050	SSA	0,974	2,328	3T16	6,03
	5	15,66	0,026	SSA	0,987	1,232	3T16	6,03
7	1	65,72	0,112	SSA	0,94	5,430	3T16	6,03
	2	69,02	0,118	SSA	0,937	5,721	3T16	6,03
	3	59,09	0,101	SSA	0,946	4,851	3T16	6,03
	4	33,76	0,058	SSA	0,97	2,703	3T16	6,03
	5	31,81	0,054	SSA	0,972	2,542	3T16	6,03
6	1	76,93	0,132	SSA	0,929	6,431	3T16+2T12	8,29
	2	75,58	0,129	SSA	0,93	6,312	3T16+2T12	8,29
	3	66,14	0,114	SSA	0,939	5,470	3T16+2T12	8,29
	4	41,35	0,070	SSA	0,964	3,331	3T16+2T12	8,29
	5	46,45	0,079	SSA	0,958	3,766	3T16+2T12	8,29
5	1	83,4	0,143	SSA	0,922	7,025	3T16+2T12	8,29
	2	79,62	0,136	SSA	0,927	6,671	3T16+2T12	8,29
	3	71,16	0,122	SSA	0,935	5,911	3T16+2T12	8,29
	4	50,22	0,086	SSA	0,955	4,084	3T16+2T12	8,29
	5	59,05	0,101	SSA	0,946	4,848	3T16+2T12	8,29

Suite de tableau IX-3) :

Niveau	appuis	M _u KN.m	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
4	1	88,13	0,015	SSA	0,992	6,900	3T16+2T12	8,29
	2	85,67	0,146	SSA	0,921	7,224	3T16+2T12	8,29
	3	76,87	0,131	SSA	0,929	6,426	3T16+2T12	8,29
	4	60,74	0,104	SSA	0,945	4,992	3T16+2T12	8,29
	5	70,24	0,120	SSA	0,936	5,828	3T16+2T12	8,29
3	1	100,06	0,171	SSA	0,905	8,587	3T16+3T14	10,65
	2	91,62	0,157	SSA	0,914	7,785	3T16+3T14	10,65
	3	83	0,142	SSA	0,923	6,984	3T16+3T14	10,65
	4	69,51	0,119	SSA	0,937	5,761	3T16+3T14	10,65
	5	82,72	0,141	SSA	0,923	6,960	3T16+3T14	10,65
2	1	105,7	0,181	SSA	0,957	8,578	3T16+3T14	10,65
	2	95,37	0,163	SSA	0,91	8,139	3T16+3T14	10,65
	3	87,36	0,149	SSA	0,918	7,391	3T16+3T14	10,65
	4	79,47	0,136	SSA	0,927	6,658	3T16+3T14	10,65
	5	92,45	0,158	SSA	0,914	7,856	3T16+3T14	10,65
1	1	107,6	0,184	SSA	0,898	9,306	3T16+3T14	10,65
	2	100,31	0,172	SSA	0,905	8,608	3T16+3T14	10,65
	3	92,46	0,158	SSA	0,914	7,856	3T16+3T14	10,65
	4	89,67	0,153	SSA	0,916	7,603	3T16+3T14	10,65
	5	100,61	0,172	SSA	0,905	8,634	3T16+3T14	10,65
RDC	1	112,66	0,194	SSA	0,891	9,820	3T16+3T14	10,65
	2	116,64	0,200	SSA	0,887	10,213	3T16+3T14	10,65
	3	108,92	0,186	SSA	0,896	9,441	3T16+3T14	10,65
	4	92,75	0,159	SSA	0,912	7,898	3T16+3T14	10,65
	5	107,82	0,184	SSA	0,898	9,325	3T16+3T14	10,65

Tableaux IX-4 : Ferrailage des poutres aux travées (poutre principale) :

Niveau	travée	Mu Kn.m	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
8	1-2	191,2	0,381	SSA	0,743	19,986	3HA25+2HA20	21,01
	2-3	196,53	0,337	SSA	0,785	19,444	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	69,915	0,120	SSA	0,936	5,801	3HA16	6,03
	4-5	54,765	0,094	SSA	0,951	4,472	3HA16	6,03
7	1-2	204,52	0,351	SSA	0,772	20,575	3HA25+2HA20	21,01
	2-3	199,255	0,342	SSA	0,781	19,814	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	61,49	0,105	SSA	0,944	5,059	3HA16	6,03
	4-5	55,561	0,095	SSA	0,949	4,547	3HA16	6,03
6	1-2	204,35	0,350	SSA	0,775	20,478	3HA25+2HA20	21,01
	2-3	201,615	0,346	SSA	0,777	20,152	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	58,507	0,100	SSA	0,947	4,798	3HA16	6,03
	4-5	57,026	0,098	SSA	0,948	4,672	3HA16	6,03
5	1-2	184,781	0,317	SSA	0,802	17,894	3HA20+3HA20	18,84
	2-3	197,615	0,339	SSA	0,783	19,601	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	54,691	0,094	SSA	0,951	4,466	3HA16	6,03
	4-5	55,429	0,095	SSA	0,949	4,536	3HA16	6,03

Suite de tableau IX-4 :

Niveau	travée	Mt	μ	obs	B	As (cm ²)	choix d'armatures	A adoptées
4	1-2	184,781	0,317	SSA	0,802	17,894	3HA20+3HA20	18,84
	2-3	197,615	0,339	SSA	0,783	19,601	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	54,691	0,094	SSA	0,951	4,466	3HA16	6,03
	4-5	55,429	0,095	SSA	0,949	4,536	3HA16	6,03
3	1-2	184,474	0,316	SSA	0,803	17,842	3HA20+3HA20	18,84
	2-3	199,476	0,342	SSA	0,781	19,836	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	54,136	0,093	SSA	0,951	4,421	3HA16	6,03
	4-5	56,643	0,097	SSA	0,948	4,640	3HA16	6,03
2	1-2	177,556	0,304	SSA	0,813	16,961	3HA20+3HA20	18,84
	2-3	194,668	0,334	SSA	0,788	19,186	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	51,265	0,088	SSA	0,954	4,173	3HA16	6,03
	4-5	54,792	0,094	SSA	0,951	4,475	3HA16	6,03
1	1-2	177,556	0,304	SSA	0,813	16,961	3HA20+3HA20	18,84
	2-3	194,668	0,334	SSA	0,788	19,186	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	51,265	0,088	SSA	0,954	4,173	3HA16	6,03
	4-5	54,792	0,094	SSA	0,951	4,475	3HA16	6,03
RDC	1-2	172,297	0,295	SSA	0,819	16,339	3HA20+3HA20	19,24
	2-3	196,5	0,337	SSA	0,739	20,651	3HA25+2HA20	21,01
	3-4	71,204	0,122	SSA	0,935	5,914	3HA16	6,03
	4-5	74,999	0,129	SSA	0,93	6,263	3HA16	6,03

Vérifications à l'ELU (selon le BAEL 99) :

a- Condition de non fragilité :

$$A_{\min} = 0,23 b d \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \cdot 37 \cdot 30 \cdot \frac{2,1}{400} = 1,340 \text{ cm}^2$$

$$A_u > A_{\min} \quad \text{Condition vérifiée}$$

b- Vérification des efforts tranchants aux appuis :

➤ **Influence sur le béton :**

$$V_u \leq 0,4 f_{c28} \frac{b a}{\gamma_b}$$

$$0,4 \cdot 25 \cdot \frac{30 \cdot (0,9 \cdot 37)}{1,5} = 666 \text{ kN}$$

$$V_u = 107,82 \text{ kN} < 666 \text{ kN} \quad \text{Condition vérifiée.}$$

➤ **Influence sur les armatures inférieures :**

$$V_u = 107,82 \text{ kN} \quad ; \quad M_u = 74,99 \text{ kN.m}$$

$$A_s \geq \frac{\gamma_s}{f_e} \left[T_u + \frac{M_u}{0,9 d} \right]$$

$$\left[107,82 + \frac{74,99}{0,9 \cdot 37} \right] \cdot \frac{1,15}{400} = 0,316 \text{ cm}^2 < 0,996 \text{ cm}^2 \quad \text{Condition vérifiée}$$

Donc aucune vérification n'est nécessaire pour les armatures inférieures.

c- Vérification de l'adhérence :

On doit vérifier que : $\tau_{se} \leq \bar{\tau}_{se}$

$$\tau_{se} = \frac{V_u}{0,9 d \sum u_i} \leq \bar{\tau}_{se} = \psi_s f_{t28} \quad \text{où } \psi_s = 1,5$$

$$\sum \mu_i = \pi \cdot 3 \cdot 1,2 = 11,304 \text{ cm}$$

$$\tau_{se} = \frac{107,82 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 370 \cdot 1130,4} = 0,286 \text{ MPa} < 1,5 \cdot 2,1 = 3,15 \text{ MPa} \quad \text{Condition vérifiée.}$$

d- Vérification de la contrainte de cisaillement :

On doit vérifier que :

$$\tau_u = \frac{V_u}{b d} \leq \bar{\tau}_u = \min\left(\frac{0,2 f_{c28}}{\gamma_b} ; 5 \text{ MPa}\right)$$

$$\bar{\tau}_u = 3,33 \text{ MPa} \quad (\text{Fissuration peu nuisible})$$

$$V_u = 107,82 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{107,82 \cdot 10}{30 \times 37} = 0,971 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u \quad \text{Condition vérifiée}$$

Vérifications (selon le RPA 99) :

Le pourcentage minimal des aciers dans la section de la poutre sur toute sa longueur est de 0,5 % de la section totale du béton.

$$A_{\min} \geq 0,5 \% b h = 6 \text{ cm}^2$$

$$A = 21,01 \text{ cm}^2 > A_{\min} \quad \text{Condition vérifiée.}$$

Le pourcentage maximum des armatures longitudinales est de :

4 % $b h$ en zone courante.

6 % $b h$ en zone de recouvrement.

- Zone courante :

$$A_{\max} = 0,04 \cdot (30 \cdot 40) = 48 \text{ cm}^2$$

$$A = 21,01 \text{ cm}^2 < A_{\max}$$

- Zone de recouvrement :

$$A_{\max} = 0,06 \cdot (30 \cdot 40) = 72 \text{ cm}^2$$

$$A = 21,01 \text{ cm}^2 < A_{\max}$$

Les deux conditions sont vérifiées

La longueur minimale de recouvrement est de 40ϕ (en zone II) :

$$\text{HA 25} \rightarrow l_r = 40 \cdot 2,5 = 100 \text{ cm}$$

$$\text{HA 16} \rightarrow l_r = 40 \cdot 1,6 = 64 \text{ cm}$$

❖ **Calcul des armatures transversales :**

❖ **Détermination du diamètre ϕ_t :**

Le diamètre des armatures transversales ϕ_t sera déterminé en respectant la condition suivante :

$$\phi_t = \min\left(\frac{h}{35} ; \phi_l ; \frac{b}{10}\right)$$

$$\phi_t = \min(10 ; 12 ; 30) \text{ mm}$$

On prend $\phi_t = 8 \text{ mm}$

1 cadre HA 8

1 étrier HA 8

L'espacement des armatures transversales doit être comme suit :

- Zone nodale :

$$S_t \leq \min\left(\frac{h}{4} ; 12 \phi_l\right)$$

$$S_t \leq \min(8,75 ; 14,4) \text{ cm}$$

On prend $S_t = 7 \text{ cm}$

- Zone courante :

$$S_t \leq \frac{h}{2}$$

$$S \leq 17,2 \text{ cm}$$

On prend $S_t = 15 \text{ cm}$

La section minimale d'armatures transversales est :

$$A_t = 0,003 S_t b$$

$$A_t = 4 \text{ HA } 8 = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{t \min} = 0,003 \cdot 15 \cdot 30 = 1,35 \text{ cm}^2 \text{ Condition vérifiée}$$

Vérification à L'ELS :**a- Etat limite de compression du béton :**

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

Tableau IX.5) Etats limite de compression du béton au niveau des appuis (portique F-F)

Niveau	Mas	As	p	B1	K1	σ_{st}	σ_{bc}	σ_{bc}	OBS
8	76,25	3,02	0,272	0,917	45,24	644,15	14,23	15	CV
7	57,87	3,02	0,272	0,917	45,24	644,15	14,23	15	CV
6	58	4,14	0,372	0,905	37,63	418,38	11,11	15	CV
5	55,67	4,14	0,372	0,905	37,63	418,38	11,11	15	CV
4	55,67	4,14	0,372	0,905	37,63	418,38	11,11	15	CV
3	55,88	5,32	0,479	0,895	32,62	317,19	9,72	15	CV
2	54,29	5,32	0,479	0,895	32,62	308,16	9,44	15	CV
1	54,29	5,32	0,479	0,895	32,62	308,16	9,44	15	CV
RDC	70,48	5,32	0,479	0,895	32,62	400	12,26	15	CV

Tableau IX.6) Etats limite de compression du béton en travée (portique F-F) :

Niveau	Mts	As	p	B1	K1	σ_{st}	σ_{bc}	σ_{bc}	OBS
8	110,48	10,5	0,945	0,863	21,5	320,52	14,9	15	CV
7	90,95	10,5	0,945	0,863	21,5	271,26	12,61	15	CV
6	91,17	10,5	0,945	0,863	21,5	271,92	12,64	15	CV
5	88,82	10,5	0,945	0,863	21,5	264,91	12,32	15	CV
4	88,67	10,5	0,945	0,863	21,5	264,46	12,3	15	CV
3	89,21	10,5	0,945	0,863	21,5	266,07	12,37	15	CV
2	86,6	10,5	0,945	0,863	21,5	258,29	12,01	15	CV
1	86,64	10,5	0,945	0,863	21,5	258,41	12,01	15	CV
RDC	85,96	10,5	0,945	0,863	21,5	256,38	11,92	15	CV

b- Etat limite de déformation (BAEL 91/Art B.6.5, 2) :

Si les conditions suivantes sont vérifiées le calcul de la flèche ne sera pas nécessaire

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10.M_0} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{A}{b.d} < \frac{4.2}{f_e} \dots\dots\dots(3)$$

Avec :

$M_t = 110,48 \text{ kN.m}$ (le moment max en travée)

$M_0 = \frac{(G+Q)L^2}{8} \Rightarrow M_0 = (37,51+5,95) \cdot \frac{5,6^2}{8} = 170,36 \text{ kN.m}$ (Le moment isostatique de la poutre)

$$\frac{40}{560} = 0,0714 > \frac{1}{16} = 0,0625$$

$$\frac{40}{560} = 0,0714 > \frac{110,48}{10 \cdot 1,17} = 0,0648$$

$$\frac{4.2}{400} = 0,0105 > \frac{10,5}{30 \times 37} = 0,0094$$

Toutes les conditions sont vérifiées, le calcul de la flèche n'est pas nécessaire.

Disposition des armatures :

Lors de la détermination de la longueur des chapeaux, il y'a lieu d'observer les recommandations qui stipulent que la longueur des chapeaux à partir des nus d'appuis doit être au moins égale à :

- $\frac{1}{5}$ de la plus grande portée des deux travées encadrant l'appui considéré s'il s'agit d'un appui N'appartenant pas à une travée de rive.
- $\frac{l}{4}$ de la plus grande portée des deux travées encadrant l'appui considéré s'il s'agit d'un appui Intermédiaire voisin d'un appui de rive.
- La moitié au moins de la section des armatures inférieures nécessaire en travée est prolongée jusqu' aux appuis et les armatures de second lit sont arrêtées à une distance des Appuis au plus égale à $\frac{l}{10}$ de la portée.

IX.2) Ferrailage des poteaux :**Introduction :**

Les poteaux seront calculés en flexion composée dans les deux sens suivant les combinaisons les plus défavorables, puis on procédera à une vérification à l'état limite de service (ELS).

Les aciers et le béton sont justifiés en considérant les combinaisons suivantes :

- $1,35G + 1,5Q$ (à L'ELU)
- $G + Q$ (à L'ELS)
- $G + Q \pm E$ (RPA 99)

Le calcul se fera dans les deux directions principales sous les sollicitations suivantes :

- Effort normal maximal avec son moment correspondant. $\Rightarrow (N_{\max} ; M_{\text{cor}})$
- Effort normal minimal avec son moment correspondant. $\Rightarrow (N_{\min} ; M_{\text{cor}})$
- Moment maximal avec son effort normal correspondant. $\Rightarrow (M_{\max} ; N_{\text{cor}})$

Ensuite, on effectuera la vérification à l'état limite ultime, à l'état limite de service et au RPA 99/2003.

IX.2.1) Recommandation du RPA 99/2003 :

Les armatures longitudinales doivent être de haute adhérence (**HA**), droites et sans crochets.
En zone (II a),

- le pourcentage minimal des armatures longitudinales est de 0,8 % de la section totale du béton.

Pour notre cas :

Pour les niveaux (RDC, 1 et 2) $A_{\min} = 0,008 \times (40 \times 40) = 12,8 \text{ cm}^2$

Pour les niveaux (3, 4 et 5) $A_{\min} = 0,008 \times (35 \times 35) = 9,8 \text{ cm}^2$

Pour les niveaux (6, 7 et 8) $A_{\min} = 0,008 \times (30 \times 30) = 7,2 \text{ cm}^2$

- Le pourcentage maximal des armatures longitudinales est de
 - 4 % dans la zone courante.
 - 6 % dans la zone de recouvrement.

✓ Zone courante :

Pour les niveaux (RDC, 1 et 2) $A_{\max} = 0,04 \times (40 \times 40) = 64 \text{ cm}^2$

Pour les niveaux (3, 4 et 5) $A_{\max} = 0,04 \times (35 \times 35) = 49 \text{ cm}^2$

Pour les niveaux (6, 7 et 8) $A_{\max} = 0,04 \times (30 \times 30) = 36 \text{ cm}^2$

✓ **Zone recouvrement :**

Pour les niveaux (RDC, 1 et 2) $A_{\max} = 0,06 \times (40 \times 40) = 96 \text{ cm}^2$
 Pour les niveaux (3, 4 et 5) $A_{\max} = 0,06 \times (35 \times 35) = 73,5 \text{ cm}^2$
 Pour les niveaux (6, 7 et 8) $A_{\max} = 0,06 \times (30 \times 30) = 54 \text{ cm}^2$

Le diamètre minimal des armatures longitudinales est 12 mm

La longueur minimale de recouvrement est de $40f$ en zone (II a)

L'espacement S_t des armatures transversales est donné par :

- $S_t \leq \min (15 \text{ cm} ; 10 \phi_l)$ en zone nodale.

