

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté du génie de la construction
Département de génie civil



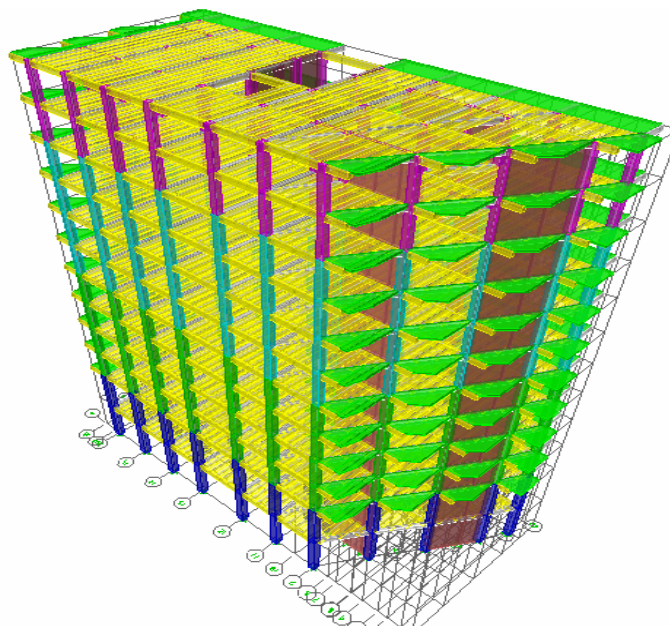
Mémoire de fin d'étude



En vue d'obtention du diplôme de master professionnel en génie civil.

Option : construction civile et industrielle

Thème : Étude comparative entre la méthode statique équivalente et la méthode modale spectrale d'un bâtiment régulier (R+10+S-S) à usage d'habitation et commercial



Proposé par : Bureau d'étude

Dirigé par : M^r HARMIM

Étudié par : M^{elle} BERHOUN Samia

M^{elle} CHAOUICHE Fazia

Année universitaire : 2011/2012

REMERCEMENT

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à

Mr HARMIM

Pour sa disponibilité permanente et ses orientations tout au long

De notre travail.

On remercie également l'ensemble des enseignants qui ont

Contribué à notre formation, ainsi que les membres du jury qui

Nous feront l'honneur de juger notre travail.

DEDICACE

*Je tiens vivement à dédier ce modeste
travail en*

Signe de respect et de reconnaissance :

*A ceux pour qui je dois tout et à qui je ne
rendrais jamais*

Assez ; mes chers parents

À ma très chère sœur

À mes chers frères

À tous mes amis

Et à ma chère binôme Fazia

À Toute la promotion 2011-2012

Samia

DEDICACE

*Je tiens vivement à dédier ce modeste
travail en*

Signe de respect et de reconnaissance :

*A ceux pour qui je dois tout et à qui je ne
rendrais jamais*

Assez ; mes chers parents

À mes très chères sœurs

À mes chers frères

À tous mes amis

Et à ma chère binôme Samia

À Toute la promotion 2011-2012

Fazia

Sommaire

Introduction générale	
Chapitre I Présentation du l'ouvrage	
I.1.Introduction :.....	1
I.2.Description de l'ouvrage :.....	1
I.2.1. Caractéristiques géométriques de l'ouvrage :.....	1
I.2.2. Les éléments constitutifs de l'ouvrage :.....	2
I.3. caractéristiques des matériaux :.....	3
I.3.1. Le béton :.....	3
I.3.2. Les aciers:.....	6
I.3.3. Les états limites :.....	6
I.3.3.1. Le béton :.....	6
I.3.3.2. Les aciers:.....	8
I.4. Protection des armatures :.....	10
I.5.Réglementations :.....	11
Chapitre II : Pré-dimensionnement des éléments :	
II.1.Introduction :.....	12
II.2. Pré-dimensionnement des éléments :.....	12
II.2.1.Plancher :.....	12
II.2.2.Les poutres :.....	13
II.2.3 Pré dimensionnement des voiles (Art7.7.1 du RPA99 version2003) :.....	15
II.2.4.Les poteaux.....	18
II.2.4.1.Localisation du poteau le plus sollicité :.....	18
II.2.4.2.Détermination des charges et surcharge :(DTR B.C 2.2) :.....	19
II.2.4.3.Descente de charge :.....	21
II.3.Conclusion :.....	27
Chapitre III: Etude sous charges verticales	
III.1.Introduction :.....	28
III.2. Notation utilisée :.....	28
III.3. Caractéristiques géométriques des portiques :.....	29
III.4.Moment réel:.....	29

III.5.Calcul des moments aux nœuds :.....	32
III.6.Calcul des moments en travées :.....	32
III.7. Calcul des efforts tranchants dans les poutres :.....	32
III.8. Calcul des efforts normaux dans les poteaux :.....	32
III.9.Détermination du point d'inflexion dans le poteau (moment nul) :.....	33
III.10.Application :.....	33
III.10.1.Détermination des charges supportées par les portiques :.....	33
Chapitre IV Etude de contreventement	
IV.1.Introduction :	83
IV.2. caractéristiques géométriques des voiles :.....	83
IV.2.1.Calcul des inerties des voiles pleins :.....	83
IV.3.Inertie fictive des portiques :	85
IV.3.1.Calcul des déplacements des portiques:.....	85
IV.3.2.Calcul des flèches des refends :	86
IV.3.3. Rigidités des portiques :.....	90
IV.3.3.1. Calcul des rigidités linéaires :	90
IV.3.4.Interprétation des résultats :.....	104
IV.3.5.Calcul des coefficients K (rigidités moyennes) :.....	105
IV.3.6.Calcul des coefficients des rigidités des poteaux :.....	105
IV.3.7. Calcul des rigidités des poteaux « i » au niveau « j » :.....	105
IV.3.8.Calcul de la rigidité d'un portique « j » » dans les deux sens:.....	105
IV.4.Calcul des rigidités des voiles :	126
IV.5.Centre de masse et centre de torsion :	128
IV.5.1. Centre de masse :	128
IV.5.2. Centre de Torsion :.....	128
IV.5.2. 1.Propriétés du centre de torsion :.....	128
IV.5.2. 2.Détermination du centre de torsion :.....	129
IV.6.Calcul des excentricités : (RPA 4.2.7).....	129
Chapitre V étude au séisme	
V.1.Introduction.....	140
V.2. Les différentes méthodes de calcul :.....	140
V.2.1. Méthode statique équivalente :.....	140
V.2.2. Méthode d'analyse modale spectrale :	140

V.2.3.Méthode d'analyse dynamique par accélération :	140
V.3.la méthode statique équivalente :	141
V.3.1.Conditions d'application de la méthode statique équivalente :	141
V.3.2.Vérification de la MSE sur notre bâtiment :	141
V.3.2.1.Condition de la hauteur :	141
V.3.2.2.Régularité en plan : (RPA99modifié en2003/Art 3.5.1.a).	141
V.3.2.3.Régularité en élévation : (RPA99 / Art 3.5.1.b).	142
V.3.3.Calcul de la force sismique à la base du bâtiment :	143
V.3.4.Distribution de la force sismique sur les différents niveaux :	147
V.3.5.Effort tranchant revenant aux étages :	149
V.3.6.Calcul des déplacements relatifs : (Art 4.4.3 RPA/ 99)	149
V.3.7.Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques :	151

Chapitre VI : étude sous les charges horizontales

VI.1. Etude des portiques sous charges horizontales :	153
VI.1.1. Introduction :	153
VI.1.2.Calcul de l'effort revenant à chaque portique pour chaque niveau :	153
VI.1. 3.Calcul des sollicitations :	153
VI.2.1. Introduction :	182
VI.2.2.Principe de la méthode du centre de torsion :	182
VI.2.3.Calcul de l'inertie polaire des voiles :	183
VI.2.4.Calcul des moments et des efforts tranchants dans les voiles :	183

Chapitre VII: combinaison des charges

chapitre VIII: modélisation du la structure

VIII.1. Introduction :	219
VIII.2. Description du logiciel ETABS:	219
VIII.3. Étapes à suivre dans la modélisation :	220

Chapitre IX : étude comparative

IX.1.Introduction :	236
IX.2.METHODE STATIQUE EQUIVALENTE :	236
IX.3. METHODE MODALE SPECTRALE :	236
IX.4. La Période :	236

IX.5.L'effort tranchant total à la base du bâtiment :	237
IX.6.Les déplacements absolus et les déplacements inter-étages relatives :	237
IX.7.La variations des efforts internes (M.N.T) :	239
IX.8. Vérifications des conditions du RPA :	250
IX.8.1.Vérification de l'effort tranchant à la base :	250
IX.8.2.participations massiques :	251
IX.8.3.Justification des déplacements latéraux inters-étages :	252
IX.8.4. Justification vis-à-vis de l'effet « P-Delta » :	253
Chapitre X : ferrailage des éléments	
X.1.Introduction :	255
X.2.Les portiques :	255
X.2.1. ferrailage des poutres :	255
X.2.2.Ferrailage des poteaux :	268
X.3.Ferrailage des voiles :	287
X.3.1.Ferrailage des voiles pleins :	287
Chapitres XI: étude du l'infra structure	
XI.1.Introduction :	297
XI.2.Différentes fonctions des fondations :	297
XI.3.Différents types de fondations :	297
XI.4.Choix du type de fondations :	298
XI.5.Etude géotechnique du sol :	298
XI.6.Semelles isolés sous poteaux :	298
XI.7. Semelles filantes :	299
XI.7.1.Semelles filantes sous voiles :	299
XI.7.2.Semelles filantes sous poteaux :	300
XI.8.Etude du radier général :	301
XI.8.1.Pré dimensionnement du radier :	301
XI.8.2.Détermination des efforts :	303
X.8.3.Détermination de la surface du radier :	304
XI.8.4.Détermination des efforts réels à la base du radier :	304
X.8.5.Vérifications :	305
X.8.6.Ferrailage du radier :	309

XI.8.6.1.Ferraillage des panneaux encastrés sur 4 appuis	309
XI.8.6.2 Ferraillage du débord :	315
XI.8.6.3. Ferraillage des nervures :	316
XI.9.Etude du voile plaque (périphérique) :	322
XI.9.1.Introduction :	322
XI.9.2.Pré dimensionnement du voile plaque :	322
XI.9.3.Contraintes de sollicitations :	322
XI.9.4. Calcul des sollicitations :	323
XI.9.5. Ferraillage :	324
Conclusion générale	

Liste des tableaux

- Tableau III.1. Les caractéristiques géométriques du portique (3-3) :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.2 Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous G :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.3.Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous Q :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.4 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous G :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.5 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous Q :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.6 Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous G :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.7. Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous Q:**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.8. Les caractéristiques géométriques du portique (K-K) :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.9. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous G :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.10. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous Q:**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.11.Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (K-K) sou G :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.12.Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (K-K) sou Q :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.1 : les voiles transversaux (sens transversal).....**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.2 : les voiles longitudinaux (sens longitudinal) :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.3 : L'aire des trapèzes.**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.4b. : Rigidités des poteaux dans le sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.5a : Rigidités des poutres dans le sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.5b : Rigidités des poutres dans le sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.6: Inertie fictive dans le sens transversal:**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.6: Rigidités des portiques « R_{jx} » dans le sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.7: Rigidités des portiques « R_{jy} » dans le sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.8: Rigidités des voiles dans le sens longitudinal**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.9: Rigidités des voiles dans le sens transversal:**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.10: La rigidité de l'ensemble (voile+portique) :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.11: Rigidité à la torsion des portiques longitudinaux**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.12: Rigidité à la torsion des portiques transversaux :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.13: Rigidité à la torsion des voiles dans sens longitudinale :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau IV.14: Rigidité à la torsion des voiles dans sens transversale :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau V.1 : Le poids total de la structure :**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau V.2 : Les forces sismiques par niveau dans les deux sens :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V.3: Effort tranchant revenant aux étages :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V.4.a : Les déplacements relatifs dans sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V.4.b : Les déplacements relatifs dans sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V.5.a : Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques dans sens longitudinal.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V.5.b. : Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques dans Sens transversal :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.1.a : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens longitudinal :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.1.b : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.2.a : Moment à la tête et à la base des poteaux du portique longitudinal.(K-K) :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.2.b: Moment à la tête et à la base des poteaux du portique transversal .(3-3) :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.3.a : Moment aux appuis des poutres du portique longitudinal (K-K) :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.3.b: Moment aux appuis des poutres du portique transversal. (3-3) :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.4.a: Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.4.b : Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres portique transversal (3-3) :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.5.a: Les efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal. (K-K) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.5.b: Les efforts normaux dans les poteaux du portique transversal. (3-3) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.6: l'inertie polaire des voiles dans le sens longitudinal:**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.7: l'inertie polaire des voiles dans le sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.8: l'inertie polaire des voiles :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.9: Distribution des efforts sismiques dans les refonds longitudinaux :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VI.10: Distribution des efforts sismiques dans les refonds transversal :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.1.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.1.b : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.1.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique longitudinal (K-K).....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.2.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.2.c : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (3-3) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau VII.2.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique transversal (3-3) :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.2.a: Ferrailage des poutres principales en appuis :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.2.b: Ferrailage des poutres principales en travée :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.2.c: Ferrailage total des poutres principales :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.2.a : Ferrailage des poutres secondaires en appuis :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.2.b : Ferrailage des poutres secondaires en travée:**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.2.c : Ferrailage total des poutres secondaires:.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.3.a : Vérification la contrainte de compression dans les poutres principales en appuis :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.3.b : Vérification la contrainte de compression dans les poutres principales en travée :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.4.a : Vérification de la contrainte de compression dans les poutres secondaires en appuis :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.4.b : Vérification la contrainte de compression dans les poutres secondaires travée :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.5.Ferrailage des poteaux :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.6. Vérification des SEC selon le sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.7. Vérification des SEC selon le sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.8. Vérification des SPC selon le sens longitudinal :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau X.9. Vérification des SPC selon le sens transversal :**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.10. Ferrailage des voiles :**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.2.a: Ferrailage des poutres principales en appuis :**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.2.b: Ferrailage des poutres principales en travée :**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.2.c: Ferrailage total des poutres principales :....**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.2.a : Ferrailage des poutres secondaires en appuis :**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.2.b : Ferrailage des poutres secondaires en travée:**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.2.c : Ferrailage total des poutres secondaires:...**Erreur ! Signet non défini.**
Tableau X.3.a : Vérification la contrainte de compression dans les poutres..... **Erreur ! Signet non défini.**

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Tout ouvrage en génie civil doit être calculé d'une manière à assurer la stabilité et la résistance de ces éléments structuraux et aussi la sécurité des usagers pendant et après la réalisation.

Ces fonctions seront assurées par l'ingénieur en génie civil qui fera les calculs en se basant sur différentes méthodes.

Parmi ces méthodes on peut citer :

- ✓ Méthode statique équivalente : qui a pour principe de remplacer les forces réelles dynamiques qui se développent dans la construction par un système de forces statique fictives dont les effets sont considérés équivalents à ceux de l'action sismique.**
- ✓ Méthode modale spectrale : Qui elle, son principe est de rechercher pour chaque mode de vibration, le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse. Ensuite combiner ces effets pour obtenir la réponse de la structure.**

Cette dernière peut être utilisée dans tous les cas, et en particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas applicable.

Le but assigné à ce travail est de mettre en évidence la variation des différents paramètres de stabilité obtenus par les deux méthodes ci-dessus, en les appliquant pour le calcul des éléments structuraux d'un bâtiment classé régulier en (R+10+S-S) à usage d'habitation et commercial.

I.1.Introduction :

Le projet en question consiste à étudier et à calculer les éléments résistants d'un bâtiment (R+10+S-S) à usage d'habitation, à ossature mixte (portiques et voiles). Ce premier chapitre porte sur la présentation globale de l'ouvrage avec ses différentes caractéristiques, ses éléments constitutifs et leurs caractéristiques mécaniques, ainsi que les règlements utilisés.

I.2.Description de l'ouvrage :

Notre immeuble est classé comme ouvrage d'importance moyenne (groupe d'usage 2), il sera implanté dans la commune de TIZI OUZOU, wilaya de TIZI OUZOU qui est classée selon le RPA 99/ VERSION 2003 comme étant une zone de moyenne sismicité (zone IIa).

Ce bâtiment comporte :

- 01 sous sol
- 01 rez-de-chaussée (RDC) à usage multiple (commercial)
- 10 étages à usages d'habitation
- 01 terrasse inaccessible
- 01 cage d'escalier
- 01 cage d'ascenseur.

I.2.1. Caractéristiques géométriques de l'ouvrage :

- La hauteur totale du bâtiment l'acrotère est comprise :.....39.78m.
- La longueur totale du bâtiment :.....32.74m.
- La largeur totale du bâtiment :.....14.33m.
- La hauteur du sous sol :.....04.08m.
- La hauteur du rez-de-chaussée :.....04.50m.
- La hauteur de l'étage courant :.....03.06m.
- La hauteur de 'l'acrotère :.....0,6m.

I.2.2. Les éléments constitutifs de l'ouvrage :

La structure est composée des éléments ci après :

a. L'ossature :

Le bâtiment a une ossature mixte, composée de :

- Portiques transversaux et longitudinaux (Poutres et Poteaux).qui reprennent essentiellement les charges et les surcharges verticales.
- Voiles en béton armé disposés dans les deux sens (longitudinal et transversal) qui reprennent essentiellement les charges horizontales (séisme, vent,...etc.)

b. Les planchers :

Un plancher d'habitation est une aire généralement plane, destinée à limiter les étages et à supporter les revêtements du sol.

Ses deux fonctions principales sont :

- Une fonction de résistance mécanique : autrement dit le plancher doit supporter son poids propre et les surcharges.
- Une fonction d'isolation acoustique et thermique : qui peut être assurée complémentaiement par un faux plafond ou un revêtement de sol approprié.

Dans notre bâtiment nous avons deux types de planchers :

- Plancher en corps creux avec une dalle de compression, porté sur des poutrelles préfabriquées qui assurent la transmission des charges aux éléments horizontaux (poutres) et ensuite aux éléments verticaux (poteaux).
- Plancher en dalle pleine coulée sur place, pour les balcons.

c. Les escaliers :

C'est un élément de la construction qui permet de monter ou de descendre d'un niveau à un autre. Dans notre ouvrage, les escaliers sont constitués de paillasses et de paliers en béton armé coulés sur place avec deux volées par étage.

Notons que toutes les volées sont identiques à part celles du rez-de-chaussée ainsi que celle du Sous sol. (Voir la coupe transversale du bâtiment).

d. La cage d'ascenseur :

Notre bâtiment est muni de 01 cage d'ascenseur qui sera réalisée en voiles, coulées surplace.

e. Maçonnerie (le remplissage):

On appelle maçonnerie un ouvrage composé de matériaux (briques, pierres, moellons, etc.), unis par un liant (mortier, plâtre, ciment, etc.).

Les maçonneries sont constituées de deux types de murs à simple et à doubles cloisons.

- Les murs extérieurs et de séparation des appartements sont constitués de doubles cloisons en briques creuse de 10cm d'épaisseur, séparés par une lame d'air de 5cm qui assure l'isolation thermique (10+5+10).
- Les murs intérieurs sont constitués de cloisons simples en briques creuses de 10cm d'épaisseur.

f. Les balcons :

Ce sont des aires consolidées au niveau de chaque plancher, faits en dalle pleine.

g. Les revêtements :

- Carrelage (scellé) pour les planchers et les escaliers.
- Céramique pour les salles d'eau et les cuisines.
- Enduit en ciment pour les murs de façade et les cages d'escaliers.
- Plâtre pour les cloisons intérieurs et les plafonds.

h. Coffrages :

On opte pour un coffrage métallique de façon à faire limiter le temps d'exécution pour les voiles et coffrage classique en bois pour les portiques.

i. Les fondations :

Les fondations sont des ouvrages en béton armé ont pour objet de transmettre au sol les efforts apportés par les éléments de la structure (poteaux, murs, voiles...etc.).

Ces éléments transmettent les charges au sol .soit directement : (cas des semelles filantes ou radier général), soit par l'intermédiaires d'organe : (cas des semelles reposant sur pieux).

Le choix du mode de fondation à adopter est en fonction des conditions de résistances et de tassement liées aux caractères physiques et mécaniques des sols et l'importance de l'ouvrage.

I.3. caractéristiques des matériaux :

Dans notre ouvrage nous allons utiliser deux matériaux essentiels à savoir : le béton et l'acier qui doivent répondre aux règles parasismiques algériennes RPA 99 version 2003 ainsi que les règles du béton armé aux états limites (BAEL 91 modifie 99).

I.3.1. Le béton :

Le béton est un matériau composé d'un mélange de granulats, sable, gravier, eau et éventuellement des adjuvants, liés entre eux par une pâte de ciment.

Il est caractérisé par une bonne résistance à la compression et présente en revanche une faible résistance à la traction.

a. Résistance caractéristique du béton :**➤ Résistance à la compression :**

Le béton présente une bonne résistance à la compression. Les résistances obtenues dépendent de sa composition. En général les essais sont réalisés sur des éprouvettes normalisées, de formes cylindriques de hauteur 32 cm et de diamètre 16cm (Aire de 200 cm²). On utilise le plus souvent la valeur de cette résistance à 28 jours de maturité : f_{c28} , Pour les calculs en phase de réalisation, et à partir d'elle on obtiendra ses autres valeurs à j jours, définies par : (Art A.2.1, 11/ BAEL 91 modifie 99)

$$f_{cj} = \frac{j}{4,76+0,83j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$$

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

Dans notre calcul on prend : $f_{c28} = 25\text{MPa}$

➤ Résistance à la traction :

La résistance caractéristique du béton à la traction à j jours, est conventionnellement définie par la relation suivante :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj} \quad \dots\dots\dots \text{ si } f_{cj} \leq 60\text{MPa} \quad (\text{Art 2.1, 12 BAEL 91 modifie 99})$$

Dans notre cas : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 (25) = 2,1 \text{ MPa}$

➤ Module de déformation longitudinale :

On distingue les modules de Young, Instantané E_{ij} et différé E_{vj} . Le module instantané est utilisé pour les calculs sous chargement instantané de durée inférieure à 24 heures, tandis que le module différé est utilisé pour des chargements de longue durée (cas courant), et prend en compte artificiellement les déformations de fluage du béton. Celles-ci représentant approximativement deux fois les déformations instantanées, le module différé est pris égal à trois fois le module instantané.

$$E_{ij} = \frac{1}{3} E_{vj}$$

- **Module de déformation instantanée :** [BAEL 91 modifie 99 /Art.2.1 21]

$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 60 \text{ MPa}$$

Pour $j = 28 \text{ j} \rightarrow f_{c28} = 25 \text{ MPa} \rightarrow E_{i28} = 32164,2 \text{ MPa}$.

- **Module de déformation différée :** [BAEL 91 modifie 99/ ArtA.2.1 22]

Pour les charges de longue durée, le module de déformation différée est donné par:

$$E_{vj} = 3700 \sqrt[3]{f_{cj}} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 60 \text{ MPa}$$

pour $j = 28 \text{ jours} \rightarrow f_{c28} = 25 \text{ MPa} \rightarrow E_{v28} = 10818,86 \text{ MPa}$

- **Module de déformation transversale :** [BAEL 91 modifie 99 /Art A.2.1, 3]

Le module de déformation transversale est donné par :

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

Avec :

ν : Coefficient de POISSON

E : module de Young (module d'élasticité)

- **Coefficient de POISSON (ν) :**

C'est le rapport entre la déformation relative transversale et la déformation relative longitudinale dont les valeurs sont données par :

[Art A.2.1, 3 / BAEL 91 modifie 99]

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = 0 \dots\dots\dots \text{pour des sollicitations à ELU} \\ \nu = 0,2 \dots\dots\dots \text{pour le calcul des déformations à ELS} \end{array} \right.$$

I.3.2. Les aciers:

Ils sont utilisés pour équilibrer les efforts de traction où le béton résiste mal ; on distingue quatre types :

- Les aciers doux, ayant une valeur caractéristique de la limite élastique garantie de 125 ou 235 MPa. Ce sont des ronds lisses, qui sont rarement utilisés en raison de leur très grande déformation à la rupture (allongement de 22%).
- Les aciers à haute adhérence de type I. Ce type d'acier a une limite d'élasticité garantie de 400 MPa et un allongement à la rupture de 14%.
- Les aciers à haute adhérence de type II. Ce type d'acier a une limite d'élasticité garantie de 500 MPa et un allongement à la rupture de 12%.
- Les aciers à haute adhérence fortement écrouis, utilisés pour fabriquer le treillis soudé. Ce type d'acier a une limite d'élasticité garantie de 500 MPa et un allongement à la rupture de 8%.

Les quatre types d'acier ont le même comportement élastique, donc un même module de Young $E_s = 210000 \text{ MPa}$. La déformation à la limite élastique est voisine de 2‰, en fonction de la valeur de la limite élastique.

I.3.3. Les états limites :

On distingue deux types d'états limites à savoir :

- ELS : état limite de service.
- ELU: état limite ultime.

I.3.3.1. Le béton :

a. Calcul du béton à l'ELS :

Les déformations nécessaires pour atteindre l'ELS sont relativement faibles et on suppose donc que le béton reste dans le domaine élastique. C'est pour cela qu'on va adopter la loi de Hook de l'élasticité pour décrire le comportement du béton à l'ELS, pour des charges de longue durée

$E_b = E_{vj}$ et $\nu = 0.2$. La résistance mécanique du béton tendu est négligé [Art A.4.5, 1/BAEL 91 modifiée 99].

En général, on adopte une valeur forfaitaire pour le module de Young du béton égale à 1/15 de celle de l'acier ($E_a = 200000 \text{ MPa}$; $E_b \approx 13333 \text{ MPa}$)

b. La contrainte dans le béton à l'ELS :

D'après [Art 4.5, 2/ BAEL91modifiées 99] cette contrainte est limitée à :

$$\sigma_{bc} = 0,6 f_{cj}$$

Avec σ_{bc} : contrainte admissible à l'ELS.

À $j=28$ jours, dans notre cas $f_{c28} = 25$ MPa \Rightarrow : $\sigma_{bc} = 0,6 \cdot 25 = 15$ MPa.

La figure ci-après nous donne le comportement du béton à l'ELS;

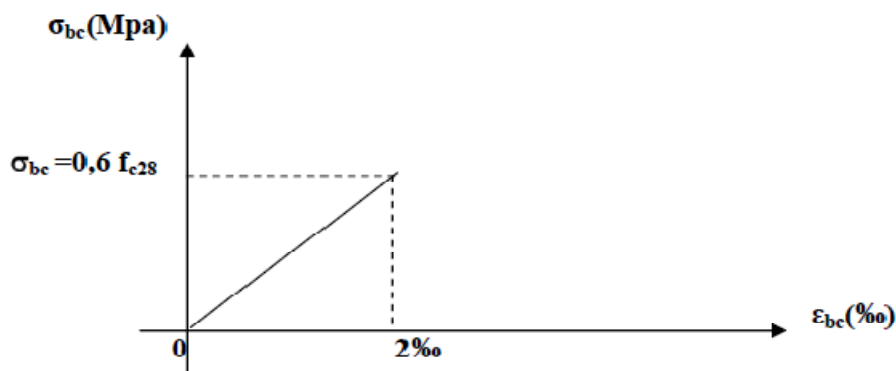


Figure I-2 : Diagramme des contraintes-déformations du béton à l'ELS

c. Calcul du béton à l'ELU :

Cet état limite correspond à la perte d'équilibre statique, l'instabilité de forme et à la perte de résistance (rupture), ce qui conduit à la ruine de l'ouvrage.

Le comportement du béton à l'ELU est donné par la courbe parabole-rectangle représentée sur le diagramme ci-après :

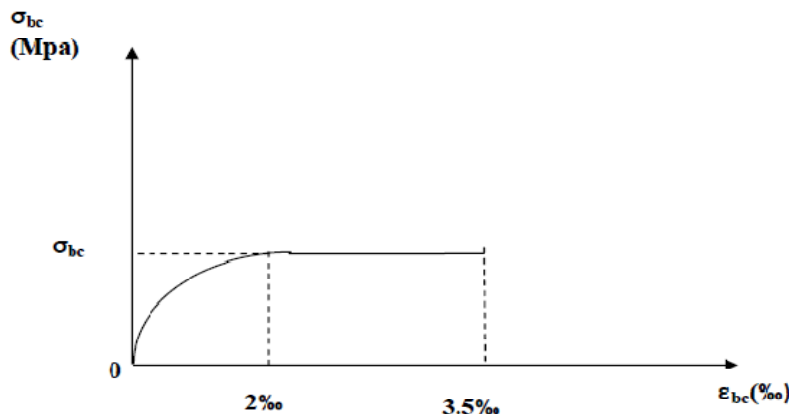


Figure I-3: Diagramme contrainte-déformation du béton à l'ELU

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{cj}}{\theta \cdot \gamma_b} \quad [\text{MPa}] \quad (\text{Art A.4.3.41 BAEL})$$

Avec γ_b : coefficient de sécurité;

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_b = 1,5 \dots \dots \dots \text{situation courante ;} \\ \gamma_b = 1,15 \dots \dots \dots \text{situation accidentelle ;} \end{array} \right.$$

θ : est un coefficient qui tient compte de la durée d'application des charges :

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 1 \dots \dots \dots \text{si } t > 24\text{h ;} \\ \theta = 0,9 \dots \dots \dots \text{si } 1\text{h} \leq t \leq 24\text{h ;} \\ \theta = 0,85 \dots \dots \dots \text{si } t < 1\text{h ;} \end{array} \right.$$

t : durée probable d'application de la combinaison considérée.

Dans notre cas, l'application de la combinaison est durable, donc on va prendre $\theta=1$.

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times 25}{1,5} = 14,2 \text{MPa}$$

I.3.3.2. Les aciers:

a. Calcul des aciers à l'ELS :

Comme le béton, à l'ELS on suppose que les aciers travaillent dans le domaine élastique. On utilise donc la loi de Hooke de l'élasticité. On adopte une valeur du module de Young forfaitaire $E_s = 200\,000 \text{ MPa}$.

Il est indispensable de limiter l'ouverture des fissures dans le béton (risque de corrosion des aciers) pour cela on doit limiter la contrainte dans l'acier en fonction de la fissuration.

- **Fissuration peu nuisible** : Dans le cas où les aciers sont protégés, aucune limitation n'est nécessaire, [Art.4.5, 32/BAEL91 modifiées 99]

$$\bar{\sigma}_s = f_e / \gamma_s$$

Avec :

$\bar{\sigma}_s$: contrainte limite d'élasticité de l'acier ;

γ_s : coefficient de sécurité.

• **Fissuration préjudiciable :**

Les éléments sont exposés aux intempéries, dans ce cas la contrainte doit se limiter comme suit : [A.4.5,33/BAEL91 modifiées 99]

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, \text{Max} [0,5 f_e; 110 (\eta f_{ij})^{1/2}] \right\}$$

Avec :

η coefficient de sécurité :

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = 1,0 \dots \dots \dots \text{pour les ronds lisses.} \\ \eta = 1,6 \dots \dots \dots \text{pour les hautes adhérences.} \end{array} \right.$$

Les contraintes pour les différents aciers sont données par:

➤ Les aciers (HA): $\bar{\sigma}_s = \min \{ \frac{2}{3} \times 400 ; \text{Max}[0,5 \times 400 ; 110 (1,6 \times 2,1)^{1/2}] \}$
 = 201,6 MPa

➤ Les aciers doux (RL): $\bar{\sigma}_s = \min \{ \frac{2}{3} \times 235 ; \text{Max} [0,5 \times 235; 110 (1,0 \times 2,1)^{1/2}] \}$
 = 156,67MPa.

• **Fissuration très préjudiciable :**

Les éléments sont exposés aux milieux agressifs, dans ce cas, la contrainte doit se limiter comme suit : [A.4.5,34/BAEL91 modifiées 99]

$$\bar{\sigma}_s = 0,8 \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, \text{Max}[0,5 f_e ; 110(\eta f_{ij})^{1/2}] \right\}$$

➤ Les aciers (HA): $\bar{\sigma}_s = 0,8 \min \left\{ \frac{2}{3} 400; \text{Max} [0,5 \times 400; 110 (1, 6 \times 2,1)^{1/2}] \right\}$
 =161,3MPa

➤ Les aciers doux : $\bar{\sigma}_s = 0,8 \min \left\{ \frac{2}{3} 235; \text{Max} [0,5 \times 235; 110 (1,0 \times 2,1)^{1/2}] \right\}$
 =125,3MPa

b) Calcul des aciers à l'ELU :

Le comportement des aciers pour les calculs à l'ELU vérifie une loi de type élastico-plastique parfait, comme décrit sur le diagramme contrainte-déformation de la figure I-4. [A.4.3,2/BAEL91 modifiées 99], où la valeur de calcul de la limite d'élasticité garantie f_{su} est

$$\text{définie par : } f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

Avec: γ_s est un coefficient de sécurité partiel qui vaut:

$$\begin{cases} \gamma_s = 1,0 \dots\dots \text{Situation accidentelle} \\ \gamma_s = 1,15 \dots\dots \text{Situation courante} \end{cases}$$

Le diagramme ci-après représente le comportement de l'acier à l'ELU

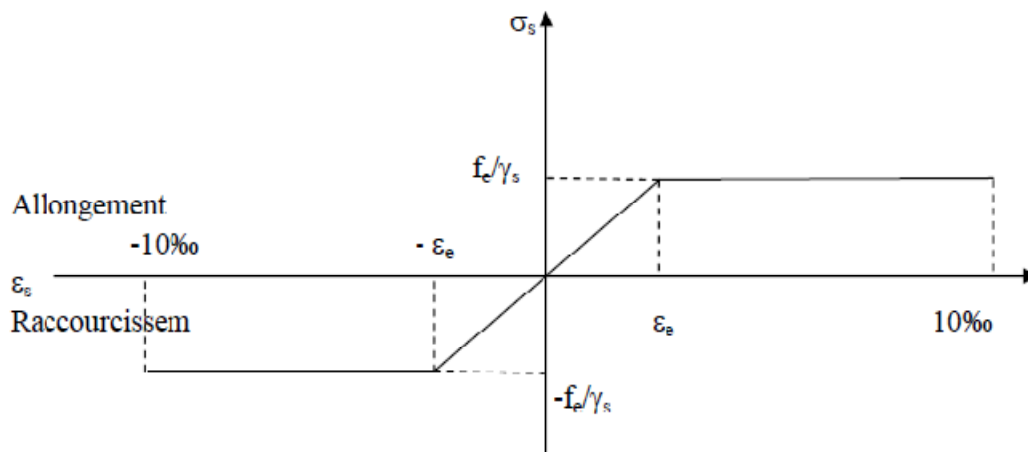


Fig. I.4 : Diagramme contrainte-déformation de calcul de l'acier à l'ELU

I.4. Protection des armatures :

Afin d'éviter les problèmes de corrosion des aciers, il convient de les enrober par une épaisseur du béton suffisante. Cette épaisseur, l'enrobage, dépend des Conditions d'exposition de l'ouvrage. On adoptera les valeurs suivantes [Art A.7.1 /BAEL91 modifiées 99] :

- **C = 5 cm** : pour les ouvrages exposés à la mer, aux embruns ou aux atmosphères très agressives (industries chimiques).
- **C = 3 cm** : pour les parois soumises à des actions agressives ou à des intempéries ou des condensations.

- **C =1cm** : pour des parois situées dans un local couvert et clos et qui ne sont pas exposées aux condensations.
- Pour les éléments exposés aux intempéries, on va prendre **C = 3 cm**.
- Pour les éléments qui se trouvent à l'intérieur de la structure, on va prendre **C =2 cm**.

I.5. Réglementations :

Pour plus de précision dans nos calculs, on utilise :

- **Règles BAEL 91** : Pour présenter les méthodes pratiques de calcul relatives aux éléments simples et aux structures de bases d'un bâtiment en béton armé.
- **RPA** : Règlement parasismique Algérien révisé en 2001(Addenda).
- **DTR BC 2.2** : Document réglementaire.
- **CBA 93**.

II.1.Introduction :

Après avoir déterminé les différentes caractéristiques de l'ouvrage, ainsi que les matériaux qui le constituent, nous passons au pré-dimensionnement des éléments tels que les planchers, les poutres (principales et secondaires), les poteaux, les murs en maçonnerie, et enfin les voiles.

Et cela en utilisant des lois issues des règlements **BAEL91** et **RPA 99 version 2003**, ces lois découlent généralement des limitations de déformations et des contraintes dans les matériaux.

II.2. Pré-dimensionnement des éléments :

II.2.1.Plancher :

Le plancher est une partie horizontale de la construction séparant deux niveaux d'un bâtiment, capable de supporter les charges et de les transmettre aux éléments porteurs horizontaux et verticaux.

Il est constitué de corps creux et d'une dalle de compression ferrillée de treillis soudé, reposant sur des poutrelles préfabriquées en béton armé placées dans le sens de la petite portée.

Le plancher doit être conçu de telle sorte à supporter son poids propre et les surcharges d'exploitations, son épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$h_{tp} \geq \frac{L}{22,5} \quad \dots\dots\dots(\text{B.A.E.L91 version 99 art E4.8.5})$$

Avec :

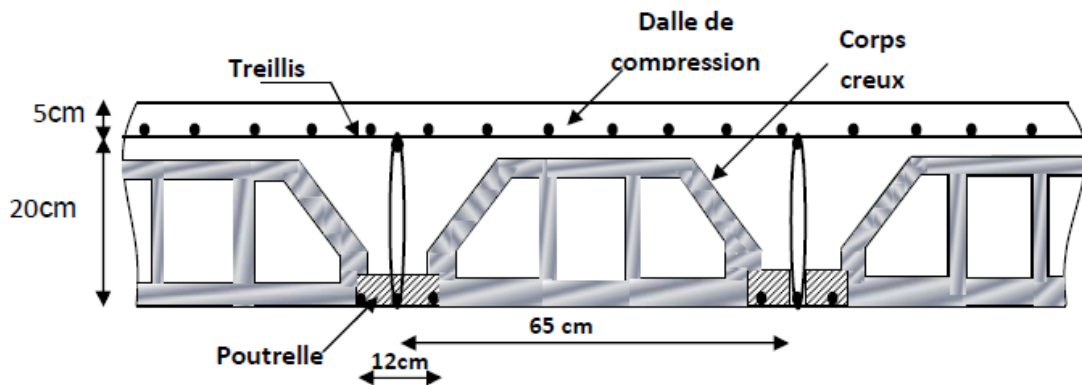
h_{tp} : hauteur totale du plancher

L : portée libre maximale de la plus grande travée dans le sens des poutrelles, dans notre cas la portée libre maximale : $L = 3,43 - 0,35 = 3,08\text{m}$.

Ce qui nous donne :

$$h_{tp} \geq \frac{308}{22,5} = 13,68 \text{ [cm]}$$

On opte pour un plancher de (16+4) \longrightarrow **$h_{tp} = 20 \text{ [cm]}$**



**Figure II.1. Coupe d'un plancher à corps creux
(Semi préfabriqué)**

N.B: Les ferrillages représentés sur la figure sont à titre indicatif seulement.

II.2.2. Les poutres :

Les poutres sont destinées à supporter les charges d'une partie de la construction, leurs dimensions sont données dans les relations suivantes :

- h_t : hauteur comprise entre $L/15 \leq h_t \leq L/10$.
- b : largeur comprise entre $0,4h_t \leq b \leq 0,7h_t$.

On distingue les poutres principales qui servent comme appuis aux poutrelles et les poutres secondaires qui assurent le chaînage.

a) Poutres principales :

➤ La hauteur h_t :

la hauteur h_t est donnée par :

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

Avec :

L : longueur libre de la poutre.

h_t : hauteur totale de la poutre.

$$L = 450 - 35 = 415 \text{ [cm]}$$

$$\frac{415}{15} \leq h_t \leq \frac{415}{10}$$

$$27,67 \leq h_t \leq 41,5 \text{ cm}$$

On prend: $h_t = 40 \text{ [cm]}$

➤ La largeur b :

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

$$18 \leq b \leq 31,5$$

On prend : **b = 30 cm**

- **Vérifications relatives aux exigences du RPA :(Art 7.5.1 du RPA99 version 2003)**

• $b \geq 20 \text{ cm} \dots\dots\dots 30 \geq 20 \text{ cm} \longrightarrow$ condition Vérifiée.

• $h_t \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots 40 \geq 30 \text{ cm} \longrightarrow$ condition Vérifiée.

• $h_t / b \leq 4 \dots\dots\dots 40 / 30 = 1,33 \leq 4 \longrightarrow$ condition Vérifiée

\Longrightarrow Conditions vérifiées

b) Poutres secondaires

- **La hauteur h_t**

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

$$L = 343 - 35 = 308 \text{ cm}$$

Avec :

L : longueur libre des poutres.

h_t : hauteur totale de la poutre ;

$$\frac{308}{15} \leq h_t \leq \frac{308}{10}$$

$$20,54 \leq h_t \leq 30,8 \text{ cm}$$

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

- **La largeur b**

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

$$12 \leq b \leq 21$$

On prend: **b = 20 [cm]**

- **Vérifications relatives aux exigences du RPA :(Art 7.5 .1 du RPA99)**

• $b \geq 20 \text{ cm} \dots\dots 20 \geq 20 \text{ cm} \dots\dots$ on adopte $b = 25 \longrightarrow$ condition Vérifiée.

• $h_t \geq 30 \text{ cm} \dots\dots 30 \geq 30 \text{ cm} \dots\dots$ on adopte $h = 35 \longrightarrow$ condition Vérifiée.

• $h_t / b \leq 4 \dots\dots\dots 35 / 25 = 1,4 \leq 4 \longrightarrow$ condition Vérifiée.

\Longrightarrow Conditions Vérifiées.

\Longrightarrow Nous adoptons des poutres de dimensions suivantes :

- **Poutres principales : $h_t = 40 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$**
- **Poutres secondaires : $h_t = 35 \text{ cm}$; $b = 25 \text{ cm}$**

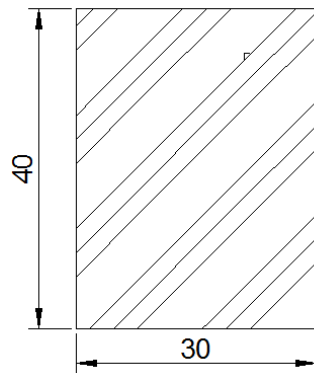


Figure II.2.a : Dimension de la poutre principale

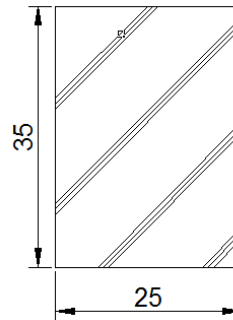


Figure II.2.b : dimension de la poutre secondaire

II.2.3 Pré dimensionnement des voiles (Art7.7.1 du RPA99 version2003) :

Les voiles sont des éléments rigides en béton armé destinés d'une part à assurer la stabilité de l'ouvrage sous l'effet des charges horizontales et reprendre une partie des charges verticales

D'après (RPA99 modifié en 2003) le pré dimensionnement doit satisfaire les conditions suivantes :

$$L \geq 4e$$

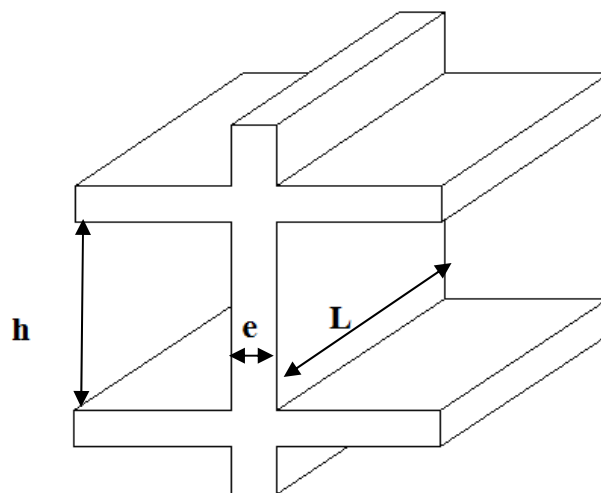


Figure II.3 : Coupe d'un voile en élévation

L'épaisseur du voile est déterminée en fonction de la hauteur libre de l'étage « he » et des conditions de rigidité aux extrémités, de plus l'épaisseur minimale est de 15cm

On résume ses valeurs possibles dans le tableau si dessous :

$a \geq \frac{he}{25}$		
$a \geq \frac{he}{22}$		
$a \geq \frac{he}{20}$		

Figure II.4 : Coupes de voiles en plan (RPA99 version2003)

$$a \geq \max\left(\frac{he}{25}, \frac{he}{22}, \frac{he}{20}\right) = \frac{he}{20}$$

- **Pour le sous sol :**

$$h_e = h - e_p$$

$$h_e = 408 - 20$$

$$h_e = 388 \text{ [cm]}$$

$$a \geq \frac{h_e}{20}$$

$$a \geq \frac{388}{20} = 19,4 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow a = 20 \text{ [cm]}$$

- **Pour le RDC :**

$$h_e = h - e_p$$

$$h_e = 450 - 20$$

$$h_e = 430 \text{ cm}$$

$$a \geq \frac{h_e}{20}$$

$$a \geq \frac{430}{20} = 21,5 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow a = 22 \text{ [cm]}$$

- **Pour l'étage courant:**

$$h_e = h - e_p$$

$$h_e = 306 - 20$$

$$h_e = 286 \text{ cm}$$

$$a \geq \frac{h_e}{20}$$

$$a \geq \frac{286}{20} = 14,3 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow a = 20 \text{ [cm]}$$

On opte pour une épaisseur du voile : **a = 25 cm**

- **Vérification des exigences du RPA 99 version 2003 (art 7,7.1) :**

Ne sont considérées comme voiles de contreventement que les éléments satisfaisant la condition suivante :

$$L \geq 4a \rightarrow L \geq 4 \times 25 \rightarrow L > 100 \text{ [cm]} \rightarrow \text{condition vérifiée pour tous les étages.}$$

Avec :

L : longueur du voile

a : épaisseur du voile

II.2.4. Les poteaux

Les poteaux seront pré dimensionnés à l'état limite du service en compression simple, tout en supposant que c'est le béton seul qui reprend l'effort normal N_s .

L'effort N_s sera déterminé (une fois que le poteau le plus sollicité soit repéré) avec la descente de charges, en tenant compte de la proposition des plans d'architecture et des limites imposées par le (RPA99 modifier en 2003).

Le RPA nous impose que en zone (II_a) la section suivante : $(b, h) \geq 25 \text{ cm}$

La section du poteau est donnée par la formule suivante : $B \geq \frac{NS}{\bar{\sigma}_{bc}}$

$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28}$: contrainte admissible du béton à l'ELS

AN : $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$

B : la section du poteau.

II.2.4.1. Localisation du poteau le plus sollicité :

En fonction de la surface d'influence de chaque poteau, on constate que le poteau (G-3) est le plus sollicité vis-à-vis de la descente de charge.

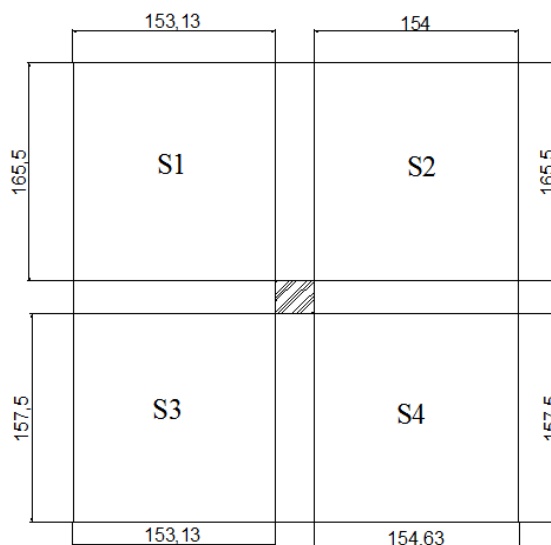


Figure II.5. position du Poteau le plus sollicité

- **Surface d'influence:**

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$$S = (1,525 \times 1,655) + (1,540 \times 1,675) + (1,575 \times 1,525) + (1,540 \times 1,575)$$

$$S = 9,931 \text{ m}^2$$

II.2.4.2. Détermination des charges et surcharge :(DTR B.C 2.2) :

Pour déterminer les charges permanentes G et les charges d'exploitation Q

nous allons nous référer au document technique réglementaire (DTR B.C. 2.2).

a. Charge permanente:

a.1. plancher étage terrasse.

1. plancher en corps creux(e= 20 cm).....	2,80 kN/m ²
2. enduit de plâtre(e=2cm).....	0,20 kN/m ²
	G = 3,00kN/m²

a.2. Plancher d'étage courant:

1. cloisons(e=10cm).....	1.00 kN/m ²
2. revêtement en carrelage(e= 2 cm).....	0,44 kN/m ²
3. mortier de pose(e=2 cm).....	0,44 kN/m ²
4. couche de sable(e= 2 cm).....	0,36 kN/m ²
5. plancher en corps creux(e= 20 cm).....	2,80 kN/m
6. enduit de plâtre(e=2cm).....	0,20 kN/m ²
	G = 5.24 kN/m²

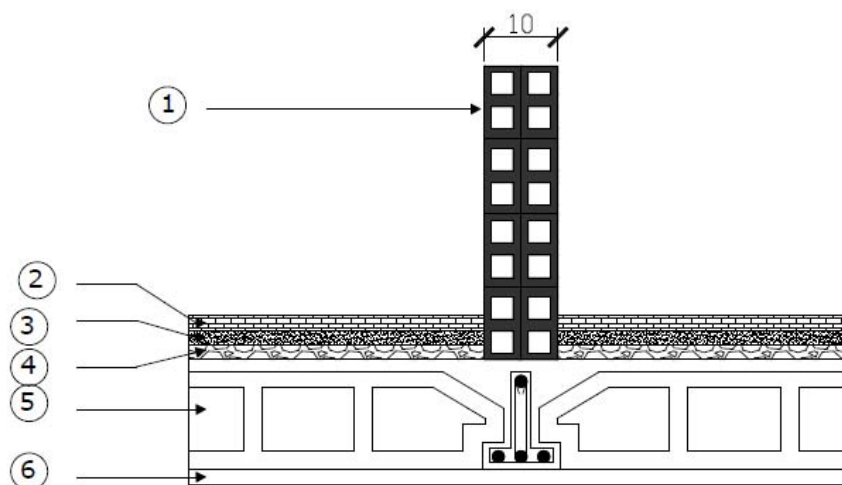


Figure II.6. schémas du plancher d'étage courant

N.B : Les ferrillages représentés sur schéma sont mis à titre indicatif.

a.3. Les balcons :

Dans notre cas, les balcons sont réalisés en dalle pleine.

1- Couche de sable $e_p = 2$ cm.....	0.54 kN/m ²
2- Mortier de pose $e_p = 2$ cm.....	0.44 kN/m ²
3- Revêtement en carrelage $e_p = 2$ cm.....	0.44 kN/m ²
4- Enduit sous plafond $e_p = 2$ cm.....	0.20 kN/m ²
5- Plancher en dalle pleine $e_p = 15$ cm.....	3.75 kN/m ²
	G = 5.37 kN/m²

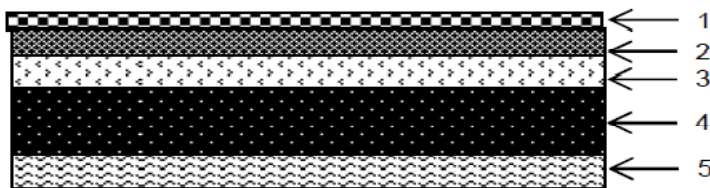


Figure II.7. schéma de la dalle pleine du balcon

a.3. Murs

- Murs extérieurs

1. Enduit de ciment ($e = 2$ cm).....	0,36 kN/m ²
2. Briques creuses ($e = 10$ cm).....	0,90 kN/m ²
3. Lamelle d'air ($e = 5$ cm).....	0,00 kN/m ²
4. Briques creuses ($e = 10$ cm).....	0,90 kN/m ²
5. Enduit de plâtre ($e = 2$ cm).....	0,20 kN/m ²
	G = 2,36 kN/m²

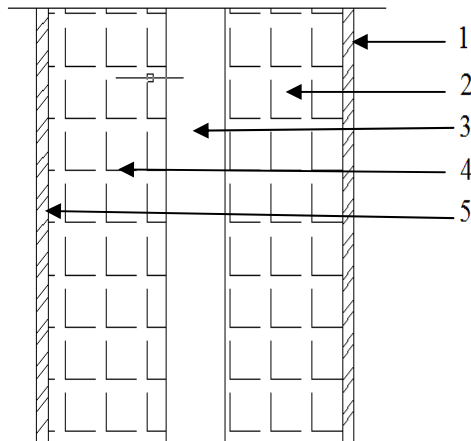


Figure II.8 Coupe verticale d'un mur extérieur

a.4. Poids des poutres :

- **Poutres principales :**

$$\text{Poids} = (0,40 \times 0,30) \times 3,25 \times 25 = 9,75 \text{ kN}$$

- **Poutre secondaires :**

$$\text{Poids} = (0,33 \times 0,2) \times 3,065 \times 25 = 4,60 \text{ kN}$$

- **Poids totale des poutres :**

$$\text{Poids totale des poutres} = 14,35 \text{ kN/m}^2$$

b. Charges d'exploitations :

Les surcharges d'exploitation sont données par le DTR comme suit

- Plancher terrasse inaccessible $Q = 1,00 \text{ kN/m}^2$
- Plancher étage courant : à usage d'habitation $Q = 1,50 \text{ kN/m}^2$
- Plancher du RDC $Q = 1,50 \text{ kN/m}^2$
- L'escalier $Q = 2,50 \text{ kN/m}^2$
- Balcons $Q = 3,50 \text{ kN/m}^2$

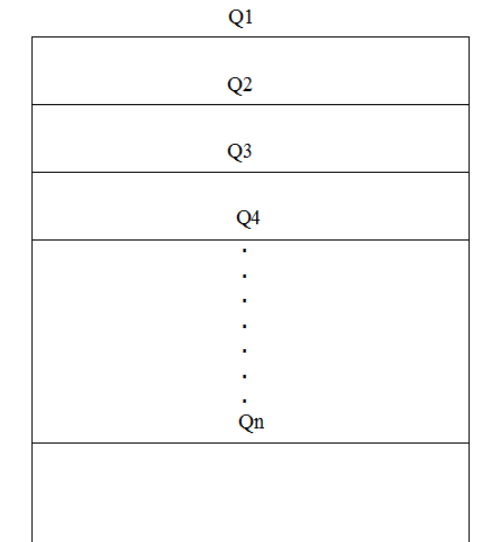
II.2.4.3. Descente de charge :

La détermination de l'effort « N » revenant au poteau le plus sollicité se fera en premier lieu en négligeant complètement le poids des poteaux. Après détermination des sections minimales des poteaux on refait le même calcul en introduisant leurs poids.

- La surface d'influence $S_Q = (3,315 \times 3,5) - (0,25)^2 = 11,54 \text{ m}^2$
- Plancher terrasse $Q_0 = 1,00 \times (3,315 \times 3,5) = 11,60 \text{ kN}$
- Plancher d'étage courant $Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_{12} = 1,50 \times 11,54 = 17,31 \text{ kN}$

• **Loi de dégression de charge :**

En raison du nombre d'étages qui composent la tour étudiée $n \geq 5$, en doit tenir compte de la loi de dégression pour des surcharges d'exploitation différentes.



$$Q_0 = Q_0$$

$$Q_1 = Q_0 + Q_1$$

$$Q_2 = Q_0 + 0,9 (Q_1 + Q_2)$$

$$Q_3 = Q_0 + 0,85(Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

.

.

.

.

.

$$Q_n = Q_0 + [(3+n)/2n] \cdot \sum_{i=1}^n Q_i$$

→ Pour $n \geq 5$

• **Coefficients de dégression des surcharges**

niveaux	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01
Coefficient	1	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,714	0,687	0,666	0,65	0,636

- **Les surcharges cumulées**

$$12^{\text{ème}} = Q_0$$

$$11^{\text{ème}} = Q_0 + Q_1$$

$$10^{\text{ème}} = Q_0 + 0,95(Q_1 + Q_2)$$

$$09^{\text{ème}} = Q_0 + 0,90(Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

$$08^{\text{ème}} = Q_0 + 0,85(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$$

$$07^{\text{ème}} = Q_0 + 0,80(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

$$06^{\text{ème}} = Q_0 + 0,75(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$$

$$05^{\text{ème}} = Q_0 + 0,714(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7)$$

$$04^{\text{ème}} = Q_0 + 0,687(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8)$$

$$03^{\text{ème}} = Q_0 + 0,666(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9)$$

$$02^{\text{ème}} = Q_0 + 0,65(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10})$$

$$01^{\text{er}} = Q_0 + 0,636(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11})$$

- **Application numérique :**

$$12^{\text{ème}} = 11,60 \text{ kN}$$

$$11^{\text{ème}} = 11,60 + 17,31 = 28,91 \text{ kN}$$

$$10^{\text{ème}} = 11,60 + 0,95(2 \times 17,31) = 44,49 \text{ kN}$$

$$09^{\text{ème}} = 11,60 + 0,90(3 \times 17,31) = 58,34 \text{ kN}$$

$$08^{\text{ème}} = 11,60 + 0,85(4 \times 17,31) = 70,45 \text{ kN}$$

$$07^{\text{ème}} = 11,60 + 0,80(5 \times 17,31) = 80,84 \text{ kN}$$

$$06^{\text{ème}} = 11,60 + 0,75(6 \times 17,31) = 89,50 \text{ kN}$$

$$05^{\text{ème}} = 11,60 + 0,714(7 \times 17,31) = 98,11 \text{ kN}$$

$$04^{\text{ème}} = 11,60 + 0,687(8 \times 17,31) = 106,74 \text{ kN}$$

$$03^{\text{ème}} = 11,60 + 0,666(9 \times 17,31) = 115,35 \text{ kN}$$

$$02^{\text{ème}} = 11,60 + 0,65(10 \times 17,31) = 124,11 \text{ kN}$$

$$01^{\text{er}} = 11,60 + 0,636(11 \times 17,31) = 132,70 \text{ kN}$$

Les sections obtenues sans considération du poids des poteaux sont comme suite :

- S-S et RDC : $(35 \times 35) \text{ [cm}^2\text{]}$
- 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} étage: $(30 \times 30) \text{ [cm}^2\text{]}$
- Le reste d'étages : $(25 \times 25) \text{ [cm}^2\text{]}$

Après considération du poids des poteaux on a obtenu les résultats suivants:

Niveaux	Charges permanentes G [kN]					Charges d'exploitation Q [kN]		N = Gc + Qc	Section trouvée [cm ²]	Section adoptée [cm ²]
	Plancher	poutre	poteau	G totale	G cumulée	Q	Qcumulée			
10	29,8	16,45	0	46,25	46,25	11,6	11,6	57,85	38,57	30x30
09	52,04	16,45	4,78	73,27	119,52	28,91	40,51	160,03	106,69	30x30
08	52,04	16,45	4,78	73,27	192,79	44,49	85	277,79	185,19	35x35
07	52,04	16,45	4,78	73,27	266,06	58,34	143,34	409,4	272,93	35x35
06	52,04	16,45	4,78	73,27	339,33	70,45	213,79	553,12	368,75	35x35
05	52,04	16,45	4,78	73,27	412,6	80,84	294,63	707,23	471,49	35x35
04	52,04	16,45	4,78	73,27	485,87	89,5	384,13	870	580,00	40x40
03	52,04	16,45	4,78	73,27	559,14	98,11	482,24	1041,38	694,25	40x40
02	52,04	16,45	6,88	75,37	634,51	106,74	588,98	1223,49	815,66	40x40
01	52,04	16,45	6,88	75,37	709,88	115,35	704,33	1414,21	942,81	40x40
RDC	52,04	16,45	6,88	75,37	785,25	124,11	828,44	1613,69	1075,79	45x45
S-S	52,04	16,45	13,78	82,27	867,52	132,7	961,14	1828,66	1219,11	45x45

- **Remarque :**

On a augmenté les sections trouvées dans les calculs pour rester dans les normes données par le RPA : - (b, h) ≥ 25 cm (art 7.7.1)

- Eviter l'apparition de la rotule plastique dans les poutres avant les poteaux (art 7.6.2)

- **Vérification relatives aux exigences du RPA :(Art 7.4.1 du RPA99 modifier en 2003)**

Min (b, h) ≥ 25 cm

Min (b, h) ≥ h_e/20

- **Pour le S-S**

Min (b , h) =45 > 25 —————> Condition vérifiée

Min (b , h)= 45 ≥ $h_e/20 = 408/20=20,4$ [cm] —————> Condition vérifiée

- **Pour le RDC :**

Min (b , h) =45 > 25 —————> Condition vérifiée

Min (b , h)= 45 ≥ $h_e/20 = 450/20=22,5$ [cm] —————> Condition vérifiée

- **Pour le 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} étage :**

Min (b , h) =40 > 25 —————> Condition vérifiée

Min (b , h)= 40 ≥ $h_e/20 = 306/20=15,30$ [cm] —————> Condition vérifiée

- **Pour le 5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} et 8^{ème} étage :**

Min (b , h) =35 > 25 —————> Condition vérifiée

Min (b , h)= 35 ≥ $h_e/20 = 306/20=15,30$ [cm] —————> Condition vérifiée

- **Pour le 9^{ème} et 10^{ème} étage :**

Min (b , h) =30 > 25 —————> Condition vérifiée

Min (b , h)= 30 ≥ $h_e/20 = 306/20=15,30$ [cm] —————> Condition vérifiée

- **Vérification des poteaux au flambement :**

La vérification des poteaux au flambement doit satisfaire la condition suivante :

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

Avec :

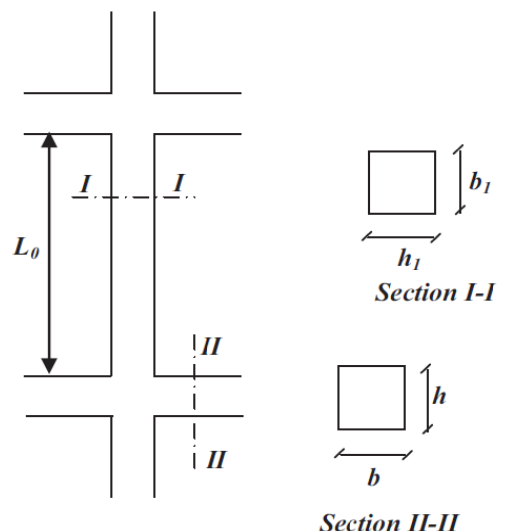
λ : Elancement du poteau

L_f : Longueur de flambement ($l_f = 0.7 l_0$)

i : Rayon de giration $(I/B)^{1/2}$

B : Section transversale du Poteau ($B=hxb$)

l_0 : Longueur libre du poteau



Ce qui donne:

$$\lambda = \frac{Lf\sqrt{12}}{b}$$

Pour le S-S

$$L_0 = 368 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{368 \times 0,7 \sqrt{12}}{45}$$

$$\lambda = 19,83 < 50 \longrightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Pour le RDC

$$L_0 = 410 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{410 \times 0,7 \sqrt{12}}{45}$$

$$\lambda = 22,09 < 50 \longrightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Pour le 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} étages :

$$L_0 = 266 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{266 \times 0,7 \sqrt{12}}{40}$$

$$\lambda = 16,12 < 50 \longrightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Pour le 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} étages :

$$L_0 = 266 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{266 \times 0,7 \sqrt{12}}{35}$$

$$\lambda = 18,42 \text{ cm} < 50 \longrightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Pour le 9^{ème}, 10^{ème} étages :

$$L_0 = 266 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{266 \times 0,7 \sqrt{12}}{30}$$

$$\lambda = 21,50 \text{ cm} < 50 \longrightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Toutes les conditions sont vérifiées pour tout les étages, donc il y a pas de risque vis a vis du flambement

II.3.Conclusion :

Après avoir fait les calculs, on a opté pour le pré-dimensionnement suivant :

- Plancher à corps creux : (16+4) cm
- Poutres principales : (40x30) cm²
- Poutres secondaires : (35 ×25) cm²
- Poteaux : - S-S et RDC :(45x45)
- 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} étage : (40×40)
- 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} étage : (35×35)
- 9^{ème} et 10^{ème} étage : (30×30)
- Voiles : 25 cm d'épaisseur.

III.1.Introduction :

Le calcul des portiques sous charges verticales sera mené par la méthode d'ALBERT CAQUOT, les portiques constituant l'ossature sont soumis à :

- Leurs poids propres ;
- poids propre des planchers qu'ils supportent ;
- les charges transmises par les planchers ;
- poids des murs extérieurs.

➤ Méthode de CAQUOT :

C'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 pour le calcul des planchers et particulièrement pour les planchers à forte charges d'exploitation.

Cette méthode consiste à calculer les moments sur chaque appui d'une poutre continue en considérant uniquement les travées qui encadrent l'appui considéré. Par conséquent, une poutre continue à plusieurs travées est assimilée pour le calcul des moments sur appui à une succession de poutres à deux travées. Quand aux moments en travées, ils sont déterminés à partir des moments sur appuis en utilisant les méthodes de la RDM.

III.2. Notation utilisée :

Soit : A nœud intérieur de la structure et non voisin du nœud de rive.

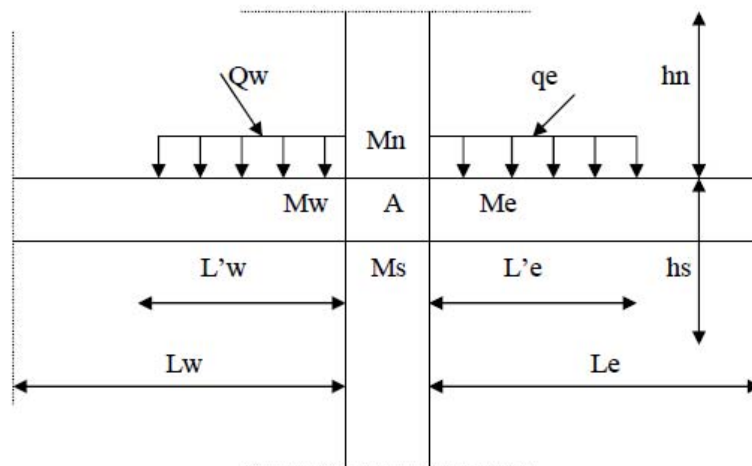


Figure III.1 : Identification des paramètres

III.3. Caractéristiques géométriques des portiques :

➤ **Dimensions réelles :**

- L_w : portée libre entre nus d'appuis située à gauche du nœud considéré.
- L_e : Portée libre entre nus d'appuis située à droite de nœud considéré.
- h_n : Hauteur libre du poteau située au-dessus du nœud considéré.
- h_s : Hauteur libre du poteau située au-dessous du poteau considéré.

➤ **Dimensions fictives :**

- $h'_n = 0.9 h_n$si le nœud considéré appartient à l'avant derniers planchers
- $h'_n = 0.8 h_n$ pour les autres planchers.
- $h'_s = 0.8 h_s$ sauf pour les poteaux articulés à leur base où $h'_s = h_s$.
- $L'_w = 0.8 L_w$ pour les appuis intermédiaires.
- $L'_e = 0.8 L_e$ pour les appuis intermédiaires.
- $L'_w2 = X1 L_w2$ pour le nœud voisin de nœud de rive.
- $X1 = 0.8$ Si $K_{s1} + K_{n1} > 1.5 K_{e1}$
- $X1 = 1 - (K_{s1} + K_{n1}) / 7.5 K_{e1}$ Si $K_{s1} + K_{n1} < K_{e1}$
- $X1$: coefficient compris entre 0.8 et 1.

➤ **Rigidités linéaires :**

$$K_w = \frac{I_w}{L'_w}, \quad K_e = \frac{I_e}{L'_e}, \quad K_n = \frac{I_n}{h'_n}, \quad K_s = \frac{I_s}{h'_s}$$

$$D = K_w + K_e + K_n + K_s$$

Avec : K_w , K_e , K_n et K_s sont des inerties des poutres et poteaux considérés.

III.4.Moment réel:

$$M_w = M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right) + M'_e \frac{K_w}{D}$$

$$M_e = M'_e \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_w \frac{K_e}{D}$$

$$M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

$$M_s = \frac{K_s}{D} (M'_e - M'_w)$$

a. Travées de rives avec console :

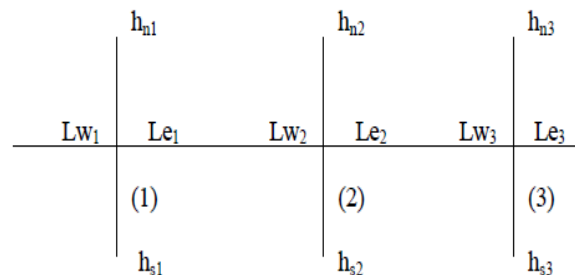
➤ **Nœud de rive (nœud 1) :**

$M_{w1} = M'_{w1}$: pour une console de moment M_{w1}

$K_{w1} = 0$ (travée de rive avec console)

$$M_{e1} = M'_e \left(1 - \frac{K_{e1}}{D_1}\right) M_{w1} \frac{K_{e1}}{D_1}$$

$$M_{s1,n1} = (M'_{e1} - M'_{w1}) \frac{K_{s1,n1}}{D_1}$$



$$D_1 = K_{e1} + K_{s1} + K_{n1}$$

$$M'_{e1} = \frac{qeL'e}{8,5} + L'e \sum K'ePe$$

➤ **Nœud voisin du nœud de rive (nœud 2) :**

On remplace les valeurs de M_{w1} par M''_{w2} :

$$M_{w2} = M''_{w2} \left(1 - \frac{K_{w2}}{D_2}\right) + M_{e2} ; \text{ et } M'_{e2} = M'_{e2} \left(1 - \frac{K_{e2}}{D_2}\right) + M''_{w2} \frac{K_{e2}}{D_2}$$

$$M_{n2} = \frac{K_{n2}}{D_2} (M'_{e2} - M''_{w2}) ; \text{ et } M_{s2} = \frac{K_{s2}}{D_2} (M'_{e2} - M''_{w2})$$

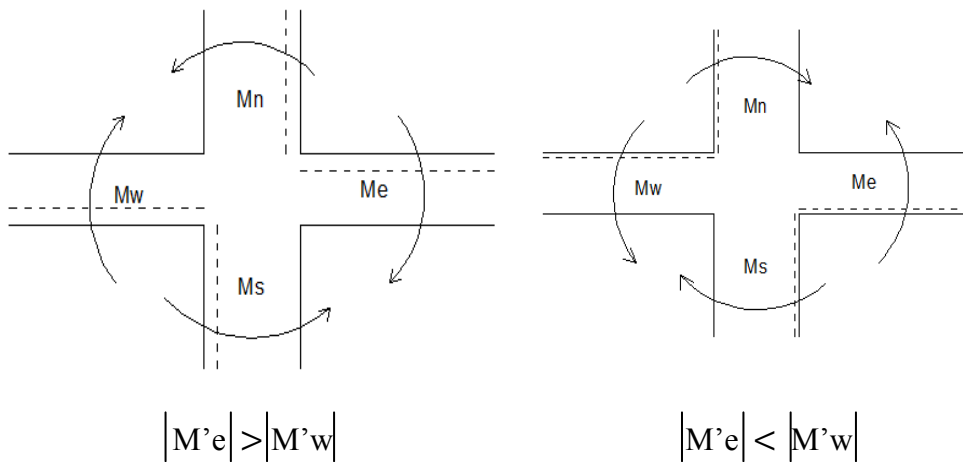
$$M''_{w2} = M'_{w2} - M_{w1} \frac{K_{e1}}{2,125D_1}$$

$$M'_{w2} = \frac{qwL'w}{8,5} + L'w \sum K'wPw; \text{ et } M'_{e2} = \frac{qeL'e}{8,5} + L'e2 \sum K'ePe$$

a. Travée de rives sans console :

Les règles données ci-dessus s'étendront à ce cas en y faisant $M_{w1} = 0$.

- Pour les poutres, les faces tendues à la partie supérieure (moments M_e et M_w négatifs).
- Pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des deux valeurs absolues de $M'w$ et $M'e$, la face tendue du tronçon est du côté opposé.



Remarque : Les pointillés représentent les faces tendues.

b. Travées intermédiaires:

Les moments fictifs sont égaux à :

$$M'_{w2} = \frac{qwL'w^2}{8,5} + L'w \sum K'w'Pw$$

$$M'_{e2} = \frac{qeL'e}{8,5} + L'e \sum K'e'Pe$$

P : charge concentrée

$$K'_{we} = \frac{x(x-1)(x-2)}{2,125}; \text{ et } x = \frac{a.we}{L'we}$$

Avec : a : distance entre la charge concentrée et le nœud considéré.

Les moments réels dans les sections dangereuses (nus des appuis), en valeurs absolues sont :

$$M_w = M'_e \frac{Kw}{D} + M'_w \left(1 - \frac{Kw}{D}\right)$$

$$M_e = M'_e \left(1 - \frac{Ke}{D}\right) + M'_w \frac{Ke}{D}$$

$$M_n = \frac{Kn}{D} (M'_e - M'_w)$$

$$M_s = \frac{Ks}{D} (M'_e - M'_w)$$

III.5. Calcul des moments aux nœuds :

Les charges appliquées sur les deux travées encadrant chaque appui engendrent des moments fictifs qu'on déterminera par la méthode d'Albert CAQUOT. Les moments réels seront calculés en fonction des moments fictifs avec des formules déterminées par la même méthode.

III.6. Calcul des moments en travées :

Les moments fléchissant en travées sont calculés en considérant la travée indépendante, et en utilisant les moments de continuité. Ils déterminent à partir des moments sur appuis, en utilisant les méthodes usuelles de la RDM.

$$M_i(x) = \mu(x) - M_i + \frac{(M_{i+1} - M_i)}{L} x$$

$$\mu(x) = \frac{ql}{2} x - \frac{qx^2}{2} : \text{Moment isostatique de la travée indépendante.}$$

$$\text{Pour le moment } M_{\max} : x = \frac{L}{2} + \frac{(M_i - M_{i+1})}{qL}$$

M_w , M_e sont à prendre en valeurs absolues.