$S_t \leq 15 \phi_l$ en zone courante.

ϕ_l est le diamètre minimal des armatures longitudinales du poteau.

IX.2.3 Détermination des armatures longitudinales :

Pour la détermination des armatures longitudinales, deux cas se présentent :

$e_u = \frac{M_u}{N_u} > \left(\frac{h}{2} - c \right) \Rightarrow$ la section est partiellement comprimée.

$e_u = \frac{M_u}{N_u} < \left(\frac{h}{2} - c \right) \Rightarrow$ on vérifie en plus l'inégalité suivante :

$$Y = N_u (d - c') - M_f \leq X = (0,337 h - 0,81 c') b h f_{bc} \dots\dots\dots(1)$$

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

Si l'inégalité (1) est vérifiée ; alors la section est partiellement comprimée et le calcul s'effectuera en flexion simple, puis en se ramène à la flexion composée.

a- Flexion simple :

On calcule :

$$\mu_f = \frac{M_f}{b d^2 f_{bc}}$$

1^{er} cas :

$\mu < \mu_l = 0,392 \Rightarrow$ **La section est simplement armée.**

$$\Rightarrow A_f = \frac{M_f}{\beta d \sigma_{st}}$$

2^{ème} cas :

$\mu > \mu_l = 0,392 \Rightarrow$ **La section est doublement armée.**

$$\Rightarrow A_{st} = A_{st1} + A_{st2}$$

$$A_{st1} = \frac{M_r}{\beta_l d \sigma_{st}} \quad \text{Où} \quad M_r = \mu_l b d^2 f_{bc}$$

$$A_{st2} = \frac{\Delta M}{(d - c') \sigma_{st}} = \frac{M_f - M_r}{(d - c') \sigma_{st}}$$

A_{st} : Section d'armatures tendues.

$\beta_l ; \mu_l$: Sont données par le tableau (état limite ultime de résistance).

b- flexion composée :**1^{er} cas :**

$\mu < \mu_l = 392 \Rightarrow$ **la section est simplement armée.**

$$\Rightarrow A_{st} = \frac{M_f}{\beta d \sigma_{st}} - \frac{N_u}{\sigma_{st}}$$

$$A_{sc} = 0$$

2^{ème} cas :

$\mu > \mu_l \Rightarrow$ **la section est doublement armée ($A'_{st} \neq 0$)**

$$\Rightarrow A_f = \frac{M_r}{\beta_r d \sigma_{st}} + \frac{\Delta M}{(d - c') \sigma_{st}}$$

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

$$A'_{st} = A_{st2} = \frac{\Delta M}{(d - c') \sigma_{st}}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{sc} = \frac{f_e}{\gamma_s} \quad \text{Si} \quad \frac{c'}{d} \leq (1 - 2\alpha_r)$$

Si l'inégalité (1) n'est pas vérifiée, alors la section est entièrement comprimée et on passe à la vérification de l'inégalité suivante.

$$Y = N_u (d - c') - M_f \geq Z = (0,5h - c') b h f_{bc} \dots\dots\dots (2)$$

Si cette dernière n'est pas vérifiée, la section n'a pas besoin d'armatures inférieures.

$$A_1 = \frac{N_u - \psi_s b h f_{bc}}{\sigma_{s1}}$$

$$A_2 = 0$$

$$\psi_s = \frac{0,3571 + \frac{N_u(d-c) - M_f}{b h^2 f_{bc}}}{0,8571 - \frac{c'}{h}}$$

Condition sur σ_{s1} :

La déformation de l'acier :

$$1000 \xi_{s1} = 2 + \left(3,437 - 0,019 \frac{c'}{h} \right) \sqrt{1 - \psi_s}$$

$$\xi_l = \frac{\sigma_s}{E} \Rightarrow (\text{Loi de Hook})$$

$$\text{Si : } \xi_{s1} > \xi_l \Rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_s$$

$$\text{Si : } \xi_{s1} < \xi_l \Rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_s \cdot \xi_{s1}$$

Si l'inégalité (2) est vérifiée, la section a besoin d'armatures inférieures (comprimées) et on aura :

$$A_1 = \frac{M_f - (d - 0,5h) b h f_{bc}}{\sigma_s}$$

$$A_2 = \frac{N_u - b h f_{bc}}{\sigma_s} - A_1$$

Si $e_u = \frac{M_u}{N_u} = 0$ on se ramène à l'étude d'une section rectangulaire soumise à la compression pure.

IX- 3) Vérifications à l'ELU :**a- Condition de non fragilité :**

$$A \geq A_{\min} = 0,23 b d \frac{f_{t28}}{f_e} \left[\frac{e_s - 0,445 d}{e_s - 0,185 d} \right]$$

b- longueur d'ancrage (BAEL91/Art A.6.1, 23) :

$$l_s = \frac{\phi f_e}{4(0,6\psi_s^2 f_{t28})}$$

Avec l_s : Longueur de scellement.

ϕ : Diamètre de la barre.

f_e : Limite élasticité des aciers.

ψ_s : Coefficient de scellement des barres.

$\psi_s = 1$ (pour les aciers ronds lisses)

$\psi_s = 1,5$ (pour les aciers hauts adhérence)

f_{t28} : Résistance caractéristique du béton à la traction.

c- Armatures transversales (BAEL 91/Art A.8.1, 3) :

Le diamètre minimale des armatures transversales doit tel que : $\phi_t \geq \frac{\phi_l}{3}$

IX-4) Vérifications à l'ELS :**a) Vérifications des contraintes dans le béton :**

En flexion composée, la vérification à l'ELS se fait suivant deux cas :

1^{er} cas :

$$e_s = \frac{M_s}{N_s} < \frac{h}{6} \Rightarrow \text{la section est entièrement comprimée.}$$

On doit avoir :

$$\sigma_{b1} = \frac{N_s}{B_0} + \frac{M_s V'}{I} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28}$$

$$\sigma_{b2} = \frac{N_s}{B_0} + \frac{M_s V}{I} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28}$$

$$\text{où } B_0 = bh + 15(A_s + A'_s)$$

$$V' = \frac{1}{B_0} \left[\frac{bh^2}{2} + 15(c' A'_s + d A_s) \right] \Rightarrow V = h - V'$$

$$I = \frac{b}{3} (V'^3 - V^3) + 15[A'_s (V' - c')^2 + A_s (V - c)^2]$$

2^{ème} cas :

$$e_s = \frac{M_s}{N_s} > \frac{h}{6} \Rightarrow \text{la section est partiellement comprimée.}$$

On doit vérifier la contrainte suivante :

$$\sigma_b = k y_{ser} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 15 \text{ MPa} \quad \text{où } k = \frac{N_{ser}}{S_{xx'}}$$

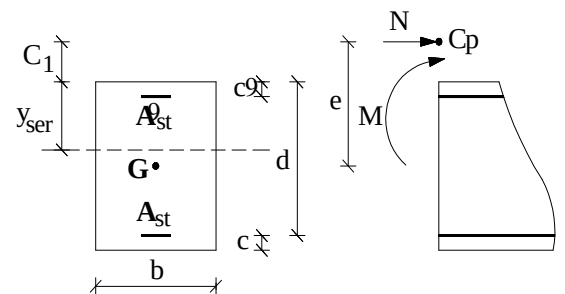
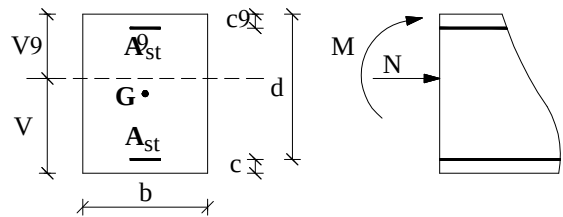
$$S_{xx'} = \frac{b y_{ser}}{3} + 15[A_s (d - y_{ser}) + A'_s (y_{ser} - c')]$$

$$y_{ser} = y_c + c_1 \quad \text{et} \quad c_1 = d - e_s$$

c_1 : sera considéré comme positif s'il tombe à l'intérieur de la section.

c_1 : sera considéré négatif si c_1 tombe à l'extérieur de la section.

y_c : sera obtenu par résolution de l'équation de 3^{ème} degré.



$$y_c^3 + p y_c + q = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$p = -3c_1^2 - \frac{90 A_s' (c_1 - c')}{b} + 90 \frac{A_s}{b} (d - c_1)$$

$$q = -2c_1^3 - \frac{90 A_s' (c_1 - c')^2}{b} - 90 \frac{A_s (d - c_1)^2}{b}$$

$$\text{On calcul : } \Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27}$$

$$\text{Si : } \Delta \geq 0 \rightarrow t = 0,50(\sqrt{\Delta} - q) ; u = \sqrt[3]{t} ; y_c = u - \frac{p}{3u}$$

$$\text{Si : } \Delta < 0 \rightarrow \phi = \text{Arc cos} \left(\frac{3q}{p} \sqrt{\frac{-3}{p}} \right) ; a = 2\sqrt{\frac{-p}{3}}$$

$$y_{c1} = a \cdot \cos\left(\frac{\phi}{3}\right) y_{c2} = a \cdot \cos\left(\frac{\phi}{3} + 120^\circ\right) y_{c3} = a \cdot \cos\left(\frac{\phi}{3} + 240^\circ\right)$$

On tiendra pour y_c la valeur positif ayant un sens physique tel que : $0 < Y_{ser} = y_c + c_1 < h$

IX -5) Ferrailage des poteaux :

➤ Sens transversale :

Niveau	Section (cm ²)	Sollicitations	N (kN)	M (kN.m)	e (cm)	Mf (KN.m)	$(0,337 \cdot h - 0,81 \cdot c) \cdot b \cdot h \cdot f_{bc}$	N(d-c')-Mf	nature	μ	B	A _f (cm ²)	As (cm ²)	Choix	Sections adoptées (cm ²)
De6au8	30x30	Nmax-Mcor	233,05	2,72	1,167	30,68	78,312	25,252	SPC	0,123	0,934	3,495	3,394	4HA12	4,52
		Nmin - Mcor	38,3	5,43	14,178	10,03		0,838	SPC	0,040	0,98	1,089	1,088		
		Mmax-Ncor	120,86	10,53	8,713	25,03		3,976	SPC	0,101	0,946	2,815	2,814		
De3au5	35x35	Nmax-Mcor	510,96	3,32	0,650	77,4	129,979	70,77	SPC	0,190	0,894	7,774	7,772	6HA14	9,23
		Nmin - Mcor	133,79	3,37	2,519	22,76		16,04	SPC	0,056	0,971	2,104	2,103		
		Mmax-Ncor	288,47	18,28	6,337	60,1		23,55	SPC	0,148	0,919	5,872	5,871		
RDC au 2	40x40	Nmax-Mcor	781,99	2,44	0,312	135,37	200,314	130,5	SPC	0,218	0,876	12	11,99	6HA16	12,31
		Nmin - Mcor	288,03	4	1,389	52,96		44,97	SPC	0,085	0,955	4,306	4,305		
		Mmax-Ncor	414,11	29,84	7,206	100,23		40,567	SPC	0,162	0,911	8,544	8,542		

➤ Sens longitudinale :

Niveau	Section (cm ²)	Sollicitations	N (kN)	M (kN.m)	e (cm)	Mf (KN.m)	$(0,337 \cdot h - 0,81 \cdot c) \cdot b \cdot h \cdot f_{bc}$	N(d-c')-Mf	nature	μ	B	Z	A _f (cm ²)	As (cm ²)	Choix	Sections adoptées (cm ²)
De6au8	30x30	Nmax-Mcor	734,64	1,65	0,224	89,8	78,312	86,51	SEC			122,36		-3,64	0	4,52
		Nmin - Mcor	59,69	-8,95	14,99	-1,78		12,54	SPC	0,007	0,996		1,961	0,245		
		Mmax-Ncor	524,18	16,4	3,12	79,3		46,5	SPC	0,32	0,8		10,54	-4,52		
De3au5	35x35	Nmax-Mcor	1421,3	4,22	0,296	174,77	129,98	166,33	SEC			201,24		-2,87	0	9,23
		Nmin - Mcor	245,47	-7,66	3,12	37,11		21,8	SPC	0,091	0,952		3,5	-3,55		
		Mmax-Ncor	998,24	20,05	2	139,83		99,74	SPC	0,344	0,779		16,11	-12,5		
RDC au 2	40x40	Nmax-Mcor	2139,6	17,31	0,809	274,06	200,31	239,45	SEC			308,17		-3,94	0	12,06
		Nmin - Mcor	441,84	-8,46	1,914	61,48		44,56	SPC	0,099	0,947		5,04	-7,65		
		Mmax-Ncor	1429,3	17,97	1,257	189,48		135,55	SPC	0,305	0,811		18,14	-22,6		

IX -6 vérification à L'ELU :

- **Longueur d'ancrage (BAEL91/Art A.6.1, 23) :**

$$l_s = \frac{\phi f_e}{4(0,6\psi_s^2 f_{t28})}$$

Pour HA 12 $l_s = \frac{1,2 \cdot 400}{4(0,6 \cdot 0,2 \cdot 1,1 \cdot 1,5^2)} = 42,32 \text{ cm}$

Pour HA 14 $l_s = \frac{1,4 \cdot 400}{4(0,6 \cdot 0,2 \cdot 1,1 \cdot 1,5^2)} = 49,38 \text{ cm}$

- **Armatures transversales(BAEL 91/Art A.8.1, 3) :**

Le diamètre minimale des armatures transversales doit tel que : $\phi_t \geq \frac{\phi_l}{3}$

Φ_l : diamètre maximal des armatures longitudinal.

$$\Phi_t = \frac{14}{3} = 4,67 \text{ on prend } \Phi_t = 8 \text{ mm}$$

Soient de cadres HA 8 = 2,01 cm²

L'espacement des cadres s'effectuer sur deux zones :

- Zone nodale :

$$S_t \leq \min (10 \Phi_l ; 15 \text{ cm})$$

$$S_t \leq \min (10 \cdot 1,2 ; 15 \text{ cm})$$

$$S_t = 10 \text{ cm}$$

- Zone courante :

$$S_t \leq 15 \Phi_l$$

$$S_t \leq 15 \cdot 1,2 = 18 \text{ cm}$$

$$S_t = 15 \text{ cm}$$

IX – 7) vérification à L'ELS :

Etat limite de compression du béton : (BAEL 91/ Art B .6.5.1) :

Niveau	Section (cm ²)	Sollicitations	Ns (kN)	Ms (kN.m)	es (m)	nature	A1=A2 (cm ²)	σ_{sup} (MPa)	σ_{inf} (MPa)	σ_b (MPa)	OBS
Zone I	30x30	Nmax- Mcor	171,32	2	0,012	SEC	4,525	1,807	1,807	15	vérifiée
		Nmin-Mcor	14,88	1,85	0,124	SPC	4,525	3,283	0,145		vérifiée
		Mmax- Ncor	65,05	4,65	0,071	SEC	4,525	0,984	0,984		vérifiée
Zone II	35x35	Nmax- Mcor	375,71	2,44	0,006	SEC	5,335	2,82	2,801		vérifiée
		Nmin-Mcor	93,34	3,79	0,041	SEC	5,335	0,841	0,812		vérifiée
		Mmax- Ncor	150,17	5,21	0,035	SEC	5,335	1,314	1,274		vérifiée
Zone III	40x40	Nmax- Mcor	575,06	2,47	0,004	SEC	6,155	3,291	3,291		vérifiée
		Nmin-Mcor	181,47	4,24	0,023	SEC	6,155	1,136	1,136		vérifiée
		Mmax- Ncor	253,71	6,12	0,024	SEC	6,155	1,033	1,033		vérifiée

IX-1-2-4) Calcul des armatures transversales :

Les armatures transversales sont disposées de manière à empêcher tout mouvement des aciers longitudinaux vers les parois du poteau, leur but essentiel :

- Reprendre les efforts tranchants sollicitant les poteaux aux cisaillements.
- Empêcher le déplacement transversal du béton.

➤ **Le diamètre des armatures transversales :**

D'après le [BAEL 91] Le diamètre des armatures transversales est au moins égal à la valeur normalisée la plus proche du tiers du diamètre des armatures longitudinales qu'elles maintiennent

$$\phi_t = \frac{\phi_l}{3} = \frac{14}{3} = 4,67 \text{ mm} \quad \text{soit } \phi_t = 8 \text{ mm}$$

ϕ_t : Le plus grand diamètre des armatures longitudinales.

➤ **Espacement des armatures transversales :**

Selon le RPA la valeur maximale de l'espacement « S_t » des armatures transversales est fixée comme suite :

• **En zone nodale :**

$$S_t \leq \min (10\phi_l^{\min}, 15 \text{ cm})$$

$$\text{Pour } \phi_l^{\min} = 12 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad S_t \leq \min \left\{ 12, 15 \text{ cm} \right\} \text{ soit : } S_t = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Pour } \phi_l^{\min} = 14 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad S_t \leq \min \left\{ 14, 15 \text{ cm} \right\} \text{ soit : } S_t = 10 \text{ cm}$$

• **En zone courante :**

$$S_t \leq 15\phi_l^{\min}$$

$$\text{Pour } \phi_l^{\min} = 12 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad S_t \leq 18 \text{ cm} \text{ soit : } S_t = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Pour } \phi_l^{\min} = 14 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad S_t \leq 21 \text{ cm} \text{ soit : } S_t = 15 \text{ cm}$$

Φ_1 : diamètre minimal des armatures longitudinal du poteaux.

❖ **Longueur de recouvrement :**

$$L_r = 40 \phi_{\max} = 40 \times 1,4 = 56 \text{ cm}$$

$$L_r = 40 \phi_{\max} = 40 \times 1,2 = 48 \text{ cm}$$

❖ **Le pourcentage maximal des armatures longitudinales :**

- dans la zone courante.

$$A = 12,31 \text{ cm}^2 < A_{\max} = 0,04 \times 40 \times 40 = 64 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée.}$$

- Dans la zone nodale :

$$A = 24,62 \text{ cm}^2 < A_{\max} = 0,06 \times 40 \times 40 = 96 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée.}$$

➤ **Vérification de la quantité minimale d'armatures transversales :**

La quantité minimale d'armatures transversales est donnée comme suite :

-Si: $\lambda_g \geq 5$ $A_t^{\min} = 0,3\% S_t \times b_1$

-Si: $\lambda_g \geq 3$ $A_t^{\min} = 0,8\% S_t \times b_1$

-Si : $3 \leq \lambda_g \leq 5$ Interpoler entre les deux valeurs précédentes.

Avec :

λ_g : L'élancement géométrique du poteau

a et b : Dimensions de la section droite du poteau dans la direction de déformation considérée, et l_f longueur de flambement du poteau.

b_1 : Dimension de la section droite du poteau dans la direction considérée.

$$\lambda_g = \frac{l_f}{i} \quad \text{et} \quad i = \sqrt{\frac{I}{B}} = \sqrt{\frac{b_1 h_1^3}{12}} = \sqrt{\frac{h_1^2}{12}} \Rightarrow \lambda_g = \frac{\sqrt{12} L_f}{h_1}$$

$I_f = 0,7.L_0$: Longueur de flambement du poteau.

L_0 : Longueur libre du poteau.

- Poteau de $(30 \times 30) \text{ cm}^2$: $\lambda = \frac{\sqrt{12}}{h} \cdot I_f = \frac{\sqrt{12}}{30} \times 0,7 \times 306 = 24,73$
- Poteau de $(35 \times 35) \text{ cm}^2$: $\lambda = \frac{\sqrt{12}}{h} \cdot I_f = \frac{\sqrt{12}}{35} \times 0,7 \times 306 = 21,20$
- Poteau de $(40 \times 40) \text{ cm}^2$: $\lambda = \frac{\sqrt{12}}{h} \cdot I_f = \frac{\sqrt{12}}{40} \times 0,7 \times 306 = 18,55$

On remarque que $\lambda < 5$: Alors la quantité minimale d'armature est :

- **En zone nodale ($S_t = 10 \text{ cm}$) :**

$$A_t = 0,3\% \cdot S_t \cdot b = 0,003 \cdot 10 \cdot 30 = 0,90 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 0,3\% \cdot S_t \cdot b = 0,003 \cdot 10 \cdot 35 = 1,05 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 0,3\% \cdot S_t \cdot b = 0,003 \cdot 10 \cdot 40 = 1,2 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$$

- **En zone courante ($S_t = 15 \text{ cm}$) :**

$$A_t = 0,3\% \cdot S_t \cdot b = 0,003 \cdot 15 \cdot 30 = 1,35 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 0,3\% \cdot S_t \cdot b = 0,003 \cdot 15 \cdot 35 = 1,57 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 0,3\% \cdot S_t \cdot b = 0,003 \cdot 15 \cdot 40 = 1,8 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$$

IX-3) : Ferraillage des voiles :**IX-3-1) : Introduction :**

Les voiles sont des éléments structuraux de contreventement soumis à des forces verticales et des forces horizontales, leur calcul se fait en flexion composée sous l'action des sollicitations verticales dues aux charges permanentes (G) et aux surcharges d'exploitation (Q).

Pour faire face à ces sollicitations, on prévoit trois types d'armatures :

- armatures verticales,
- armatures horizontales,
- armatures transversales.

Pour le calcul du ferraillage on décompose la structure en zones

- Zone I : du RDC au 2^{ème} niveau ;
- Zone II : du 3^{ème} au 5^{ème} niveau ;
- Zone III : du 6^{ème} au 8^{ème} niveau.

IX-3-2) : Exposé de la méthode :

La méthode consiste à déterminer le diagramme des contraintes à partir des sollicitations les plus défavorables (N, M), en utilisant les formules suivantes :

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{B} + \frac{M.V}{I}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N}{B} - \frac{M.V'}{I}$$

Avec :

B : section du béton,

I : moment d'inertie du trumeau,

V et V' : bras de levier ; $(V = V' = \frac{L_{\text{voile}}}{2})$.

Le calcul se fera pour des bandes de largeur (d) est donnée par :

$$d \leq \min \left(\frac{h_e}{2} ; \frac{2}{3} L_c \right) \quad (\text{Art-7-7-4.RPA 99})$$

Avec :

h_e : hauteur entre nus de planchers du voile considéré,

L_c : la longueur de la zone comprimée,

$$L_c = L_{\text{voile}} - L_t$$

IX-3-3) : Détermination des armatures :

a) Armatures verticales :

➤ **1^{er} cas : Section entièrement comprimé et entièrement tendue (SEC et SET) :**

$$N_i = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_1}{2} \cdot d \cdot e$$

$$N_{i+1} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot d \cdot e$$

Avec :

e : épaisseur du voile

La section d'armature est calculée comme suit :

❖ SEC :

$$A_{vi} = \frac{N_i - B \cdot f_{bc}}{\sigma_s (0.2\%)} \oplus$$

Avec :

$$B = d \times e.$$

$$f_{bc} = 14.2 \text{ Mpa.}$$

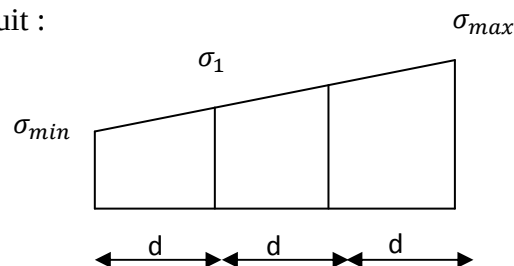
$\sigma_{s(2^{0/00})}$: Contrainte dans les aciers correspondants à un raccourcissement de $2^{0/00}$

$$\sigma_{s(2^{0/00})} = 348 \text{ Mpa.}$$

o Armatures minimales :

$$A_{\min} \geq 4 \text{ cm}^2 /.$$

$$0.2\% \leq \frac{A_{\min}}{B} \leq 5\%$$



❖ **SET :**

$$A_{vi} = \frac{N_i}{\sigma_s (0.2\%)}$$

Avec : $\sigma_{s(2^{0}/00)} = 348 \text{ Mpa}$.

o **Armatures minimales :**

$$A_{\min} \geq \max \left[\frac{B x f_{t28}}{f_e} ; 0.002 \times B \right]$$

➤ **2^{ér} cas : Section partiellement comprimé (SPC) :**

$$N_i = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_1}{2} \cdot d \cdot e$$

$$N_{i+1} = \frac{\sigma_1}{2} \cdot d \cdot e$$

$$\sigma_1 = \frac{(L_t - d) \sigma_{\min}}{L_t}$$

Avec : $L_t = L - L_c$

$$L_c = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}} \times L$$

La section d'armature est calculée comme suit :

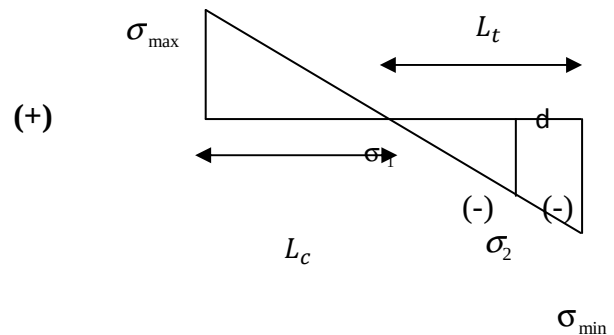
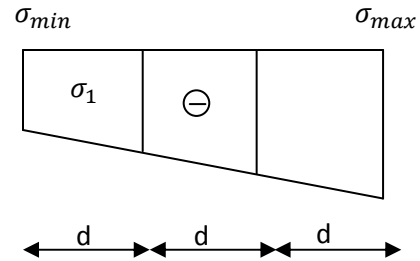
$$A_{vi} = \frac{N_i}{\sigma_{st}}$$

$\sigma_{st} = 348 \text{ Mpa}$.

o **Armatures minimales :**

- D'après le BAEL 91 : $A_{\min} = B \frac{f_{c28}}{f_e} (\text{cm}^2)$.
- D'après le RPA 99 : $A_{\min} = 0.2\% (\text{cm}^2)$.

D'onc : $A_{\min} \geq \max \left[\frac{B x f_{t28}}{f_e} ; 0.002 \times B \right]$



b) Armatures horizontales :

Les barres horizontales doivent être munies de crochets à 135° ayant une longueur de 10Φ .

La section d'armature est donnée par la formule suivante :

- D'après le BAEL : $A_H \geq \frac{A_V}{4}$
- D'après le RPA 99 : $A_H \geq 0.15 \% \cdot B$ Globalement dans la section du voile.
 $A_H \geq 0.10 \% \cdot B$. En zone courante.

Avec : A_V : section d'armature verticales.

B : section du béton.

- Les barres horizontales doivent être disposées vers l'extérieur.
- Le diamètre des barres verticales et horizontales des voiles ne devrait pas dépasser 0.1 de l'épaisseur du voile.

c) Armatures transversales :

Les armatures transversales sont perpendiculaires aux faces des refends. Elles retiennent les deux nappes d'armatures verticales, ce sont généralement des épingles dont le rôle est d'empêcher le flambement des aciers verticaux sous l'action de la compression

Les deux nappes d'armatures verticales doivent être reliées au moins par (04) épingles au mètre carré.(d'après Art :7.7.4.3- RPA 99).

d) Armatures de coutures

Le long des joints de reprise de coulage, l'effort tranchant doit être repris par les aciers de coutures dont la section est donnée par la formule :

$$A_{vj} = \frac{1.1x\bar{V}}{f_e}.$$

$$\bar{V} = 1.4 \times V_u.$$

avec :

V_u : effort tranchant calculée au niveau considéré.

Cette quantité doit s'ajouter à la section d'aciers tendus nécessaire pour équilibrer les efforts de traction dus au moment de renversement.

e) Potelet :

Il faut prévoir à chaque extrémité du voile un potelet armé par des barres verticales, dont la section de celle-ci est $\geq 4HA10$.

f) Disposition constructives :

- **Espacement constructives : (Art : 7.7.4.3 ; RPA 99/ ver 2003) :**

L'espacement des barres horizontales et verticales doit être inférieur à la plus petite des deux valeurs suivantes :

$$S \leq 1.5e$$

$$S \leq 30 \text{ cm}$$

Avec : e = épaisseur du voile.

A chaque extrémité du voile l'espacement des barres doit être réduit de moitié sur 0.1 de la longueur du voile.

- **Longueur de recouvrement : (Art : 7.7.4.3 ; RPA 99/ ver 2003) :**

Elles doivent être égales à :

- 40Φ : pour les barres situées dans les zones où le recouvrement du signe des efforts est possible.

- 20Φ pour les barres situées dans les zones comprimées sous l'action de toutes les combinaisons possibles de charges.

g) Diamètre minimal :

Le diamètre des barres verticales et horizontales des voiles ne doivent pas dépasser 0.10 de l'épaisseur du voile.

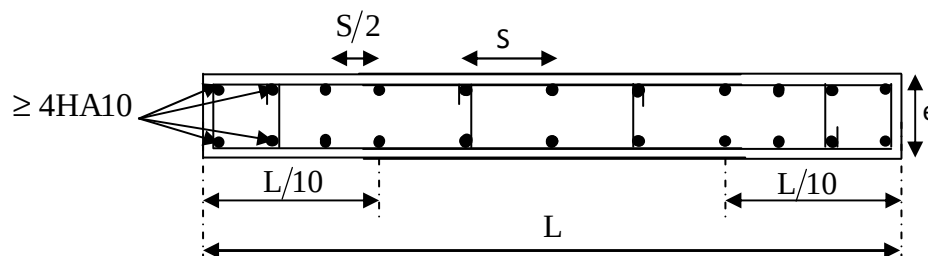


Fig 9.1 : Disposition des armatures verticales dans les voiles

IX-3-4) : Vérification :**a) Vérification à L'ELS :**

$$\sigma_{bc} = \frac{N_s}{B + 15 \cdot A} \leq \bar{\sigma}_{bc}$$

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \cdot f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$N_s = G + Q$$

avec :

$N_s = G + Q$: effort normal maximale de service ;

B : section du béton,

$A = A_V$: section d'armatures adoptée.

b) Vérification de la contrainte de cisaillement

- Selon le (RPA 99/ver 2003 :Art :7-7-2) :

$$\tau_b = \frac{\bar{V}}{b_0 \cdot d}$$

$$\bar{V} = 1.4 \times V_u$$

$$\tau_b \leq \bar{\tau}_b = 0.2 f_{c28}$$

Avec :

b_0 : épaisseur du linteau ou du voile,

d : hauteur utile ($d = 0.9 h$),

h : hauteur totale de la section brute.

- Selon BAEL 91 :

avec :

τ_u : Contrainte de cisaillement

$$\tau_u = \min \left(0.15 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right) = 3.26 \text{ MPa (avec } \gamma_b = 1.15).$$

IX-3-5) : Exemple de calcul :

On prend comme exemple de calcul le voile transversal VT4 dans la zone I :

Caractéristiques géométriques :

$$L = 4,30 \text{ m} \quad B = 0,86 \text{ m}$$

$$e = 0,2 \text{ m} \quad I = 1,33 \text{ m}^4$$

Sollicitations de calcul :

$$N_u = 355.976 \text{ KN} \quad N_s = 615.46 \text{ KN}$$

$$M = 3141,83 \text{ KNm}$$

$$V = 1139,493 \text{ KN}$$

Détermination des diagrammes des contraintes :

$$V = \frac{l}{2} = \frac{4.3}{2} = 2.15$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{B} + \frac{MV}{I} \rightarrow \frac{355.976}{0.86} + \frac{3141.83 \times 2.15}{1.33} = 5511,99 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N}{B} - \frac{MV}{I} \rightarrow \frac{355.976}{0.86} - \frac{3141.83 \times 2.15}{1.33} = -4684,14 \text{ KN/m}^2$$

Calcul de “d” :

$$d \leq \min (h_e/2 ; 2L_c/3) \rightarrow d \leq (1,33, 1,55) \quad \text{On adopte } d = 1,33 \text{ m}$$

Calcul de la contrainte “ σ_1 ”:

$$\sigma_1 = \frac{l_t - d}{l_t} \sigma_{\min} = 1530,45 \text{ KN/m}^2.$$

Détermination des efforts normaux “Nu1 ”; “Nu2 ”:

$$N_1 = \frac{\sigma_{\min} + \sigma_1}{2} \cdot d \cdot e = \frac{4684.14 + 1009.48}{2} \times 1,33 \times 0.2 = 419,44 \text{ KN}.$$

$$N_2 = \frac{N_1}{2} \cdot d \cdot e = \frac{419,44}{2} \times 1,33 \times 0.2 = 55,79 \text{ KN}.$$

Calcul des armatures verticales : $A_{vi} = \frac{N_i}{\sigma_s}$

$$A_{v1} = 12,05 \text{ cm}^2 \quad \text{soit : 12HA12}$$

$$A_{v2} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{soit : 3HA12}$$

Vérifications :

$$\bar{\tau}_b = 0.2f_{c28} = 5 \text{ Mpa.}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b_0 \cdot d} = 2.06 \Rightarrow \tau_b \leq \bar{\tau}_b$$

$$\text{Avec : } V = 1.4 \cdot V_{u,calcul}$$

$$\bar{\tau}_u = \min \left(0.15 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right) = 3.26 \text{ Mpa.}$$

$$\tau = 1.47 \Rightarrow \tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

$$\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{N_s}{B + 15 \cdot A} = \frac{615.46 \cdot 10^3}{0.86 \cdot 10^6 + 15 \times (18.1 + 4.02)} = 0.72$$

$$\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc}$$

Touts les conditions sont vérifiées.

$$\sigma_{max} > 0 \text{ et } \sigma_{min} < 0 \Rightarrow \text{SPC}$$

$$\sigma_{max} > 0 \text{ et } \sigma_{min} > 0 \Rightarrow \text{SEC}$$

$$\sigma_{max} < 0 \text{ et } \sigma_{min} < 0 \Rightarrow \text{SET}$$

❖ Voiles pleins :

Tableaux IX-1		Sens longitudinal (VL1)			
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III
	L	(m)	4,70	4,70	4,70
	e	(m)	0,20	0,20	0,20
	B	(m ²)	0,940	0,940	0,940
	I	(m ⁴)	1,73	1,73	1,73
	V=V'=L/2	(m)	2,35	2,35	2,35
	he		2,71	2,71	2,71
sollicitations de calcul	N _{max}	(kN)	1531,35	979,164	491,963
	N _{min}	(kN)	599,152	345,232	91,32
	M	(kNm)	1613,858	673,914	149,786
	N _s	(kN)	1119,35	717,09	360,55
	T	(kN)	609,299	301,455	93,867
	σ _{max}	(kN/m ²)	2829,63	1282,70	300,62
	σ _{min}	(kN/m ²)	-1554,84	-548,16	-106,32
	nature de la section		spc	spc	spc
	Lc	(m)	3,03	3,29	3,47
	Lt	(m)	1,67	1,41	1,23
	d	(m)	1,35	1,35	1,35
	σ ₁	(kN/m ²)	-297,93	-23,33	0,00
	σ ₂	(kN/m ²)	0,00	0,00	0,00
	N ₁	(kN)	259,66	77,29	13,08
	N ₂	(kN)	40,22	3,15	0,00
Ferrailage	A _{v1}	(cm ²)	7,46	2,22	0,38
	A _{v2}	(cm ²)	1,16	0,09	0,00
	A _{v min}	(cm ²)	23,46	11,61	3,61
	choix de la section	A ₁ (cm ²)/nappe	12HA12 = 13,57	10HA10 = 7,85	10HA10 = 7,85
		A ₂ (cm ²)/nappe	2HA12 = 2,26	6HA10 = 4,71	/
	espacement	e ₁ (cm)	9	15	13
		e ₂ (cm)	16	20	/
	Ah	(cm ²)	5,86	2,90	0,90