III.7. Calcul des efforts tranchants dans les poutres :

Ils sont calculés par la méthode générale applicable aux poutres continues en faisant état des moments de continuité.

$$T_w = \frac{qL}{2} + \frac{M_w - M_e}{L} ; \quad \text{et} \quad T_e = \frac{qL}{2} - \frac{M_w - M_e}{L}$$

III.8. Calcul des efforts normaux dans les poteaux :

Ils sont déterminés à partir des efforts tranchants dans les poutres

$$N_i = \left| T_{ei} - T_{wi} \right| + P_{\text{poteau}}$$

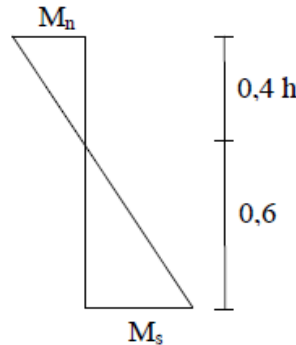
Remarque :

Dans le calcul des efforts normaux des poteaux on tiendra compte du poids de ces poteaux.

III.9.Détermination du point d'inflexion dans le poteau (moment nul) :

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

$$\frac{M_n}{0,6h} = \frac{M_s}{0,4h} \implies M_n = 1,5M_s$$



III.10.Application :

Les portiques à prendre dans cette application sont :

- Le portique (K-K) dans le sens longitudinal
- Le portique (3-3) dans le sens transversal

III.10.1.Détermination des charges supportées par les portiques :

a. Le portique transversal (3-3) :

Les charges revenant à chaque travée de chaque niveau du portique 3-3) sont :

- **Niveau terrasse :**

Poids des poutres principales.....0,30x0,40x25 = 3 kN/ml

Poids du plancher [(3,40+3,43)/2-0,3] x 6,29 = 19,59kN/ml

G = 22,60 kN/ml

Q=3.115x1=3,12kN/ml

- **Etage courant :**

- **cas du plancher à corps Creus :**

Poids des poutres principales0,30x0,40x25 = 3 kN/ml

Poids du plancher[(3,40+3,43)/2-0,3].x5,24= 16,32 kN/ml

G = 19,35 kN/ml

Q=3,115x1.5=4,68 kN/ml

- cas de la dalle pleine:

Plancher en dalle pleine $e_p = 15$ cm..... $G = S \times 5,37$ kN/ml

$$Q = S \times 1.50 \text{ kN/ml}$$

- Cas d'une console :

$$G = S \times 5,37$$

$$Q = S \times 3,5$$

a. Le portique longitudinal (k-k) :

Les charges revenant à chaque travée de chaque niveau du portique C-C sont :

• Niveau terrasse :

Poids des poutres secondaires..... $0,25 \times 0,35 \times 25 = 2,187$ KN/mlPoids du plancher $0,65 \times 6,29 = 4,090$ KN/ml

$$G = 6,28 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 0,65 \times 1 = 0,65 \text{ KN/ml}$$

• Etage courant :

Poids des poutres secondaires $0,25 \times 0,35 \times 25 = 2,19$ KN/mlPoids du plancher $0,65 \times 5,24 = 3,406$ KN/ml

$$G = 5.59 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 0,65 \times 1.5 = 0,9 \text{ N/ml}$$

- Cas d'une console

$$G = S \times 5,37$$

$$Q = S \times 3,5$$

III.10.2. Etude du portique transversal (3-3) :

Tableau III.1. Les caractéristiques géométriques du portique (3-3) :

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
10	C	1,23	4,24	0,00	2,66	0,98	3,39	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	0,00	4,72	0,00	3,17	7,89
	F	4,24	3,20	0,00	2,66	3,39	2,56	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	4,72	6,25	0,00	3,17	14,14
	H	3,20	3,20	0,00	2,66	2,56	2,56	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67
	I	3,20	4,20	0,00	2,66	2,56	3,36	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,25	4,76	0,00	3,17	14,18
	J	4,20	3,20	0,00	2,66	3,36	2,56	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	4,76	6,25	0,00	3,17	14,18
	K	3,20	3,20	0,00	2,66	2,56	2,56	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67
	L	3,20	3,20	0,00	2,66	2,56	2,56	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67
	M	3,20	1,65	0,00	2,66	2,56	1,32	0,00	2,13	16,00	16,00	0,00	6,75	6,25	0,00	0,00	3,17	9,42
9	C	1,23	4,24	2,66	2,66	0,98	3,39	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	0,00	4,72	2,82	3,17	10,71
	F	4,24	3,20	2,66	2,66	3,39	2,56	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	4,72	6,25	2,82	3,17	16,96
	H	3,20	3,20	2,66	2,66	2,56	2,56	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49
	I	3,20	4,20	2,66	2,66	2,56	3,36	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,25	4,76	2,82	3,17	17,00
	J	4,20	3,20	2,66	2,66	3,36	2,56	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	4,76	6,25	2,82	3,17	17,00
	K	3,20	3,20	2,66	2,66	2,56	2,56	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49
	L	3,20	3,20	2,66	2,66	2,56	2,56	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49
	M	3,20	1,65	2,66	2,66	2,56	1,32	2,39	2,13	16,00	16,00	6,75	6,75	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24
	C	1,21	4,19	2,66	2,66	0,97	3,35	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	0,00	4,77	3,17	5,87	13,82
	F	4,19	3,15	2,66	2,66	3,35	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	4,77	6,35	3,17	5,87	20,17
	H	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74

Tableau III.1. Les caractéristiques géométriques du portique (3-3) suite :

8	I	3,15	4,15	2,66	2,66	2,52	3,32	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,35	4,82	3,17	5,87	20,21
	J	4,15	3,15	2,66	2,66	3,32	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	4,82	6,35	3,17	5,87	20,21
	K	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74
	L	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74
	M	3,15	1,63	2,66	2,66	2,52	1,30	2,13	2,13	16,00	16,00	6,75	12,50	6,35	0,00	3,17	5,87	15,40
7	C	1,21	4,19	2,66	2,66	0,97	3,35	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	0,00	4,77	5,87	5,87	16,52
	F	4,19	3,15	2,66	2,66	3,35	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,77	6,35	5,87	5,87	22,87
	H	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	I	3,15	4,15	2,66	2,66	2,52	3,32	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	4,82	5,87	5,87	22,92
	J	4,15	3,15	2,66	2,66	3,32	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,82	6,35	5,87	5,87	22,92
	K	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	L	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
6	M	3,15	1,63	2,66	2,66	2,52	1,30	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10
	C	1,21	4,19	2,66	2,66	0,97	3,35	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	0,00	4,77	5,87	5,87	16,52
	F	4,19	3,15	2,66	2,66	3,35	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,77	6,35	5,87	5,87	22,87
	H	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	I	3,15	4,15	2,66	2,66	2,52	3,32	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	4,82	5,87	5,87	22,92
	J	4,15	3,15	2,66	2,66	3,32	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,82	6,35	5,87	5,87	22,92
	K	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	L	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	M	3,15	1,63	2,66	2,66	2,52	1,30	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10
	C	1,21	4,19	2,66	2,66	0,97	3,35	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	0,00	4,77	5,87	5,87	16,52
	F	4,19	3,15	2,66	2,66	3,35	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,77	6,35	5,87	5,87	22,87
	H	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45

Tableau III.1. Les caractéristiques géométriques du portique (3-3) suite :

5	I	3,15	4,15	2,66	2,66	2,52	3,32	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	4,82	5,87	5,87	22,92
	J	4,15	3,15	2,66	2,66	3,32	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	4,82	6,35	5,87	5,87	22,92
	K	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	L	3,15	3,15	2,66	2,66	2,52	2,52	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45
	M	3,15	1,63	2,66	2,66	2,52	1,30	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	12,50	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10
4	C	1,18	4,14	2,66	2,66	0,94	3,31	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	0,00	4,83	5,87	10,02	20,73
	F	4,14	3,10	2,66	2,66	3,31	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	4,83	6,45	5,87	10,02	27,18
	H	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,45	6,45	5,87	10,02	28,80
	I	3,10	4,10	2,66	2,66	2,48	3,28	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,45	4,88	5,87	10,02	27,23
	J	4,10	3,10	2,66	2,66	3,28	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	4,88	6,45	5,87	10,02	27,23
	K	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,45	6,45	5,87	10,02	28,80
	L	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,45	6,45	5,87	10,02	28,80
	M	3,10	1,60	2,66	2,66	2,48	1,28	2,13	2,13	16,00	16,00	12,50	21,33	6,45	0,00	5,87	10,02	22,35
3	C	1,18	4,14	2,66	2,66	0,94	3,31	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	0,00	4,83	10,02	10,02	24,88
	F	4,14	3,10	2,66	2,66	3,31	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	4,83	6,45	10,02	10,02	31,33
	H	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	I	3,10	4,10	2,66	2,66	2,48	3,28	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	4,88	10,02	10,02	31,38
	J	4,10	3,10	2,66	2,66	3,28	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	4,88	6,45	10,02	10,02	31,38
	K	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	L	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	M	3,10	1,60	2,66	2,66	2,48	1,28	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	0,00	10,02	10,02	26,50
	C	1,18	4,14	2,66	2,66	0,94	3,31	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	0,00	4,83	10,02	10,02	24,88
	F	4,14	3,10	2,66	2,66	3,31	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	4,83	6,45	10,02	10,02	31,33
	H	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95

Tableau III.1. Les caractéristiques géométriques du portique (3-3) suite :

2	I	3,10	4,10	2,66	2,66	2,48	3,28	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	4,88	10,02	10,02	31,38
	J	4,10	3,10	2,66	2,66	3,28	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	4,88	6,45	10,02	10,02	31,38
	K	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	L	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	M	3,10	1,60	2,66	2,66	2,48	1,28	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	0,00	10,02	10,02	26,50
1	C	1,18	4,14	2,66	2,66	0,94	3,31	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	0,00	4,83	10,02	10,02	24,88
	F	4,14	3,10	2,66	2,66	3,31	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	4,83	6,45	10,02	10,02	31,33
	H	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	I	3,10	4,10	2,66	2,66	2,48	3,28	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	4,88	10,02	10,02	31,38
	J	4,10	3,10	2,66	2,66	3,28	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	4,88	6,45	10,02	10,02	31,38
	K	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
	L	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95
RDC	M	3,10	1,60	2,66	2,66	2,48	1,28	2,13	2,13	16,00	16,00	21,33	21,33	6,45	0,00	10,02	10,02	26,50
	C	1,16	4,09	2,66	4,10	0,93	3,27	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	0,00	4,89	10,02	10,42	25,33
	F	4,09	3,05	2,66	4,10	3,27	2,44	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	4,89	6,56	10,02	10,42	31,89
	H	3,05	3,05	2,66	4,10	2,44	2,44	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56
	I	3,05	4,05	2,66	4,10	2,44	3,24	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	6,56	4,94	10,02	10,42	31,94
	J	4,05	3,05	2,66	4,10	3,24	2,44	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	4,94	6,56	10,02	10,42	31,94
	K	3,05	3,05	2,66	4,10	2,44	2,44	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56
	L	3,05	3,05	2,66	4,10	2,44	2,44	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56
	M	3,05	1,58	2,66	4,10	2,44	1,26	2,13	3,28	16,00	16,00	21,33	34,17	6,56	0,00	10,02	10,42	27,00
	C	0,00	4,09	4,10	3,68	0,00	3,27	3,28	2,94	0,00	16,00	34,17	34,17	0,00	4,89	10,42	11,61	26,91
	F	4,09	3,05	4,10	3,68	3,27	2,44	3,28	2,94	16,00	16,00	34,17	34,17	4,89	6,56	10,42	11,61	33,47
	H	3,05	3,05	4,10	3,68	2,44	2,44	3,28	2,94	16,00	16,00	34,17	34,17	6,56	6,56	10,42	11,61	35,14

Tableau III.1. Les caractéristiques géométriques du portique (3-3) suite :

S-S	I	3,05	4,05	4,10	3,68	2,44	3,24	3,28	2,94	16,00	16,00	34,17	34,17	6,56	4,94	10,42	11,61	33,52
	J	4,05	3,05	4,10	3,68	3,24	2,44	3,28	2,94	16,00	16,00	34,17	34,17	4,94	6,56	10,42	11,61	33,52
	K	3,05	3,05	4,10	3,68	2,44	2,44	3,28	2,94	16,00	16,00	34,17	34,17	6,56	6,56	10,42	11,61	35,14
	L	3,05	3,05	4,10	3,68	2,44	2,44	3,28	2,94	16,00	16,00	34,17	34,17	6,56	6,56	10,42	11,61	35,14
	M	3,05	0,00	4,10	3,68	2,44	0,00	3,28	2,94	16,00	0,00	34,17	34,17	6,56	0,00	10,42	11,61	28,58

Tableau III.2 Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous G :

Unité	kN/m			m		kN.m		m ³					KN.m			
Niveau	Nœud	Gw	Ge	L'W	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	ME	Mn	Ms
10	C	11,49	22,60	0,98	3,39	1,30	30,56	0,00	4,72	0,00	3,172	7,892	1,30	13,06	0,00	11,76
	F	22,60	22,60	3,39	2,56	30,56	17,42	4,72	6,25	0,00	3,17	14,14	26,17	23,23	0,00	-2,94
	H	22,60	22,60	2,56	2,56	17,42	17,42	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67	17,42	17,42	0,00	0,00
	I	22,60	22,60	2,56	3,36	17,42	30,02	6,25	4,76	0,00	3,17	14,18	22,98	25,79	0,00	2,82
	J	22,60	22,60	3,36	2,56	30,02	17,42	4,76	6,25	0,00	3,17	14,18	25,79	22,98	0,00	-2,82
	K	22,60	22,60	2,56	2,56	17,42	17,42	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67	17,42	17,42	0,00	0,00
	L	22,60	22,60	2,56	2,56	17,42	17,42	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67	17,42	17,42	0,00	0,00
	M	22,60	19,75	2,56	1,32	17,42	4,05	6,25	0,00	0,00	3,17	9,42	8,55	4,05	0,00	-4,50
9	C	10,25	19,35	0,98	3,39	1,16	26,16	0,00	4,72	2,82	3,17	10,71	1,16	15,14	6,58	7,40
	F	19,35	19,35	3,39	2,56	26,16	14,92	4,72	6,25	0,00	3,17	16,96	23,03	19,06	-1,87	-2,10
	H	19,35	19,35	2,56	2,56	14,92	14,92	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49	14,92	14,92	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,56	3,36	14,92	32,54	6,25	4,76	2,82	3,17	17,00	21,40	27,61	2,92	3,29
	J	24,50	19,35	3,36	2,56	32,54	14,92	4,76	6,25	2,82	3,17	17,00	27,61	21,40	-2,92	-3,29
	K	19,35	19,35	2,56	2,56	14,92	14,92	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49	14,92	14,92	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,56	2,56	14,92	14,92	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49	14,92	14,92	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,56	1,32	14,92	4,07	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24	9,38	4,07	-2,50	-2,81
8	C	10,25	19,35	0,97	3,35	1,13	25,55	0,00	4,77	3,17	5,87	13,81	1,13	17,12	5,60	10,38
	F	19,35	19,35	3,35	2,52	25,55	14,46	4,77	6,35	3,17	5,87	20,16	22,92	17,95	-1,74	-3,23
	H	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74	14,46	14,46	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,52	3,32	14,46	31,77	6,35	4,82	3,17	5,87	20,21	19,90	27,64	2,72	5,03
	J	24,50	19,35	3,32	2,52	31,77	14,46	4,82	6,35	3,17	5,87	20,21	27,64	19,90	-2,72	-5,03

Tableau III.2 Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous G suite :

	K	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74	14,46	14,46	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74	14,46	14,46	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,52	1,30	14,46	3,95	6,35	0,00	3,17	5,87	15,39	10,12	3,95	-2,16	-4,01
7	C	10,25	19,35	0,97	3,35	1,13	25,55	0,00	4,77	5,87	5,87	16,51	1,13	18,49	8,68	8,68
	F	19,35	19,35	3,35	2,52	25,55	14,46	4,77	6,35	5,87	5,87	22,86	23,23	17,54	-2,85	-2,85
	H	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,52	3,32	14,46	31,77	6,35	4,82	5,87	5,87	22,91	19,26	28,13	4,44	4,44
	J	24,50	19,35	3,32	2,52	31,77	14,46	4,82	6,35	5,87	5,87	22,91	28,13	19,26	-4,44	-4,44
	K	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,52	1,3	14,46	3,95	6,35	0,00	5,87	5,87	18,09	10,77	3,95	-3,41	-3,41
6	C	10,25	19,35	0,97	3,35	1,13	25,55	0,00	4,77	5,87	5,87	16,51	1,13	18,49	8,68	8,68
	F	19,35	19,35	3,35	2,52	25,55	14,46	4,77	6,35	5,87	5,87	22,86	23,23	17,54	-2,85	-2,85
	H	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,52	3,32	14,46	31,77	6,35	4,82	5,87	5,87	22,91	19,26	28,13	4,44	4,44
	J	24,50	19,35	3,32	2,52	31,77	14,46	4,82	6,35	5,87	5,87	22,91	28,13	19,26	-4,44	-4,44
	K	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,52	1,3	14,46	3,95	6,35	0,00	5,87	5,87	18,09	10,77	3,95	-3,41	-3,41
5	C	10,25	19,35	0,97	3,35	1,13	25,55	0,00	4,77	5,87	5,87	16,51	1,13	18,49	8,68	8,68
	F	19,35	19,35	3,35	2,52	25,55	14,46	4,77	6,35	5,87	5,87	22,86	23,23	17,54	-2,85	-2,85
	H	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,52	3,32	14,46	31,77	6,35	4,82	5,87	5,87	22,91	19,26	28,13	4,44	4,44
	J	24,50	19,35	3,32	2,52	31,77	14,46	4,82	6,35	5,87	5,87	22,91	28,13	19,26	-4,44	-4,44
	K	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00

Tableau III.2 Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous G suite :

	L	19,35	19,35	2,52	2,52	14,46	14,46	6,35	6,35	5,87	5,87	24,44	14,46	14,46	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,52	1,3	14,46	3,95	6,35	0,00	5,87	5,87	18,09	10,77	3,95	-3,41	-3,41
4	C	10,25	19,35	0,94	3,31	1,07	24,94	0,00	4,83	5,87	10,02	20,72	1,07	19,38	6,76	11,55
	F	19,35	19,35	3,31	2,48	24,94	14,00	4,83	6,45	5,87	10,02	27,17	23,00	16,60	-2,36	-4,03
	H	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	5,87	10,02	28,79	14,00	14,00	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,48	3,28	14,00	31,01	6,45	4,88	5,87	10,02	27,22	18,03	27,96	3,67	6,26
	J	24,50	19,35	3,28	2,48	31,01	14,00	4,88	6,45	5,87	10,02	27,22	27,96	18,03	-3,67	-6,26
	K	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	5,87	10,02	28,79	14,00	14,00	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	5,87	10,02	28,79	14,00	14,00	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,48	1,28	14,00	3,83	6,45	0,00	5,87	10,02	22,34	11,06	3,83	-2,67	-4,56
		C	10,25	19,35	0,94	3,31	1,07	24,94	0,00	4,83	10,02	10,02	24,87	1,07	20,30	9,62
3	F	19,35	19,35	3,31	2,48	24,94	14,00	4,83	6,45	10,02	10,02	31,32	23,25	16,25	-3,50	-3,50
	H	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,48	3,28	14,00	31,01	6,45	4,88	10,02	10,02	31,37	17,50	28,36	5,43	5,43
	J	24,50	19,35	3,28	2,48	31,01	14,00	4,88	6,45	10,02	10,02	31,37	28,36	17,50	-5,43	-5,43
	K	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,48	1,28	14,00	3,83	6,45	0,00	10,02	10,02	26,49	11,52	3,83	-3,85	-3,85
2	C	10,25	19,35	0,94	3,31	1,07	24,94	0,00	4,83	10,02	10,02	24,87	1,07	20,30	9,62	9,62
	F	19,35	19,35	3,31	2,48	24,94	14,00	4,83	6,45	10,02	10,02	31,32	23,25	16,25	-3,50	-3,50
	H	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,48	3,28	14,00	31,01	6,45	4,88	10,02	10,02	31,37	17,50	28,36	5,43	5,43
	J	24,50	19,35	3,28	2,48	31,01	14,00	4,88	6,45	10,02	10,02	31,37	28,36	17,50	-5,43	-5,43
	K	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00

Tableau III.2 Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous G suite :

	M	19,35	19,86	2,48	1,28	14,00	3,83	6,45	0,00	10,02	10,02	26,49	11,52	3,83	-3,85	-3,85
1	C	10,25	19,35	0,94	3,31	1,07	24,94	0,00	4,83	10,02	10,02	24,87	1,07	20,30	9,62	9,62
	F	19,35	19,35	3,31	2,48	24,94	14,00	4,83	6,45	10,02	10,02	31,32	23,25	16,25	-3,50	-3,50
	H	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,48	3,28	14,00	31,01	6,45	4,88	10,02	10,02	31,37	17,50	28,36	5,43	5,43
	J	24,50	19,35	3,28	2,48	31,01	14,00	4,88	6,45	10,02	10,02	31,37	28,36	17,50	-5,43	-5,43
	K	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,48	2,48	14,00	14,00	6,45	6,45	10,02	10,02	32,94	14,00	14,00	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,48	1,28	14,00	3,83	6,45	0,00	10,02	10,02	26,49	11,52	3,83	-3,85	-3,85
RDC	C	10,25	19,35	0,93	3,27	1,04	24,34	0,00	4,89	10,02	10,42	25,33	1,04	19,84	9,22	9,58
	F	19,35	19,35	3,27	2,44	24,34	13,55	4,89	6,56	10,02	10,42	31,89	22,69	15,77	-3,39	-3,53
	H	19,35	19,35	2,44	2,44	13,55	13,55	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56	13,55	13,55	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,44	3,24	13,55	30,26	6,56	4,94	10,02	10,42	31,94	16,98	27,67	5,24	5,45
	J	24,50	19,35	3,24	2,44	30,26	13,55	4,94	6,56	10,02	10,42	31,94	27,67	16,98	-5,24	-5,45
	K	19,35	19,35	2,44	2,44	13,55	13,55	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56	13,55	13,55	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,44	2,44	13,55	13,55	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56	13,55	13,55	0,00	0,00
	M	19,35	19,86	2,44	1,26	13,55	3,71	6,56	0,00	10,02	10,42	27	11,16	3,71	-3,65	-3,80
S-S	C	0,00	19,35	0,00	3,27	0,00	24,34	0,00	4,89	10,42	11,61	26,92	0,00	19,92	9,42	10,50
	F	19,35	19,35	3,27	2,44	24,34	13,55	4,89	6,56	10,42	11,61	33,48	22,77	15,67	-3,36	-3,74
	H	19,35	19,35	2,44	2,44	13,55	13,55	6,56	6,56	10,42	11,61	35,15	13,55	13,55	0,00	0,00
	I	19,35	24,50	2,44	3,24	13,55	30,26	6,56	4,94	10,42	11,61	33,53	16,82	27,80	5,19	5,78
	J	24,50	19,35	3,24	2,44	30,26	13,55	4,94	6,56	10,42	11,61	33,53	27,80	16,82	-5,19	-5,78
	K	19,35	19,35	2,44	2,44	13,55	13,55	6,56	6,56	10,42	11,61	35,15	13,55	13,55	0,00	0,00
	L	19,35	19,35	2,44	2,44	13,55	13,55	6,56	6,56	10,42	11,61	35,15	13,55	13,55	0,00	0,00
	M	19,35	0,00	2,44	0,00	13,55	0,00	6,56	0,00	10,42	11,61	28,59	10,44	0,00	-4,94	-5,50

Tableau III.3. Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous Q :

unité		kN/ml		m		kN.m		m ³					kN.m			
Niveau	Nœud	Qw	Qe	L'W	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
10	C	1,57	3,12	0,98	3,39	0,18	4,22	0,00	4,72	0,00	3,17	7,89	0,18	1,80	0,00	1,62
	F	3,12	3,12	3,39	2,56	4,22	2,41	4,72	6,25	0,00	3,17	14,14	3,61	3,21	0,00	-0,41
	H	3,12	3,12	2,56	2,56	2,40	2,40	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67	2,40	2,40	0,00	0,00
	I	3,12	3,12	2,56	3,36	2,40	4,14	6,25	4,76	0,00	3,17	14,18	3,17	3,56	0,00	0,39
	J	3,12	3,12	3,36	2,56	4,14	2,40	4,76	6,25	0,00	3,17	14,18	3,56	3,17	0,00	-0,39
	K	3,12	3,12	2,56	2,56	2,40	2,40	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67	2,40	2,40	0,00	0,00
	L	3,12	3,12	2,56	2,56	2,40	2,40	6,25	6,25	0,00	3,17	15,67	2,40	2,40	0,00	0,00
	M	3,12	3,12	2,56	1,32	2,40	0,64	6,25	0,00	0,00	3,17	9,42	1,23	0,64	0,00	-0,59
9	C	4,50	4,68	0,98	3,39	0,51	6,33	0,00	4,72	2,82	3,17	10,71	0,51	3,76	1,53	1,72
	F	4,68	4,68	3,39	2,56	6,33	3,61	4,72	6,25	2,82	3,17	16,96	5,57	4,61	-0,45	-0,51
	H	4,68	4,68	2,56	2,56	3,61	3,61	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49	3,61	3,61	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,56	3,36	3,61	11,36	6,25	4,76	2,82	3,17	17,00	6,46	9,19	1,29	1,44
	J	8,55	4,68	3,36	2,56	11,36	3,61	4,76	6,25	2,82	3,17	17,00	9,19	6,46	-1,29	-1,44
	K	4,68	4,68	2,56	2,56	3,61	3,61	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49	3,61	3,61	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,56	2,56	3,61	3,61	6,25	6,25	2,82	3,17	18,49	3,61	3,61	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,56	1,32	3,61	2,24	6,25	0,00	2,82	3,17	12,24	2,91	2,24	-0,32	-0,35
8	C	4,50	4,68	0,97	3,35	0,50	6,18	0,00	4,77	3,17	5,87	13,82	0,50	4,22	1,30	2,41
	F	4,68	4,68	3,35	2,52	6,18	3,50	4,77	6,35	3,17	5,87	20,17	5,54	4,34	-0,42	-0,78
	H	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74	3,50	3,50	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,52	3,32	3,50	11,09	6,35	4,82	3,17	5,87	20,21	5,88	9,28	1,19	2,20
	J	8,55	4,68	3,32	2,52	11,09	3,50	4,82	6,35	3,17	5,87	20,21	9,28	5,88	-1,19	-2,20

Tableau III.3.Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous Q suite:

	K	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74	3,50	3,50	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	3,17	5,87	21,74	3,50	3,50	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,52	1,30	3,50	2,17	6,35	0,00	3,17	5,87	15,40	2,95	2,17	-0,27	-0,51
7	C	4,50	4,68	0,97	3,35	0,50	6,18	0,00	4,77	5,87	5,87	16,52	0,50	4,54	2,02	2,02
	F	4,68	4,68	3,35	2,52	6,18	3,50	4,77	6,35	5,87	5,87	22,87	5,62	4,24	-0,69	-0,69
	H	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,52	3,32	3,50	11,09	6,35	4,82	5,87	5,87	22,92	5,60	9,49	1,94	1,94
	J	8,55	4,68	3,32	2,52	11,09	3,50	4,82	6,35	5,87	5,87	22,92	9,49	5,60	-1,94	-1,94
	K	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,52	1,30	3,50	2,17	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10	3,03	2,17	-0,43	-0,43
6	C	4,50	4,68	0,97	3,35	0,50	6,18	0,00	4,77	5,87	5,87	16,52	0,50	4,54	2,02	2,02
	F	4,68	4,68	3,35	2,52	6,18	3,50	4,77	6,35	5,87	5,87	22,87	5,62	4,24	-0,69	-0,69
	H	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,52	3,32	3,50	11,09	6,35	4,82	5,87	5,87	22,92	5,60	9,49	1,94	1,94
	J	8,55	4,68	3,32	2,52	11,09	3,50	4,82	6,35	5,87	5,87	22,92	9,49	5,60	-1,94	-1,94
	K	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,52	1,30	3,50	2,17	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10	3,03	2,17	-0,43	-0,43
5	C	4,50	4,68	0,97	3,35	0,50	6,18	0,00	4,77	5,87	5,87	16,52	0,50	4,54	2,02	2,02
	F	4,68	4,68	3,35	2,52	6,18	3,50	4,77	6,35	5,87	5,87	22,87	5,62	4,24	-0,69	-0,69
	H	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,52	3,32	3,50	11,09	6,35	4,82	5,87	5,87	22,92	5,60	9,49	1,94	1,94
	J	8,55	4,68	3,32	2,52	11,09	3,50	4,82	6,35	5,87	5,87	22,92	9,49	5,60	-1,94	-1,94
	K	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00

Tableau III.3.Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous Q suite:

	L	4,68	4,68	2,52	2,52	3,50	3,50	6,35	6,35	5,87	5,87	24,45	3,50	3,50	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,52	1,30	3,50	2,17	6,35	0,00	5,87	5,87	18,10	3,03	2,17	-0,43	-0,43
4	C	4,50	4,68	0,94	3,31	0,47	6,03	0,00	4,83	5,87	10,02	20,73	0,47	4,74	1,58	2,69
	F	4,68	4,68	3,31	2,48	6,03	3,39	4,83	6,45	5,87	10,02	27,18	5,56	4,01	-0,57	-0,98
	H	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	5,87	10,02	28,80	3,39	3,39	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,48	3,28	3,39	10,82	6,45	4,88	5,87	10,02	27,23	5,15	9,49	1,60	2,74
	J	8,55	4,68	3,28	2,48	10,82	3,39	4,88	6,45	5,87	10,02	27,23	9,49	5,15	-1,60	-2,74
	K	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	5,87	10,02	28,80	3,39	3,39	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	5,87	10,02	28,80	3,39	3,39	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,48	1,28	3,39	2,10	6,45	0,00	5,87	10,02	22,35	3,02	2,10	-0,34	-0,57
		C	4,50	4,68	0,94	3,31	0,47	6,03	0,00	4,83	10,02	10,02	24,88	0,47	4,95	2,24
3	F	4,68	4,68	3,31	2,48	6,03	3,39	4,83	6,45	10,02	10,02	31,33	5,62	3,93	-0,85	-0,85
	H	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,48	3,28	3,39	10,82	6,45	4,88	10,02	10,02	31,38	4,91	9,67	2,37	2,37
	J	8,55	4,68	3,28	2,48	10,82	3,39	4,88	6,45	10,02	10,02	31,38	9,67	4,91	-2,37	-2,37
	K	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,48	1,28	3,39	2,10	6,45	0,00	10,02	10,02	26,50	3,07	2,10	-0,48	-0,48
		C	4,50	4,68	0,94	3,31	0,47	6,03	0,00	4,83	10,02	10,02	24,88	0,47	4,95	2,24
2	F	4,68	4,68	3,31	2,48	6,03	3,39	4,83	6,45	10,02	10,02	31,33	5,62	3,93	-0,85	-0,85
	H	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,48	3,28	3,39	10,82	6,45	4,88	10,02	10,02	31,38	4,91	9,67	2,37	2,37
	J	8,55	4,68	3,28	2,48	10,82	3,39	4,88	6,45	10,02	10,02	31,38	9,67	4,91	-2,37	-2,37
	K	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00

Tableau III.3. Les moments aux nœuds du portique (3-3) sous Q suite:

	M	4,68	10,92	2,48	1,28	3,39	2,10	6,45	0,00	10,02	10,02	26,50	3,07	2,10	-0,48	-0,48
I	C	4,50	4,68	0,94	3,31	0,47	6,03	0,00	4,83	10,02	10,02	24,88	0,47	4,95	2,24	2,24
	F	4,68	4,68	3,31	2,48	6,03	3,39	4,83	6,45	10,02	10,02	31,33	5,62	3,93	-0,85	-0,85
	H	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,48	3,28	3,39	10,82	6,45	4,88	10,02	10,02	31,38	4,91	9,67	2,37	2,37
	J	8,55	4,68	3,28	2,48	10,82	3,39	4,88	6,45	10,02	10,02	31,38	9,67	4,91	-2,37	-2,37
	K	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,48	2,48	3,39	3,39	6,45	6,45	10,02	10,02	32,95	3,39	3,39	0,00	0,00
	M	4,68	10,92	2,48	1,28	3,39	2,10	6,45	0,00	10,02	10,02	26,50	3,07	2,10	-0,48	-0,48
	RDC	C	4,50	4,68	0,93	3,27	0,46	5,89	0,00	4,89	10,02	10,42	25,33	0,46	4,84	2,15
F		4,68	4,68	3,27	2,44	5,89	3,28	4,89	6,56	10,02	10,42	31,89	5,49	3,81	-0,82	-0,85
H		4,68	4,68	2,44	2,44	3,28	3,28	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56	3,28	3,28	0,00	0,00
I		4,68	8,55	2,44	3,24	3,28	10,56	6,56	4,94	10,02	10,42	31,94	4,77	9,43	2,28	2,38
J		8,55	4,68	3,24	2,44	10,56	3,28	4,94	6,56	10,02	10,42	31,94	9,43	4,77	-2,28	-2,38
K		4,68	4,68	2,44	2,44	3,28	3,28	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56	3,28	3,28	0,00	0,00
L		4,68	4,68	2,44	2,44	3,28	3,28	6,56	6,56	10,02	10,42	33,56	3,28	3,28	0,00	0,00
M		4,68	10,92	2,44	1,26	3,28	2,04	6,56	0,00	10,02	10,42	27,00	2,98	2,04	-0,46	-0,48
S-S	C	0,00	4,68	0,00	3,27	0,00	5,89	0,00	4,89	10,42	11,61	26,91	0,00	4,82	2,28	2,54
	F	4,68	4,68	3,27	2,44	5,89	3,28	4,89	6,56	10,42	11,61	33,47	5,51	3,79	-0,81	-0,91
	H	4,68	4,68	2,44	2,44	3,28	3,28	6,56	6,56	10,42	11,61	35,14	3,28	3,28	0,00	0,00
	I	4,68	8,55	2,44	3,24	3,28	10,56	6,56	4,94	10,42	11,61	33,52	4,70	9,49	2,26	2,52
	J	8,55	4,68	3,24	2,44	10,56	3,28	4,94	6,56	10,42	11,61	33,52	9,49	4,70	-2,26	-2,52
	K	4,68	4,68	2,44	2,44	3,28	3,28	6,56	6,56	10,42	11,61	35,14	3,28	3,28	0,00	0,00
	L	4,68	4,68	2,44	2,44	3,28	3,28	6,56	6,56	10,42	11,61	35,14	3,28	3,28	0,00	0,00
	M	4,68	0,00	2,44	0,00	3,28	0,00	6,56	0,00	10,42	11,61	28,58	2,53	0,00	-1,20	-1,33

Tableau III.4 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous G :

niveau	unité	m	kN/ml	kN.m	kN.m	m	kN.m	kN.m	kN	kN
	Travée	L	G	Mw	Me	x	Ux	Mt	Tw	Te
10	console1	1.23	11.49	0.00	8.69	0.00	0.00	0	0.00	-8.12
	C-F	4.24	22.60	21.75	26.17	2.07	50.76	26.85	46.87	-51.00
	F-H	3.20	22.60	23.23	17.42	1.68	28.86	8.68	37.98	-34.34
	H-I	3.20	22.60	17.42	22.98	1.52	28.86	8.79	34.42	-37.90
	I-J	4.20	22.60	25.79	25.79	2.10	49.83	24.04	47.46	-47.46
	J-K	3.20	22.60	22.98	17.42	1.68	28.86	8.79	37.90	-34.42
	K-L	3.20	22.60	17.42	17.42	1.60	28.93	11.51	36.16	-36.16
	L-M	3.20	22.60	17.42	35.43	1.35	28.23	3.20	30.53	-33.39
	console2	1.65	19.75	26.88	0.00	0.00	0.00	0.00	32.59	0.00
9	console1	1.23	10.25	0.00	7.75	0.00	0.00	7.75	0.00	-7.25
	C-F	4.24	19.35	22.89	23.03	2.12	43.48	20.52	40.99	-42.88
	F-H	3.20	19.35	19.06	14.92	1.67	24.72	7.82	32.25	-29.67
	H-I	3.20	19.35	14.92	21.40	1.50	24.66	6.71	28.94	-32.99
	I-J	4.20	24.50	27.61	27.61	2.10	54.02	26.41	51.45	-51.45
	J-K	3.20	19.35	21.40	14.92	1.70	24.66	6.71	32.99	-28.94
	K-L	3.20	19.35	14.92	14.92	1.60	24.77	9.85	30.96	-30.96
	L-M	3.20	19.35	14.92	36.41	1.25	23.60	0.27	24.24	-29.23
	console2	1.65	19.86	27.03	0.00	0.00	0.00	0.00	32.77	0.00
8	console1	1.21	10.25	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.14
	C-F	4.24	19.35	24.62	22.92	2.14	43.48	19.72	41.42	-42.39
	F-H	3.20	19.35	17.95	14.46	1.66	24.74	8.59	32.05	-29.87
	H-I	3.20	19.35	14.46	19.90	1.51	24.69	7.66	29.26	-32.66
	I-J	4.20	24.50	27.64	27.64	2.10	54.02	26.38	51.45	-51.45
	J-K	3.20	19.35	19.90	14.46	1.69	24.69	7.66	32.66	-29.26
	K-L	3.20	19.35	14.46	14.46	1.60	24.77	10.31	30.96	-30.96
	L-M	3.20	19.35	14.46	36.50	1.24	23.54	0.51	24.07	-29.60
	console2	1.63	19.86	26.38	0.00	0.00	0.00	0.00	32.37	0.00
7	console1	1.21	10.25	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.14
	C-F	4.24	19.35	25.99	23.23	2.15	43.47	18.88	41.67	-42.14
	F-H	3.20	19.35	17.54	14.46	1.65	24.74	8.79	31.92	-30.00
	H-I	3.20	19.35	14.46	19.26	1.52	24.71	7.97	29.46	-32.46
	I-J	4.20	24.50	28.13	28.13	2.10	54.02	25.89	51.45	-51.45
	J-K	3.20	19.35	19.26	14.46	1.68	24.71	7.97	32.46	-29.46
	K-L	3.20	19.35	14.46	14.46	1.60	24.77	10.31	30.96	-30.96
	L-M	3.20	19.35	14.46	37.15	1.23	23.47	0.26	23.87	-29.81
	console2	1.63	19.86	26.38	0.00	0.00	0.00	0.00	32.37	0.00
	console1	1.21	10.25	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.14

Tableau III.4 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous G suite :

6	C-F	4.24	19.35	25.99	23.23	2.15	43.47	18.88	41.67	-42.14
	F-H	3.20	19.35	17.54	14.46	1.65	24.74	8.79	31.92	-30.00
	H-I	3.20	19.35	14.46	19.26	1.52	24.71	7.97	29.46	-32.46
	I-J	4.20	24.50	28.13	28.13	2.10	54.02	25.89	51.45	-51.45
	J-K	3.20	19.35	19.26	14.46	1.68	24.71	7.97	32.46	-29.46
	K-L	3.20	19.35	14.46	14.46	1.60	24.77	10.31	30.96	-30.96
	L-M	3.20	19.35	14.46	37.15	1.23	23.47	0.26	23.87	-29.81
	console2	1.63	19.86	26.38	0.00	0.00	0.00	0.00	32.37	0.00
5	console1	1.21	10.25	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.14
	C-F	4.24	19.35	25.99	23.23	2.15	43.47	18.88	41.67	-42.14
	F-H	3.20	19.35	17.54	14.46	1.65	24.74	8.79	31.92	-30.00
	H-I	3.20	19.35	14.46	19.26	1.52	24.71	7.97	29.46	-32.46
	I-J	4.20	24.50	28.13	28.13	2.10	54.02	25.89	51.45	-51.45
	J-K	3.20	19.35	19.26	14.46	1.68	24.71	7.97	32.46	-29.46
	K-L	3.20	19.35	14.46	14.46	1.60	24.77	10.31	30.96	-30.96
	L-M	3.20	19.35	14.46	37.15	1.23	23.47	0.26	23.87	-29.81
4	console2	1.63	19.86	26.38	0.00	0.00	0.00	0.00	32.37	0.00
	console1	1.18	10.25	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.95
	C-F	4.14	19.35	26.52	23.00	2.11	41.44	16.72	40.90	-40.93
	F-H	3.10	19.35	16.60	14.00	1.59	23.23	7.96	30.83	-29.15
	H-I	3.10	19.35	14.00	18.03	1.48	23.20	7.27	28.69	-31.29
	I-J	4.10	24.50	27.96	27.96	2.05	51.48	23.52	50.23	-50.23
	J-K	3.10	19.35	18.03	14.00	1.62	23.20	7.27	31.29	-28.69
	K-L	3.10	14.00	14.00	14.00	1.55	16.82	2.82	21.70	-21.70
3	L-M	3.10	14.00	14.00	36.48	3.83	-19.57	-61.35	14.45	-20.75
	console2	1.60	19.86	25.42	0.00	0.00	0.00	0.00	31.78	0.00
	console1	1.18	10.25	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.95
	C-F	4.14	19.35	27.44	23.50	2.12	41.43	16.01	41.01	-40.83
	F-H	3.10	19.35	16.25	14.00	1.59	23.23	8.13	30.72	-29.27
	H-I	3.10	19.35	14.00	17.50	1.49	23.21	7.53	28.86	-31.12
	I-J	4.10	24.50	28.36	28.36	2.05	51.48	23.12	50.23	-50.23
	J-K	3.10	19.35	17.50	14.00	1.61	23.21	7.53	31.12	-28.86
2	K-L	3.10	19.35	14.00	14.00	1.55	23.24	9.24	29.99	-29.99
	L-M	3.10	19.35	14.00	36.94	1.17	21.83	-0.81	22.59	-29.19
	console2	1.60	19.86	25.42	0.00	0.00	0.00	0.00	25.42	0.00
	console1	1.18	10.25	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.95
	C-F	4.14	19.35	27.44	23.25	2.12	41.43	16.14	41.07	-40.77
	F-H	3.10	19.35	16.25	14.00	1.59	23.23	8.13	30.72	-29.27
	H-I	3.10	19.35	14.00	17.50	1.49	23.21	7.53	28.86	-31.12
	I-J	4.10	24.50	28.36	28.36	2.05	51.48	23.12	50.23	-50.23

Tableau III.4 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous G suite :

	J-K	3.10	19.35	17.50	14.00	1.61	23.21	7.53	31.12	-28.86
	K-L	3.10	19.35	14.00	14.00	1.55	23.24	9.24	29.99	-29.99
	L-M	3.10	19.35	14.00	36.94	1.17	21.83	-0.81	22.59	-29.19
	console2	1.60	19.86	25.42	0.00	0.00	0.00	0.00	25.42	0.00
1	console1	1.18	10.25	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.95
	C-F	4.14	19.35	27.44	23.25	2.12	41.43	16.14	41.07	-40.77
	F-H	3.10	19.35	16.25	14.00	1.59	23.23	8.13	30.72	-29.27
	H-I	3.10	19.35	14.00	17.50	1.49	23.21	7.53	28.86	-31.12
	I-J	4.10	24.50	28.36	28.36	2.05	51.48	23.12	50.23	-50.23
	J-K	3.10	19.35	17.50	14.00	1.61	23.21	7.53	31.12	-28.86
	K-L	3.10	19.35	14.00	14.00	1.55	23.24	9.24	29.99	-29.99
	L-M	3.10	19.35	14.00	36.94	1.17	21.83	-0.81	22.59	-29.19
	console2	1.60	19.86	25.42	0.00	0.00	0.00	0.00	31.78	0.00
RDC	console1	1.16	10.25	0.00	6.90	0.00	0.00	6.90	0.00	-6.84
	C-F	4.09	19.35	26.74	22.69	2.10	40.44	15.77	40.56	-40.27
	F-H	3.05	19.35	15.77	13.55	1.56	22.49	7.85	30.24	-28.78
	H-I	3.05	19.35	13.55	16.98	1.47	22.47	7.27	28.38	-30.63
	I-J	4.05	24.50	27.67	27.67	2.03	50.23	22.56	49.61	-49.61
	J-K	3.05	19.35	16.98	13.55	1.58	22.47	7.27	30.63	-28.38
	K-L	3.05	19.35	13.55	13.55	1.53	22.50	8.95	29.51	-29.51
	L-M	3.05	19.35	13.55	35.95	1.15	21.11	-0.86	22.16	-28.73
console2	1.58	19.86	24.79	0.00	0.00	0.00	0.00	31.38	0.00	
S-S	C-F	4.09	19.35	19.92	22.77	2.01	40.45	19.13	38.87	-40.27
	F-H	3.05	19.35	15.67	13.55	1.56	22.49	7.90	30.20	-28.81
	H-I	3.05	19.35	13.55	16.82	1.47	22.47	7.35	28.44	-30.58
	I-J	4.05	24.50	27.80	27.80	2.03	50.23	22.43	49.61	-49.61
	J-K	3.05	19.35	16.82	13.55	1.58	22.47	7.35	30.58	-28.44
	K-L	3.05	19.35	13.55	13.55	1.53	22.50	8.95	29.51	-29.51
	L-M	3.05	19.35	13.55	10.44	1.58	22.47	10.53	30.53	-28.49

Tableau III.5 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous Q :

niveau	unité	m	Kn/ml	Kn.m	kN.m	m	kN.m	kN.m	KN	KN
	travée	L	Q	Mw	Me	X	u(x)	Mt	Tw	Te
10	console1	1.23	1.57	0	1.1876	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93
	C-F	4.24	3.12	2.99	3.61	2.07	7.00	3.70	6.46	6.75
	F-H	3.2	3.12	3.21	2.40	1.68	3.98	1.19	5.24	4.73
	H-I	3.2	3.12	2.40	3.17	1.52	3.98	1.21	4.74	5.22
	I-J	4.2	3.12	3.56	3.56	2.10	6.87	3.31	6.54	6.54
	J-K	3.2	3.12	3.17	2.40	1.68	3.98	1.21	5.22	4.74
	K-L	3.2	3.12	2.40	2.40	1.60	3.99	1.59	4.98	4.98
	L-M	3.2	3.12	2.40	5.48	1.29	3.84	0.20	4.02	5.95
	console2	1.65	3.12	4.25	0.00	0.00	0.00	0.00	5.15	0.00
9	console1	1.23	4.50	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	5.54
	C-F	4.24	4.68	7.16	5.57	2.20	10.50	4.16	10.30	9.55
	F-H	3.20	4.68	4.61	3.61	1.67	5.98	1.89	7.80	7.18
	H-I	3.20	4.68	3.61	6.46	1.41	5.91	1.04	6.60	8.38
	I-J	4.20	8.55	9.19	9.19	2.10	18.85	9.66	17.96	17.96
	J-K	3.20	4.68	6.46	3.61	1.79	5.91	1.04	8.38	6.60
	K-L	3.20	4.68	3.61	3.61	1.60	5.99	2.38	7.49	7.49
	L-M	3.20	4.68	3.61	17.77	0.65	3.90	-2.61	3.06	11.91
	console2	1.65	10.92	14.86	0.00	0.00	0.00	0.00	18.02	0.00
8	console1	1.21	4.50	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45
	C-F	4.24	4.68	7.51	5.54	2.22	10.49	4.01	10.39	9.46
	F-H	3.20	4.68	4.34	3.50	1.66	5.98	2.08	7.75	7.23
	H-I	3.20	4.68	3.50	5.88	1.44	5.93	1.36	6.74	8.23
	I-J	4.20	8.55	9.28	9.28	2.10	18.85	9.57	17.96	17.96
	J-K	3.20	4.68	5.88	3.50	1.76	5.93	1.36	8.23	6.74
	K-L	3.20	4.68	3.50	3.50	1.60	5.99	2.49	7.49	7.49
	L-M	3.20	4.68	3.50	17.46	0.67	3.96	-2.46	3.13	11.85
	console2	1.63	10.92	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	17.80	0.00
7	console1	1.21	4.50	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45
	C-F	4.24	4.68	7.83	5.62	2.23	10.49	3.82	10.44	9.40
	F-H	3.20	4.68	4.24	3.50	1.65	5.98	2.13	7.72	7.26
	H-I	3.20	4.68	3.50	5.60	1.46	5.94	1.49	6.83	8.14
	I-J	4.20	8.55	9.49	9.49	2.10	18.85	9.36	17.96	17.96
	J-K	3.20	4.68	5.60	3.50	1.74	5.94	1.49	8.14	6.83
	K-L	3.20	4.68	3.50	3.50	1.60	5.99	2.49	7.49	7.49
	L-M	3.20	4.68	3.50	17.54	0.66	3.93	-2.47	3.10	11.87
	console2	1.63	10.92	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	17.80	0.00
	console1	1.21	4.50	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45
	C-F	4.24	4.68	7.83	5.62	2.23	10.49	3.82	10.44	9.40

Tableau III.5 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous Q suite :

6	F-H	3.20	4.68	4.24	3.50	1.65	5.98	2.13	7.72	7.26
	H-I	3.20	4.68	3.50	5.60	1.46	5.94	1.49	6.83	8.14
	I-J	4.20	8.55	9.49	9.49	2.10	18.85	9.36	17.96	17.96
	J-K	3.20	4.68	5.60	3.50	1.74	5.94	1.49	8.14	6.83
	K-L	3.20	4.68	3.50	3.50	1.60	5.99	2.49	7.49	7.49
	L-M	3.20	4.68	3.50	17.54	0.66	3.93	-2.47	3.10	11.87
	console2	1.63	10.92	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	17.80	0.00
5	console1	1.21	4.50	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45
	C-F	4.24	4.68	7.83	5.62	2.23	10.49	3.82	10.44	9.40
	F-H	3.20	4.68	4.24	3.50	1.65	5.98	2.13	7.72	7.26
	H-I	3.20	4.68	3.50	5.60	1.46	5.94	1.49	6.83	8.14
	I-J	4.20	8.55	9.49	9.49	2.10	18.85	9.36	17.96	17.96
	J-K	3.20	4.68	5.60	3.50	1.74	5.94	1.49	8.14	6.83
	K-L	3.20	4.68	3.50	3.50	1.60	5.99	2.49	7.49	7.49
	L-M	3.20	4.68	3.50	17.54	0.66	3.93	-2.47	3.10	11.87
console2	1.63	10.92	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	17.80	0.00	
4	console1	1.18	4.50	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31
	C-F	4.14	4.68	7.87	5.56	2.19	9.99	3.34	10.25	9.13
	F-H	3.10	4.68	4.01	3.39	1.59	5.62	1.93	7.45	7.05
	H-I	3.10	4.68	3.39	5.15	1.43	5.59	1.39	6.69	7.82
	I-J	4.10	8.55	9.49	9.49	2.05	17.97	8.48	17.53	17.53
	J-K	3.10	4.68	5.15	3.39	1.67	5.59	1.39	7.82	6.69
	K-L	3.10	4.68	3.39	3.39	1.55	5.62	2.23	7.25	7.25
	L-M	3.10	4.68	3.39	17.00	0.61	3.56	-2.51	2.86	11.64
console2	1.60	10.92	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	17.47	0.00	
3	console1	1.18	4.50	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31
	C-F	4.14	4.68	8.08	5.62	2.20	9.99	3.21	10.28	9.09
	F-H	3.10	4.68	3.93	3.39	1.59	5.62	1.97	7.43	7.08
	H-I	3.10	4.68	3.39	4.91	1.45	5.60	1.50	6.76	7.74
	I-J	4.10	8.55	9.67	9.67	2.05	17.97	8.30	17.53	17.53
	J-K	3.10	4.68	4.91	3.39	1.65	5.60	1.50	7.74	6.76
	K-L	3.10	4.68	3.39	3.39	1.55	5.62	2.23	7.25	7.25
	L-M	3.10	4.68	3.39	17.05	0.61	3.55	-2.52	2.85	11.66
console2	1.60	10.92	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	17.47	0.00	
2	console1	1.18	4.50	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31
	C-F	4.14	4.68	8.08	5.62	2.20	9.99	3.21	10.28	9.09
	F-H	3.10	4.68	3.93	3.39	1.59	5.62	1.97	7.43	7.08
	H-I	3.10	4.68	3.39	4.91	1.45	5.60	1.50	6.76	7.74
	I-J	4.10	8.55	9.67	9.67	2.05	17.97	8.30	17.53	17.53
	J-K	3.10	4.68	4.91	3.39	1.65	5.60	1.50	7.74	6.76

Tableau III.5 Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (3-3) sous Q suite

1	K-L	3.10	4.68	3.39	3.39	1.55	5.62	2.23	7.25	7.25
	L-M	3.10	4.68	3.39	17.05	0.61	3.55	-2.52	2.85	11.66
	console2	1.60	10.92	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	17.47	0.00
	console1	1.18	4.50	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31
	C-F	4.14	4.68	8.08	5.62	2.20	9.99	3.21	10.28	9.09
	F-H	3.10	4.68	3.93	3.39	1.59	5.62	1.97	7.43	7.08
	H-I	3.10	4.68	3.39	4.91	1.45	5.60	1.50	6.76	7.74
	I-J	4.10	8.55	9.67	9.67	2.05	17.97	8.30	17.53	17.53
	J-K	3.10	4.68	4.91	3.39	1.65	5.60	1.50	7.74	6.76
	K-L	3.10	4.68	3.39	3.39	1.55	5.62	2.23	7.25	7.25
	L-M	3.10	4.68	3.39	17.05	0.61	3.55	-2.52	2.85	11.66
	RDC	console2	1.60	10.92	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	17.47
console1		1.16	4.50	0.00	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	5.22
C-F		4.09	4.68	7.87	5.49	2.17	9.75	3.14	10.15	8.99
F-H		3.05	4.68	3.81	3.28	1.56	5.44	1.90	7.31	6.96
H-I		3.05	4.68	3.28	4.77	1.42	5.42	1.44	6.65	7.63
I-J		4.05	8.55	9.43	9.43	2.03	17.53	8.10	17.31	17.31
J-K		3.05	4.68	4.77	3.28	1.63	5.42	1.44	7.63	6.65
K-L		3.05	4.68	3.28	3.28	1.53	5.44	2.16	7.14	7.14
L-M		3.05	4.68	3.28	16.61	0.59	3.40	-2.46	2.77	11.51
console2		1.58	10.92	13.63	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	0.00
C-F		4.09	4.68	4.82	5.51	2.01	9.78	4.62	9.40	9.74
F-H		3.05	4.68	3.79	3.28	1.56	5.44	1.91	7.30	6.97
S-S	H-I	3.05	4.68	3.28	4.70	1.43	5.42	1.48	6.67	7.60
	I-J	4.05	8.55	9.49	9.49	2.03	17.53	8.04	17.31	17.31
	J-K	3.05	4.68	7.70	3.28	1.83	5.22	0.18	8.59	5.69
	K-L	3.05	4.68	3.28	3.28	1.53	5.44	2.16	7.14	7.14
	L-M	3.05	4.68	3.28	2.53	1.58	5.44	2.54	7.38	6.89

Tableau III.6 Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous G :

Niveau	Unité	KN				
		Noeud	Pds du pot	Tw	Te	N
10	C	0.00	-8.12	46.87	54.99	54.99
	F	0.00	-51.00	37.98	88.98	88.98
	H	0.00	-34.34	34.42	68.76	68.76
	I	0.00	-37.90	47.46	85.36	85.36
	J	0.00	-47.46	37.90	85.36	85.36
	K	0.00	-34.42	36.16	70.58	70.58
	L	0.00	-36.16	30.53	66.69	66.69
	M	0.00	-33.39	32.59	65.98	65.98
9	C	5.99	-7.25	40.99	54.23	109.22
	F	5.99	-42.88	32.25	81.12	170.10
	H	5.99	-29.67	28.94	64.60	133.36
	I	5.99	-32.99	51.45	90.43	175.79
	J	5.99	-51.45	32.99	90.43	175.79
	K	5.99	-28.94	30.96	65.89	136.47
	L	5.99	-30.96	24.24	61.19	127.88
	M	5.99	-29.23	32.77	67.99	133.97
8	C	8.14	-7.14	41.42	56.70	165.92
	F	8.14	-42.39	32.05	82.58	252.68
	H	8.14	-29.87	29.26	67.27	200.63
	I	8.14	-32.66	51.45	92.25	268.04
	J	8.14	-51.45	32.66	92.25	268.04
	K	8.14	-29.26	30.96	68.36	204.83
	L	8.14	-30.96	24.07	63.17	191.05
	M	8.14	-29.60	32.37	70.11	204.08
7	C	8.14	-7.14	41.67	56.95	222.87
	F	8.14	-42.14	31.92	82.20	334.88
	H	8.14	-30.00	29.46	67.60	268.23
	I	8.14	-32.46	51.45	92.05	360.09
	J	8.14	-51.45	32.46	92.05	360.09
	K	8.14	-29.46	30.96	68.56	273.39
	L	8.14	-30.96	23.87	62.97	254.02
	M	8.14	-29.81	32.37	70.32	274.40
6	C	8.14	-7.14	41.67	56.95	279.82
	F	8.14	-42.14	31.92	82.20	417.08
	H	8.14	-30.00	29.46	67.60	335.83
	I	8.14	-32.46	51.45	92.05	452.14

Tableau III.6 Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous G suite :

	J	8.14	-51.45	32.46	92.05	452.14
	K	8.14	-29.46	30.96	68.56	341.95
	L	8.14	-30.96	23.87	62.97	316.99
	M	8.14	-29.81	32.37	70.32	344.72
5	C	8.14	-7.14	41.67	56.95	336.77
	F	8.14	-42.14	31.92	82.20	499.28
	H	8.14	-30.00	29.46	67.60	403.43
	I	8.14	-32.46	51.45	92.05	544.19
	J	8.14	-51.45	32.46	92.05	544.19
	K	8.14	-29.46	30.96	68.56	410.51
	L	8.14	-30.96	23.87	62.97	379.96
	M	8.14	-29.81	32.37	70.32	415.04
4	C	10.64	-6.95	40.9	58.49	395.26
	F	10.64	-40.93	30.83	82.40	581.68
	H	10.64	-29.15	28.69	68.48	471.91
	I	10.64	-31.29	50.23	92.16	636.35
	J	10.64	-50.23	31.29	92.16	636.35
	K	10.64	-28.69	21.70	61.03	471.54
	L	10.64	-21.70	14.45	46.79	426.75
	M	10.64	-20.75	31.78	63.17	478.21
3	C	10.64	-6.95	41.01	58.60	453.86
	F	10.64	-40.83	30.72	82.19	663.87
	H	10.64	-29.27	28.86	68.77	540.68
	I	10.64	-31.12	50.23	91.99	728.34
	J	10.64	-50.23	31.12	91.99	728.34
	K	10.64	-28.86	29.99	69.49	541.03
	L	10.64	-29.99	22.59	63.22	489.97
	M	10.64	-29.19	25.42	65.25	543.46
2	C	10.64	-6.95	41.07	58.66	512.52
	F	10.64	-40.77	30.72	82.13	746.00
	H	10.64	-29.27	28.86	68.77	609.45
	I	10.64	-31.12	50.23	91.99	820.33
	J	10.64	-50.23	31.12	91.99	820.33
	K	10.64	-28.86	29.99	69.49	610.52
	L	10.64	-29.99	22.59	63.22	553.19
	M	10.64	-29.19	25.42	65.25	608.71
	C	10.64	-6.95	41.07	58.66	571.18
	F	10.64	-40.77	30.72	82.13	828.13
	H	10.64	-29.27	28.86	68.77	678.22

Tableau III.6 Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous G suite :

1	I	10.64	-31.12	50.23	91.99	912.32
	J	10.64	-50.23	31.12	91.99	912.32
	K	10.64	-28.86	29.99	69.49	680.01
	L	10.64	-29.99	22.59	63.22	616.41
	M	10.64	-29.19	31.78	71.61	680.32
RDC	C	20.75	-6.84	40.56	68.15	639.33
	F	20.75	-40.27	30.24	91.26	919.39
	H	20.75	-28.78	28.38	77.91	756.13
	I	20.75	-30.63	49.61	100.99	1013.31
	J	20.75	-49.61	30.63	100.99	1013.31
	K	20.75	-28.38	29.51	78.64	758.65
	L	20.75	-29.51	22.16	72.42	688.83
S-S	M	20.75	-28.73	31.38	80.86	761.18
	C	18.63	0.00	38.87	57.50	696.83
	F	18.63	-40.27	30.20	89.10	1008.49
	H	18.63	-28.81	28.44	75.88	832.01
	I	18.63	-30.58	49.61	98.82	1112.13
	J	18.63	-49.61	30.58	98.82	1112.13
	K	18.63	-28.44	29.51	76.58	1089.89
	L	18.63	-29.51	30.53	78.67	767.50
M	18.63	-28.49	0.00	47.12	808.30	

Tableau III.7. Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous Q:

Niveau	unité	KN				
	Nœud	pds du pot	Tw	Te	N	Nc
10	C	0.00	-1.93	6.46	8.39	8.39
	F	0.00	-6.75	5.24	11.99	11.99
	H	0.00	-4.73	4.74	9.47	9.47
	I	0.00	-5.22	6.54	11.76	11.76
	J	0.00	-6.54	5.22	11.76	11.76
	K	0.00	-4.74	4.98	9.72	9.72
	L	0.00	-4.98	4.02	9.00	9.00
	M	0.00	-5.95	5.15	11.10	11.10
9	C	5.99	-5.54	10.3	21.83	30.22
	F	5.99	-9.55	7.80	23.34	35.33
	H	5.99	-7.18	6.60	19.77	29.24
	I	5.99	-8.38	17.96	32.33	44.09
	J	5.99	-17.96	8.38	32.33	44.09
	K	5.99	-6.60	7.49	20.08	29.80
	L	5.99	-7.49	3.06	16.54	25.54
	M	5.99	-11.91	18.02	35.92	47.02
8	C	8.14	-5.45	10.39	23.98	54.20
	F	8.14	-9.46	7.75	25.35	60.68
	H	8.14	-7.23	6.74	22.11	51.35
	I	8.14	-8.23	17.96	34.33	78.42
	J	8.14	-17.96	8.23	34.33	78.42
	K	8.14	-6.74	7.49	22.37	52.17
	L	8.14	-7.49	3.13	18.76	44.30
	M	8.14	-11.85	17.8	37.79	84.81
7	C	8.14	-5.45	10.44	24.03	78.23
	F	8.14	-9.4	7.72	25.26	85.94
	H	8.14	-7.26	6.83	22.23	73.58
	I	8.14	-8.14	17.96	34.24	112.66
	J	8.14	-17.96	8.14	34.24	112.66
	K	8.14	-6.83	7.49	22.46	74.63
	L	8.14	-7.49	3.1	18.73	63.03
	M	8.14	-11.87	17.8	37.81	122.62
6	C	8.14	-5.45	10.44	24.03	78.23
	F	8.14	-9.4	7.72	25.26	111.20
	H	8.14	-7.26	6.83	22.23	95.81
	I	8.14	-8.14	17.96	34.24	146.90

Tableau III.7. Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous Q suite :

	J	8.14	-17.96	8.14	34.24	146.90
	K	8.14	-6.83	7.49	22.46	97.09
	L	8.14	-7.49	3.1	18.73	81.76
	M	8.14	-11.87	17.8	37.81	160.43
5	C	8.14	-5.45	10.44	24.03	102.26
	F	8.14	-9.4	7.72	25.26	136.46
	H	8.14	-7.26	6.83	22.23	118.04
	I	8.14	-8.14	17.96	34.24	181.14
	J	8.14	-17.96	8.14	34.24	181.14
	K	8.14	-6.83	7.49	22.46	119.55
	L	8.14	-7.49	3.1	18.73	100.49
	M	8.14	-11.87	17.8	37.81	198.24
4	C	10.64	-5.31	10.25	26.20	128.46
	F	10.64	-9.13	7.45	27.22	163.68
	H	10.64	-7.05	6.69	24.38	142.42
	I	10.64	-7.82	17.53	35.99	217.13
	J	10.64	-17.53	7.82	35.99	217.13
	K	10.64	-6.69	7.25	24.58	144.13
	L	10.64	-7.25	2.86	20.75	121.24
	M	10.64	-11.64	17.47	39.75	237.99
3	C	10.64	-5.31	10.28	26.23	154.69
	F	10.64	-9.09	7.43	27.16	190.84
	H	10.64	-7.08	6.76	24.48	166.90
	I	10.64	-7.74	17.53	35.91	253.04
	J	10.64	-17.53	7.74	35.91	253.04
	K	10.64	-6.76	7.25	24.65	168.78
	L	10.64	-7.25	2.85	20.74	141.98
	M	10.64	-11.66	17.47	39.77	277.76
2	C	10.64	-5.31	10.28	26.23	180.92
	F	10.64	-9.09	7.43	27.16	218.00
	H	10.64	-7.08	6.76	24.48	191.38
	I	10.64	-7.74	17.53	35.91	288.95
	J	10.64	-17.53	7.74	35.91	288.95
	K	10.64	-6.76	7.25	24.65	193.43
	L	10.64	-7.25	2.85	20.74	162.72
	M	10.64	-11.66	17.47	39.77	317.53
	C	10.64	-5.31	10.28	26.23	207.15
	F	10.64	-9.09	7.43	27.16	245.16

Tableau III.7. Les efforts normaux sous poteaux du portique (3-3) sous Q suite :

1	H	10.64	-7.08	6.76	24.48	215.86
	I	10.64	-7.74	17.53	35.91	324.86
	J	10.64	-17.53	7.74	35.91	324.86
	K	10.64	-6.76	7.25	24.65	218.08
	L	10.64	-7.25	2.85	20.74	183.46
	M	10.64	-11.66	17.47	39.77	357.30
RDC	C	20.75	-5.22	10.15	36.12	243.27
	F	20.75	-8.99	7.31	37.05	282.21
	H	20.75	-6.96	6.65	34.36	250.22
	I	20.75	-7.63	17.31	45.69	370.55
	J	20.75	-17.31	7.63	45.69	370.55
	K	20.75	-6.65	7.14	34.54	252.62
	L	20.75	-7.14	2.77	30.66	214.12
	M	20.75	-11.51	17.25	49.51	406.81
S-S	C	18.63	0.00	9.40	28.03	271.30
	F	18.63	-9.74	7.30	35.67	317.88
	H	18.63	-6.97	6.67	32.27	293.76
	I	18.63	-7.60	17.31	43.54	414.09
	J	18.63	-17.31	8.59	44.53	415.08
	K	18.63	-5.69	7.14	31.46	284.08
	L	18.63	-7.14	7.38	33.15	247.27
	M	18.63	-6.89	0.00	25.52	432.33

III.10.3. Étude du portique longitudinal (K-K) :

Tableau III.8. Les caractéristiques géométriques du portique (K-K) :

Niveau	Unité	m								$10^{-4}m^4$				$10^{-4}m^3$				
	Nœud	Lw	Le	hn	hs	L'w	L'e	h'n	h's	Iw	Ie	In	Is	Kw	Ke	Kn	Ks	D
10	1	0,00	3,13	0,00	2,66	0,00	2,50	0,00	2,13	0,00	8,93	0,00	6,75	0,00	3,57	0,00	3,17	6,74
	2	3,13	3,10	0,00	2,66	2,50	2,48	0,00	2,13	8,93	8,93	0,00	6,75	3,57	3,60	0,00	3,17	10,34
	3	3,10	3,10	0,00	2,66	2,48	2,48	0,00	2,13	8,93	8,93	0,00	6,75	3,60	3,60	0,00	3,17	10,37
	4	3,10	1,85	0,00	2,66	2,48	1,48	0,00	2,13	8,93	8,93	0,00	6,75	3,60	6,03	0,00	3,17	12,81
	5	1,85	1,52	0,00	2,66	1,48	1,22	0,00	2,13	8,93	0,00	0,00	6,75	6,03	0,00	0,00	3,17	9,21
9	1	0,00	3,13	2,66	2,66	0,00	2,50	2,39	2,13	0,00	8,93	6,75	6,75	0,00	3,57	2,82	3,17	9,56
	2	3,13	3,10	2,66	2,66	2,50	2,48	2,39	2,13	8,93	8,93	6,75	6,75	3,57	3,60	2,82	3,17	13,16
	3	3,10	3,10	2,66	2,66	2,48	2,48	2,39	2,13	8,93	8,93	6,75	6,75	3,60	3,60	2,82	3,17	13,19
	4	3,10	1,85	2,66	2,66	2,48	1,48	2,39	2,13	8,93	8,93	6,75	6,75	3,60	6,03	2,82	3,17	15,63
	5	1,85	1,52	2,66	2,66	1,48	1,22	2,39	2,13	8,93	0,00	6,75	6,75	6,03	0,00	2,82	3,17	12,03
8	1	0,00	3,08	2,66	2,66	0,00	2,46	2,13	2,13	0,00	8,93	12,50	12,50	0,00	3,62	5,87	5,87	15,37
	2	3,08	3,05	2,66	2,66	2,46	2,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	3,66	5,87	5,87	19,03
	3	3,05	3,08	2,66	2,66	2,44	2,46	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,66	3,62	5,87	5,87	19,03
	4	3,08	1,80	2,66	2,66	2,46	1,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	6,20	5,87	5,87	21,57
	5	1,80	1,47	2,66	2,66	1,44	1,18	2,13	2,13	8,93	0,00	12,50	12,50	6,20	0,00	5,87	5,87	17,95
7	1	0,00	3,08	2,66	2,66	0,00	2,46	2,13	2,13	0,00	8,93	12,50	12,50	0,00	3,62	5,87	5,87	15,37
	2	3,08	3,05	2,66	2,66	2,46	2,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	3,66	5,87	5,87	19,03
	3	3,05	3,08	2,66	2,66	2,44	2,46	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,66	3,62	5,87	5,87	19,03
	4	3,08	1,80	2,66	2,66	2,46	1,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	6,20	5,87	5,87	21,57
	5	1,80	1,47	2,66	2,66	1,44	1,18	2,13	2,13	8,93	0,00	12,50	12,50	6,20	0,00	5,87	5,87	17,95

Tableau III.8. Les caractéristiques géométriques du portique (K-K) suite :

6	1	0,00	3,08	2,66	2,66	0,00	2,46	2,13	2,13	0,00	8,93	12,50	12,50	0,00	3,62	5,87	5,87	15,37
	2	3,08	3,05	2,66	2,66	2,46	2,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	3,66	5,87	5,87	19,03
	3	3,05	3,08	2,66	2,66	2,44	2,46	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,66	3,62	5,87	5,87	19,03
	4	3,08	1,80	2,66	2,66	2,46	1,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	6,20	5,87	5,87	21,57
	5	1,80	1,47	2,66	2,66	1,44	1,18	2,13	2,13	8,93	0,00	12,50	12,50	6,20	0,00	5,87	5,87	17,95
5	1	0,00	3,08	2,66	2,66	0,00	2,46	2,13	2,13	0,00	8,93	12,50	12,50	0,00	3,62	5,87	5,87	15,37
	2	3,08	3,05	2,66	2,66	2,46	2,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	3,66	5,87	5,87	19,03
	3	3,05	3,08	2,66	2,66	2,44	2,46	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,66	3,62	5,87	5,87	19,03
	4	3,08	1,80	2,66	2,66	2,46	1,44	2,13	2,13	8,93	8,93	12,50	12,50	3,62	6,20	5,87	5,87	21,57
	5	1,80	1,47	2,66	2,66	1,44	1,18	2,13	2,13	8,93	0,00	12,50	12,50	6,20	0,00	5,87	5,87	17,95
4	1	0,00	3,03	2,66	2,66	0,00	2,42	2,13	2,13	0,00	8,93	21,33	21,33	0,00	3,68	10,02	10,02	23,73
	2	3,03	3,00	2,66	2,66	2,42	2,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	3,72	10,02	10,02	27,45
	3	3,00	3,03	2,66	2,66	2,40	2,42	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,72	3,68	10,02	10,02	27,45
	4	3,03	1,75	2,66	2,66	2,42	1,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	6,38	10,02	10,02	30,11
	5	1,75	1,42	2,66	2,66	1,40	1,14	2,13	2,13	8,93	0,00	21,33	21,33	6,38	0,00	10,02	10,02	26,43
3	1	0,00	3,03	2,66	2,66	0,00	2,42	2,13	2,13	0,00	8,93	21,33	21,33	0,00	3,68	10,02	10,02	23,73
	2	3,03	3,00	2,66	2,66	2,42	2,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	3,72	10,02	10,02	27,45
	3	3,00	3,03	2,66	2,66	2,40	2,42	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,72	3,68	10,02	10,02	27,45
	4	3,03	1,75	2,66	2,66	2,42	1,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	6,38	10,02	10,02	30,11
	5	1,75	1,42	2,66	2,66	1,40	1,14	2,13	2,13	8,93	0,00	21,33	21,33	6,38	0,00	10,02	10,02	26,43
2	1	0,00	3,03	2,66	2,66	0,00	2,42	2,13	2,13	0,00	8,93	21,33	21,33	0,00	3,68	10,02	10,02	23,73
	2	3,03	3,00	2,66	2,66	2,42	2,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	3,72	10,02	10,02	27,45
	3	3,00	3,03	2,66	2,66	2,40	2,42	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,72	3,68	10,02	10,02	27,45
	4	3,03	1,75	2,66	2,66	2,42	1,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	6,38	10,02	10,02	30,11
	5	1,75	1,42	2,66	2,66	1,40	1,14	2,13	2,13	8,93	0,00	21,33	21,33	6,38	0,00	10,02	10,02	26,43

Tableau III.8. Les caractéristiques géométriques du portique (K-K) suite :

1	1	0,00	3,03	2,66	2,66	0,00	2,42	2,13	2,13	0,00	8,93	21,33	21,33	0,00	3,68	10,02	10,02	23,73
	2	3,03	3,00	2,66	2,66	2,42	2,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	3,72	10,02	10,02	27,45
	3	3,00	3,03	2,66	2,66	2,40	2,42	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,72	3,68	10,02	10,02	27,45
	4	3,03	1,75	2,66	2,66	2,42	1,40	2,13	2,13	8,93	8,93	21,33	21,33	3,68	6,38	10,02	10,02	30,11
	5	1,75	1,42	2,66	2,66	1,40	1,14	2,13	2,13	8,93	0,00	21,33	21,33	6,38	0,00	10,02	10,02	26,43
RDC	1	0,00	2,98	2,66	4,10	0,00	2,38	2,13	3,28	0,00	8,93	34,17	34,17	0,00	3,75	16,06	10,42	30,22
	2	2,98	2,95	2,66	4,10	2,38	2,36	2,13	3,28	8,93	8,93	34,17	34,17	3,75	3,78	16,06	10,42	34,00
	3	2,95	2,98	2,66	4,10	2,36	2,38	2,13	3,28	8,93	8,93	34,17	34,17	3,78	3,75	16,06	10,42	34,00
	4	2,98	1,70	2,66	4,10	2,38	1,36	2,13	3,28	8,93	8,93	34,17	34,17	3,75	6,57	16,06	10,42	36,79
	5	1,70	1,37	2,66	4,10	1,36	1,10	2,13	3,28	8,93	0,00	34,17	34,17	6,57	0,00	16,06	10,42	33,04
S-S	1	0,00	2,98	4,10	3,68	0,00	2,38	3,28	2,94	0,00	8,93	34,17	34,17	0,00	3,75	10,42	11,61	25,77
	2	2,98	2,95	4,10	3,68	2,38	2,36	3,28	2,94	8,93	8,93	34,17	34,17	3,75	3,78	10,42	11,61	29,55
	3	2,95	2,98	4,10	3,68	2,36	2,38	3,28	2,94	8,93	8,93	34,17	34,17	3,78	3,75	10,42	11,61	29,55
	4	2,98	1,70	4,10	3,68	2,38	1,36	3,28	2,94	8,93	8,93	34,17	34,17	3,75	6,57	10,42	11,61	32,34
	5	1,70	0,00	4,10	3,68	1,36	0,00	3,28	2,94	8,93	0,00	34,17	34,17	6,57	0,00	10,42	11,61	28,59