Tableau IX-2		Sens longitudinal (VL2 et VL4)		4,05		4,05
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III	
	L	(m)	1,40	0,50	4,05	
	e	(m)	0,20	0,30	0,20	
	B	(m ²)	10,900	0,800	0,800	
	I	(m ⁴)	1,07	1,07	1,07	
	V=V'=L/2	(m)	2,00	2,00	2,00	
	he		2,71	2,71	2,71	
sollicitations de calcul	N _{max}	(kN)	2169,741	1386,87	698,289	
	N _{min}	(kN)	799,64	462,8	125,952	
	M	(kNm)	2417,781	1010,529	224,755	
	N _s	(kN)	1576,56	1010,5	509,34	
	T	(kN)	894,703	451,957	140,866	
	σ _{max}	(kN/m ²)	5518,77	2467,34	577,54	
	σ _{min}	(kN/m ²)	-3519,67	-1310,34	-262,66	
	nature de la section		spc	spc	spc	
	Lc	(m)	2,44	2,61	2,75	
	Lt	(m)	1,56	1,39	1,25	
	d	(m)	1,35	1,35	1,35	
	σ ₁	(kN/m ²)	-473,80	-37,71	0,00	
	σ ₂	(kN/m ²)	0,00	0,00	0,00	
	N ₁	(kN)	549,07	182,14	32,83	
	N ₂	(kN)	63,96	5,09	0,00	
Ferrailage	A _{v1}	(cm ²)	15,78	5,23	0,94	
	A _{v2}	(cm ²)	1,84	0,15	0,00	
	A _{v min}	(cm ²)	34,45	17,40	5,42	
	choix de la section	A ₁ (cm ²)/nappe	16HA12 = 17,09	10HA10 = 7,85	10HA10 = 7,85	
		A ₂ (cm ²)/nappe	2HA12 = 2,26	5HA10 = 3,93	/	
	espacement	e ₁ (cm)	8	15	16	
		e ₂ (cm)	10	20	/	
	A _h	(cm ²)	8,61	4,35	1,36	
	A _{h min}	(cm ²)	4,05	4,05	4,05	
	A _h choix de la section/ml		8HA12 = 9,05	6HA10 = 4,71	5HA10 = 3,93	
Vérification des contraintes	τ _b =5MPa	τ _b	1,74	0,88	0,27	
	τ _u =2,5	τ _u	1,24	0,63	0,20	
	σ _{bc} =15	σ _{bc}	1,97	1,26	0,64	

Tableau IX-3		Sens longitudinal (VL3 et VL'3)			
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III
	L	(m)	1,65	1,65	1,65
	e	(m)	0,20	0,20	0,20
	B	(m²)	0,330	0,330	0,330
	I	(m⁴)	0,08	0,08	0,08
	V=V'=L/2	(m)	0,83	0,83	0,83
	he		2,71	2,71	2,71
sollicitations de calcul	N _{max} (kN)		485,576	310,521	155,925
	N _{min} (kN)		192,944	111,056	29,16
	M (kNm)		159,377	66,61	14,815
	N _s (kN)		355,5	227,72	114,42
	T (kN)		59,033	29,791	9,285
	σ _{max} (kN/m²)		2238,22	1027,61	242,07
	σ _{min} (kN/m²)		-1068,86	-354,55	-65,34
	nature de la section		spc	spc	spc
	Lc (m)		1,12	1,23	1,30
	Lt (m)		0,53	0,42	0,35
	d (m)		1,35	1,35	1,35
	σ ₁ (kN/m²)		0,00	0,00	0,00
	σ ₂ (kN/m²)		0,00	0,00	0,00
	N ₁ (kN)		56,65	14,89	2,29
	N ₂ (kN)		0,00	0,00	0,00
Ferrailage	A _{v1} (cm²)		1,63	0,43	0,07
	A _{v2} (cm²)		0,00	0,00	0,00
	A _{v min} (cm²)		2,27	1,15	0,36
	choix de la section	A ₁ (cm²)/nappe	6HA10 = 4,71	6HA10 = 4,71	6HA10 = 4,71
	espacement	e ₁ (cm)	20	20	20
	A _h	(cm²)	0,57	0,29	0,09
	A _{h min} (cm²)		4,05	4,05	4,05
	A _h choix de la section/ml		4HA8 = 2,01	4HA8 = 2,02	4HA8 = 2,03
Vérification des contraintes	τ _b =5MPa	τ _b	0,28	0,14	0,04
	τ _u =2,5	τ _u	0,20	0,10	0,03
	σ _{bc} =15	σ _{bc}	1,08	0,69	0,35

Tableau IX -4		Sens longitudinal (VL5)			
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III
	L	(m)	5,90	5,90	5,90
	e	(m)	0,20	0,20	0,20
	B	(m ²)	1,180	1,180	1,180
	I	(m ⁴)	3,42	3,42	3,42
	V=V'=L/2	(m)	2,95	2,95	2,95
	he		2,71	2,71	2,71
sollicitations de calcul	N _{max}	(kN)	1774,695	1134,84	569,912
	N _{min}	(kN)	702,752	404,584	106,416
	M	(kNm)	11310,11	4727,886	1051,631
	N _s	(kN)	1298,83	831,98	418,09
	T	(kN)	2753,7	2114,504	659,113
	σ _{max}	(kN/m ²)	10351,35	4421,02	997,29
	σ _{min}	(kN/m ²)	-9160,24	-3735,28	-816,93
	nature de la section		spc	spc	spc
	Lc	(m)	3,13	3,20	3,24
	Lt	(m)	2,77	2,70	2,66
	d	(m)	1,35	1,35	1,35
	σ ₁	(kN/m ²)	-4695,73	-1869,01	-401,81
	σ ₂	(kN/m ²)	0,00	0,00	0,00
	N ₁	(kN)	1870,56	756,58	164,53
	N ₂	(kN)	633,92	252,32	54,24
Ferrailage	A _{v1}	(cm ²)	53,75	21,74	4,73
	A _{v2}	(cm ²)	13,55	4,83	0,94
	A _{v min}	(cm ²)	160,50	81,41	25,38
	choix de la section	A ₁ (cm ²)/nappe	27HA16 = 54,29	15HA14 = 23,09	5HA12 = 5,65
		A ₂ (cm ²)/nappe	8HA16 = 16,09	4HA14 = 6,15	6HA12 = 6,78
	espacement	e ₂ (cm)	9	16	13
		e ₁ (cm)	13	22	19
	A _h	(cm ²)	40,13	20,35	6,49
	A _{h min}	(cm ²)	6,26	6,40	6,35
Vérification des contraintes	A _h choix de la section/ml		20HA16 = 40,22	15HA14 = 23,09	6HA12 = 6,78
	τ _b =5MPa	τ _b	3,63	2,79	0,87
	τ _u =2,5	τ _u	2,59	1,99	0,62
	σ _{bc} =15	σ _{bc}	1,10	0,70	0,35

Tableau IX-5			Sens transversal (VT1)			
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III	
	L	(m)	3,70	3,70	3,70	
	e	(m)	0,20	0,20	0,20	
	B	(m²)	0,740	0,740	0,740	
	I	(m⁴)	0,84	0,84	0,84	
	V=V'=L/2	(m)	1,85	1,85	1,85	
	he		2,66	2,66	2,66	
sollicitations de calcul	N _{max}	(kN)	725,958	464,121	232,259	
	N _{min}	(kN)	310,168	177,568	44,968	
	M	(kNm)	1381,73	571,852	128,058	
	N _s	(kN)	535,68	342,66	171,51	
	T	(kN)	501,06	256,012	79,715	
	σ _{max}	(kN/m²)	3462,24	1499,39	342,80	
	σ _{min}	(kN/m²)	-2623,95	-1019,48	-221,26	
	nature de la section		spc	spc	spc	
	Lc	(m)	2,10	2,20	2,25	
	Lt	(m)	1,60	1,50	1,45	
	d	(m)	1,33	1,33	1,33	
	σ ₁	(kN/m²)	436,21	114,05	0,00	
	σ ₂	(kN/m²)	0,00	0,00	0,00	
	N ₁	(kN)	290,97	120,42	32,11	
	N ₂	(kN)	58,02	15,17	0,00	
Ferrailage	A _{v1}		(cm²)	8,36	3,46	0,92
	A _{v2}		(cm²)	1,67	0,44	/
	A _{v min}		(cm²)	19,29	9,86	3,07
	choix de la section	A ₁	(cm²)/nappe	12HA12 = 13,57	6HA10 = 4,71	6HA10 = 4,71
		A ₂	(cm²)/nappe	2HA12 = 2,26	2HA10 = 1,57	/
	espacement	e ₂	(cm)	11	16	24
		e ₁	(cm)	13	21	/
	Ah		(cm²)	4,82	4,41	4,35
	A _{h min}		(cm²)	4,20	2,47	0,77
A _h choix de la section/ml			5HA12 = 5,65	7HA10 = 5,49	7HA10 = 5,49	
Vérification des contraintes	τ _b =5MPa	τ _b	1,05	0,54	0,17	
	τ _u =2,5	τ _u	0,75	0,38	0,12	
	σ _{bc} =15	σ _{bc}	0,72	0,46	0,23	

Tableau IX -6		Sens transversal (VT4)			
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III
	L	(m)	4,30	4,30	4,30
	e	(m)	0,20	0,20	0,20
	B	(m²)	0,860	0,860	0,860
	I	(m⁴)	1,33	1,33	1,33
	V=V'=L/2	(m)	2,15	2,15	2,15
	he		2,66	2,66	2,66
sollicitations de calcul	N _{max} (kN)		834,126	532,929	266,588
	N _{min} (kN)		355,976	203,744	51,512
	M (kNm)		3141,83	1300,291	291,177
	N _s (kN)		615,46	393,44	196,85
	T (kN)		1139,493	582,128	181,256
	σ _{max} (kN/m²)		5511,99	2338,89	530,60
	σ _{min} (kN/m²)		-4684,14	-1865,06	-410,80
	nature de la section		spc	spc	spc
	Lc (m)		2,32	2,39	2,42
	Lt (m)		1,98	1,91	1,88
	d (m)		1,33	1,33	1,33
	σ ₁ (kN/m²)		1530,45	564,77	119,62
	σ ₂ (kN/m²)		0,00	0,00	0,00
	N ₁ (kN)		419,44	172,94	38,73
	N ₂ (kN)		55,79	23,00	5,15
Ferrailage	A _{v1} (cm²)		12,05	4,97	1,11
	A _{v2} (cm²)		1,60	0,66	0,15
	A _{v min} (cm²)		43,87	22,41	6,98
	choix de la section	A ₁ (cm²)/nappe	12HA12 = 12,44	10HA10 = 7,85	8HA10 = 6,28
		A ₂ (cm²)/nappe	3HA12 = 3,39	3HA10 = 2,35	3HA10 = 2,35
	espacement	e ₂ (cm)	11	13	16
		e ₁ (cm)	21	19	19
	Ah (cm²)		10,97	5,60	4,85
	A _{h min} (cm²)		4,65	4,78	1,74
	A _h choix de la section/ml		10HA12 = 11,31	8HA10 = 6,28	8HA10 = 6,28
Vérification des contraintes	τ _b =5MPa	τ _b	2,06	1,05	0,33
	τ _u =2,5	τ _u	1,47	0,75	0,23
	σ _{bc} =15	σ _{bc}	0,72	0,46	0,23

Tableaux IX -7			Sens transversal (VT5)		
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III
	L	(m)	5,40	5,40	5,40
	e	(m)	0,20	0,20	0,20
	B	(m²)	1,080	1,080	1,050
	I	(m⁴)	2,62	2,62	2,62
	V=V'=L/2	(m)	2,70	2,70	2,70
	he		2,66	2,66	2,66
sollicitations de calcul	N _{max} (kN)		1032,198	658,938	329,457
	N _{min} (kN)		439,92	251,712	63,504
	M (kNm)		6282,475	2600,088	582,241
	N _s (kN)		761,56	486,44	243,26
	T (kN)		2301,278	1164,036	362,442
	σ _{max} (kN/m²)		6881,64	2912,55	660,50
	σ _{min} (kN/m²)		-6066,97	-2446,41	-539,54
	nature de la section		spc	spc	spc
	Lc (m)		2,87	2,93	2,97
	Lt (m)		2,53	2,47	2,43
	d (m)		1,33	1,33	1,33
	σ ₁ (kN/m²)		-2877,62	-1129,11	-99,91
	σ ₂ (kN/m²)		382,72	150,17	13,29
	N ₁ (kN)		1189,63	475,55	85,05
	N ₂ (kN)		382,72	150,17	13,29
Ferrailage	A _{v1} (cm²)		34,18	13,67	2,44
	A _{v2} (cm²)		11,00	4,32	0,38
	A _{v min} (cm²)		88,60	44,82	13,95
	choix de la section	A ₁ (cm²)/nappe	31HA12 = 35,06	22 HA10 =17,27	6HA10 = 4,71
		A ₂ (cm²)/nappe	10HA12 = 11,31	6HA10 = 4,71	4HA10 = 3,14
	espacement	e ₂ (cm)	5	10	12
		e ₁ (cm)	8	15	16
	Ah (cm²)		11,06	5,88	5,94
	A _{h min} (cm²)		5,73	5,03	1,70
A _h choix de la section/ml		8HA14 = 12,31	8 HA10 = 6,28	8 HA10 = 6,28	
Vérification des contraintes	τb=5MPa	τb	3,31	1,68	0,52
	τu=2,5	τu	2,37	1,20	0,37
	σ _{bc} =15	σbc	0,70	0,45	0,23

Tableaux IX-8		Sens transversal (VT6)			
Caractéristiques géométriques	zone		I	II	III
	L	(m)	1,50	1,50	1,50
	e	(m)	0,20	0,20	0,20
	B	(m ²)	0,300	0,300	0,300
	I	(m ⁴)	0,06	0,06	0,60
	V=V'=L/2	(m)	0,75	0,75	0,75
	he		2,66	2,66	2,66
sollicitations de calcul	N _{max}	(kN)	330,176	212,319	106,62
	N _{min}	(kN)	142,336	81,664	20,992
	M	(kNm)	187,563	77,625	17,383
	N _s	(kN)	243,73	156,81	78,76
	T	(kN)	165,096	34,752	10,821
	σ _{max}	(kN/m ²)	2818,99	1242,53	91,70
	σ _{min}	(kN/m ²)	-1870,08	-698,10	48,24
	nature de la section		spc	spc	sec
	Lc	(m)	0,90	0,96	/
	Lt	(m)	0,60	0,54	/
	d	(m)	0,60	0,64	1,50
	σ ₁	(kN/m ²)	0,00	0,00	0,00
	σ ₂	(kN/m ²)	0,00	0,00	0,00
	N ₁	(kN)	112,21	44,68	15,99
	N ₂	(kN)	0,00	0,00	0,00
Ferrailage	A _{v1}	(cm ²)	3,22	1,28	0,46
	A _{v2}	(cm ²)	0,00	0,00	0,00
	A _{v min}	(cm ²)	6,36	0,33	0,10
	choix de la section	A ₁ (cm ²)/nappe	3HA10 = 2,35	3HA10 = 2,35	6HA10 = 4,71
	espacement	e ₁ (cm)	20	20	22
	A _h	(cm ²)	1,80	1,92	4,50
	A _{h min}	(cm ²)	1,59	0,08	0,03
	A _h choix de la section/ml		3HA10 = 2,35	3HA10 = 2,35	6HA10 = 4,71
	τ _b =5MPa	τ _b	0,86	0,18	0,06
	τ _u =2,5	τ _u	0,61	0,13	0,04
Vérification des contraintes	σ _{bc} =15	σ _{bc}	0,81	0,52	0,26

❖ Voiles avec ouvertures :

Tableau IX-8	sens transversal (VT1)				
1	Zone		I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06
	e [m]		0,2	0,2	0,2
	B [cm ²]		4160	2120	2120
	f _e [KN]/[cm ²]		34,8	34,8	34,8
	L [m]		1,00	1,00	1,00
	z[m]		2,02	1,00	1,00
	d [m]		0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [KN]		501,06	256,012	79,715
	M [KN].m		1381,73	571,852	128,058
Vérification	$\lambda = l/h$		0,48	0,94	0,94
$\zeta b = 5 \text{ MPa}$	$\zeta b = 1.5 \text{ MPa}$	$\zeta b [\text{MPa}]$	1,87	1,88	0,58
	tga		2,02	1,00	1,00
	sin α		0,90	0,70	0,70
Ferrailage	Al[cm ²]		6,24	3,18	3,18
	Choix des barres		4HA16 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,02
	St		20	20	20
	At > 0.25%.e.St[cm ²]		1,00	1,00	1,00
	Choix des barres		2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57
	St		20,00	20,00	20,00
	AD[cm ²]		8,03	5,25	1,64
	Choix des barres		4HA16 = 8,04	4HA16 = 8,04	2HA12 = 2,00
	Ac = 0.20%.B [cm ²]		8,32	4,24	4,24
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10
	St		20,00	20,00	20,00

Tableau IX-9

sens transversal (VT2)				
2	Zone	I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]	2,08	1,06	1,06
	e [m]	0,2	0,2	0,2
	B [cm ²]	4160	2120	2120
	fe[kN]/[cm ²]	34,8	34,8	34,8
	L [m]	1,00	1,00	1,00
	z[m]	2,02	1,00	1,00
	d [m]	0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [kN]	2301,278	1164,036	362,442
	M [kN].m	6282,475	2600,088	582,241
Vérification	$\lambda = l/h$	0,48	0,94	0,94
$\zeta_b = 5 \text{ MPa}$	$\zeta_b = 1.5 \text{ MPa}$ $\zeta_b [\text{MPa}]$	8,61	8,54	2,66
	tga	2,02	1,00	1,00
	sina	0,90	0,70	0,70
Ferrailage	Al[cm ²]	6,24	3,18	3,18
	Choix des barres	4HA116 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,
	St	20	20	20
	At > 0.25 %.e.St[cm ²]	1,00	1,00	1,00
	Choix des barres	2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,5
	St	20,00	20,00	20,00
	AD[cm ²]	36,90	23,89	7,44
	Choix des barres	12HA20 = 37,69	8HA20 = 25,13	3HA20 = 9,
	Ac = 0,20 %.B [cm ²]	8,32	4,24	4,24
	Choix des barres	16HA10	8HA10	8HA10
	St	20,00	20,00	20,00

Tableau IX-10	sens transversal(VT3)				
3	Zone		I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06
	e [m]		0,2	0,2	0,2
	B [cm ²]		4160	2120	2120
	f _e [KN]/[cm ²]		34,8	34,8	34,8
	L [m]		1,00	1,00	1,00
	z[m]		2,02	1,00	1,00
	d [m]		0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [KN]		165,096	34,752	10,821
	M [KN]/m		187,563	77,625	17,383
Vérification	$\lambda = l/h$		0,48	0,94	0,94
$\zeta_b = 5 \text{ MPa}$	$\zeta_b = 1.5 \text{ MPa}$	$\zeta_b [\text{MPa}]$	0,62	0,25	0,08
	tga		2,02	1,00	1,00
	sin α		0,90	0,70	0,70
Ferrailage	Al[cm ²]		6,24	3,18	3,18
	Choix des barres		4HA16 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,02
	St		20	20	20
	A _t > 0.25%.e.St[cm ²]		1,00	1,00	1,00
	Choix des barres		2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57
	St		20,00	20,00	20,00
	AD[cm ²]		2,65	0,71	0,22
	Choix des barres		4HA12 = 4,52	2HA12 = 2,26	2HA12 = 2,26
	A _c = 0.20%.B [cm ²]		8,32	4,24	4,24
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10
	St		20,00	20,00	20,00

Tableau IX -11	sens transversal(VT4)				
4	Zone		I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06
	e [m]		0,2	0,2	0,2
	B [cm ²]		4160	2120	2120
	f _e [KN]/[cm ²]		34,8	34,8	34,8
	L [m]		1,00	1,00	1,00
	z[m]		2,02	1,00	1,00
	d [m]		0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [KN]		1139,493	582,128	181,256
	M [KN]/m		3141,83	1300,291	291,177
Vérification	$\lambda=l/h$		0,48	0,94	0,94
$\zeta_b=5\text{MPa}$	$\zeta_b=1.5\text{MPa}$	ζ_b [MPa]	4,26	4,27	1,33
	tg α		2,02	1,00	1,00
	sin α		0,90	0,70	0,70
Ferraillage	Al[cm ²]		6,24	3,18	3,18
	Choix des barres		4HA116 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4
	St		20	20	20
	At>0.25%.e.St[cm ²]		1,00	1,00	1,00
	Choix des barres		2HA10 =1,57	2HA10 =1,57	2HA10 =1
	St		20,00	20,00	20,00
	AD[cm ²]		18,27	11,95	3,72
	Choix des barres		6HA20 = 18,85	4HA20 = 12,56	2HA16 = 4
	Ac=0,20%.B [cm ²]		8,32	4,24	4,24
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10
	St		20,00	20,00	20,00

IX-3-6): Etude des linteaux :

Les linteaux sont des éléments reliant les trumeaux d'un même voile, ils sont assimilés à des poutres encastrées à leur extrémité et sont calculés en flexion simple.

IX-3-6-1) : Etapes de calcul (méthode exposée au RPA99revise2003) :**IX-3-6-2) : Contraintes limites de cisaillement :**

$$\tau_b \leq \bar{\tau}_b = 0,2 \times f_{c28}.$$

$$\tau_b = \frac{V}{b_0 \cdot d}, \text{ avec : } V = 1,4 \cdot V_{U, \text{CALCUL}}$$

b_0 : Epaisseur du linteau ou du voile.

d : Hauteur utile ($d = 0.9 h$)

h : Hauteur totale de la section brute

IX-3-6-3) : Ferrailage des linteaux :**• Premier cas : $\tau_b \leq 0.06 \cdot f_{c28}$**

Les linteaux sont calculés en flexion simple, (avec les efforts M , V) ils devront disposer :

Des aciers longitudinaux de flexion $\Rightarrow A_l$

Des aciers transversaux $\Rightarrow A_t$

Des aciers en partie courants (de peau) $\Rightarrow A_c$

-Aciers longitudinaux :

Les aciers longitudinaux supérieurs et inférieurs sont calculés par la formule suivante :

$$A_l = \frac{M}{z \times f_e}$$

$$\text{avec : } z = h - 2d'$$

ou : h : est la hauteur totale du linteau

d : est l'enrobage.

M : moment dû à l'effort tranchant ($V = 1,4 \cdot V_u$).

-Aciers transversaux :

• Premier sous cas :

Linteaux longs ($\lambda_s = \frac{l}{h} > 1$)

$$\text{avec : } S_t \leq \frac{A_t \cdot f_e \cdot z}{V}$$

Ou : St: espacement des cours d'armatures transversales.

A_t : section d'un cours d'armatures transversales.

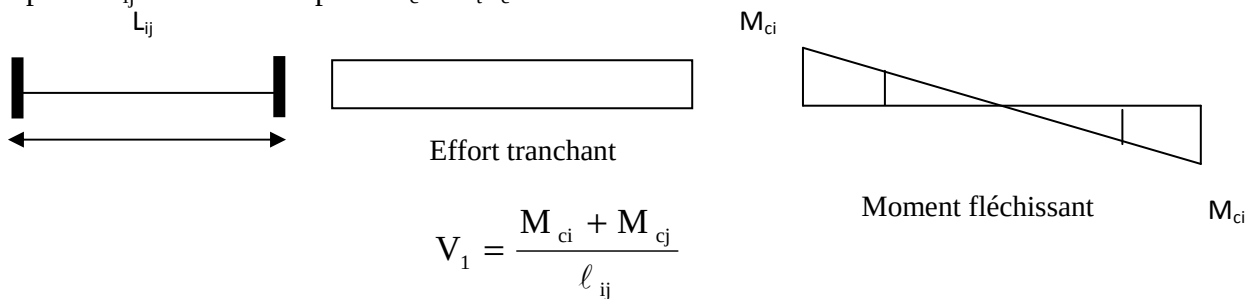
l : portée de linteau

• **Deuxième sous cas :**

Linteaux longs ($\lambda_s = \frac{l}{h} \leq 1$) avec : $S_t \leq \frac{A_t \cdot f_e \cdot z}{V + A_t \cdot f_e}$ et $V = \min (V_1, V_2)$ ou : $V_1 = 2 V_u \text{ calcul}$

$$V_2 \leq \frac{M_{ci} + M_{cj}}{l_{ij}}$$

M_{ci} et M_{cj} : moments résistants ultimes des sections d'about à gauche et à droite du linteau de portée l_{ij} sont calculés par : $M_c = A_t f_e z$



• **Deuxième cas :** $\tau_b \geq 0.06 \cdot f_{c28}$

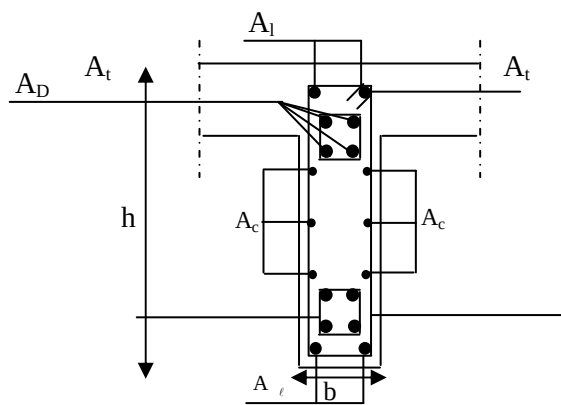
Dans ce cas, il y'a lieu de disposer les ferraillages longitudinaux (supérieures et inférieures), transversaux et en zone courante (armatures de peau) suivant les minimums réglementaires.

Les efforts (M ; N) sont repris suivant des bielles diagonales (de traction et de compression) suivant l'axe moyen des armatures diagonales A_d a disposer obligatoirement.

Le calcul de ces armatures se fait suivant la formule :

$$A_D = \frac{V}{2 \cdot f_e \cdot \sin \alpha}$$

Avec : $\tan \alpha = \frac{h - 2d}{l}$ et $V = V_{\text{calcul}}$ (sans majoration).



Coupe A-A

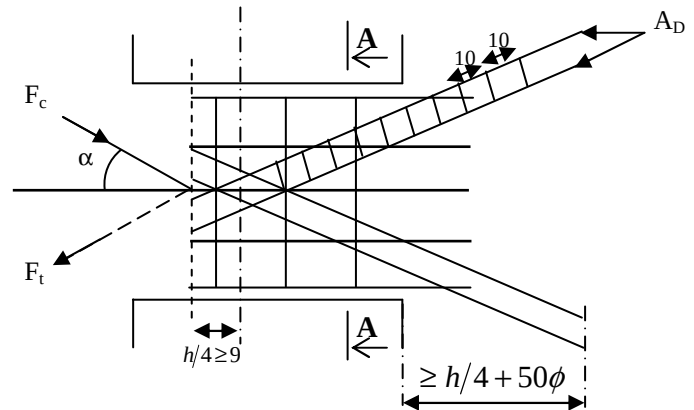


Fig. V.31 : armatures de linteaux.

• **Ferrailage minimal :**

-**Armatures longitudinales:**

$$A_l, A_l' \geq 0.15\% \cdot b \cdot h$$

-**Armatures transversales :**

$$A_t \geq 0.15\% \cdot b \cdot S_t \quad \text{Si } \tau_b \leq 0.025 \cdot f_{c28}$$

$$A_t \geq 0.25\% \cdot b \cdot S_t \quad \text{Si } \tau_b > 0.025 \cdot f_{c28}$$

-**Armatures de diagonales :**

$$A_D \geq 0.15\% \cdot b \cdot h \quad \text{Si } \tau_b > 0.06 \cdot f_{c28}$$

$$A_D = 0 \quad \text{Si } \tau_b \leq 0.06 \cdot f_{c28}$$

IX-3-7) : Exemple de calcul :

Les caractéristiques géométriques du Linteau de la zone 01.

$$h = 2.08m$$

$$l = 1.00m$$

$$e = 20cm$$

❖ **Vérification de la contrainte de cisaillement :**

$$\tau_b = \frac{V}{b \times d} \quad \text{avec : } V = 1,4 \times V_u \text{ calcule} \quad \text{Avec } V_u = 501.06 \text{ KN}$$

$$\tau_b = \frac{1,4 \times 501.06 \times 10}{208 \times 0,9 \times 20} = 1.87 \text{ MPa} \leq \overline{\tau_b} = 5 \text{ MPa} \rightarrow \text{Condition verifiée}$$

❖ **Armatures longitudinales ($A_l=A'_l$) :**

$\tau_b = 1.87 \text{ MPa} > 0.06 f_{c28} = 1.5 \text{ MPa}$, donc le ferrailage minimal sera adopte

➤ **RPA 2003 :**

$$(A_{l,\min} = A'_{l,\min}) \geq 0.15\% \times e \times h = 0.15\% \times 20 \times 208 = 6.24 \text{ cm}^2$$

➤ **BAEL 91 :**

$$(A_{l,\min} = A'_{l,\min}) \geq 0.23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times e \times (h - c') = 0.23 \times \frac{2.1 \times 20 \times (208 - 3)}{400} = 4.95 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A_l = 6.24 \text{ cm}^2, \text{ soit } 4\text{HA}16 = 8.04 \text{ cm}^2$$

❖ **Armatures transversales :**

$$\tau_b = 1.87 \text{ MPa} > 0.025 \cdot f_{c28} = 0.625 \text{ MPa}$$

$$\text{Avec : } S_t \leq \frac{h}{12} = \frac{208}{12} = 17.33 \text{ cm} \rightarrow S_t = 20 \text{ cm}$$

$$A_t > 0.0025 \cdot b \cdot s = 0.0025 \times 20 \times 20 = 1.00 \text{ cm}^2$$

$$A_t \geq 1.00 \text{ cm}^2, \text{ soit } 2\text{HA}10 = 1.57 \text{ cm}^2 \text{ tous les } 20 \text{ cm}$$

❖ **Armatures diagonales :**

$\tau = 1.87 \text{ Mpa} > 0.625 \text{ Mpa}$; donc ils sont nécessaires.

$$A_D = \frac{V = V_{\text{calcul}}}{2 \cdot f_e \cdot \sin \alpha}$$

$$\tan \alpha = \frac{h - 2c}{L} = \frac{2.08 - 2 \times 0.03}{1.00} = 2.02 \Rightarrow \alpha = 63.66^\circ$$

$$A_D = \frac{501.06 \times 10}{2 \times 400 \times 0.90} = 8.03 \text{ cm}^2$$

$$A_D = 8.03 \text{ cm}^2, \text{ soit } \{4\text{HA}16\} = 8.04 \text{ cm}^2, \text{ avec un cadre de } \phi 8 \text{ chaque } 10 \text{ cm}$$

❖ **Armatures de peau :**

$$A_c \geq 0.002 \times e \times h = 0.002 \times 20 \times 208 = 8.32 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit : } A_c = 8.32 \text{ cm}^2 \Rightarrow 16\text{HA}10 \Rightarrow 8\text{HA}10 / \text{nappe}$$

❖ **Longueur d'ancrage :**

$$L_d = \frac{l}{4} + 50\phi = 25 + 50 \times 1.4 = 95 \text{ cm}$$

on prend $L_d = 100 \text{ cm}$

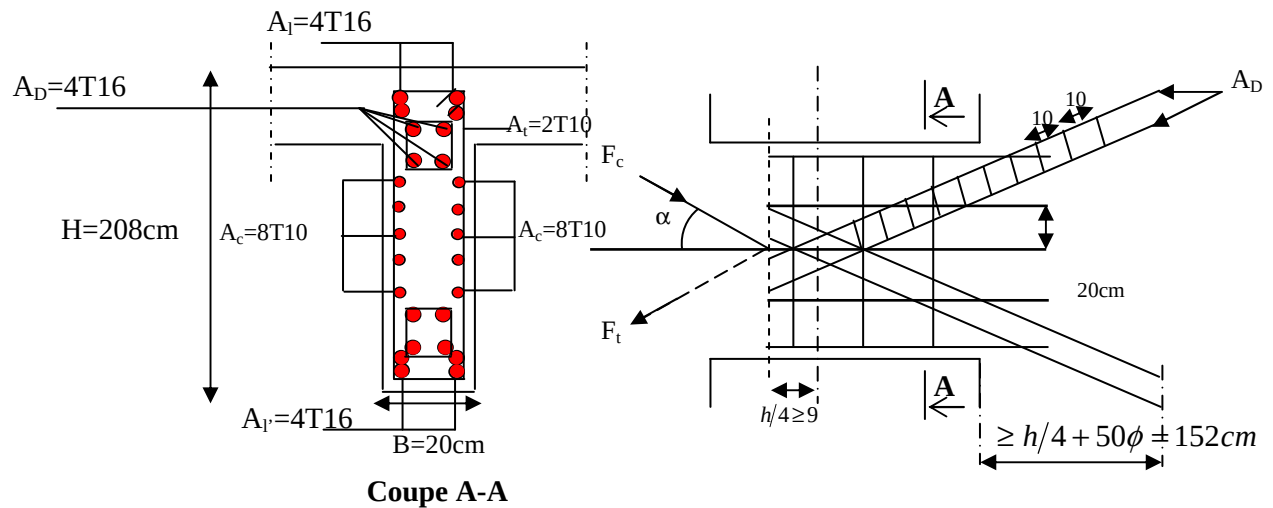


Fig. V.32 : Ferrailage de linteaux.