Tableau III.9. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous G :

Niveau	Unité	kN/m		m		kN.m		10 ⁻⁴ m ³					KN.m			
	nœuds	Gw	Ge	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	ME	Mn	Ms
10	1	0.00	6.28	0.00	2.5	0.00	4.62	0.00	3.57	0.00	3.17	6.74	0.00	2.17	0.00	2.17
	2	6.28	6.28	2.5	2.48	4.62	4.54	3.57	3.60	0.00	3.17	10.34	4.59	4.57	0.00	-0.02
	3	6.28	6.28	2.48	2.48	4.54	4.54	3.60	3.60	0.00	3.17	10.37	4.54	4.54	0.00	0.00
	4	6.28	6.28	2.48	1.48	4.54	1.62	3.60	6.03	0.00	3.17	12.80	3.72	3.00	0.00	-0.72
	5	6.28	6.28	1.48	1.22	1.62	1.10	6.03	0.00	0.00	3.17	9.20	1.28	1.10	0.00	-0.18
9	1	0.00	5.59	0.00	2.5	0.00	4.11	0.00	3.57	2.82	3.17	9.56	0.00	2.58	1.21	1.36
	2	5.59	5.59	2.5	2.48	4.11	4.04	3.57	3.60	2.82	3.17	13.16	4.09	4.06	-0.01	-0.02
	3	5.59	5.59	2.48	2.48	4.04	4.04	3.60	3.60	2.82	3.17	13.19	4.04	4.04	0.00	0.00
	4	5.59	5.59	2.48	1.48	4.04	1.44	3.60	6.03	2.82	3.17	15.62	3.44	2.45	-0.47	-0.53
	5	5.59	8.16	1.48	1.22	1.44	1.43	6.03	0.00	2.82	3.17	12.02	1.43	1.43	0.00	0.00
8	1	0.00	5.59	0.00	2.46	0.00	3.98	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	3.04	1.52	1.52
	2	5.59	5.59	2.46	2.44	3.98	3.92	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	3.97	3.93	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.44	2.46	3.92	3.98	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	3.93	3.97	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.46	1.44	3.98	1.36	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	3.54	2.12	-0.71	-0.71
	5	5.59	8.16	1.44	1.18	1.36	1.34	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	1.35	1.34	-0.01	-0.01
7	1	0.00	5.59	0.00	2.46	0.00	3.98	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	3.04	1.52	1.52
	2	5.59	5.59	2.46	2.44	3.98	3.92	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	3.97	3.93	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.44	2.46	3.92	3.98	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	3.93	3.97	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.46	1.44	3.98	1.36	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	3.54	2.12	-0.71	-0.71
	5	5.59	8.16	1.44	1.18	1.36	1.34	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	1.35	1.34	-0.01	-0.01
	1	0.00	5.59	0.00	2.46	0.00	3.98	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	3.04	1.52	1.52

Tableau III.9. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous G suite :

6	2	5.59	5.59	2.46	2.44	3.98	3.92	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	3.97	3.93	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.44	2.46	3.92	3.98	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	3.93	3.97	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.46	1.44	3.98	1.36	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	3.54	2.12	-0.71	-0.71
	5	5.59	8.16	1.44	1.18	1.36	1.34	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	1.35	1.34	-0.01	-0.01
5	1	0.00	5.59	0.00	2.46	0.00	3.98	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	3.04	1.52	1.52
	2	5.59	5.59	2.46	2.44	3.98	3.92	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	3.97	3.93	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.44	2.46	3.92	3.98	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	3.93	3.97	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.46	1.44	3.98	1.36	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	3.54	2.12	-0.71	-0.71
	5	5.59	8.16	1.44	1.18	1.36	1.34	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	1.35	1.34	-0.01	-0.01
4	1	0.00	5.59	0.00	2.42	0.00	3.85	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	3.25	1.63	1.63
	2	5.59	5.59	2.42	2.4	3.85	3.79	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	3.84	3.80	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.4	2.42	3.79	3.85	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	3.80	3.84	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.42	1.4	3.85	1.29	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	3.54	1.83	-0.85	-0.85
	5	5.59	8.16	1.4	1.14	1.29	1.25	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	1.28	1.25	-0.02	-0.02
3	1	0.00	5.59	0.00	2.42	0.00	3.85	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	3.25	1.63	1.63
	2	5.59	5.59	2.42	2.4	3.85	3.79	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	3.84	3.80	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.4	2.42	3.79	3.85	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	3.80	3.84	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.42	1.4	3.85	1.29	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	3.54	1.83	-0.85	-0.85
	5	5.59	8.16	1.4	1.14	1.29	1.25	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	1.28	1.25	-0.02	-0.02
2	1	0.00	5.59	0.00	2.42	0.00	3.85	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	3.25	1.63	1.63
	2	5.59	5.59	2.42	2.4	3.85	3.79	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	3.84	3.80	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.4	2.42	3.79	3.85	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	3.80	3.84	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.42	1.4	3.85	1.29	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	3.54	1.83	-0.85	-0.85
	5	5.59	8.16	1.4	1.14	1.29	1.25	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	1.28	1.25	-0.02	-0.02
	1	0.00	5.59	0.00	2.42	0.00	3.85	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	3.25	1.63	1.63

Tableau III.9. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous G suite :

1	2	5.59	5.59	2.42	2.4	3.85	3.79	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	3.84	3.80	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.4	2.42	3.79	3.85	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	3.80	3.84	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.42	1.4	3.85	1.29	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	3.54	1.83	-0.85	-0.85
	5	5.59	8.16	1.4	1.14	1.29	1.25	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	1.28	1.25	-0.02	-0.02
RDC	1	0.00	5.59	0.00	2.38	0.00	3.73	0.00	3.75	16.06	10.42	30.23	0.00	3.26	1.98	1.28
	2	5.59	5.59	2.38	2.36	3.73	3.66	3.75	3.78	16.06	10.42	34.01	3.72	3.67	-0.03	-0.02
	3	5.59	5.59	2.36	2.38	3.66	3.73	3.78	3.75	16.06	10.42	34.01	3.67	3.72	0.03	0.02
	4	5.59	5.59	2.38	1.36	3.73	1.22	3.75	6.57	16.06	10.42	36.80	3.47	1.66	-1.09	-0.71
	5	5.59	8.16	1.36	1.1	1.22	1.16	6.57	0.00	16.06	10.42	33.05	1.21	1.16	-0.03	-0.02
S-S	1	0.00	5.59	0.00	2.38	0.00	3.73	0.00	3.75	10.42	11.61	25.78	0.00	3.18	1.51	1.68
	2	5.59	5.59	2.38	2.36	3.73	3.66	3.75	3.78	10.42	11.61	29.56	3.72	3.67	-0.02	-0.02
	3	5.59	5.59	2.36	2.38	3.66	3.73	3.78	3.75	10.42	11.61	29.56	3.67	3.72	0.02	0.02
	4	5.59	5.59	2.38	1.36	3.73	1.22	3.75	6.57	10.42	11.61	32.35	3.43	1.73	-0.81	-0.90
	5	5.59	0.00	1.36	0	1.22	0.00	6.57	0.00	10.42	11.61	28.60	0.94	0.00	-0.44	-0.49

Tableau III.10. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous Q:

Niveau	Unité	KN/m		m		kN.m		$10^{-4}m^3$					KN.m			
	noeuds	Qw	Qe	L'w	L'e	M'w	M'e	Kw	Ke	Kn	Ks	D	Mw	Me	Mn	Ms
10	1	0.00	0.65	0.00	2.5	0.00	0.48	0.00	3.57	0.00	3.17	6.74	0.00	0.22	0.00	0.22
	2	0.65	0.65	2.5	2.48	0.48	0.47	3.57	3.60	0.00	3.17	10.34	0.48	0.47	0.00	0.00
	3	0.65	0.65	2.48	2.48	0.47	0.47	3.60	3.60	0.00	3.17	10.37	0.47	0.47	0.00	0.00
	4	0.65	0.65	2.48	1.48	0.47	0.17	3.60	6.03	0.00	3.17	12.80	0.39	0.31	0.00	-0.07
	5	0.65	0.65	1.48	1.22	0.17	0.11	6.03	0.00	0.00	3.17	9.20	0.13	0.11	0.00	-0.02
9	1	0.00	0.98	0.00	2.5	0.00	0.72	0.00	3.57	2.82	3.17	9.56	0.00	0.45	0.21	0.24
	2	0.98	0.98	2.5	2.48	0.72	0.71	3.57	3.60	2.82	3.17	13.16	0.72	0.71	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.48	2.48	0.71	0.71	3.60	3.60	2.82	3.17	13.19	0.71	0.71	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.48	1.48	0.71	0.25	3.60	6.03	2.82	3.17	15.62	0.60	0.43	-0.08	-0.09
	5	0.98	12.25	1.48	1.22	0.25	2.15	6.03	0.00	2.82	3.17	12.02	1.20	2.15	0.44	0.50
8	1	0.00	0.98	0.00	2.46	0.00	0.70	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	0.53	0.27	0.27
	2	0.98	0.98	2.46	2.44	0.70	0.69	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	0.70	0.69	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.44	2.46	0.69	0.70	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	0.69	0.70	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.46	1.44	0.70	0.24	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	0.62	0.37	-0.12	-0.12
	5	0.98	12.25	1.44	1.18	0.24	2.01	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	0.85	2.01	0.58	0.58
7	1	0.00	0.98	0.00	2.46	0.00	0.70	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	0.53	0.27	0.27
	2	0.98	0.98	2.46	2.44	0.70	0.69	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	0.70	0.69	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.44	2.46	0.69	0.70	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	0.69	0.70	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.46	1.44	0.70	0.24	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	0.62	0.37	-0.12	-0.12
	5	0.98	12.25	1.44	1.18	0.24	2.01	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	0.85	2.01	0.58	0.58

Tableau III.10. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous Q suite:

6	1	0.00	0.98	0.00	2.46	0.00	0.70	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	0.53	0.27	0.27
	2	0.98	0.98	2.46	2.44	0.70	0.69	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	0.70	0.69	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.44	2.46	0.69	0.70	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	0.69	0.70	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.46	1.44	0.70	0.24	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	0.62	0.37	-0.12	-0.12
	5	0.98	12.25	1.44	1.18	0.24	2.01	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	0.85	2.01	0.58	0.58
5	1	0.00	0.98	0.00	2.46	0.00	0.70	0.00	3.62	5.87	5.87	15.36	0.00	0.53	0.27	0.27
	2	0.98	0.98	2.46	2.44	0.70	0.69	3.62	3.66	5.87	5.87	19.02	0.70	0.69	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.44	2.46	0.69	0.70	3.66	3.62	5.87	5.87	19.02	0.69	0.70	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.46	1.44	0.70	0.24	3.62	6.20	5.87	5.87	21.56	0.62	0.37	-0.12	-0.12
	5	0.98	12.25	1.44	1.18	0.24	2.01	6.20	0.00	5.87	5.87	17.94	0.85	2.01	0.58	0.58
4	1	0.00	0.98	0.00	2.42	0.00	0.68	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	0.57	0.29	0.29
	2	0.98	0.98	2.42	2.4	0.68	0.66	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.4	2.42	0.66	0.68	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.42	1.4	0.68	0.23	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	0.62	0.32	-0.15	-0.15
	5	0.98	12.25	1.4	1.14	0.23	1.87	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	0.62	1.87	0.62	0.62
3	1	0.00	0.98	0.00	2.42	0.00	0.68	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	0.57	0.29	0.29
	2	0.98	0.98	2.42	2.4	0.68	0.66	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.4	2.42	0.66	0.68	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.42	1.4	0.68	0.23	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	0.62	0.32	-0.15	-0.15
	5	0.98	12.25	1.4	1.14	0.23	1.87	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	0.62	1.87	0.62	0.62
2	1	0.00	0.98	0.00	2.42	0.00	0.68	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	0.57	0.29	0.29
	2	0.98	0.98	2.42	2.4	0.68	0.66	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.4	2.42	0.66	0.68	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.42	1.4	0.68	0.23	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	0.62	0.32	-0.15	-0.15
	5	0.98	12.25	1.4	1.14	0.23	1.87	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	0.62	1.87	0.62	0.62

Tableau III.10. Les moments aux nœuds du portique (K-K) Sous Q suite:

1	1	0.00	0.98	0.00	2.42	0.00	0.68	0.00	3.68	10.02	10.02	23.72	0.00	0.57	0.29	0.29
	2	0.98	0.98	2.42	2.4	0.68	0.66	3.68	3.72	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.4	2.42	0.66	0.68	3.72	3.68	10.02	10.02	27.44	0.67	0.67	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.42	1.4	0.68	0.23	3.68	6.38	10.02	10.02	30.10	0.62	0.32	-0.15	-0.15
	5	0.98	12.25	1.4	1.14	0.23	1.87	6.38	0.00	10.02	10.02	26.42	0.62	1.87	0.62	0.62
RDC	1	0.00	0.98	0.00	2.38	0.00	0.65	0.00	3.75	16.06	10.42	30.23	0.00	0.57	0.35	0.23
	2	0.98	0.98	2.38	2.36	0.65	0.64	3.75	3.78	16.06	10.42	34.01	0.65	0.64	-0.01	0.00
	3	0.98	0.98	2.36	2.38	0.64	0.65	3.78	3.75	16.06	10.42	34.01	0.64	0.65	0.01	0.00
	4	0.98	0.98	2.38	1.36	0.65	0.21	3.75	6.57	16.06	10.42	36.80	0.61	0.29	-0.19	-0.12
	5	0.98	12.25	1.36	1.1	0.21	1.74	6.57	0.00	16.06	10.42	33.05	0.52	1.74	0.74	0.48
S-S	1	0.00	0.98	0.00	2.38	0.00	0.65	0.00	3.75	10.42	11.61	25.78	0.00	0.56	0.26	0.29
	2	0.98	0.98	2.38	2.36	0.65	0.64	3.75	3.78	10.42	11.61	29.56	0.65	0.64	0.00	0.00
	3	0.98	0.98	2.36	2.38	0.64	0.65	3.78	3.75	10.42	11.61	29.56	0.64	0.65	0.00	0.00
	4	0.98	0.98	2.38	1.36	0.65	0.21	3.75	6.57	10.42	11.61	32.35	0.60	0.30	-0.14	-0.16
	5	0.98	0.00	1.36	0	0.21	0.00	6.57	0.00	10.42	11.61	28.60	0.16	0.00	-0.08	-0.09

Tableau III.11. Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (K-K) sou G :

	unité	m	kN/ml	kN.m	kN.m	m	kN.m	kN.m	kN	kN
niveau	Travée	L	G	Mw	Me	x	Ux	Mt	Tw	Te
10	1_2	3.13	6.28	2.17	4.59	1.44	7.64	4.36	9.06	-10.60
	2_3	3.1	6.28	4.57	4.54	1.55	7.54	2.99	9.74	-9.72
	3_4	3.13	6.28	4.54	3.72	1.61	7.69	3.57	10.09	-9.57
	4_5	1.85	6.28	3.00	8.35	1.07	2.62	0.62	6.74	-4.88
	console	1.52	6.28	7.25	0.00	1.52	0.00	0.00	9.55	0.00
9	1_2	3.13	5.59	2.58	4.09	1.48	6.82	3.53	8.27	-9.23
	2_3	3.1	5.59	4.06	4.04	1.55	6.71	2.66	8.67	-8.66
	3_4	3.13	5.59	4.04	3.44	1.60	6.84	3.11	8.94	-8.56
	4_5	1.85	5.59	2.45	12.73	1.02	2.36	0.48	5.72	-4.62
	console	1.52	9.78	11.29	0.00	1.52	0.00	0.00	14.87	0.00
8	1_2	3.08	5.59	3.04	3.97	1.49	6.62	3.13	8.31	-8.91
	2_3	3.05	5.59	3.93	3.93	1.53	6.50	2.57	8.52	-8.52
	3_4	3.08	5.59	3.97	3.54	1.56	6.63	2.88	8.75	-8.47
	4_5	1.8	5.59	2.12	11.92	0.98	2.25	0.55	5.46	-4.60
	console	1.47	9.78	10.57	0.00	1.47	0.00	0.00	14.38	0.00
7	1_2	3.08	5.59	3.04	3.97	1.49	6.62	3.13	8.31	-8.91
	2_3	3.05	5.59	3.93	3.93	1.53	6.50	2.57	8.52	-8.52
	3_4	3.08	5.59	3.97	3.54	1.56	6.63	2.88	8.75	-8.47
	4_5	1.8	5.59	2.12	11.92	0.98	2.25	0.55	5.46	-4.60
	console	1.47	9.78	10.57	0.00	1.47	0.00	0.00	14.38	0.00
6	1_2	3.08	5.59	3.04	3.97	1.49	6.62	3.13	8.31	-8.91
	2_3	3.05	5.59	3.93	3.93	1.53	6.50	2.57	8.52	-8.52
	3_4	3.08	5.59	3.97	3.54	1.56	6.63	2.88	8.75	-8.47
	4_5	1.8	5.59	2.12	11.92	0.98	2.25	0.55	5.46	-4.60
	console	1.47	9.78	10.57	0.00	1.47	0.00	0.00	14.38	0.00
5	1_2	3.08	5.59	3.04	3.97	1.49	6.62	3.13	8.31	-8.91
	2_3	3.05	5.59	3.93	3.93	1.53	6.50	2.57	8.52	-8.52
	3_4	3.08	5.59	3.97	3.54	1.56	6.63	2.88	8.75	-8.47
	4_5	1.8	5.59	2.12	11.92	0.98	2.25	0.55	5.46	-4.60
	console	1.47	9.78	10.57	0.00	1.47	0.00	0.00	14.38	0.00
4	1_2	3.03	5.59	3.25	3.84	1.48	6.41	2.87	8.27	-8.66
	2_3	3	5.59	3.8	3.8	1.50	6.29	2.49	8.39	-8.39
	3_4	3.03	5.59	3.84	3.54	1.53	6.41	2.73	8.57	-8.37
	4_5	1.75	5.59	1.83	11.14	0.93	2.13	0.59	5.21	-4.58
	console	1.42	9.78	9.86	0.00	1.42	0.00	0.00	13.89	0.00
3	1_2	3.03	5.59	3.25	3.84	1.48	6.41	2.87	8.27	-8.66
	2_3	3.00	5.59	3.80	3.80	1.50	6.29	2.49	8.39	-8.39

Tableau III.11. Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (K-K) sou G suite :

	3_4	3.03	5.59	3.84	3.54	1.53	6.41	2.73	8.57	-8.37
	4_5	1.75	5.59	1.83	11.14	0.93	2.13	0.59	5.21	-4.58
	console	1.42	9.78	9.86	0.00	1.42	0.00	0.00	13.89	0.00
2	1_2	3.03	5.59	3.25	3.84	1.48	6.41	2.87	8.27	-8.66
	2_3	3	5.59	3.80	3.80	1.50	6.29	2.49	8.39	-8.39
	3_4	3.03	5.59	3.84	3.54	1.53	6.41	2.73	8.57	-8.37
	4_5	1.75	5.59	1.83	11.14	0.93	2.13	0.59	5.21	-4.58
	console	1.42	9.78	9.86	0.00	1.42	0.00	0.00	13.89	0.00
1	1_2	3.03	5.59	3.25	3.84	1.48	6.41	2.87	8.27	-8.66
	2_3	3	5.59	3.80	3.8	1.50	6.29	2.49	8.39	-8.39
	3_4	3.03	5.59	3.84	3.54	1.53	6.41	2.73	8.57	-8.37
	4_5	1.75	5.59	1.83	11.14	0.93	2.13	0.59	5.21	-4.58
	console	1.42	9.78	9.86	0.00	1.42	0.00	0.00	13.89	0.00
RDC	1_2	2.98	5.59	3.26	3.72	1.46	6.20	2.72	8.17	-8.48
	2_3	2.95	5.59	3.67	3.67	1.48	6.08	2.41	8.25	-8.25
	3_4	2.98	5.59	3.72	3.47	1.51	6.20	2.61	8.41	-8.25
	4_5	1.7	5.59	1.66	10.39	0.90	2.01	0.59	5.02	-4.49
	console	1.37	9.78	9.18	0.00	1.37	0.00	0.00	13.40	0.00
S-S	1_2	2.98	5.59	3.18	3.72	1.46	6.20	2.76	8.15	-8.51
	2_3	2.95	5.59	3.67	3.67	1.48	6.08	2.41	8.25	-8.25
	3_4	2.98	5.59	3.72	3.43	1.51	6.20	2.63	8.43	-8.23
	4_5	1.7	5.59	1.73	0.94	0.93	2.00	0.70	5.22	-4.29

Tableau III.12. Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (K-K) sou Q :

niveau	Unité	m	kN/ml	kNm		m	kNm	kNm	kN	kN
	Travée	L	Q	Mw	Me	x	Ux	Mt	Tw	Te
10	1 2	3.13	0.65	0.22	0.48	1.44	0.79	0.45	0.93	-1.10
	2 3	3.10	0.65	0.47	0.47	1.55	0.78	0.31	1.01	-1.01
	3 4	3.13	0.65	0.47	0.39	1.60	0.80	0.37	1.04	-0.99
	4 5	1.85	0.65	0.31	0.88	1.07	0.27	0.07	0.70	-0.50
	console	1.52	0.65	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00
9	1 2	3.13	0.98	0.45	0.72	1.48	1.20	0.62	1.45	-1.62
	2 3	3.10	0.98	0.71	0.71	1.55	1.18	0.47	1.52	-1.52
	3 4	3.13	0.98	0.71	0.60	1.60	1.20	0.55	1.57	-1.50
	4 5	1.85	0.98	0.43	15.35	0.50	0.33	-0.31	0.49	-1.32
	console	1.52	12.25	14.15	0.00	0.00	0.00	0.00	18.62	0.00
8	1 2	3.08	0.98	0.53	0.70	1.48	1.16	0.55	1.45	-1.56
	2 3	3.05	0.98	0.69	0.69	1.53	1.14	0.45	1.49	-1.49
	3 4	3.08	0.98	0.70	0.62	1.57	1.16	0.50	1.54	-1.48
	4 5	1.80	0.98	0.37	14.09	0.63	0.36	-0.18	0.62	-1.15
	console	1.47	12.25	13.24	0.00	1.47	0.00	0.00	18.01	0.00
7	1 2	3.08	0.98	0.53	0.70	1.48	1.16	0.55	1.45	-1.56
	2 3	3.05	0.98	0.69	0.69	1.53	1.14	0.45	1.49	-1.49
	3 4	3.08	0.98	0.70	0.62	1.57	1.16	0.50	1.54	-1.48
	4 5	1.80	0.98	0.37	14.09	0.63	0.36	-0.18	0.62	-1.15
	console	1.47	12.25	13.24	0.00	1.47	0.00	0.00	18.01	0.00
6	1 2	3.08	0.98	0.53	0.70	1.48	1.16	0.55	1.45	-1.56
	2 3	3.05	0.98	0.69	0.69	1.53	1.14	0.45	1.49	-1.49
	3 4	3.08	0.98	0.7	0.62	1.57	1.16	0.50	1.54	-1.48
	4 5	1.80	0.98	0.37	14.09	0.63	0.36	-0.18	0.62	-1.15
	console	1.47	12.25	13.24	0.00	1.47	0.00	0.00	18.01	0.00
5	1 2	3.08	0.98	0.53	0.70	1.48	1.16	0.55	1.45	-1.56
	2 3	3.05	0.98	0.69	0.69	1.53	1.14	0.45	1.49	-1.49
	3 4	3.08	0.98	0.70	0.62	1.57	1.16	0.50	1.54	-1.48
	4 5	1.80	0.98	0.37	14.09	0.63	0.36	-0.18	0.62	-1.15
	console	1.47	12.25	13.24	0.00	0.00	0.00	0.00	18.01	0.00
4	1 2	3.03	0.98	0.53	0.70	1.46	1.12	0.51	1.43	-1.54
	2 3	3.00	0.98	0.69	0.69	1.50	1.10	0.41	1.47	-1.47
	3 4	3.03	0.98	0.70	0.62	1.54	1.12	0.47	1.51	-1.46
	4 5	1.75	0.98	0.37	13.20	0.60	0.34	-0.20	0.58	-1.13
	console	1.42	12.25	12.35	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	0.00
3	1 2	3.03	0.98	0.57	0.67	1.48	1.12	0.51	1.45	-1.52
	2 3	3	0.98	0.67	0.67	1.50	1.10	0.43	1.47	-1.47
	3 4	3.03	0.98	0.67	0.62	1.53	1.12	0.48	1.50	-1.47

Tableau III.12. Les moments en travées et les efforts tranchants du portique (K-K) sou Q suite :

	4 5	1.75	0.98	0.32	12.97	0.70	0.36	-0.08	0.69	-1.03
	console	1.42	12.25	12.35	0.00	1.42	0.00	0.00	17.40	0.00
2	1 2	3.03	0.98	0.57	0.67	1.48	1.12	0.51	1.45	-1.52
	2 3	3.00	0.98	0.67	0.67	1.50	1.10	0.43	1.47	-1.47
	3 4	3.03	0.98	0.67	0.62	1.53	1.12	0.48	1.50	-1.47
	4 5	1.75	0.98	0.32	12.97	0.70	0.36	-0.08	0.69	-1.03
	console	1.42	12.25	12.35	0.00	1.42	0.00	0.00	17.40	0.00
1	1 2	3.03	0.98	0.57	0.67	1.48	1.12	0.51	1.45	-1.52
	2 3	3.00	0.98	0.67	0.67	1.50	1.10	0.43	1.47	-1.47
	3 4	3.03	0.98	0.67	0.62	1.53	1.12	0.48	1.50	-1.47
	4 5	1.75	0.98	0.32	12.97	0.70	0.36	-0.08	0.69	-1.03
	console	1.42	12.25	12.35	0.00	1.42	0.00	0.00	17.40	0.00
RDC	1 2	2.98	0.98	0.57	0.65	1.46	1.09	0.48	1.43	-1.49
	2 3	2.95	0.98	0.64	0.64	1.48	1.07	0.43	1.45	-1.45
	3 4	2.98	0.98	0.65	0.61	1.50	1.09	0.46	1.47	-1.45
	4 5	1.7	0.98	0.29	12.02	0.71	0.34	-0.04	0.70	-0.97
	console	1.37	12.25	11.50	0.00	0.00	0.00	0.00	16.78	0.00
S-S	1 2	2.98	0.98	0.56	0.65	1.46	1.09	0.48	1.43	-1.49
	2 3	2.95	0.98	0.64	0.64	1.48	1.07	0.43	1.45	-1.45
	3 4	2.98	0.98	0.65	0.60	1.51	1.09	0.46	1.48	-1.44
	4 5	1.7	0.98	0.3	0.16	0.93	0.35	0.13	0.92	-0.75

Tableau III.13. Les efforts normaux sous poteaux du portique (K-K) sou G:

Niveau	Unité	kN	kN	kN	kN	kN
	Nœuds	Poids du poteau	Tw	Te	N	Nc
10	1	0.00	0.00	9.06	9.06	9.06
	2	0.00	-10.6	9.74	20.34	20.34
	3	0.00	-9.72	10.09	19.81	19.81
	4	0.00	-9.57	6.74	16.31	16.38
	5	0.00	-4.88	9.55	14.43	10.16
9	1	5.99	0.00	8.27	14.26	23.32
	2	5.99	-9.23	8.67	23.89	44.23
	3	5.99	-8.66	8.94	23.59	43.4
	4	5.99	-8.56	5.72	20.27	36.65
	5	5.99	-4.62	14.87	25.48	35.64
8	1	8.14	0.00	8.31	16.45	39.77
	2	8.14	-8.91	8.52	25.57	69.8
	3	8.14	-8.52	8.75	25.41	68.81
	4	8.14	-8.47	5.46	22.07	58.72
	5	8.14	4.60	14.38	17.92	53.56
7	1	8.14	0.00	8.31	16.45	56.22
	2	8.14	-8.91	8.52	25.57	95.37
	3	8.14	-8.52	8.75	25.41	94.22
	4	8.14	-8.47	5.46	22.07	80.79
	5	8.14	-4.60	14.38	27.12	80.68
6	1	8.14	0.00	8.31	16.45	72.67
	2	8.14	-8.91	8.52	25.57	120.94
	3	8.14	-8.52	8.75	25.41	119.63
	4	8.14	-8.47	5.46	22.07	102.86
	5	8.14	-4.60	14.38	27.12	107.8
5	1	8.14	0.00	8.31	16.45	89.12
	2	8.14	-8.91	8.52	25.57	146.51
	3	8.14	-8.52	8.75	25.41	145.04
	4	8.14	-8.47	5.46	22.07	124.93
	5	8.14	-4.60	14.38	27.12	134.92
4	1	10.64	0.00	8.27	18.91	108.03
	2	10.64	-8.66	8.39	27.69	174.2
	3	10.64	-8.39	8.57	27.6	172.64
	4	10.64	-8.37	5.21	24.22	149.15
	5	10.64	-4.58	13.89	29.11	164.03
3	1	10.64	0.00	8.27	18.91	126.94
	2	10.64	-8.66	8.39	27.69	201.89
	3	10.64	-8.39	8.57	27.6	200.24

Tableau III.13. Les efforts normaux sous poteaux du portique (K-K) sou G suite:

	4	10.64	-8.37	5.21	24.22	173.37
	5	10.64	-4.58	13.89	29.11	193.14
2	1	10.64	0.00	8.27	18.91	145.85
	2	10.64	-8.66	8.39	27.69	229.58
	3	10.64	-8.39	8.57	27.6	227.84
	4	10.64	-8.37	5.21	24.22	197.59
	5	10.64	-4.58	13.89	29.11	222.25
	1	10.64	0.00	8.27	18.91	164.76
1	2	10.64	-8.66	8.39	27.69	257.27
	3	10.64	-8.39	8.57	27.6	255.44
	4	10.64	-8.37	5.21	24.22	221.81
	5	10.64	-4.58	13.89	29.11	251.36
	1	10.64	0.00	8.27	18.91	164.76
RDC	2	20.75	-8.48	8.25	37.48	294.75
	3	20.75	-8.25	8.41	37.41	292.85
	4	20.75	-8.25	5.02	34.02	255.83
	5	20.75	-4.49	13.4	38.64	290
	1	20.75	0.00	8.17	28.92	193.68
S-S	2	18.63	-8.51	8.25	35.39	330.14
	3	18.63	-8.25	8.43	35.31	328.16
	4	18.63	-8.23	5.22	32.08	287.91
	5	18.63	-4.29	0.00	22.92	312.92
	1	18.63	0.00	8.15	26.78	220.46

Tableau III.14. Les efforts normaux sous poteaux du portique (K-K) sou Q:

	unité	kN	kN	kN	kN	kN
Niveau	Nœuds	Poids du poteau	Tw	Te	N	Nc
10	1	0.00	0.00	0.93	0.93	0.93
	2	0.00	-1.10	1.01	2.11	2.11
	3	0.00	-1.01	1.04	2.05	2.05
	4	0.00	-0.99	0.7	1.69	1.69
	5	0.00	-0.50	0.99	1.49	1.07
9	1	5.99	0.00	1.45	1.45	2.38
	2	5.99	-1.62	1.52	3.14	5.25
	3	5.99	-1.52	1.57	3.09	5.14
	4	5.99	-1.5	0.49	1.99	3.68
	5	5.99	-1.32	18.62	19.94	21.01
8	1	8.14	0.00	1.45	1.45	3.83
	2	8.14	-1.56	1.49	3.05	8.3
	3	8.14	-1.49	1.54	3.03	8.17
	4	8.14	-1.48	0.62	2.1	5.78
	5	8.14	-1.15	18.01	19.16	40.17
7	1	8.14	0.00	1.45	1.45	5.28
	2	8.14	-1.56	1.49	3.05	11.35
	3	8.14	-1.49	1.54	3.03	11.2
	4	8.14	-1.48	0.62	2.1	7.88
	5	8.14	-1.15	18.01	19.16	59.33
6	1	8.14	0.00	1.45	1.45	6.73
	2	8.14	-1.56	1.49	3.05	14.4
	3	8.14	-1.49	1.54	3.03	14.23
	4	8.14	-1.48	0.62	2.10	9.98
	5	8.14	-1.15	18.01	19.16	78.49
5	1	8.14	0.00	1.45	1.45	8.18
	2	8.14	-1.56	1.49	3.05	17.45
	3	8.14	-1.49	1.54	3.03	17.26
	4	8.14	-1.48	0.62	2.1	12.08
	5	8.14	-1.15	18.01	19.16	97.65
4	1	10.64	0.00	1.43	1.43	9.61
	2	10.64	-1.54	1.47	3.01	20.46
	3	10.64	-1.47	1.51	2.98	20.24
	4	10.64	-1.46	0.58	2.04	14.12
	5	10.64	-1.13	17.4	18.53	116.18
3	1	10.64	0.00	1.45	1.45	11.06
	2	10.64	-1.52	1.47	2.99	23.45
	3	10.64	-1.47	1.5	2.97	23.21

Tableau III.14. Les efforts normaux sous poteaux du portique (K-K) sou Q suite :

	4	10.64	-1.47	0.69	2.16	16.28
	5	10.64	-1.03	17.4	18.43	134.61
2	1	10.64	0.00	1.45	1.45	12.51
	2	10.64	-1.52	1.47	2.99	26.44
	3	10.64	-1.47	1.5	2.97	26.18
	4	10.64	-1.47	0.69	2.16	18.44
	5	10.64	-1.03	17.4	18.43	153.04
	1	10.64	0.00	1.45	1.45	13.96
1	2	10.64	-1.52	1.47	2.99	29.43
	3	10.64	-1.47	1.5	2.97	29.15
	4	10.64	-1.47	0.69	2.16	20.6
	5	10.64	-1.03	17.4	18.43	171.47
	1	10.64	0.00	1.45	1.45	13.96
RDC	2	20.75	-1.49	1.45	2.94	32.37
	3	20.75	-1.45	1.47	2.92	32.07
	4	20.75	-1.45	0.7	2.15	22.75
	5	20.75	-0.97	16.78	17.75	189.22
	1	20.75	0.00	1.43	1.43	15.39
S-S	2	18.63	-1.49	1.45	2.94	35.31
	3	18.63	-1.45	1.48	2.93	35
	4	18.63	-1.44	0.92	2.36	25.11
	5	18.63	-0.75	0.00	0.75	189.97
	1	18.63	0.00	1.43	1.43	16.82

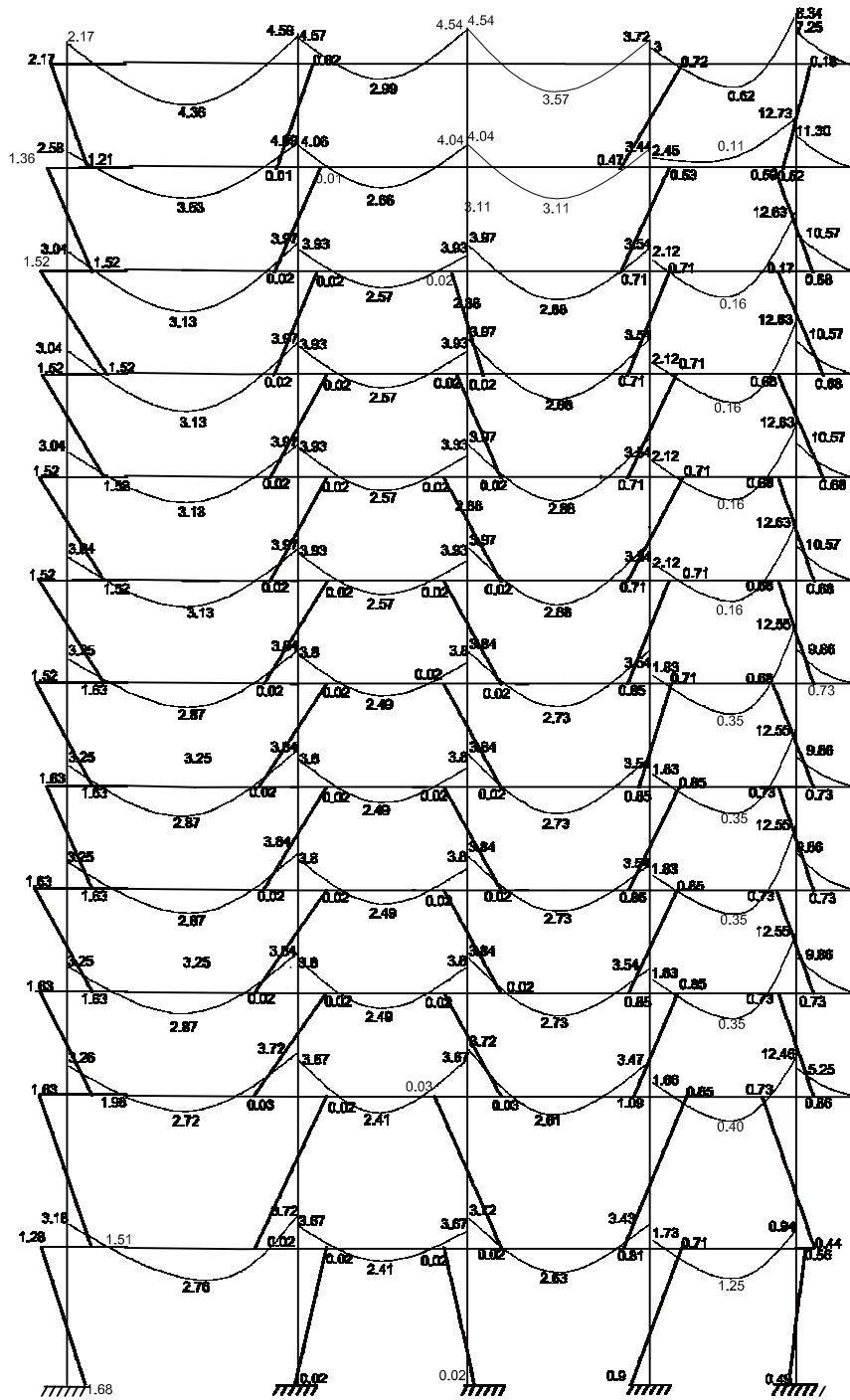


Diagramme des moments sous "G"
du portique longitudinal "K-K".

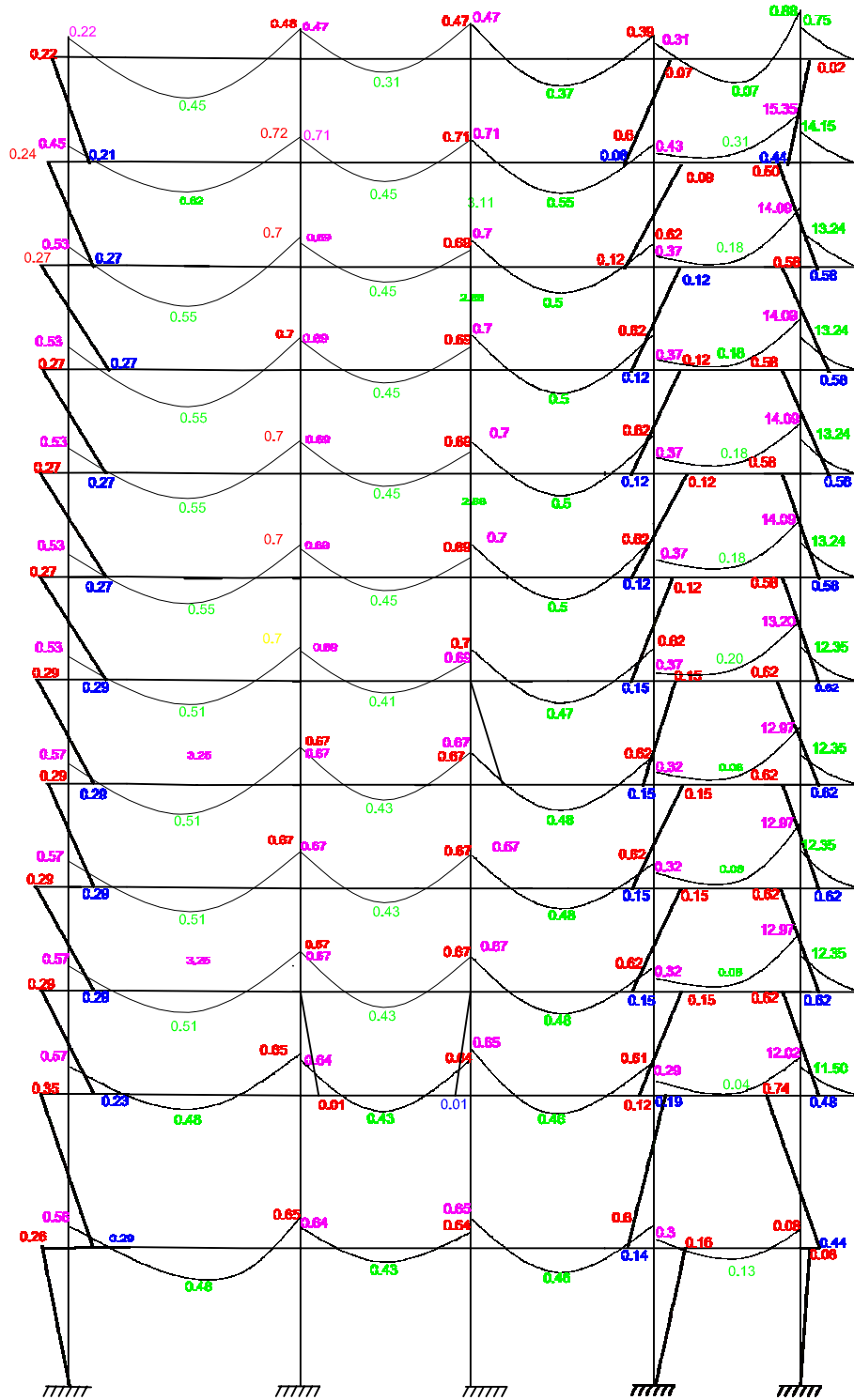


Diagramme des moments sous "Q"
du portique longitudinale "K-K".

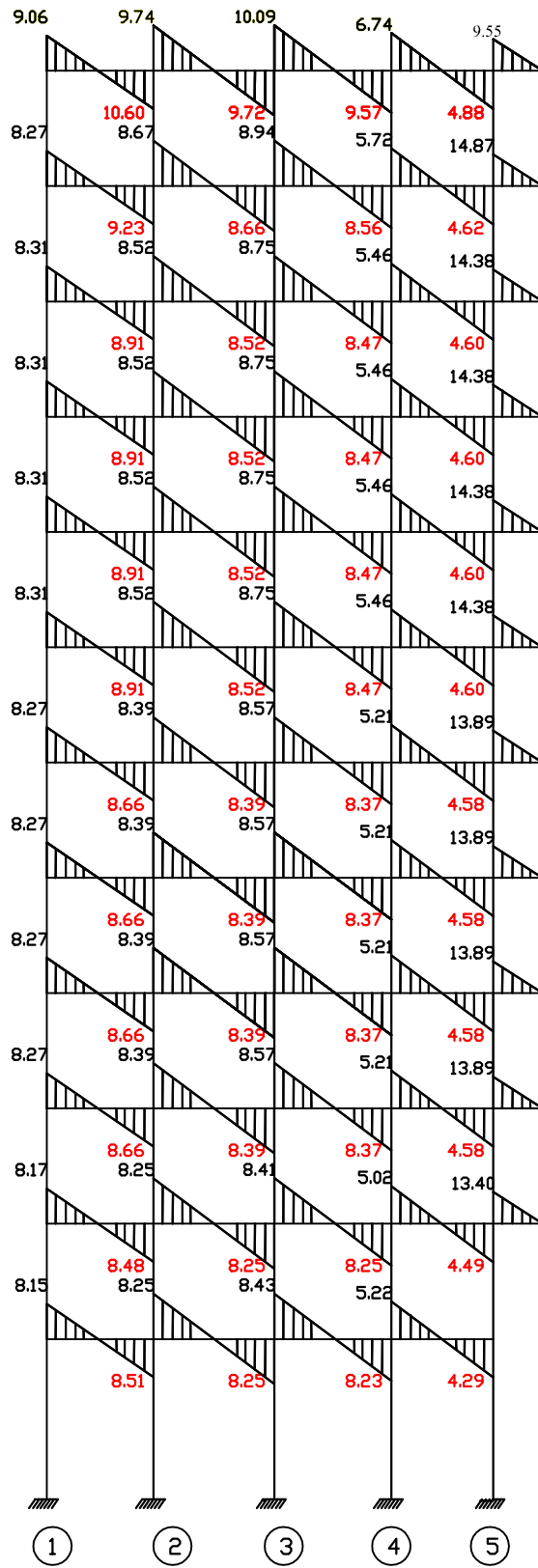


Diagramme des efforts tranchants sous "G"
du portique longitudinal "K-K".

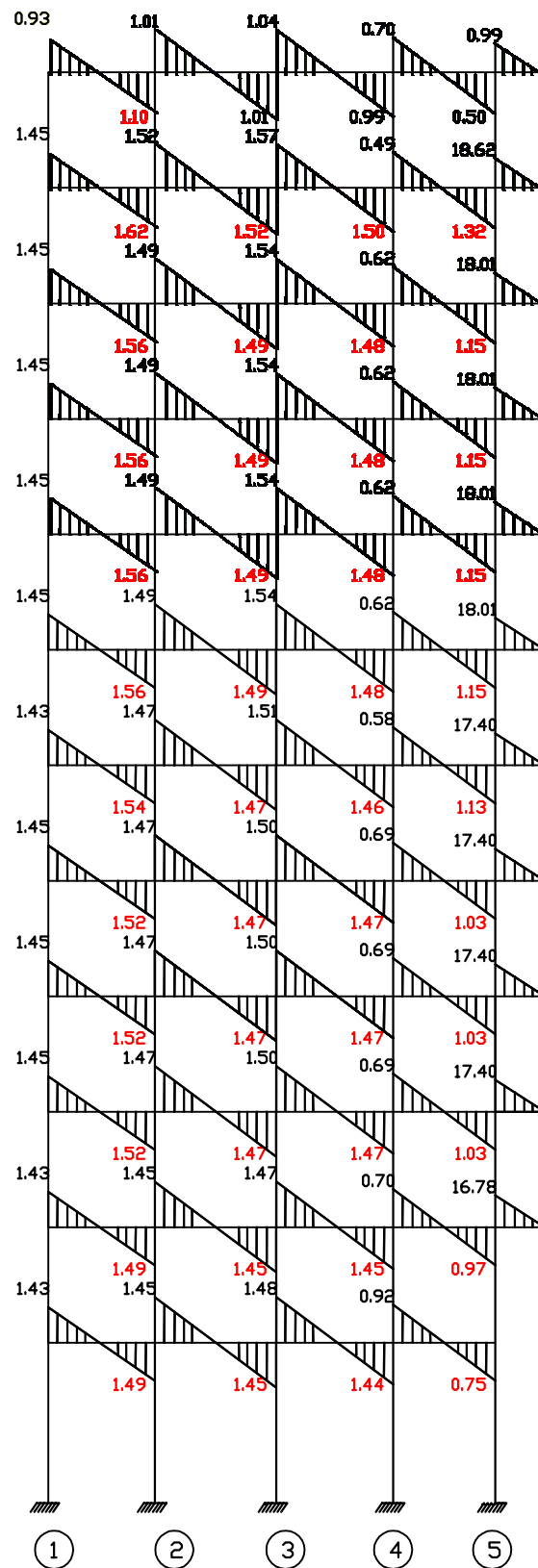


Diagramme des efforts tranchants sous "Q" du portique longitudinal "K-K".

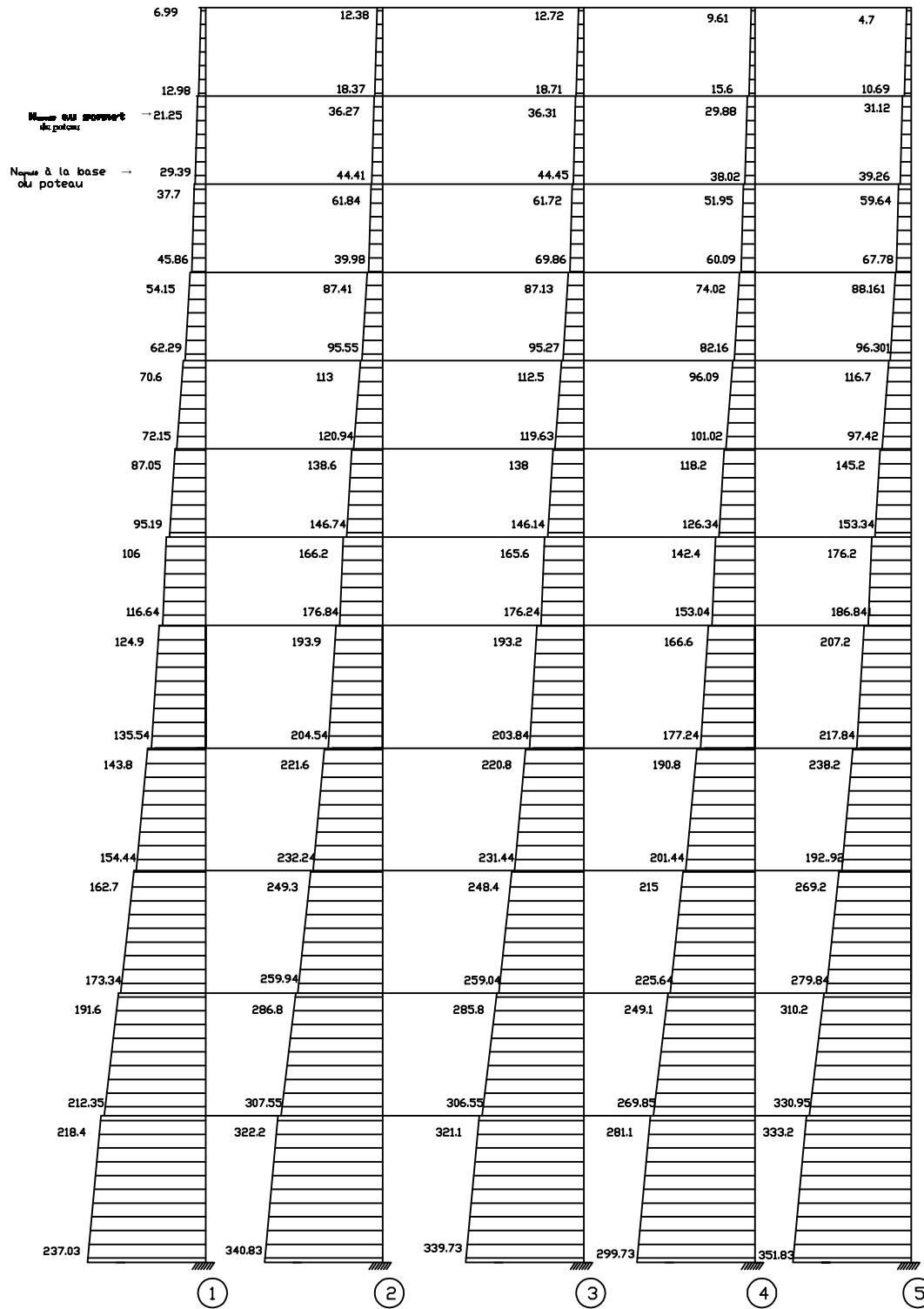


Diagramme des efforts normaux sous "G" du portique longitudinal "K-K"

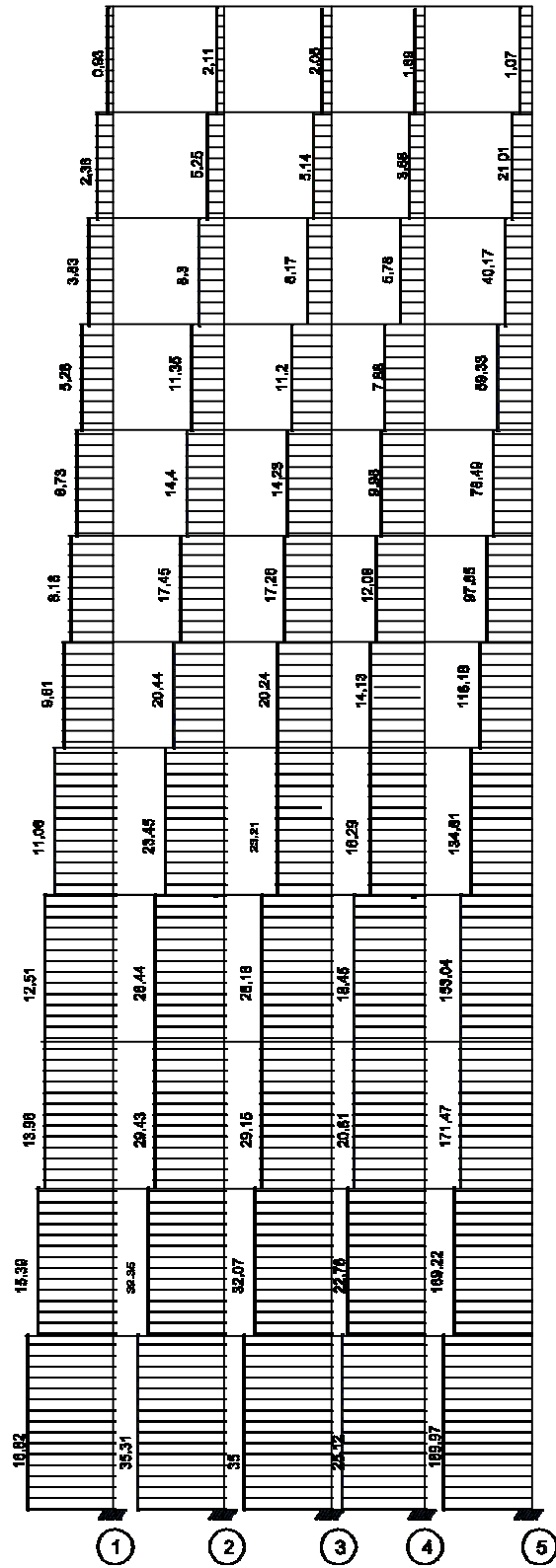


Diagramme des efforts normaux sous "Q"
du portique longitudinal "k-k"

IV.1.Introduction :

Le système de contreventement est l'ensemble des éléments structuraux assurant à la fois, la rigidité et la stabilité vis-à-vis des forces horizontales et verticales.

La conception d'un système structural adéquat est basée sur un ensemble de critères qui sont les suivants :

- ✓ Le type de la construction, c.-à-d. l'usage (ex. habitation).
- ✓ Les matériaux constitutifs (ex. béton armé).
- ✓ La zone sismique (ex. zone II a).
- ✓ La disposition judicieuse des éléments structuraux tels que les voiles, de manière à avoir une répartition uniforme des masses et des rigidités suivant le plan pour assurer la stabilité d'ensemble.
- ✓ Un pré-dimensionnement (reste à vérifier) offrant à la structure, une rigidité en élévation plus ou moins uniforme et une interaction verticale et horizontale admissible entre les voiles et les portiques.

Pour pouvoir étudier le système de contreventement de notre structure on procède comme suite :

IV.2. caractéristiques géométriques des voiles :

IV.2.1.Calcul des inerties des voiles pleins :

Elle est donnée par l'inertie de sa section transversale

$$I = \frac{e.L^3}{12}$$

Avec :

e : Epaisseur du voile.

L : Longueur du voile.

- **Sens longitudinal:**

$$I_y = \frac{e.L^3}{12} ; I_x = \frac{L.e^3}{12}$$

on remarque que $I_x \ll \ll I_y \implies$ on néglige l'inertie des refends suivant l'axe (**xx'**), donc on prend en considération **I_y**.

- Sens transversal :

$$I_x = \frac{e.L^3}{12}, I_y = \frac{L.e^3}{12}$$

on remarque que $I_y \ll \ll I_x \implies$ on néglige l'inertie des refends suivant l'axe (YY'), donc on prend en considération I_x .

Application :

Résultats de calcul des inerties de tous les voiles sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau IV.1 : les voiles transversaux (sens transversal) :

niveau	voiles	L (m)	ep (m)	Ix (m ⁴)
10 ET 9	VT1	4.42	0.25	1.80
	VT2	1.35	0.25	0.05
	VT3	3.5	0.25	0.89
	VT4	2.21	0.25	0.22
	VT5	4.5	0.25	1.90
	VT6	3.5	0.25	0.89
	VT5'	4.03	0.25	0.97
		Ixmoy		6.73

Tableau IV.2 : les voiles longitudinaux (sens longitudinal) :

niveau	voiles	L (m)	ep(m)	Iy(m ⁴)
10 au SS	VL1	3.4	0.25	0.82
	VL2	3.4	0.25	0.82
	VL3	2.18	0.25	0.22
	VL4	2.18	0.25	0.22
	VL5'	4.03	0.25	1.36
			Iymoy	

Remarque : $I_x^{moy} = 2X I_y^{moy}$

L'inertie moyenne des voiles :

Sens longitudinal: $I_y^{moy} = 3.43m^4$

Sens transversal : $I_x^{moy} = 6.73m^4$

IV.3. Inertie fictive des portiques :

Dans le but de comparer l'inertie des voiles à celle des portiques, nous allons utiliser la méthode exposée dans l'ouvrage d'Albert Fuentes « calcul pratique des ossatures de bâtiment en béton armé », qui consiste à attribuer une inertie fictive aux portiques.

Pour déterminer cette inertie fictive, il suffira de calculer des déplacements de chaque portique au droit de chaque plancher, sous l'effet d'une série de forces horizontales égales à 1 tonnes, par exemple, et de comparer ces déplacements aux flèches que prendrait un refend bien déterminé de l'ouvrage, sous l'effet du même système de forces horizontales. En fixant l'inertie du refend à $1 m^4$, il sera alors possible d'attribuer à chaque portique et pour chaque niveau une « inertie fictive » puisque, dans l'hypothèse de la raideur infinie des planchers, nous devons obtenir la même flèche, à chaque niveau, pour les refends et pour les portiques.

L'inertie fictive des portiques est donnée par :

$$I_{ei} = \frac{f_i}{\sum_{i+1}^n \Delta_i}$$

Avec :

I_{ei} : Inertie équivalente du portique au niveau « i »

f_i = Flèche du refend au niveau « i »

$\sum_{i+1}^n \Delta_i$: Déplacement du portique au niveau « i »

IV.3.1. Calcul des déplacements des portiques:

- Rotation d'étage:

Niveau courant:

$$E\theta_n = \frac{M_n + M_{n+1}}{24 \sum Ktn}$$

Niveau RDC : (I)

- Poteau encastré à la base :

$$E\theta_1 = \frac{M_1 + M_2}{24 \sum Ktn + 2 \sum KPn}$$

- Poteau articulé à la base :

$$E\theta_1 = \frac{M_1 + M_2}{24 \sum Ktn}$$

Avec :

M_{n+1} : Moment d'étage.

$\sum K_{tn}$: Somme des raideurs de toutes les poutres de l'étage considéré

$\sum K_{Pn}$: Somme des raideurs de tous les poteaux de l'étage considéré

- Les déplacements :

$$E\psi_n = \frac{M_n}{12 \sum K_{pt}} + \frac{E\theta_n + E\theta_{n+1}}{2}$$

Avec :

ψ_n : Rapport du déplacement relatif des niveaux « n » à la hauteur « h » qui sépare ces deux niveaux.

$$\psi_n = \frac{\Delta}{h} \Rightarrow \Delta = \psi_n \times h$$

IV.3.2. Calcul des flèches des refends :

Le calcul des flèches des refends dont l'inertie $I=1 \text{ m}^4$, soumis au même système de forces que le portique (une force égale à une tonne à chaque étage), sera obtenu par la méthode du « moment des aires ». Le diagramme des moments fléchissant engendré par la série de forces horizontales égales à 1 tonne, est une succession de trapèzes superposés et délimités par les niveaux, comme le montre la figure, qui suit

$$F_i = \frac{\sum s_i d_i}{EI} \quad (I=1\text{m}^4)$$

Avec:

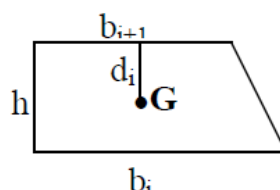
F_i : Flèche du refend au niveau « i ».

S_i : Elément de surface du niveau « i ».

d_i : Distance entre le C DG de S et le niveau considéré.

Pour rappel, la surface d'un trapèze est :

$$S_i = \frac{b_{i+1} + b_i}{2} h$$



La distance (d_i) entre le CDG du trapèze et son petit coté est donnée par :

$$d_i = \frac{2b_i + b_{i+1}}{3(b_i + b_{i+1})} h$$

Le tableau suivant nous donne les aires S_i et les distances entre les centres de gravités des Trapèzes et leurs petites bases, constituant le diagramme des air

Tableau IV.3 : L'aire des trapèzes.

Niveau	b(m)	B(m)	h(m)	$S_i(m^2)$	$d_i(m)$
10	0,00	3,06	3,06	4,68	2,04
9	3,06	9,18	3,06	18,73	1,79
8	9,18	18,35	3,06	42,12	1,70
7	18,36	30,60	3,06	74,91	1,66
6	30,60	45,90	3,06	117,05	1,63
5	45,90	64,26	3,06	168,54	1,62
4	64,26	85,68	3,06	229,41	1,60
3	85,68	110,16	3,06	299,64	1,59
2	110,16	137,70	3,06	379,23	1,59
1	137,70	168,30	3,06	468,18	1,58
RDC	168,30	217,80	4,50	868,73	2,35
SS	217,80	266,76	4,08	988,50	2,11

Nous aurons les résultats suivants : $F_1 = \frac{\sum S_i \cdot d_i}{EI}$

$$f_1 = \frac{S_1 \cdot d_1}{EI} = \frac{988,50 \cdot 2,11}{EI} = \frac{2085,73}{EI}$$

$$f_2 = \frac{S_1(d_1 + h_2) + S_2 \cdot d_2}{EI} = \frac{988,50(2,11 + 4,50) + 868,73 \cdot 2,35}{EI} = \frac{8575,50}{EI}$$

$$f_3 = \frac{18023,15}{EI} \quad , \quad f_4 = \frac{22717,07}{EI} \quad , \quad f_5 = \frac{31469,70}{EI}$$

$$f_6 = \frac{41029,85}{EI}$$

,

$$f_7 = \frac{51197,98}{EI}$$

,

$$f_8 = \frac{61799,59}{EI}$$

$$f_9 = \frac{71353,41}{EI}$$

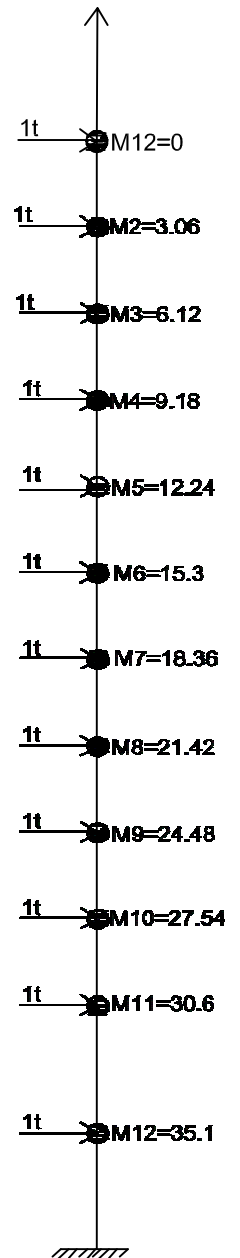
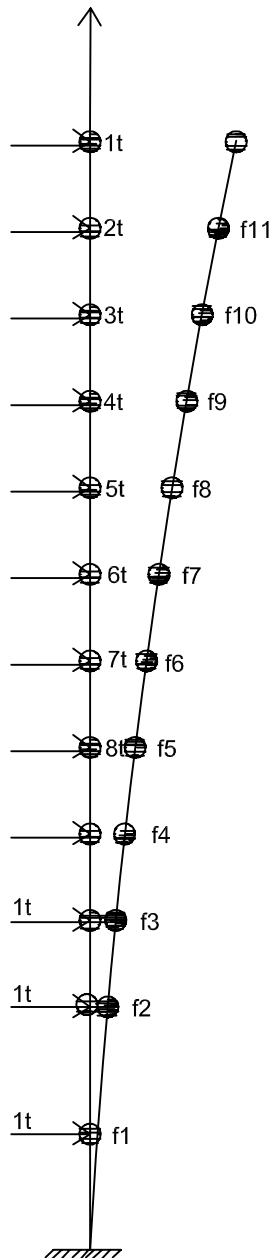
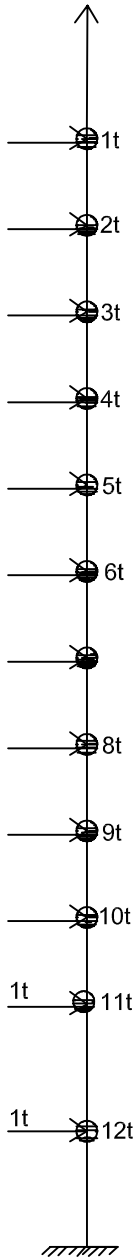
,

$$f_{10} = \frac{83762,77}{EI}$$

,

$$f_{11} = \frac{94223,40}{EI}$$

$$f_{12} = \frac{106475,55}{EI}$$



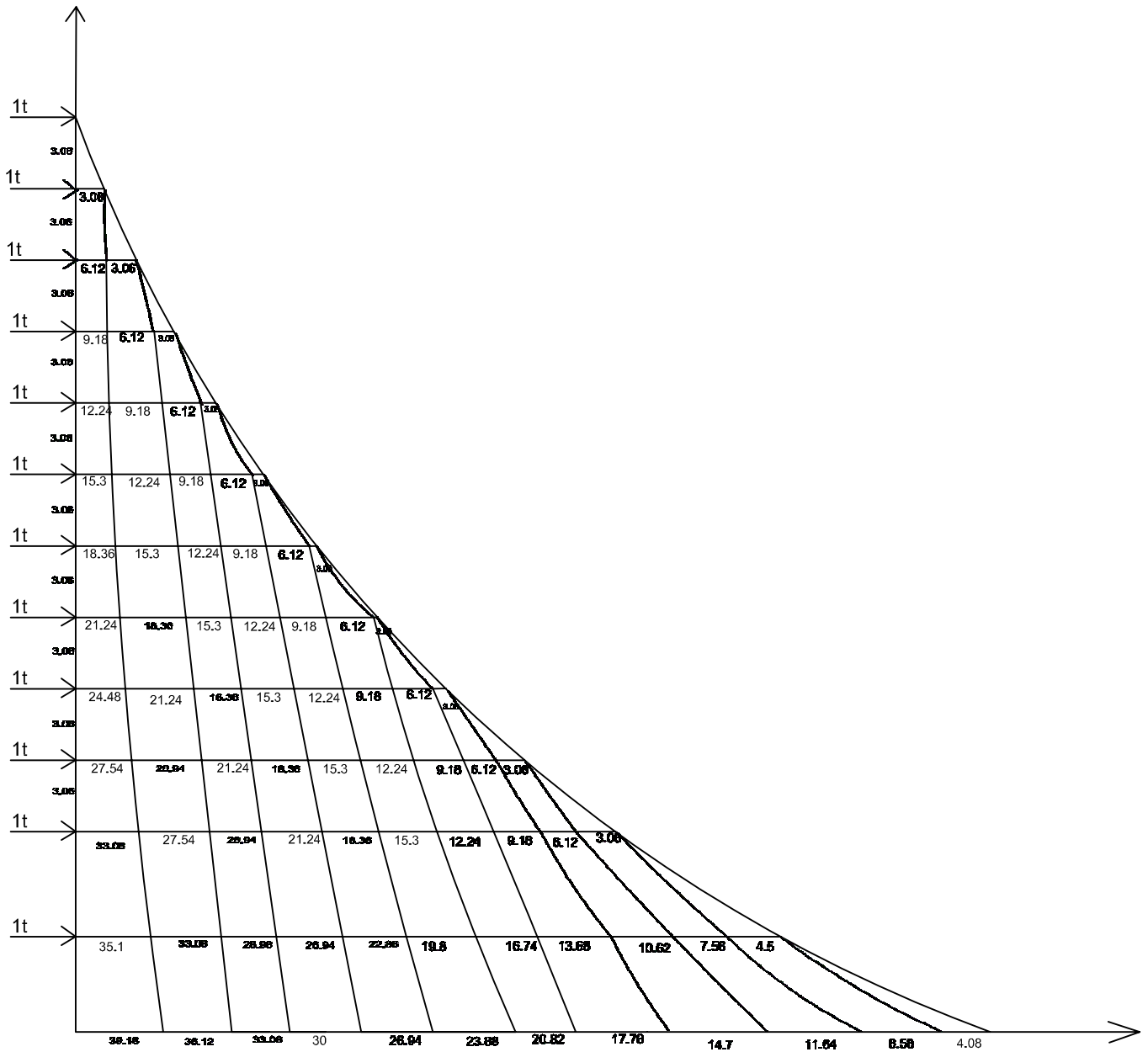


Fig IV 1: Diagramme des moments des aires

IV.3.3. Rigidités des portiques :

IV.3.3.1. Calcul des rigidités linéaires :

- Rigidité linéaire d'un poteau : $K_{pot} = \frac{I_{pot}}{hc}$
- Rigidité linéaire d'une poutre : $K_{ptr} = \frac{I_{ptr}}{Lc}$

Avec :

I : Moment d'inertie de l'élément.

hc, lc : Hauteur et longueur calculées qui seront déterminées ultérieurement

$$h_c = \min (\bar{h} + 1/2h_{poteau} , h_0)$$

$$l_c = \min (\bar{l} + 1/2_{poutre} , l_0)$$

Tableau IV.4a.: Rigidités des poteaux dans le sens transversal :

niveaux	h ₀ m	\bar{h} m	hp/2 m	h _c m	I _p 10 ⁻⁴ m ⁴	k _p 10 ⁻⁴ m ³
10et09	3,060	2,660	0,150	2,810	6,750	2,402
08,07,06et05	3,060	2,660	0,175	2,835	12,505	4,411
04,03,02et01	3,060	2,660	0,200	2,860	21,333	7,459
RDC	4,500	4,100	0,225	4,325	34,171	7,901
S-S	4,080	3,680	0,225	3,905	34,171	8,751

Tableau IV.4b. : Rigidités des poteaux dans le sens longitudinal :

niveaux	h ₀ m	h m	hp/2 m	h _c m	I _p 10 ⁻⁴ m ⁴	k _p 10 ⁻⁴ m ³
10et09	3,060	2,710	0,150	2,860	6,750	2,360
08,07,06et05	3,060	2,710	0,175	2,885	12,505	4,334
04,03,02et01	3,060	2,710	0,200	2,910	21,333	7,331
RDC	4,500	4,150	0,225	4,375	34,171	7,811
S-S	4,080	3,730	0,225	3,955	34,171	8,640

Tableau IV.5a : Rigidités des poutres dans le sens transversal :

niveaux	Travée	l_0 m	L m	hp/2 m	Lc m	$I_p \times 10^{-4}$ m ⁴	$K_p \times 10^{-4}$ m ³
10et09	A-D	4,330	4,030	0,200	4,230	16,000	3,783
	B-E	4,500	4,200	0,200	4,400	16,000	3,636
	C-F	4,540	4,250	0,200	4,450	16,000	3,596
	E-G	3,950	3,650	0,200	3,850	16,000	4,156
	F-H	3,700	3,400	0,200	3,600	16,000	4,444
	D-F	3,500	3,200	0,200	3,400	16,000	4,706
	E-F	2,210	1,910	0,200	2,110	16,000	7,583
	F-H	3,700	3,400	0,200	3,600	16,000	4,444
	G-H	1,920	1,620	0,200	1,820	16,000	8,791
	H-I	3,500	3,200	0,200	3,400	16,000	4,706
	I-J	4,500	4,200	0,200	4,400	16,000	3,636
	J-K	3,500	3,200	0,200	3,400	16,000	4,706
	K-L	3,500	3,200	0,200	3,400	16,000	4,706
	L-M	3,500	3,200	0,200	3,400	16,000	4,706
08,07,06 et05	A-D	4,330	3,980	0,200	4,180	16,000	3,828
	B-E	4,500	4,150	0,200	4,350	16,000	3,678
	C-F	4,540	4,190	0,200	4,390	16,000	3,645
	E-G	3,950	3,600	0,200	3,800	16,000	4,211
	F-H	3,700	3,350	0,200	3,550	16,000	4,507
	D-F	3,500	3,150	0,200	3,350	16,000	4,776
	E-F	2,210	1,860	0,200	2,060	16,000	7,767
	F-H	3,700	3,350	0,200	3,550	16,000	4,507
	G-H	1,920	1,570	0,200	1,770	16,000	9,040
	H-I	3,500	3,150	0,200	3,350	16,000	4,776
	I-J	4,500	4,150	0,200	4,350	16,000	3,678
	J-K	3,500	3,150	0,200	3,350	16,000	4,776
	K-L	3,500	3,150	0,200	3,350	16,000	4,776
L-M	3,500	3,150	0,200	3,350	16,000	4,776	
	A-D	4,330	3,930	0,200	4,130	16,000	3,874

Tableau IV.5a : Rigidités des poutres dans le sens transversal suite:

04,03,02 et01	B-E	4,500	4,100	0,200	4,300	16,000	3,721
	C-F	4,540	4,140	0,200	4,340	16,000	3,687
	E-G	3,950	3,550	0,200	3,750	16,000	4,267
	F-H	3,700	3,300	0,200	3,500	16,000	4,571
	D-F	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	E-F	2,210	1,810	0,200	2,010	16,000	7,960
	F-H	3,700	3,300	0,200	3,500	16,000	4,571
	G-H	1,920	1,520	0,200	1,720	16,000	9,302
	H-I	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	I-J	4,500	4,100	0,200	4,300	16,000	3,721
	J-K	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	K-L	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	L-M	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
RDC et SS	A-D	4,330	3,880	0,200	4,080	16,000	3,922
	B-E	4,500	4,050	0,200	4,250	16,000	3,765
	C-F	4,540	4,090	0,200	4,290	16,000	3,730
	E-G	3,950	3,500	0,200	3,700	16,000	4,324
	F-H	3,700	3,300	0,200	3,500	16,000	4,571
	D-F	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	E-F	2,210	1,810	0,200	2,010	16,000	7,960
	F-H	3,700	3,300	0,200	3,500	16,000	4,571
	G-H	1,920	1,520	0,200	1,720	16,000	9,302
	H-I	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	I-J	4,500	4,100	0,200	4,300	16,000	3,721
	J-K	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
	K-L	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848
L-M	3,500	3,100	0,200	3,300	16,000	4,848	

Tableau IV.5b : Rigidités des poutres dans le sens longitudinal :

niveaux	Travées	l_0 m	L m	hp/2 m	Lc m	$I_{px}10^{-4}$ m4	$K_{px}10^{-4}$ m3
10et09	1_2(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	1_2(incliné2)	3,930	3,930	0,175	3,930	8,932	2,273
	1_2	3,430	3,130	0,175	3,305	8,932	2,703
	2_3(incliné1)	4,140	4,140	0,175	4,140	8,932	2,157
	2_3(incliné2)	3,840	3,840	0,175	3,840	8,932	2,326
	2_3	3,400	3,100	0,175	3,275	8,932	2,727
	3_4(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	3_4(incliné2)	4,080	4,080	0,175	4,080	8,932	2,189
	3_4	3,430	3,130	0,175	3,305	8,932	2,703
	4_5(incliné1)	2,420	2,420	0,175	2,420	8,932	3,691
	4_5(incliné2)	2,510	2,510	0,175	2,510	8,932	3,559
	4_5	2,150	1,850	0,175	2,025	8,932	4,411
08,07,06 et05	1_2(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	1_2(incliné1)	3,930	3,930	0,175	3,930	8,932	2,273
	1_2	3,430	3,080	0,175	3,255	8,932	2,744
	2_3(incliné1)	4,140	4,140	0,175	4,140	8,932	2,157
	2_3(incliné2)	3,840	3,840	0,175	3,840	8,932	2,326
	2_3	3,400	3,050	0,175	3,225	8,932	2,770
	3_4(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	3_4(incliné2)	4,080	4,080	0,175	4,080	8,932	2,189
	3_4	3,430	3,080	0,175	3,255	8,932	2,744
	4_5(incliné1)	2,420	2,420	0,175	2,420	8,932	3,691
	4_5(incliné2)	2,510	2,510	0,175	2,510	8,932	3,559
	4_5	2,150	1,800	0,175	1,975	8,932	4,523
04,03,02 et01	1_2(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	1_2(incliné1)	3,930	3,930	0,175	3,930	8,932	2,273
	1_2	3,430	3,030	0,175	3,205	8,932	2,787
	2_3(incliné1)	4,140	4,140	0,175	4,140	8,932	2,157

Tableau IV.5b : Rigidités des poutres dans le sens longitudinal suite :

	2_3(incliné2)	3,840	3,840	0,175	3,840	8,932	2,326
	2_3	3,400	3,000	0,175	3,175	8,932	2,813
	3_4(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	3_4(incliné2)	4,080	4,080	0,175	4,080	8,932	2,189
	3_4	3,430	3,030	0,175	3,205	8,932	2,787
	4_5(incliné1)	2,420	2,420	0,175	2,420	8,932	3,691
	4_5(incliné2)	2,510	2,510	0,175	2,510	8,932	3,559
	4_5	2,150	1,750	0,175	1,925	8,932	4,640
RDC et S-S	1_2(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	1_2(incliné1)	3,930	3,930	0,175	3,930	8,932	2,273
	1_2	3,430	2,980	0,175	3,155	8,932	2,831
	2_3(incliné1)	4,140	4,140	0,175	4,140	8,932	2,157
	2_3(incliné2)	3,840	3,840	0,175	3,840	8,932	2,326
	2_3	3,400	2,950	0,175	3,125	8,932	2,858
	3_4(incliné1)	4,060	4,060	0,175	4,060	8,932	2,200
	3_4(incliné2)	4,080	4,080	0,175	4,080	8,932	2,189
	3_4	3,430	2,980	0,175	3,155	8,932	2,831
	4_5(incliné1)	2,420	2,420	0,175	2,420	8,932	3,691
	4_5(incliné2)	2,510	2,510	0,175	2,510	8,932	3,559
4_5	2,150	1,700	0,175	1,875	8,932	4,764	

Tableau IV.6: Inertie fictive dans le sens transversal:

Niveau	port	h	M _{n+1}	M _n	$\sum K_{pot}10^{-4}$	$\sum K_{poutr}10^{-4}$	$E\theta_n$	$E\psi_n$	$E\Delta_t$	$\sum E\Delta_t$	EI F _i	I _{ey}	I _{ey} /niv
10	1_1	3,060	0.00	3.060	16.814	26.904	47.391	246.441	754.109	37464.896	106475.550	2.842	16.957
	2_2	3,060	0.00	3.060	19.216	35.406	36.011	204.724	626.454	30222.135	106475.550	3.523	
	3_3	3,060	0.00	3.060	19.216	30.499	41.805	216.311	661.912	32930.951	106475.550	3.233	
	4_4	3,060	0.00	3.060	21.618	34.487	36.970	191.898	587.208	29119.182	106475.550	3.657	
	5_5	3,060	0.00	3.060	21.618	35.392	36.025	190.007	581.423	28762.527	106475.550	3.702	
9	1_1	3,060	3.060	6.120	16.814	26.904	142.172	491.210	1503.103	36710.787	94223.400	2.567	15.316
	2_2	3,060	3.060	6.120	19.216	35.406	108.033	407.883	1248.122	29595.681	94223.400	3.184	
	3_3	3,060	3.060	6.120	19.216	30.499	125.414	431.153	1319.327	32269.039	94223.400	2.920	
	4_4	3,060	3.060	6.120	21.618	34.487	110.911	382.296	1169.826	28531.974	94223.400	3.302	
	5_5	3,060	3.060	6.120	21.618	35.392	108.075	378.758	1158.999	28181.104	94223.400	3.343	
8	1_1	3,060	6.120	9.180	30.877	27.289	233.611	528.090	1615.955	35207.685	83762.770	2.379	14.201
	2_2	3,060	6.120	9.180	35.288	36.032	176.926	429.099	1313.042	28347.558	83762.770	2.955	
	3_3	3,060	6.120	9.180	35.288	30.934	206.084	464.088	1420.110	30949.712	83762.770	2.706	
	4_4	3,060	6.120	9.180	39.699	35.056	181.852	410.922	1257.422	27362.147	83762.770	3.061	
	5_5	3,060	6.120	9.180	39.699	35.893	177.611	405.834	1241.851	27022.105	83762.770	3.100	
7	1_1	3,060	9.180	12.240	30.877	27.289	327.055	704.120	2154.607	33591.729	71353.410	2.124	12.681
	2_2	3,060	9.180	12.240	35.288	36.032	247.696	572.132	1750.723	27034.516	71353.410	2.639	
	3_3	3,060	9.180	12.240	35.288	30.934	288.517	618.784	1893.480	29529.601	71353.410	2.416	
	4_4	3,060	9.180	12.240	39.699	35.056	254.593	547.896	1676.563	26104.725	71353.410	2.733	
	5_5	3,060	9.180	12.240	39.699	35.893	248.656	541.111	1655.801	25780.254	71353.410	2.768	
	1_1	3,060	12.240	15.300	30.877	27.289	420.499	880.150	2693.259	31437.122	61799.590	1.966	11.738
	2_2	3,060	12.240	15.300	35.288	36.032	318.467	715.165	2188.404	25283.792	61799.590	2.444	

Tableau IV.6: Inertie fictive dans le sens transversal suite :

6	3_3	3,060	12.240	15.300	35.288	30.934	370.951	773.480	2366.850	27636.121	61799.590	2.236	
	4_4	3,060	12.240	15.300	39.699	35.056	327.333	684.871	2095.704	24428.162	61799.590	2.530	
	5_5	3,060	12.240	15.300	39.699	35.893	319.700	676.389	2069.751	24124.454	61799.590	2.562	
5	1_1	3,060	15.300	18.360	30.877	27.289	513.943	1051.825	3218.585	28743.863	51197.980	1.781	10.638
	2_2	3,060	15.300	18.360	35.288	36.032	389.237	854.116	2613.595	23095.388	51197.980	2.217	
	3_3	3,060	15.300	18.360	35.288	30.934	453.385	924.436	2828.775	25269.271	51197.980	2.026	
	4_4	3,060	15.300	18.360	39.699	35.056	400.074	817.932	2502.871	22332.458	51197.980	2.293	
	5_5	3,060	15.300	18.360	39.699	35.893	390.745	808.401	2473.707	22054.702	51197.980	2.321	
4	1_1	3,060	18.360	21.420	52.213	27.686	598.678	986.599	3018.993	25525.278	41029.850	1.607	9.604
	2_2	3,060	18.360	21.420	59.672	36.683	451.844	785.737	2404.354	20481.794	41029.850	2.003	
	3_3	3,060	18.360	21.420	59.672	31.372	528.337	868.114	2656.429	22440.496	41029.850	1.828	
	4_4	3,060	18.360	21.420	67.131	35.646	464.989	766.655	2345.966	19829.587	41029.850	2.069	
	5_5	3,060	18.360	21.420	67.131	36.408	455.257	756.175	2313.895	19580.995	41029.850	2.095	
3	1_1	3,060	21.420	24.480	52.213	27.686	690.782	1127.542	3450.278	22506.285	31469.700	1.398	8.352
	2_2	3,060	21.420	24.480	59.672	36.683	521.359	897.985	2747.833	18077.439	31469.700	1.741	
	3_3	3,060	21.420	24.480	59.672	31.372	609.620	992.130	3035.919	19784.068	31469.700	1.591	
	4_4	3,060	21.420	24.480	67.131	35.646	536.526	876.178	2681.104	17483.621	31469.700	1.800	
	5_5	3,060	21.420	24.480	67.131	36.408	525.297	864.200	2644.452	17267.100	31469.700	1.823	
2	1_1	3,060	24.480	27.540	52.213	27.686	782.887	1268.485	3881.563	19056.007	22717.070	1.192	7.119
	2_2	3,060	24.480	27.540	59.672	36.683	590.873	1010.233	3091.313	15329.606	22717.070	1.482	
	3_3	3,060	24.480	27.540	59.672	31.372	690.903	1116.147	3415.408	16748.149	22717.070	1.356	
	4_4	3,060	24.480	27.540	67.131	35.646	608.063	985.700	3016.242	14802.517	22717.070	1.535	
	5_5	3,060	24.480	27.540	67.131	36.408	595.336	972.225	2975.008	14622.649	22717.070	1.554	

Tableau IV.6: Inertie fictive dans le sens transversal suite :

1	1_1	3,060	27.540	30.600	52.213	27.686	874.991	1420.263	4346.005	15174.445	18023.150	1.188	7.089
	2_2	3,060	27.540	30.600	59.672	36.683	660.388	1130.070	3458.015	12238.293	18023.150	1.473	
	3_3	3,060	27.540	30.600	59.672	31.372	772.185	1249.128	3822.333	13332.741	18023.150	1.352	
	4_4	3,060	27.540	30.600	67.131	35.646	679.599	1103.165	3375.684	11786.276	18023.150	1.529	
	5_5	3,060	27.540	30.600	67.131	36.408	665.376	1087.995	3329.264	11647.641	18023.150	1.547	
RDC	1_1	4,500	30.600	35.100	55.307	27.686	988.767	1495.181	6728.317	10828.440	8575.500	0.792	4.721
	2_2	4,500	30.600	35.100	63.208	36.741	745.080	1198.774	5394.484	8780.278	8575.500	0.977	
	3_3	4,500	30.600	35.100	63.208	31.415	871.399	1313.905	5912.572	9510.408	8575.500	0.902	
	4_4	4,500	30.600	35.100	71.109	35.690	767.022	1161.095	5224.928	8410.591	8575.500	1.020	
	5_5	4,500	30.600	35.100	71.109	36.456	750.905	1146.516	5159.320	8318.376	8575.500	1.031	
S-S	1_1	4,080	35.100	39.180	61.257	27.686	943.864	1004.932	4100.123	4100.123	2085.730	0.509	3.019
	2_2	4,080	35.100	39.180	70.008	36.741	726.952	829.851	3385.794	3385.794	2085.730	0.616	
	3_3	4,080	35.100	39.180	70.008	31.415	830.895	881.823	3597.836	3597.836	2085.730	0.580	
	4_4	4,080	35.100	39.180	78.759	35.690	732.488	780.800	3185.663	3185.663	2085.730	0.655	
	5_5	4,080	35.100	39.180	78.759	36.456	719.445	774.278	3159.056	3159.056	2085.730	0.660	
													10.120

Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal :

Niveau	port	h	Mn+1	Mn	$\sum K_{pot} 10^{-4}$	$\sum K_{poutr} 10^{-4}$	$E\theta_{\alpha}$	$E\psi_{\alpha}$	$E\Delta_i$	$\sum E\Delta_i$	EI Fi	Ieiy	Ieiy/niv
10	Portique incliné1	3.060	0.000	3.060	11.800	10.248	124.415	464.931	1422.688	79722.867	106475.550	1.336	12.878
	Portique incliné2	3.060	0.000	3.060	11.800	10.346	123.236	462.574	1415.476	79201.032	106475.550	1.344	
	F-F	3.060	0.000	3.060	4.720	7.113	179.249	898.753	2750.183	136442.791	106475.550	0.780	
	H-H	3.060	0.000	3.060	11.800	12.543	101.650	419.402	1283.371	67835.861	106475.550	1.570	
	I-I	3.060	0.000	3.060	11.800	12.543	101.650	419.402	1283.371	67835.861	106475.550	1.570	
	J-J	3.060	0.000	3.060	11.800	12.543	101.650	419.402	1283.371	67835.861	106475.550	1.570	
	KK	3.060	0.000	3.060	11.800	12.543	101.650	419.402	1283.371	67835.861	106475.550	1.570	
	L-L	3.060	0.000	3.060	11.800	12.543	101.650	419.402	1283.371	67835.861	106475.550	1.570	
M-M	3.060	0.000	3.060	11.800	12.543	101.650	419.402	1283.371	67835.861	106475.550	1.570		
9	Portique incliné1	3.060	3.060	6.120	11.800	10.248	373.244	929.861	2845.376	78300.179	94223.400	1.203	11.614
	Portique incliné2	3.060	3.060	6.120	11.800	10.346	369.708	925.148	2830.951	77785.557	94223.400	1.211	
	F-F	3.060	3.060	6.120	4.720	7.113	537.748	1788.069	5471.492	133692.608	94223.400	0.705	
	H-H	3.060	3.060	6.120	11.800	12.543	304.951	834.092	2552.322	66552.490	94223.400	1.416	
	I-I	3.060	3.060	6.120	11.800	12.543	304.951	834.092	2552.322	66552.490	94223.400	1.416	
	J-J	3.060	3.060	6.120	11.800	12.543	304.951	834.092	2552.322	66552.490	94223.400	1.416	
	KK	3.060	3.060	6.120	11.800	12.543	304.951	834.092	2552.322	66552.490	94223.400	1.416	
	L-L	3.060	3.060	6.120	11.800	12.543	304.951	834.092	2552.322	66552.490	94223.400	1.416	
M-M	3.060	3.060	6.120	11.800	12.543	304.951	834.092	2552.322	66552.490	94223.400	1.416		

Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal suite :

8	Portique incliné1	3.060	6.120	9.180	21.670	10.248	622.073	1099.510	3364.500	75454.803	83762.770	1.110	10.734
	Portique incliné2	3.060	6.120	9.180	21.670	10.346	616.180	1092.439	3342.863	74954.605	83762.770	1.118	
	F-F	3.060	6.120	9.180	8.668	7.266	877.374	1935.405	5922.341	128221.116	83762.770	0.653	
	H-H	3.060	6.120	9.180	21.670	12.780	498.826	951.614	2911.939	64000.168	83762.770	1.309	
	I-I	3.060	6.120	9.180	21.670	12.780	498.826	951.614	2911.939	64000.168	83762.770	1.309	
	J-J	3.060	6.120	9.180	21.670	12.780	498.826	951.614	2911.939	64000.168	83762.770	1.309	
	KK	3.060	6.120	9.180	21.670	12.780	498.826	951.614	2911.939	64000.168	83762.770	1.309	
	L-L	3.060	6.120	9.180	21.670	12.780	498.826	951.614	2911.939	64000.168	83762.770	1.309	
	M-M	3.060	6.120	9.180	21.670	12.780	498.826	951.614	2911.939	64000.168	83762.770	1.309	
7	Portique incliné1	3.060	9.180	12.240	21.670	10.248	870.902	1466.013	4486.000	72090.303	71353.410	0.990	9.578
	Portique incliné2	3.060	9.180	12.240	21.670	10.346	862.652	1456.585	4457.150	71611.743	71353.410	0.996	
	F-F	3.060	9.180	12.240	8.668	7.266	1228.324	2580.541	7896.454	122298.775	71353.410	0.583	
	H-H	3.060	9.180	12.240	21.670	12.780	698.357	1268.819	3882.586	61088.229	71353.410	1.168	
	I-I	3.060	9.180	12.240	21.670	12.780	698.357	1268.819	3882.586	61088.229	71353.410	1.168	
	J-J	3.060	9.180	12.240	21.670	12.780	698.357	1268.819	3882.586	61088.229	71353.410	1.168	
	KK	3.060	9.180	12.240	21.670	12.780	698.357	1268.819	3882.586	61088.229	71353.410	1.168	
	L-L	3.060	9.180	12.240	21.670	12.780	698.357	1268.819	3882.586	61088.229	71353.410	1.168	
M-M	3.060	9.180	12.240	21.670	12.780	698.357	1268.819	3882.586	61088.229	71353.410	1.168		
	Portique incliné1	3.060	12.240	15.300	21.670	10.248	1119.731	1832.516	5607.500	67604.304	61799.590	0.914	

Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal suite :

6	Portique incliné2	3.060	12.240	15.300	21.670	10.346	1109.124	1820.731	5571.438	67154.592	61799.590	0.920	8.856
	F-F	3.060	12.240	15.300	8.668	7.266	1579.273	3225.676	9870.568	114402.321	61799.590	0.540	
	H-H	3.060	12.240	15.300	21.670	12.780	897.887	1586.024	4853.232	57205.643	61799.590	1.080	
	I-I	3.060	12.240	15.300	21.670	12.780	897.887	1586.024	4853.232	57205.643	61799.590	1.080	
	J-J	3.060	12.240	15.300	21.670	12.780	897.887	1586.024	4853.232	57205.643	61799.590	1.080	
	KK	3.060	12.240	15.300	21.670	12.780	897.887	1586.024	4853.232	57205.643	61799.590	1.080	
	L-L	3.060	12.240	15.300	21.670	12.780	897.887	1586.024	4853.232	57205.643	61799.590	1.080	
	M-M	3.060	12.240	15.300	21.670	12.780	897.887	1586.024	4853.232	57205.643	61799.590	1.080	
5	Portique incliné1	3.060	15.300	18.360	21.670	10.248	1368.560	2199.019	6729.000	61996.804	51197.980	0.826	8.015
	Portique incliné2	3.060	15.300	18.360	21.670	10.346	1355.596	2184.878	6685.726	61583.154	51197.980	0.831	
	F-F	3.060	15.300	18.360	8.668	7.266	1930.223	3846.236	11769.482	104531.753	51197.980	0.490	
	H-H	3.060	15.300	18.360	21.670	12.780	1097.418	1890.933	5786.255	52352.411	51197.980	0.978	
	I-I	3.060	15.300	18.360	21.670	12.780	1097.418	1890.933	5786.255	52352.411	51197.980	0.978	
	J-J	3.060	15.300	18.360	21.670	12.780	1097.418	1890.933	5786.255	52352.411	51197.980	0.978	
	KK	3.060	15.300	18.360	21.670	12.780	1097.418	1890.933	5786.255	52352.411	51197.980	0.978	
	L-L	3.060	15.300	18.360	21.670	12.780	1097.418	1890.933	5786.255	52352.411	51197.980	0.978	
M-M	3.060	15.300	18.360	21.670	12.780	1097.418	1890.933	5786.255	52352.411	51197.980	0.978		
	Portique incliné1	3.060	18.360	21.420	36.655	10.248	1617.389	2228.776	6820.056	55267.804	41029.850	0.742	7.219
	Portique incliné2	3.060	18.360	21.420	36.655	10.346	1602.068	2212.278	6769.569	54897.429	41029.850	0.747	

Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal suite :

4	F-F	3.060	18.360	21.420	14.662	7.426	2232.023	3621.149	11080.717	92762.272	41029.850	0.442	
	H-H	3.060	18.360	21.420	36.655	13.027	1272.357	1857.204	5683.045	46566.156	41029.850	0.881	
	I-I	3.060	18.360	21.420	36.655	13.027	1272.357	1857.204	5683.045	46566.156	41029.850	0.881	
	J-J	3.060	18.360	21.420	36.655	13.027	1272.357	1857.204	5683.045	46566.156	41029.850	0.881	
	KK	3.060	18.360	21.420	36.655	13.027	1272.357	1857.204	5683.045	46566.156	41029.850	0.881	
	L-L	3.060	18.360	21.420	36.655	13.027	1272.357	1857.204	5683.045	46566.156	41029.850	0.881	
	M-M	3.060	18.360	21.420	36.655	13.027	1272.357	1857.204	5683.045	46566.156	41029.850	0.881	
3	Portique incliné1	3.060	21.420	24.480	36.655	10.248	1866.218	2547.173	7794.349	48447.749	31469.700	0.650	6.307
	Portique incliné2	3.060	21.420	24.480	36.655	10.346	1848.540	2528.317	7736.651	48127.859	31469.700	0.654	
	F-F	3.060	21.420	24.480	14.662	7.426	2575.411	4138.457	12663.677	81681.554	31469.700	0.385	
	H-H	3.060	21.420	24.480	36.655	13.027	1468.105	2122.519	6494.908	40883.111	31469.700	0.770	
	I-I	3.060	21.420	24.480	36.655	13.027	1468.105	2122.519	6494.908	40883.111	31469.700	0.770	
	J-J	3.060	21.420	24.480	36.655	13.027	1468.105	2122.519	6494.908	40883.111	31469.700	0.770	
	KK	3.060	21.420	24.480	36.655	13.027	1468.105	2122.519	6494.908	40883.111	31469.700	0.770	
	L-L	3.060	21.420	24.480	36.655	13.027	1468.105	2122.519	6494.908	40883.111	31469.700	0.770	
M-M	3.060	21.420	24.480	36.655	13.027	1468.105	2122.519	6494.908	40883.111	31469.700	0.770		
2	Portique incliné1	3.060	24.480	27.540	36.655	10.248	2115.047	2865.570	8768.643	40653.399	22717.070	0.559	5.414
	Portique incliné2	3.060	24.480	27.540	36.655	10.346	2095.013	2844.357	8703.732	40391.208	22717.070	0.562	
	F-F	3.060	24.480	27.540	14.662	7.426	2918.799	4655.764	14246.637	69017.877	22717.070	0.329	
	H-H	3.060	24.480	27.540	36.655	13.027	1663.852	2387.834	7306.772	34388.203	22717.070	0.661	

Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal suite :

	I-I	3.060	24.480	27.540	36.655	13.027	1663.852	2387.834	7306.772	34388.203	22717.070	0.661	
	J-J	3.060	24.480	27.540	36.655	13.027	1663.852	2387.834	7306.772	34388.203	22717.070	0.661	
	KK	3.060	24.480	27.540	36.655	13.027	1663.852	2387.834	7306.772	34388.203	22717.070	0.661	
	L-L	3.060	24.480	27.540	36.655	13.027	1663.852	2387.834	7306.772	34388.203	22717.070	0.661	
	M-M	3.060	24.480	27.540	36.655	13.027	1663.852	2387.834	7306.772	34388.203	22717.070	0.661	
1	Portique incliné1	3.060	27.540	30.600	36.655	10.248	2363.876	3213.240	9832.515	31884.756	18023.150	0.565	5.456
	Portique incliné2	3.060	27.540	30.600	36.655	10.346	2341.485	3189.393	9759.543	31687.476	18023.150	0.569	
	F-F	3.060	27.540	30.600	14.662	7.426	3262.187	5172.693	15828.441	54771.240	18023.150	0.329	
	H-H	3.060	27.540	30.600	36.655	13.027	1859.599	2655.850	8126.902	27081.431	18023.150	0.666	
	I-I	3.060	27.540	30.600	36.655	13.027	1859.599	2655.850	8126.902	27081.431	18023.150	0.666	
	J-J	3.060	27.540	30.600	36.655	13.027	1859.599	2655.850	8126.902	27081.431	18023.150	0.666	
	KK	3.060	27.540	30.600	36.655	13.027	1859.599	2655.850	8126.902	27081.431	18023.150	0.666	
	L-L	3.060	27.540	30.600	36.655	13.027	1859.599	2655.850	8126.902	27081.431	18023.150	0.666	
	M-M	3.060	27.540	30.600	36.655	13.027	1859.599	2655.850	8126.902	27081.431	18023.150	0.666	
RDC	Portique incliné1	4.500	30.600	35.100	39.055	10.248	2671.253	3202.060	14409.271	22052.241	8575.500	0.389	3.715
	Portique incliné2	4.500	30.600	35.100	39.055	10.346	2645.950	3181.556	14317.002	21927.933	8575.500	0.391	
	F-F	4.500	30.600	35.100	15.622	7.594	3604.820	5387.743	24244.841	38942.800	8575.500	0.220	
	H-H	4.500	30.600	35.100	39.055	13.284	2060.750	2695.867	12131.401	18954.529	8575.500	0.452	
	I-I	4.500	30.600	35.100	39.055	13.284	2060.750	2695.867	12131.401	18954.529	8575.500	0.452	
	J-J	4.500	30.600	35.100	39.055	13.284	2060.750	2695.867	12131.401	18954.529	8575.500	0.452	

Tableau IV.7: Inertie fictive dans le sens longitudinal suite :

	KK	4.500	30.600	35.100	39.055	13.284	2060.750	2695.867	12131.401	18954.529	8575.500	0.452	
	L-L	4.500	30.600	35.100	39.055	13.284	2060.750	2695.867	12131.401	18954.529	8575.500	0.452	
	M-M	4.500	30.600	35.100	39.055	13.284	2060.750	2695.867	12131.401	18954.529	8575.500	0.452	
S-S	Portique incliné1	4.080	35.100	39.180	43.200	10.248	2234.980	1873.277	7642.970	7642.970	2085.730	0.273	2.523
	Portique incliné2	4.080	35.100	39.180	43.200	10.346	2219.274	1865.424	7610.931	7610.931	2085.730	0.274	
	F-F	4.080	35.100	39.180	17.280	7.594	3425.946	3602.441	14697.958	14697.958	2085.730	0.142	
	H-H	4.080	35.100	39.180	43.200	13.284	1833.096	1672.335	6823.128	6823.128	2085.730	0.306	
	I-I	4.080	35.100	39.180	43.200	13.284	1833.096	1672.335	6823.128	6823.128	2085.730	0.306	
	J-J	4.080	35.100	39.180	43.200	13.284	1833.096	1672.335	6823.128	6823.128	2085.730	0.306	
	KK	4.080	35.100	39.180	43.200	13.284	1833.096	1672.335	6823.128	6823.128	2085.730	0.306	
	L-L	4.080	35.100	39.180	43.200	13.284	1833.096	1672.335	6823.128	6823.128	2085.730	0.306	
	M-M	4.080	35.100	39.180	43.200	13.284	1833.096	1672.335	6823.128	6823.128	2085.730	0.306	
												7.690	

Inerties fictives moyennes des portiques :

* **Sens longitudinal :** $I (y)_{moy} = 7.69 \text{ m}^4$

* **Sens transversal :** $I (x)_{moy} = 10.12 \text{ m}^4$

IV.3.4. Interprétation des résultats :

❖ **Sens longitudinal :**

L'inertie moyenne des voiles $\rightarrow 3.43 \text{ m}^4$

L'inertie moyenne des portiques $\rightarrow 7.69 \text{ m}^4$

L'inertie moyenne (portique + voile) $\rightarrow 11.12 \text{ m}^4$

{ **Portiques** $\rightarrow 69.15\%$
Voiles $\rightarrow 30.84\%$

❖ **Sens transversal :**

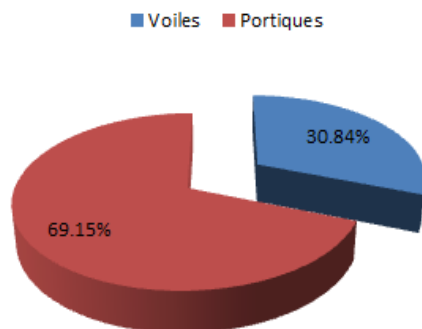
L'inertie moyenne des voiles $\rightarrow 6.73 \text{ m}^4$

L'inertie moyenne des portiques $\rightarrow 10.12 \text{ m}^4$

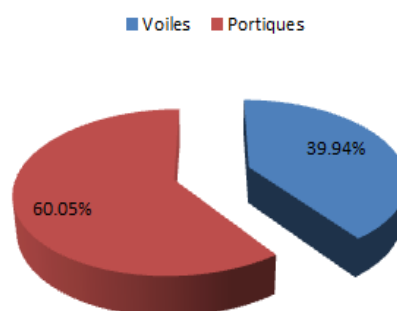
L'inertie moyenne (portique + voile) $\rightarrow 16.85 \text{ m}^4$

{ **Portiques** $\rightarrow 60.05\%$
Voiles $\rightarrow 39.94\%$

Sens Longitudinal



Sens Transversal



Conclusion :

D'après les résultats obtenus dans ce paragraphe, on dira que la structure possède un système de contreventement mixte.

Le RPA prescrit pour ce système de contreventement « mixte, assuré par des voiles et des portiques », les recommandations suivantes :

- ✓ Les voiles de contreventement doivent reprendre au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales.
- ✓ Les charges horizontales sont reprises conjointement par les voiles et les portiques proportionnellement à leurs rigidités relatives ainsi que les sollicitations résultant de leurs interactions à tous les niveaux.
- ✓ Les portiques doivent reprendre, outre les sollicitations dues aux charges verticales au moins 25% de l'effort tranchant d'étage

IV.3.5. Calcul des coefficients \bar{K} (rigidités moyennes) :

- Cas d'étage courant :
$$\bar{K} = \frac{\sum K_{ptr} \text{ (potres sup + potres inf)}}{2K_{pot}}$$
- Cas du rez-de-chaussée :
$$\bar{K} = \frac{\sum K_{ptr} \text{ (potres sup)}}{K_{pot}}$$

IV.3.6. Calcul des coefficients des rigidités des poteaux :

- Cas d'étage courant :
$$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$$
- Cas du rez-de-chaussée :
$$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}} \text{ (poteaux encastrés)}$$

IV.3.7. Calcul des rigidités des poteaux « i » au niveau « j » :

$$r_j^{(i)} = \frac{12E}{h_{ej}^3} a_j^{(i)} K_{potj}^{(i)}$$

E : module de déformation instantané du béton

$$E = 11000 \sqrt[3]{f_{c28}} = 32164,195 \text{ Mpa}$$

IV.3.8. Calcul de la rigidité d'un portique « j » dans les deux sens:

$$R_{jx} = \sum r_{jx}^{(i)} : \text{ Pour chaque niveau dans le sens longitudinal.}$$

$$R_{jy} = \sum r_{jy}^{(i)} : \text{ Pour chaque niveau dans le sens transversal.}$$

Tableau IV.6: Rigidités des portiques « R_{jx} » dans le sens longitudinal :

➤ Les Portiques (H), (I) , (J), (K), (L), (M) :

Niveaux	Poteau	K _{pot} 10 ⁻⁴ m ³	K _{pout} 10 ⁻⁴ m ³	K	a _{ij}	hc m	R _{ij} kN/m	R _{jx} kN/m
10	1	2.360	5.405	1.145	0.364	2.860	40546125.990	280426123.572
	2	2.360	10.859	2.301	0.535	2.860	59572943.447	
	3	2.360	10.859	2.301	0.535	2.860	59572943.447	
	4	2.360	14.226	3.014	0.601	2.860	66940941.054	
	5	2.360	8.821	1.869	0.483	2.860	53793169.633	
9	1	2.360	5.447	1.154	0.366	2.860	40745913.238	273585606.641
	2	2.360	10.944	2.319	0.537	2.860	59788897.190	
	3	2.360	8.174	1.732	0.464	2.860	51678572.711	
	4	2.360	14.380	3.047	0.604	2.860	67228124.873	
	5	2.360	8.933	1.893	0.486	2.860	54144098.629	
8	1	4.334	5.488	0.633	0.240	2.885	48325187.586	365158070.637
	2	4.334	11.027	1.272	0.389	2.885	78136942.646	
	3	4.334	11.027	1.272	0.389	2.885	78136942.646	
	4	4.334	14.533	1.677	0.456	2.885	91651175.989	
	5	4.334	9.045	1.043	0.343	2.885	68907821.771	
7	1	4.334	5.488	0.633	0.240	2.885	48325187.586	365158070.637
	2	4.334	11.027	1.272	0.389	2.885	78136942.646	
	3	4.334	11.027	1.272	0.389	2.885	78136942.646	
	4	4.334	14.533	1.677	0.456	2.885	91651175.989	
	5	4.334	9.045	1.043	0.343	2.885	68907821.771	
6	1	4.334	5.488	0.633	0.240	2.885	48325187.586	365158070.637
	2	4.334	11.027	1.272	0.389	2.885	78136942.646	
	3	4.334	11.027	1.272	0.389	2.885	78136942.646	
	4	4.334	14.533	1.677	0.456	2.885	91651175.989	
	5	4.334	9.045	1.043	0.343	2.885	68907821.771	
5	1	4.334	5.531	0.638	0.242	2.885	48612244.233	367334085.365
	2	4.334	11.114	1.282	0.391	2.885	78512593.966	
	3	4.334	11.114	1.282	0.391	2.885	78512593.966	
	4	4.334	14.694	1.695	0.459	2.885	92200717.627	
	5	4.334	9.163	1.057	0.346	2.885	69495935.572	
4	1	7.331	5.573	0.380	0.160	2.910	53362003.085	430730085.790
	2	7.331	11.200	0.764	0.276	2.910	92349997.920	
	3	7.331	11.200	0.764	0.276	2.910	92349997.920	
	4	7.331	14.853	1.013	0.336	2.910	112343806.514	
	5	7.331	9.280	0.633	0.240	2.910	80324280.352	
	1	7.331	5.573	0.380	0.160	2.910	53362003.085	

3	2	7.331	11.200	0.764	0.276	2.910	92349997.920	430730085.790
	3	7.331	11.200	0.764	0.276	2.910	92349997.920	

➤ Les Portiques (H), (I) , (J), (K), (L), (M) suite:

	4	7.331	14.853	1.013	0.336	2.910	112343806.514	
	5	7.331	9.280	0.633	0.240	2.910	80324280.352	
2	1	7.331	5.573	0.380	0.160	2.910	53362003.085	430730085.790
	2	7.331	11.200	0.764	0.276	2.910	92349997.920	
	3	7.331	11.200	0.764	0.276	2.910	92349997.920	
	4	7.331	14.853	1.013	0.336	2.910	112343806.514	
	5	7.331	9.280	0.633	0.240	2.910	80324280.352	
1	1	7.331	5.618	0.383	0.161	2.910	53723605.269	433809360.868
	2	7.331	11.289	0.770	0.278	2.910	92879865.092	
	3	7.331	11.289	0.770	0.278	2.910	92879865.092	
	4	7.331	15.022	1.025	0.339	2.910	113189066.707	
	5	7.331	9.404	0.641	0.243	2.910	81136958.708	
RDC	1	7.811	5.662	0.362	0.153	4.375	24164473.839	196589944.227
	2	7.811	11.378	0.728	0.267	4.375	42047149.618	
	3	7.811	11.378	0.728	0.267	4.375	42047149.618	
	4	7.811	15.190	0.972	0.327	4.375	51525964.787	
	5	7.811	9.527	0.610	0.234	4.375	36805206.366	
SS	1	8.640	2.831	0.328	0.356	3.955	75806738.380	451582749.601
	2	8.640	5.689	0.658	0.436	3.955	92901622.905	
	3	8.640	5.689	0.658	0.436	3.955	92901622.905	
	4	8.640	7.595	0.879	0.479	3.955	102118789.134	
	5	8.640	4.764	0.551	0.412	3.955	87853976.278	

➤ Le portique (F) :

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijx kN/m)
10	3	2.360	5.405	1.145	0.364	2.860	40546125.990	161285265.902
	4	2.360	14.227	3.014	0.601	2.860	66942817.940	
	5	2.360	8.822	1.869	0.483	2.860	53796321.972	
9	3	2.360	5.447	1.154	0.366	2.860	40745913.238	162118136.740
	4	2.360	14.380	3.047	0.604	2.860	67228124.873	
	5	2.360	8.933	1.893	0.486	2.860	54144098.629	
8	3	4.334	5.448	0.629	0.239	2.885	48057185.383	189962463.345
	4	4.334	9.888	1.141	0.363	2.885	72997456.191	
	5	4.334	9.045	1.043	0.343	2.885	68907821.771	
7	3	4.334	5.448	0.629	0.239	2.885	48057185.383	189962463.345
	4	4.334	9.888	1.141	0.363	2.885	72997456.191	
	5	4.334	9.045	1.043	0.343	2.885	68907821.771	
6	3	4.334	5.448	0.629	0.239	2.885	48057185.383	189962463.345
	4	4.334	9.888	1.141	0.363	2.885	72997456.191	
	5	4.334	9.045	1.043	0.343	2.885	68907821.771	
5	3	4.334	5.531	0.638	0.242	2.885	48612244.233	210308897.432
	4	4.334	14.694	1.695	0.459	2.885	92200717.627	
	5	4.334	9.163	1.057	0.346	2.885	69495935.572	
4	3	7.331	5.574	0.380	0.160	2.910	53370048.820	246043156.246
	4	7.331	14.854	1.013	0.336	2.910	112348827.073	
	5	7.331	9.280	0.633	0.240	2.910	80324280.352	
3	3	7.331	5.574	0.380	0.160	2.910	53370048.820	246043156.246
	4	7.331	14.854	1.013	0.336	2.910	112348827.073	
	5	7.331	9.280	0.633	0.240	2.910	80324280.352	
2	3	7.331	5.574	0.380	0.160	2.910	53370048.820	246043156.246
	4	7.331	14.854	1.013	0.336	2.910	112348827.073	
	5	7.331	9.280	0.633	0.240	2.910	80324280.352	
1	3	7.331	5.618	0.383	0.161	2.910	53723605.269	248049630.684
	4	7.331	15.022	1.025	0.339	2.910	113189066.707	
	5	7.331	9.404	0.641	0.243	2.910	81136958.708	
RDC	3	7.811	5.662	0.362	0.153	4.375	24164473.839	112489723.656
	4	7.811	15.190	0.972	0.327	4.375	51525964.787	
	5	7.811	9.525	0.610	0.234	4.375	36799285.030	
SS	3	8.640	2.831	0.328	0.356	3.955	75806738.380	265779503.791
	4	8.640	7.595	0.879	0.479	3.955	102118789.134	
	5	8.640	4.764	0.551	0.412	3.955	87853976.278	

➤ Le portique (F') :

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijx kN/m
10	1	2.360	4.400	0.932	0.318	2.860	35403847.024	263690175.110
	2	2.360	8.715	1.846	0.480	2.860	53457052.292	
	3	2.360	8.715	1.846	0.480	2.860	53457052.292	
	4	2.360	14.380	3.047	0.604	2.860	67228124.873	
	5	2.360	8.933	1.893	0.486	2.860	54144098.629	
9	1	2.360	4.400	0.932	0.318	2.860	35403847.024	263690175.110
	2	2.360	8.715	1.846	0.480	2.860	53457052.292	
	3	2.360	8.715	1.846	0.480	2.860	53457052.292	
	4	2.360	14.380	3.047	0.604	2.860	67228124.873	
	5	2.360	8.933	1.893	0.486	2.860	54144098.629	
8	1	4.334	4.400	0.508	0.202	2.885	40684057.135	334622176.876
	2	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	3	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	4	4.334	14.380	1.659	0.453	2.885	91123770.448	
	5	4.334	8.933	1.031	0.340	2.885	68344724.618	
7	1	4.334	4.400	0.508	0.202	2.885	40684057.135	334622176.876
	2	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	3	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	4	4.334	14.380	1.659	0.453	2.885	91123770.448	
	5	4.334	8.933	1.031	0.340	2.885	68344724.618	
6	1	4.334	4.400	0.508	0.202	2.885	40684057.135	334622176.876
	2	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	3	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	4	4.334	14.380	1.659	0.453	2.885	91123770.448	
	5	4.334	8.933	1.031	0.340	2.885	68344724.618	
5	1	4.334	4.400	0.508	0.202	2.885	40684057.135	334622176.876
	2	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	3	4.334	8.715	1.005	0.335	2.885	67234812.337	
	4	4.334	14.380	1.659	0.453	2.885	91123770.448	
	5	4.334	8.933	1.031	0.340	2.885	68344724.618	
4	1	7.331	4.400	0.300	0.130	2.910	43595811.877	384669790.607
	2	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	3	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	4	7.331	14.380	0.981	0.329	2.910	109943326.370	
	5	7.331	8.933	0.609	0.233	2.910	78022093.116	
3	1	7.331	4.400	0.300	0.130	2.910	43595811.877	384669790.607
	2	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	3	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	4	7.331	14.380	0.981	0.329	2.910	109943326.370	

➤ Le portique (F') suite :

	5	7.331	8.933	0.609	0.233	2.910	78022093.116	
2	1	7.331	4.400	0.300	0.130	2.910	43595811.877	384669790.607
	2	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	3	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	4	7.331	14.380	0.981	0.329	2.910	109943326.370	
	5	7.331	8.933	0.609	0.233	2.910	78022093.116	
1	1	7.331	4.400	0.300	0.130	2.910	43595811.877	384669790.607
	2	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	3	7.331	8.715	0.594	0.229	2.910	76554279.622	
	4	7.331	14.380	0.981	0.329	2.910	109943326.370	
	5	7.331	8.933	0.609	0.233	2.910	78022093.116	
RDC	1	7.811	4.400	0.282	0.123	4.375	19443332.229	172813180.480
	2	7.811	8.715	0.558	0.218	4.375	34352412.004	
	3	7.811	8.715	0.558	0.218	4.375	34352412.004	
	4	7.811	14.380	0.920	0.315	4.375	49644367.631	
	5	7.811	8.933	0.572	0.222	4.375	35020656.611	
SS	1	8.640	2.200	0.255	0.335	3.955	71356467.551	417740195.068
	2	8.640	4.357	0.504	0.401	3.955	85496286.489	
	3	8.640	4.357	0.504	0.401	3.955	85496286.489	
	4	8.640	5.891	0.682	0.441	3.955	93950305.850	
	5	8.640	3.691	0.427	0.382	3.955	81440848.690	

➤ Le portique (H') :

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijx kN/m
10	1	2.360	4.546	0.963	0.325	2.860	36196766.537	254619149.433
	2	2.360	9.198	1.949	0.494	2.860	54957626.348	
	3	2.360	9.031	1.913	0.489	2.860	54447670.450	
	4	2.360	11.496	2.436	0.549	2.860	61148655.811	
	5	2.360	7.117	1.508	0.430	2.860	47868430.287	
9	1	2.360	4.546	0.963	0.325	2.860	36196766.537	254619149.433
	2	2.360	9.198	1.949	0.494	2.860	54957626.348	
	3	2.360	9.031	1.913	0.489	2.860	54447670.450	
	4	2.360	11.496	2.436	0.549	2.860	61148655.811	
	5	2.360	7.117	1.508	0.430	2.860	47868430.287	
8	1	4.334	4.546	0.524	0.208	2.885	41753570.755	318890445.616
	2	4.334	9.198	1.061	0.347	2.885	69669370.249	
	3	4.334	9.031	1.042	0.343	2.885	68837696.239	
	4	4.334	11.496	1.326	0.399	2.885	80135175.114	
	5	4.334	7.117	0.821	0.291	2.885	58494633.259	
7	1	4.334	4.546	0.524	0.208	2.885	41753570.755	318890445.616
	2	4.334	9.198	1.061	0.347	2.885	69669370.249	
	3	4.334	9.031	1.042	0.343	2.885	68837696.239	
	4	4.334	11.496	1.326	0.399	2.885	80135175.114	
	5	4.334	7.117	0.821	0.291	2.885	58494633.259	
6	1	4.334	4.546	0.524	0.208	2.885	41753570.755	318890445.616
	2	4.334	9.198	1.061	0.347	2.885	69669370.249	
	3	4.334	9.031	1.042	0.343	2.885	68837696.239	
	4	4.334	11.496	1.326	0.399	2.885	80135175.114	
	5	4.334	7.117	0.821	0.291	2.885	58494633.259	
5	1	4.334	4.546	0.524	0.208	2.885	41753570.755	318890445.616
	2	4.334	9.198	1.061	0.347	2.885	69669370.249	
	3	4.334	9.031	1.042	0.343	2.885	68837696.239	
	4	4.334	11.496	1.326	0.399	2.885	80135175.114	
	5	4.334	7.117	0.821	0.291	2.885	58494633.259	
4	1	7.331	4.546	0.310	0.134	2.910	44848240.439	362670661.624
	2	7.331	9.198	0.627	0.239	2.910	79783990.136	
	3	7.331	9.031	0.616	0.235	2.910	78676499.553	
	4	7.331	11.496	0.784	0.282	2.910	94103316.313	
	5	7.331	7.117	0.485	0.195	2.910	65258615.183	
3	1	7.331	4.546	0.310	0.134	2.910	44848240.439	362670661.624
	2	7.331	9.198	0.627	0.239	2.910	79783990.136	
	3	7.331	9.031	0.616	0.235	2.910	78676499.553	
	4	7.331	11.496	0.784	0.282	2.910	94103316.313	

➤ Le portique (H') suite :

	5	7.331	7.117	0.485	0.195	2.910	65258615.183	
2	1	7.331	4.546	0.310	0.134	2.910	44848240.439	362670661.624
	2	7.331	9.198	0.627	0.239	2.910	79783990.136	
	3	7.331	9.031	0.616	0.235	2.910	78676499.553	
	4	7.331	11.496	0.784	0.282	2.910	94103316.313	
	5	7.331	7.117	0.485	0.195	2.910	65258615.183	
1	1	7.331	4.546	0.310	0.134	2.910	44848240.439	362670661.624
	2	7.331	9.198	0.627	0.239	2.910	79783990.136	
	3	7.331	9.031	0.616	0.235	2.910	78676499.553	
	4	7.331	11.496	0.784	0.282	2.910	94103316.313	
	5	7.331	7.117	0.485	0.195	2.910	65258615.183	
RDC	1	7.811	4.546	0.291	0.127	4.375	20006549.297	162736553.543
	2	7.811	9.198	0.589	0.227	4.375	35823270.792	
	3	7.811	9.031	0.578	0.224	4.375	35318703.166	
	4	7.811	11.496	0.736	0.269	4.375	42365924.981	
	5	7.811	7.117	0.456	0.186	4.375	29222105.308	
SS	1	8.640	2.273	0.263	0.337	3.955	71886009.303	419032862.964
	2	8.640	4.599	0.532	0.408	3.955	86908728.262	
	3	8.640	4.515	0.523	0.405	3.955	86422013.358	
	4	8.640	5.748	0.665	0.437	3.955	93209823.451	
	5	8.640	3.559	0.412	0.378	3.955	80606288.591	

Tableau IV.7: Rigidités des portiques « R_{jy} » dans le sens transversal :

➤ Portique(1) :

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a _{ij}	hc m	R _{ij} kN/m
10	F	2.402	8.889	1.850	0.481	2.810	56424264.329
	H	2.402	18.301	3.810	0.656	2.810	76991865.222
	I	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272
	J	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272
	K	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162
	L	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162
	M	2.402	9.412	1.959	0.495	2.810	58101280.189
9	F	2.402	8.951	1.863	0.482	2.810	56628007.524
	H	2.402	18.433	3.837	0.657	2.810	77182140.975
	I	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562
	J	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562
	K	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045
	L	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045
	M	2.402	9.482	1.974	0.497	2.810	58318764.979
8	F	4.411	9.014	1.022	0.338	2.835	71626685.352
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208
7	F	4.411	9.014	1.022	0.338	2.835	71626685.352
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208
6	F	4.411	9.014	1.022	0.338	2.835	71626685.352
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208
	F	4.411	9.078	1.029	0.340	2.835	71962473.501
	H	4.411	18.703	2.120	0.515	2.835	109000268.232

➤ Portique(1) suite :

5	I	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	684815418.085
	J	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	K	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	L	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	M	4.411	9.625	1.091	0.353	2.835	74768107.835	
4	F	7.459	9.143	0.613	0.235	2.860	82558254.066	839266631.474
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
3	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	839266631.474
	F	7.459	9.143	0.613	0.235	2.860	82558254.066	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
2	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	839266631.474
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	F	7.459	9.143	0.613	0.235	2.860	82558254.066	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
1	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	839266631.474
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	F	7.459	9.143	0.613	0.235	2.860	82558254.066	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
RDC	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	374391059.104
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	F	7.901	9.143	0.579	0.224	4.325	36581107.622	
	H	7.901	18.840	1.192	0.373	4.325	60888482.734	
	I	7.901	17.139	1.085	0.352	4.325	57324066.893	
	J	7.901	17.139	1.085	0.352	4.325	57324066.893	
	K	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	L	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	M	7.901	9.697	0.614	0.235	4.325	38277238.584	
	F	8.751	4.571	0.522	0.405	3.905	89776225.633	

➤ Portique(1) suite :

SS	H	8.751	9.420	1.076	0.512	3.905	113500994.150	743839280.006
	I	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	J	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	K	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	L	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	M	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830	

➤ Portique(2)

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijy kN/m
10	E	2.402	8.312	1.730	0.464	2.810	54460525.166	579673158.742
	G	2.402	25.894	5.390	0.729	2.810	85636837.296	
	H	2.402	18.301	3.810	0.656	2.810	76991865.222	
	I	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272	
	J	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272	
	K	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
	L	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
	M	2.402	9.412	1.959	0.495	2.810	58101280.189	
9	E	2.402	8.366	1.741	0.465	2.810	54649654.245	581295014.330
	G	2.402	26.197	5.453	0.732	2.810	85905738.917	
	H	2.402	18.433	3.837	0.657	2.810	77182140.975	
	I	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562	
	J	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562	
	K	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
	L	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
	M	2.402	9.482	1.974	0.497	2.810	58318764.979	
8	E	4.411	8.421	0.955	0.323	2.835	68436974.519	806178376.444
	G	4.411	26.500	3.004	0.600	2.835	127162499.147	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	

➤ Portique(2) suite :

7	E	4.411	8.421	0.955	0.323	2.835	68436974.519	806178376.444
	G	4.411	26.500	3.004	0.600	2.835	127162499.147	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
6	E	4.411	8.421	0.955	0.323	2.835	68436974.519	806178376.444
	G	4.411	26.500	3.004	0.600	2.835	127162499.147	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
5	E	4.411	8.477	0.961	0.325	2.835	68744387.648	809367269.652
	G	4.411	26.819	3.040	0.603	2.835	127769937.419	
	H	4.411	18.703	2.120	0.515	2.835	109000268.232	
	I	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	J	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	K	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	L	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	M	4.411	9.625	1.091	0.353	2.835	74768107.835	
4	E	7.459	8.533	0.572	0.222	2.860	78275119.361	1002633513.171
	G	7.459	27.138	1.819	0.476	2.860	167650016.402	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
3	E	7.459	8.533	0.572	0.222	2.860	78275119.361	1002633513.171
	G	7.459	27.138	1.819	0.476	2.860	167650016.402	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	E	7.459	8.533	0.572	0.222	2.860	78275119.361	

➤ Portique(2) suite :

2	G	7.459	27.138	1.819	0.476	2.860	167650016.402	1002633513.171
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
1	E	7.459	8.591	0.576	0.224	2.860	78688218.324	1013360124.941
	G	7.459	27.196	1.823	0.477	2.860	167837462.219	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.901	17.139	1.085	0.352	2.860	131092290.427	
	K	7.901	19.394	1.227	0.380	2.860	141781045.546	
	L	7.901	19.394	1.227	0.380	2.860	141781045.546	
RDC	M	7.901	9.697	0.614	0.235	2.860	87534802.556	446931182.682
	E	7.901	8.649	0.547	0.215	4.325	35029296.429	
	G	7.901	27.253	1.725	0.463	4.325	75488355.592	
	H	7.901	18.840	1.192	0.373	4.325	60888482.734	
	I	7.766	17.139	1.103	0.356	4.325	56975287.962	
	J	7.778	17.139	1.102	0.355	4.325	57006907.973	
	K	7.790	19.394	1.245	0.384	4.325	61664108.841	
SS	L	7.802	19.394	1.243	0.383	4.325	61700918.708	870445093.754
	M	7.814	9.697	0.620	0.237	4.325	38177824.443	
	E	8.751	4.324	0.494	0.399	3.905	88285561.089	
	G	8.751	13.627	1.557	0.578	3.905	128096478.292	
	H	8.751	9.420	1.076	0.512	3.905	113500994.150	
	I	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	J	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	K	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	L	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	M	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830	

➤ Portique(3)

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijy kN/m
10	C	2.402	7.191	1.497	0.428	2.810	50259730.370	563332600.295
	F	2.402	16.080	3.347	0.626	2.810	73497073.644	
	H	2.402	18.301	3.810	0.656	2.810	76991865.222	
	I	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272	
	J	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272	
	K	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
	L	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
9	C	2.402	7.240	1.507	0.430	2.810	50455034.571	564882369.948
	F	2.402	16.192	3.371	0.628	2.810	73687714.208	
	H	2.402	18.433	3.837	0.657	2.810	77182140.975	
	I	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562	
	J	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562	
	K	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
	L	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
8	C	4.411	13.283	1.506	0.429	2.835	90979436.392	803288795.347
	F	4.411	16.303	1.848	0.480	2.835	101730456.178	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
7	C	4.411	13.283	1.506	0.429	2.835	90979436.392	803288795.347
	F	4.411	16.303	1.848	0.480	2.835	101730456.178	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
6	C	4.411	13.283	1.506	0.429	2.835	90979436.392	803288795.347
	F	4.411	16.303	1.848	0.480	2.835	101730456.178	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	

➤ Portique(3) suite :

	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
5	C	4.411	7.331	0.831	0.294	2.835	62178835.813	777108172.894
	F	4.411	16.410	1.860	0.482	2.835	102076392.496	
	H	4.411	18.703	2.120	0.515	2.835	109000268.232	
	I	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	J	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	K	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	L	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	M	4.411	9.625	1.091	0.353	2.835	74768107.835	
4	C	7.459	7.373	0.494	0.198	2.860	69742692.344	951863005.044
	F	7.459	16.516	1.107	0.356	2.860	125411935.292	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
3	C	7.459	7.373	0.494	0.198	2.860	69742692.344	951863005.044
	F	7.459	16.516	1.107	0.356	2.860	125411935.292	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
2	C	7.459	7.373	0.494	0.198	2.860	69742692.344	951863005.044
	F	7.459	16.516	1.107	0.356	2.860	125411935.292	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
1	C	7.459	7.416	0.497	0.199	2.860	70068464.479	952398754.249
	F	7.459	16.559	1.110	0.357	2.860	125621912.362	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	

➤ Portique(3) suite :

RDC	G	7.901	18.840	1.192	0.373	4.325	60888482.734	425086478.416
	I	7.901	17.139	1.085	0.352	4.325	57324066.893	
	J	7.901	17.139	1.085	0.352	4.325	57324066.893	
	K	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	L	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	M	7.901	9.697	0.614	0.235	4.325	38277238.584	
SS	C	8.751	3.730	0.426	0.382	3.905	84558728.612	847439271.501
	F	8.751	8.301	0.949	0.491	3.905	108817488.516	
	H	8.751	9.420	1.076	0.512	3.905	113500994.150	
	I	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	J	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	K	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	L	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
M	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830		

➤ Portique(4) :

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijy kN/m
10	B	2.402	7.273	1.514	0.431	2.810	50585927.054	623464453.175
	E	2.402	22.439	4.671	0.700	2.810	82211091.434	
	F	2.402	24.055	5.007	0.715	2.810	83900942.574	
	H	2.402	18.301	3.810	0.656	2.810	76991865.222	
	I	2.402	9.412	1.959	0.495	2.810	58101280.189	
	J	2.402	9.412	1.959	0.495	2.810	58101280.189	
	K	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
	L	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
	M	2.402	9.412	1.959	0.495	2.810	58101280.189	
9	B	2.402	7.315	1.523	0.432	2.810	50751779.185	624326388.916
	E	2.402	22.664	4.718	0.702	2.810	82456515.161	
	F	2.402	24.301	5.058	0.717	2.810	84144059.165	
	H	2.402	18.433	3.837	0.657	2.810	77182140.975	
	I	2.402	9.482	1.974	0.497	2.810	58318764.979	
	J	2.402	9.482	1.974	0.497	2.810	58318764.979	
	K	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
	L	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
	M	2.402	9.482	1.974	0.497	2.835	57294750.383	
8	B	4.411	7.356	0.834	0.294	2.835	62328485.708	914547252.118
	E	4.411	22.890	2.595	0.565	2.835	119622036.924	
	F	4.411	24.548	2.783	0.582	2.835	123245441.793	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	

➤ Portique(4) suite:

	I	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	J	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
7	B	4.411	7.356	0.834	0.294	2.835	62328485.708	857252501.734
	E	4.411	22.890	2.595	0.565	2.835	119622036.924	
	F	4.411	24.548	2.783	0.582	2.835	123245441.793	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	J	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
6	B	4.411	7.356	0.834	0.294	2.835	62328485.708	857252501.734
	E	4.411	22.890	2.595	0.565	2.835	119622036.924	
	F	4.411	24.548	2.783	0.582	2.835	123245441.793	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	J	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
5	B	4.411	7.399	0.839	0.295	2.835	62585184.607	860873553.565
	E	4.411	23.126	2.621	0.567	2.835	120155781.828	
	F	4.411	24.806	2.812	0.584	2.835	123783827.859	
	H	4.411	18.703	2.120	0.515	2.835	109000268.232	
	I	4.411	9.625	1.091	0.353	2.835	74768107.835	
	J	4.411	9.625	1.091	0.353	2.835	74768107.835	
	K	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	L	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
4	B	7.459	7.442	0.499	0.200	2.860	70265078.381	1058058131.693
	E	7.459	23.362	1.566	0.439	2.860	154567145.946	
	F	7.459	25.063	1.680	0.457	2.860	160683429.997	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	J	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846		

➤ Portique(4) suite :

3	B	7.459	7.442	0.499	0.200	2.860	70265078.381	1058058131.693
	E	7.459	23.362	1.566	0.439	2.860	154567145.946	
	F	7.459	25.063	1.680	0.457	2.860	160683429.997	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	J	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
2	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	1058058131.693
	B	7.459	7.442	0.499	0.200	2.860	70265078.381	
	E	7.459	23.362	1.566	0.439	2.860	154567145.946	
	F	7.459	25.063	1.680	0.457	2.860	160683429.997	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	J	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
1	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	1058553373.451
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	B	7.459	7.486	0.502	0.201	2.860	70597185.539	
	E	7.459	23.406	1.569	0.440	2.860	154730280.546	
	F	7.459	25.063	1.680	0.457	2.860	160683429.997	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	J	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
RDC	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	472964285.299
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	B	7.901	7.629	0.483	0.194	4.325	31701504.040	
	E	7.901	23.450	1.484	0.426	4.325	69441283.465	
	F	7.901	25.063	1.586	0.442	4.325	72105202.930	
	H	7.901	18.840	1.192	0.373	4.325	60888482.734	
	I	7.901	9.697	0.614	0.235	4.325	38277238.584	
SS	J	7.901	9.697	0.614	0.235	4.325	38277238.584	948422448.045
	K	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	L	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	M	7.901	9.697	0.614	0.235	4.325	38277238.584	
	B	8.751	3.765	0.430	0.383	3.905	84784095.128	
SS	E	8.751	11.725	1.340	0.551	3.905	122018213.910	948422448.045
	F	8.751	12.532	1.432	0.563	3.905	124691187.092	
	H	8.751	9.420	1.076	0.512	3.905	113500994.150	
	I	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830	

➤ Portique(4) suite:

J	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830
K	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637
L	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637
M	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830

➤ Portique(5) :

Niveaux	Poteau	K_{pot} $10^{-4} m^3$	K_{pout} $10^{-4} m^3$	K	a_{ij}	hc m	Rij kN/m	Rijy kN/m
10	A	2.402	7.565	1.575	0.441	2.810	51722208.203	643268685.981
	D	2.402	16.977	3.534	0.639	2.810	74978816.275	
	F	2.402	18.301	3.810	0.656	2.810	76991865.222	
	H	2.402	18.301	3.810	0.656	2.810	76991865.222	
	I	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272	
	J	2.402	16.684	3.473	0.635	2.810	74505932.272	
	K	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
	L	2.402	18.824	3.918	0.662	2.810	77735393.162	
9	M	2.402	9.412	1.959	0.495	2.810	58101280.189	650310005.326
	A	2.402	7.610	1.584	0.442	2.810	51893892.641	
	D	2.402	17.092	3.558	0.640	2.810	75161583.031	
	F	2.402	18.433	3.837	0.657	2.810	77182140.975	
	H	2.402	22.718	4.729	0.703	2.810	82514908.485	
	I	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562	
	J	2.402	16.797	3.496	0.636	2.810	74689550.562	
	K	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	
8	L	2.402	18.964	3.948	0.664	2.810	77929807.045	887880709.046
	M	2.402	9.482	1.974	0.497	2.810	58318764.979	
	A	4.411	7.656	0.868	0.303	2.835	64101215.885	
	D	4.411	17.208	1.951	0.494	2.835	104589372.120	
	F	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
7	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	887880709.046
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
	A	4.411	7.656	0.868	0.303	2.835	64101215.885	
	D	4.411	17.208	1.951	0.494	2.835	104589372.120	
	F	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	

➤ Portique(5) suite :

	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	M	4.411	9.552	1.083	0.351	2.835	74400207.208	
6	A	4.411	7.656	0.868	0.303	2.835	64101215.885	887880709.046
	D	4.411	17.208	1.951	0.494	2.835	104589372.120	
	F	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	H	4.411	18.566	2.105	0.513	2.835	108611218.264	
	I	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	J	4.411	16.909	1.917	0.489	2.835	103661389.941	
	K	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
	L	4.411	19.104	2.165	0.520	2.835	110122348.711	
5	A	4.411	7.702	0.873	0.304	2.835	64369323.898	891173768.837
	D	4.411	17.326	1.964	0.495	2.835	104951232.123	
	F	4.411	18.703	2.120	0.515	2.835	109000268.232	
	H	4.411	18.703	2.120	0.515	2.835	109000268.232	
	I	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	J	4.411	17.024	1.930	0.491	2.835	104020200.492	
	K	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
	L	4.411	19.249	2.182	0.522	2.835	110522083.766	
4	M	4.411	9.625	1.091	0.353	2.835	74768107.835	1095359078.232
	A	7.459	7.748	0.519	0.206	2.860	72558631.986	
	D	7.459	17.445	1.169	0.369	2.860	129863407.381	
	F	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
3	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	1095359078.232
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	A	7.459	7.748	0.519	0.206	2.860	72558631.986	
	D	7.459	17.445	1.169	0.369	2.860	129863407.381	
	F	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687		
L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687		
M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846		

➤ Portique(5) suite :

2	A	7.459	7.748	0.519	0.206	2.860	72558631.986	1095359078.232
	D	7.459	17.445	1.169	0.369	2.860	129863407.381	
	F	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
1	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	1095940719.868
	A	7.459	7.796	0.523	0.207	2.860	72915020.755	
	D	7.459	17.493	1.173	0.370	2.860	130088660.248	
	F	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	H	7.459	18.840	1.263	0.387	2.860	136228661.457	
	I	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	J	7.459	17.139	1.149	0.365	2.860	128416598.866	
	K	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	
RDC	L	7.459	19.394	1.300	0.394	2.860	138656434.687	489298971.224
	M	7.459	9.697	0.650	0.245	2.860	86333648.846	
	A	7.901	7.843	0.496	0.199	4.325	32413953.561	
	D	7.901	17.540	1.110	0.357	4.325	58186583.447	
	F	7.901	18.840	1.192	0.373	4.325	60888482.734	
	H	7.901	18.840	1.192	0.373	4.325	60888482.734	
	I	7.901	17.139	1.085	0.352	4.325	57324066.893	
	J	7.901	17.139	1.085	0.352	4.325	57324066.893	
SS	K	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	964179038.928
	L	7.901	19.394	1.227	0.380	4.325	61998048.189	
	M	7.901	9.697	0.614	0.235	4.325	38277238.584	
	A	8.751	3.922	0.448	0.387	3.905	85785965.064	
	D	8.751	8.770	1.002	0.500	3.905	110829025.341	
	F	8.751	9.420	1.076	0.512	3.905	113500994.150	
	H	8.751	9.420	1.076	0.512	3.905	113500994.150	
	I	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	J	8.751	8.569	0.979	0.497	3.905	109975800.060	
	K	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	L	8.751	9.697	1.108	0.517	3.905	114600855.637	
	M	8.751	4.848	0.554	0.413	3.905	91408748.830	

IV.4.Calcul des rigidités des voiles :

Dans le sens(X-X) : $R_{vx} = \frac{12.E.I_y}{12.E.I_y}$

Dans le sens(Y-Y) : $R_{vy} = \frac{12.E.I_x}{h_c^2}$

Avec :

h_c : Hauteur d'étage

E : module d'élasticité longitudinal des matériaux constituant le voile ;

I : Inertie équivalente du voile considéré.

Tableau IV.8: Rigidités des voiles dans le sens longitudinal

niveaux	voiles	h m	E10 ³ kN/m ²	Iyy m ⁴	Rvx kN/m	∑ Rvx KN/m
10et09	VL1	2.66	32164.195	0.82	16816006.83	70545199.37
	VL2	2.66	32164.195	0.82	16816006.83	
	VL3	2.66	32164.195	0.22	4511611.587	
	VL4	2.66	32164.195	0.22	4511611.587	
	VL5'	2.66	32164.195	1.36	27889962.54	
08,07,06 et05	VL1	2.66	32164.195	0.82	16816006.83	70545199.37
	VL2	2.66	32164.195	0.82	16816006.83	
	VL3	2.66	32164.195	0.22	4511611.587	
	VL4	2.66	32164.195	0.22	4511611.587	
	VL5'	2.66	32164.195	1.36	27889962.54	
04,03,02 et01	VL1	2.66	32164.195	0.82	16816006.83	70545199.37
	VL2	2.66	32164.195	0.82	16816006.83	
	VL3	2.66	32164.195	0.22	4511611.587	
	VL4	2.66	32164.195	0.22	4511611.587	
	VL5'	2.66	32164.195	1.36	27889962.54	
RDC	VL1	4.1	32164.195	0.82	4592151.576	19264635.88
	VL2	4.1	32164.195	0.82	4592151.576	
	VL3	4.1	32164.195	0.22	1232040.667	
	VL4	4.1	32164.195	0.22	1232040.667	
	VL5'	4.1	32164.195	1.36	7616251.395	
SS	VL1	3.68	32164.195	0.82	6350739.939	26642128.52
	VL2	3.68	32164.195	0.82	6350739.939	
	VL3	3.68	32164.195	0.22	1703857.057	
	VL4	3.68	32164.195	0.22	1703857.057	
	VL5'	3.68	32164.195	1.36	10532934.53	

Tableau IV.9: Rigidités des voiles dans le sens transversal:

Niveau	Voiles	hc m	$E10^3$ kN/m ²	I_{xx} m ⁴	Rvy kN/m	$\sum Rvy$ kN/m
10et9	VT1	2.660	32164.195	1.8	36913185.715	137809226.668
	VT2	2.660	32164.195	0.05	1025366.270	
	VT3	2.660	32164.195	0.89	18251519.603	
	VT4	2.660	32164.195	0.22	4511611.587	
	VT5	2.660	32164.195	1.9	38963918.254	
	VT6	2.660	32164.195	0.89	18251519.603	
	VT5'	2.660	32164.195	0.97	19892105.635	
8,7,6 et5	VT1	2.660	32164.195	1.8	36913185.715	137809226.668
	VT2	2.660	32164.195	0.05	1025366.270	
	VT3	2.660	32164.195	0.89	18251519.603	
	VT4	2.660	32164.195	0.22	4511611.587	
	VT5	2.660	32164.195	1.9	38963918.254	
	VT6	2.660	32164.195	0.89	18251519.603	
	VT5'	2.660	32164.195	0.97	19892105.635	
4,3,2 et1	VT1	2.660	32164.195	1.8	36913185.715	137809226.668
	VT2	2.660	32164.195	0.05	1025366.270	
	VT3	2.660	32164.195	0.89	18251519.603	
	VT4	2.660	32164.195	0.22	4511611.587	
	VT5	2.660	32164.195	1.9	38963918.254	
	VT6	2.660	32164.195	0.89	18251519.603	
	VT5'	2.660	32164.195	0.97	19892105.635	
RDC	VT1	4.100	32164.195	1.8	10080332.729	37633242.187
	VT2	4.100	32164.195	0.05	280009.242	
	VT3	4.100	32164.195	0.89	4984164.516	
	VT4	4.100	32164.195	0.22	1232040.667	
	VT5	4.100	32164.195	1.9	10640351.214	
	VT6	4.100	32164.195	0.89	4984164.516	
	VT5'	4.100	32164.195	0.97	5432179.304	
SS	VT1	3.680	32164.195	1.8	13940648.646	52045088.277
	VT2	3.680	32164.195	0.05	387240.240	
	VT3	3.680	32164.195	0.89	6892876.275	
	VT4	3.680	32164.195	0.22	1703857.057	
	VT5	3.680	32164.195	1.9	14715129.126	
	VT6	3.680	32164.195	0.89	6892876.275	
	VT5'	3.680	32164.195	0.97	7512460.659	

Tableau IV.10: La rigidité de l'ensemble (voile+portique) :

Niveau	R _{xy} kN/m	R _{vy} kN/m	R _{xj} kN/m	R _{vx} kN/m	∑ R _{iy} kN/m	∑ R _{ix} kN/m
10	581147791.779	137809226.668	262461259.097	70545199.370	718957018.447	333006458.467
9	583636281.442	137809226.668	257993455.681	70545199.370	721445508.110	328538655.051
8	818820144.217	137809226.668	337158167.740	70545199.370	956629370.885	407703367.110
7	807361194.140	137809226.668	337158167.740	70545199.370	945170420.808	407703367.110
6	807361194.140	137809226.668	337158167.740	70545199.370	945170420.808	407703367.110
5	804667636.607	137809226.668	120469105.790	70545199.370	942476863.275	191014305.160
4	989436071.923	137809226.668	397529347.024	70545199.370	1127245298.591	468074546.394
3	989436071.923	137809226.668	397529347.024	70545199.370	1127245298.591	468074546.394
2	989436071.923	137809226.668	397529347.024	70545199.370	1127245298.591	468074546.394
1	991903920.797	137809226.668	399805138.680	70545199.370	1129713147.465	470350338.050
RDC	441734395.345	37633242.187	180842124.782	19264635.880	479367637.532	200106760.662
SS	874865026.447	52045088.277	423561006.603	26642128.520	926910114.724	450203135.123

IV.5. Centre de masse et centre de torsion :

IV.5.1. Centre de masse :

Le centre de masse noté G est défini comme étant le barycentre des masses des éléments de la structure, c'est aussi le point où s'exerce les forces sismiques.

Sa position par rapport à un système d'axe (OXY) choisi arbitrairement est donnée par les formules suivantes :

$$X_G = \frac{\sum M_i x_i}{\sum M_i} ; Y_G = \frac{\sum M_i y_i}{\sum M_i}$$

IV.5.2. Centre de Torsion :

IV.5.2. 1. Propriétés du centre de torsion :

- une force dont la ligne d'action passe par le centre de torsion engendre uniquement un effet de translation suivant la direction de la force.
- un moment dont l'axe vertical passe par le centre de torsion engendre uniquement une rotation dont le sens est celui du moment.
- une force dont la ligne d'action passe par le centre de gravité de la structure engendre par rapport au centre de torsion un effet de translation et un effet de rotation de la structure.

IV.5.2. 2.Détermination du centre de torsion :**a-Portiques :**

Les coordonnées du centre de torsion C_j de niveau j par rapport au repère $(ox ; oy)$ sont données par les formules suivantes :

$$X_{ci} = \frac{\sum R_{jy} X_j}{\sum R_{jy}} ; Y_{ci} = \frac{\sum R_{jx} Y_j}{\sum R_{jx}}$$

b- Voiles :

Les coordonnées du centre de torsion des voiles par rapport au repère $(ox ; oy)$ sont données par les formules suivantes :

$$X_c = \frac{\sum R_{vy} X_j}{\sum R_{vy}} ; Y_c = \frac{\sum R_{vx} Y_j}{\sum R_{vx}}$$

Le centre de masse et le centre de torsion calculé par un logiciel est présenté dans le tableau ci-dessous :

niveau	Xc m	Yc m	X _G m	Y _G m
SS	5.924	14.937	6.974	16.254
RDC	6.011	15.212	7.442	16.035
1	6.074	15.324	7.455	16.029
2	6.129	15.401	7.455	16.029
3	6.18	15.461	7.455	16.029
4	6.229	15.512	7.464	16.015
5	6.275	15.554	7.472	16.005
6	6.321	15.593	7.472	16.005
7	6.365	15.629	7.472	16.005
8	6.407	15.661	7.48	15.992
9	6.443	15.686	7.487	15.982
10	6.472	15.706	7.426	16.092

IV.6.Calcul des excentricités : (RPA 4.2.7)

L'augmentation de l'effort tranchant provoqué par la torsion d'axe verticale due à l'excentricité entre le centre de masse et le centre de torsion doit être prise en compte (Art 4-2-7-RPA 99).