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

Tableau IX-12 :

Tableau IX-12 :		sens transversal			
1	Zone		I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06
	e [m]		0,2	0,2	0,2
	B [cm2]		4160	2120	2120
	fe[KN]/[cm2]		34,8	34,8	34,8
	L [m]		1,00	1,00	1,00
	z[m]		2,02	1,00	1,00
	d [m]		0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [KN]		501,06	256,012	79,715
	M [KN].m		1381,73	571,852	128,058
Vérification	$\lambda=l/h$		0,48	0,94	0,94
$\zeta_b=5MPa$	$\zeta_b=1.5MPa$	$\zeta_b [MPa]$	1,87	1,88	0,58
	tg α		2,02	1,00	1,00
	sin α		0,90	0,70	0,70
Ferrailage	Al[cm2]		6,24	3,18	3,18
	Choix des barres		4HA116 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,02
	St		20	20	20
	At>0.25%.e.St[cm2]		1,00	1,00	1,00
	Choix des barres		2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57	2HA10 = 1,57
	St		20,00	20,00	20,00
	AD[cm2]		8,03	5,25	1,64
	Choix des barres		4HA16 = 8,04	4HA16 = 8,04	2HA12 = 2,26
	Ac=0,20%.B [cm2]		8,32	4,24	4,24
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10
	St		20,00	20,00	20,00

Tableau IX-13 :

Tableau IX-13 :		sens transversal			
2	Zone		I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06
	e [m]		0,2	0,2	0,2
	B [cm2]		4160	2120	2120
	fe[KN]/[cm2]		34,8	34,8	34,8
	L [m]		1,00	1,00	1,00
	z[m]		2,02	1,00	1,00
	d [m]		0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [KN]		2301,278	1164,036	362,442
	M [KN].m		6282,475	2600,088	582,241
Vérification	$\lambda=l/h$		0,48	0,94	0,94
$\zeta b=5MPa$	$\zeta b=1.5MPa$	ζb [MPa]	8,61	8,54	2,66
	tg α		2,02	1,00	1,00
	sin α		0,90	0,70	0,70
Ferrailage	Al[cm2]		6,24	3,18	3,18
	Choix des barres		4HA116 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,02
	St		20	20	20
	At>0.25%.e.St[cm2]		1,00	1,00	1,00
	Choix des barres		2HA10 =1,57	2HA10 =1,57	2HA10 =1,57
	St		20,00	20,00	20,00
	AD[cm2]		36,90	23,89	7,44
	Choix des barres		12HA20 = 37,69	8HA20 = 25,13	3HA20 = 9,42
	Ac=0,20%.B [cm2]		8,32	4,24	4,24
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10
	St		20,00	20,00	20,00

Tableau IX-14 :

Tableau IX-14 :		sens transversal			
3	Zone		I	II	III
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06
	e [m]		0,2	0,2	0,2
	B [cm2]		4160	2120	2120
	fe[KN]/[cm2]		34,8	34,8	34,8
	L [m]		1,00	1,00	1,00
	z[m]		2,02	1,00	1,00
	d [m]		0,03	0,03	0,03
solicitation de calcul	V [KN]		165,096	34,752	10,821
	M [KN]/m		187,563	77,625	17,383
Vérification	λ =l/h		0,48	0,94	0,94
ζ b=5MPa	ζ b=1.5MPa	ζ b [MPa]	0,62	0,25	0,08
	tga		2,02	1,00	1,00
	sin α		0,90	0,70	0,70
Ferrailage	Al[cm2]		6,24	3,18	3,18
	Choix des barres		4HA16 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,02
	St		20	20	20
	At>0.25%.e.St[cm2]		1,00	1,00	1,00
	Choix des barres		2HA10 =1,57	2HA10 =1,57	2HA10 =1,57
	St		20,00	20,00	20,00
	AD[cm2]		2,65	0,71	0,22
	Choix des barres		4HA12 = 4,52	2HA12 = 2,26	2HA12 = 2,26
	Ac=0,20%.B [cm2]		8,32	4,24	4,24
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10
	St		20,00	20,00	20,00

Tableau IX-15 :

Tableau IX-15 :		sens transversal				
4	Zone		I	II	III	
Caractéristiques géométriques	h[m]		2,08	1,06	1,06	
	e [m]		0,2	0,2	0,2	
	B [cm2]		4160	2120	2120	
	fe[KN]/[cm2]		34,8	34,8	34,8	
	L [m]		1,00	1,00	1,00	
	z[m]		2,02	1,00	1,00	
	d [m]		0,03	0,03	0,03	
solicitation de calcul	V [KN]		1139,493	582,128	181,256	
	M [KN]/m		3141,83	1300,291	291,177	
Vérification	$\lambda=l/h$		0,48	0,94	0,94	
$\zeta_b=5MPa$	$\zeta_b=1.5MPa$	ζ_b [MPa]	4,26	4,27	1,33	
	tg α		2,02	1,00	1,00	
	sin α		0,90	0,70	0,70	
Ferrailage	Al[cm2]		6,24	3,18	3,18	
	Choix des barres		4HA116 = 8,04	2HA16 = 4,02	2HA16 = 4,02	
	St		20	20	20	
	At>0.25%.e.St[cm2]		1,00	1,00	1,00	
	Choix des barres		2HA10 =1,57	2HA10 =1,57	2HA10 =1,57	
	St		20,00	20,00	20,00	
	AD[cm2]		18,27	11,95	3,72	
	Choix des barres		6HA20 = 18,85	4HA20 = 12,56	2HA16 = 4,02	
	Ac=0,20%.B [cm2]		8,32	4,24	4,24	
	Choix des barres		16HA10	8HA10	8HA10	
	St		20,00	20,00	20,00	

Chapitre X

Etude de l'infrastructure

X-1) :Introduction :

Une fondation est par définition un élément permettant de transmettre les efforts provenant de la superstructure au sol.

Cette transmission peut être directe dans le cas de fondations superficielles (semelles isolées ; Semelles continues ; radier) ou par des éléments spéciaux (puits ; pieux).

X-2) : Différentes fonctions des fondations :

-Assurer la stabilité de l'ouvrage.

-Eviter les glissements de l'ouvrage pour les constructions réalisées sur un terrain en pen.

-Eviter le déplacement de l'ouvrage sous l'action des forces horizontales ou obliques appliquées à la structure (vent, séisme.....etc.).

-Limitation des tassements compatibles.

X-3) : Différents types de fondations :

Il existe quatre catégories de fondation :

- **Les fondations superficielles :**

Lorsque les couches de terrain capables de supporter l'ouvrage sont à faible profondeur : semelles isolées sous poteaux, semelles filantes sous murs, radiers.

- **Les fondations profondes :**

Lorsque les couches de terrain capables de supporter l'ouvrage sont à une grande profondeur : puits, pieux

- **Les fondations spéciales :**

Colonnes ballastées : Il s'agit de colonnes de pierres ou de graves ciments que l'on intègre dans le sol et sous des semelles isolées par exemple.

- **Les fondations surfaciques ou radier :**

L'emploi d'un radier se justifie lorsque la contrainte admissible à la compression du sol est faible, que le bon sol est situé à une très grande profondeur, les autres types de fondations transmettraient au sol des contraintes trop élevées, l'aire totale des semelles est supérieure à la moitié de l'aire du bâtiment.

X-4) : Choix du type de fondations :

Le type de fondation est choisit essentiellement selon les critères suivants :

- **La nature de l'ouvrage à fonder** : Pont, bât. d'habitation, bât industriel, soutènement,....
- **La nature du terrain** : Connaissance du terrain par sondages et définition des caractéristiques
- **Le site** : Urbain, campagne, montagne, bord de mer,...
- **La mise en œuvre des fondations** : Terrain sec, présence d'eau,...
- **Le type d'entreprise** : Matériel disponible et compétences,...
- **Le coût des fondations** : Facteur important mais non décisif.

Avant de commencer le calcul des fondations, on doit avant tout connaître le type de fondation qu'on doit utiliser pour notre structure ensuite il faut connaître le taux de travail de sol. Cette information est présente sur le rapport de sol réalisé par une société spécialisée.

X-5) : Etude du sol :

Le choix de types 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 nous ont donné une contrainte admissible du sol $\sigma_{sol} = 1,7 \text{ bars}$.

L'absence de nappe phréatique, donc il n'y a pas de risque de la remontée des eaux

X-6) : Semelles continues sous voiles et sous poteaux :**X-6-1) : Semelles continues sous voiles :****X-6-1-1) : Dimensionnement :**

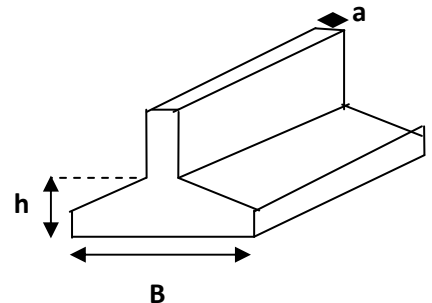
$$\sigma_{sol} \geq \frac{N_s}{S} \Rightarrow \sigma_{sol} \geq \frac{G+Q}{B \times L} \Rightarrow B \geq \frac{G+Q}{\sigma_{sol}} \times \frac{1}{L}$$

Avec : B : Largeur de la semelle continue sous le voile considéré

L : Longueur du voile.

G et Q : Charge et surcharge à la base du voile.

σ_{sol} : Contrainte admissible du sol.



a) Surface des semelles continues sous voiles :

Les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Voiles	Ns = G+Q	S = N/
VT1	535,68	3,15
VT2	761,56	4,48
VT3	243,73	1,43
VT4	615,46	3,62
VT5	761,56	4,48
VT6	243,73	1,43
VL1	1119,35	6,58
VL2	1576,56	9,27
VL3	355,50	2,09
VL3'	355,50	2,09
VL4	1576,56	9,27
VL5	1298,83	7,64
		55,55

St sous voiles = 55,55 m²

b) semelles continues sous poteaux :

Nous aurons à étudier uniquement le portique le plus sollicité.

✓ Détermination de la largeur « B » :

Les différentes sollicitations revenant à chaque point d'appuis ainsi que les longueurs par rapport au point « A » sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau X-3) : Distance par rapport au point d'appuis A :

Poteaux	Ni=Gi+Qi(kn)	M(KN.m)	LA(m)	Ni*L(KN.m)
A	292,51	4,05	0	0
B	537,22	0	3,4	1826,548
C	466,03	0	6,8	3169,004
D	518,16	5	10,2	5285,232
E	575,06	-2,47	15,3	8798,418
F	503,32	-1,18	19,7	9915,404
G	253,17	-6,12	23,7	6000,129
	3145,47	-0,72		34994,735

✓ **Calcul du centre de pression (par rapport au point d'appuis A) :**

$$C_p = \frac{\sum N_i \cdot L_i + \sum M_i}{\sum N_i}$$

$$C_p = \frac{34994,735 - 0,72}{3145,47} = 11,12\text{m}$$

✓ **Calcul de l'excentricité (e_s) :**

-Si $e > \frac{L}{6}$ —————> Répartition triangulaire.

-Si $e \leq \frac{L}{6}$ —————> Répartition trapézoïdale

$$e_s = |G - C_p| = 12,05 - 11,12 = 0,93 \quad \text{ou} \quad G = \frac{L_t}{2} = 12,05 \text{ m}$$

$$\frac{L_t}{6} = \frac{24,10}{6} = 4,01\text{m}$$

$$e_s = 0,93$$

$$e = 0,93 \text{ m} < \frac{L}{6} = 4,01\text{m} \dots\dots\dots \text{Répartition trapézoïdale des contraintes.}$$

✓ **Calcul de $\sigma_{1/4}$:**

$$\sigma_{(L/4)} = \frac{N_s}{BL_T} \times \left(1 + \frac{3 \cdot e}{L}\right) \leq \bar{\sigma}_{bc}$$

Ce qui donne:

$$B \geq \frac{N_s}{\bar{\sigma}_{bc} L_T} \times \left(1 + \frac{3 \cdot e}{L}\right)$$

$$B \geq \frac{3145,47}{200 \cdot 24,10} \left(1 + \frac{3 \cdot 0,93}{24,10}\right) = 0,73$$

Donc on adopte une largeur $B = 1 \text{ m}$

$$\text{On aura donc, } S = B \times L = 1 \times 24,10 = 24,10\text{m}^2$$

Nous aurons la surface totale de la semelle filante : $S_t = S \times n + S_v$

$$\text{Avec : } S_t = 24,10 \times 6 + 55,55 = 200,15\text{m}^2$$

n : Nombre de portique dans le sens considéré.

Le rapport de la surface des semelles à la surface du bâtiment est :

$$S_{\text{Bat}} = 24,10 \times 16,50 = 397,65 \text{ m}^2$$

$$\frac{S_t}{S_{\text{Bat}}} = \frac{200,15}{397,65} = 50,33\%$$

La surface totale des semelles représente 50,33 % de la surface du bâtiment.

Conclusion : Vu que les semelles occupent plus de 50 % de la surface du sol d'assise, on adopte un choix d'un radier général comme fondation de notre bâtiment.

X-7) : Etude du radier général :

Un radier est défini comme étant une fondation travaillant comme un plancher renversé dont les appuis sont constitués par les poteaux de l'ossature et qui est soumis à la réaction du sol diminué du poids propre du radier. Il est :

- Rigide dans son plan horizontal,
- Permet une meilleure répartition de la charge sur le sol,
- Semble mieux convenir face aux désordres ultérieurs qui peuvent provenir des tassements éventuels,
- Facilité de coffrage et le ferrailage ;
- Rapidité d'exécution.

X-7-1) : Pré dimensionnement du radier :

❖ Hauteur des nervures :

• Selon la condition d'épaisseur minimale :

La hauteur du radier doit avoir au minimum 25cm ($h_{\min} = 25\text{cm}$)

• Selon la condition forfaitaire :

$$\frac{L_{\max}}{8} \leq h \leq \frac{L_{\max}}{5}$$

$$L_{\max} = 5,10 \text{ m} \Rightarrow 510/8 = 63,75 \text{ cm} \leq h \leq 510/5 = 102 \text{ cm}$$

On prend : $h = 90\text{cm}$.

❖ Epaisseur du tablier :

La dalle du radier doit satisfaire la condition suivante :

$$h_d \geq L_{\max}/20 \quad ; \quad \text{Avec : } L_{\max} = 5,10 \text{ m}$$

$L_{\max}$: portée maximale

$$\frac{A.N}{20} : h_d \geq \frac{510}{20} = 25,5 \text{ cm} \rightarrow \text{soit : } h_d = 30\text{cm}.$$

On prend :

$$h_n \geq \frac{L_{\max}}{10} = \frac{510}{10} = 51 \text{ cm} \rightarrow \text{Soit : } h_n = 55 \text{ cm}$$

• Selon la condition de vérification de la longueur élastique :

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{K \cdot b}} \geq \frac{2}{\pi} \cdot L_{\max}$$

Le calcul est effectué en supposant une répartition uniforme des contraintes sur le sol.
Le radier est rigide s'il vérifie :

$$L_{\max} \leq \frac{\pi}{2} \cdot L_e \rightarrow \text{Ce qui conduit à } h \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2}{\pi} \cdot L_{\max}\right)^4 \cdot \frac{3 \cdot K}{E}}$$

Avec :

L_e : Longueur élastique.

K : Module de raideur du sol, rapporté à l'unité de surface $K = 40 \text{ MPa}$ pour un sol moyen.

I : L'inertie de la section du radier (bande de 1m).

E : module élastique, $E = 32164,20 \text{ MPa}$.

$L_{\max}$: Distance maximale entre deux nervures successives.

D'où :

$$h \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2}{\pi} \times 5.60\right)^4 \times \frac{3 \times 40}{32164,2}} = 0.85 \text{ m}$$

Soit : $h = 90 \text{ cm}$.

Remarque :

Etant donné que la surface nécessaire du bâtiment est supérieure à celle du radier, donc on n'aura pas de débord. Mais en revanche les règles du BAEL, nous imposent un débord minimal qui sera calculé comme suit :

$$h_{\text{deb}} \geq \max\left(\frac{h}{2}; 30 \text{ cm}\right) = \max\left(\frac{90}{2}; 30 \text{ cm}\right) = 45 \text{ cm}$$

On opte pour un radier de $h_{\text{deb}} = 45 \text{ cm}$.

D'après les calculs précédents on adopte le dimensionnement suivant :

$h_n = 90 \text{ cm}$ Hauteur de la nervure.

$h_d = 30 \text{ cm}$ Hauteur de la dalle.

$b = 45\text{cm}$ Largeur de la nervure.

Charges permanentes $G = 26693,71 \text{ KN}$.

Charge d'exploitation $Q = 4795,44 \text{ KN}$.

X-7-2) : Combinaison d'actions :

$$\text{A l'ELU : } N_u = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q = 43229,67 \text{ KN}$$

$$\text{A l'ELS : } N_s = G + Q = 31489,15 \text{ KN}.$$

X-7-3) : Caractéristique du radier :

a) Surface du radier :

$$\text{A l'ELU} \quad S_{\text{radier}}^{\text{ELU}} \geq \frac{N_u}{1,33 \times \sigma_{\text{SOL}}} = \frac{43229,67}{1,33 \times 170} = 191,20 \text{ m}^2$$

$$\text{A l'ELS} \quad S_{\text{radier}}^{\text{ELS}} \geq \frac{N_s}{\sigma_{\text{SOL}}} = \frac{31489,15}{170} = 185,23 \text{ m}^2.$$

D'où :

$$S_{\text{rad}} = \max(S_{\text{nec}}^{\text{ELU}}; S_{\text{nec}}^{\text{ELS}}) = 191,20 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{bat}} = 397,65 \text{ m}^2 > S_{\text{rad}} = 191,20 \text{ m}^2$$

Donc la surface totale du radier est :

$$S_{\text{rad}} = S_{\text{bat}} + S_{\text{déb}} = 397,65 + 44,66 = 442,31 \text{ m}^2.$$

b) Poids du radier :

Poids du radier = Poids de la dalle + Poids des nervures + Poids du remblai.

Poids de la dalle = $438,25 \times 0,3 \times 25 = 3286,87 \text{ KN}$.

Poids des nervures = $[(0,9 - 0,3) \times 24,10 \times 25 \times 0,45 \times 5] + [(0,9 - 0,3) \times 16,5 \times 25 \times 0,55 \times 7]$
 $= 1766,25 \text{ KN}$.

Poids du remblai en (TVO) = $(0,9 - 0,3) \times 442,31 \times 17 = 4511,56 \text{ KN}$.

Donc : $P_{\text{radier}} = 3286,87 + 1766,25 + 4511,56 \text{ KN} \Rightarrow \mathbf{P_{radier} = 9564,68 \text{ KN}}$.

X-7-4) : Vérification :**X-7-4-1) : Vérification à la contrainte de cisaillement :**

Il faut vérifier que $\tau_u \leq \bar{\tau}_u$

$$\tau_u = \frac{T_u^{\max}}{b \cdot d} \leq \bar{\tau} = \min \left\{ \frac{0,15 \cdot f_{c28}}{\gamma_b}; 4 \text{MPa} \right\}$$

$$b = 100 \text{ cm}; \quad d = 0,9 \cdot h_d = 0,9 \times 30 = 27 \text{ cm}$$

$$T_u^{\max} = q_u \cdot \frac{L_{\max}}{2} = \frac{N_u \cdot b}{S_{rad}} \cdot \frac{L_{\max}}{2}$$

$$T_u^{\max} = \frac{43229,67 \times 1}{442,31} \times \frac{5,1}{2} = 249,23 \text{ KN}$$

$$\tau_u = \frac{249,23}{1 \times 0,27} = 923,07 \text{ KN} / \text{m}^2 = 0,92 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau} = \min \left\{ \frac{0,15 \times 25}{1,5}; 4 \text{ MPa} \right\} = 2,5 \text{ MPa}$$

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

X-7-4-2) : Vérification de la stabilité du radier :**• Calcul du centre de gravité du radier :**

$$X_G = \frac{\sum S_i \cdot X_i}{\sum S_i} = 13,42 \text{ m}; \quad Y_G = \frac{\sum S_i \cdot Y_i}{\sum S_i} = 9,91 \text{ m}$$

Avec :

S_i : Aire du panneau considéré ;

X_i, Y_i : Centre de gravité du panneau considéré.