Pour toutes les structures comportant des planchers ou diaphragmes horizontaux rigides dans leurs plans, on supposera qu'à chaque niveau et dans chaque direction, la résultante des forces horizontales appliquées au centre de masse à une excentricité par rapport au centre de torsion égale à la plus grande des deux valeurs:

- 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau, cette excentricité doit être prise en considération de part et d'autre du centre de torsion.

- Excentricité théorique résultante des plans :

$e = \max(e \text{ théorique}, e \text{ accidentelle})$

Excentricité accidentelle :

$e_x = e_y = 0,05 \times L = 0,05 \times 32,74 = 1,63\text{m}$

Excentricité Théorique :

$e_x = X_G - X_C$

$e_y = Y_G - Y_C$

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

niveau	Xc	Yc	X _G	Y _G	e _x	e _y	e _x = e _y (accidentelle)
SS	5.924	14.937	6.974	16.254	1.05	1.317	1.63
RDC	6.011	15.212	7.442	16.035	1.431	0.823	1.63
1	6.074	15.324	7.455	16.029	1.381	0.705	1.63
2	6.129	15.401	7.455	16.029	1.326	0.628	1.63
3	6.18	15.461	7.455	16.029	1.275	0.568	1.63
4	6.229	15.512	7.464	16.015	1.235	0.503	1.63
5	6.275	15.554	7.472	16.005	1.197	0.451	1.63
6	6.321	15.593	7.472	16.005	1.151	0.412	1.63
7	6.365	15.629	7.472	16.005	1.107	0.376	1.63
8	6.407	15.661	7.48	15.992	1.073	0.331	1.63
9	6.443	15.686	7.487	15.982	1.044	0.296	1.63
10	6.472	15.706	7.426	16.092	0.954	0.386	1.63

Excentricité retenue : $e = \pm 1,63 \text{ m}$

IV.7.Calcul de la rigidité à la torsion de l'étage « j »

$$R_{j\theta} = \sum R_{jx}^t (X_j^t)^2 + \sum R_{jy}^t (Y_j^t)^2$$

X_j^t : Distance entre l'axe du portique transversal (resp. du voile) par rapport à l'axe X_C

Y_j^t : Distance entre l'axe du portique longitudinal (resp. du voile) par rapport à l'axe

Y_C

R_{jx}^t : Rigidité du portique transversal (resp. du voile).

R_{jy}^t : Rigidité du portique longitudinal (resp. du voile).

Les résultats sont donnés suivant les différents niveaux dans les tableaux suivants :

Tableau IV.11: Rigidité à la torsion des portiques longitudinaux

niveaux	portiques	R _{jx} KN/m	Y m	Yt ² m ²	R _{jx} .Yt ² Kn.m	Σ R _{jy} .Yt ² Kn.m
10	F'-F'	263690175,110	-11,790	139,004	36654015470,008	176563011571,551
	H'-H'	254619149,433	-7,780	60,528	15411689724,540	
	F-F	161285265,902	-7,880	62,094	10014911815,025	
	H-H	280426123,572	-4,180	17,472	4899717401,499	
	I-I	280426123,572	-0,680	0,462	129669039,540	
	J-J	280426123,572	3,820	14,592	4092090165,612	
	K-K	280426123,572	7,320	53,582	15025904723,684	
	L-L	280426123,572	10,820	117,072	32830159309,271	
	M-M	280426123,572	14,320	205,062	57504853922,371	
9	F'-F'	263690175,110	-11,770	138,533	36529764659,496	132961843220,609
	H'-H'	254619149,433	-7,760	60,218	15332554092,897	
	F-F	162118136,740	-7,860	61,780	10015593640,543	
	H-H	173585606,641	-4,160	17,306	3004003074,286	
	I-I	173585606,641	-0,660	0,436	75613890,253	
	J-J	173585606,641	3,840	14,746	2559623921,286	
	K-K	173585606,641	7,340	53,876	9352028709,148	
	L-L	173585606,641	10,840	117,506	20397280859,715	
	M-M	173585606,641	14,340	205,636	35695380372,986	
8	F'-F'	334622176,876	-11,750	138,063	46198774294,943	331943839528,170
	H'-H'	318890445,616	-7,730	59,753	19054628907,848	
	F-F	1899624603,345	-7,830	61,309	116463894844,018	
	H-H	365158070,637	-4,130	17,057	6228464695,048	
	I-I	365158070,637	-0,630	0,397	144931238,236	
	J-J	365158070,637	3,870	14,977	5468935908,123	
	K-K	365158070,637	7,370	54,317	19834254406,983	
	L-L	365158070,637	10,870	118,157	43145945636,449	
	M-M	365158070,637	14,370	206,497	75404009596,522	
7	F'-F'	334622176,876	-11,710	137,124	45884764844,162	331288422407,223
	H'-H'	318890445,616	-7,700	59,290	18907014520,573	
	F-F	1899624603,345	-7,800	60,840	115573160867,510	
	H-H	365158070,637	-4,100	16,810	6138307167,408	
	I-I	365158070,637	-0,600	0,360	131456905,429	
	J-J	365158070,637	3,900	15,210	5554054254,389	
	K-K	365158070,637	7,400	54,760	19996055948,082	
	L-L	365158070,637	10,900	118,810	43384430372,382	
	M-M	365158070,637	14,400	207,360	75719177527,288	
	F'-F'	334622176,876	-11,680	136,422	45649960462,648	
	H'-H'	318890445,616	-7,660	58,676	18711088230,786	
	F-F	1899624603,345	-7,760	60,218	114390834514,388	

Tableau IV.11: Rigidité à la torsion des portiques longitudinaux suite :

6	H-H	365158070,637	-4,060	16,484	6019119573,152	330610754296,545
	I-I	365158070,637	-0,560	0,314	114513570,952	
	J-J	365158070,637	3,940	15,524	5668567825,341	
	K-K	365158070,637	7,440	55,354	20212813778,812	
	L-L	365158070,637	10,940	119,684	43703432462,890	
	M-M	365158070,637	14,440	208,514	76140423877,575	
5	F'-F'	334622176,876	-11,640	135,490	45337824896,059	230099910701,985
	H'-H'	318890445,616	-7,620	58,064	18516182390,426	
	F-F	210308897,432	-7,720	59,598	12534073792,711	
	H-H	367334085,365	-4,020	16,160	5936265753,133	
	I-I	367334085,365	-0,520	0,270	99327136,683	
	J-J	367334085,365	3,980	15,840	5818718845,816	
	K-K	367334085,365	7,480	55,950	20552489009,806	
	L-L	367334085,365	10,980	120,560	44285944265,239	
4	M-M	367334085,365	14,480	209,670	77019084612,114	268471069859,661
	F'-F'	384669790,607	-11,600	134,560	51761167024,078	
	H'-H'	362670661,624	-7,580	57,456	20837750602,533	
	F-F	246043156,246	-7,680	58,982	14512215858,964	
	H-H	430730085,790	-3,980	15,840	6822936850,948	
	I-I	430730085,790	-0,480	0,230	99240211,766	
	J-J	430730085,790	4,020	16,160	6960770478,401	
	K-K	430730085,790	7,520	56,550	24357958643,459	
	L-L	430730085,790	11,020	121,440	52308033910,372	
3	M-M	430730085,790	14,520	210,830	90810996279,140	268974973347,204
	F'-F'	384669790,607	-11,550	133,403	51315911741,450	
	H'-H'	362670661,624	-7,530	56,701	20563752917,676	
	F-F	246043156,246	-7,630	58,217	14323869822,858	
	H-H	430730085,790	-3,930	15,445	6652583102,018	
	I-I	430730085,790	-0,430	0,185	79641992,863	
	J-J	430730085,790	4,070	16,565	7135000798,103	
	K-K	430730085,790	7,570	57,305	24682944493,187	
	L-L	430730085,790	11,070	122,545	52783775290,127	
2	M-M	430730085,790	14,570	212,285	91437493188,922	269603270775,468
	F'-F'	384669790,607	-11,490	132,020	50784144222,915	
	H'-H'	362670661,624	-7,470	55,801	20237349322,215	
	F-F	246043156,246	-7,570	57,305	14099478464,361	
	H-H	430730085,790	-3,870	14,977	6451001421,868	
	I-I	430730085,790	-0,370	0,137	58966948,745	
	J-J	430730085,790	4,130	17,057	7346920000,311	
	K-K	430730085,790	7,630	58,217	25075770331,428	

Tableau IV.11: Rigidité à la torsion des portiques longitudinaux suite :

	L-L	430730085,790	11,130	123,877	53357507764,399	
	M-M	430730085,790	14,630	214,037	92192132299,226	
1	F'-F'	384669790,607	-11,410	130,188	50079429166,523	259404959338,145
	H'-H'	362670661,624	-7,390	54,612	19806206439,676	
	F-F	24804960,684	-7,490	56,100	1391560774,868	
	H-H	433809360,868	-3,790	14,364	6231281040,444	
	I-I	433809360,868	-0,290	0,084	36483367,249	
	J-J	433809360,868	4,210	17,724	7688880492,961	
	K-K	433809360,868	7,710	59,444	25787407028,374	
	L-L	433809360,868	11,210	125,664	54514262905,052	
	M-M	433809360,868	14,710	216,384	93869448122,997	
	RDC	F'-F'	172813180,480	-11,300	127,690	
H'-H'		162736553,543	-7,280	52,998	8624776959,293	
F-F		112489723,656	-7,380	54,464	6126685305,090	
H-H		196589944,227	-3,680	13,542	2662299660,700	
I-I		196589944,227	-0,180	0,032	6369514,193	
J-J		196589944,227	4,320	18,662	3668840175,142	
K-K		196589944,227	7,820	61,152	12021946905,347	
L-L		196589944,227	11,320	128,142	25191507269,114	
SS	M-M	196589944,227	14,820	219,632	43177521266,442	292019882781,845
	F'-F'	417740195,068	-10,960	120,122	50179620615,880	
	H'-H'	419032862,964	-7,010	49,140	20591316789,337	
	F-F	265779503,791	-7,110	50,552	13435712053,593	
	H-H	451582749,601	-3,410	11,628	5251049370,635	
	I-I	451582749,601	-0,090	0,008	3657820,272	
	J-J	451582749,601	4,590	21,068	9513990526,869	
	K-K	451582749,601	8,090	65,448	29555232954,161	
	L-L	451582749,601	11,590	134,328	60660252746,678	
	M-M	451582749,601	15,090	227,708	102829049904,419	

Tableau IV.12: Rigidité à la torsion des portiques transversaux :

niveaux	portiques	R _{jy} kN/m	X _t m	X _t ² m ²	R _{jy} .X _t ² kN.m	ΣR _{jy} .X _t ² kN.m
10	1 1	49600006,610	-6,470	41,861	2076300916,701	39158757046,059
	2 2	579673158,742	-3,040	9,242	5357107463,830	
	3 3	563332600,295	0,360	0,130	73007904,998	
	4 4	623464453,175	3,790	14,364	8955505751,851	
	5 5	643268685,981	5,940	35,284	22696835008,679	
9	1 1	497367628,692	-6,440	41,474	20627626085,321	58268189919,562
	2 2	581295014,330	-3,010	9,060	5266590959,331	
	3 3	564882369,948	0,390	0,152	85918608,469	
	4 4	624326388,916	3,820	14,592	9110420397,618	
	5 5	650310005,326	5,970	35,641	23177633868,823	
8	1 1	682205588,129	-6,410	41,088	28030531425,603	80851000193,451
	2 2	806178376,444	-2,980	8,880	7159186454,173	
	3 3	803288795,347	0,420	0,176	141700143,499	
	4 4	914547252,118	3,850	14,823	13555876644,519	
	5 5	887880709,046	6,000	36,000	31963705525,656	
7	1 1	682205588,129	-6,370	40,577	27681787928,952	80364982042,706
	2 2	806178376,444	-2,940	8,644	6968283414,631	
	3 3	803288795,347	0,470	0,221	177446494,892	
	4 4	857252501,734	3,900	15,210	13038810551,374	
	5 5	887880709,046	6,050	36,603	32498653652,856	
6	1 1	682205588,129	-6,320	39,942	27248928483,284	80428599777,938
	2 2	806178376,444	-2,890	8,352	6733282417,898	
	3 3	803288795,347	0,510	0,260	208935415,670	
	4 4	857252501,734	3,940	15,524	13307644935,918	
	5 5	887880709,046	6,090	37,088	32929808525,169	
5	1 1	684815418,085	-6,280	39,438	27008024384,604	81127898833,014
	2 2	809367269,652	-2,850	8,123	6574085647,748	
	3 3	777108172,894	0,560	0,314	243701123,020	
	4 4	860873553,565	3,990	15,920	13705193060,110	
	5 5	891173768,887	6,140	37,700	33596894617,532	
4	1 1	839266631,474	-6,230	38,813	32574371840,737	254450225186,094
	2 2	1002633513,171	-2,800	7,840	7860646743,261	
	3 3	951863005,044	0,600	0,360	342670681,816	
	4 4	10580580131,693	4,030	16,241	171838143860,813	
	5 5	1095359078,232	6,180	38,192	41834392059,468	
3	1 1	839266631,474	-6,180	38,192	32053606895,908	258680816430,620
	2 2	1002633513,171	-2,750	7,563	7582415943,356	
	3 3	951863005,044	0,650	0,423	402162119,631	
	4 4	10580580131,693	4,080	16,646	176128569104,214	

Tableau IV.12: Rigidité à la torsion des portiques transversaux suite:

	5 5	1095359078,232	6,230	38,813	42514062367,511	
2	1 1	839266631,474	-6,130	37,577	31537038284,235	262983756186,943
	2 2	1002633513,171	-2,700	7,290	7309198311,017	
	3 3	951863005,044	0,700	0,490	466412872,472	
	4 4	10580580131,693	4,130	17,057	180471897248,274	
	5 5	1095359078,232	6,280	39,438	43199209470,945	
1	1 1	839266631,474	-6,070	36,845	30922695109,996	91243232866,981
	2 2	1013360124,941	-2,640	6,970	7062714726,789	
	3 3	952398754,249	0,760	0,578	550105520,454	
	4 4	1058553373,451	4,190	17,556	18584068879,643	
	5 5	1095940719,868	5,580	31,136	34123648630,098	
RDC	1 1	374391059,104	-6,010	36,120	13523042493,942	45368426630,982
	2 2	446931182,682	-2,580	6,656	2974952724,404	
	3 3	425086478,416	0,820	0,672	285828148,087	
	4 4	472964285,299	4,250	18,063	8542917403,213	
	5 5	489298971,224	6,400	40,960	20041685861,335	
SS	1 1	743839280,006	-5,920	35,046	26068888942,802	90642923429,264
	2 2	870445093,754	-2,490	6,200	5396846625,784	
	3 3	847439271,501	0,910	0,828	701764460,730	
	4 4	948422448,045	4,340	18,836	17864105862,396	
	5-5	964179038,928	6,490	42,120	40611317537,551	

Tableau IV.13: Rigidité à la torsion des voiles dans sens longitudinale :

niveaux	voiles	Rvx KN/m	Yt m	Yt2 m ²	Rvx. Yt2 kN.m	Σ Rvx. Yt2 KN.m
10	VL1	16816006,826	-0,680	0,462	7775721,556	5404028702,599
	VL2	16816006,826	3,820	14,592	245385898,008	
	VL3	4511611,587	-0,680	0,462	2086169,198	
	VL4	4511611,587	3,820	14,592	65835240,922	
	VL5	27889962,540	-13,500	182,250	5082945672,915	
9	VL1	16816006,826	-0,660	0,436	7325052,573	5391675089,780
	VL2	16816006,826	3,840	14,746	247962110,253	
	VL3	4511611,587	-0,660	0,436	1965258,007	
	VL4	4511611,587	3,840	14,746	66526419,817	
	VL5	27889962,540	-13,480	181,710	5067896249,128	
8	VL1	16816006,826	-0,630	0,397	6674273,109	5380755677,270
	VL2	16816006,826	3,870	14,977	251851652,632	
	VL3	4511611,587	-0,630	0,397	1790658,639	
	VL4	4511611,587	3,870	14,977	67569955,577	
	VL5	27889962,540	-13,460	181,172	5052869137,312	
7	VL1	16816006,826	-0,600	0,360	6053762,457	5354952868,279
	VL2	16816006,826	3,900	15,210	255771463,823	
	VL3	4511611,587	-0,600	0,360	1624180,171	
	VL4	4511611,587	3,900	15,210	68621612,238	
	VL5	27889962,540	-13,420	180,096	5022881849,589	
6	VL1	16816006,826	-0,560	0,314	5273499,741	5338219711,048
	VL2	16816006,826	3,940	15,524	261044963,564	
	VL3	4511611,587	-0,560	0,314	1414841,394	
	VL4	4511611,587	3,940	15,524	70036453,632	
	VL5	27889962,540	-13,390	179,292	5000449952,718	
5	VL1	16816006,826	-0,520	0,270	4547048,246	5314223843,513
	VL2	16816006,826	3,980	15,840	266372274,527	
	VL3	4511611,587	-0,520	0,270	1219939,773	
	VL4	4511611,587	3,980	15,840	71465732,183	
	VL5	27889962,540	-13,350	178,223	4970618848,785	
4	VL1	16816006,826	-0,480	0,230	3874407,973	5290453720,616
	VL2	16816006,826	4,020	16,160	271753396,711	
	VL3	4511611,587	-0,480	0,230	1039475,310	
	VL4	4511611,587	4,020	16,160	72909447,891	
	VL5	27889962,540	-13,310	177,156	4940876992,732	
3	VL1	16816006,826	-0,430	0,185	3109279,662	5261058520,392
	VL2	16816006,826	4,070	16,565	278555471,472	
	VL3	4511611,587	-0,430	0,185	834196,982	
	VL4	4511611,587	4,070	16,565	74734394,777	

Tableau IV.13: Rigidité à la torsion des voiles dans sens longitudinale suite :

	VL5	27889962,540	-13,260	175,828	4903825177,498	
2	VL1	16816006,826	-0,370	0,137	2302111,334	5094620411,235
	VL2	16816006,826	4,130	17,057	286828946,830	
	VL3	4511611,587	-0,370	0,137	617639,626	
	VL4	4511611,587	4,130	17,057	76954107,678	
	VL5	27889962,540	-13,020	169,520	4727917605,766	
1	VL1	16816006,826	-0,290	0,084	1414226,174	5180628462,068
	VL2	16816006,826	4,210	17,724	298048586,585	
	VL3	4511611,587	-0,290	0,084	379426,534	
	VL4	4511611,587	4,210	17,724	79964254,929	
	VL5	27889962,540	-13,120	172,134	4800821967,845	
RDC	VL1	4592151,576	-0,180	0,032	148785,711	1398009581,887
	VL2	4592151,576	4,320	18,662	85700569,572	
	VL3	1232040,667	-0,180	0,032	39918,118	
	VL4	1232040,667	4,320	18,662	22992835,744	
	VL5	7616251,395	-13,010	169,260	1289127472,743	
SS	VL1	6350739,939	0,090	0,008	51440,994	1876652883,628
	VL2	6350739,939	4,590	21,068	133798024,109	
	VL3	1703857,057	0,090	0,008	13801,242	
	VL4	1703857,057	4,590	21,068	35897030,863	
	VL5	10532934,532	-12,730	162,053	1706892586,421	

Tableau IV.14: Rigidité à la torsion des voiles dans sens transversale :

niveaux	voiles	Rvy KN/m	Xt m	Xt ² m ²	Rvy.Xt ² KN.m	Σ Rvy.Xt ² KN.m
10	VT1	36913185,715	-3,040	9,242	341136897,104	1691671871,058
	VT2	1025366,270	-3,040	9,242	9476024,921	
	VT3	18251519,603	-3,040	9,242	168673243,563	
	VT4	4511611,587	3,790	14,364	64805239,997	
	VT5	38963918,254	3,790	14,364	559681618,192	
	VT6	18251519,603	3,790	14,364	262166652,729	
	VT5'	19892105,635	3,790	14,364	285732194,552	
9	VT1	36913185,715	-3,010	9,060	334437153,896	1700107026,169
	VT2	1025366,270	-3,010	9,060	9289920,943	
	VT3	18251519,603	-3,010	9,060	165360592,755	
	VT4	4511611,587	3,820	14,592	65835240,922	
	VT5	38963918,254	3,820	14,592	568577080,730	
	VT6	18251519,603	3,820	14,592	266333474,655	
	VT5'	19892105,635	3,820	14,592	290273562,268	

Tableau IV.14: Rigidité à la torsion des voiles dans sens transversale suite :

8	VT1	36913185,715	-2,980	8,880	327803854,423	1708790237,889
	VT2	1025366,270	-2,980	8,880	9105662,624	
	VT3	18251519,603	-2,980	8,880	162080794,682	
	VT4	4511611,587	3,850	14,823	66873362,748	
	VT5	38963918,254	3,850	14,823	577542678,320	
	VT6	18251519,603	3,850	14,823	270533149,315	
	VT5'	19892105,635	3,850	14,823	294850735,775	
7	VT1	36913185,715	-2,940	8,644	319062812,046	1727111851,530
	VT2	1025366,270	-2,940	8,644	8862855,891	
	VT3	18251519,603	-2,940	8,644	157758834,840	
	VT4	4511611,587	3,900	15,210	68621612,238	
	VT5	38963918,254	3,900	15,210	592641196,643	
	VT6	18251519,603	3,900	15,210	277605613,162	
	VT5'	19892105,635	3,900	15,210	302558926,708	
6	VT1	36913185,715	-2,890	8,352	308302618,410	1736328212,695
	VT2	1025366,270	-2,890	8,352	8563961,624	
	VT3	18251519,603	-2,890	8,352	152438516,876	
	VT4	4511611,587	3,940	15,524	70036453,632	
	VT5	38963918,254	3,940	15,524	604860281,408	
	VT6	18251519,603	3,940	15,524	283329289,709	
	VT5'	19892105,635	3,940	15,524	308797091,035	
5	VT1	36913185,715	-2,850	8,123	299827350,970	1755788967,247
	VT2	1025366,270	-2,850	8,123	8328537,528	
	VT3	18251519,603	-2,850	8,123	148247967,975	
	VT4	4511611,587	3,990	15,920	71825307,626	
	VT5	38963918,254	3,990	15,920	620309474,996	
	VT6	18251519,603	3,990	15,920	290566017,232	
	VT5'	19892105,635	3,990	15,920	316684310,920	
4	VT1	36913185,715	-2,800	7,840	289399376,006	1766098696,972
	VT2	1025366,270	-2,800	7,840	8038871,557	
	VT3	18251519,603	-2,800	7,840	143091913,688	
	VT4	4511611,587	4,030	16,241	73272632,623	
	VT5	38963918,254	4,030	16,241	632809099,971	
	VT6	18251519,603	4,030	16,241	296421104,720	
	VT5'	19892105,635	4,030	16,241	323065698,407	
3	VT1	36913185,715	-2,750	7,563	279155966,970	1783602519,491
	VT2	1025366,270	-2,750	7,563	7754332,417	
	VT3	18251519,603	-2,750	7,563	138027116,998	
	VT4	4511611,587	4,080	16,646	75102091,122	
	VT5	38963918,254	4,080	16,646	648608968,823	
	VT6	18251519,603	4,080	16,646	303822095,919	

Tableau IV.14: Rigidité à la torsion des voiles dans sens transversale suite :

	VT5'	19892105,635	4,080	16,646	331131947,242	
2	VT1	36913185,715	-2,700	7,290	269097123,862	1801795388,144
	VT2	1025366,270	-2,700	7,290	7474920,108	
	VT3	18251519,603	-2,700	7,290	133053577,906	
	VT4	4511611,587	4,130	17,057	76954107,678	
	VT5	38963918,254	4,130	17,057	664603657,267	
	VT6	18251519,603	4,130	17,057	311314344,716	
	VT5'	19892105,635	4,130	17,057	339297656,606	
1	VT1	36913185,715	-2,640	6,970	257270139,159	1824536371,422
	VT2	1025366,270	-2,640	6,970	7146392,755	
	VT3	18251519,603	-2,640	6,970	127205791,025	
	VT4	4511611,587	4,190	17,556	79206304,183	
	VT5	38963918,254	4,190	17,556	684054445,259	
	VT6	18251519,603	4,190	17,556	320425503,302	
	VT5'	19892105,635	4,190	17,556	349227795,739	
RDC	VT1	10080332,729	-2,580	6,656	67098726,777	504729461,579
	VT2	280009,242	-2,580	6,656	1863853,518	
	VT3	4984164,516	-2,580	6,656	33176592,684	
	VT4	1232040,667	4,250	18,063	22253734,548	
	VT5	10640351,214	4,250	18,063	192191343,803	
	VT6	4984164,516	4,250	18,063	90026471,570	
	VT5'	5432179,304	4,250	18,063	98118738,679	
SS	VT1	13940648,646	-2,490	6,200	86433415,670	712165486,577
	VT2	387240,240	-2,490	6,200	2400928,212	
	VT3	6892876,275	-2,490	6,200	42736522,193	
	VT4	1703857,057	4,340	18,836	32093169,983	
	VT5	14715129,126	4,340	18,836	277168286,166	
	VT6	6892876,275	4,340	18,836	129831460,365	
	VT5'	7512460,659	4,340	18,836	141501703,989	

V.1.Introduction :

Le séisme ou tremblement de terre, résulte le plus souvent du mouvement de la croûte terrestre ; lorsqu'une plaque glisse sur une autre ; elle apparaît sous forme de secousses engendrées à une certaine profondeur, et qui se propagent à l'intérieur de la terre à partir d'un épicerentre.

Ces secousses sismiques peuvent être imperceptibles ou désastreuses, elles sèment la mort dans les populations en détruisant des habitations, des édifices publics, des ponts et des barrages...

Ce chapitre a pour objectif de limiter ou de réduire les conséquences néfastes du séisme, en permettant à notre structures de résister aux effets engendrés par les sollicitations dues au séisme, son étude sera réalisée conformément aux règles parasismiques en vigueur, puisque le sol de l'implantation de notre ouvrage fait partie des régions sismique.

La force sismique totale s'applique à la base de la structure et décroît en allant vers les niveaux supérieurs.

V.2. Les différentes méthodes de calcul :

En fonctions des caractéristiques géométriques le **RPA** prévoit les trois méthodes suivantes :

V.2.1. Méthode statique équivalente :

Consiste à remplacer par un système de forces statique fictives les forces réelles dynamiques qui se développent dans la construction, et dont les effets sont considérés équivalents à ceux de l'action sismique.

V.2.2. Méthode d'analyse modale spectrale :

Elle peut être utilisée sans conditions particulières, et dans la plupart des cas, on fait recours à cette méthode dans le cas ou la méthode statique équivalente ne s'applique pas.

V.2.3.Méthode d'analyse dynamique par accélération :

Cette méthode est réservée pour un personnel qualifié ayant justifié auparavant les choix des séismes de calcul et des lois de comportement utilisées ainsi que la méthode d'interpolation des résultats et les critères de sécurité à satisfaire (RPA 99).

V.3.la méthode statique équivalente :

V.3.1.Conditions d'application de la méthode statique équivalente :

la méthode statique équivalente s'applique que pour les bâtiment dans les conditions suivantes :

a- Condition sur la hauteur :

La hauteur du bâtiment ne doit pas dépasser :

$H < 65$ m pour les zones I ; IIa ; IIb.

$H < 30$ m pour la zone III.

b- La régularité du bâtiment :

Le bâtiment doit avoir une configuration régulière en plan et en élévation.

c- Les conditions complémentaires :

Il arrive que certaines conditions de régularité ne pas satisfaits, la MSE peut être appliquée avec les conditions complémentaires suivantes :

ZoneI : tous les groupes d'usage

ZoneII : { le groupe d'usage 3
le groupe d'usage 2 si $H_T \leq 23$ m ou 7 niveaux
le groupe d'usage 1B si $H_T \leq 17$ m ou 5 niveaux
le groupe d'usage 1A si $H_T \leq 10$ m ou 3 niveaux

ZoneIII : { le groupe d'usage 2 et 3 si $H_T \leq 17$ m ou 5 niveaux
le groupe d'usage 1B si $H_T \leq 10$ m ou 3 niveaux
le groupe d'usage 1A si $H_T \leq 8$ m ou 2 niveaux

V.3.2.Vérification de la MSE sur notre bâtiment :

V.3.2.1.Condition de la hauteur :

Le bâtiment est implanté en zone **IIa**, groupe d'usage **2** : $H < 65$ m.

H : hauteur totale du bâtiment $H = 39.78 < 65$ m (condition vérifiée).

V.3.2.2.Régularité en plan : (RPA99modifié en2003/Art 3.5.1.a).

a1. Aussi bien pour la distribution des rigidités que pour celle des masses, notre bâtiment présente une configuration sensiblement symétrique dans les deux directions orthogonales → condition vérifiée.

a2. Excentricité :

$$e_x \leq 15\% l_x = 0.15 \times 14.33 = 2.149$$

$$e_x = 1.63 < 2.149 \rightarrow (\text{condition vérifiée})$$

$$e_y \leq 15\% l_y = 0.15 \times 32.74 = 4.911$$

$$e_y = 1.63\text{m} < 4.911 \rightarrow (\text{condition vérifiée})$$

a3. Forme et décrochement :

La forme du bâtiment doit être compacte avec un rapport : $\frac{L}{l} \leq 4$

$$\cdot \text{ Etage courant et RDC : } \frac{L}{l} \leq 4 = \frac{32.74}{14.33} \leq 2.28 \rightarrow (\text{condition vérifiée}).$$

a4. Les planchés doivent présenter une rigidité suffisantes vis à vis de celle des contreventements verticaux pour être considérés comme indéformables dans le plans.

· **Ouvertures dans le plancher :** Il faut vérifiée que : $S_0 \leq 15\% S_t$

RDC et SS

$$S_t = 325.762\text{m}^2$$

$$15\% S_t = 0.15 \times 325.76 = 48.86\text{m}^2$$

$$S_0 = 4.22 \times 4.17 = 17.59\text{m}^2 < 15\% S_t = 48.86\text{m}^2 \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

Etage courant:

$$S_t = 395.27$$

$$15\% S_t = 0.15 \times 395.27 = 59.29$$

$$S_0 = (4.22 \times 4.17) + (3.15 \times 2.75) = 26.26\text{m}^2 < 15\% S_t = 59.29\text{m}^2 \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

Toutes les conditions sont vérifiées **Donc notre bâtiment est régulier en plan**

V.3.2.3. Régularité en élévation :(RPA99 / Art 3.5.1.b).

b1. Le système de contreventement (portique+ voiles) comporte des éléments porteurs Verticaux continus, dont la charge se transmet directement à la fondation \rightarrow condition vérifiée.

b2. La variation des masses et des rigidités des différentes niveaux diminuent progressivement de la base vers le sommet du bâtiment \rightarrow condition vérifiée.

b3. Il n'y a pas de décrochement en élévation .

Toutes les conditions sont vérifiées **Donc notre bâtiment est régulier en élévation dans les deux sens.**

Conclusion : bâtiment présente une configuration régulière, tout en respectant les conditions de hauteur et de régularité en plan et en élévation. Donc **la méthode statique équivalente est applicable.**

V.3.3. Calcul de la force sismique à la base du bâtiment :

La force sismique totale « **V** » appliquée à la base de la structure est calculée dans les deux sens selon la formule suivante :

$$V = \frac{ADQ}{R} W_t$$

Avec :

A : Coefficient d'accélération de zone.

D : Facteur d'amplification dynamique de la structure.

Q : Facteur de qualité.

R : Coefficient de comportement de la structure.

W : Poids total de la structure

- **Coefficient d'accélération « A » de zone:**

Le coefficient « **A** » est donné par le tableau (4.1.RPA/99 modifiée en 2003) suivant la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment :

Zone sismique IIa	}	(A=0.15)
Groupe d'usage 2		

- **Coefficient de comportement global de la structure « R » :**

Le coefficient « **R** » est donné par le tableau (4.3 RPA/99 modifiée en 2003)) en fonction du système de contreventement **R=5** (mixte portique/voiles)

- **Facteur de qualité « Q » :**

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q$$

p : Pénalité à retenir selon que le critère de qualité est satisfait ou non ; sa valeur est donné par le tableau (4.4 RPA/99).

➤ **Sens longitudinal : Qx**

a- Condition minimale sur les filles de contreventement :

Les portiques :

Les filles :(H),(I),(J),(K),(L),(M),(F'),(H') comportent 4 travées > 3

La fille(F) comporte 2 travée < 3

Le critère est non observé $P_1 = 0.05$

a- La redondance en plan :

Chaque files d'étage doit avoir au moins 4 filles porteuses :

$$\frac{l_i}{l_{i+1}} \leq 1.5$$

On a : 9files (Condition vérifiée)

$$\frac{3.95}{1.92} = 2.05 > 1.5$$

Le critère est non observé $P_2 = 0.05$

b- La régularité en plan :

Le bâtiment est classé régulier en plan , Le critère observé $P_3 = 0$.

c- La régularité en élévation :

Le bâtiment classé régulier en élévation donc le critère observé $P_4 = 0$

d- Le contrôle des matériaux et le suivi de réalisation sont obligatoires.

↳ Les critères sont observés : $P_5 = 0$, $P_6 = 0$.

D'où:

$$Q = 1 + 0.05 + 0.05 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1.10$$

Qx=1.10

➤ **Sens transversal : Qy**

a- Condition minimale sur les filles de contreventement :

1.Portiques

La fille (1) comporte 6 travers > 3.

la fille (2),(3) comportent 7 travers > 3.

La fille (4) ,(5) comportent 8 travers > 3.

Avec : Le rapport : $\frac{l_i}{l_{i+1}} \leq 1.5$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{3.7}{3.5} = 1.05 < 1.5 \\ \frac{4.5}{3.5} = 1.28 < 1.5 \\ \frac{4.42}{1.45} = 3.05 > 1.5 \end{array} \right\} \rightarrow \text{condition non vérifiée}$$

2. Les voiles :

$$\frac{h_e}{L} < 0.67$$

$$\frac{2.71}{1.45} = 1.80 > 0.67 \rightarrow \text{(Condition non vérifiée).}$$

Le critère est non observé $P_1 = 0.05$

b- La redondance en plan :

Chaque filles d'étage doit avoir au moins 4 files porteuses :

On a 5 files et le rapport : $\frac{3.43}{2.15} = 1.59 > 1.5$

Le critère est non observé $P_2 = 0.05$

c- La régularité en plan :

Le bâtiment est classé régulier en plan , Le critère observé $P_3 = 0$.

d- La régularité en élévation :

Le bâtiment classé régulier en élévation donc le critère observé $P_4 = 0$

· Le contrôle des matériaux et le suivi de réalisation sont obligatoires.

· Les critères sont observés : $P_5 = 0$, $P_6 = 0$.

D'où:

$$Q = 1 + 0.05 + 0.05 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1.10$$

$Q_y = 1.10$

• Facteur d'amplification dynamique moyen de la structure « D » :

Il est en fonction de :

- La catégorie de site.
- Le facteur de correction d'amortissement « η ».
- La période fondamentale de la structure « T ».

$$D = \begin{cases} 2.5 \eta & \text{avec } 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5 \eta (T_2 / T)^{2/3} & \text{avec } T_2 \leq T \leq 3s \quad \text{avec } D \leq 2.5 \\ 2.5 \eta (T_2 / 3)^{2/3} (3 / T)^{5/3} & \text{avec } T \geq 3s \end{cases}$$

T_2 : Période caractéristique, associée du site, donné par le tableau (4.7 RPA/99).

La nature du sol : **Meuble** (site3) $T_2 = 0.5$ second.

η : Le facteur de correction d'amortissement.

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\varepsilon}} \geq 0.7$$

$\varepsilon(\%)$: Est le pourcentage de l'amortissement critique ; il est en fonction du matériau constructif, du type de la structure et de l'importance des remplissages ; il est donné par le tableau (4.2 RPA/99)

$\varepsilon = 10\%$, $\eta = 0.764$.

T : La période fondamentale de la structure.

$T = C_T h_N^{3/4}$ (La formule empirique du RPA.) En second

Avec :

h_N : Hauteur mesurée en mètre à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau (N)

C_T : Coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage et donné par le tableau (4.6.RPA/99).

$C_T = 0.05$.

D : Dimension du bâtiment mesuré à sa base dans la direction de calcul considérée.

$$T = 0.05 * (39.78)^{3/4} = 0.79 \text{ second.}$$

$$T_2 \leq T \leq 3s$$

$$D = 2.5 \times 0.764 (0.5/0.79)^{2/3}$$

$D = 1.407 \text{ m} < 2.5 \rightarrow c'$ est vérifié

- **Poids de la structure :**

$$W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

W_{Gi} : Poids dû aux charges permanentes et à celle des équipements fixés de la structure.

W_{Qi} : Charges d'exploitations.

β : Coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation est donnée par le tableau (RPA/99 Art.4.5)

Dans notre cas, **$\beta = 0,2$** .(bâtiment d'habitations)

Le poids total de la structure est donné dans le tableau suivant :

Tableau V.1 : Le poids total de la structure :

niveaux	W_{Gi} kN	W_{Qi} kN	$W_i=W_{Gi}+\beta W_{Qi}$ kN
10	3122,510	386,600	3199,830
9	4050,360	736,521	4197,664
8	4138,970	736,521	4286,274
7	4138,970	736,521	4286,274
6	4138,970	736,521	4286,274
5	4138,970	736,521	4286,274
4	4241,210	736,521	4388,514
3	4241,210	736,521	4388,514
2	4241,210	736,521	4388,514
1	4241,210	736,521	4388,514
RDC	4286,580	749,500	4436,480
SS	4911,170	506,230	5012,416
			51545,544

$$V = \frac{ADQ}{R} W_t$$

$$V = \frac{0.15 \times 1.407 \times 1.10}{5} \times 51545,544$$

$$V_x = V_y = 2393.311 \text{ kN}$$

V.3.4. Distribution de la force sismique sur les différents niveaux :

La force latérale «V » à la base du bâtiment est distribuée sur les différents niveaux selon les formules suivantes :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i$$

F_t : Une force concentrée au sommet de la structure permet de tenir compte de l'influence des modes supérieurs de vibration. Elle doit être déterminée par la formule

$$F_t = 0 \quad \text{si } T \leq 0.7s$$

$$F_t = 0.07 \times T \times V \quad \text{si } T > 0.7s$$

F_i : L'effort horizontal revenant aux niveaux « i ».

$$F_i = \frac{(V - F_t)}{\sum W_j h_j} W_i h_i$$

Avec :

h_i : Niveau du plancher considéré.

h_j : Niveau d'un plancher quelconque.

W_i et W_j : poids respectifs des planchers i et j.

$$T = 0.79 > 0.7s$$

$$F_t = 0.07 \times T \times V$$

$$F_t = 0.07 \times 0.79 \times 2393.311$$

$$F_t = 132.350 \text{ kN}$$

les forces sismiques par niveau dans les deux sens sont données par le tableaux suivant :

Tableau V.2 : Les forces sismiques par niveau dans les deux sens :

Niveaux	hi m	W _i kN	W _i .hi kNm	F _i kN
10	39,180	3199,830	125369,339	388,054
9	36,120	4197,664	151619,631	309,244
8	33,060	4286,274	141704,225	289,021
7	30,000	4286,274	128588,226	262,269
6	26,940	4286,274	115472,227	235,518
5	23,880	4286,274	102356,228	208,766
4	20,820	4388,514	91368,866	186,356
3	17,760	4388,514	77940,012	158,967
2	14,700	4388,514	64511,159	131,577
1	11,640	4388,514	51082,305	104,188
RDC	8,580	4436,480	38064,998	77,638
SS	4,080	5012,416	20450,657	41,711
somme			1108527,874	

V.3.5. Effort tranchant revenant aux étages :

L'effort tranchant d'étage sera évalué en accumulant les forces à chaque niveau on aura.

$$T_k = \sum_{i=k}^n F_i M_k = T_{k+1} \times h_e \times M_{k+1}$$

Avec :

T_k : Effort tranchant de niveau de l'étage K.

h_e : Hauteur d'étage.

Tableau V.3: Effort tranchant revenant aux étages :

Niveaux	h_i m	F_i KN	T_k kN	M_k kN.m
10	3,060	388,054	388,054	0,000
9	3,060	309,244	697,298	1187,445
8	3,060	289,021	986,319	3321,178
7	3,060	262,269	1248,588	6339,315
6	3,060	235,518	1484,106	10159,995
5	3,060	208,766	1692,873	14701,361
4	3,060	186,356	1879,229	19881,551
3	3,060	158,967	2038,196	25631,992
2	3,060	131,577	2169,773	31868,872
1	3,060	104,188	2273,961	38508,378
RDC	4,500	77,638	2351,599	45466,699
SS	4,080	41,711	2393,310	56048,893
somme				253115,680

V.3.6. Calcul des déplacements relatifs : (Art 4.4.3 RPA/ 99)

Le déplacement horizontal à chaque niveau « i » de la structure est calculé comme suit :

$$\delta_k = R \delta_{ek}$$

δ_{ek} : Déplacement dû aux forces sismiques « F_i »: $\delta_{ek} = [R]^{-1} \cdot F_i$

Avec :

R : Coefficient de comportement (R=5).

Le déplacement relatif au niveau « k » par rapport au niveau « k-1 » est égal à

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1}$$

D'après le RPA 99 (Art 5.10), les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser 1% de la hauteur d'étage.

$$\Delta_k \leq \bar{\Delta}_k = 1\% h_e$$

Les résultats sont récapitulés dans les tableaux ci-dessus :

Tableau V.4.a : Les déplacements relatifs dans sens longitudinal :

Niveaux	Fi KN	Rjx kN/m	δ_{ek} cm	δ_k cm	Δ_k cm	1%he cm	observation
10	388,05405	333006458,467	0,1165	0,583	0,112	3,060	Vérifié
9	309,2443	328538655,051	0,0941	0,471	0,116	3,060	Vérifié
8	289,02078	407703367,110	0,0709	0,354	0,033	3,060	Vérifié
7	262,26931	407703367,110	0,0643	0,322	0,033	3,060	Vérifié
6	235,51784	407703367,110	0,0578	0,289	-0,258	3,060	Vérifié
5	208,76637	191014305,160	0,1093	0,546	0,347	3,060	Vérifié
4	186,35648	468074546,394	0,0398	0,199	0,029	3,060	Vérifié
3	158,96691	468074546,394	0,0340	0,170	0,029	3,060	Vérifié
2	131,57734	468074546,394	0,0281	0,141	0,030	3,060	Vérifié
1	104,18777	470350338,050	0,0222	0,111	-0,083	3,060	Vérifié
RDC	77,637596	200106760,662	0,0388	0,194	0,148	4,500	Vérifié
SS	41,711281	450203135,123	0,0093	0,046	0,046	4,080	Vérifié

Tableau V.4.b : Les déplacements relatifs dans sens transversal :

Niveau	Fi kN	Rjy kN/m	δ_{ek} cm	δ_k cm	Δ_k cm	1%he cm	observation
10	388,05405	718957018,4	0,0540	0,270	0,056	3,060	Vérifié
9	309,2443	721445508,1	0,0429	0,214	0,063	3,060	Vérifié
8	289,02078	956629370,9	0,0302	0,151	0,012	3,060	Vérifié
7	262,26931	945170420,8	0,0277	0,139	0,014	3,060	Vérifié
6	235,51784	945170420,8	0,0249	0,125	0,014	3,060	Vérifié
5	208,76637	942476863,3	0,0222	0,111	0,028	3,060	Vérifié
4	186,35648	1127245299	0,0165	0,083	0,012	3,060	Vérifié
3	158,96691	1127245299	0,0141	0,071	0,012	3,060	Vérifié
2	131,57734	1127245299	0,0117	0,058	0,012	3,060	Vérifié
1	104,18777	1129713147	0,0092	0,046	-0,035	3,060	Vérifié
RDC	77,637596	479367637,5	0,0162	0,081	0,058	4,500	Vérifié
SS	41,711281	926910114,7	0,0045	0,023	0,023	4,080	Vérifié

Conclusion :

Nous constatons que dans les deux sens, le déplacement relatif dû aux efforts latéraux ne dépasse pas largement 1% de la hauteur d'étage.

V.3.7.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 calculée et donnée en pourcentage dans l'étude de contreventement.

Tableau V.5.a : Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques dans sens longitudinal

Niveau	Fi KN	Portique	Fkportiqu kN	Voile	Fk voile kN
10	388,05405	69,15%	268,339376	30,84%	119,675869
9	309,244295		213,84243		95,3709406
8	289,020775		199,857866		89,134007
7	262,269305		181,359224		80,8838537
6	235,517836		162,860584		72,6337006
5	208,766367		144,361943		64,3835476
4	186,356478		128,865505		57,4723378
3	158,966909		109,925618		49,0253947
2	131,57734		90,9857306		40,5784517
1	104,187772		72,0458443		32,1315089
RDC	77,6375956		53,6863974		23,9434345
SS	41,7112814		28,8433511		12,8637592

Tableau V.5.b. : Répartition des forces sismiques dans les voiles et les portiques dans Sens transversal :

Niveau	Fi KN	Portique	Fkportique kN	% Voile	Fk voile kN
10	388,05405	60,05%	233,026457	39,94%	154,988788
9	309,244295		185,701199		123,512171
8	289,020775		173,556975		115,434898
7	262,269305		157,492718		104,75036
6	235,517836		141,428461		94,0658237
5	208,766367		125,364203		83,381287
4	186,356478		111,907065		74,4307773
3	158,966909		95,4596289		63,4913835
2	131,57734		79,0121927		52,5519896
1	104,187772		62,5647571		41,6125961
RDC	77,6375956		46,6213762		31,0084557
SS	41,7112814		25,0476245		16,6594858

VI.1. Etude des portiques sous charges horizontales :

VI.1.1. Introduction :

Pour l'étude des portiques sous charges horizontales, on utilisera la méthode de « MUTTO ».

Celle-ci permet de distribuer l'effort tranchant de niveau « j t » calculé dans le chapitre VI (étude de séisme), dans les différentes portiques du même niveau proportionnellement à leurs rigidités calculées avec la même méthode dans le chapitre V (étude de contreventement). puis d'en déduire les efforts internes dans les poutres et les poteaux de chaque portique.

VI.1.2. Calcul de l'effort revenant à chaque portique pour chaque niveau :

$$\begin{aligned} \text{➤ Sens longitudinal : } T_{jx} &= \frac{\tau_{jx}}{\sum R_{jx}} \times R_{jx} + \frac{\tau_{jx} e_y Y_j^L R_{jx}}{R_{j\theta}} \\ \text{➤ Sens transversal : } T_{jy} &= \frac{\tau_{jy}}{\sum R_{jy}} \times R_{jy} + \frac{\tau_{jy} X_j^T R_{jy}}{R_{j\theta}} \end{aligned}$$

Avec :

τ_{jx} : Effort tranchant de niveau « j » dans le sens longitudinal.

τ_{jy} : Effort tranchant de niveau « j » dans le sens transversal.

X_j^T : Distance entre le portique transversal et le centre de torsion « c j ».

Y_j^L : Distance entre le portique longitudinal et le centre de torsion « c j ».

R_{jx} : Rigidité du portique longitudinal.

R_{jy} : Rigidité du portique transversal.

$R_{j\theta}$: Rigidité à la torsion du niveau « j ».

VI.1.3. Calcul des sollicitations :

a. Effort tranchant revenant à chaque poteau d'un portique :

$$t_{ij} = T_j \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}} \quad \text{Effort tranchant dans le poteau « i » du niveau « j »}$$

Avec :

r_{ij} : Rigidité du poteau « i » de niveau « j ».

$\sum r_{ij} = R_j$: Rigidité du portique.

Remarque :

Les poteaux d'un même niveau étant de même hauteur, on peut écrire :

$$t_{ij} = T_j \frac{a.K_{pot}}{\sum a.K_{pot}}$$

b. moment à la tête et à la base du poteau :

$$M_{inf} = t_{ij} \times z$$

$$M_{sup} = t_{ij} \times (h - z)$$

Avec :

$$Z = h_j \times y$$

z : Position du point de moment nul dans le poteau.

h_j: Hauteur de niveau « j »

y = (y₀ + y₁ + y₂ + y₃): Coefficient de correction de la position du point du moment nul pour le niveau d'hauteur (h).

Nota :

Les coefficients y₀, y₁, y₂ et y₃ sont en fonction de \bar{K} , (\bar{K} coefficient calculé par la méthode de Mutto).

c. Moment dans les poutres :

$$M_w = \left(\frac{K_w}{K_w + K_e} \right) \times (M_{inf} + M_{sup})$$

$$M_e = \left(\frac{K_e}{K_w + K_e} \right) \times (M_{inf} + M_{sup})$$

d. Moment en travées correspondant au moment max sous charges verticales :

$$M_t = M_w - \left(\frac{M_w + M_e}{L} \right) \times (X_0)$$

X₀: Abscisse de la poutre correspondant au moment max sous charges verticales calculées dans le chapitre IV.

L : Longueur libre de la poutre

M_w et M_e : Moment aux appuis de la poutre.

e) Efforts tranchants dans les poutres :

$$T_w = T_e = \frac{|M_w| + |M_e|}{L} \quad \rightarrow \text{ sous E}$$

$$T_w = T_e = - \frac{|M_w| + |M_e|}{L} \quad \leftarrow \text{ sous E}$$

f. Calcul des efforts normaux :

Les efforts normaux dans les poteaux sous E seront déduits à partir des efforts tranchants dans les poutres sous E et seront donnée par :

$$N = |T_w| - |T_e|$$

Effort normal cumulé

$$N_c = N_i + N_{i+1}$$

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

Tableau VI.1.a : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens longitudinal :

niveaux	portiques	τ kN	Rjx KN/m	Σ Rjx KN/m	Rj0 KN/m	Y m	e_x m	Tjx KN
10	F'-F'	268,339	26369,018	236215,133	21572176,870	-11,790	1,630	23,652
	H'-H'	268,339	25461,915			-7,780	1,630	24,908
	F-F	268,339	16128,527			-7,880	1,630	15,745
	H-H	268,339	28042,612			-4,180	1,630	29,480
	I-I	268,339	28042,612			-0,680	1,630	31,470
	J-J	268,339	28042,612			3,820	1,630	34,028
	K-K	268,339	28042,612			7,320	1,630	36,018
	L-L	268,339	28042,612			10,820	1,630	38,008
9	M-M	268,339	28042,612	14,320	1,630	39,998		
	F'-F'	482,182	26369,018	232194,110	19123003,31	-11,770	1,630	42,003
	H'-H'	482,182	25461,915			-7,760	1,630	44,754
	F-F	482,182	16211,814			-7,860	1,630	28,429
	H-H	482,182	27358,561			-4,160	1,630	52,136
	I-I	482,182	27358,5607			-0,660	1,630	56,072
	J-J	482,182	27358,5607			3,840	1,630	61,132
	K-K	482,182	27358,5607			7,340	1,630	65,067
L-L	482,182	27358,5607	10,840			1,630	69,003	
8	M-M	482,182	27358,5607	14,340	1,630	72,938		
	F'-F'	682,040	33462,2177	303442,351	41279483,97	-11,750	1,630	64,623
	H'-H'	682,040	31889,0446			-7,730	1,630	65,038
	F-F	682,040	18996,2463			-7,830	1,630	38,692
	H-H	682,040	36515,8071			-4,130	1,630	78,014
	I-I	682,040	36515,8071			-0,630	1,630	81,456
	J-J	682,040	36515,8071			3,870	1,630	85,882
	K-K	682,040	36515,8071			7,370	1,630	89,324
L-L	682,040	36515,8071	10,870			1,630	92,766	
	M-M	682,040	36515,8071	14,370	1,630	96,208		
	F'-F'	863,399	33462,2177			-11,710	1,630	81,816
	H'-H'	863,399	31889,0446			-7,700	1,630	82,341

Tableau VI.1.a : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens longitudinal suite :

7	F-F	863,399	18996,2463	303442,351	41165340,44	-7,800	1,630	48,985
	H-H	863,399	36515,8071			-4,100	1,630	98,782
	I-I	863,399	36515,8071			-0,600	1,630	103,151
	J-J	863,399	36515,8071			3,900	1,630	108,769
	K-K	863,399	36515,8071			7,400	1,630	113,138
	L-L	863,399	36515,8071			10,900	1,630	117,508
	M-M	863,399	36515,8071			14,400	1,630	121,877
6	F'-F'	1026,259	33462,2177	303442,351	41103935,41	-11,680	1,630	97,265
	H'-H'	1026,259	31889,0446			-7,660	1,630	97,910
	F-F	1026,259	18996,2463			-7,760	1,630	58,247
	H-H	1026,259	36515,8071			-4,060	1,630	117,465
	I-I	1026,259	36515,8071			-0,560	1,630	122,666
	J-J	1026,259	36515,8071			3,940	1,630	129,354
	K-K	1026,259	36515,8071			7,440	1,630	134,555
	L-L	1026,259	36515,8071			10,940	1,630	139,756
M-M	1026,259	36515,8071	14,440	1,630	144,958			
5	F'-F'	1170,621	33462,2177	306782,603	31122780,95	-11,640	1,630	103,805
	H'-H'	1170,621	31889,0446			-7,620	1,630	106,784
	F-F	1170,621	21030,8897			-7,720	1,630	70,296
	H-H	1170,621	36733,4085			-4,020	1,630	131,114
	I-I	1170,621	36733,4085			-0,520	1,630	138,996
	J-J	1170,621	36733,4085			3,980	1,630	149,131
	K-K	1170,621	36733,4085			7,480	1,630	157,013
	L-L	1170,621	36733,4085			10,980	1,630	164,895
M-M	1170,621	36733,4085	14,480	1,630	172,778			
4	F'-F'	1299,487	38466,9791	357776,412	52292129,51	-11,600	1,630	121,642
	H'-H'	1299,487	36267,0662			-7,580	1,630	120,591
	F-F	1299,487	24604,3156			-7,680	1,630	81,712
	H-H	1299,487	43073,0086			-3,980	1,630	149,502
	I-I	1299,487	43073,0086			-0,480	1,630	155,609
	J-J	1299,487	43073,0086			4,020	1,630	163,460
	K-K	1299,487	43073,0086			7,520	1,630	169,567
	L-L	1299,487	43073,0086			11,020	1,630	175,673
M-M	1299,487	43073,0086	14,520	1,630	181,780			
3	F'-F'	1409,413	38466,9791	357776,412	52765578,97	-11,550	1,630	132,192
	H'-H'	1409,413	36267,0662			-7,530	1,630	130,979
	F-F	1409,413	24604,3156			-7,630	1,630	88,752
	H-H	1409,413	43073,0086			-3,930	1,630	162,310
	I-I	1409,413	43073,0086			-0,430	1,630	168,874

Tableau VI.1.a : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens longitudinal suite :

	J-J	1409,413	43073,0086			4,070	1,630	177,313
	K-K	1409,413	43073,0086			7,570	1,630	183,877
	L-L	1409,413	43073,0086			11,070	1,630	190,440
	M-M	1409,413	43073,0086			14,570	1,630	197,004
2	F'-F'	1500,398	38466,9791	357776,412	53258702,7	-11,490	1,630	141,022
	H'-H'	1500,398	36267,0662			-7,470	1,630	139,652
	F-F	1500,398	24604,3156			-7,570	1,630	94,630
	H-H	1500,398	43073,0086			-3,870	1,630	172,980
	I-I	1500,398	43073,0086			-0,370	1,630	179,902
	J-J	1500,398	43073,0086			4,130	1,630	188,803
	K-K	1500,398	43073,0086			7,630	1,630	195,726
	L-L	1500,398	43073,0086			11,130	1,630	202,648
	M-M	1500,398	43073,0086			14,630	1,630	209,571
1	F'-F'	1572,444	38466,9791	359824,625	35064819,22	-11,410	1,630	136,020
	H'-H'	1572,444	36267,0662			-7,390	1,630	138,898
	F-F	1572,444	24804,9631			-7,490	1,630	94,818
	H-H	1572,444	43380,9361			-3,790	1,630	177,558
	I-I	1572,444	43380,9361			-0,290	1,630	188,656
	J-J	1572,444	43380,9361			4,210	1,630	202,926
	K-K	1572,444	43380,9361			7,710	1,630	214,024
	L-L	1572,444	43380,9361			11,210	1,630	225,122
	M-M	1572,444	43380,9361			14,710	1,630	236,221
RDC	F'-F'	1626,131	17281,318	162757,912	16891488,87	-11,300	1,630	142,016
	H'-H'	1626,131	16273,6554			-7,280	1,630	144,001
	F-F	1626,131	11248,9724			-7,380	1,630	99,363
	H-H	1626,131	19658,9944			-3,680	1,630	185,063
	I-I	1626,131	19658,9944			-0,180	1,630	195,860
	J-J	1626,131	19658,9944			4,320	1,630	209,742
	K-K	1626,131	19658,9944			7,820	1,630	220,539
	L-L	1626,131	19658,9944			11,320	1,630	231,336
	M-M	1626,131	19658,9944			14,820	1,630	242,133
SS	F'-F'	1654,974	41774,0195	381204,906	38266280,62	-10,960	1,630	149,083
	H'-H'	1654,974	41903,2863			-7,010	1,630	161,213
	F-F	1654,974	26577,9504			-7,110	1,630	102,065
	H-H	1654,974	45158,275			-3,410	1,630	185,196
	I-I	1654,974	45158,275			-0,090	1,630	195,765
	J-J	1654,974	45158,275			4,590	1,630	210,664
	K-K	1654,974	45158,275			8,090	1,630	221,806
	L-L	1654,974	45158,275			11,590	1,630	232,948
	M-M	1654,974	45158,275			15,090	1,630	244,090

Tableau VI.1.b : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens transversal :

niveaux	portiques	τ kN	R_{jy} kN/m	ΣR_{jy} kN/m	$R_{j\theta}$ kN/m	X m	e_y m	T_{jy} KN
10	1 1	233,026	49600,006	290573,896	21572176,870	-6,470	1,630	34,126
	2 2	233,026	57967,316			-3,040	1,630	43,384
	3 3	233,026	56333,260			0,360	1,630	45,534
	4 4	233,026	62346,445			3,790	1,630	54,159
	5 5	233,026	64326,869			5,940	1,630	58,315
9	1 1	418,728	49736,763	291818,141	19123003,310	-6,440	1,630	59,935
	2 2	418,728	58129,501			-3,010	1,630	77,165
	3 3	418,728	56488,237			0,390	1,630	81,841
	4 4	418,728	62432,639			3,820	1,630	98,096
	5 5	418,728	65031,001			5,970	1,630	107,169
8	1 1	592,285	68220,559	409410,073	41279483,970	-6,410	1,630	88,466
	2 2	592,285	80617,838			-2,980	1,630	111,009
	3 3	592,285	80328,880			0,420	1,630	116,999
	4 4	592,285	91454,725			3,850	1,630	140,540
	5 5	592,285	88788,071			6,000	1,630	140,907
7	1 1	749,777	68220,559	403680,598	41165340,440	-6,370	1,630	113,808
	2 2	749,777	80617,838			-2,940	1,630	142,699
	3 3	749,777	80328,880			0,470	1,630	150,320
	4 4	749,777	85725,250			3,900	1,630	169,148
	5 5	749,777	88788,071			6,050	1,630	180,858
6	1 1	891,206	68220,559	403680,598	41103935,410	-6,320	1,630	135,373
	2 2	891,206	80617,838			-2,890	1,630	169,746
	3 3	891,206	80328,880			0,510	1,630	178,790
	4 4	891,206	85725,250			3,940	1,630	201,192
	5 5	891,206	88788,071			6,090	1,630	215,127
5	1 1	1016,570	68481,542	402333,818	31122780,950	-6,280	1,630	150,134
	2 2	1016,570	80936,727			-2,850	1,630	192,220
	3 3	1016,570	77710,817			0,560	1,630	198,668
	4 4	1016,570	86087,355			3,990	1,630	235,803
	5 5	1016,570	89117,377			6,140	1,630	254,304
4	1 1	1128,477	83926,663	494718,036	52292129,510	-6,230	1,630	173,049
	2 2	1128,477	100263,351			-2,800	1,630	218,831
	3 3	1128,477	95186,301			0,600	1,630	219,134
	4 4	1128,477	105805,813			4,030	1,630	256,347
	5 5	1128,477	109535,908			6,180	1,630	273,669
	1 1	1223,937	83926,663			-6,180	1,630	188,025
	2 2	1223,937	100263,351			-2,750	1,630	237,628

Tableau VI.1.b : Répartition des efforts horizontaux par portiques dans le sens transversal suite :

3	3 3	1223,937	95186,301	494718,036	52765578,970	0,650	1,630	237,831
	4 4	1223,937	105805,813			4,080	1,630	278,086
	5 5	1223,937	109535,908			6,230	1,630	296,794
2	1 1	1302,949	83926,663	494718,036	53258702,700	-6,130	1,630	200,524
	2 2	1302,949	100263,351			-2,700	1,630	253,270
	3 3	1302,949	95186,301			0,700	1,630	253,351
	4 4	1302,949	105805,813			4,130	1,630	296,088
	5 5	1302,949	109535,908			6,280	1,630	315,918
1	1 1	1365,514	83926,663	495951,959	35064819,220	-6,070	1,630	198,740
	2 2	1365,514	101336,012			-2,640	1,630	262,029
	3 3	1365,514	95239,875			0,760	1,630	266,820
	4 4	1365,514	105855,337			4,190	1,630	319,607
	5 5	1365,514	109594,072			5,580	1,630	340,565
RDC	1 1	1412,135	37439,106	220867,198	16891488,870	-6,010	1,630	208,709
	2 2	1412,135	44693,118			-2,580	1,630	270,037
	3 3	1412,135	42508,648			0,820	1,630	276,533
	4 4	1412,135	47296,429			4,250	1,630	329,785
	5 5	1412,135	48929,897			6,400	1,630	355,511
SS	1 1	1437,183	74383,928	437432,513	38266280,620	-5,920	1,630	217,430
	2 2	1437,183	87044,509			-2,490	1,630	272,716
	3 3	1437,183	84743,927			0,910	1,630	283,147
	4 4	1437,183	94842,245			4,340	1,630	336,802
	5 5	1437,183	96417,904			6,490	1,630	355,088

Tableau VI.2.a : Moment à la tête et à la base des poteaux du portique longitudinal.(K-K) :

Niveaux	poteau	Tjx kN	a.Kp/Σ a. Kp	Tjx kN	Y	Z=Y.h m	h-Z m	Msup kN.m	Minf kN.m
10	1	36,018	0,145	5,223	0,350	1,071	1,989	10,388	5,593
	2	36,018	0,212	7,636	0,410	1,255	1,805	13,786	9,580
	3	36,018	0,212	7,636	0,410	1,255	1,805	13,786	9,580
	4	36,018	0,239	8,608	0,450	1,377	1,683	14,488	11,854
	5	36,018	0,192	6,909	0,390	1,193	1,867	12,897	8,245
9	1	65,067	0,149	9,691	0,400	1,224	1,836	17,792	11,861
	2	65,067	0,219	14,220	0,450	1,377	1,683	23,932	19,580
	3	65,067	0,189	12,291	0,430	1,316	1,744	21,438	16,172
	4	65,067	0,246	15,989	0,450	1,377	1,683	26,909	22,017
	5	65,067	0,198	12,877	0,440	1,346	1,714	22,066	17,338
8	1	89,324	0,132	11,821	0,410	1,255	1,805	21,342	14,831
	2	89,324	0,214	19,114	0,450	1,377	1,683	32,168	26,319
	3	89,324	0,214	19,114	0,450	1,377	1,683	32,168	26,319
	4	89,324	0,251	22,419	0,450	1,377	1,683	37,732	30,872
	5	89,324	0,189	16,856	0,450	1,377	1,683	28,369	23,211
7	1	113,138	0,132	14,973	0,450	1,377	1,683	25,199	20,617
	2	113,138	0,214	24,209	0,450	1,377	1,683	40,744	33,336
	3	113,138	0,214	24,209	0,450	1,377	1,683	40,744	33,336
	4	113,138	0,251	28,397	0,450	1,377	1,683	47,791	39,102
	5	113,138	0,189	21,350	0,450	1,377	1,683	35,932	29,399
6	1	134,555	0,132	17,807	0,450	1,377	1,683	29,969	24,520
	2	134,555	0,214	28,792	0,460	1,408	1,652	47,576	40,528
	3	134,555	0,214	28,792	0,460	1,408	1,652	47,576	40,528
	4	134,555	0,251	33,772	0,480	1,469	1,591	53,738	49,604
	5	134,555	0,189	25,391	0,500	1,530	1,530	38,849	38,849
5	1	157,030	0,132	20,781	0,450	1,377	1,683	34,974	28,615
	2	157,030	0,214	33,563	0,500	1,530	1,530	51,351	51,351
	3	157,030	0,214	33,563	0,500	1,530	1,530	51,351	51,351
	4	157,030	0,251	39,414	0,500	1,530	1,530	60,304	60,304
	5	157,030	0,189	29,709	0,500	1,530	1,530	45,454	45,454
4	1	169,567	0,124	21,007	0,470	1,438	1,622	34,069	30,213
	2	169,567	0,214	36,356	0,500	1,530	1,530	55,624	55,624
	3	169,567	0,214	36,356	0,500	1,530	1,530	55,624	55,624
	4	169,567	0,261	44,227	0,500	1,530	1,530	67,667	67,667
	5	169,567	0,186	31,622	0,500	1,530	1,530	48,381	48,381
	1	183,877	0,124	22,780	0,470	1,438	1,622	36,945	32,762
	2	183,877	0,214	39,424	0,500	1,530	1,530	60,318	60,318

Tableau VI.2.a : Moment à la tête et à la base des poteaux du portique longitudinal.(K-K) suite :

3	3	183,877	0,214	39,424	0,500	1,530	1,530	60,318	60,318
	4	183,877	0,261	47,959	0,500	1,530	1,530	73,377	73,377
	5	183,877	0,186	34,290	0,500	1,530	1,530	52,464	52,464
2	1	195,726	0,124	24,248	0,500	1,530	1,530	37,099	37,099
	2	195,726	0,214	41,964	0,500	1,530	1,530	64,205	64,205
	3	195,726	0,214	41,964	0,500	1,530	1,530	64,205	64,205
	4	195,726	0,261	51,050	0,500	1,530	1,530	78,106	78,106
	5	195,726	0,186	36,500	0,500	1,530	1,530	55,845	55,845
1	1	214,024	0,124	26,505	0,500	1,530	1,530	40,553	40,553
	2	214,024	0,214	45,823	0,500	1,530	1,530	70,109	70,109
	3	214,024	0,214	45,823	0,500	1,530	1,530	70,109	70,109
	4	214,024	0,261	55,843	0,500	1,530	1,530	85,440	85,440
	5	214,024	0,187	40,030	0,500	1,530	1,530	61,245	61,245
RDC	1	220,539	0,123	27,108	0,560	2,520	1,980	53,674	68,313
	2	220,539	0,214	47,169	0,530	2,385	2,115	99,763	112,499
	3	220,539	0,214	47,169	0,530	2,385	2,115	99,763	112,499
	4	220,539	0,262	57,803	0,500	2,250	2,250	130,057	130,057
	5	220,539	0,187	41,289	0,550	2,475	2,025	83,610	102,190
SS	1	221,806	0,168	37,234	0,790	3,223	0,857	31,902	120,014
	2	221,806	0,206	45,631	0,700	2,856	1,224	55,852	130,322
	3	221,806	0,206	45,631	0,700	2,856	1,224	55,852	130,322
	4	221,806	0,226	50,158	0,660	2,693	1,387	69,579	135,066
	5	221,806	0,195	43,152	0,720	2,938	1,142	49,296	126,762

Tableau VI.2.b: Moment à la tête et à la base des poteaux du portique transversal.(3-3) :

Niveaux	poteaux	T _{jx} kN	a.kp/∑ a. kp	t _{jx} kN	Y	Z= Y.h (m)	h-Z m	M _{sup} kN/m
10	C	45,384	0,089	4,049	0,370	1,132	1,928	4,584
	F	45,384	0,130	5,921	0,450	1,377	1,683	8,153
	H	45,384	0,137	6,203	0,450	1,377	1,683	8,541
	I	45,384	0,132	6,002	0,450	1,377	1,683	8,265
	J	45,384	0,132	6,002	0,450	1,377	1,683	8,265
	K	45,384	0,138	6,263	0,450	1,377	1,683	8,624
	L	45,384	0,138	6,263	0,450	1,377	1,683	8,624
	M	45,384	0,103	4,681	0,390	1,193	1,867	5,584
9	C	81,841	0,089	7,310	0,420	1,285	1,775	9,393
	F	81,841	0,130	10,676	0,450	1,377	1,683	14,701
	H	81,841	0,137	11,182	0,450	1,377	1,683	15,398
	I	81,841	0,132	10,821	0,450	1,377	1,683	14,901
	J	81,841	0,132	10,821	0,450	1,377	1,683	14,901
	K	81,841	0,138	11,291	0,450	1,377	1,683	15,547
	L	81,841	0,138	11,291	0,450	1,377	1,683	15,547
	M	81,841	0,103	8,449	0,440	1,346	1,714	11,373
8	C	116,994	0,113	13,251	0,450	1,377	1,683	18,246
	F	116,994	0,127	14,816	0,450	1,377	1,683	20,402
	H	116,994	0,135	15,819	0,450	1,377	1,683	21,782
	I	116,994	0,129	15,098	0,450	1,377	1,683	20,789
	J	116,994	0,129	15,098	0,450	1,377	1,683	20,789
	K	116,994	0,137	16,039	0,450	1,377	1,683	22,085
	L	116,994	0,137	16,039	0,450	1,377	1,683	22,085
	M	116,994	0,093	10,836	0,450	1,377	1,683	14,921
7	C	150,320	0,113	17,025	0,500	1,53	1,53	26,048
	F	150,320	0,127	19,037	0,500	1,53	1,53	29,126
	H	150,320	0,135	20,324	0,500	1,53	1,53	31,096
	I	150,320	0,129	19,398	0,500	1,53	1,53	29,679
	J	150,320	0,129	19,398	0,500	1,53	1,53	29,679
	K	150,320	0,137	20,607	0,500	1,53	1,53	31,529
	L	150,320	0,137	20,607	0,500	1,53	1,53	31,529
	M	150,320	0,093	13,923	0,500	1,53	1,53	21,302
	C	178,668	0,113	20,236	0,500	1,53	1,53	30,961
	F	178,668	0,127	22,627	0,500	1,53	1,53	34,619
	H	178,668	0,135	24,157	0,500	1,53	1,53	36,961

Tableau VI.2.b: Moment à la tête et à la base des poteaux du portique transversal.(3-3) suite :

6	I	178,668	0,129	23,056	0,500	1,53	1,53	35,276	35,276
	J	178,668	0,129	23,056	0,500	1,53	1,53	35,276	35,276
	K	178,668	0,137	24,493	0,500	1,53	1,53	37,475	37,475
	L	178,668	0,137	24,493	0,500	1,53	1,53	37,475	37,475
	M	178,668	0,093	16,548	0,500	1,53	1,53	25,319	25,319
5	C	198,668	0,080	15,896	0,500	1,53	1,53	24,321	24,321
	F	198,668	0,131	26,096	0,500	1,53	1,53	39,927	39,927
	H	198,668	0,140	27,866	0,500	1,53	1,53	42,635	42,635
	I	198,668	0,134	26,593	0,500	1,53	1,53	40,687	40,687
	J	198,668	0,134	26,593	0,500	1,53	1,53	40,687	40,687
	K	198,668	0,142	28,255	0,500	1,53	1,53	43,230	43,230
	L	198,668	0,142	28,255	0,500	1,53	1,53	43,230	43,230
4	M	198,668	0,096	19,114	0,500	1,53	1,53	29,245	29,245
	C	219,134	0,073	16,056	0,490	1,499	1,561	24,068	25,063
	F	219,134	0,132	28,872	0,500	1,53	1,53	44,174	44,174
	H	219,134	0,143	31,362	0,500	1,53	1,53	47,984	47,984
	I	219,134	0,135	29,564	0,500	1,53	1,53	45,232	45,232
	J	219,134	0,135	29,564	0,500	1,53	1,53	45,232	45,232
	K	219,134	0,146	31,921	0,500	1,53	1,53	48,839	48,839
	L	219,134	0,146	31,921	0,500	1,53	1,53	48,839	48,839
3	M	219,134	0,091	19,875	0,500	1,53	1,53	30,409	30,409
	C	237,831	0,073	17,426	0,490	1,499	1,561	26,121	27,202
	F	237,831	0,132	31,335	0,500	1,53	1,53	47,943	47,943
	H	237,831	0,143	34,038	0,500	1,53	1,53	52,078	52,078
	I	237,831	0,135	32,086	0,500	1,53	1,53	49,092	49,092
	J	237,831	0,135	32,086	0,500	1,53	1,53	49,092	49,092
	K	237,831	0,146	34,644	0,500	1,53	1,53	53,006	53,006
	L	237,831	0,146	34,644	0,500	1,53	1,53	53,006	53,006
2	M	237,831	0,091	21,571	0,500	1,53	1,53	33,004	33,004
	C	253,351	0,073	18,563	0,500	1,53	1,53	28,401	28,401
	F	253,351	0,132	33,380	0,500	1,53	1,53	51,071	51,071
	H	253,351	0,143	36,259	0,500	1,53	1,53	55,476	55,476
	I	253,351	0,135	34,180	0,500	1,53	1,53	52,295	52,295
	J	253,351	0,135	34,180	0,500	1,53	1,53	52,295	52,295
	K	253,351	0,146	36,905	0,500	1,53	1,53	56,465	56,465
	L	253,351	0,146	36,905	0,500	1,53	1,53	56,465	56,465
M	253,351	0,091	22,979	0,500	1,53	1,53	35,158	35,158	

Tableau VI.2.b: Moment à la tête et à la base des poteaux du portique transversal.(3-3) suite :

1	C	266,820	0,074	19,630	0,500	1,53	1,53	30,034	30,034
	F	266,820	0,132	35,194	0,500	1,53	1,53	53,846	53,846
	H	266,820	0,143	38,165	0,500	1,53	1,53	58,393	58,393
	I	266,820	0,135	35,977	0,500	1,53	1,53	55,044	55,044
	J	266,820	0,135	35,977	0,500	1,53	1,53	55,044	55,044
	K	266,820	0,146	38,845	0,500	1,53	1,53	59,433	59,433
	L	266,820	0,146	38,845	0,500	1,53	1,53	59,433	59,433
	M	266,820	0,091	24,187	0,500	1,53	1,53	37,006	37,006
RDC	C	276,533	0,073	20,251	0,550	2,475	2,025	50,121	41,008
	F	276,533	0,132	36,525	0,500	2,25	2,25	82,182	82,182
	H	276,533	0,143	39,610	0,500	2,25	2,25	89,122	89,122
	I	276,533	0,135	37,291	0,500	2,25	2,25	83,905	83,905
	J	276,533	0,135	37,291	0,500	2,25	2,25	83,905	83,905
	K	276,533	0,146	40,332	0,500	2,25	2,25	90,747	90,747
	L	276,533	0,146	40,332	0,500	2,25	2,25	90,747	90,747
	M	276,533	0,090	24,901	0,550	2,475	2,025	61,629	50,424
SS	C	283,147	0,100	28,253	0,780	3,182	0,898	89,900	25,371
	F	283,147	0,128	36,358	0,650	2,652	1,428	96,422	51,919
	H	283,147	0,134	37,923	0,640	2,611	1,469	99,017	55,709
	I	283,147	0,130	36,745	0,650	2,652	1,428	97,448	52,472
	J	283,147	0,130	36,745	0,650	2,652	1,428	97,448	52,472
	K	283,147	0,135	38,291	0,640	2,611	1,469	99,977	56,249
	L	283,147	0,135	38,291	0,640	2,611	1,469	99,977	56,249
	M	283,147	0,108	30,542	0,720	2,938	1,142	89,731	34,878

Tableau VI.3.a : Moment aux appuis des poutres du portique

longitudinal (K-K) :

Niveaux	poteau	Kw cm ³	Ke cm ³	Msup kN.m	Minf kN.m	Mw kN.m	Me kN.m
10	1	0,000	270,257	0,000	10,388	0,000	10,388
	2	270,257	272,733	0,000	13,786	6,861	6,924
	3	272,733	270,257	0,000	13,786	6,924	6,861
	4	270,257	441,086	0,000	14,488	5,504	8,984
	5	441,086	0,000	0,000	12,897	12,897	0,000
9	1	0,000	270,257	5,593	17,792	0,000	23,385
	2	270,257	272,733	9,580	23,932	16,679	16,832
	3	272,733	270,257	9,580	21,438	15,579	15,438
	4	270,257	441,086	11,854	26,909	14,727	24,036
	5	441,086	0,000	8,245	22,066	30,312	0,000
8	1	0,000	274,409	11,861	21,342	0,000	33,203
	2	274,409	276,961	19,580	32,168	25,755	25,994
	3	276,961	274,409	16,172	32,168	24,282	24,058
	4	274,409	452,253	22,017	37,732	22,563	37,186
	5	452,253	0,000	17,338	28,369	45,706	0,000
7	1	0,000	274,409	14,831	25,199	0,000	40,030
	2	274,409	276,961	26,319	40,744	33,377	33,687
	3	276,961	274,409	26,319	40,744	33,687	33,377
	4	274,409	452,253	30,872	47,791	29,705	48,958
	5	452,253	0,000	23,211	35,932	59,143	0,000
6	1	0,000	274,409	20,617	29,969	0,000	50,587
	2	274,409	276,961	33,336	47,576	40,269	40,644
	3	276,961	274,409	33,336	47,576	40,644	40,269
	4	274,409	452,253	39,102	53,738	35,059	57,781
	5	452,253	0,000	29,399	38,849	68,248	0,000
5	1	0,000	274,409	24,520	34,974	0,000	59,495
	2	274,409	276,961	40,528	51,351	45,727	46,152
	3	276,961	274,409	40,528	51,351	46,152	45,727
	4	274,409	452,253	49,604	60,304	41,505	68,404
	5	452,253	0,000	38,849	45,454	84,303	0,000
4	1	0,000	278,690	28,615	34,069	0,000	62,685
	2	278,690	281,323	51,351	55,624	53,236	53,739
	3	281,323	278,690	51,351	55,624	53,739	53,236
	4	278,690	464,000	60,304	67,667	48,020	79,951
	5	464,000	0,000	45,454	48,381	93,835	0,000
3	1	0,000	278,690	30,213	36,945	0,000	67,157
	2	278,690	281,323	55,624	60,318	57,699	58,244
	3	281,323	278,690	55,624	60,318	58,244	57,699

Tableau VI.3.a : Moment aux appuis des poutres du portique longitudinal (K-K) suite:

	4	278,690	464,000	67,667	73,377	52,926	88,118
	5	464,000	0,000	48,381	52,464	100,845	0,000
2	1	0,000	278,690	32,762	37,099	0,000	69,862
	2	278,690	281,323	60,318	64,205	61,969	62,555
	3	281,323	278,690	60,318	64,205	62,555	61,969
	4	278,690	464,000	73,377	78,106	56,843	94,640
	5	464,000	0,000	52,464	55,845	108,309	0,000
1	1	0,000	278,690	37,099	40,553	0,000	77,652
	2	278,690	281,323	64,205	70,109	66,842	67,473
	3	281,323	278,690	64,205	70,109	67,473	66,842
	4	278,690	464,000	78,106	85,440	61,369	102,176
	5	464,000	0,000	55,845	61,245	117,090	0,000
RDC	1	0,000	283,106	40,553	53,674	0,000	94,227
	2	283,106	285,824	70,109	99,763	84,531	85,342
	3	285,824	283,106	70,109	99,763	85,342	84,531
	4	283,106	476,373	85,440	130,057	80,329	135,167
	5	476,373	0,000	61,245	83,610	144,855	0,000
SS	1	0,000	283,106	68,313	31,902	0,000	100,215
	2	283,106	285,824	112,499	55,852	83,774	84,578
	3	285,824	283,106	112,499	55,852	84,578	83,774
	4	283,106	476,373	130,057	69,579	74,417	125,219
	5	476,373	0,000	102,190	49,296	151,486	0,000

Tableau VI.3.b: Moment aux appuis des poutres du portique transversal. (3-3) :

niveaux	Nœuds	Kw cm ³	Ke cm ³	Msup kN.m	Minf kN.m	Mw kN.m	Me kN.m
10	C	0,000	359,600	0,000	4,584	0,000	4,584
	F	359,600	444,400	0,000	8,153	3,647	4,506
	H	444,400	470,600	0,000	8,541	4,148	4,393
	I	470,600	363,600	0,000	8,265	4,663	3,602
	J	363,600	470,600	0,000	8,265	3,602	4,663
	K	470,600	470,600	0,000	8,624	4,312	4,312
	L	470,600	470,600	0,000	8,624	4,312	4,312
9	M	470,600	0,000	0,000	5,586	5,586	0,000
	C	0,000	359,600	7,806	9,395	0,000	17,201
	F	359,600	444,400	9,965	14,701	11,032	13,634
	H	444,400	470,600	10,439	15,398	12,549	13,288
	I	470,600	363,600	10,102	14,901	14,105	10,898
	J	363,600	470,600	10,102	14,901	10,898	14,105
	K	470,600	470,600	10,540	15,547	13,044	13,044
8	L	470,600	470,600	10,540	15,547	13,044	13,044
	M	470,600	0,000	8,737	11,376	20,113	0,000
	C	0,000	364,500	12,974	18,246	0,000	31,220
	F	364,500	450,700	17,968	20,402	17,156	21,214
	H	450,700	477,600	18,820	21,782	19,713	20,889
	I	477,600	367,800	18,212	20,789	22,033	16,968
	J	367,800	477,600	18,212	20,789	16,968	22,033
7	K	477,600	477,600	19,002	22,085	20,544	20,544
	L	477,600	477,600	19,002	22,085	20,544	20,544
	M	477,600	0,000	14,479	14,921	29,400	0,000
	C	0,000	364,500	22,301	26,048	0,000	48,349
	F	364,500	450,700	24,936	29,126	24,173	29,889
	H	450,700	477,600	26,623	31,096	28,023	29,696
	I	477,600	367,800	25,409	29,679	31,121	23,967
6	J	367,800	477,600	25,409	29,679	23,967	31,121
	K	477,600	477,600	26,993	31,529	29,261	29,261
	L	477,600	477,600	26,993	31,529	29,261	29,261
	M	477,600	0,000	18,237	21,302	39,539	0,000
	C	0,000	364,500	26,048	30,961	0,000	57,009
	F	364,500	450,700	29,126	34,619	28,502	35,243
6	H	450,700	477,600	31,096	36,961	33,042	35,015
	I	477,600	367,800	29,679	35,276	36,696	28,259
	J	367,800	477,600	29,679	35,276	28,259	36,696
6	K	477,600	477,600	31,529	37,475	34,502	34,502

Tableau VI.3.b: Moment aux appuis des poutres du portique transversal. (3-3) suite:

	L	477,600	477,600	31,529	37,475	34,502	34,502
	M	477,600	0,000	21,302	25,319	46,621	0,000
5	C	0,000	364,500	30,961	24,321	0,000	55,282
	F	364,500	450,700	34,619	39,927	33,332	41,214
	H	450,700	477,600	36,961	42,635	38,645	40,951
	I	477,600	367,800	35,276	40,687	42,915	33,048
	J	367,800	477,600	35,276	40,687	33,048	42,915
	K	477,600	477,600	37,475	43,230	40,353	40,353
	L	477,600	477,600	37,475	43,230	40,353	40,353
	M	477,600	0,000	25,319	29,245	54,564	0,000
4	C	0,000	368,700	24,321	24,074	0,000	48,395
	F	368,700	457,100	39,927	44,174	37,549	46,552
	H	457,100	484,800	42,635	47,984	43,977	46,642
	I	484,800	372,100	40,687	45,232	48,610	37,309
	J	372,100	484,800	40,687	45,232	37,309	48,610
	K	484,800	484,800	43,230	48,839	46,035	46,035
	L	484,800	484,800	43,230	48,839	46,035	46,035
	M	484,800	0,000	29,245	30,409	59,654	0,000
3	C	0,000	368,700	25,057	26,128	0,000	51,185
	F	368,700	457,100	44,174	47,943	41,128	50,989
	H	457,100	484,800	47,984	52,078	48,560	51,502
	I	484,800	372,100	45,232	49,092	53,365	40,959
	J	372,100	484,800	45,232	49,092	40,959	53,365
	K	484,800	484,800	48,839	53,006	50,923	50,923
	L	484,800	484,800	48,839	53,006	50,923	50,923
	M	484,800	0,000	30,409	33,004	63,413	0,000
2	C	0,000	368,700	27,195	28,401	0,000	55,596
	F	368,700	457,100	47,943	51,071	44,207	54,807
	H	457,100	484,800	52,078	55,476	52,195	55,359
	I	484,800	372,100	49,092	52,295	57,361	44,026
	J	372,100	484,800	49,092	52,295	44,026	57,361
	K	484,800	484,800	53,006	56,465	54,736	54,736
	L	484,800	484,800	53,006	56,465	54,736	54,736
	M	484,800	0,000	33,004	35,158	68,162	0,000
1	C	0,000	368,700	28,401	30,034	0,000	58,435
	F	368,700	457,100	51,071	53,846	46,843	58,074
	H	457,100	484,800	55,476	58,393	55,260	58,609
	I	484,800	372,100	52,295	55,044	60,728	46,611
	J	372,100	484,800	52,295	55,044	46,611	60,728
	K	484,800	484,800	56,465	59,433	57,949	57,949

Tableau VI.3.b: Moment aux appuis des poutres du portique transversal. (3-3) suite:

	L	484,800	484,800	56,465	59,433	57,949	57,949
	M	484,800	0,000	35,158	37,006	72,164	0,000
RDC	C	0,000	373,000	30,034	50,121	0,000	80,155
	F	373,000	457,100	53,846	82,182	61,123	74,905
	H	457,100	484,800	58,393	89,122	71,588	75,927
	I	484,800	372,100	55,044	83,905	78,612	60,337
	J	372,100	484,800	55,044	83,905	60,337	78,612
	K	484,800	484,800	59,433	90,747	75,090	75,090
	L	484,800	484,800	59,433	90,747	75,090	75,090
	M	484,800	0,000	37,006	61,629	98,635	0,000
SS	C	0,000	373,000	41,008	89,912	0,000	130,920
	F	373,000	457,100	82,182	96,422	80,255	98,349
	H	457,100	484,800	89,122	99,025	91,307	96,840
	I	484,800	372,100	83,905	97,448	102,602	78,751
	J	372,100	484,800	83,905	97,448	78,751	102,602
	K	484,800	484,800	90,747	99,984	95,366	95,366
	L	484,800	484,800	90,747	99,984	95,366	95,366
	M	484,800	0,000	50,424	89,719	140,143	0,000

Tableau VI.4.a: Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :

niveaux	Travée	L m	Mw kN.m	Me kN.m	T kN	X m	Mt kN.m
10	1_2	3,130	10,388	6,861	5,511	1,440	2,452
	2_3	3,100	6,924	6,924	4,467	1,550	0,000
	3_4	3,130	6,861	5,504	3,951	1,610	0,501
	4_5	1,850	8,984	12,897	11,827	1,070	-3,672
9	1_2	3,130	23,385	16,679	12,800	1,480	4,441
	2_3	3,100	16,832	15,579	10,455	1,550	0,626
	3_4	3,130	15,438	14,727	9,637	1,600	0,018
	4_5	1,850	24,036	30,312	29,377	0,910	-2,697
8	1_2	3,080	33,203	25,755	19,142	1,490	4,681
	2_3	3,050	25,994	24,282	16,484	1,530	0,774
	3_4	3,080	24,058	22,563	15,137	1,560	0,445
	4_5	1,800	37,186	45,706	46,051	0,900	-4,260
7	1_2	3,080	40,030	33,377	23,833	1,490	4,518
	2_3	3,050	33,687	33,687	22,090	1,530	-0,110
	3_4	3,080	33,377	29,705	20,481	1,560	1,426
	4_5	1,800	48,958	59,143	60,056	0,900	-5,093
6	1_2	3,080	50,587	40,269	29,499	1,490	6,634
	2_3	3,050	40,644	40,644	26,652	1,530	-0,133
	3_4	3,080	40,269	35,059	24,457	1,560	2,116
	4_5	1,800	57,781	68,248	70,016	0,900	-5,233
5	1_2	3,080	59,495	45,727	34,163	1,490	8,592
	2_3	3,050	46,152	46,152	30,264	1,530	-0,151
	3_4	3,080	45,727	41,505	28,322	1,560	1,545
	4_5	1,800	68,404	84,303	84,837	0,900	-7,950
4	1_2	3,030	62,685	53,236	38,258	1,480	6,063
	2_3	3,000	53,739	53,739	35,826	1,500	0,000
	3_4	3,030	53,236	48,020	33,418	1,530	2,107
	4_5	1,750	79,951	93,835	99,306	0,880	-7,439
3	1_2	3,030	67,157	57,699	41,207	1,480	6,171
	2_3	3,000	58,244	58,244	38,829	1,500	0,000
	3_4	3,030	57,699	52,926	36,510	1,530	1,839
	4_5	1,750	88,118	100,845	107,979	0,880	-6,903
2	1_2	3,030	69,862	61,969	43,509	1,480	5,469
	2_3	3,000	62,555	62,555	41,703	1,500	0,000
	3_4	3,030	61,969	56,843	39,212	1,530	1,975
	4_5	1,750	94,640	108,309	115,971	0,880	-7,414
1	1_2	3,030	77,652	66,842	47,688	1,480	7,074
	2_3	3,000	67,473	67,473	44,982	1,500	0,000

Tableau VI.4.a: Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :

	3_4	3,030	66,842	61,369	42,314	1,530	2,101
	4_5	1,750	102,176	117,090	125,295	0,880	-8,083
RDC	1_2	2,980	94,227	84,531	59,986	1,460	6,648
	2_3	2,950	85,342	85,342	57,859	1,480	-0,289
	3_4	2,980	84,531	80,329	55,322	1,510	0,994
	4_5	1,700	135,167	144,855	164,719	0,860	-6,491
S-S	1_2	2,980	100,215	83,774	61,741	1,460	10,073
	2_3	2,950	84,578	84,578	57,341	1,480	-0,287
	3_4	2,980	83,774	74,417	53,084	1,510	3,617
	4_5	1,700	125,219	151,486	162,768	0,930	-26,155

Tableau VI.4.b : Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres portique transversal (3-3) :

niveaux	travées	L m	Mw kN.m	Me kN.m	T kN	X m	Mt kN.m
10	C-F	4,240	4,584	3,647	1,941	1,980	0,740
	F-H	3,200	4,506	4,148	2,704	1,680	-0,037
	H-I	3,200	4,393	4,663	2,830	1,520	0,091
	I-J	4,200	3,602	3,602	1,715	2,100	0,000
	J-K	3,200	4,663	4,312	2,805	1,680	-0,049
	K-L	3,200	4,312	4,312	2,695	1,600	0,000
	L-M	3,200	4,312	5,586	3,093	1,720	-1,008
9	C-F	4,240	17,201	11,032	6,659	2,020	3,750
	F-H	3,200	13,634	12,549	8,182	1,670	-0,030
	H-I	3,200	13,288	14,105	8,560	1,500	0,448
	I-J	4,200	10,898	10,898	5,190	2,100	0,000
	J-K	3,200	14,105	13,044	8,484	1,700	-0,318
	K-L	3,200	13,044	13,044	8,153	1,600	0,000
	L-M	3,200	13,044	20,113	10,362	1,690	-4,467
8	C-F	4,190	31,220	17,156	11,546	2,050	7,552
	F-H	3,150	21,214	19,713	12,993	1,660	-0,354
	H-I	3,150	20,889	22,033	13,626	1,510	0,314
	I-J	4,150	16,968	16,968	8,177	2,100	-0,204
	J-K	3,150	22,033	20,544	13,517	1,690	-0,810
	K-L	3,150	20,544	20,544	13,044	1,600	-0,326
	L-M	3,150	20,544	29,400	15,855	1,670	-5,934
	C-F	4,190	48,349	24,173	17,308	2,060	12,694
	F-H	3,150	29,889	28,023	18,385	1,650	-0,446
	H-I	3,150	29,696	31,121	19,307	1,520	0,349

Tableau VI.4.b : Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres portique transversal (3-3) suite:

7	I-J	4,150	23,967	23,967	11,550	2,100	-0,289
	J-K	3,150	31,121	29,261	19,169	1,680	-1,083
	K-L	3,150	29,261	29,261	18,578	1,600	-0,464
	L-M	3,150	29,261	39,539	21,841	1,660	-6,996
6	C-F	4,190	57,009	28,502	20,408	2,060	14,968
	F-H	3,150	35,243	33,042	21,678	1,650	-0,525
	H-I	3,150	35,015	36,696	22,765	1,520	0,412
	I-J	4,150	28,259	28,259	13,619	2,100	-0,340
	J-K	3,150	36,696	34,502	22,603	1,680	-1,276
	K-L	3,150	34,502	34,502	21,906	1,600	-0,548
	L-M	3,150	34,502	46,621	25,753	1,660	-8,249
5	C-F	4,190	55,282	33,332	21,149	2,060	11,715
	F-H	3,150	41,214	38,645	25,352	1,650	-0,617
	H-I	3,150	40,951	42,915	26,624	1,520	0,482
	I-J	4,150	33,048	33,048	15,927	2,100	-0,398
	J-K	3,150	42,915	40,353	26,434	1,680	-1,495
	K-L	3,150	40,353	40,353	25,621	1,600	-0,641
	L-M	3,150	40,353	54,564	30,132	1,660	-9,667
4	C-F	4,140	48,395	37,549	20,759	2,020	6,461
	F-H	3,100	46,552	43,977	29,203	1,590	0,119
	H-I	3,100	46,642	48,610	30,726	1,480	1,167
	I-J	4,100	37,309	37,309	18,200	2,050	0,000
	J-K	3,100	48,610	46,035	30,531	1,620	-0,850
	K-L	3,100	46,035	46,035	29,700	1,550	0,000
	L-M	3,100	46,035	59,654	34,093	1,620	-9,196
3	C-F	4,140	51,185	41,128	22,298	2,030	5,920
	F-H	3,100	50,989	48,560	32,113	1,590	-0,070
	H-I	3,100	51,502	53,365	33,828	1,490	1,098
	I-J	4,100	40,959	40,959	19,980	2,050	0,000
	J-K	3,100	53,365	50,923	33,641	1,610	-0,797
	K-L	3,100	50,923	50,923	32,854	1,550	0,000
	L-M	3,100	50,923	63,413	36,883	1,590	-7,720
2	C-F	4,140	55,596	44,207	24,107	2,030	6,659
	F-H	3,100	54,807	52,195	34,517	1,590	-0,075
	H-I	3,100	55,359	57,361	36,361	1,490	1,181
	I-J	4,100	44,026	44,026	21,476	2,050	0,000
	J-K	3,100	57,361	54,736	36,160	1,610	-0,857
	K-L	3,100	54,736	54,736	35,314	1,550	0,000
	L-M	3,100	54,736	68,162	39,645	1,590	-8,299

Tableau VI.4.b : Moment en travées et efforts tranchants dans les poutres portique transversal (3-3) suite:

1	C-F	4,140	58,435	46,843	25,429	2,030	6,813
	F-H	3,100	58,074	55,260	36,559	1,590	-0,055
	H-I	3,100	58,609	60,728	38,496	1,490	1,250
	I-J	4,100	46,611	46,611	22,737	2,050	0,000
	J-K	3,100	60,728	57,949	38,283	1,610	-0,907
	K-L	3,100	57,949	57,949	37,386	1,550	0,000
	L-M	3,100	57,949	72,164	41,972	1,590	-8,786
RDC	C-F	4,090	80,155	61,123	34,542	2,010	10,725
	F-H	3,050	74,905	71,588	48,030	1,560	-0,023
	H-I	3,050	75,927	78,612	50,669	1,470	1,444
	I-J	4,050	60,337	60,337	29,796	2,030	-0,149
	J-K	3,050	78,612	75,090	50,394	1,580	-1,011
	K-L	3,050	75,090	75,090	49,239	1,530	-0,246
	L-M	3,050	75,090	98,635	56,959	1,570	-14,336
SS	C-F	4,090	130,920	80,255	51,632	2,010	27,140
	F-H	3,050	98,349	91,307	62,182	1,560	1,345
	H-I	3,050	96,840	102,602	65,391	1,470	0,715
	I-J	4,050	78,751	78,751	38,889	2,030	-0,194
	J-K	3,050	102,602	95,366	64,908	1,580	0,048
	K-L	3,050	95,366	95,366	62,535	1,530	-0,313
	L-M	3,050	95,366	140,143	77,216	1,580	-26,635

Tableau VII.5.a: Les efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal. (K-K) :

Niveaux	poteaux	Tw kN	Te kN	N kN	Nc kN
10	1	0,000	5,511	-5,511	-5,511
	2	5,511	4,467	1,044	1,044
	3	4,467	3,951	0,516	0,516
	4	3,951	11,827	-7,876	-7,876
	5	11,827	0,000	11,827	11,827
9	1	0,000	12,800	-12,800	-18,311
	2	12,800	10,455	2,345	3,389
	3	10,455	9,637	0,818	1,334
	4	9,637	29,377	-19,740	-27,616
	5	29,377	0,000	29,377	41,204
8	1	0,000	19,142	-19,142	-37,453
	2	19,142	16,484	2,658	6,047
	3	16,484	15,137	1,347	2,681
	4	15,137	46,051	-30,914	-58,530
	5	46,051	0,000	46,051	87,255
7	1	0,000	23,833	-23,833	-61,286
	2	23,833	22,090	1,743	7,790
	3	22,090	20,481	1,609	4,290
	4	20,481	60,056	-39,575	-98,105
	5	60,056	0,000	60,056	147,311
6	1	0,000	29,499	-29,499	-90,785
	2	29,499	26,652	2,847	10,637
	3	26,652	24,457	2,195	6,485
	4	24,457	70,016	-45,559	-143,664
	5	70,016	0,000	70,016	217,327
5	1	0,000	34,163	-34,163	-124,948
	2	34,163	30,264	3,899	14,536
	3	30,264	28,322	1,942	8,427
	4	28,322	84,837	-56,515	-200,179
	5	84,837	0,000	84,837	302,164
4	1	0,000	38,258	-38,258	-163,206
	2	38,258	35,826	2,432	16,968
	3	35,826	33,418	2,408	10,835
	4	33,418	99,306	-65,888	-266,067
	5	99,306	0,000	99,306	401,470
3	1	0,000	41,207	-41,207	-204,413
	2	41,207	38,829	2,378	19,346
	3	38,829	36,510	2,319	13,154

Tableau VII.5.a: Les efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal. (K-K) suite :

	4	36,510	107,979	-71,469	-337,536
	5	107,979	0,000	107,979	509,449
2	1	0,000	43,509	-43,509	-247,922
	2	43,509	41,703	1,806	21,152
	3	41,703	39,212	2,491	15,645
	4	39,212	115,971	-76,759	-414,295
	5	115,971	0,000	115,971	625,420
1	1	0,000	47,688	-47,688	-295,610
	2	47,688	44,982	2,706	23,858
	3	44,982	42,314	2,668	18,313
	4	42,314	125,295	-82,981	-497,276
	5	125,295	0,000	125,295	750,715
RDC	1	0,000	59,986	-59,986	-355,596
	2	59,986	57,859	2,127	25,985
	3	57,859	55,322	2,537	20,850
	4	55,322	164,719	-109,397	-606,673
	5	164,719	0,000	164,719	915,434
SS	1	0,000	61,741	-61,741	-417,337
	2	61,741	57,341	4,400	30,385
	3	57,341	53,084	4,257	25,107
	4	53,084	162,768	-109,684	-716,357
	5	162,768	0,000	162,768	1078,202

Tableau VI.5.b: Les efforts normaux dans les poteaux du portique transversal. (3-3) :

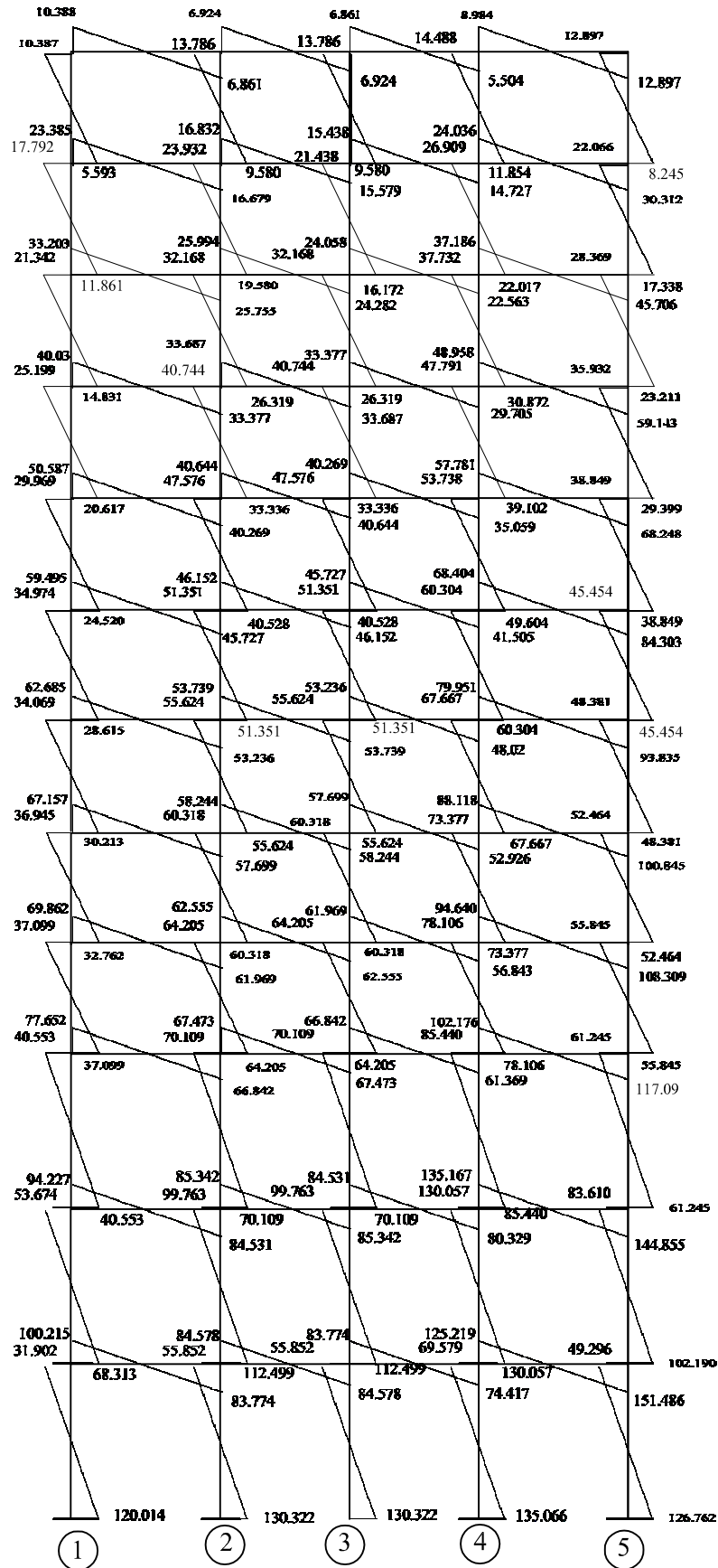
niveaux	poteaux	Tw kN	Te kN	N kN	N _c kN
10	C	0,000	1,941	-1,941	-1,941
	F	1,941	2,704	-0,763	-0,763
	H	2,704	2,830	-0,126	-0,126
	I	2,830	1,715	1,115	1,115
	J	1,715	2,805	-1,090	-1,090
	K	2,805	2,695	0,110	0,110
	L	2,695	3,093	-0,398	-0,398
9	M	3,093	0,000	3,093	3,093
	C	0,000	6,659	-6,659	-8,600
	F	6,659	8,182	-1,523	-2,286
	H	8,182	8,560	-0,378	-0,504
	I	8,560	5,190	3,370	4,485
	J	5,190	8,484	-3,294	-4,384
	K	8,484	8,153	0,331	0,441
8	L	8,153	10,362	-2,209	-2,607
	M	10,362	0,000	10,362	13,455
	C	0,000	11,546	-11,546	-20,146
	F	11,546	12,993	-1,447	-3,733
	H	12,993	13,626	-0,633	-1,137
	I	13,626	8,177	5,449	9,934
	J	8,177	13,517	-5,340	-9,724
7	K	13,517	13,044	0,473	0,914
	L	13,044	15,855	-2,811	-5,418
	M	15,855	0,000	15,855	29,310
	C	0,000	17,308	-17,308	-37,454
	F	17,308	18,385	-1,077	-4,810
	H	18,385	19,307	-0,922	-2,059
	I	19,307	11,550	7,757	17,691
6	J	11,550	19,169	-7,619	-17,343
	K	19,169	18,578	0,591	1,505
	L	18,578	21,841	-3,263	-8,681
	M	21,841	0,000	21,841	51,151
	C	0,000	20,408	-20,408	-57,862
	F	20,408	21,678	-1,270	-6,080
6	H	21,678	22,765	-1,087	-3,146
	I	22,765	13,619	9,146	26,837
	J	13,619	22,603	-8,984	-26,327
6	K	22,603	21,906	0,697	2,202

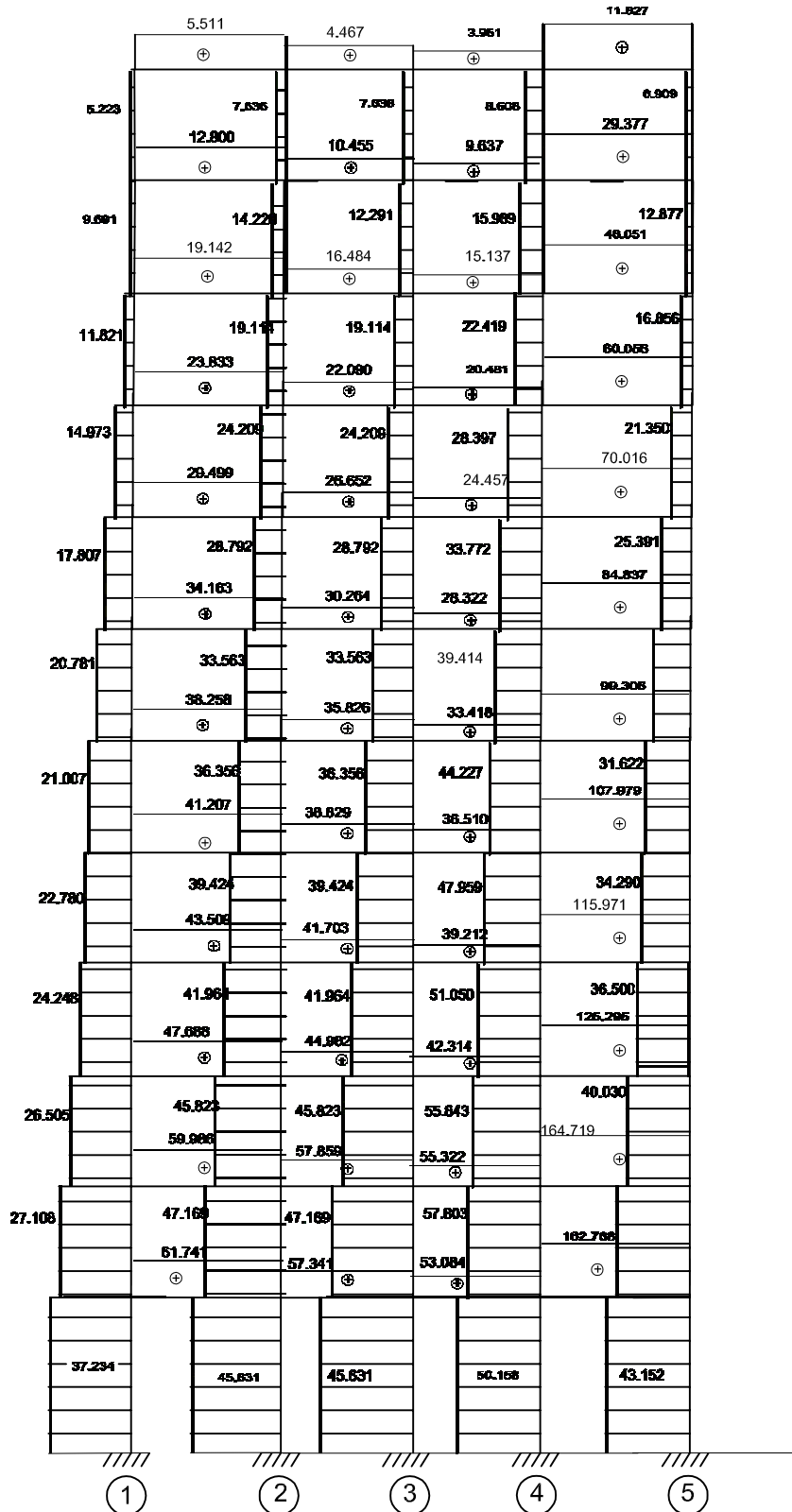
Tableau VI.5.b: Les efforts normaux dans les poteaux du portique transversal. (3-3) suite :

	L	21,906	25,753	-3,847	-12,528
	M	25,753	0,000	25,753	76,904
5	C	0,000	21,149	-21,149	-79,011
	F	21,149	25,352	-4,203	-10,283
	H	25,352	26,624	-1,272	-4,418
	I	26,624	15,927	10,697	37,534
	J	15,927	26,434	-10,507	-36,834
	K	26,434	25,621	0,813	3,015
	L	25,621	30,132	-4,511	-17,039
	M	30,132	0,000	30,132	107,036
4	C	0,000	20,759	-20,759	-99,770
	F	20,759	29,203	-8,444	-18,727
	H	29,203	30,726	-1,523	-5,941
	I	30,726	18,200	12,526	50,060
	J	18,200	30,531	-12,331	-49,165
	K	30,531	29,700	0,831	3,846
	L	29,700	34,093	-4,393	-21,432
	M	34,093	0,000	34,093	141,129
3	C	0,000	22,298	-22,298	-122,068
	F	22,298	32,113	-9,815	-28,542
	H	32,113	33,828	-1,715	-7,656
	I	33,828	19,980	13,848	63,908
	J	19,980	33,641	-13,661	-62,826
	K	33,641	32,854	0,787	4,633
	L	32,854	36,883	-4,029	-25,461
	M	36,883	0,000	36,883	178,012
2	C	0,000	24,107	-24,107	-146,175
	F	24,107	34,517	-10,410	-38,952
	H	34,517	36,361	-1,844	-9,500
	I	36,361	21,476	14,885	78,793
	J	21,476	36,160	-14,684	-77,510
	K	36,160	35,314	0,846	5,479
	L	35,314	39,645	-4,331	-29,792
	M	39,645	0,000	39,645	217,657
1	C	0,000	25,429	-25,429	-171,604
	F	25,429	36,559	-11,130	-50,082
	H	36,559	38,496	-1,937	-11,437
	I	38,496	22,737	15,759	94,552
	J	22,737	38,283	-15,546	-93,056
	K	38,283	37,386	0,897	6,376

Tableau VI.5.b: Les efforts normaux dans les poteaux du portique transversal. (3-3) suite :

	L	37,386	41,972	-4,586	-34,378
	M	41,972	0,000	41,972	259,629
RDC	C	0,000	34,542	-34,542	-206,146
	F	34,542	48,030	-13,488	-63,570
	H	48,030	50,669	-2,639	-14,076
	I	50,669	29,796	20,873	115,425
	J	29,796	50,394	-20,598	-113,654
	K	50,394	49,239	1,155	7,531
	L	49,239	56,959	-7,720	-42,098
	M	56,959	0,000	56,959	316,588
SS	C	0,000	51,632	-51,632	-257,778
	F	51,632	62,182	-10,550	-74,120
	H	62,182	65,391	-3,209	-17,285
	I	65,391	38,889	26,502	141,927
	J	38,889	64,908	-26,019	-139,673
	K	64,908	62,535	2,373	9,904
	L	62,535	77,216	-14,681	-56,779
	M	77,216	0,000	77,216	393,804





Diagrammes des efforts tranchant du portique longitudinal (K-K)

VI.2. Etude des voiles sous charges horizontales :

VI.2.1. Introduction :

Dans ce chapitre on procédera à la distribution de la force sismique à chaque niveau sur les refonds proportionnellement à leurs rigidités et leurs positions par rapport au centre de torsion, pour se faire on utilisera la méthode du centre de torsion.

VI.2.2. Principe de la méthode du centre de torsion :

Le centre de torsion d'un groupe de refonds est le point caractérisé par les propriétés suivantes :

- Une force dont la ligne d'action passe par le centre de torsion engendre uniquement une translation des refonds. La direction de cette translation est parallèle à la direction de la force.
- Un moment dont l'axe (vertical) passe par le centre de torsion engendre uniquement une rotation des refonds. Le sens de la rotation est le même que le sens du moment.
- La force horizontale H due au séisme sera réduite par rapport au centre de torsion en :

Deux composantes \bar{H}_x et \bar{H}_y (dirigées selon les axes X-X et Y-Y du centre de torsion)

Un moment $\bar{M} = H \cdot e$ e : excentrement de la force H par rapport au centre de torsion

H_x et H_y sont des forces qui passent par le centre de torsion, elles produisent donc une translation d'ensemble des refonds respectivement dans le sens X-X et Y-Y.

Cette translation développe dans chaque refend des forces proportionnelles aux inerties :

$$H'_x = F_{kx} \frac{\bar{H}_x I_x}{\sum I_x} = \frac{F_{kx} I_x}{\sum I_x} \quad \text{et} \quad H'_y = F_{ky} \frac{\bar{H}_y I_y}{\sum I_y} = \frac{F_{ky} I_y}{\sum I_y}$$

M est un moment d'axe vertical qui passe par le centre de torsion, il produit donc une rotation d'ensembles des refonds qui engendrent dans chaque refend des forces proportionnelles aux inerties de chacun d'eux et aux déplacements de leurs axes d'inertie principaux :

$$H''_x = \frac{\bar{M}_y I_y d_2}{J_\theta} \quad H''_y = \frac{\bar{M}_x I_x d_1}{J_\theta}$$

J_θ : Inertie polaire : $J_\theta = \sum I_x d_1^2 + \sum I_y d_2^2$

$\bar{M}_y = F_{kx} x e_y$

$$M_x = F_{ky} x e_x$$

F_{ky} : force au niveau k selon le sens considéré j.

Les forces finales distribuées dans les refends sont :

$$H_x = H'_x + H''_x$$

$$H_y = H'_y + H''_y$$

VI.2.3. Calcul de l'inertie polaire des voiles :

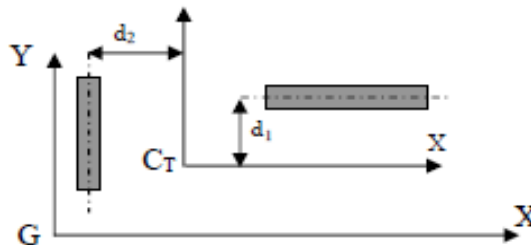
L'inertie polaire de torsion est donnée par la relation suivante :

$$J_\theta = \sum I_x d_1^2 + \sum I_y d_2^2$$

J_θ : Inertie polaire

d_1 : Distance entre le voile transversal V_T et le centre de torsion « c ».

d_2 : Distance entre le voile longitudinal V_L et le centre de torsion « c ».



VI.2.4. Calcul des moments et des efforts tranchants dans les voiles :

Le calcul s'effectue en assimilant les voiles à des consoles rigidement encastées à leurs bases et soumises à l'action des sollicitations horizontales d'où :

- **Efforts tranchants distribués aux refends :**

$$T_{jk} = T_{j(k+1)} + H_{jk}$$

- **Moments fléchissant distribués aux refends :**

$$M_{jk} = M_{j(k+1)} h + M_{k+1}$$

Remarque :

D'après le RPA 99 Art 4-2-7, les efforts tranchants négatifs dus à la torsion devront être négligés.

Tableau VI.6: l'inertie polaire des voiles dans le sens longitudinal:

niveaux	voiles	I_y m^4	d_1 m	$(d_1)^2$ m	$I_y.(d_1)^2$ m^6	$\sum I_y.(d_1)^2$ m^6
10	VL1	0,820	-0,680	0,462	0,379	263,517
	VL2	0,820	3,820	14,592	11,966	
	VL3	0,220	-0,680	0,462	0,102	
	VL4	0,220	3,820	14,592	3,210	
	VL5	1,360	-13,500	182,250	247,860	
9	VL1	0,820	-0,660	0,436	0,357	262,915
	VL2	0,820	3,840	14,746	12,091	
	VL3	0,220	-0,660	0,436	0,096	
	VL4	0,220	3,840	14,746	3,244	
	VL5	1,360	-13,480	181,710	247,126	
8	VL1	0,820	-0,630	0,397	0,325	262,382
	VL2	0,820	3,870	14,977	12,281	
	VL3	0,220	-0,630	0,397	0,087	
	VL4	0,220	3,870	14,977	3,295	
	VL5	1,360	-13,460	181,172	246,393	
7	VL1	0,820	-0,600	0,360	0,295	261,124
	VL2	0,820	3,900	15,210	12,472	
	VL3	0,220	-0,600	0,360	0,079	
	VL4	0,220	3,900	15,210	3,346	
	VL5	1,360	-13,420	180,096	244,931	
6	VL1	0,820	-0,560	0,314	0,257	260,308
	VL2	0,820	3,940	15,524	12,729	
	VL3	0,220	-0,560	0,314	0,069	
	VL4	0,220	3,940	15,524	3,415	
	VL5	1,360	-13,390	179,292	243,837	
5	VL1	0,820	-0,520	0,270	0,222	259,138
	VL2	0,820	3,980	15,840	12,989	
	VL3	0,220	-0,520	0,270	0,059	
	VL4	0,220	3,980	15,840	3,485	
	VL5	1,360	-13,350	178,223	242,383	
4	VL1	0,820	-0,480	0,230	0,189	257,979
	VL2	0,820	4,020	16,160	13,252	
	VL3	0,220	-0,480	0,230	0,051	
	VL4	0,220	4,020	16,160	3,555	
	VL5	1,360	-13,310	177,156	240,932	
3	VL1	0,820	-0,430	0,185	0,152	256,545
	VL2	0,820	4,070	16,565	13,583	
	VL3	0,220	-0,430	0,185	0,041	

Tableau VI.6: l'inertie polaire des voiles dans le sens longitudinal:

	VL4	0,220	4,070	16,565	3,644	
	VL5	1,360	-13,260	175,828	239,126	
2	VL1	0,820	-0,370	0,137	0,112	248,429
	VL2	0,820	4,130	17,057	13,987	
	VL3	0,220	-0,370	0,137	0,030	
	VL4	0,220	4,130	17,057	3,753	
	VL5	1,360	-13,020	169,520	230,548	
1	VL1	0,820	-0,290	0,084	0,069	252,623
	VL2	0,820	4,210	17,724	14,534	
	VL3	0,220	-0,290	0,084	0,019	
	VL4	0,220	4,210	17,724	3,899	
	VL5	1,360	-13,120	172,134	234,103	
RDC	VL1	0,820	-0,180	0,032	0,027	249,636
	VL2	0,820	4,320	18,662	15,303	
	VL3	0,220	-0,180	0,032	0,007	
	VL4	0,220	4,320	18,662	4,106	
	VL5	1,360	-13,010	169,260	230,194	
SS	VL1	0,820	0,090	0,008	0,007	242,311
	VL2	0,820	4,590	21,068	17,276	
	VL3	0,220	0,090	0,008	0,002	
	VL4	0,220	4,590	21,068	4,635	
	VL5	1,360	-12,730	162,053	220,392	

Tableau VI.7: l'inertie polaire des voiles dans le sens transversal :

niveaux	voiles	I_x m^4	d_2 m	$(d_2)^2$ m^2	$I_x X(d_2)^2$ m^6	$\sum I_x X(d_2)^2$ m^6
10	VT1	1,800	-3,040	9,242	16,635	82,491
	VT2	0,050	-3,040	9,242	0,462	
	VT3	0,890	-3,040	9,242	8,225	
	VT4	0,220	3,790	14,364	3,160	
	VT5	1,900	3,790	14,364	27,292	
	VT6	0,890	3,790	14,364	12,784	
	VT5'	0,970	3,790	14,364	13,933	
9	VT1	1,800	-3,010	9,060	16,308	82,902
	VT2	0,050	-3,010	9,060	0,453	
	VT3	0,890	-3,010	9,060	8,063	
	VT4	0,220	3,820	14,592	3,210	
	VT5	1,900	3,820	14,592	27,726	
	VT6	0,890	3,820	14,592	12,987	
	VT5'	0,970	3,820	14,592	14,155	

Tableau VI.7: l'inertie polaire des voiles dans le sens transversal suite :

8	VT1	1,800	-2,980	8,880	15,985	83,326
	VT2	0,050	-2,980	8,880	0,444	
	VT3	0,890	-2,980	8,880	7,904	
	VT4	0,220	3,850	14,823	3,261	
	VT5	1,900	3,850	14,823	28,163	
	VT6	0,890	3,850	14,823	13,192	
	VT5'	0,970	3,850	14,823	14,378	
7	VT1	1,800	-2,940	8,644	15,558	84,219
	VT2	0,050	-2,940	8,644	0,432	
	VT3	0,890	-2,940	8,644	7,693	
	VT4	0,220	3,900	15,210	3,346	
	VT5	1,900	3,900	15,210	28,899	
	VT6	0,890	3,900	15,210	13,537	
	VT5'	0,970	3,900	15,210	14,754	
6	VT1	1,800	-2,890	8,352	15,034	84,669
	VT2	0,050	-2,890	8,352	0,418	
	VT3	0,890	-2,890	8,352	7,433	
	VT4	0,220	3,940	15,524	3,415	
	VT5	1,900	3,940	15,524	29,495	
	VT6	0,890	3,940	15,524	13,816	
	VT5'	0,970	3,940	15,524	15,058	
5	VT1	1,800	-2,850	8,123	14,621	85,618
	VT2	0,050	-2,850	8,123	0,406	
	VT3	0,890	-2,850	8,123	7,229	
	VT4	0,220	3,990	15,920	3,502	
	VT5	1,900	3,990	15,920	30,248	
	VT6	0,890	3,990	15,920	14,169	
	VT5'	0,970	3,990	15,920	15,442	
4	VT1	1,800	-2,800	7,840	14,112	86,120
	VT2	0,050	-2,800	7,840	0,392	
	VT3	0,890	-2,800	7,840	6,978	
	VT4	0,220	4,030	16,241	3,573	
	VT5	1,900	4,030	16,241	30,858	
	VT6	0,890	4,030	16,241	14,454	
	VT5'	0,970	4,030	16,241	15,754	
3	VT1	1,800	-2,750	7,563	13,613	86,974
	VT2	0,050	-2,750	7,563	0,378	
	VT3	0,890	-2,750	7,563	6,731	
	VT4	0,220	4,080	16,646	3,662	
	VT5	1,900	4,080	16,646	31,628	

Tableau VI.7: l'inertie polaire des voiles dans le sens transversal suite :

	VT6	0,890	4,080	16,646	14,815	
	VT5'	0,970	4,080	16,646	16,147	
2	VT1	1,800	-2,700	7,290	13,122	87,861
	VT2	0,050	-2,700	7,290	0,365	
	VT3	0,890	-2,700	7,290	6,488	
	VT4	0,220	4,130	17,057	3,753	
	VT5	1,900	4,130	17,057	32,408	
	VT6	0,890	4,130	17,057	15,181	
	VT5'	0,970	4,130	17,057	16,545	
1	VT1	1,800	-2,640	6,970	12,545	88,970
	VT2	0,050	-2,640	6,970	0,348	
	VT3	0,890	-2,640	6,970	6,203	
	VT4	0,220	4,190	17,556	3,862	
	VT5	1,900	4,190	17,556	33,357	
	VT6	0,890	4,190	17,556	15,625	
	VT5'	0,970	4,190	17,556	17,029	
RDC	VT1	1,800	-2,580	6,656	11,982	90,127
	VT2	0,050	-2,580	6,656	0,333	
	VT3	0,890	-2,580	6,656	5,924	
	VT4	0,220	4,250	18,063	3,974	
	VT5	1,900	4,250	18,063	34,319	
	VT6	0,890	4,250	18,063	16,076	
	VT5'	0,970	4,250	18,063	17,521	
SS	VT1	1,800	-2,490	6,200	11,160	91,954
	VT2	0,050	-2,490	6,200	0,310	
	VT3	0,890	-2,490	6,200	5,518	
	VT4	0,220	4,340	18,836	4,144	
	VT5	1,900	4,340	18,836	35,788	
	VT6	0,890	4,340	18,836	16,764	
	VT5'	0,970	4,340	18,836	18,271	

Tableau VI.8: l'inertie polaire des voiles :

niveaux	$\sum I_x. (d_2)^2$ m ⁶	$\sum I_y. (d_1)^2$ m ⁶	J ₀ m ⁶
10	82,491	263,517	346,008
9	82,902	262,915	345,817
8	83,326	262,382	345,708
7	84,219	261,124	345,343
6	84,669	260,308	344,977
5	85,618	259,138	344,755
4	86,120	257,979	344,099
3	86,974	256,545	343,519
2	87,861	248,429	336,290
1	88,970	252,623	341,593
RDC	90,127	249,636	339,764
SS	91,954	242,311	334,265

Tableau VI.9: Distribution des efforts sismiques dans les refonds longitudinaux :

niveaux	voiles	h m	F _{kx} kN	I _y m ⁴	∑ I _{iy} m ⁴	d ₁ m	H' _x kN	e _y m	M _y kN.m	J _θ m ⁶	H'' _x kN	H _x kN	T _k kN	M kN.m
10	VL1	3,060	119,676	0,820	3,440	-0,680	28,527	1,630	195,072	346,008	-0,314	28,213	28,213	0,000
	VL2	3,060	119,676	0,820		3,820	28,527	1,630	195,072	346,008	1,766	30,293	30,293	0,000
	VL3	3,060	119,676	0,220		-0,680	7,654	1,630	195,072	346,008	-0,084	7,569	7,569	0,000
	VL4	3,060	119,676	0,220		3,820	7,654	1,630	195,072	346,008	0,474	8,127	8,127	0,000
	VL5	3,060	119,676	1,360		-13,500	47,314	1,630	195,072	346,008	-10,351	36,963	36,963	0,000
9	VL1	3,060	95,371	0,820	3,440	-0,660	22,734	1,630	155,455	345,817	-0,243	22,490	50,704	86,332
	VL2	3,060	95,371	0,820		3,840	22,734	1,630	155,455	345,817	1,415	24,149	54,443	92,698
	VL3	3,060	95,371	0,220		-0,660	6,099	1,630	155,455	345,817	-0,065	6,034	13,603	23,162
	VL4	3,060	95,371	0,220		3,840	6,099	1,630	155,455	345,817	0,380	6,479	14,607	24,870
	VL5	3,060	95,371	1,360		-13,480	37,705	1,630	155,455	345,817	-8,241	29,464	66,426	113,106
8	VL1	3,060	89,134	0,820	3,440	-0,630	21,247	1,630	145,288	345,708	-0,217	21,030	71,733	241,485
	VL2	3,060	89,134	0,820		3,870	21,247	1,630	145,288	345,708	1,334	22,581	77,023	259,292
	VL3	3,060	89,134	0,220		-0,630	5,700	1,630	145,288	345,708	-0,058	5,642	19,246	64,789
	VL4	3,060	89,134	0,220		3,870	5,700	1,630	145,288	345,708	0,358	6,058	20,665	69,566
	VL5	3,060	89,134	1,360		-13,460	35,239	1,630	145,288	345,708	-7,693	27,546	93,972	316,371
7	VL1	3,060	80,884	0,820	3,440	-0,600	19,280	1,630	131,841	345,343	-0,188	19,093	90,826	460,989
	VL2	3,060	80,884	0,820		3,900	19,280	1,630	131,841	345,343	1,221	20,501	97,525	494,983
	VL3	3,060	80,884	0,220		-0,600	5,173	1,630	131,841	345,343	-0,050	5,122	24,368	123,680
	VL4	3,060	80,884	0,220		3,900	5,173	1,630	131,841	345,343	0,328	5,500	26,165	132,800
	VL5	3,060	80,884	1,360		-13,420	31,977	1,630	131,841	345,343	-6,968	25,010	118,982	603,926
	VL1	3,060	72,634	0,820		-0,560	17,314	1,630	118,393	344,977	-0,158	17,156	107,982	738,917
	VL2	3,060	72,634	0,820		3,940	17,314	1,630	118,393	344,977	1,109	18,423	115,947	793,409

Tableau VI.9: Distribution des efforts sismiques dans les refonds longitudinaux suite :

6	VL3	3,060	72,634	0,220	3,440	-0,560	4,645	1,630	118,393	344,977	-0,042	4,603	28,971	198,246
	VL4	3,060	72,634	0,220		3,940	4,645	1,630	118,393	344,977	0,297	4,943	31,108	212,866
	VL5	3,060	72,634	1,360		-13,390	28,716	1,630	118,393	344,977	-6,250	22,466	141,448	968,011
5	VL1	3,060	64,384	0,820	3,440	-0,520	15,347	1,630	104,945	344,755	-0,130	15,217	123,200	1069,343
	VL2	3,060	64,384	0,820		3,980	15,347	1,630	104,945	344,755	0,993	16,341	132,288	1148,208
	VL3	3,060	64,384	0,220		-0,520	4,118	1,630	104,945	344,755	-0,035	4,083	33,054	286,897
	VL4	3,060	64,384	0,220		3,980	4,118	1,630	104,945	344,755	0,267	4,384	35,492	308,056
	VL5	3,060	64,384	1,360		-13,350	25,454	1,630	104,945	344,755	-5,527	19,927	161,375	1400,841
4	VL1	3,060	57,472	0,820	3,440	-0,480	13,700	1,630	93,680	344,099	-0,107	13,593	136,792	1446,334
	VL2	3,060	57,472	0,820		4,020	13,700	1,630	93,680	344,099	0,897	14,597	146,885	1553,009
	VL3	3,060	57,472	0,220		-0,480	3,676	1,630	93,680	344,099	-0,029	3,647	36,700	388,041
	VL4	3,060	57,472	0,220		4,020	3,676	1,630	93,680	344,099	0,241	3,916	39,408	416,661
	VL5	3,060	57,472	1,360		-13,310	22,722	1,630	93,680	344,099	-4,928	17,794	179,169	1894,649
3	VL1	3,060	49,025	0,820	3,440	-0,430	11,686	1,630	79,911	343,519	-0,082	11,604	148,397	1864,919
	VL2	3,060	49,025	0,820		4,070	11,686	1,630	79,911	343,519	0,776	12,463	159,348	2002,478
	VL3	3,060	49,025	0,220		-0,430	-25,083	1,630	79,911	343,519	-0,022	-25,105	11,596	500,344
	VL4	3,060	49,025	0,220		4,070	3,135	1,630	79,911	343,519	0,208	3,344	42,752	537,250
	VL5	3,060	49,025	1,360		-13,260	19,382	1,630	79,911	343,519	-4,195	15,187	194,356	2442,905
2	VL1	3,060	40,578	0,820	3,440	-0,370	9,673	1,630	66,143	336,290	-0,060	9,613	158,010	2319,013
	VL2	3,060	40,578	0,820		4,130	9,673	1,630	66,143	336,290	0,666	10,339	169,687	2490,082
	VL3	3,060	40,578	0,220		-0,370	2,595	1,630	66,143	336,290	-0,016	2,579	14,175	535,827
	VL4	3,060	40,578	0,220		4,130	2,595	1,630	66,143	336,290	0,179	2,774	45,526	668,071

Tableau VI.9: Distribution des efforts sismiques dans les refonds longitudinaux suite :

	VL5	3,060	40,578	1,360		-13,020	16,043	1,630	66,143	336,290	-3,483	12,560	206,916	3037,633
1	VL1	3,060	32,132	0,820	3,440	-0,290	7,659	1,630	52,374	341,593	-0,036	7,623	165,633	2802,523
	VL2	3,060	32,132	0,820		4,210	7,659	1,630	52,374	341,593	0,529	8,189	177,875	3009,324
	VL3	3,060	32,132	0,220		-0,290	2,055	1,630	52,374	341,593	-0,010	2,045	16,220	579,202
	VL4	3,060	32,132	0,220		4,210	2,055	1,630	52,374	341,593	0,142	2,197	47,723	807,380
	VL5	3,060	32,132	1,360		-13,120	12,703	1,630	52,374	341,593	-2,736	9,967	216,883	3670,795
RDC	VL1	4,500	23,943	0,820	3,440	-0,180	5,707	1,630	39,028	339,764	-0,017	5,690	171,323	3309,358
	VL2	4,500	23,943	0,820		4,320	5,707	1,630	39,028	339,764	0,407	6,114	183,990	3553,622
	VL3	4,500	23,943	0,220		-0,180	1,531	1,630	39,028	339,764	-0,005	1,527	17,747	628,834
	VL4	4,500	23,943	0,220		4,320	1,531	1,630	39,028	339,764	0,109	1,640	49,363	953,411
	VL5	4,500	23,943	1,360		-13,010	9,466	1,630	39,028	339,764	-2,032	7,434	224,317	4334,457
SS	VL1	4,080	12,864	0,820	3,440	0,090	3,066	1,630	20,968	334,265	0,005	3,071	174,394	4080,312
	VL2	4,080	12,864	0,820		4,590	3,066	1,630	20,968	334,265	0,236	3,302	187,292	4381,576
	VL3	4,080	12,864	0,220		0,090	0,823	1,630	20,968	334,265	0,001	0,824	18,571	708,694
	VL4	4,080	12,864	0,220		4,590	0,823	1,630	20,968	334,265	0,063	0,886	50,249	1175,545
	VL5	4,080	12,864	1,360		-12,730	5,086	1,630	20,968	334,265	-1,086	4,000	228,316	5343,882

Tableau VI.10: Distribution des efforts sismiques dans les refonds transversal :

Niveau	Voiles	h m	Fky kN	Iix m ⁴	∑ Iix m ⁴	d ₂ m	H'y kN	ex (m)	Mx kN.m	Jθ m ⁶	H"x kN	Hx kN	TK kN	M kN.m
10	VT1	3,060	154,989	1,800	6,720	-3,040	41,515	1,630	252,632	346,008	-3,995	37,520	37,520	0,000
	VT2	3,060	154,989	0,050		-3,040	1,153	1,630	252,632	346,008	-0,111	1,042	1,042	0,000
	VT3	3,060	154,989	0,890		-3,040	20,527	1,630	252,632	346,008	-1,975	18,551	18,551	0,000
	VT4	3,060	154,989	0,220		3,790	5,074	1,630	252,632	346,008	0,609	5,683	5,683	0,000
	VT5	3,060	154,989	1,900		3,790	43,821	1,630	252,632	346,008	5,258	49,079	49,079	0,000
	VT6	3,060	154,989	0,890		3,790	20,527	1,630	252,632	346,008	2,463	22,990	22,990	0,000
	VT5'	3,060	154,989	0,970		3,790	22,372	1,630	252,632	346,008	2,684	25,056	25,056	0,000
9	VT1	3,060	123,512	1,800	6,720	-3,010	33,084	1,630	201,325	345,817	-3,154	29,929	67,449	114,810
	VT2	3,060	123,512	0,050		-3,010	0,919	1,630	201,325	345,817	-0,088	0,831	1,874	3,189
	VT3	3,060	123,512	0,890		-3,010	16,358	1,630	201,325	345,817	-1,560	14,798	33,350	56,767
	VT4	3,060	123,512	0,220		3,820	4,044	1,630	201,325	345,817	0,489	4,533	10,216	17,389
	VT5	3,060	123,512	1,900		3,820	34,922	1,630	201,325	345,817	4,225	39,147	88,226	150,181
	VT6	3,060	123,512	0,890		3,820	16,358	1,630	201,325	345,817	1,979	18,337	41,327	70,348
	VT5'	3,060	123,512	0,970		3,820	17,828	1,630	201,325	345,817	2,157	19,986	45,042	76,672
8	VT1	3,060	115,435	1,800	6,720	-2,980	30,920	1,630	188,159	345,708	-2,919	28,001	95,450	321,204
	VT2	3,060	115,435	0,050		-2,980	0,859	1,630	188,159	345,708	-0,081	0,778	2,651	8,922
	VT3	3,060	115,435	0,890		-2,980	15,288	1,630	188,159	345,708	-1,444	13,845	47,195	158,817
	VT4	3,060	115,435	0,220		3,850	3,779	1,630	188,159	345,708	0,461	4,240	14,456	48,649
	VT5	3,060	115,435	1,900		3,850	32,638	1,630	188,159	345,708	3,981	36,619	124,845	420,153
	VT6	3,060	115,435	0,890		3,850	15,288	1,630	188,159	345,708	1,865	17,153	58,480	196,808
	VT5'	3,060	115,435	0,970		3,850	16,662	1,630	188,159	345,708	2,033	18,695	63,737	214,499
	VT1	3,060	104,750	1,800		-2,940	28,058	1,630	170,743	345,343	-2,616	25,442	120,891	613,279

Tableau VI.10: Distribution des efforts sismiques dans les refonds transversal suite :

7	VT2	3,060	104,750	0,050	6,720	-2,940	0,779	1,630	170,743	345,343	-0,073	0,707	3,358	17,036
	VT3	3,060	104,750	0,890		-2,940	13,873	1,630	170,743	345,343	-1,294	12,579	59,774	303,233
	VT4	3,060	104,750	0,220		3,900	3,429	1,630	170,743	345,343	0,424	3,854	18,309	92,884
	VT5	3,060	104,750	1,900		3,900	29,617	1,630	170,743	345,343	3,664	33,281	158,126	802,179
	VT6	3,060	104,750	0,890		3,900	13,873	1,630	170,743	345,343	1,716	15,589	74,069	375,757
	VT5'	3,060	104,750	0,970		3,900	15,120	1,630	170,743	345,343	1,870	16,991	80,727	409,533
6	VT1	3,060	94,066	1,800	6,720	-2,890	25,196	1,630	153,327	344,977	-2,312	22,884	143,775	983,207
	VT2	3,060	94,066	0,050		-2,890	0,700	1,630	153,327	344,977	-0,064	0,636	3,994	27,311
	VT3	3,060	94,066	0,890		-2,890	12,458	1,630	153,327	344,977	-1,143	11,315	71,089	486,141
	VT4	3,060	94,066	0,220		3,940	3,080	1,630	153,327	344,977	0,385	3,465	21,774	148,910
	VT5	3,060	94,066	1,900		3,940	26,596	1,630	153,327	344,977	3,327	29,923	188,049	1286,043
	VT6	3,060	94,066	0,890		3,940	12,458	1,630	153,327	344,977	1,559	14,017	88,086	602,410
	VT5'	3,060	94,066	0,970		3,940	13,578	1,630	153,327	344,977	1,699	15,277	96,004	656,559
5	VT1	3,060	83,381	1,800	6,720	-2,850	22,334	1,630	135,911	344,755	-2,022	20,312	164,087	1423,159
	VT2	3,060	83,381	0,050		-2,850	0,620	1,630	135,911	344,755	-0,056	0,564	4,558	39,532
	VT3	3,060	83,381	0,890		-2,850	11,043	1,630	135,911	344,755	-1,000	10,043	81,132	703,673
	VT4	3,060	83,381	0,220		3,990	2,730	1,630	135,911	344,755	0,346	3,076	24,850	215,539
	VT5	3,060	83,381	1,900		3,990	23,575	1,630	135,911	344,755	2,989	26,564	214,613	1861,473
	VT6	3,060	83,381	0,890		3,990	11,043	1,630	135,911	344,755	1,400	12,443	100,529	871,953
	VT5'	3,060	83,381	0,970		3,990	12,036	1,630	135,911	344,755	1,526	13,561	109,565	950,331
4	VT1	3,060	74,431	1,800	6,720	-2,800	19,937	1,630	121,322	344,099	-1,777	18,160	182,247	1925,267
	VT2	3,060	74,431	0,050		-2,800	0,554	1,630	121,322	344,099	-0,049	0,504	5,062	53,480
	VT3	3,060	74,431	0,890		-2,800	9,858	1,630	121,322	344,099	-0,879	8,979	90,111	951,937

Tableau VI.10: Distribution des efforts sismiques dans les refonds transversal suite :

	VT4	3,060	74,431	0,220		4,030	2,437	1,630	121,322	344,099	0,313	2,749	27,599	291,580
	VT5	3,060	74,431	1,900		4,030	21,044	1,630	121,322	344,099	2,700	23,744	238,357	2518,187
	VT6	3,060	74,431	0,890		4,030	9,858	1,630	121,322	344,099	1,265	11,122	111,651	1179,572
	VT5'	3,060	74,431	0,970		4,030	10,744	1,630	121,322	344,099	1,378	12,122	121,687	1285,601
3	VT1	3,060	63,491	1,800	6,720	-2,750	17,007	1,630	103,491	343,519	-1,491	15,515	197,762	2482,943
	VT2	3,060	63,491	0,050		-2,750	0,472	1,630	103,491	343,519	-0,041	0,431	5,493	68,971
	VT3	3,060	63,491	0,890		-2,750	8,409	1,630	103,491	343,519	-0,737	7,671	97,783	1227,677
	VT4	3,060	63,491	0,220		4,080	2,079	1,630	103,491	343,519	0,270	2,349	29,948	376,033
	VT5	3,060	63,491	1,900		4,080	17,951	1,630	103,491	343,519	2,335	20,287	258,643	3247,558
	VT6	3,060	63,491	0,890		4,080	8,409	1,630	103,491	343,519	1,094	9,503	121,154	1521,225
	VT5'	3,060	63,491	0,970		4,080	9,165	1,630	103,491	343,519	1,192	10,357	132,044	1657,964
2	VT1	3,060	52,552	1,800	6,720	-2,700	14,076	1,630	85,660	336,290	-1,238	12,838	210,601	3088,096
	VT2	3,060	52,552	0,050		-2,700	0,391	1,630	85,660	336,290	-0,034	0,357	5,850	85,780
	VT3	3,060	52,552	0,890		-2,700	6,960	1,630	85,660	336,290	-0,612	6,348	104,130	1526,892
	VT4	3,060	52,552	0,220		4,130	1,720	1,630	85,660	336,290	0,231	1,952	31,900	467,675
	VT5	3,060	52,552	1,900		4,130	14,858	1,630	85,660	336,290	1,999	16,857	275,501	4039,007
	VT6	3,060	52,552	0,890		4,130	6,960	1,630	85,660	336,290	0,936	7,896	129,050	1891,956
	VT5'	3,060	52,552	0,970		4,130	7,586	1,630	85,660	336,290	1,020	8,606	140,650	2062,020
1	VT1	3,060	41,613	1,800	6,720	-2,640	11,146	1,630	67,829	341,593	-0,944	10,203	220,804	3732,535
	VT2	3,060	41,613	0,050		-2,640	0,310	1,630	67,829	341,593	-0,026	0,283	6,133	103,682
	VT3	3,060	41,613	0,890		-2,640	5,511	1,630	67,829	341,593	-0,467	5,045	109,175	1845,531
	VT4	3,060	41,613	0,220		4,190	1,362	1,630	67,829	341,593	0,183	1,545	33,445	565,289
	VT5	3,060	41,613	1,900		4,190	11,765	1,630	67,829	341,593	1,581	13,346	288,847	4882,040

Tableau VI.10: Distribution des efforts sismiques dans les refonds transversal suite :

	VT6	3,060	41,613	0,890		4,190	5,511	1,630	67,829	341,593	0,740	6,252	135,302	2286,850
	VT5'	3,060	41,613	0,970		4,190	6,007	1,630	67,829	341,593	0,807	6,814	147,464	2492,410
RDC	VT1	4,500	31,008	1,800	6,720	-2,580	8,306	1,630	50,544	339,764	-0,691	7,615	228,419	4408,194
	VT2	4,500	31,008	0,050		-2,580	0,231	1,630	50,544	339,764	-0,019	0,212	6,345	122,450
	VT3	4,500	31,008	0,890		-2,580	4,107	1,630	50,544	339,764	-0,342	3,765	112,940	2179,607
	VT4	4,500	31,008	0,220		4,250	1,015	1,630	50,544	339,764	0,139	1,154	34,600	667,632
	VT5	4,500	31,008	1,900		4,250	8,767	1,630	50,544	339,764	1,201	9,969	298,815	5765,911
	VT6	4,500	31,008	0,890		4,250	4,107	1,630	50,544	339,764	0,563	4,669	139,971	2700,874
	VT5'	4,500	31,008	0,970		4,250	4,476	1,630	50,544	339,764	0,613	5,089	152,553	2943,650
SS	VT1	4,080	16,659	1,800	6,720	-2,490	4,462	1,630	27,155	334,265	-0,364	4,098	232,517	5436,077
	VT2	4,080	16,659	0,050		-2,490	0,124	1,630	27,155	334,265	-0,010	0,114	6,459	151,002
	VT3	4,080	16,659	0,890		-2,490	2,206	1,630	27,155	334,265	-0,180	2,026	114,967	2687,838
	VT4	4,080	16,659	0,220		4,340	0,545	1,630	27,155	334,265	0,078	0,623	35,223	823,330
	VT5	4,080	16,659	1,900		4,340	4,710	1,630	27,155	334,265	0,670	5,380	304,196	7110,581
	VT6	4,080	16,659	0,890		4,340	2,206	1,630	27,155	334,265	0,314	2,520	142,492	3330,746
	VT5'	4,080	16,659	0,970		4,340	2,405	1,630	27,155	334,265	0,342	2,747	155,300	3630,139

VII.1.Portique longitudinal :

Tableau VII.1.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :

niveau	Travée	G+Q		1.35G+1.5Q		0.8G+E		0.8G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN
10	1_2	9.990	-11.700	13.626	-15.960	12.759	-2.969	1.737	-13.991	15.501	-6.189	4.479	-17.211
	2_3	10.750	-10.730	14.664	-14.637	12.259	-3.309	3.325	-12.243	15.217	-6.263	6.283	-15.197
	3_4	11.130	-10.560	15.182	-14.405	12.023	-3.705	4.121	-11.607	15.081	-6.609	7.179	-14.511
	4_5	7.440	-5.380	10.149	-7.338	17.219	7.923	-6.435	-15.731	19.267	6.447	-4.387	-17.207
9	1_2	9.720	-10.850	13.340	-14.891	19.416	5.416	-6.184	-20.184	22.520	1.950	-3.080	-23.650
	2_3	10.190	-10.180	13.985	-13.971	17.391	3.527	-3.519	-17.383	20.645	0.275	-0.265	-20.635
	3_4	10.510	-10.060	14.424	-13.806	16.789	2.789	-2.485	-16.485	20.147	-0.423	0.873	-19.697
	4_5	6.210	-5.940	8.457	-8.217	33.953	25.681	-24.801	-33.073	35.587	23.437	-23.167	-35.317
8	1_2	9.760	-10.470	13.394	-14.369	25.790	12.014	-12.494	-26.270	28.902	8.672	-9.382	-29.612
	2_3	10.010	-10.010	13.737	-13.737	23.300	9.668	-9.668	-23.300	26.494	6.474	-6.474	-26.494
	3_4	10.290	-9.950	14.123	-13.655	22.137	8.361	-8.137	-21.913	25.427	5.187	-4.847	-25.087
	4_5	6.080	-5.750	8.301	-7.935	50.419	42.371	-41.683	-49.731	52.131	40.301	-39.971	-51.801
7	1_2	9.760	-10.470	13.394	-14.369	30.481	16.705	-17.185	-30.961	33.593	13.363	-14.073	-34.303
	2_3	10.010	-10.010	13.737	-13.737	28.906	15.274	-15.274	-28.906	32.100	12.080	-12.080	-32.100
	3_4	10.290	-9.950	14.123	-13.655	27.481	13.705	-13.481	-27.257	30.771	10.531	-10.191	-30.431
	4_5	6.080	-5.750	8.301	-7.935	64.424	56.376	-55.688	-63.736	66.136	54.306	-53.976	-65.806
6	1_2	9.760	-10.470	13.394	-14.369	36.147	22.371	-22.851	-36.627	39.259	19.029	-19.739	-39.969
	2_3	10.010	-10.010	13.737	-13.737	33.468	19.836	-19.836	-33.468	36.662	16.642	-16.642	-36.662