• Moment d'inertie du radier

$$I_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{24,10 \times 16,5^3}{12} = 9021,68 \text{ m}^4$$

$$I_{yy} = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{16,5 \times 24,10^3}{12} = 19246,59 \text{ m}^4$$

La stabilité du radier consiste à la vérification des contraintes du sol sous le radier qui est sollicité par les efforts suivants :

- Effort normal (N) dû aux charges verticales.
- Moment de renversement (M) dû au séisme dans le sens considéré.

$$M_j = M_{j(K=0)} + T_{j(K=0)} \cdot h$$

Avec :

$M_{j(K=0)}$: Moment sismique à la base du bâtiment ;

$T_{j(K=0)}$: Effort tranchant à la base du bâtiment ;

I_{xi}, I_{yi} : Moment d'inertie du panneau considéré dans le sens considéré ;

h : Profondeur de l'infrastructure.

Le diagramme trapézoïdal des contraintes nous donne

$$\sigma_m = \frac{3 \cdot \sigma_1 + \sigma_2}{4}$$

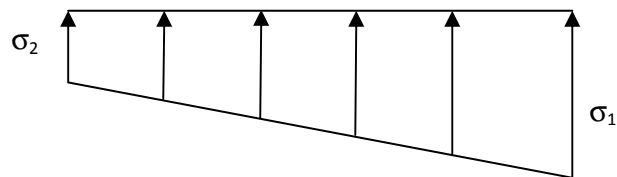


Figure XI.1 Diagramme des contraintes

Ainsi on doit vérifier que :

$$\text{A l'ELU : } \sigma_m = \frac{3 \cdot \sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq 1,33 \cdot \sigma_{\text{SOL}}$$

$$\text{A l'ELS : } \sigma_m = \frac{3 \cdot \sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq \sigma_{\text{SOL}}$$

Avec :

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{S_{\text{rad}}} \pm \frac{M}{I} \cdot V$$

✓ **Sens longitudinal :**

• **A l'ELU :**

$$M_X = 22790,92 \text{ KN.m}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_u}{S_{rad}} + \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{43229,67}{442,31} + \frac{22790,92}{19246,59} \times 13,42 = 113,63 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_u}{S_{rad}} - \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{43229,67}{442,31} - \frac{22790,92}{19246,59} \times 13,42 = 81,84 \text{ KN} / \text{m}^2$$

D'où

$$\sigma_m = \frac{3 \times 113,63 + 81,84}{4} = 105,68 \text{ KN} / \text{m}^2 \quad ; \quad 1,33\sigma_{SOL} = 1,33 \times 170 = 226,10 \text{ t} / \text{m}^2$$

$$\sigma_m < 1,33 \cdot \sigma_{SOL} \Rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

• **A l'ELS :**

$$M_X = 22790,92 \text{ KN.m}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_s}{S_{rad}} + \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{31489,15}{442,31} + \frac{22790,92}{19246,59} \times 13,42 = 87,08 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{S_{rad}} - \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{31489,15}{442,31} - \frac{22790,92}{19246,59} \times 13,42 = 55,30 \text{ KN} / \text{m}^2$$

D'où

$$\sigma_m = \frac{3 \times 87,08 + 55,30}{4} = 79,14 \text{ KN} / \text{m}^2 \quad ; \quad \sigma_{SOL} = 170 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\sigma_m < \sigma_{SOL} \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

✓ **Sens transversal :**

• **A l'ELU :**

$$M_y = 21326,55 \text{ [KNm]}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_u}{S_{rad}} + \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{43229,67}{442,31} + \frac{21326,55}{9021,68} \times 9,91 = 121,16 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_u}{S_{rad}} - \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{43229,67}{442,31} - \frac{21326,55}{9021,68} \times 9,91 = 74,31 / \text{m}^2$$

D'où

$$\sigma_m = \frac{3 \times 121,16 + 74,31}{4} = 109,45 \text{ KN} / \text{m}^2 \quad ; \quad 1,33\sigma_{SOL} = 1,33 \times 170 = 226,1 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\sigma_m < 1,33 \cdot \sigma_{SOL} \Rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

- **A P'ELS :**

$$M_y = 21326,55 [\text{KNm}]$$

$$\sigma_1 = \frac{N_s}{S_{rad}} + \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{31489,15}{442,31} + \frac{21326,55}{9021,68} \times 9,91 = 94,62 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{S_{rad}} - \frac{M_y}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{31489,15}{442,31} - \frac{21326,55}{9021,68} \times 9,91 = 47,77 \text{ KN/m}^2$$

D'où

$$\sigma_m = \frac{3 \times 94,62 + 47,77}{4} = 82,91 \text{ KN/m}^2 ; \sigma_{SOL} = 170 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_m < \sigma_{SOL} \Rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

X-7-4-3) : Vérification au poinçonnement :

Aucun calcul n'exigé si la condition suivante est satisfaite :

$$N_u \leq 0,045 \cdot \mu_c \cdot h \cdot f_{c28} / \gamma_b$$

Avec :

N_u : Charge de calcul à l'ELU pour le poteau

μ_c : Périmètre du pourtour cisailé sur le plan du feuillet moyen du radier.

a : Epaisseur du voile ou du poteau.

b : Largeur du poteau ou du voile (une bonde de 1m).

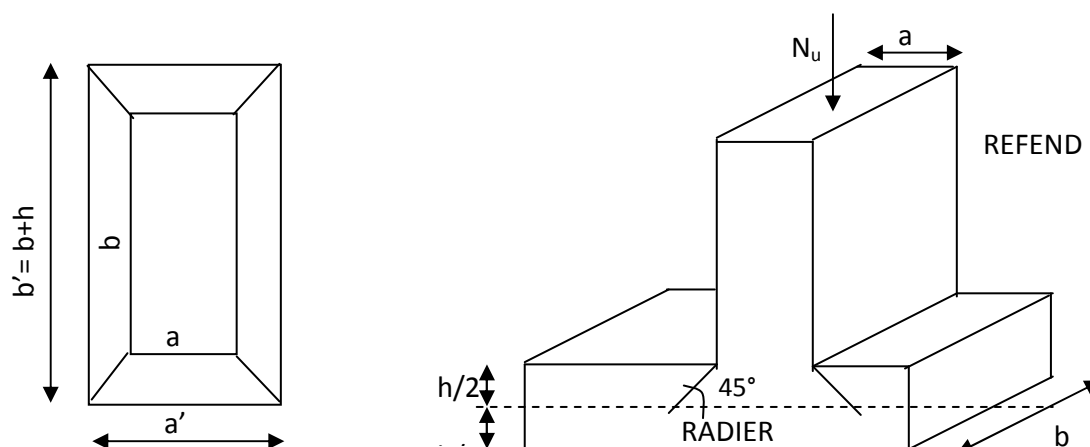


Figure XI.2 Périmètre utile des voiles et des poteaux.

✓ **Calcul du périmètre utile μ_c :**• **Poteaux**

$$\mu_c = 2 \cdot (a' + b') = 2 \cdot (a + b + 2 \cdot h) = 2 \times (0,4 + 0,4 + 2 \times 0,9) = 5,2m$$

$$N_u = 781,99KN$$

$$N_u < 0,045 \times 5,2 \times 0,90 \times 25000 / 1,5 = 3510,00KN$$

• **Voile**

$$\mu_c = 2 \cdot (a' + b') = 2 \cdot (a + b + 2 \cdot h) = 2 \times (0,2 + 1 + 2 \times 0,90) = 6,00KN\ m$$

$$N_u = 2169,74KN$$

$$N_u < 0,045 \times 0,90 \times 6,0 \times 25000 / 1,5 = 4050,00KN$$

X-7-5) : Ferrailage du radier :

Pour le calcul du ferrailage du radier, on utilise les méthodes exposées dans le BEAL 91

X-7-5-1) : Ferrailage des panneaux encastrés sur 4 appuis :

On distingue deux cas :

1^{er} Cas :

Si $\alpha < 0,4$ la flexion longitudinale est négligeable.

$$M_{ox} = q_u \cdot \frac{L_x^2}{8} \text{ et } M_{oy} = 0$$

2^{ème} Cas :

Si $\alpha \leq 0,4 \leq 1$ les deux flexions interviennent, les moments développés au centre de la dalle dans les deux bandes de largeur d'unité valent :

- Dans le sens de la petite portée L_x : $M_{ox} = \mu_x \cdot q_u \cdot L_x^2$
- Dans le sens de la grande portée L_y : $M_{oy} = \mu_y \cdot M_{ox}$

Les coefficients μ_x, μ_y sont données par les tables de PIGEAUD.

Avec :

$$\alpha = \frac{L_x}{L_y} \quad \text{avec } (L_x < L_y)$$

Remarque :

Les panneaux étant soumis à des chargements sensiblement voisins et afin d'homogénéiser le ferrailage et de faciliter la mise en pratique, il leur sera donc adopté la même section d'armatures, en considérant pour les calculs le panneau le plus sollicité.

X-7-5-2) : Identification du panneau le plus sollicité :

$$\rho = \frac{L_x}{L_y} = \frac{4,70}{5,20} = 0,90 \Rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,0458 \\ \mu_y = 0,778 \end{cases}$$

$0,4 \leq \alpha \leq 1 \Rightarrow$ la dalle travaille dans les deux sens.

Pour le calcul du ferrailage, soustrairons de la contrainte maximale $\sigma_M^{\max}$, la contrainte due au poids propre du radier, ce dernier étant directement repris par le sol.

• **A l'ELU :**

$$q_{um} = \sigma_m(ELU) - \frac{G_{rad}}{S_{rad}} = 109,45 - \frac{9564,68}{442,31} = 87,83 \text{ KN} / \text{m}^2$$

• **A l'ELS :**

$$q_{sm} = \sigma_m(ELS) - \frac{G_{rad}}{S_{rad}} = 82,91 - \frac{9564,68}{442,31} = 61,29 \text{ KN} / \text{m}^2$$

X-7-5-3) : Calcul à l'ELU :

a) : Evaluation des moments M_x, M_y :

On obtient :

$$M_x = 0,0458 \times 87,83 \times (4,70)^2 = 88,86 \text{ KN.m}$$

$$M_y = 0,778 \times 88,86 = 69,13 \text{ KN.m}$$

Remarque :

Afin de tenir compte des semi encastrement de cette dalle au niveau des nervures, les moments calculés seront minorés en leur effectuant de (0,5) aux appuis et (0,75) en travée.

b): Ferrailage dans le sens x-x :**Moments aux appuis :****Moments en travée :**

$$M_{ua} = (-0,5) \cdot M_{u \max} \quad M_{ut} = (0,75) \cdot M_{u \max}$$

$$M_{ua} = (-0,5) \times 88,86 \quad M_{ut} = (0,75) \times 88,86$$

$$M_{ua} = -44,43 \text{ KNm} \quad M_{ut} = 66,65 \text{ KNm}$$

- Aux appuis :**

$$\mu_u = \frac{M_{ua}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{44,43 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0,042 < 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

Les armatures de compression ne sont pas nécessaires.

$$\mu_u = 0,042 \rightarrow \beta_u = 0,979$$

$$A_{ua} = \frac{M_{ua}}{\beta_u \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{44,43 \times 10^3}{0,979 \times 27 \times 348} = 4,83 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit : } 5 \text{ HA12 / ml} = 5,65 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Avec un espacement de 20 cm.

- En travée :**

$$\mu_u = \frac{M_{ut}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{66,65 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0,064 < 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

Les armatures de compression ne sont pas nécessaires.

$$\mu_u = 0,064 \rightarrow \beta_u = 0,967$$

$$A_{ut} = \frac{M_{ut}}{\beta_u \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{66,65 \times 10^3}{0,967 \times 27 \times 348} = 7,34 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit : } 5 \text{ HA14 / ml} = 7,70 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Avec un espacement de 20 cm

c) : Ferrailage dans le sens y-y :**Moments aux appuis :****Moments en travée :**

$$M_{ua} = (-0,5) \cdot M_{u \max} \quad M_{ut} = (0,75) \cdot M_{u \max}$$

$$M_{ua} = (-0,5) \times 69,13 \quad M_{ut} = (0,75) \times 69,13$$

$$M_{ua} = -34,57 \text{ KNm} \quad M_{ut} = 51,85 \text{ KNm}$$

- **Aux appuis :**

$$\mu_u = \frac{M_{ua}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{34,57 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0,034 < 0,392 \Rightarrow SSA$$

Les armatures de compression ne sont pas nécessaires.

$$\mu_u = 0,034 \rightarrow \beta_u = 0,983$$

$$A_{ua} = \frac{M_{ua}}{\beta_u \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{34,57 \times 10^3}{0,983 \times 27 \times 348} = 3,7 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit : } 5HA12 / ml = 5,65 \text{ cm}^2 / ml$$

Avec un espacement de 20 cm

- **En travée :**

$$\mu_u = \frac{M_{ut}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{51,85 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0,050 < 0,392 \Rightarrow SSA$$

Les armatures de compression ne sont pas nécessaires.

$$\mu_u = 0,050 \rightarrow \beta_u = 0,974$$

$$A_{ut} = \frac{M_{ut}}{\beta_u \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{51,85 \times 10^3}{0,974 \times 27 \times 348} = 5,67 \text{ mm}^2 / ml$$

$$\text{Soit : } 5HA14 / ml = 7,70 \text{ cm}^2 / ml$$

Avec un espacement de 20 cm

X-7-5-4) : Vérification de la condition de non fragilité :

$$A_{\min} = \delta_0 \cdot b \cdot h \cdot \frac{3 - \frac{L_x}{L_y}}{2} \text{ Avec } \delta_0 = 0,0008 \text{ pour HA FeE400}$$

$$A_{\min} = 0,0008 \times 100 \times 30 \times \frac{3 - \frac{4,70}{5,20}}{2} = 2,515 \text{ cm}^2 / ml$$

→ Condition vérifiée pour toute la section de ferrailage calculé.

Aux appuis : $A_{ua}^x = A_{ua}^y = 5,65 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 2,515 \text{ cm}^2 / ml \Rightarrow$ Condition vérifier.

En travée : $A_{ut}^x = A_{ut}^y = 7,70 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 2,515 \text{ cm}^2 / ml \Rightarrow$ Condition vérifier.

X-7-5-5) : Calcul à l'ELS :

$$\rho = \frac{L_x}{L_y} = \frac{4,70}{5,20} = 0,90 \Rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,0529 \\ \mu_y = 0,846 \end{cases}$$

a) Evaluation des moments M_x , M_y :

$$M_x = \mu_x \cdot q_s \cdot L_x^2 \quad \text{et} \quad M_y = \mu_y \cdot M_x$$

On obtient :

$$M_x = 0,0529 \times 61,29 \times 4,70^2 = 71,62 \text{ KN.m}$$

$$M_y = 0,846 \times 71,62 = 60,59 \text{ KN.m}$$

➤ Sens (x-x) :

Moments aux appuis :

Moments en travée :

$$M_{sa} = (-0,5) \cdot M_{s \max} \quad M_{st} = (0,75) \cdot M_{s \max}$$

$$M_{sa} = (-0,5) \times 71,62 \quad M_{st} = (0,75) \times 71,62$$

$$M_{sa} = -35,81 \text{ KN.m} \quad M_{st} = 53,72 \text{ KN.m}$$

➤ Sens (y-y) :

Moments aux appuis :

Moments en travée :

$$M_{sa} = (-0,5) \cdot M_{s \max} \quad M_{st} = (0,75) \cdot M_{s \max}$$

$$M_{sa} = (-0,5) \times 60,59 \quad M_{st} = (0,75) \times 60,59$$

$$M_{sa} = -30,30 \text{ KN.m} \quad M_{st} = 45,44 \text{ KN.m}$$

b) : Vérification des contraintes dans le béton (Sens x-x) :

Pour se disposer de cette vérification, on peut vérifier simplifier pour (α) position de l'axe neutre que :

$$\alpha = \frac{y}{d} < \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} \quad \text{avec : } \gamma = \frac{M_u}{M_s}$$

• Aux appuis :

$$\gamma = \frac{44,43}{35,81} = 1,24 \text{ et } \mu = 0,034 \rightarrow \alpha = 0,0432$$

$$\alpha = 0,0432 < \frac{1,24 - 1}{2} + \frac{25}{100} = 0,37$$

- **En travée :**

$$\gamma = \frac{66,65}{53,72} = 1,24 \text{ et } \mu = 0,069 \rightarrow \alpha = 0,0881$$

$$\alpha = 0,0881 < \frac{1,24 - 1}{2} + \frac{25}{100} = 0,35$$

Les contraintes suivant (x-x) sont plus défavorables, donc les contraintes suivant (y-y) sont vérifiées.

X-7-5-6) : Ferrailage du débord :

Le débord est assimilé à une console soumise à une charge uniformément répartie Figure XI.3. Le calcul se fera pour une bonde de 1mètre de longueur.

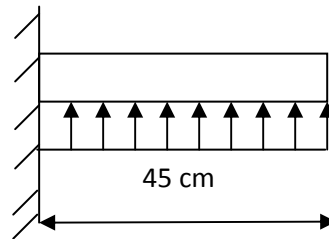


Figure X.3 Schéma statique du débord

a) : Sollicitation de calcul :

- **A l'ELU :**

$$q_u = 87,83 \text{ KN/ml}$$

$$M_u = \frac{-q_u \cdot l^2}{2} = \frac{-87,83 \times 0,45^2}{2} = -8,89 \text{ KNm}$$

- **A l'ELS :**

$$q_s = 61,29 \text{ KN/ml}$$

$$M_s = \frac{-q_s \cdot l^2}{2} = \frac{-61,29 \times 0,45^2}{2} = -6,21 \text{ KNm}$$

b) : Calcul des armatures :

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{8,89 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14,2} = 0,0086 < \mu_r = 0,392$$

$$\mu_u = 0,0086 \rightarrow \beta_u = 0,955$$

$$A_u = \frac{M_u}{\beta_u \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{8,89 \times 10^3}{0,955 \times 27 \times 348} = 0,99 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

c) : Vérification à l'ELU :

$$A_{\min} = \frac{0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 100 \times 27 \times 2,1}{400} = 3,26 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 3,26 \text{ cm}^2 > A = 0,99 \Rightarrow \text{Condition non vérifiée.}$$

Soit: 4HA12/ ml = 4,52 cm² Avec un espacement de 25 cm

d) : Armatures de répartition :

$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{4,52}{4} = 1,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{On adopte 4HA10} = 3,14 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Avec $S_t = 25 \text{ cm}$

e) : Vérification à l'ELS :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{8,89}{6,21} = 1,43$$

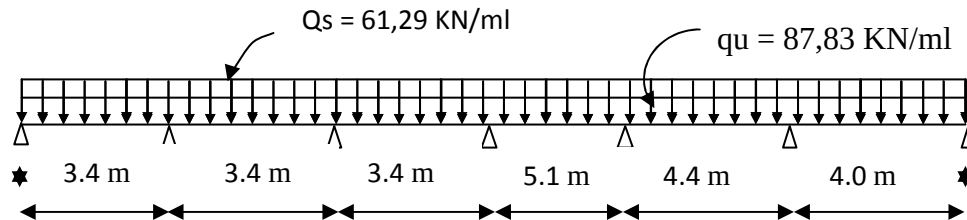
$$\alpha = 0,01 < \frac{1,43 - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0,465$$

$\Rightarrow$ Il n'y a pas lieu de faire la vérification des contraintes à l'ELS.