Tableau VII.1.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

	3_4	10.290	-9.950	14.123	-13.655	31.457	17.681	-17.457	-31.233	34.747	14.507	-14.167	-34.407
	4_5	6.080	-5.750	8.301	-7.935	74.384	66.336	-65.648	-73.696	76.096	64.266	-63.936	-75.766
5	1_2	9.760	-10.470	13.394	-14.369	40.811	27.035	-27.515	-41.291	43.923	23.693	-24.403	-44.633
	2_3	10.010	-10.010	13.737	-13.737	37.080	23.448	-23.448	-37.080	40.274	20.254	-20.254	-40.274
	3_4	10.290	-9.950	14.123	-13.655	35.322	21.546	-21.322	-35.098	38.612	18.372	-18.032	-38.272
	4_5	6.080	-5.750	8.301	-7.935	89.205	81.157	-80.469	-88.517	90.917	79.087	-78.757	-90.587
4	1_2	9.700	-10.200	13.310	-14.001	44.874	31.330	-31.642	-45.186	47.958	28.058	-28.558	-48.458
	2_3	9.860	-9.860	13.532	-13.532	42.538	29.114	-29.114	-42.538	45.686	25.966	-25.966	-45.686
	3_4	10.080	-9.830	13.835	-13.490	40.274	26.722	-26.562	-40.114	43.498	23.588	-23.338	-43.248
	4_5	5.790	-5.710	7.904	-7.878	103.474	95.642	-95.138	-102.970	105.096	93.596	-93.516	-105.016
3	1_2	9.720	-10.180	13.340	-13.971	47.823	34.279	-34.591	-48.135	50.927	31.027	-31.487	-51.387
	2_3	9.860	-9.860	13.532	-13.532	45.541	32.117	-32.117	-45.541	48.689	28.969	-28.969	-48.689
	3_4	10.070	-9.840	13.820	-13.505	43.366	29.814	-29.654	-43.206	46.580	26.670	-26.440	-46.350
	4_5	5.900	-5.610	8.069	-7.728	112.147	104.315	-103.811	-111.643	113.879	102.369	-102.079	-113.589
2	1_2	9.720	-10.180	13.340	-13.971	50.125	36.581	-36.893	-50.437	53.229	33.329	-33.789	-53.689
	2_3	9.860	-9.860	13.532	-13.532	48.415	34.991	-34.991	-48.415	51.563	31.843	-31.843	-51.563
	3_4	10.070	-9.840	13.820	-13.505	46.068	32.516	-32.356	-45.908	49.282	29.372	-29.142	-49.052
	4_5	5.900	-5.610	8.069	-7.728	120.139	112.307	-111.803	-119.635	121.871	110.361	-110.071	-121.581
1	1_2	9.720	-10.180	13.340	-13.971	54.304	40.760	-41.072	-54.616	57.408	37.508	-37.968	-57.868
	2_3	9.860	-9.860	13.532	-13.532	51.694	38.270	-38.270	-51.694	54.842	35.122	-35.122	-54.842
	3_4	10.070	-9.840	13.820	-13.505	49.170	35.618	-35.458	-49.010	52.384	32.474	-32.244	-52.154
	4_5	5.900	-5.610	8.069	-7.728	129.463	121.631	-121.127	-128.959	131.195	119.685	-119.395	-130.905

Tableau VII.1.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

RDC	1_2	9.600	-9.970	13.175	-13.683	66.522	53.202	-53.450	-66.770	69.586	50.016	-50.386	-69.956
	2_3	9.700	-9.700	13.313	-13.313	64.459	51.259	-51.259	-64.459	67.559	48.159	-48.159	-67.559
	3_4	9.880	-9.700	13.559	-13.313	62.050	48.722	-48.594	-61.922	65.202	45.622	-45.442	-65.022
	4_5	5.720	-5.460	7.827	-7.517	168.735	161.127	-160.703	-168.311	170.439	159.259	-158.999	-170.179
S-S	1_2	9.580	-10.000	13.148	-13.724	68.261	54.933	-55.221	-68.549	71.321	51.741	-52.161	-71.741
	2_3	9.700	-9.700	13.313	-13.313	63.941	50.741	-50.741	-63.941	67.041	47.641	-47.641	-67.041
	3_4	9.910	-9.670	13.601	-13.271	59.828	46.500	-46.340	-59.668	62.994	43.414	-43.174	-62.754
	4_5	6.140	-5.040	8.427	-6.917	166.944	159.336	-158.592	-166.200	168.908	157.728	-156.628	-167.808

Tableau VII.1.b : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :

niveau	Travée	G+Q			1.35G +1.5Q			0.8G+ E			0.8G- E			G+Q+ E			G+Q- E		
		Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m
10	1_2	2.39	5.07	4.81	3.26	6.92	5.17	12.12	10.53	5.94	-8.65	-3.19	1.04	12.78	11.93	7.26	-8.00	-1.79	2.36
	2_3	5.04	5.01	3.30	6.87	6.83	3.54	10.58	10.56	2.39	-3.27	-3.29	2.39	11.96	11.93	3.30	-1.88	-1.91	3.30
	3_4	5.01	4.11	3.94	6.83	5.61	4.23	10.49	8.48	3.36	-3.23	-2.53	2.36	11.87	9.61	4.44	-1.85	-1.39	3.44
	4_5	3.31	9.23	0.69	4.52	12.59	0.74	11.38	19.58	-3.18	-6.58	-6.22	4.17	12.29	22.13	-2.98	-5.67	-3.67	4.36
9	1_2	3.03	4.81	4.15	4.16	6.60	4.57	25.45	19.95	7.27	-21.32	-13.41	-1.62	26.42	21.49	8.59	-20.36	-11.87	-0.29
	2_3	4.77	4.75	3.13	6.55	6.52	3.44	20.08	18.81	2.75	-13.58	-12.35	1.50	21.60	20.33	3.76	-12.06	-10.83	2.50
	3_4	4.75	4.04	3.66	6.52	5.54	4.03	18.67	17.48	2.51	-12.21	-11.98	2.47	20.19	18.77	3.68	-10.69	-10.69	3.64
	4_5	2.88	28.08	0.17	3.95	40.21	0.03	26.00	40.50	-2.31	-22.08	-20.13	3.08	26.92	58.39	-2.53	-21.16	-2.23	2.87
8	1_2	3.57	4.67	3.68	4.90	6.41	4.05	35.64	28.93	7.19	-30.77	-22.58	-2.18	36.77	30.43	8.36	-29.63	-21.09	-1.00
	2_3	4.62	4.62	3.02	6.34	6.34	3.32	29.14	27.43	2.83	-22.85	-21.14	1.28	30.61	28.90	3.79	-21.37	-19.66	2.25
	3_4	4.67	4.16	3.38	6.41	5.71	3.72	27.23	25.40	2.75	-20.88	-19.73	1.86	28.73	26.72	3.83	-19.39	-18.40	2.94
	4_5	2.49	26.01	0.37	3.42	37.23	0.30	38.88	55.24	-3.82	-35.49	-36.17	4.70	39.68	71.72	-3.89	-34.70	-19.70	4.63
7	1_2	3.57	4.67	3.68	4.90	6.41	4.05	42.46	36.55	7.02	-37.60	-30.20	-2.01	43.60	38.05	8.20	-36.46	-28.71	-0.84
	2_3	4.62	4.62	3.02	6.34	6.34	3.32	36.83	36.83	1.95	-30.54	-30.54	2.17	38.31	38.31	2.91	-29.07	-29.07	3.13
	3_4	4.67	4.16	3.38	6.41	5.71	3.72	36.55	32.54	3.73	-30.20	-26.87	0.88	38.05	33.87	4.81	-28.71	-25.55	1.95
	4_5	2.49	26.01	0.37	3.42	37.23	0.30	50.65	68.68	-4.65	-47.26	-49.61	5.53	51.45	85.15	-4.72	-46.47	-33.13	5.46
6	1_2	3.57	4.67	3.68	4.90	6.41	4.05	53.02	43.45	9.14	-48.16	-37.09	-4.13	54.16	44.94	10.31	-47.02	-35.60	-2.95
	2_3	4.62	4.62	3.02	6.34	6.34	3.32	43.79	43.79	1.92	-37.50	-37.50	2.19	45.26	45.26	2.89	-36.02	-36.02	3.15
	3_4	4.67	4.16	3.38	6.41	5.71	3.72	43.45	37.89	4.42	-37.09	-32.23	0.19	44.94	39.22	5.50	-35.60	-30.90	1.26
	4_5	2.49	26.01	0.37	3.42	37.23	0.30	59.48	77.78	-4.79	-56.09	-58.71	5.67	60.27	94.26	-4.86	-55.29	-42.24	5.60

Tableau VII.1.b : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

5	1_2	3.57	4.67	3.68	4.90	6.41	4.05	61.93	48.90	11.10	-57.06	-42.55	-6.09	63.07	50.40	12.27	-55.93	-41.06	-4.91
	2_3	4.62	4.62	3.02	6.34	6.34	3.32	49.30	49.30	1.91	-43.01	-43.01	2.21	50.77	50.77	2.87	-41.53	-41.53	3.17
	3_4	4.67	4.16	3.38	6.41	5.71	3.72	48.90	44.34	3.85	-42.55	-38.67	0.76	50.40	45.67	4.93	-41.06	-37.35	1.84
	4_5	2.49	26.01	0.37	3.42	37.23	0.30	70.10	93.84	-7.51	-66.71	-74.77	8.39	70.89	110.31	-7.58	-65.91	-58.29	8.32
4	1_2	3.78	4.54	3.38	5.18	6.23	3.72	65.29	56.31	8.36	-60.09	-50.16	-3.77	66.47	57.78	9.44	-58.91	-48.70	-2.68
	2_3	4.49	4.49	2.90	6.17	6.17	3.18	56.78	56.78	1.99	-50.70	-50.70	1.99	58.23	58.23	2.90	-49.25	-49.25	2.90
	3_4	4.54	4.16	3.20	6.23	5.71	3.52	56.31	50.85	4.29	-50.16	-45.19	0.08	57.78	52.18	5.31	-48.70	-43.86	1.09
	4_5	2.20	24.34	0.39	3.03	34.84	0.31	81.42	102.75	-6.97	-78.49	-84.92	7.91	82.15	118.18	-7.05	-77.75	-69.50	7.83
3	1_2	3.82	4.51	3.38	5.24	6.19	3.72	69.76	60.77	8.47	-64.56	-54.63	-3.88	70.98	62.21	9.55	-63.34	-53.19	-2.79
	2_3	4.47	4.47	2.92	6.14	6.14	3.21	61.28	61.28	1.99	-55.20	-55.20	1.99	62.71	62.71	2.92	-53.77	-53.77	2.92
	3_4	4.51	4.16	3.21	6.19	5.71	3.53	60.77	55.76	4.02	-54.63	-50.09	0.35	62.21	57.09	5.05	-53.19	-48.77	1.37
	4_5	2.15	24.11	0.51	2.95	34.49	0.49	89.58	109.76	-6.43	-86.65	-91.93	7.38	90.27	124.96	-6.39	-85.97	-76.74	7.41
2	1_2	3.82	4.51	3.38	5.24	6.19	3.72	72.46	65.04	7.77	-67.26	-58.90	-3.17	73.68	66.48	8.85	-66.04	-57.46	-2.09
	2_3	4.47	4.47	2.92	6.14	6.14	3.21	65.60	65.60	1.99	-59.52	-59.52	1.99	67.03	67.03	2.92	-58.09	-58.09	2.92
	3_4	4.51	4.16	3.21	6.19	5.71	3.53	65.04	59.68	4.16	-58.90	-54.01	0.21	66.48	61.00	5.19	-57.46	-52.68	1.24
	4_5	2.15	24.11	0.51	2.95	34.49	0.49	96.10	117.22	-6.94	-93.18	-99.40	7.89	96.79	132.42	-6.90	-92.49	-84.20	7.92
1	1_2	3.82	4.51	3.38	5.24	6.19	3.72	80.25	69.91	9.37	-75.05	-63.77	-4.78	81.47	71.35	10.45	-73.83	-62.33	-3.69
	2_3	4.47	4.47	2.92	6.14	6.14	3.21	70.51	70.51	1.99	-64.43	-64.43	1.99	71.94	71.94	2.92	-63.00	-63.00	2.92
	3_4	4.51	4.16	3.21	6.19	5.71	3.53	69.91	64.20	4.29	-63.77	-58.54	0.08	71.35	65.53	5.31	-62.33	-57.21	1.11
	4_5	2.15	24.11	0.51	2.95	34.49	0.49	103.64	126.00	-7.61	-100.71	-108.18	8.56	104.33	141.20	-7.57	-100.03	-92.98	8.59
RDC	1_2	3.83	4.37	3.20	5.26	6.00	3.52	96.84	87.51	8.82	-91.62	-81.56	-4.47	98.06	88.90	9.85	-90.40	-80.16	-3.45
	2_3	4.31	4.31	2.84	5.91	5.91	3.13	88.28	88.28	1.64	-82.41	-82.41	2.22	89.65	89.65	2.55	-81.03	-81.03	3.13

Tableau VII.1.b : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

	3_4	4.37	4.08	3.07	6.00	5.60	3.38	87.51	83.11	3.08	-81.56	-77.55	1.09	88.90	84.41	4.06	-80.16	-76.25	2.08
	4_5	1.95	22.41	0.55	2.68	32.06	0.55	136.50	153.17	-6.02	-133.84	-136.54	6.96	137.12	167.27	-5.94	-133.22	-122.45	7.04
S-S	1_2	3.74	4.37	3.24	5.13	6.00	3.56	102.76	86.75	12.28	-97.67	-80.80	-7.87	103.96	88.14	13.31	-96.48	-79.40	-6.83
	2_3	4.31	4.31	2.84	5.91	5.91	3.13	87.51	87.51	1.64	-81.64	-81.64	2.22	88.89	88.89	2.55	-80.27	-80.27	3.13
	3_4	4.37	4.03	3.09	6.00	5.53	3.40	86.75	77.16	5.72	-80.80	-71.67	-1.51	88.14	78.45	6.71	-79.40	-70.39	-0.53
	4_5	2.03	1.10	0.83	2.79	1.51	0.92	126.60	152.24	-25.60	-123.84	-150.73	26.72	127.25	152.59	-25.33	-123.19	-150.39	26.99

Tableau VII.1.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique longitudinal « K-K

Nive	pot	G+Q			1.35G+1.5Q			0.8G+E			0.8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN
10	1	0.00	2.39	9.99	0.00	3.26	13.63	10.39	7.33	1.74	-10.39	-3.86	12.76	10.39	7.98	4.48	-10.39	-3.20	15.50
	2	0.00	-0.02	22.45	0.00	-0.03	30.62	13.79	9.56	17.32	-13.79	-9.60	15.23	13.79	9.56	23.49	-13.79	-9.60	21.41
	3	0.00	0.00	21.86	0.00	0.00	29.82	13.79	9.58	16.36	-13.79	-9.58	15.33	13.79	9.58	22.38	-13.79	-9.58	21.34
	4	0.00	-0.79	18.07	0.00	-1.08	24.65	14.49	11.28	5.23	-14.49	-12.43	20.98	14.49	11.06	10.19	-14.49	-12.64	25.95
	5	0.00	-0.20	11.23	0.00	-0.27	15.32	12.90	8.10	19.96	-12.90	-8.39	-3.70	12.90	8.05	23.06	-12.90	-8.45	-0.60
9	1	1.42	1.60	25.70	1.95	2.20	35.05	18.76	12.95	0.35	-16.82	-10.77	36.97	19.21	13.46	7.39	-16.37	-10.26	44.01
	2	-0.01	-0.02	49.48	-0.01	-0.03	67.59	23.92	19.56	38.77	-23.94	-19.60	32.00	23.92	19.56	52.87	-23.94	-19.60	46.09
	3	0.00	0.00	48.54	0.00	0.00	66.30	21.44	16.17	36.05	-21.44	-16.17	33.39	21.44	16.17	49.87	-21.44	-16.17	47.21
	4	-0.55	-0.62	40.33	-0.75	-0.85	55.00	26.53	21.59	1.70	-27.29	-22.44	56.94	26.36	21.40	12.71	-27.46	-22.64	67.95
	5	0.44	0.50	56.65	0.66	0.75	79.63	22.07	17.34	69.72	-22.07	-17.34	-12.69	22.51	17.84	97.85	-21.63	-16.84	15.45
8	1	1.79	1.79	43.60	2.46	2.46	59.43	22.56	16.05	-5.64	-20.13	-13.62	69.27	23.13	16.62	6.15	-19.55	-13.04	81.05
	2	-0.02	-0.02	78.10	-0.03	-0.03	106.68	32.15	26.30	61.89	-32.18	-26.34	49.79	32.15	26.30	84.15	-32.19	-26.34	72.05
	3	0.02	0.02	76.98	0.03	0.03	105.15	32.18	26.34	57.73	-32.15	-26.30	52.37	32.19	26.34	79.66	-32.15	-26.30	74.30
	4	-0.83	-0.83	64.50	-1.14	-1.14	87.94	37.16	30.30	-11.55	-38.30	-31.44	105.51	36.90	30.04	5.97	-38.56	-31.70	123.03
	5	0.57	0.57	93.73	0.86	0.86	132.56	28.36	23.20	130.10	-28.38	-23.22	-44.41	28.94	23.78	180.99	-27.80	-22.64	6.48
7	1	1.79	1.79	61.50	2.46	2.46	83.82	26.42	21.83	-16.31	-23.98	-19.40	106.26	26.99	22.41	0.21	-23.41	-18.83	122.79
	2	-0.02	-0.02	106.72	-0.03	-0.03	145.77	40.73	33.32	84.09	-40.76	-33.35	68.51	40.72	33.32	114.51	-40.76	-33.36	98.93
	3	0.02	0.02	105.42	0.03	0.03	144.00	40.76	33.35	79.67	-40.73	-33.32	71.09	40.76	33.36	109.71	-40.72	-33.32	101.13
	4	-0.83	-0.83	88.67	-1.14	-1.14	120.89	47.22	38.53	-33.47	-48.36	-39.67	162.74	46.96	38.27	-9.44	-48.62	-39.93	186.78

Tableau VII.1.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique longitudinal (K-K) suite

6	5	0.57	0.57	140.01	0.86	0.86	197.91	35.92	29.39	211.86	-35.94	-29.41	-82.77	36.50	29.97	287.32	-35.36	-28.83	-7.30
	1	1.79	1.79	79.40	2.46	2.46	108.20	31.19	25.74	-32.65	-28.75	-23.30	148.92	31.76	26.31	-11.39	-28.18	-22.73	170.19
	2	-0.02	-0.02	135.34	-0.03	-0.03	184.87	47.56	40.51	107.39	-47.59	-40.54	86.12	47.56	40.51	145.98	-47.60	-40.55	124.70
	3	0.02	0.02	133.86	0.03	0.03	182.85	47.59	40.54	102.19	-47.56	-40.51	89.22	47.60	40.55	140.35	-47.56	-40.51	127.38
	4	-0.83	-0.83	112.84	-1.14	-1.14	153.83	53.17	49.04	-61.38	-54.31	-50.17	225.95	52.91	48.77	-30.82	-54.57	-50.43	256.50
	5	0.57	0.57	186.29	0.86	0.86	263.27	38.84	38.84	303.57	-38.86	-38.86	-131.09	39.42	39.42	403.62	-38.28	-38.28	-31.04
5	1	1.79	1.79	97.30	2.46	2.46	132.58	36.19	29.83	-53.65	-33.76	-27.40	196.24	36.76	30.41	-27.65	-33.18	-26.83	222.25
	2	-0.02	-0.02	163.96	-0.03	-0.03	223.96	51.34	51.34	131.74	-51.37	-51.37	102.67	51.33	51.33	178.50	-51.37	-51.37	149.42
	3	0.02	0.02	162.30	0.03	0.03	221.69	51.37	51.37	124.46	-51.34	-51.34	107.61	51.37	51.37	170.73	-51.33	-51.33	153.87
	4	-0.83	-0.83	137.01	-1.14	-1.14	186.78	59.74	59.74	-100.24	-60.87	-60.87	300.12	59.47	59.47	-63.17	-61.13	-61.13	337.19
	5	0.57	0.57	232.57	0.86	0.86	328.62	45.45	45.45	410.10	-45.46	-45.46	-194.23	46.02	46.02	534.73	-44.88	-44.88	-69.59
4	1	1.92	1.92	117.64	2.64	2.64	160.26	35.37	31.52	-76.78	-32.77	-28.91	249.63	35.99	32.13	-45.57	-32.15	-28.29	280.85
	2	-0.02	-0.02	194.66	-0.03	-0.03	265.86	55.61	55.61	156.33	-55.64	-55.64	122.39	55.60	55.60	211.63	-55.64	-55.64	177.69
	3	0.02	0.02	192.88	0.03	0.03	263.42	55.64	55.64	148.95	-55.61	-55.61	127.28	55.64	55.64	203.72	-55.60	-55.60	182.05
	4	-1.00	-1.00	163.27	-1.37	-1.37	222.53	66.99	66.99	-146.75	-68.35	-68.35	385.39	66.67	66.67	-102.80	-68.67	-68.67	429.34
	5	0.60	0.60	280.21	0.90	0.90	395.71	48.37	48.37	532.69	-48.40	-48.40	-270.25	48.98	48.98	681.68	-47.78	-47.78	- 121.26
3	1	1.92	1.92	138.00	2.64	2.64	187.96	38.25	34.07	-102.86	-35.64	-31.46	305.97	38.87	34.68	-66.41	-35.03	-30.84	342.41
	2	-0.02	-0.02	225.34	-0.03	-0.03	307.73	60.30	60.30	180.86	-60.33	-60.33	142.17	60.30	60.30	244.69	-60.34	-60.34	205.99
	3	0.02	0.02	223.45	0.03	0.03	305.14	60.33	60.33	173.35	-60.30	-60.30	147.04	60.34	60.34	236.60	-60.30	-60.30	210.30
	4	-1.00	-1.00	189.65	-1.37	-1.37	258.47	72.70	72.70	-198.84	-74.06	-74.06	476.23	72.38	72.38	-147.89	-74.38	-74.38	527.19
	5	0.60	0.60	327.75	0.90	0.90	462.65	52.45	52.45	663.96	-52.48	-52.48	-354.94	53.06	53.06	837.20	-51.86	-51.86	- 181.70

Tableau VII.1.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique longitudinal (K-K) suite

2	1	1.92	1.92	158.36	2.64	2.64	215.66	38.40	38.40	-131.24	-35.80	-35.80	364.60	39.02	39.02	-89.56	-35.18	-35.18	406.28
	2	-0.02	-0.02	256.02	-0.03	-0.03	349.59	64.19	64.19	204.82	-64.22	-64.22	162.51	64.19	64.19	277.17	-64.23	-64.23	234.87
	3	0.02	0.02	254.02	0.03	0.03	346.85	64.22	64.22	197.92	-64.19	-64.19	166.63	64.23	64.23	269.67	-64.19	-64.19	238.38
	4	-1.00	-1.00	216.03	-1.37	-1.37	294.41	77.43	77.43	-256.22	-78.79	-78.79	572.37	77.11	77.11	-198.27	-79.11	-79.11	630.33
	5	0.60	0.60	375.29	0.90	0.90	529.60	55.83	55.83	803.22	-55.86	-55.86	-447.62	56.45	56.45	1000.71	-55.25	-55.25	- 250.13
1	1	1.92	1.92	178.72	2.64	2.64	243.37	41.86	41.86	-163.80	-39.25	-39.25	427.42	42.47	42.47	-116.89	-38.63	-38.63	474.33
	2	-0.02	-0.02	286.70	-0.03	-0.03	391.46	70.09	70.09	229.67	-70.13	-70.13	181.96	70.09	70.09	310.56	-70.13	-70.13	262.84
	3	0.02	0.02	284.59	0.03	0.03	388.57	70.13	70.13	222.67	-70.09	-70.09	186.04	70.13	70.13	302.90	-70.09	-70.09	266.28
	4	-1.00	-1.00	242.41	-1.37	-1.37	330.34	84.76	84.76	-319.83	-86.12	-86.12	674.72	84.44	84.44	-254.87	-86.44	-86.44	739.69
	5	0.60	0.60	422.83	0.90	0.90	596.54	61.23	61.23	951.80	-61.26	-61.26	-549.63	61.85	61.85	1173.55	-60.65	-60.65	- 327.89
RDC	1	2.33	1.51	209.07	3.20	2.07	284.55	55.26	69.34	-200.65	-52.09	-67.29	510.54	56.00	69.82	-146.53	-51.34	-66.80	564.67
	2	-0.04	-0.02	327.12	-0.06	-0.03	446.47	99.74	112.48	261.79	-99.79	-112.52	209.82	99.72	112.48	353.11	-99.80	- 112.52	301.14
	3	0.04	0.02	324.92	0.06	0.03	443.45	99.79	112.52	255.13	-99.74	-112.48	213.43	99.80	112.52	345.77	-99.72	- 112.48	304.07
	4	-1.28	-0.83	278.58	-1.76	-1.14	379.50	129.19	129.49	-402.01	-130.93	-130.63	811.34	128.78	129.23	-328.09	- 131.34	- 130.89	885.25
	5	0.71	0.46	479.22	1.07	0.69	675.33	83.59	102.17	1147.43	-83.63	-102.21	-683.43	84.32	102.65	1394.65	-82.90	- 101.73	- 436.21
	1	1.77	1.97	237.28	2.43	2.70	322.85	33.11	121.36	-240.97	-30.69	-118.67	593.71	33.67	121.98	-180.06	-30.13	- 118.04	654.62

Tableau VII.1.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique longitudinal (K-K) suite

SS	2	-0.02	-0.02	365.45	-0.03	-0.03	498.65	55.84	130.31	294.50	-55.87	-130.34	233.73	55.83	130.30	395.84	-55.87	-130.34	335.07
	3	0.02	0.02	363.16	0.03	0.03	495.52	55.87	130.34	287.64	-55.84	-130.31	237.42	55.87	130.34	388.27	-55.83	-130.30	338.05
	4	-0.95	-1.06	313.02	-1.30	-1.46	426.34	68.93	134.35	-486.03	-70.23	-135.79	946.69	68.63	134.01	-403.34	-70.53	-136.13	1029.38
	5	-0.52	-0.58	502.89	-0.71	-0.80	707.40	48.94	126.37	1328.54	-49.65	-127.15	-827.87	48.78	126.18	1581.09	-49.82	-127.34	575.31

VII.2.Portique longitudinal :

Tableau VII.2.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) :

niveaux	traveés	G+Q		1,35G+1,5Q		0,8G+E		0,8G-E		G+Q+E		G+Q-E	
		Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN	Tw kN	Te kN
10	C-F	53.330	-57.750	72.965	-78.975	39.437	-38.859	35.555	-42.741	55.271	-55.809	51.389	-59.691
	F-H	43.220	-39.070	59.133	-53.454	33.088	-24.768	27.680	-30.176	45.924	-36.366	40.516	-41.774
	H-I	39.160	-43.120	53.577	-58.995	30.366	-27.490	24.706	-33.150	41.990	-40.290	36.330	-45.950
	I-J	54.000	-54.000	73.881	-73.881	39.683	-36.253	36.253	-39.683	55.715	-52.285	52.285	-55.715
	J-K	43.120	-39.160	58.995	-53.577	33.125	-24.731	27.515	-30.341	45.925	-36.355	40.315	-41.965
	K-L	41.140	-41.140	56.286	-56.286	31.623	-26.233	26.233	-31.623	43.835	-38.445	38.445	-43.835
	L-M	34.550	-39.340	47.246	-54.002	27.517	-23.619	21.331	-29.805	37.643	-36.247	31.457	-42.433
9	C-F	51.290	-52.430	70.787	-72.213	39.451	-27.645	26.133	-40.963	57.949	-45.771	44.631	-59.089
	F-H	40.050	-36.850	55.238	-50.825	33.982	-15.554	17.618	-31.918	48.232	-28.668	31.868	-45.032
	H-I	35.540	-41.370	48.969	-57.107	31.712	-17.832	14.592	-34.952	44.100	-32.810	26.980	-49.930
	I-J	69.410	-69.410	96.398	-96.398	46.350	-35.970	35.970	-46.350	74.600	-64.220	64.220	-74.600
	J-K	41.370	-35.540	57.107	-48.969	34.876	-14.668	17.908	-31.636	49.854	-27.056	32.886	-44.024
	K-L	38.450	-38.450	53.031	-53.031	32.921	-16.615	16.615	-32.921	46.603	-30.297	30.297	-46.603
	L-M	27.300	-41.140	37.314	-57.326	29.754	-13.022	9.030	-33.746	37.662	-30.778	16.938	-51.502
8	C-F	51.810	-51.850	71.502	-71.417	44.682	-22.366	21.590	-45.458	63.356	-40.304	40.264	-63.396
	F-H	39.800	-37.100	54.893	-51.170	38.633	-10.903	12.647	-36.889	52.793	-24.107	26.807	-50.093
	H-I	36.000	-40.890	49.611	-56.436	37.034	-12.502	9.782	-39.754	49.626	-27.264	22.374	-54.516
	I-J	69.410	-69.410	96.398	-96.398	49.337	-32.983	32.983	-49.337	77.587	-61.233	61.233	-77.587

Tableau VII.2.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

	J-K	40.890	-36.400	56.436	-50.151	39.645	-10.211	12.611	-37.245	54.407	-22.883	27.373	-49.917
	K-L	38.450	-38.450	53.031	-53.031	37.812	-11.724	11.724	-37.812	51.494	-25.406	25.406	-51.494
	L-M	27.200	-41.450	37.190	-57.735	35.111	-7.825	3.401	-39.535	43.055	-25.595	11.345	-57.305
7	C-F	52.110	-51.540	71.915	-70.989	16.028	-51.020	50.644	-16.404	34.802	-68.848	69.418	-34.232
	F-H	39.640	-37.260	54.672	-51.390	43.921	-5.615	7.151	-42.385	58.025	-18.875	21.255	-55.645
	H-I	36.290	-40.600	50.016	-56.031	42.875	-6.661	4.261	-45.275	55.597	-21.293	16.983	-59.907
	I-J	69.410	-69.410	96.398	-96.398	52.710	-29.610	29.610	-52.710	80.960	-57.860	57.860	-80.960
	J-K	40.600	-36.290	56.031	-50.016	45.137	-4.399	6.799	-42.737	59.769	-17.121	21.431	-55.459
	K-L	38.450	-38.450	53.031	-53.031	43.346	-6.190	6.190	-43.346	57.028	-19.872	19.872	-57.028
	L-M	26.970	-41.680	36.875	-58.049	40.937	-2.007	-2.745	-45.689	48.811	-19.839	5.129	-63.521
6	C-F	52.110	-51.540	71.915	-70.989	53.744	-13.304	12.928	-54.120	72.518	-31.132	31.702	-71.948
	F-H	39.640	-37.260	54.672	-51.390	47.214	-2.322	3.858	-45.678	61.318	-15.582	17.962	-58.938
	H-I	36.290	-40.600	50.016	-56.031	46.333	-3.203	0.803	-48.733	59.055	-17.835	13.525	-63.365
	I-J	69.410	-69.410	96.398	-96.398	54.779	-27.541	27.541	-54.779	83.029	-55.791	55.791	-83.029
	J-K	40.600	-36.290	56.031	-50.016	48.571	-0.965	3.365	-46.171	63.203	-13.687	17.997	-58.893
	K-L	38.450	-38.450	53.031	-53.031	46.674	-2.862	2.862	-46.674	60.356	-16.544	16.544	-60.356
	L-M	26.970	-41.680	36.875	-58.049	44.849	1.905	-6.657	-49.601	52.723	-15.927	1.217	-67.433
5	C-F	52.110	-51.540	71.915	-70.989	54.485	-12.563	12.187	-54.861	73.259	-30.391	30.961	-72.689
	F-H	39.640	-37.260	54.672	-51.390	50.888	1.352	0.184	-49.352	64.992	-11.908	14.288	-62.612
	H-I	36.290	-40.600	50.016	-56.031	50.192	0.656	-3.056	-52.592	62.914	-13.976	9.666	-67.224
	I-J	69.410	-69.410	96.398	-96.398	57.087	-25.233	25.233	-57.087	85.337	-53.483	53.483	-85.337
	J-K	40.600	-36.290	56.031	-50.016	52.402	2.866	-0.466	-50.002	67.034	-9.856	14.166	-62.724

Tableau VII.2.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

	K-L	38.450	-38.450	53.031	-53.031	50.389	0.853	-0.853	-50.389	64.071	-12.829	12.829	-64.071
	L-M	26.970	-41.680	36.875	-58.049	49.228	6.284	-11.036	-53.980	57.102	-11.548	-3.162	-71.812
4	C-F	51.150	-50.060	70.590	-68.951	53.479	-11.985	11.961	-53.503	71.909	-29.301	30.391	-70.819
	F-H	38.280	-36.200	52.796	-49.928	53.867	5.883	-4.539	-52.523	67.483	-6.997	9.077	-65.403
	H-I	35.380	-319.110	48.767	-431.972	53.678	-218.306	-7.774	-279.758	66.106	-288.384	4.654	-349.836
	I-J	67.760	-67.760	94.106	-94.106	58.384	-21.984	21.984	-58.384	85.960	-49.560	49.560	-85.960
	J-K	39.110	-35.380	53.972	-48.767	55.563	7.579	-5.499	-53.483	69.641	-4.849	8.579	-65.911
	K-L	28.950	-28.950	40.170	-40.170	47.060	12.340	-12.340	-47.060	58.650	0.750	-0.750	-58.650
	L-M	17.310	-32.390	23.798	-45.473	45.653	17.493	-22.533	-50.693	51.403	1.703	-16.783	-66.483
3	C-F	51.290	-49.920	70.784	-68.756	55.106	-10.366	10.510	-54.962	73.588	-27.622	28.992	-72.218
	F-H	38.150	-36.350	52.617	-50.135	56.689	8.697	-7.537	-55.529	70.263	-4.237	6.037	-68.463
	H-I	35.620	-38.860	49.101	-53.622	56.916	8.932	-10.740	-58.724	69.448	-5.032	1.792	-72.688
	I-J	67.760	-67.760	94.106	-94.106	60.164	-20.204	20.204	-60.164	87.740	-47.780	47.780	-87.740
	J-K	38.860	-35.620	53.622	-49.101	58.537	10.553	-8.745	-56.729	72.501	-1.979	5.219	-69.261
	K-L	37.240	-37.240	51.362	-51.362	56.846	8.862	-8.862	-56.846	70.094	-4.386	4.386	-70.094
	L-M	25.440	-40.850	34.772	-56.897	54.955	13.531	-18.811	-60.235	62.323	-3.967	-11.443	-77.733
2	C-F	51.350	-49.860	70.865	-68.675	56.963	-8.509	8.749	-56.723	75.457	-25.753	27.243	-73.967
	F-H	38.150	-36.350	52.617	-50.135	59.093	11.101	-9.941	-57.933	72.667	-1.833	3.633	-70.867
	H-I	35.620	-38.860	49.101	-53.622	59.449	11.465	-13.273	-61.257	71.981	-2.499	-0.741	-75.221
	I-J	67.760	-67.760	94.106	-94.106	61.660	-18.708	18.708	-61.660	89.236	-46.284	46.284	-89.236
	J-K	38.860	-35.620	53.622	-49.101	61.056	13.072	-11.264	-59.248	75.020	0.540	2.700	-71.780

Tableau VII.2.a : Superposition des efforts tranchants dans les poutres du portique longitudinal (K-K) suite :

	K-L	37.240	-37.240	51.362	-51.362	59.306	11.322	-11.322	-59.306	72.554	-1.926	1.926	-72.554
	L-M	25.440	-40.850	34.772	-56.897	57.717	16.293	-21.573	-62.997	65.085	-1.205	-14.205	-80.495
1	C-F	51.350	-49.860	70.865	-68.675	58.285	-7.187	7.427	-58.045	76.779	-24.431	25.921	-75.289
	F-H	38.150	-36.350	52.617	-50.135	61.135	13.143	-11.983	-59.975	74.709	0.209	1.591	-72.909
	H-I	35.620	-38.860	49.101	-53.622	61.584	13.600	-15.408	-63.392	74.116	-0.364	-2.876	-77.356
	I-J	67.760	-67.760	94.106	-94.106	62.921	-17.447	17.447	-62.921	90.497	-45.023	45.023	-90.497
	J-K	38.860	-35.620	53.622	-49.101	63.179	15.195	-13.387	-61.371	77.143	2.663	0.577	-73.903
	K-L	37.240	-37.240	51.362	-51.362	61.378	13.394	-13.394	-61.378	74.626	0.146	-0.146	-74.626
	L-M	25.440	-40.850	34.772	-56.897	60.044	18.620	-23.900	-65.324	67.412	1.122	-16.532	-82.822
RDC	C-F	50.710	-49.260	69.981	-67.850	66.990	2.326	-2.094	-66.758	85.252	-14.718	16.168	-83.802
	F-H	37.550	-35.740	51.789	-49.293	72.222	25.006	-23.838	-71.054	85.580	12.290	-10.480	-83.770
	H-I	35.030	-38.260	48.288	-52.796	73.373	26.165	-27.965	-75.173	85.699	12.409	-15.639	-88.929
	I-J	66.920	-66.920	92.939	-92.939	69.484	-9.892	9.892	-69.484	96.716	-37.124	37.124	-96.716
	J-K	38.260	-35.030	52.796	-48.288	74.898	27.690	-25.890	-73.098	88.654	15.364	-12.134	-85.424
	K-L	36.650	-36.650	50.549	-50.549	72.847	25.631	-25.631	-72.847	85.889	12.589	-12.589	-85.889
	L-M	24.930	-40.240	34.071	-56.051	74.687	33.975	-39.231	-79.943	81.889	16.719	-32.029	-97.199
SS	C-F	48.270	-50.010	66.575	-68.975	82.728	19.416	-20.536	-83.848	99.902	1.622	-3.362	-101.642
	F-H	37.500	-35.780	51.720	-49.349	86.342	39.134	-38.022	-85.230	99.682	26.402	-24.682	-97.962
	H-I	35.110	-38.180	48.399	-52.683	88.143	40.927	-42.639	-89.855	100.501	27.211	-30.281	-103.571
	I-J	66.920	-66.920	92.939	-92.939	78.577	-0.799	0.799	-78.577	105.809	-28.031	28.031	-105.809
	J-K	39.170	-34.130	54.168	-46.929	89.372	42.156	-40.444	-87.660	104.078	30.778	-25.738	-99.038
	K-L	36.650	-36.650	50.549	-50.549	86.143	38.927	-38.927	-86.143	99.185	25.885	-25.885	-99.185
	L-M	37.910	-35.380	52.286	-48.797	101.640	54.424	-52.792	-100.008	115.126	41.836	-39.306	-112.596

Tableau VII.2.c : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (3-3) :

niveaux	traveés	G+Q			1.35G+1.5Q			0.8G+E			0.8G-E			G+Q+E			G+Q-E		
		Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m	Mw KN.m	Me KN.m	Mt KN.m
10	C-F	24.74	29.78	30.55	33.85	40.74	41.80	21.98	6.54	22.22	12.82	17.29	20.74	29.32	33.43	31.29	20.16	26.13	29.81
	F-H	26.44	19.82	9.87	36.18	27.12	13.50	23.09	6.07	6.90	14.08	9.79	6.98	30.95	23.97	9.83	21.93	15.67	9.91
	H-I	19.82	26.15	10.01	27.12	35.78	13.69	18.33	7.20	7.13	9.54	13.72	6.94	24.21	30.81	10.10	15.43	21.49	9.91
	I-J	29.35	29.35	27.35	40.16	40.16	37.42	24.23	6.45	19.23	17.03	17.03	19.23	32.95	32.95	27.35	25.75	25.75	27.35
	J-K	26.15	19.82	10.01	35.78	27.12	13.69	23.05	6.23	6.99	13.72	9.62	7.08	30.81	24.13	9.96	21.49	15.51	10.06
	K-L	19.82	19.82	13.10	27.12	27.12	17.92	18.25	6.23	9.21	9.62	9.62	9.21	24.13	24.13	13.10	15.51	15.51	13.10
	L-M	19.82	40.91	16.31	27.12	56.05	22.05	18.25	9.97	11.88	9.62	22.76	13.90	24.13	46.50	15.30	15.51	35.32	17.32
9	C-F	30.05	28.60	24.68	41.64	39.45	33.94	35.51	15.49	20.17	1.11	7.39	12.67	47.25	39.63	28.43	12.85	17.57	20.93
	F-H	23.67	18.53	9.71	32.65	25.56	13.39	28.88	15.44	6.23	1.61	-0.61	6.29	37.30	31.08	9.68	10.04	5.98	9.74
	H-I	18.53	27.86	7.75	25.56	38.58	10.62	25.22	19.27	5.82	-1.35	3.02	4.92	31.82	41.97	8.20	5.24	13.76	7.31
	I-J	36.80	36.80	36.08	51.06	51.06	50.15	32.99	18.25	21.13	11.19	11.19	21.13	47.70	47.70	36.08	25.90	25.90	36.08
	J-K	27.86	18.53	7.75	38.58	25.56	10.62	31.23	15.93	5.05	3.02	-1.11	5.69	41.97	31.57	7.44	13.76	5.49	8.07
	K-L	18.53	18.53	12.23	25.56	25.56	16.87	24.98	15.93	7.88	-1.11	-1.11	7.88	31.57	31.57	12.23	5.49	5.49	12.23
	L-M	18.53	54.18	15.31	25.56	75.81	21.05	24.98	34.33	5.69	-1.11	9.02	14.62	31.57	74.29	10.84	5.49	34.07	19.77
8	C-F	32.13	28.46	23.73	44.50	39.25	32.64	50.92	21.59	23.33	-11.52	1.18	8.22	63.35	45.62	31.28	0.91	11.30	16.18
	F-H	22.29	17.96	10.67	30.74	24.77	14.72	35.57	22.51	6.52	-6.85	-8.15	7.23	43.50	37.67	10.32	1.08	-1.75	11.03
	H-I	17.96	25.78	9.02	24.77	35.69	12.38	32.46	26.74	6.44	-9.32	-6.11	5.82	38.85	47.81	9.34	-2.93	3.75	8.71
	I-J	36.92	36.92	35.96	51.23	51.23	49.98	39.08	24.39	20.90	5.14	5.14	21.31	53.89	53.89	35.75	19.95	19.95	36.16
	J-K	25.78	17.96	9.02	35.69	24.77	12.38	37.95	23.34	5.32	-6.11	-8.98	6.94	47.81	38.50	8.21	3.75	-2.58	9.83
	K-L	17.96	17.96	12.80	24.77	24.77	17.65	32.11	23.34	7.92	-8.98	-8.98	8.57	38.50	38.50	12.47	-2.58	-2.58	13.12

Tableau VII.2.c : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (3-3) suite :

	L-M	17.96	53.96	10.07	24.77	75.47	13.22	32.11	43.37	4.09	-8.98	-0.20	15.95	38.50	83.36	4.13	-2.58	24.56	16.00
7	C-F	33.82	28.85	26.48	46.83	39.79	36.32	69.14	28.67	30.82	-27.56	-5.59	5.43	82.17	53.02	39.17	-14.53	4.68	13.78
	F-H	21.78	17.96	10.92	30.04	24.77	15.06	43.92	30.82	6.59	-15.86	-16.46	7.48	51.67	45.98	10.47	-8.11	-10.06	11.36
	H-I	17.96	24.86	9.45	24.77	34.40	12.98	41.26	35.60	6.72	-18.13	-15.71	6.02	47.66	55.98	9.80	-11.74	-6.26	9.10
	I-J	37.62	37.62	35.26	52.21	52.21	49.00	46.47	31.56	20.43	-1.46	-1.46	21.00	61.59	61.59	34.97	13.65	13.65	35.54
	J-K	24.86	17.96	9.45	34.40	24.77	12.98	46.53	32.06	5.29	-15.71	-17.69	7.46	55.98	47.22	8.37	-6.26	-11.30	10.54
	K-L	17.96	17.96	12.80	24.77	24.77	17.65	40.83	32.06	7.78	-17.69	-17.69	8.71	47.22	47.22	12.33	-11.30	-11.30	13.26
	L-M	17.96	54.69	9.72	24.77	76.46	12.75	40.83	53.57	2.75	-17.69	-9.82	16.75	47.22	94.23	2.72	-11.30	15.15	16.71
6	C-F	33.82	28.85	22.70	46.83	39.79	31.22	77.80	33.00	30.07	-36.22	-9.92	0.14	90.83	57.35	37.67	-23.19	0.35	7.73
	F-H	21.78	17.96	10.92	30.04	24.77	15.06	49.28	35.84	6.51	-21.21	-21.47	7.56	57.02	51.00	10.39	-13.46	-15.08	11.44
	H-I	17.96	24.86	9.45	24.77	34.40	12.98	46.58	41.18	6.78	-23.45	-21.29	5.96	52.98	61.56	9.86	-17.06	-11.84	9.04
	I-J	37.62	37.62	35.26	52.21	52.21	49.00	50.76	35.85	20.37	-5.76	-5.76	21.05	65.88	65.88	34.91	9.36	9.36	35.60
	J-K	24.86	17.96	9.45	34.40	24.77	12.98	52.10	37.30	5.10	-21.29	-22.93	7.65	61.56	52.46	8.18	-11.84	-16.54	10.73
	K-L	17.96	17.96	12.80	24.77	24.77	17.65	46.07	37.30	7.70	-22.93	-22.93	8.79	52.46	52.46	12.25	-16.54	-16.54	13.35
	L-M	17.96	54.69	9.72	24.77	76.46	12.75	46.07	60.65	1.50	-22.93	-16.90	18.00	52.46	101.31	1.47	-16.54	8.07	17.97
5	C-F	36.82	28.85	22.70	50.88	39.79	31.22	78.47	37.83	26.82	-32.09	-14.75	3.39	92.10	62.18	34.42	-18.46	-4.48	10.98
	F-H	21.78	17.96	10.92	30.04	24.77	15.06	55.25	41.45	6.42	-27.18	-27.08	7.65	62.99	56.61	10.30	-19.43	-20.69	11.53
	H-I	17.96	24.86	9.45	24.77	34.40	12.98	52.52	47.40	6.86	-29.38	-27.51	5.89	58.91	67.78	9.93	-22.99	-18.06	8.97
	I-J	37.62	37.62	35.26	52.21	52.21	49.00	55.55	40.64	20.32	-10.54	-10.54	21.11	70.67	70.67	34.86	4.57	4.57	35.65
	J-K	24.86	17.96	9.45	34.40	24.77	12.98	58.32	43.15	4.88	-27.51	-28.79	7.87	67.78	58.31	7.96	-18.06	-22.39	10.95
	K-L	17.96	17.96	12.80	24.77	24.77	17.65	51.92	43.15	7.61	-28.79	-28.79	8.89	58.31	58.31	12.16	-22.39	-22.39	13.44
	L-M	17.96	54.69	9.72	24.77	76.46	12.75	51.92	68.60	0.08	-28.79	-24.84	19.42	58.31	109.25	0.05	-22.39	0.13	19.38
	C-F	34.39	28.56	20.06	47.61	39.39	27.58	69.61	42.00	19.84	-27.18	-19.15	6.92	82.79	66.11	26.52	-14.01	-8.99	13.60

Tableau VII.2.c : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (3-3) suite :

6	F-H	21.78	17.96	10.92	30.04	24.77	15.06	49.28	35.84	6.51	-21.21	-21.47	7.56	57.02	51.00	10.39	-13.46	-15.08	11.44
	H-I	17.96	24.86	9.45	24.77	34.40	12.98	46.58	41.18	6.78	-23.45	-21.29	5.96	52.98	61.56	9.86	-17.06	-11.84	9.04
	I-J	37.62	37.62	35.26	52.21	52.21	49.00	50.76	35.85	20.37	-5.76	-5.76	21.05	65.88	65.88	34.91	9.36	9.36	35.60
	J-K	24.86	17.96	9.45	34.40	24.77	12.98	52.10	37.30	5.10	-21.29	-22.93	7.65	61.56	52.46	8.18	-11.84	-16.54	10.73
	K-L	17.96	17.96	12.80	24.77	24.77	17.65	46.07	37.30	7.70	-22.93	-22.93	8.79	52.46	52.46	12.25	-16.54	-16.54	13.35
	L-M	17.96	54.69	9.72	24.77	76.46	12.75	46.07	60.65	1.50	-22.93	-16.90	18.00	52.46	101.31	1.47	-16.54	8.07	17.97
5	C-F	36.82	28.85	22.70	50.88	39.79	31.22	78.47	37.83	26.82	-32.09	-14.75	3.39	92.10	62.18	34.42	-18.46	-4.48	10.98
	F-H	21.78	17.96	10.92	30.04	24.77	15.06	55.25	41.45	6.42	-27.18	-27.08	7.65	62.99	56.61	10.30	-19.43	-20.69	11.53
	H-I	17.96	24.86	9.45	24.77	34.40	12.98	52.52	47.40	6.86	-29.38	-27.51	5.89	58.91	67.78	9.93	-22.99	-18.06	8.97
	I-J	37.62	37.62	35.26	52.21	52.21	49.00	55.55	40.64	20.32	-10.54	-10.54	21.11	70.67	70.67	34.86	4.57	4.57	35.65
	J-K	24.86	17.96	9.45	34.40	24.77	12.98	58.32	43.15	4.88	-27.51	-28.79	7.87	67.78	58.31	7.96	-18.06	-22.39	10.95
	K-L	17.96	17.96	12.80	24.77	24.77	17.65	51.92	43.15	7.61	-28.79	-28.79	8.89	58.31	58.31	12.16	-22.39	-22.39	13.44
4	L-M	17.96	54.69	9.72	24.77	76.46	12.75	51.92	68.60	0.08	-28.79	-24.84	19.42	58.31	109.25	0.05	-22.39	0.13	19.38
	C-F	34.39	28.56	20.06	47.61	39.39	27.58	69.61	42.00	19.84	-27.18	-19.15	6.92	82.79	66.11	26.52	-14.01	-8.99	13.60
	F-H	20.61	17.39	9.89	28.43	23.99	13.64	59.83	46.69	6.49	-33.27	-32.78	6.25	67.16	61.37	10.01	-25.94	-26.59	9.77
	H-I	17.39	23.18	8.66	23.99	32.07	11.90	57.84	52.73	6.99	-35.44	-34.19	4.65	64.03	71.79	9.83	-29.25	-25.43	7.49
	I-J	37.45	37.45	32.00	51.98	51.98	44.47	59.68	44.90	18.82	-14.94	-14.94	18.82	74.76	74.76	32.00	0.14	0.14	32.00
	J-K	23.18	17.39	8.66	32.07	23.99	11.90	63.03	48.75	4.97	-34.19	-34.84	6.67	71.79	63.43	7.81	-25.43	-28.65	9.51
	K-L	17.39	17.39	5.05	23.99	23.99	7.15	57.24	48.75	2.25	-34.84	-34.84	2.25	63.43	63.43	5.05	-28.65	-28.65	5.05
	L-M	17.39	53.48	13.84	23.99	74.75	18.31	57.24	73.25	3.88	-34.84	-30.47	22.28	63.43	113.13	4.64	-28.65	-6.17	23.04
	C-F	35.52	29.12	22.78	49.16	40.16	31.24	73.14	45.62	21.58	-29.23	-22.33	9.74	86.71	70.25	28.70	-15.67	-12.01	16.86
	F-H	20.18	17.39	10.10	27.83	23.99	13.93	63.99	51.27	6.44	-37.99	-37.36	6.58	71.17	65.95	10.03	-30.81	-31.17	10.17
	H-I	17.39	22.41	9.02	23.99	30.99	12.41	62.70	57.29	7.12	-40.30	-39.37	4.92	68.89	75.78	10.12	-34.11	-30.96	7.93

Tableau VII.2.c : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (3-3) suite :

3	I-J	38.03	38.03	31.42	52.79	52.79	43.66	63.65	48.70	18.50	-18.27	-18.27	18.50	78.99	78.99	31.42	-2.93	-2.93	31.42
	J-K	22.41	17.39	9.02	30.99	23.99	12.41	67.37	53.64	5.22	-39.37	-39.72	6.82	75.78	68.31	8.23	-30.96	-33.53	9.82
	K-L	17.39	17.39	11.48	23.99	23.99	15.83	62.12	53.64	7.40	-39.72	-39.72	7.40	68.31	68.31	11.48	-33.53	-33.53	11.48
	L-M	17.39	53.99	7.98	23.99	75.44	10.40	62.12	77.05	0.68	-39.72	-33.86	16.12	68.31	117.40	0.26	-33.53	-9.42	15.70
2	C-F	35.52	28.87	19.35	49.16	39.82	26.60	77.55	48.70	19.57	-33.64	-25.61	6.25	91.12	73.08	26.01	-20.08	-15.34	12.69
	F-H	20.18	17.39	10.10	27.83	23.99	13.93	67.81	54.91	6.43	-41.81	-41.00	6.58	74.99	69.59	10.02	-34.63	-34.81	10.17
	H-I	17.39	22.41	9.02	23.99	30.99	12.41	66.56	61.29	7.20	-44.16	-43.36	4.84	72.75	79.77	10.21	-37.97	-34.95	7.84
	I-J	38.03	38.03	31.42	52.79	52.79	43.66	66.71	51.76	18.50	-21.34	-21.34	18.50	82.06	82.06	31.42	-6.00	-6.00	31.42
	J-K	22.41	17.39	9.02	30.99	23.99	12.41	71.36	57.45	5.16	-43.36	-43.54	6.88	79.77	72.13	8.17	-34.95	-37.35	9.88
	K-L	17.39	17.39	11.48	23.99	23.99	15.83	65.94	57.45	7.40	-43.54	-43.54	7.40	72.13	72.13	11.48	-37.35	-37.35	11.48
1	L-M	17.39	53.99	7.98	23.99	75.44	10.40	65.94	81.80	0.10	-43.54	-38.61	16.70	72.13	122.15	-0.32	-37.35	-14.17	16.28
	C-F	35.52	28.87	19.35	49.16	39.82	26.60	80.39	51.34	19.73	-36.48	-28.24	6.10	93.96	75.71	26.16	-22.92	-17.97	12.54
	F-H	20.18	17.39	10.10	27.83	23.99	13.93	71.07	57.97	6.45	-45.07	-44.06	6.56	78.25	72.65	10.04	-37.89	-37.87	10.15
	H-I	17.39	22.41	9.02	23.99	30.99	12.41	69.81	64.66	7.27	-47.41	-46.73	4.77	76.00	83.14	10.27	-41.22	-38.32	7.77
	I-J	38.03	38.03	31.42	52.79	52.79	43.66	69.30	54.35	18.50	-23.92	-23.92	18.50	84.64	84.64	31.42	-8.58	-8.58	31.42
	J-K	22.41	17.39	9.02	30.99	23.99	12.41	74.73	60.66	5.11	-46.73	-46.75	6.93	83.14	75.34	8.12	-38.32	-40.56	9.93
	K-L	17.39	17.39	11.48	23.99	23.99	15.83	69.15	60.66	7.40	-46.75	-46.75	7.40	75.34	75.34	11.48	-40.56	-40.56	11.48
L-M	17.39	53.99	7.98	23.99	75.44	10.40	69.15	85.80	-0.39	-46.75	-42.61	17.19	75.34	126.15	-0.81	-40.56	-18.17	16.77	
RDC	C-F	34.61	28.18	18.91	47.90	38.87	26.00	101.55	65.52	23.34	-58.76	-42.97	1.89	114.77	89.30	29.63	-45.55	-32.94	8.19
	F-H	19.58	16.83	9.75	27.00	23.21	13.45	87.52	74.21	6.26	-62.29	-60.75	6.31	94.49	88.42	9.73	-55.33	-54.76	9.78
	H-I	16.83	21.75	8.71	23.21	30.08	11.98	86.77	82.43	7.26	-65.09	-65.03	4.37	92.76	100.36	10.15	-59.10	-56.86	7.27
	I-J	37.10	37.10	30.66	51.50	51.50	42.61	82.47	67.88	17.90	-38.20	-38.20	18.20	97.44	97.44	30.51	-23.24	-23.24	30.81

Tableau VII.2.c : Superposition des moments fléchissant dans les poutres du portique transversal (3-3) suite :

	J-K	21.75	16.83	8.71	30.08	23.21	11.98	92.20	77.71	4.80	-65.03	-64.25	6.83	100.36	91.92	7.70	-56.86	-58.26	9.72
	K-L	16.83	16.83	11.11	23.21	23.21	15.33	85.93	77.71	6.91	-64.25	-64.25	7.41	91.92	91.92	10.87	-58.26	-58.26	11.36
	L-M	16.83	52.56	7.70	23.21	73.45	10.03	85.93	111.92	-6.21	-64.25	-69.88	22.46	91.92	151.20	-6.63	-58.26	-46.08	22.04
SS	C-F	24.74	28.28	23.75	34.12	39.00	32.76	146.86	84.66	42.44	-114.98	-62.04	-11.84	155.66	108.54	50.89	-106.18	-51.98	-3.39
	F-H	19.46	16.83	9.81	26.84	23.21	13.53	110.89	93.93	7.67	-85.81	-80.47	4.98	117.81	108.14	11.16	-78.89	-74.48	8.47
	H-I	16.83	21.52	8.82	23.21	29.76	12.13	107.68	106.36	6.59	-86.00	-89.15	5.16	113.67	124.12	9.54	-80.01	-81.08	8.10
	I-J	37.29	37.29	30.47	51.77	51.77	42.34	100.99	86.34	17.75	-56.51	-56.51	18.14	116.04	116.04	30.28	-41.46	-41.46	30.67
	J-K	24.52	16.83	7.52	34.26	23.21	10.18	116.06	97.99	5.92	-89.15	-84.53	5.83	127.12	112.20	7.57	-78.08	-78.54	7.47
	K-L	16.83	16.83	11.11	23.21	23.21	15.33	106.21	97.99	6.85	-84.53	-84.53	7.47	112.20	112.20	10.80	-78.54	-78.54	11.43
	L-M	16.83	12.97	13.08	23.21	17.89	18.03	106.21	142.17	-18.21	-84.53	-131.79	35.06	112.20	153.11	-13.56	-78.54	-127.17	39.71

Tableau VII.2.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique transversal (3-3) :

Nive	pot	G+Q			1.35G +1.5Q			0.8G+ E			0.8G- E			G+Q +E			G+Q -E		
		M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN	M _{sup} kN.m	M _{inf} Kn.m	Nc kN
10	C	0.00	13.38	63.38	0.00	18.31	86.82	4.58	17.21	42.05	-4.58	1.60	45.93	4.58	21.19	61.44	-4.58	5.58	65.32
	F	0.00	-3.35	100.97	0.00	-4.58	138.11	8.15	7.61	70.42	-8.15	-12.32	71.95	8.15	6.62	100.21	-8.15	-13.32	101.73
	H	0.00	0.00	78.23	0.00	0.00	107.03	8.54	10.44	54.88	-8.54	-10.44	55.13	8.54	10.44	78.10	-8.54	-10.44	78.36
	I	0.00	3.20	97.12	0.00	4.38	132.88	8.27	12.35	69.40	-8.27	-7.85	67.17	8.27	13.31	98.24	-8.27	-6.90	96.01
	J	0.00	-3.20	97.12	0.00	-4.38	132.88	8.27	7.85	67.20	-8.27	-12.35	69.38	8.27	6.90	96.03	-8.27	-13.31	98.21
	K	0.00	0.00	80.30	0.00	0.00	109.86	8.62	10.54	56.57	-8.62	-10.54	56.35	8.62	10.54	80.41	-8.62	-10.54	80.19
	L	0.00	0.00	75.69	0.00	0.00	103.53	8.62	10.54	52.95	-8.62	-10.54	53.75	8.62	10.54	75.29	-8.62	-10.54	76.09
	M	0.00	-5.09	77.08	0.00	-6.97	105.72	5.58	5.14	55.88	-5.58	-12.34	49.69	5.58	3.64	80.17	-5.58	-13.83	73.99
9	C	8.12	9.12	139.44	11.19	12.57	192.78	14.66	18.90	78.78	-4.13	-7.05	95.98	17.51	22.10	130.84	-1.28	-3.85	148.04
	F	-2.32	-2.61	205.43	-3.20	-3.60	282.63	13.21	16.29	133.79	-16.20	-19.65	138.37	12.38	15.36	203.14	-17.02	-20.58	207.72
	H	0.00	0.00	162.60	0.00	0.00	223.90	15.40	18.82	106.18	-15.40	-18.82	107.19	15.40	18.82	162.10	-15.40	-18.82	163.10
	I	4.21	4.73	219.88	5.87	6.60	303.45	17.24	20.84	145.12	-12.56	-15.58	136.15	19.11	22.94	224.37	-10.69	-13.48	215.40
	J	-4.21	-4.73	219.88	-5.87	-6.60	303.45	12.56	15.58	136.25	-17.24	-20.84	145.02	10.69	13.48	215.50	-19.11	-22.94	224.26
	K	0.00	0.00	166.27	0.00	0.00	228.93	15.55	19.00	109.62	-15.55	-19.00	108.74	15.55	19.00	166.71	-15.55	-19.00	165.83
	L	0.00	0.00	153.42	0.00	0.00	210.95	15.55	19.00	99.70	-15.55	-19.00	104.91	15.55	19.00	150.81	-15.55	-19.00	156.03
	M	-2.81	-3.16	180.99	-3.85	-4.32	251.39	9.37	12.23	120.63	-13.37	-16.73	93.72	8.56	11.32	194.45	-14.19	-17.65	167.54
	C	6.91	12.79	220.12	9.52	17.63	305.29	22.73	30.60	112.59	-13.76	-14.00	152.88	25.15	35.09	199.97	-11.34	-9.51	240.27

Tableau VII.12c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique transversal (3-3) suite :

8	F	-2.17	-4.01	313.36	-2.99	-5.53	432.14	19.01	22.35	198.41	-21.80	-27.52	205.88	18.24	20.93	309.63	-22.57	-28.95	317.09
	H	0.00	0.00	251.98	0.00	0.00	347.88	21.78	26.62	159.37	-21.78	-26.62	161.64	21.78	26.62	250.84	-21.78	-26.62	253.12
	I	3.91	7.23	346.46	5.45	10.10	479.48	22.96	29.43	224.37	-18.62	-21.39	204.50	24.70	32.64	356.39	-16.88	-18.18	336.53
	J	-3.91	-7.23	346.46	-5.45	-10.10	479.48	18.62	21.39	204.71	-22.96	-29.43	224.16	16.88	18.18	336.74	-24.70	-32.64	356.18
	K	0.00	0.00	257.00	0.00	0.00	354.78	22.09	26.99	164.78	-22.09	-26.99	162.95	22.09	26.99	257.91	-22.09	-26.99	256.09
	L	0.00	0.00	235.35	0.00	0.00	324.37	22.09	26.99	147.42	-22.09	-26.99	158.26	22.09	26.99	229.93	-22.09	-26.99	240.77
	M	-2.44	-4.51	288.89	-3.33	-6.17	402.72	13.19	15.03	192.57	-16.65	-21.44	133.95	12.48	13.72	318.20	-17.36	-22.75	259.58
7	C	10.70	10.70	301.10	14.75	14.75	418.22	32.99	32.99	140.84	-19.10	-19.10	215.75	36.75	36.75	263.65	-15.35	-15.35	338.55
	F	-3.54	-3.54	420.82	-4.88	-4.88	581.00	26.85	26.85	263.09	-31.40	-31.40	272.71	25.59	25.59	416.01	-32.66	-32.66	425.63
	H	0.00	0.00	341.69	0.00	0.00	472.30	31.10	31.10	212.53	-31.10	-31.10	216.64	31.10	31.10	339.63	-31.10	-31.10	343.75
	I	6.38	6.38	472.84	8.90	8.90	655.25	33.23	33.23	305.76	-26.13	-26.13	270.38	36.06	36.06	490.53	-23.30	-23.30	455.15
	J	-6.38	-6.38	472.84	-8.90	-8.90	655.25	26.13	26.13	270.73	-33.23	-33.23	305.42	23.30	23.30	455.50	-36.06	-36.06	490.18
	K	0.00	0.00	347.93	0.00	0.00	480.89	31.53	31.53	220.22	-31.53	-31.53	217.21	31.53	31.53	349.44	-31.53	-31.53	346.43
	L	0.00	0.00	317.05	0.00	0.00	437.47	31.53	31.53	194.54	-31.53	-31.53	211.90	31.53	31.53	308.37	-31.53	-31.53	325.73
M	-3.84	-3.84	397.02	-5.25	-5.25	554.37	18.57	18.57	270.67	-24.03	-24.03	168.37	17.46	17.46	448.17	-25.14	-25.14	345.87	
6	C	10.70	10.70	358.05	14.75	14.75	495.10	37.90	37.90	165.99	-24.02	-24.02	281.72	41.66	41.66	300.19	-20.26	-20.26	415.91
	F	-3.54	-3.54	528.28	-4.88	-4.88	729.86	32.34	32.34	327.58	-36.90	-36.90	339.74	31.08	31.08	522.20	-38.16	-38.16	534.36
	H	0.00	0.00	431.64	0.00	0.00	597.09	36.96	36.96	265.52	-36.96	-36.96	271.81	36.96	36.96	428.49	-36.96	-36.96	434.79
	I	6.38	6.38	599.04	8.90	8.90	830.74	38.83	38.83	388.55	-31.73	-31.73	334.88	41.66	41.66	625.88	-28.90	-28.90	572.20
	J	-6.38	-6.38	599.04	-8.90	-8.90	830.74	31.73	31.73	335.39	-38.83	-38.83	388.04	28.90	28.90	572.71	-41.66	-41.66	625.37
	K	0.00	0.00	439.04	0.00	0.00	607.27	37.48	37.48	275.76	-37.48	-37.48	271.36	37.48	37.48	441.24	-37.48	-37.48	436.84
	L	0.00	0.00	398.75	0.00	0.00	550.58	37.48	37.48	241.06	-37.48	-37.48	266.12	37.48	37.48	386.22	-37.48	-37.48	411.28
M	-3.84	-3.84	505.15	-5.25	-5.25	706.02	22.59	22.59	352.68	-28.05	-28.05	198.87	21.48	21.48	582.05	-29.16	-29.16	428.25	

Tableau VII.2.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique transversal (3-3) suite :

5	C	10.70	10.70	439.03	14.75	14.75	608.03	31.26	31.26	190.41	-17.38	-17.38	348.43	35.02	35.02	360.02	-13.62	-13.62	518.04
	F	-3.54	-3.54	635.74	-4.88	-4.88	878.72	37.65	37.65	389.14	-42.21	-42.21	409.71	36.39	36.39	625.46	-43.46	-43.46	646.02
	H	0.00	0.00	521.47	0.00	0.00	721.69	42.63	42.63	318.33	-42.63	-42.63	327.16	42.63	42.63	517.05	-42.63	-42.63	525.89
	I	6.38	6.38	725.33	8.90	8.90	1006.37	44.24	44.24	472.89	-37.14	-37.14	397.82	47.07	47.07	762.86	-34.31	-34.31	687.80
	J	-6.38	-6.38	725.33	-8.90	-8.90	1006.37	37.14	37.14	398.52	-44.24	-44.24	472.19	34.31	34.31	688.50	-47.07	-47.07	762.16
	K	0.00	0.00	530.06	0.00	0.00	733.51	43.23	43.23	331.42	-43.23	-43.23	325.39	43.23	43.23	533.08	-43.23	-43.23	527.05
	L	0.00	0.00	480.45	0.00	0.00	663.68	43.23	43.23	286.93	-43.23	-43.23	321.01	43.23	43.23	463.41	-43.23	-43.23	497.49
	M	-3.84	-3.84	613.28	-5.25	-5.25	857.66	26.52	26.52	439.07	-31.97	-31.97	225.00	25.41	25.41	720.32	-33.08	-33.08	506.24
4	C	8.34	14.24	523.72	11.49	19.62	726.29	29.48	34.30	216.44	-18.66	-15.83	415.98	32.41	39.30	423.95	-15.73	-10.83	623.49
	F	-2.94	-5.01	745.36	-4.05	-6.91	1030.79	42.28	40.95	446.62	-46.06	-47.40	484.07	41.24	39.16	726.63	-47.11	-49.18	764.09
	H	0.00	0.00	614.33	0.00	0.00	850.71	47.98	47.98	371.59	-47.98	-47.98	383.47	47.98	47.98	608.39	-47.98	-47.98	620.27
	I	5.27	9.00	853.48	7.36	12.56	1184.77	48.17	50.24	559.14	-42.30	-40.22	459.02	50.50	54.23	903.54	-39.96	-36.24	803.42
	J	-5.27	-9.00	853.48	-7.36	-12.56	1184.77	42.30	40.22	459.92	-48.17	-50.24	558.25	39.96	36.24	804.32	-50.50	-54.23	902.65
	K	0.00	0.00	615.67	0.00	0.00	852.77	48.84	48.84	381.08	-48.84	-48.84	373.39	48.84	48.84	619.52	-48.84	-48.84	611.82
	L	0.00	0.00	547.99	0.00	0.00	757.97	48.84	48.84	319.97	-48.84	-48.84	362.83	48.84	48.84	526.56	-48.84	-48.84	569.42
	M	-3.01	-5.14	716.20	-4.11	-7.02	1002.57	28.27	26.76	523.70	-32.55	-34.06	241.44	27.40	25.27	857.33	-33.42	-35.55	575.07
3	C	11.86	11.86	608.55	16.35	16.35	844.75	33.82	34.90	241.02	-18.43	-19.51	485.16	37.98	39.06	486.48	-14.26	-15.34	730.62
	F	-4.35	-4.35	854.71	-5.99	-5.99	1182.48	45.14	45.14	502.55	-50.74	-50.74	559.64	43.60	43.60	826.17	-52.29	-52.29	883.25
	H	0.00	0.00	707.58	0.00	0.00	980.27	52.08	52.08	424.89	-52.08	-52.08	440.20	52.08	52.08	699.92	-52.08	-52.08	715.24
	I	7.81	7.81	981.74	10.90	10.90	1363.36	53.44	53.44	646.58	-44.75	-44.75	518.76	56.90	56.90	1045.65	-41.28	-41.28	917.83
	J	-7.81	-7.81	981.38	-10.90	-10.90	1362.82	44.75	44.75	519.85	-53.44	-53.44	645.50	41.28	41.28	918.55	-56.90	-56.90	1044.21
	K	0.00	0.00	709.81	0.00	0.00	983.56	53.01	53.01	437.46	-53.01	-53.01	428.19	53.01	53.01	714.44	-53.01	-53.01	705.18
	L	0.00	0.00	631.95	0.00	0.00	874.43	53.01	53.01	366.52	-53.01	-53.01	417.44	53.01	53.01	606.49	-53.01	-53.01	657.41

Tableau VII.2.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique transversal (3-3) suite :

	M	-4.33	-4.33	821.22	-5.92	-5.92	1150.31	29.93	29.93	612.78	-36.08	-36.08	256.76	28.67	28.67	999.23	-37.34	-37.34	643.21
2	C	11.86	11.86	693.44	16.35	16.35	963.28	36.10	36.10	263.84	-20.71	-20.71	556.19	40.26	40.26	547.27	-16.54	-16.54	839.62
	F	-4.35	-4.35	964.00	-5.99	-5.99	1334.10	48.27	48.27	557.85	-53.87	-53.87	635.75	46.73	46.73	925.05	-55.42	-55.42	1002.95
	H	0.00	0.00	800.83	0.00	0.00	1109.83	55.48	55.48	478.06	-55.48	-55.48	497.06	55.48	55.48	791.33	-55.48	-55.48	810.33
	I	7.81	7.81	1109.28	10.90	10.90	1540.87	56.64	56.64	735.06	-47.95	-47.95	577.47	60.10	60.10	1188.07	-44.49	-44.49	1030.49
	J	-7.81	-7.81	1109.28	-10.90	-10.90	1540.87	47.95	47.95	578.75	-56.64	-56.64	733.77	44.49	44.49	1031.77	-60.10	-60.10	1186.79
	K	0.00	0.00	803.95	0.00	0.00	1114.35	56.47	56.47	493.90	-56.47	-56.47	482.94	56.47	56.47	809.43	-56.47	-56.47	798.47
	L	0.00	0.00	715.91	0.00	0.00	990.89	56.47	56.47	412.76	-56.47	-56.47	472.34	56.47	56.47	686.12	-56.47	-56.47	745.70
	M	-4.33	-4.33	926.24	-5.92	-5.92	1298.05	32.08	32.08	704.63	-38.24	-38.24	269.31	30.83	30.83	1143.90	-39.49	-39.49	708.58
1	C	11.86	11.86	778.33	16.35	16.35	1081.82	37.73	37.73	285.34	-22.34	-22.34	628.55	41.89	41.89	606.73	-18.17	-18.17	949.93
	F	-4.35	-4.35	1073.29	-5.99	-5.99	1485.72	51.05	51.05	612.42	-56.65	-56.65	712.59	49.50	49.50	1023.21	-58.19	-58.19	1123.37
	H	0.00	0.00	894.08	0.00	0.00	1239.39	58.39	58.39	531.14	-58.39	-58.39	554.01	58.39	58.39	882.64	-58.39	-58.39	905.52
	I	7.81	7.81	1237.18	10.90	10.90	1718.92	59.39	59.39	824.41	-50.70	-50.70	635.30	62.85	62.85	1331.73	-47.24	-47.24	1142.63
	J	-7.81	-7.81	1237.18	-10.90	-10.90	1718.92	50.70	50.70	636.80	-59.39	-59.39	822.91	47.24	47.24	1144.12	-62.85	-62.85	1330.24
	K	0.00	0.00	898.09	0.00	0.00	1245.13	59.43	59.43	550.38	-59.43	-59.43	537.63	59.43	59.43	904.47	-59.43	-59.43	891.71
	L	0.00	0.00	799.47	0.00	0.00	1106.80	59.43	59.43	458.43	-59.43	-59.43	527.19	59.43	59.43	765.09	-59.43	-59.43	833.85
	M	-4.33	-4.33	1037.62	-5.92	-5.92	1454.38	33.93	33.93	803.89	-40.08	-40.08	284.63	32.67	32.67	1297.25	-41.34	-41.34	777.99
RDC	C	11.36	11.82	882.60	15.66	16.29	1228.00	57.49	48.68	305.32	-42.75	-33.34	717.61	61.49	52.83	676.45	-38.76	-29.19	1088.75
	F	-4.21	-4.38	1201.60	-5.81	-6.04	1664.49	79.47	79.36	671.94	-84.89	-85.00	799.08	77.97	77.80	1138.03	-86.39	-86.56	1265.17
	H	0.00	0.00	1006.35	0.00	0.00	1396.11	89.12	89.12	590.83	-89.12	-89.12	618.98	89.12	89.12	992.27	-89.12	-89.12	1020.43
	I	7.52	7.83	1383.86	10.50	10.92	1923.79	88.10	88.26	926.07	-79.71	-79.55	695.22	91.43	91.73	1499.29	-76.38	-76.08	1268.44
	J	-7.52	-7.83	1383.86	-10.50	-10.92	1923.79	79.71	79.55	696.99	-88.10	-88.26	924.30	76.38	76.08	1270.21	-91.43	-91.73	1497.51
	K	0.00	0.00	1011.27	0.00	0.00	1403.11	90.75	90.75	614.45	-90.75	-90.75	599.39	90.75	90.75	1018.80	-90.75	-90.75	1003.74

Tableau VII.2.c : Superposition des moments et effort normaux dans les poteaux du portique transversal (3-3) suite :

	L	0.00	0.00	902.95	0.00	0.00	1251.10	90.75	90.75	508.97	-90.75	-90.75	593.16	90.75	90.75	860.85	-90.75	-90.75	945.05
	M	-4.11	-4.28	1167.99	-5.62	-5.85	1637.81	58.71	47.38	925.53	-64.55	-53.46	292.36	57.52	46.15	1484.58	-65.74	-54.70	851.40
S-S	C	11.70	13.04	968.13	16.14	17.98	1347.67	97.44	33.77	299.69	-82.36	-16.97	815.24	101.60	38.41	710.35	-78.20	-12.33	1225.91
	F	-4.17	-4.65	1326.37	-5.75	-6.41	1838.28	93.74	48.93	732.67	-99.11	-54.91	880.91	92.25	47.27	1252.25	-100.59	-56.57	1400.49
	H	0.00	0.00	1125.77	0.00	0.00	1563.85	99.02	55.71	648.32	-99.02	-55.71	682.89	99.02	55.71	1108.49	-99.02	-55.71	1143.06
	I	7.45	8.31	1526.22	10.40	11.59	2122.51	101.60	57.10	1031.63	-93.30	-47.84	747.78	104.90	60.78	1668.15	-89.99	-44.17	1384.29
	J	-7.45	-8.31	1527.21	-10.40	-11.59	2124.00	93.30	47.84	750.03	-101.60	-57.10	1029.38	89.99	44.17	1387.54	-104.90	-60.78	1666.88
	K	0.00	0.00	1373.97	0.00	0.00	1897.47	99.98	56.25	881.82	-99.98	-56.25	862.01	99.98	56.25	1383.87	-99.98	-56.25	1364.07
	L	0.00	0.00	791.77	0.00	0.00	1072.53	99.98	56.25	557.22	-99.98	-56.25	670.78	99.98	56.25	734.99	-99.98	-56.25	848.55
	M	-6.13	-6.84	1240.63	-8.46	-9.43	1739.70	85.78	30.48	1040.44	-93.68	-39.28	252.84	83.60	28.04	1634.43	-95.87	-41.71	846.83

VIII.1. Introduction :

La complexité de l'étude dynamique d'une structure vis-à-vis des différentes sollicitations qui la mobilisent, en particulier l'effort sismique, demande des méthodes de calcul très rigoureuses. Pour cela, l'utilisation des méthodes numériques telle que la MEF est devenu indispensable.