X-7-6) : Ferrailage des nervures :**X7-6-1) : Sollicitation de calcul :**

$$q_U = 87,83 \text{ kN/m}^2.$$

$$q_s = 61,29 \text{ kN/m}^2.$$

**Schéma statique de la nervure**

Les moments fléchissant max sont :

- à l'ELU :

$$M_{ua} = 195,07 \text{ kNm}$$

$$M_{ut} = 268,96 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 268,71 \text{ kN}$$

- à l'ELS:

$$M_{sa} = 138,12 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = 190,44 \text{ kNm}$$

b)- Calcul du ferrailage à l'ELU

✓ Aux appuis :

$$\mu_u = \frac{M_{ua}}{bd^2 f_{bu}} = \frac{195,07 \times 10^3}{45 \times (87)^2 \times 14,2} = 0,04 < \mu_l = 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

Les armatures de compression ne sont pas nécessaires

$$\mu_u = 0,04 \rightarrow \beta = 0,980$$

$$A_{ua} = \frac{M_{ua}}{\beta_u d \sigma_{st}} = \frac{195,07 \times 10^3}{0,980 \times 87 \times 348} = 6,57 \text{ cm}^2$$

Soit 5HA14 = 7,70 cm² Avec un espacement de **10[cm]** entre les barres.

✓ **En travée :**

$$\mu_u = \frac{M_{ut}}{bd^2 f_{bu}} = \frac{268,96 \times 10^3}{45 \times (87)^2 \times 14.2} = 0.056 < \mu_l = 0.392 \Rightarrow SSA$$

Les armatures de compression ne sont pas nécessaires

$$\mu_u = 0.056 \rightarrow \beta = 0.971$$

$$A_{ua} = \frac{M_{tu}}{\beta d \sigma_{st}} = \frac{268,96 \times 10^3}{0.971 \times 87 \times 348} = 9,14 \text{ cm}^2$$

Soit 6HA14 = 9.23cm² Avec un espacement de [**10cm**] entre les barres.

➤ **Armatures transversales :**

$$\phi \geq \frac{\phi_l}{3} = \frac{14}{3} = 4,67 \text{ mm}.$$

Soit $\phi = 8 \text{ mm}$,

➤ **Espacement des armatures :**

✓ **En zone nodale** $S_t \leq \min\left(\frac{h}{4}; 12\phi_l\right) = \left(\frac{90}{4}; 12 \times 1.4\right) = 16.8 \text{ cm}$

✓ On opte pour $S_t = 10 \text{ cm}$

✓ **En zone courante :** $S_t \leq \frac{h}{4} = 22.5 \text{ cm}$

On opte pour $S_t = 15 \text{ cm}$

➤ **Vérification à l'ELU :**

$$A_{\min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0.23 \times 45 \times 87 \times 2.1}{400} = 4.73 \text{ cm}^2$$

$A_a = 7.70 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 4.04 \text{ cm}^2$ Condition vérifiée.

$A_t = 9.23 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 4.04 \text{ cm}^2$ Condition vérifiée.

❖ **Vérification de la contrainte de cisaillement :**

$$\tau_u = \frac{T_{u \max}}{b.d} \leq \overline{\tau_u} = \min\left\{\frac{0.15 f_{c28}}{\gamma_b}; 4 \text{ MPa}\right\} = 2,5 \text{ MPa}$$

Avec : $T_{u \max} = 268.71 \text{ kN}$

$$\tau_u = \frac{268.71 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.87} = 0.69 \text{ MPa}$$

$\tau_u = 0.69 \text{ MPa} < \overline{\tau_u} = 2,5 \text{ MPa}$ Condition vérifiée.

➤ **Vérification à l'ELS :**

On se disposera de cette vérification si cette inéquation est vérifiée :

$$\alpha < \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} \quad \text{Avec} \quad \gamma = \frac{M_u}{M_s}$$

✓ **Aux appuis :**

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{8.89}{6.21} = 1.43 \Rightarrow \mu = 0.096 \rightarrow \alpha = 0.1264$$

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{8.89}{6.21} = 1.43$$

$$\alpha = 0.01 < \frac{1.43-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0.465 \quad \gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{8.89}{6.21} = 1.43$$

$$\alpha = 0.01 < \frac{1.43-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0.465 \quad \gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{8.89}{6.21} = 1.43$$

$$\alpha = 0.01 < \frac{1.43-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0.465 \quad \gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{8.89}{6.21} = 1.43$$

$$\alpha = 0.01 < \frac{1.43-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0.465 \quad \text{Condition vérifiée.}$$

✓ **En travée :**

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{153.45}{112.63} = 1.36 \Rightarrow \mu = 0.048 \rightarrow \alpha = 0.0615$$

$$\alpha = 0.0615 < \frac{1.36-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.43 \quad \text{Condition vérifiée.}$$

Conclusion :

La condition $\alpha < \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$ est vérifiée, donc il n'est pas nécessaire de procéder à la vérification des contraintes dans le béton à l'ELS.

Chapitre XI

Etude du mur de soutènement

XI) : Calcul du mur de soutènement :**XI-1) : Introduction :**

Le mur de soutènement sera prévu au niveau de l'infrastructure pour reprendre les poussées des terres ainsi qu'aux charges d'exploitation. sa hauteur est de 4,08m et l'épaisseur minimale exigée par le RPA 99 est telle que $\geq 15\text{cm}$ (Art 10.1.2) . on optera pour une épaisseur de **20 cm**. Il sera calculé indépendamment des autres éléments de la construction.

XI-2) : Méthode de calcul :

Le mur sera calculé comme une console verticale encastrée au niveau de la semelle (débord)

a) Détermination des sollicitations

Les contraintes qui s'exercent sur la face du mur sont

σ_H : contrainte horizontale.

σ_V : contrainte verticale.

$$\sigma_H = K_a \cdot \sigma_V \quad K_0 = 1 - \sin \varphi$$

K_0 : coefficient de poussée des terres au repos.

φ : Angle de frottement interne.

b) Les caractéristiques mécaniques et physiques du sol :

Surcharges éventuelle : $q = 5 \text{ KN/m}^2$

Poids volumique des terres : $\gamma = 18 \text{ KN/m}^3$

Angle de frottement : $\varphi = 30^\circ$

Cohésion : $C = 0$ (sable)

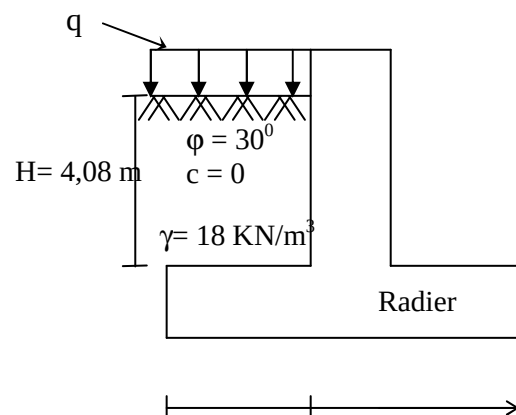


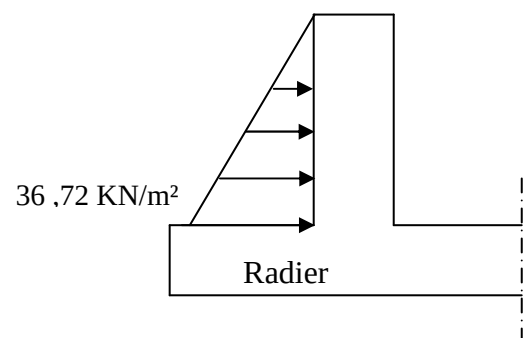
Fig XI-1 : Schéma du mur de soutènement.

XI-3) calcul des sollicitations :**a) Contrainte de poussée des terres :**

$$\sigma_H = K_0 \cdot \sigma_V = K_0 \gamma h \quad \text{avec } 0 < h < H$$

$$\text{- Pour : } h=0 \rightarrow \sigma_H = 0$$

$$\text{- Pour : } h=4,08 \text{ m} \rightarrow \sigma_H = 36,72 \text{ KN/m}^2$$

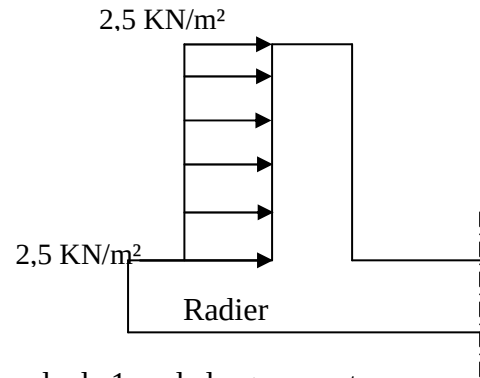


b) Contrainte de la poussée due à la surcharge :

$$\sigma_H = k_0 q$$

- Pour : $h=0 \rightarrow \sigma_H = 2,5 \text{ KN/m}^2$

- Pour : $h=4,08 \text{ m} \rightarrow \sigma_H = 2,5 \text{ KN/m}^2$



Les charges à prendre en compte dans le calcul pour une bande de 1 m de largeur sont :

$$q_1 = 36,72 \text{ KN/ml}$$

$$q_2 = 2,5 \text{ KN/ml}$$

XI-4) Calcul des efforts internes :

- Calcul des moments :

$$M_1 = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{36,72 \cdot 4,08^2}{6} = 101,87 \text{ kN.m}$$

$$M_2 = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{2,5 \cdot 4,08^2}{2} = 20,80 \text{ kN.m}$$

- Calcul des efforts tranchants:

$$T_1 = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{36,72 \cdot 4,08}{2} = 74,90 \text{ kN}$$

$$T_2 = q_2 \cdot L = 2,5 \cdot 4,08 = 10,2 \text{ Kn}$$

XI-5 Calcul des armatures à l'ELU :

$$M_u = 1,35M_1 + 1,5M_2 = 168,72 \text{ kN.m}$$

On a: $d = 18 \text{ cm}$, $c = 2 \text{ cm}$, $b = 100 \text{ cm}$

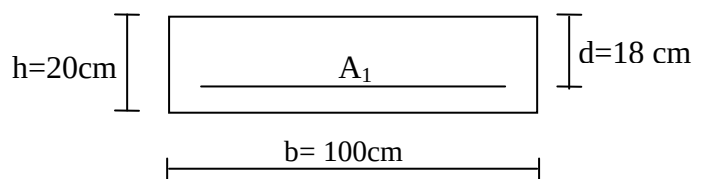
$$\mu = \frac{M}{bd^2f} = \frac{168,72 \cdot 10^3}{100 \cdot 18^2 \cdot 14,2} = 0,118$$

$\mu < \mu_1 = 0,392 \Rightarrow$ la section est simplement armée.

à partir des abaques, on a la valeur de $\mathcal{B}$ correspondant.

$$\mu = 0,118 \rightarrow \mathcal{B} = 0,937$$

$$A_{ut} = \frac{M}{\mathcal{B} d \sigma_{st}} = \frac{168,72 \cdot 10^3}{0,937 \cdot 18 \cdot 348} = 28,74 \text{ cm}^2$$



Choix des armatures : on prendra **6HA25/ml=29,45cm²**
esp =17cm

➤ **Armatures de répartition**

$$A_H = \frac{A}{4} = \frac{29,45}{4} = 7,36\text{cm}^2$$

Choix des armatures : on prendra **5HA14/ml= 7,70cm²**
esp =20cm

XI-6 vérification à l'ELS :

Vérification de la contrainte dans le béton :

$$A_S = 29,45\text{cm}^2 ; M_S = 101,87 + 20,80 = 122,67 \text{ kN.m}$$

On doit avoir $\sigma_{bc} \leq \sigma_{bc}^- = 0,6\sigma_{c28} = 15\text{MPa}$

$$\sigma_{bc} = \frac{M}{k}$$

$$p = \frac{100A}{bd} = \frac{100 \cdot 29,45}{100 \cdot 18} = 1,63$$

Des annexes, on tire les valeurs de k_1 et B : $k_1 = 15,12$; $B_1 = 0,834$

$$\sigma_{bc} = \frac{122,67 \cdot 10^6}{24,37 \cdot 0,834 \cdot 180 \cdot 2945} = 11,38 \text{ MPa} \Rightarrow \sigma_{bc} < \sigma_{bc}^- \text{ La condition est vérifiée}$$

XI-7) Recommandations du RPA :

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)

$$A \geq 0,001 b h = 0,001 \times 100 \times 20 = 2\text{cm}^2$$

Les deux nappes sont reliées par quatre épingles /m² de HA8.

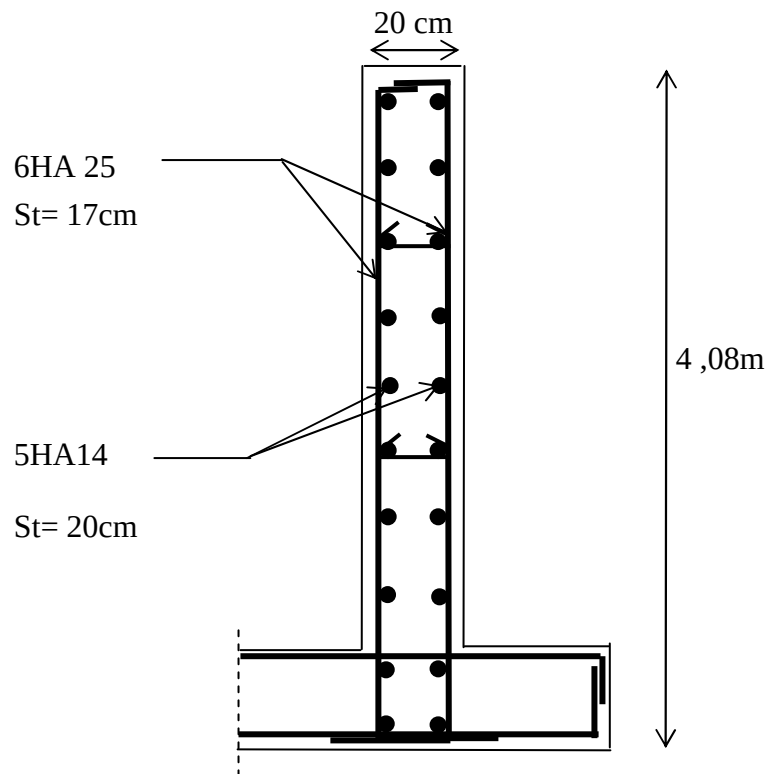


Fig XI -2 : plan de ferrailage de mur de soutènement

Conclusion

Arrivés au terme de notre travail, ce projet de fin d'études nous a permis de mettre en pratique une partie des connaissances théoriques acquises durant notre formation en nous basant sur les documents techniques et même d'application des règlements et de certaines méthodes, de mettre en évidence quelques principes de base qui doivent être pris en considération dans la conception des structures en béton armé.

D'après l'étude que nous avons faite, il convient de souligner les points Suivants :

- Dans la conception parasismique, il est important que l'ingénieur aboutisse à une conception plus adéquate -dans la mesure du possible- vis-à-vis de l'architecture et une sécurité parasismique sans surcoût important ;
- La forme irrégulière de la structure étudiée a été un facteur très négatif qui nous a limité les possibilités quant à la disposition optimale des voiles ;
- Il est indéniable que l'étude dynamique constitue une étape déterminante dans la conception parasismique des structures ;
- Le séisme en tant que chargement dynamique reste l'une des plus importante et dangereuse action à considérer dans le cadre de la conception et calcul des structures ;
- Les structures à contreventement mixtes (dont la disposition est optimale) travaillent conjointement quant à la reprise des efforts sismiques.

Toutefois, en prenant conscience de l'évolution considérable qu'a connue le domaine du génie civil ainsi que les exigences technologiques et économiques (délai et coût de réalisation) de notre époque, il serait préférable de faire appel à des logiciels de calcul tridimensionnel de structures qui sont rapides, faciles à utiliser et plus proches de la réalité pratique.

Bibliographie

- **Jean-Pierre MOUGIN, Béton armé, BAEL 91 modifié 99 et DTU associés, 2ème édition 2000**
- **(DTR B-C2-2) charges permanentes et charges d'exploitations**
- **Règles parasismiques Algériennes (RPA 99/ Version 2003)**
- **Mr BELAZOUGUI : Calcul des ouvrages en béton armé**
- **YACINE CHERAIT : Calcul des ouvrages en béton armé, OPU**
- **P .CHARON, Calcul des ouvrages en béton armé**
- **H. RENAUD, Technologie de le bâtiment Gros oeuvre, OUVRAGES-EN**
- **BÉTON ARME, Les éditions FOUCHER, (2002)**
- **H. RENAUD et J.LAMIRAULT, Bâtiment et Génie Civil, Béton Armé, Guide de calcul, Les éditions FOUCHER, (1993)**
- **VICTOR DAVIDOVICI, Formulaire du béton armé, Volume 1 : Calcul**
- **MILAN ZACEK, Conception parasismique, Niveau - avant projet**
- **M. DIVER, Calcul pratique des tours en béton armé, calcul des Refends.**
- **Cours et TD des années précédentes**