En s'appuyant sur l'outil informatique, et avec l'apparition des logiciels de calcul qui assurent un travail plus facile et plus rapide, tel que le SAP2000, l'ETABS, ROBOT, etc.... L'ingénieur pourrait ignorer les principes de la M.E.F. Il lui suffirait de savoir utiliser les programmes de calcul et de connaître les règlements en vigueur. Seulement, cet utilisateur serait incapable de se rendre compte de la correction des résultats donnés par l'ordinateur.

VIII.2. Description du logiciel ETABS:

ETABS est un logiciel de calcul conçu exclusivement pour le calcul des bâtiments. Il permet de modéliser facilement et rapidement tous types de bâtiments grâce à une interface graphique unique. Il offre de nombreuses possibilités pour l'analyse statique et dynamique. Ce logiciel permet la prise en compte des propriétés non-linéaires des matériaux, ainsi que le calcul et le dimensionnement des éléments structuraux suivant différentes réglementations en vigueur à travers le monde (Euro code, UBC, ACI...etc.).

En plus de sa spécificité pour le calcul des bâtiments, ETABS offre un avantage certain par rapport aux autres codes de calcul à utilisation plus étendue.

En effet, grâce à ces diverses fonctions il permet une décente de charge automatique et rapide, un calcul automatique du centre de masse et de rigidité, ainsi que la prise en compte implicite d'une éventuelle excentricité accidentelle. De plus, ce logiciel utilise une terminologie propre au domaine du bâtiment (plancher, dalle, trumeau, linteau etc...).

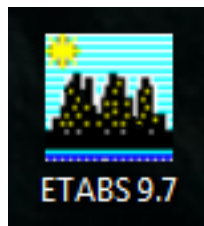
ETABS permet également le transfert de donnée avec d'autres logiciels (AUTOCAD, SAP2000 etc...).

➤ **Rappel :(terminologie)**

- Grid line : ligne de grille
- Joints : noeuds
- Frame : portique (cadre)
- Shell : voile
- Élément : élément
- Restraints : degrés de liberté(D.D.L)

- Loads : charge
- Uniformed loads : point d'application de la charge
- Define : définir
- Materials : matériaux
- Concrete : béton
- Steel : acier
- Frame section : coffrage
- Column : poteau
- Beam : poutre

Dans notre travail nous allons utiliser la version ETABS V 9.7. Pour choisir l'application ETABS on double clique sur l'icône de l'ETABS

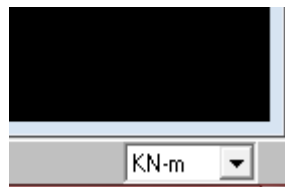


VIII.3. Étapes à suivre dans la modélisation :

➤ Choix de l'unité :

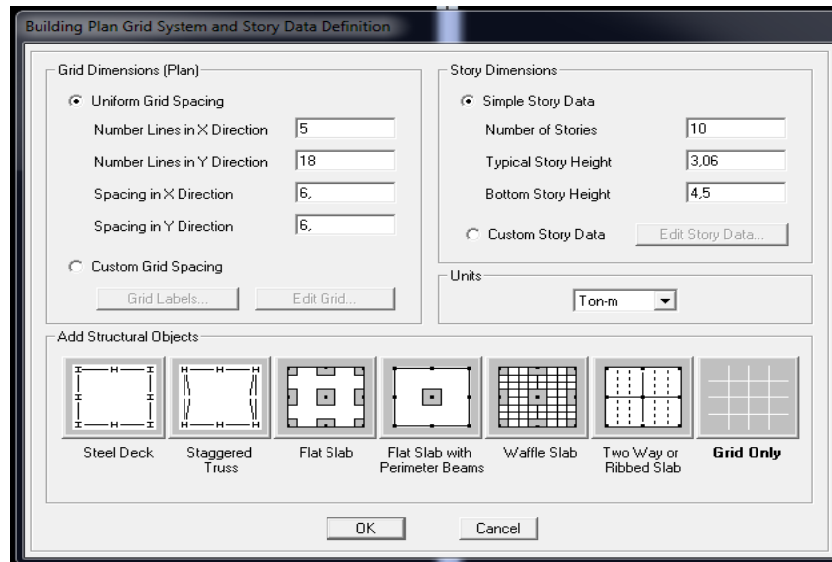
On doit choisir un système d'unité pour la saisie des données dans l'ETABS.

Au bas de l'écran, on sélectionne **KN.m** comme unité de base pour les forces et déplacement :



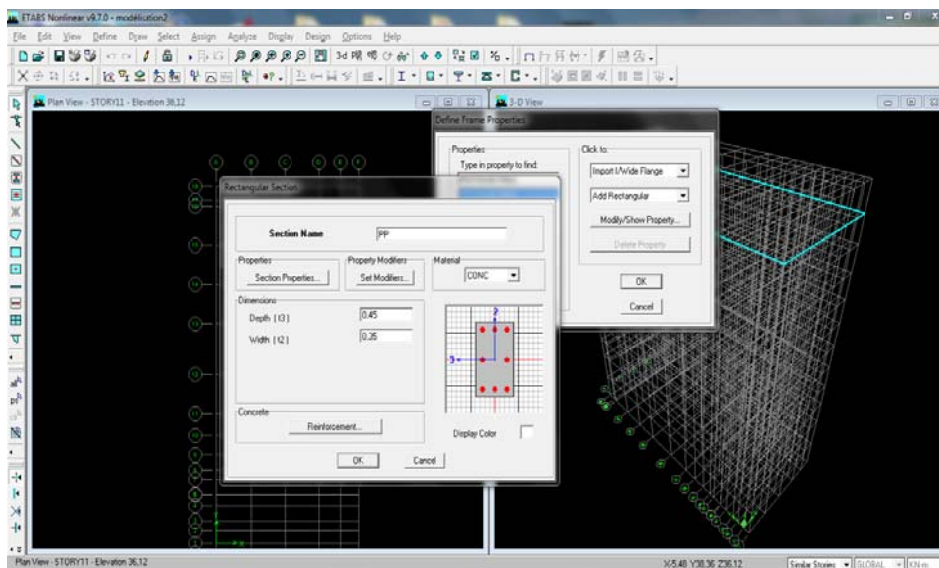
➤ Créer un nouveau modèle :

(File...New Model...Default . edb) et on introduit les longueurs des trames (Éditer grille.....)



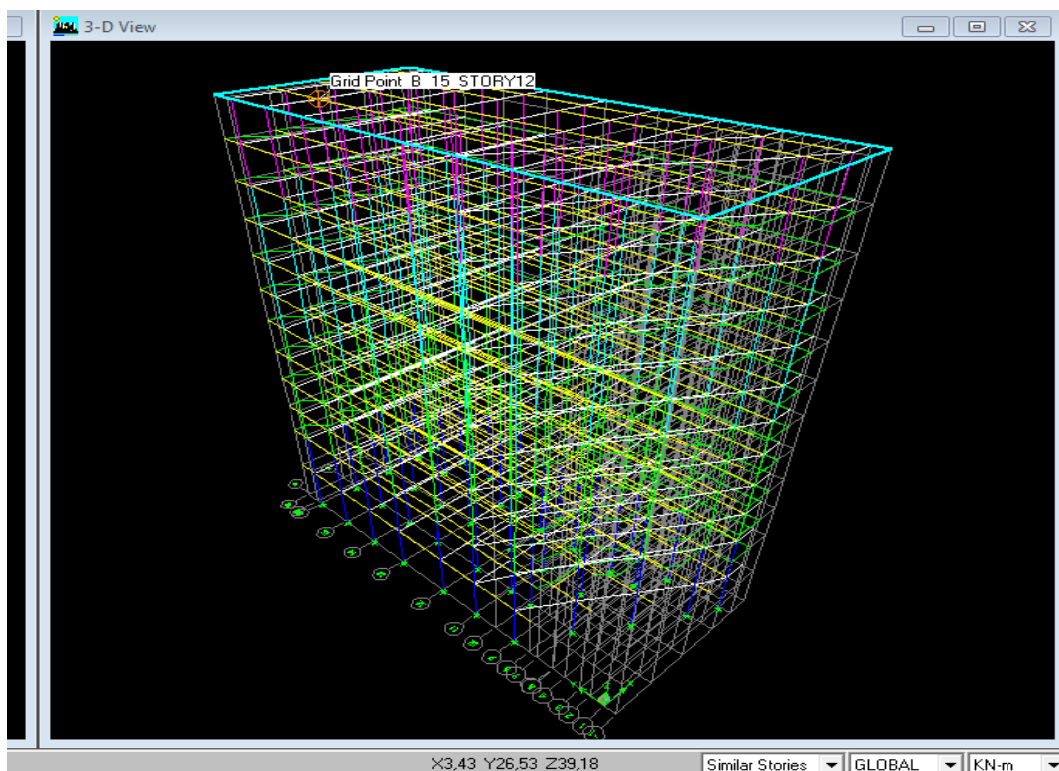
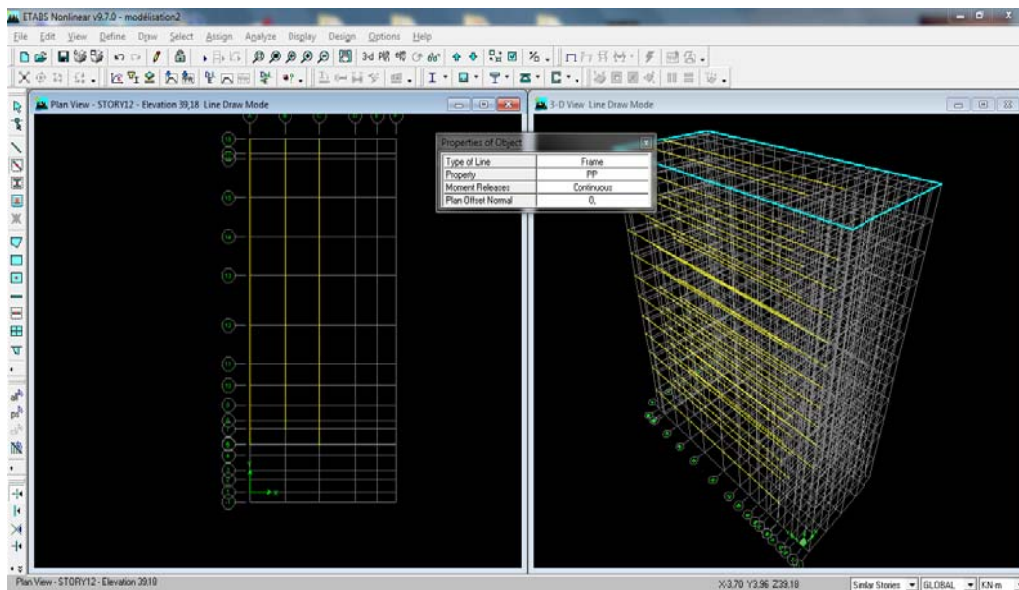
➤ **On définit les sections des éléments (Poteau et poutres) :**

(Define...Frame sections...) , on supprime les section déjà définie par défaut (Sélectionner les sections...delete property), on définit les nouvelles sections (Add Rectangular), on introduit les caractéristiques des éléments et enfin OK



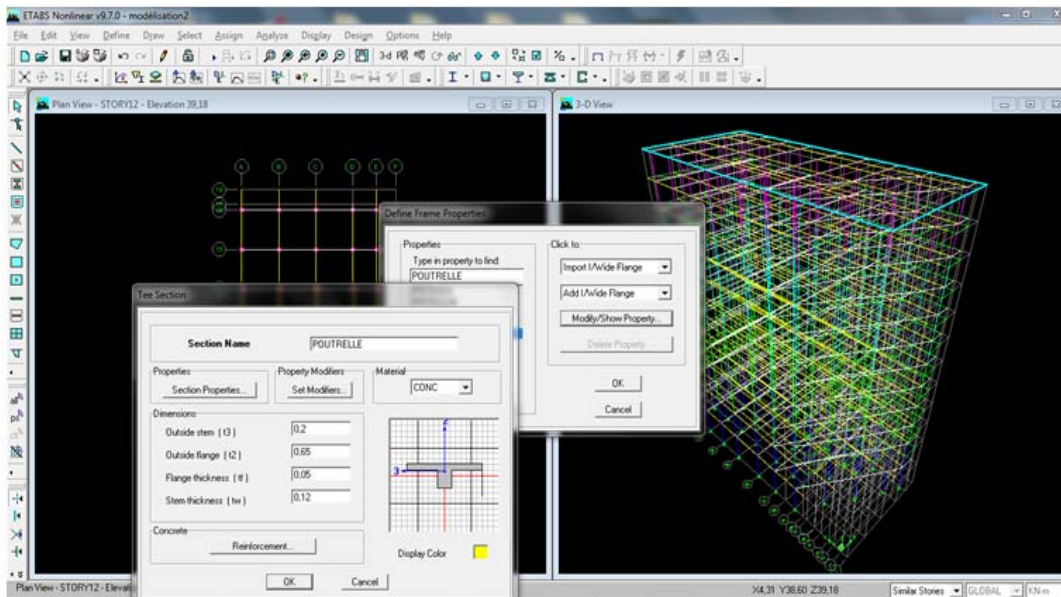
➤ **Tracer les poteaux les poutres principales et les poutres secondaires :**


(Draw...Draw Line Objects...Create Lines in Region or at Clicks) et on clique dans la region voulue



➤ **Définition des poutrelles :**

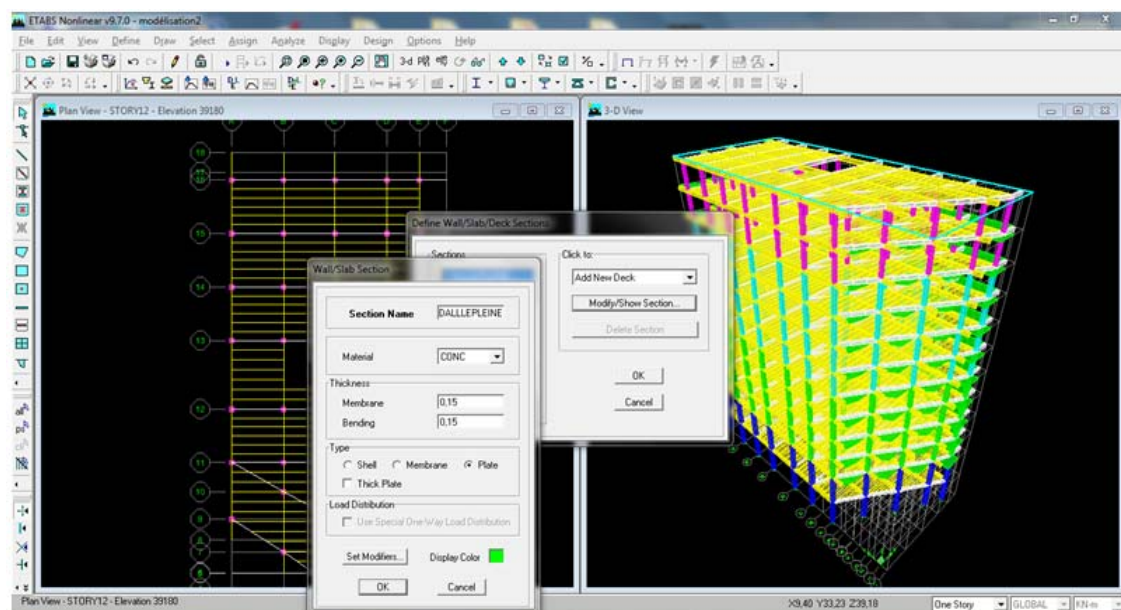
(Define...Frame Sections...Add Tee) et introduit les caractéristiques de la poutrelle et on fait OK





Pour introduire les poutrelles on clique sur  en choisissant les poutrelle avec un moment continu et un espacement de 65cm et en choisit leur direction ensuite on clique les panneaux du plancher à corps creux.

➤ **Définition des dalles pleines et des voiles et les mettre en place :**

(Define... Wall/Slab/Deck Sections...Add New Wall pour les voiles et Add New Slab pour les dalles)




- Pour mettre en place les voiles en clique sur  et puis entre les deux lignes successives verticale et horizontale dans la fenêtre du travail, comme on peut les tracés en choisissant 
- Pour mettre en place les dalles on procède de la même façon

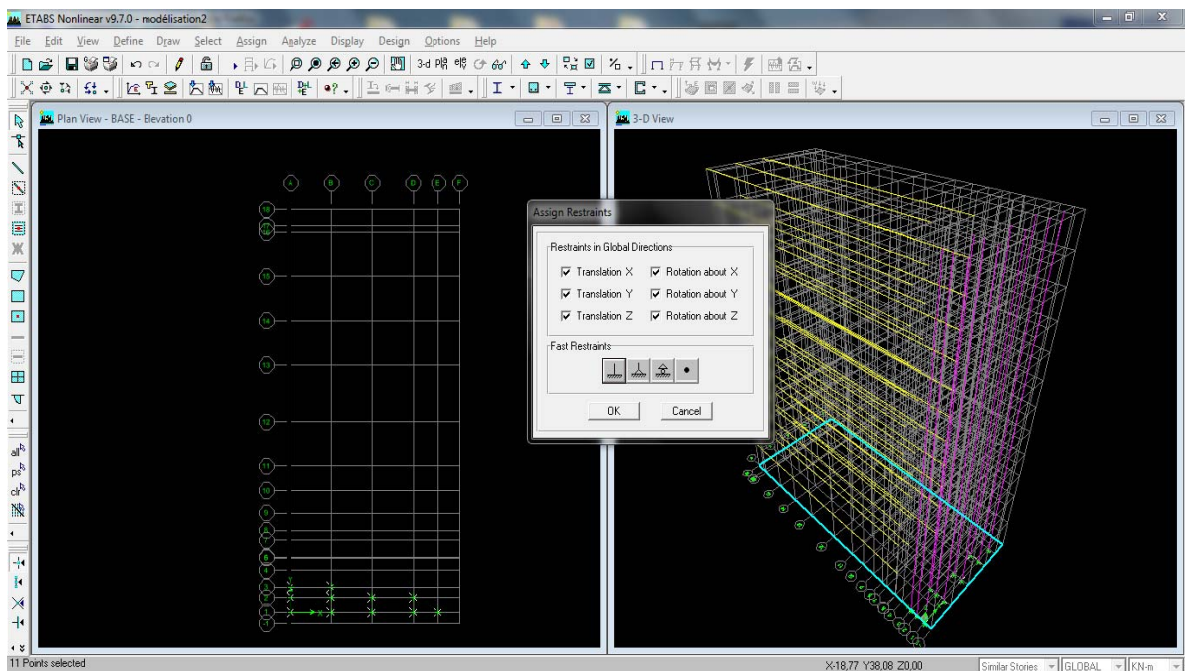
Remarque :

Il est possible d’afficher différentes informations (numéro du nœud, d’éléments, etc) sur le modèle. Sélectionner la fenêtre 3D du modèle en cliquant dans celle-ci et puis on clique sur l’icône Set éléments

➤ **Encastrement de la structure :**

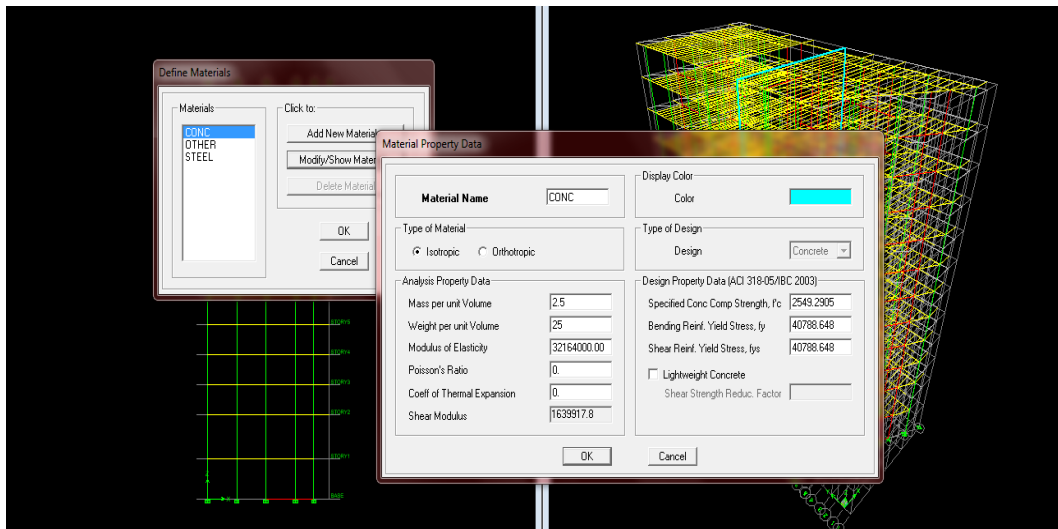
On se met en plan au niveau de la base , on la sélectionne et on fait

(Assign...Joint/Point...Restrains (supports)) on coche  ...OK



➤ **Définition des matériaux :**

Cette étape consiste à définir les caractéristiques des matériaux (Béton et Acier)
(Défines...Matériel properties...Conc...Modify show matériel ...)

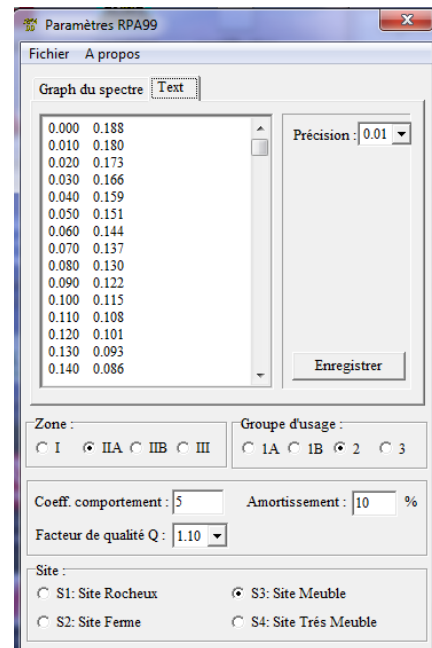
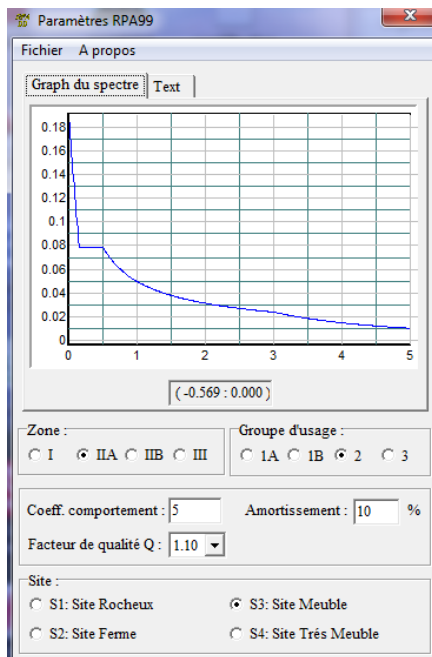


Dans cette fenêtre, on introduit les valeurs suivantes :

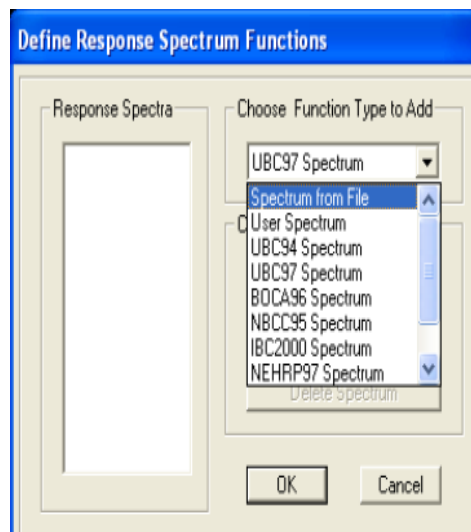
- Masse volumique du béton = 2.5 KN/m³
- Poids volumique du béton = 25 KN/m³
- Module d'élasticité du béton = $11000 \sqrt[3]{f_{c28}} = 32164000 \text{ kN/m}^2$
- Coefficient de poisson à l'E.L.U = 0
- Coefficient thermique = 0

➤ **Apporter le spectre de réponse déjà défini dans un fichier :**

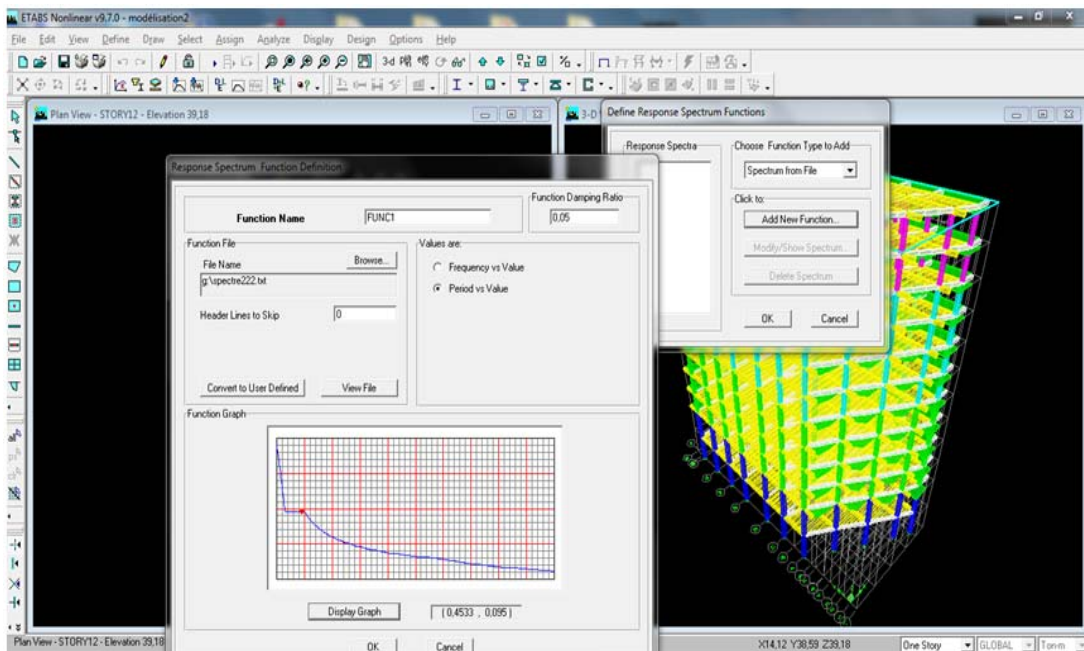
- Pour définir le spectre on définit les paramètres (Zone sismique IIa, Groupe d'usage 2, Coefficient de comportement R=5 , Remplissage dense, Site meuble S₃ et le Facteur de qualité Q_x = Q_y = 1.1) et on les introduit dans le spectre RPA 2003



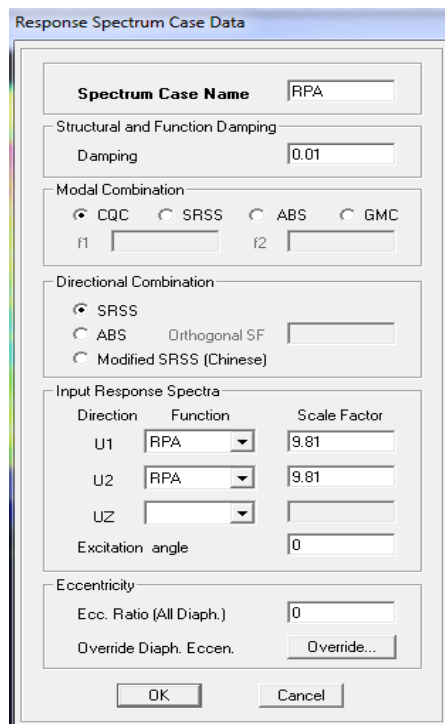
Ensuite on introduit le fichier spectre dans l'ETABS (define...Response Spectrum Functions.....)



- Pour charger la structure avec le spectre on choisit dans la fenêtre affichée (Spectrum From File...Add New Fonction) Dans la fenêtre affichée on donne le nom RPA ,on coche(Period vs Value), et on cherche le fichier spectre on cliquant sur sur Browse et on fait OK

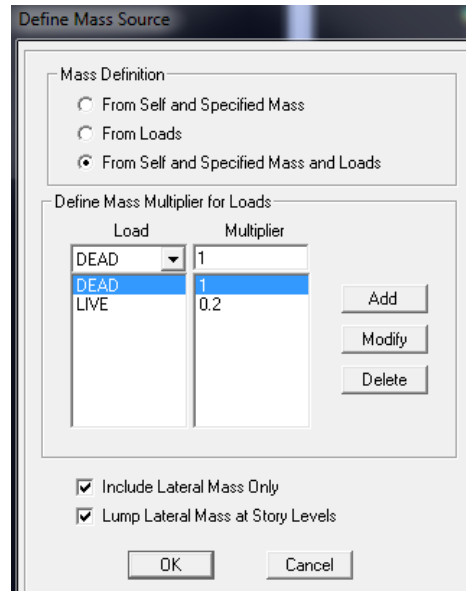


- **Définition du chargement sismique (E) :**
 (Define...Reponse Spectrum Cases...Add New Spectrum...)



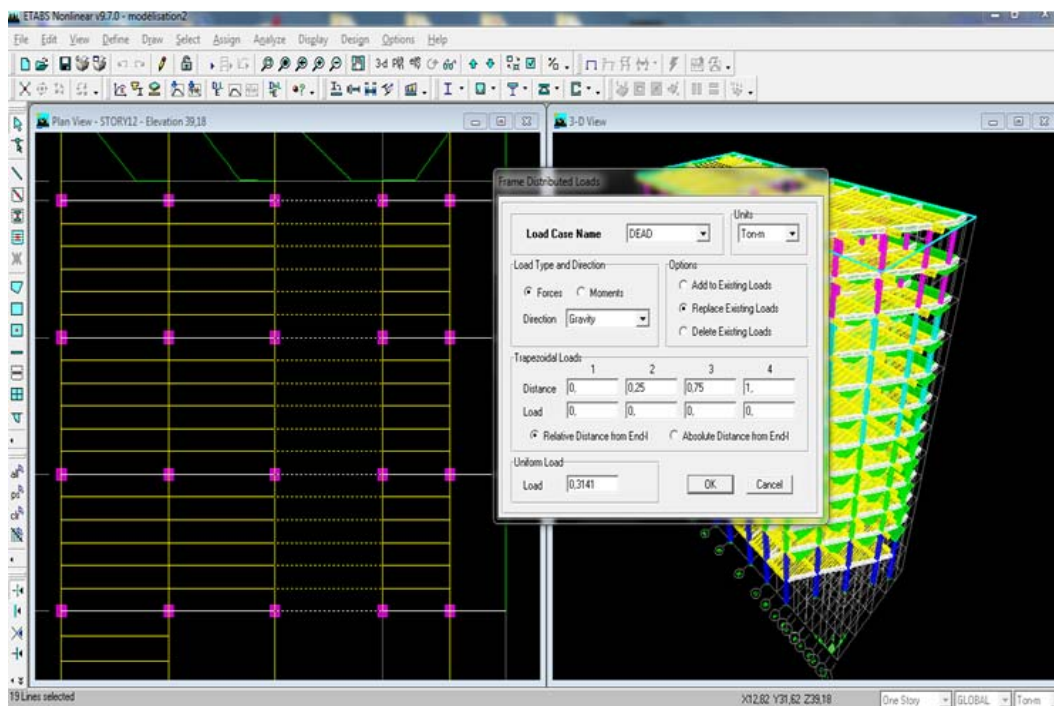
➤ **Définition de la Masse Sismique (Masse revenant à chaque plancher) :**

La masse des planchers est supposée concentrée en leurs centres de masse qui sont désignées par la notation de Mass-Source (Define...Mass Source)



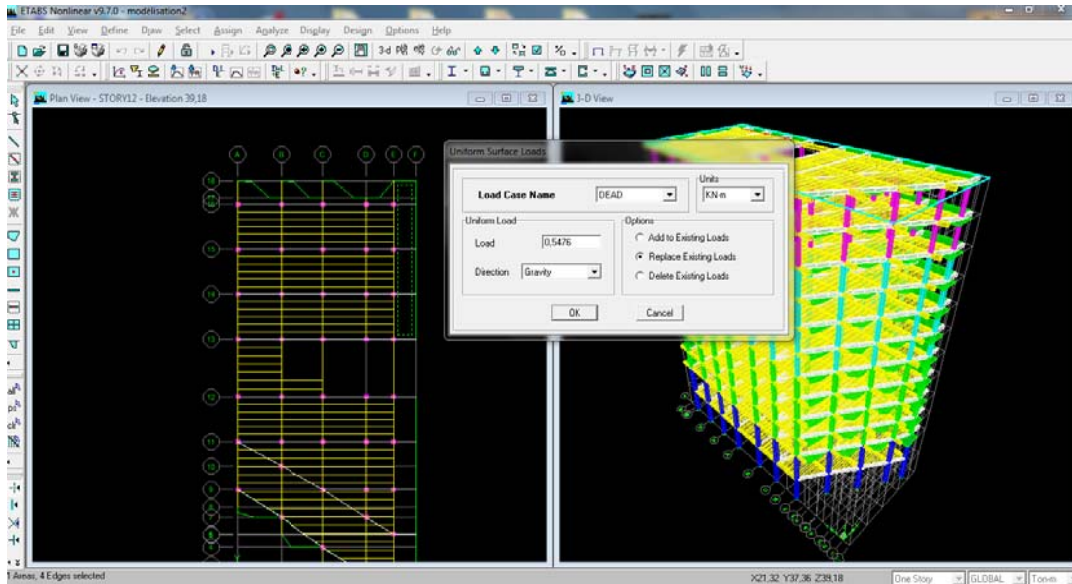
➤ **Définition et attribution des charges aux poutres secondaires et aux poutrelles :**

On sélectionne les poutres secondaires et les poutrelles et on fait : (Assign...Frame/Line Loads...Distributed...) et on introduit les valeurs des charges OK



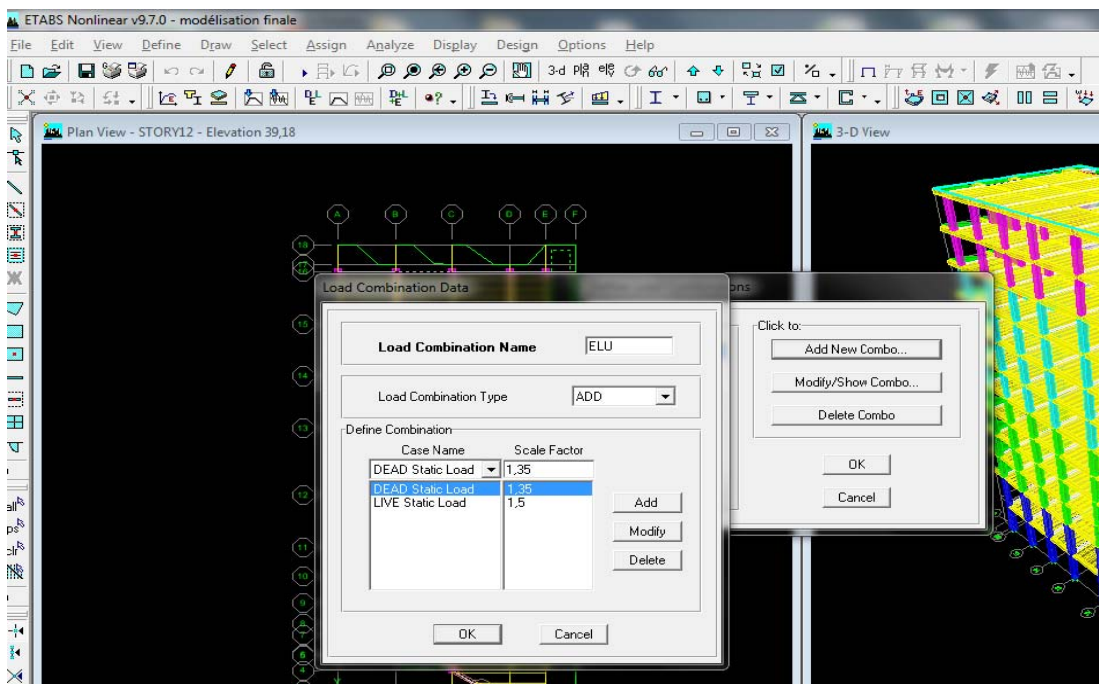
➤ **Définition et attribution des charges aux dalles pleines :**

On sélectionne l'élément et on fait (Assign ...Shell/Area Loads...Uniform...) et on introduit la charge.



➤ **Définition des combinaisons de charges :**

(Define...Load Combinations...Add New Combo...) et on introduit le nom de la combinaison et les charges avec leurs coefficients.

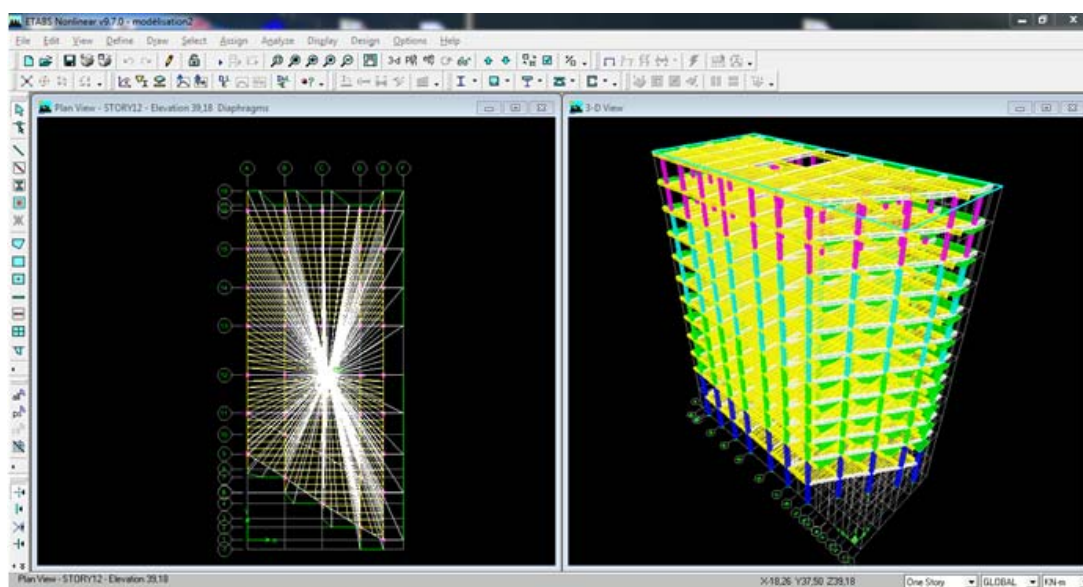
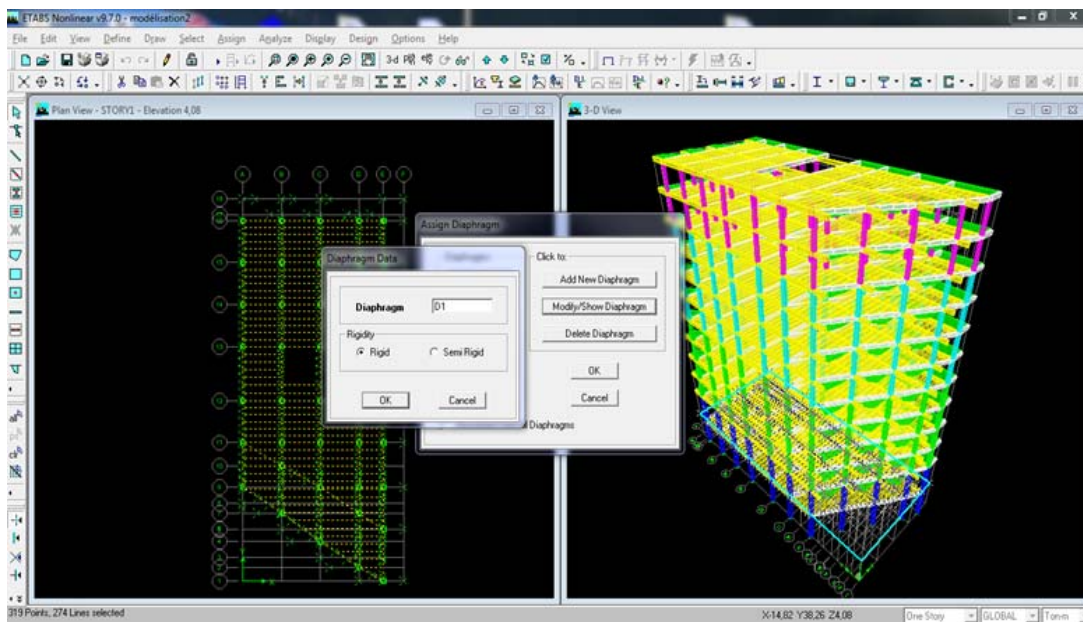


On suit la même procédure pour définir tout le reste des combinaisons :


- Combinaisons aux états limites ———→ ELU : $1.35G+1.5Q$
ELS : $G+Q$
- Combinaisons accidentelles du RPA ———→ GQE : $G+Q\pm E$
 $0.8GE : 0.8G\pm E$

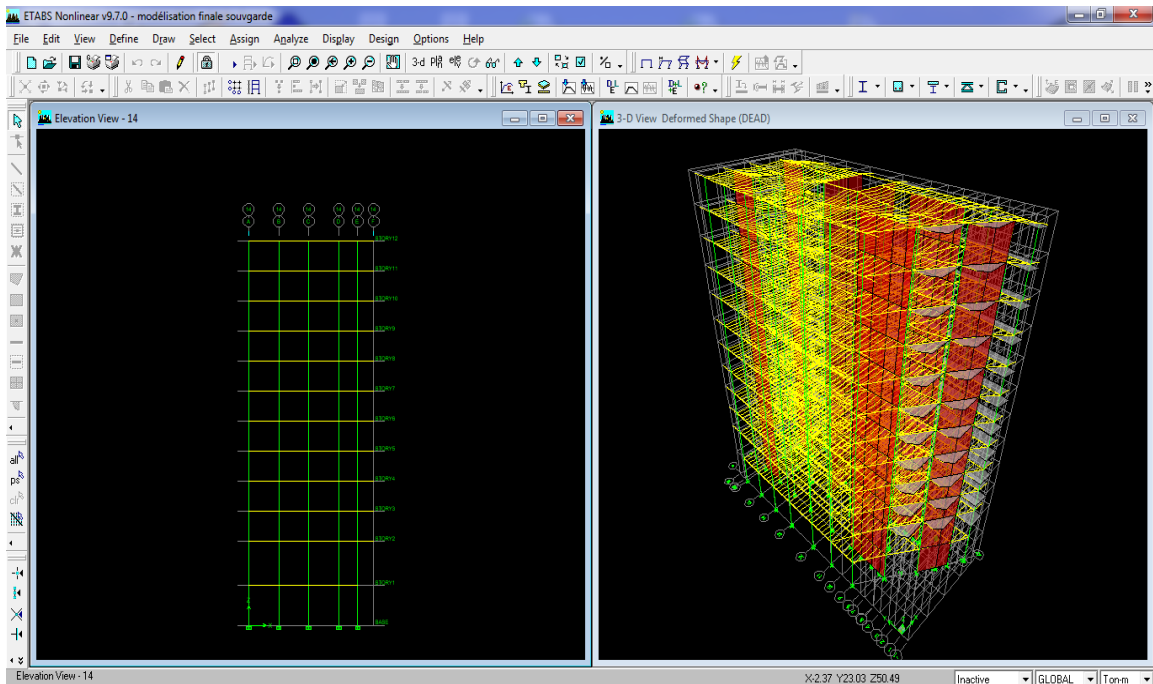
➤ **Définition des diaphragmes :**

Comme les planchers sont supposés infiniment rigides, on doit relier tout les nœuds d'un même plancher à son nœud maitre de sorte q'il forme un diaphragme pour cela on fait (Assign/point...Diaphragme...Add New diaphragm) on l'appel D1 et on fait OK

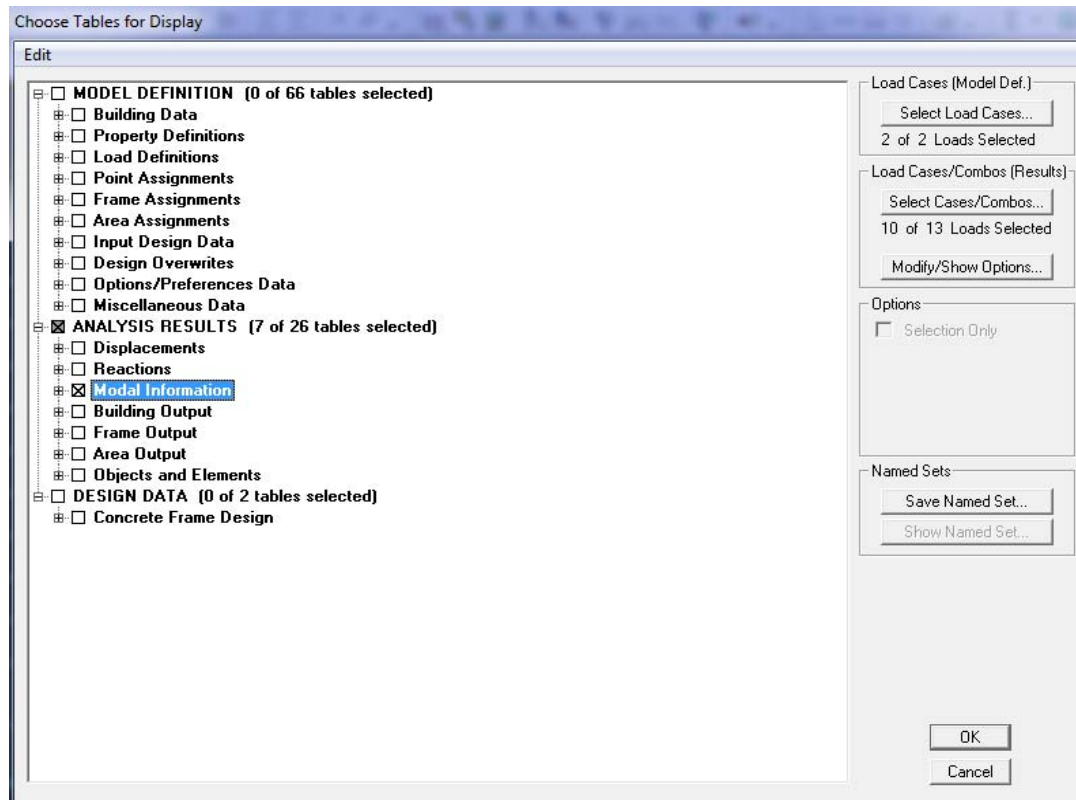


On suit les mêmes étapes pour la définition des diaphragmes pour autres planchers.

- Lancer le calcul : (Analyse...Run) ≡ (F5) ≡ On clique sur 



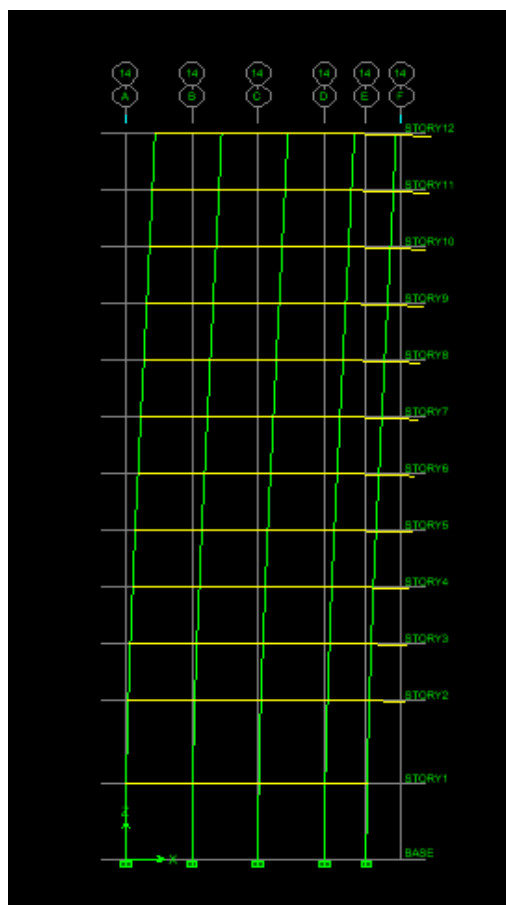
- Visualisation des résultats :
 - Période et participation modale : (Display...Show tables...Modal Information) et sélectionne (Modale information...OK)



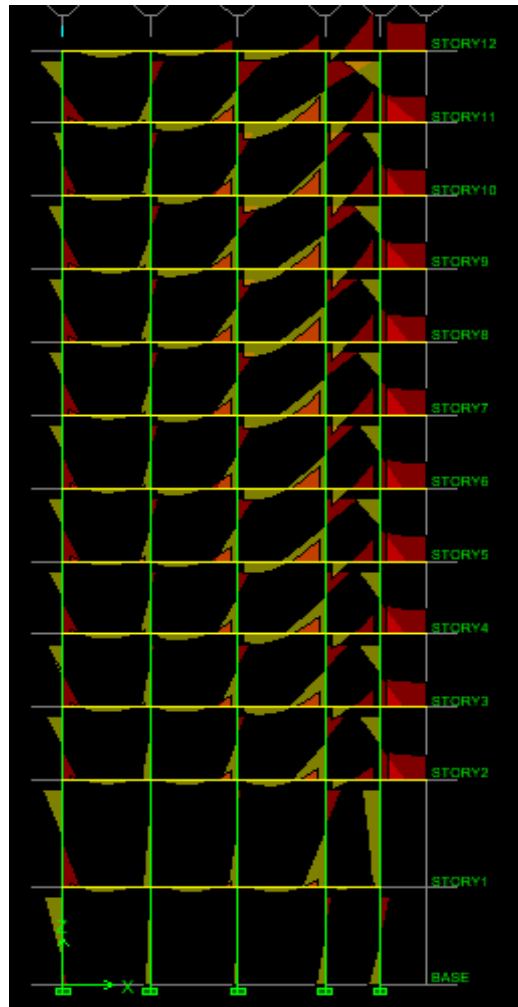
Modal Participating Mass Ratios									
	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
▶	1	1.393528	0.3233	3.6649	0.0000	0.3233	3.6649	0.0000	4.9820
	2	1.240636	65.9263	3.3707	0.0000	66.2496	7.0356	0.0000	4.7657
	3	0.995714	3.0580	63.0586	0.0000	69.3076	70.0942	0.0000	88.8271
	4	0.378841	0.1602	0.6943	0.0000	69.4677	70.7885	0.0000	0.0170
	5	0.291004	16.8250	1.2622	0.0000	86.2927	72.0507	0.0000	0.0780
	6	0.240645	1.1541	15.4321	0.0000	87.4468	87.4828	0.0000	0.9924
	7	0.170623	0.0664	0.2171	0.0000	87.5132	87.6999	0.0000	0.0098
	8	0.122892	5.5699	0.5113	0.0000	93.0830	88.2112	0.0000	0.0227
	9	0.102330	0.4788	5.3591	0.0000	93.5618	93.5704	0.0000	0.2328
	10	0.099005	0.0069	0.0001	0.0000	93.5687	93.5704	0.0000	0.0009
	11	0.070767	2.4665	0.2094	0.0000	96.0351	93.7798	0.0000	0.0033
	12	0.067179	0.0003	0.1308	0.0000	96.0354	93.9106	0.0000	0.0017

Les pourcentages de masses mobilisée sont données par SumUX et SumUY

- **Déformée de la structure :** (Show deformed shape... et on sélectionne une combinaison)



- Diagramme des efforts internes : pour avoir ces diagrammes on se positionne sur le portique voulu et on fait (Show member forces/Stresses Diagram dans le menu Display



- **Efforts internes dans les éléments barres :**
 - **Les poutres :** pour extraire les efforts max, on commence par sélectionner les poutres ensuite on clique sur : Display...Show tables. Dans Frame Output on sélectionne : Frame Forces) ≡ Efforts dans les barres.
On clique sur : Select Case/Comb pour choisir la combinaison d'action puis on clique sur OK

Beam Forces

Edit View

Beam Forces

	Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2
▶	STORY12	B9	ELU	0.200	0.00	-0.54	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	0.633	0.00	-0.18	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	1.066	0.00	0.17	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	1.499	0.00	0.53	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	1.931	0.00	0.89	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	2.364	0.00	1.24	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	2.797	0.00	1.60	0.00	-0.130	0.000
	STORY12	B9	ELU	3.230	0.00	1.96	0.00	-0.130	0.000
	STORY11	B9	ELU	0.200	0.00	-0.49	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	0.633	0.00	-0.15	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	1.066	0.00	0.19	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	1.499	0.00	0.53	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	1.931	0.00	0.86	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	2.364	0.00	1.20	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	2.797	0.00	1.54	0.00	-0.063	0.000
	STORY11	B9	ELU	3.230	0.00	1.88	0.00	-0.063	0.000
	STORY10	B9	ELU	0.225	0.00	-0.50	0.00	-0.061	0.000
	STORY10	B9	ELU	0.722	0.00	0.44	0.00	-0.061	0.000

OK

- **Les poteaux** : pour extraire les efforts dans les poteaux, on sélectionne ces derniers et on suit les mêmes étapes que pour les poutres mais on sélectionne (Colum forces) au lieu de (Beam forces).

- **Efforts internes dans les voiles :**

Pour extraire les efforts internes dans les voiles Dans Area Output on clique sur Area forces and stresses et on sélectionne une combinaison d'actions

Area Element Stresses

Edit View

Area Element Stresses

	Story	AreaObj	AreaType	AreaElm	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNu
▶	STORY12	W1	Wall	6	53	ELU	Combination	-	
	STORY12	W1	Wall	6	52	ELU	Combination	-	
	STORY12	W1	Wall	6	52	ELU	Combination	-	
	STORY12	W1	Wall	6	53	ELU	Combination	-	
	STORY12	W2	Wall	7	52	ELU	Combination	-	
	STORY12	W2	Wall	7	51	ELU	Combination	-	
	STORY12	W2	Wall	7	51	ELU	Combination	-	
	STORY12	W2	Wall	7	52	ELU	Combination	-	
	STORY12	W3	Wall	8	48	ELU	Combination	-	
	STORY12	W3	Wall	8	47	ELU	Combination	-	
	STORY12	W3	Wall	8	47	ELU	Combination	-	
	STORY12	W3	Wall	8	48	ELU	Combination	-	
	STORY12	W4	Wall	9	47	ELU	Combination	-	
	STORY12	W4	Wall	9	46	ELU	Combination	-	
	STORY12	W4	Wall	9	46	ELU	Combination	-	
	STORY12	W4	Wall	9	47	ELU	Combination	-	
	STORY12	W5	Wall	10	70	ELU	Combination	-	
	STORY12	W5	Wall	10	512	ELU	Combination	-	

OK

Les tableaux affichés ne nous permet pas d'avoir directement les efforts max recherchés, On choisit de les exportés sur Excel afin de mieux exploiter les résultats.

- **Efforts tranchant et moment sismique à la base :**

Pour extraire les efforts à la base (fondations) on clique sur Show tables on coche (Base Réactions) ensuite dans (Select cases/comb...) on choisit (E).

	Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
▶	BASE	31	RPA	1.02	0.65	65.58	2.994	4.473	0.167
	BASE	32	RPA	1.62	30.84	224.59	13.159	6.189	0.167
	BASE	33	RPA	1.26	0.63	35.09	2.977	4.822	0.167
	BASE	34	RPA	1.53	30.59	231.62	13.154	6.068	0.167
	BASE	35	RPA	0.92	0.68	37.53	3.212	4.357	0.167
	BASE	36	RPA	1.02	0.89	49.14	3.323	4.294	0.167
	BASE	37	RPA	1.53	30.99	173.76	13.461	5.962	0.167
	BASE	38	RPA	1.25	0.90	12.80	3.328	4.650	0.167
	BASE	39	RPA	1.48	30.75	182.94	13.455	5.897	0.167
	BASE	40	RPA	0.95	0.99	33.88	3.624	4.249	0.167
	BASE	41	RPA	0.90	0.96	69.40	3.406	4.045	0.167
	BASE	42	RPA	1.14	1.07	5.61	3.549	4.374	0.167
	BASE	43	RPA	1.16	0.96	19.66	3.384	4.410	0.167
	BASE	44	RPA	1.19	1.08	16.14	3.643	4.442	0.167
	BASE	45	RPA	0.87	1.02	31.87	3.669	4.014	0.167
	BASE	46	RPA	29.70	0.95	411.68	3.766	14.327	0.167
	BASE	47	RPA	79.83	0.89	86.63	4.333	31.282	0.167
	BASE	48	RPA	51.37	1.04	482.55	4.187	31.282	0.167

Les résultats choisis avec cette option dans le menu Analyse se retrouvent dans un fichier Out généré par l'analyse.

Ce fichier peut être édité et imprimé et qu'on peut ouvrir dans un environnement texte tel que Word ou bloc not de Windows, pour le faire :

- Fermer l'ETABS sans arrêter l'analyse.
- Rechercher le fichier Out avec recherche Windows.

IX.1.Introduction :

Après avoir lancé l'analyse et obtenu les résultats, on procède à leurs exploitations, en faisant une **étude comparative** entre la **METHODE STATIQUE EQUIVALENTE** et la **METHODE DYNAMIQUE MODALE SPECTRALE** avec (ETABS V9.7).

IX.2.METHODE STATIQUE EQUIVALENTE :

Le principe de cette méthode est de remplacer les forces réelles dynamiques qui se développent dans la construction par un système de forces statique fictives dont les effets sont considérés équivalents à ceux de l'action sismique.

IX.3. METHODE MODALE SPECTRALE :

Le principe de cette méthode est de rechercher pour chaque mode de vibration, le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse. Ensuite combiner ces effets pour obtenir la réponse de la structure. Elle peut être utilisée dans tous les cas, et en particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas applicable.

Nous allons comparer entre les deux méthodes, en tenant compte des éléments suivants :

1. La période.
2. Les déplacements absolus ainsi les des déplacements inter -étages relatif.
- 3.L'effort tranchant total à la base du bâtiment
4. Les efforts internes pour les éléments structuraux (poutres principales, poutres secondaires et les poteaux).

IX.4. La Période :

Pour estimer la période fondamentale de la structure, on a calculé **T** suivant :

- La méthode statique équivalente : la structure répond aux conditions exigés par RPA 99/version2003 (bâtiment régulier) → **$T_{MSE} = 0.79s$ (par la formule empirique)**
- La méthode modale spectrale → le **mode fondamental** : **$T_{MMS} = 1.24s$**

Commentaire :

Il ya présence d’une différence entre les résultats de la méthode statique équivalente (MSE) et la méthode dynamique modale spectrale (MMS) tel que la période obtenue par la MMS et importante par rapport à celle de la MSE

$$T_{MMS} > T_{MSE}$$

IX.5.L’effort tranchant total à la base du bâtiment :

$$V_{XMMS} = 3545.16 \text{ kN} > V_{MSE} = 2353.31 \text{ kN}$$

$$V_{XMMS} = 3800.47 \text{ kN} > V_{MSE} = 2353.31 \text{ kN}$$

IX.6.Les déplacements absolus et les déplacements inter-étages relatives :

Les déplacements et leurs pourcentages de variations entre les deux méthodes sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau IX.6.a : Variations des déplacements dans le sens longitudinal :

	MSE	MMS	Variation	MSE	MMS	Variation
Niveau	δk (cm)	δk (cm)	%	Δk (cm)	Δk (cm)	%
10	0.583	2.895	79.862	0.112	0.268	58.209
9	0.471	2.627	82.071	0.116	0.274	57.664
8	0.354	2.353	84.955	0.033	0.278	88.129
7	0.322	2.074	84.474	0.033	0.282	88.298
6	0.289	1.792	83.873	-0.258	0.282	191.489
5	0.546	1.51	63.841	0.347	0.277	-25.271
4	0.199	1.232	83.847	0.029	0.267	89.139
3	0.17	0.965	82.383	0.029	0.251	88.446
2	0.141	0.713	80.224	0.03	0.228	86.842
1	0.111	0.485	77.113	-0.083	0.195	142.564
RDC	0.194	0.29	33.103	0.148	0.209	29.187
SS	0.046	0.081	43.210	0.046	0.081	43.210

Tableau IX.6.b : variations des déplacements dans le sens transversal :

Niveau	MSE	MMS	Variation	MSE	MMS	Variation
	δk (cm)	δk (cm)	%	Δk (cm)	Δk (cm)	%
10	0.270	2.140	87.383	0.056	0.200	72.000
9	0.214	1.940	88.969	0.063	0.190	66.842
8	0.151	1.750	91.371	0.012	0.200	94.000
7	0.139	1.550	91.032	0.014	0.200	93.000
6	0.125	1.350	90.741	0.014	0.210	93.333
5	0.111	1.140	90.263	0.023	0.210	89.048
4	0.083	0.930	91.075	0.012	0.200	94.000
3	0.071	0.730	90.274	-0.012	0.190	106.316
2	0.058	0.540	89.259	0.012	0.170	92.941
1	0.046	0.370	87.568	0.035	0.150	76.667
RDC	0.081	0.220	63.182	0.058	0.160	63.750
SS	0.023	0.060	61.667	0.023	0.060	61.667

Commentaire :(IX.6) :

Il y a une augmentation des déplacements absolus et relatifs dans la méthode dynamique modale spectrale par rapport à la méthode statique équivalente dans les deux sens.

✓ **La variation des déplacements absolus entre les deux méthodes est important tel que :**

- Le pourcentage maximum est donné par le 8^{ème} niveau 84.95 % (sens longitudinal) et 91.371% (sens transversale).
- Le pourcentage minimum est donné par le RDC... 33.26% (sens longitudinal) et le S-S....61.667% (sens transversale).

✓ **La variation des déplacements relatifs est aussi importants tel que :**

- Le pourcentage maximum est donné par le 4^{ème} niveau 89.139% (sens longitudinal) et 94% (sens transversale).
- Le pourcentage minimum est donné par le RDC 29.187% (sens longitudinal) et par le S-S..... 61.669% (sens transversale).

Remarque importante :

On remarque la présence des résultats erronés (3^{ième} , 5^{ième} et 6^{ième} étage) cela peut être dû à une erreur de calcul de notre part ou bien au changement de section des poteaux (normalement cela ne doit pas exister)

On conclut que la variation des déplacements entre les deux méthodes (MSE et MMS), est remarquable dans les deux sens (longitudinal et transversal).

IX.7.La variations des efforts internes (M.N.T) :

A) Les poutres :

1- Les moments des poutres :

Tableau IX.7.a : variations des moments en appui et en travées entre la MSE et la MMS dans les poutres transversales sous les deux combinaisons (ELS) et (ELU) :

Niveau	1.35G+ 1.5Q				Variation %		G + Q				Variation %	
	MMS		MSE				MMS		MSE			
	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m
10	26.49	30.41	17.92	27.12	32.35	10.82	19.36	22.24	13.1	19.82	32.33	10.88
9	23.05	31.5	16.87	25.56	26.81	18.86	16.71	22.85	12.23	18.53	26.81	18.91
8	22.96	29.55	17.65	24.77	23.13	16.18	16.65	21.43	12.8	17.96	23.12	16.19
7	22.57	29.7	17.65	24.77	21.80	16.60	16.37	21.54	12.8	17.96	21.81	16.62
6	22.66	29.49	17.65	24.77	22.11	16.01	16.43	21.38	12.8	17.96	22.09	16.00
5	22.71	29.29	17.65	24.77	22.28	15.43	16.47	21.24	12.8	17.96	22.28	15.44
4	24.47	27.77	7.15	23.99	70.78	13.61	16.29	20.14	5.05	17.39	69.00	13.65
3	22.33	27.65	15.83	23.99	29.11	13.24	16.19	20.05	11.48	17.39	29.09	13.27
2	22.41	27.39	15.83	23.99	29.36	12.41	16.25	19.86	11.48	17.39	29.35	12.44
1	22.45	27.16	15.83	23.99	29.49	11.67	16.29	19.7	11.48	17.39	29.53	11.73
RDC	22.52	25.37	15.33	23.21	31.93	8.51	16.34	18.4	11.11	16.83	32.01	8.53
SS	22.45	25.01	15.33	23.21	31.71	7.20	16.29	18.14	11.11	16.83	31.80	7.22

Tableau IX.7.b : variations des moments en appui et en travées entre MSE et la MMS dans les poutres transversales sous les deux combinaisons accidentelles :

Niv	0.8G±E				Variation %		G+Q±E				Variation %	
	MMS		MSE				MMS		MSE			
	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m
10	16.54	39.12	9.21	6.23	44.32	84.07	22.25	25.31	13.1	24.13	41.12	4.66
9	13.55	47.66	7.88	15.93	41.85	66.58	19.56	35.78	12.23	31.57	37.47	11.77
8	13.46	48.72	7.92	23.34	41.16	52.09	19.39	37.01	12.47	38.5	35.69	-4.03
7	12.95	51.75	7.78	32.06	39.92	38.05	19.03	39.66	12.33	47.22	35.21	-19.06
6	13.25	51.71	7.7	37.3	41.89	27.87	19.13	39.34	12.25	52.46	35.96	-33.35
5	13.08	51.13	7.61	43.15	41.82	15.61	19.01	38.55	12.16	58.31	36.03	-51.26
4	12.71	51.09	2.25	48.75	82.30	4.58	18.6	38.4	5.05	63.43	72.85	-65.18
3	12.41	51.09	7.4	53.64	40.37	-4.99	18.07	38.04	11.48	68.31	36.47	-79.57
2	12.32	47.88	7.4	57.45	39.94	-19.99	18.01	34.96	11.48	72.13	36.26	-106.32
1	12.12	43.84	7.4	60.66	38.94	-38.37	17.67	31.16	11.48	75.34	35.03	-141.78
RDC	11.98	36.61	6.91	77.71	42.32	-112.26	17.56	24.94	10.87	91.92	38.10	-268.56
SS	11.3	27.21	6.85	97.99	39.38	-260.12	16.88	16.91	10.8	112.2	36.02	-563.51

Tableau IX.7.c : variations des moments en appuis et en travées entre MSE et la MMS dans les poutres longitudinales sous les deux combinaisons (ELU) et (ELS):

Niv	ELU				Variation %		ELS				Variation %	
	MMS		MSE				MSE		MMS			
	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m
10	5.31	8.16	3.54	6.83	33.33	16.30	3.85	5.9	3.3	5.01	14.29	15.08
9	5.56	10.27	3.44	6.52	38.13	36.51	4.01	7.37	3.13	4.75	21.95	35.55
8	5.42	10.09	3.32	6.34	38.75	37.17	3.91	7.24	3.02	4.62	22.76	36.19
0	5.4	10.47	3.32	6.34	38.52	39.45	3.89	7.51	3.02	4.62	22.37	38.48

6	5.25	10.16	3.32	6.34	36.76	37.60	3.78	7.29	3.02	4.62	20.11	36.63
5	5.08	9.79	3.32	6.34	34.65	35.24	3.66	7.03	3.02	4.62	17.49	34.28
4	4.9	9.35	3.18	6.17	35.10	34.01	3.53	6.71	2.9	4.49	17.85	33.08
3	4.71	9.14	3.21	6.14	31.85	32.82	3.4	6.56	2.92	4.47	14.12	31.86
2	4.44	8.49	3.21	6.14	27.70	27.68	3.2	6.1	2.92	4.47	8.75	26.72
1	4.13	7.77	3.21	6.14	22.28	20.98	2.98	5.59	2.92	4.47	2.01	20.04
RDC	3.79	6.5	3.13	5.91	17.41	9.08	2.75	4.68	2.84	4.31	-3.27	7.91
SS	3.69	5.27	3.13	5.91	15.18	-12.14	2.68	3.81	2.84	4.31	-5.97	-13.12

Tableau IX.7.d : variations des moments en appuis et en travées entre MSE et la MMS dans les poutres longitudinales sous les deux combinaisons accidentelles :

Niv	0.8G±E				Variation		G+Q±E				Variation	
	MMS		MSE		%		MMS		MSE		%	
	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m	Mt kN.m	Ma kN.m
10	2.76	23.08	2.39	3.29	13.41	85.75	4.06	25.31	3.30	1.91	18.72	92.45
9	2.30	32.60	1.50	12.35	34.78	62.12	3.99	35.78	2.50	10.93	37.34	69.45
8	2.91	33.86	1.28	21.14	56.01	37.57	3.59	37.01	2.25	19.66	37.33	46.88
0	2.50	36.39	2.17	30.54	13.20	16.08	3.51	39.66	3.13	29.07	10.83	26.70
6	2.10	36.17	2.19	37.50	-4.29	-3.68	3.49	39.34	3.15	36.02	9.74	8.44
5	2.46	35.51	2.21	43.01	10.16	-21.12	3.45	38.55	3.17	41.53	8.12	-7.73
4	2.39	35.49	1.99	50.70	16.74	-42.86	2.99	38.40	2.90	49.25	3.01	-28.26
3	2.73	35.21	1.99	55.20	27.11	-56.77	3.27	38.04	2.92	53.77	10.70	-41.35
2	1.92	32.37	1.99	59.52	-3.65	-83.87	3.21	34.96	2.92	58.09	9.03	-66.16
1	2.21	28.83	1.99	64.43	9.95	-123.48	3.13	31.16	2.92	63.00	6.71	-102.18
RDC	2.11	23.05	2.22	82.41	-5.21	-257.53	2.79	24.94	3.13	81.03	-12.19	-224.90
SS	1.79	15.16	2.22	81.64	-24.02	-438.52	2.70	16.91	3.13	80.27	-15.93	-374.69

Commentaires (IX.6.1) :**✓ La combinaison (1.35G+1.5Q) et (G+Q):**

Les moments maximum en travée est donnés par la combinaison (1.35G+1.5Q) dans le sens transversal par la méthode modale spectrale (à exception de quelque cas :là ou le signe (-) apparait dans les variations).

→ Les poutres principales prennent plus les charges verticales.

On remarque dans les valeurs des moments en travée une variation importante dans les deux sens tel que le pourcentage maximum est donné par le 4^{ième} niveau (70.78%) dans le sens transversal, et par le 8^{ième} niveau (38.75%) dans le sens longitudinal, quand au pourcentage minimum ; il est donné par le premier étage (2.01%) dans sens longitudinale et le 7^{ième} étage (21.80%) dans le sens transversal.

✓ La combinaison 0.8G±E :

Les moments maximum en appuis est donnés par la combinaison (0.8G±E) dans le sens transversal par la méthode statique équivalente.

Une variation importante tel que le pourcentage maximum atteint dans le sens transversal est de 84.07% en appuis et 82.30% en travée ; quand au sens longitudinal il est de 96.22% en appuis et de 56.01% en travée.

✓ La combinaison G+Q±E :

Une variation importantes d'où le pourcentage maximum atteint dans le sens transversales est de 72.85% en travée mais en appuis c'est la MSE qui emporte les valeurs max des moments; et dans le sens longitudinales il est de 92.45% en appuis et de 37.34 % en travée.

2- Les efforts tranchants dans les poutres :

Tableau IX.7.e : La variation des efforts tranchants dans les poutres longitudinales :

Niv	ELU		Varia %	ELS		Varia %	0.8G±E		Varia %	GQ±E		Varia %
	MMS	MSE		MMS	MSE		MMS	MSE		MMS	MSE	
	T(kN)	T(kN)		T(kN)	T(kN)		T(kN)	T(kN)		T(kN)	T(kN)	
10	14.82	14.66	1.05	10.79	10.75	0.37	20.07	12.26	38.92	23.28	15.22	34.63
9	15.57	13.99	10.18	11.25	10.19	9.42	25.84	17.39	32.70	30.11	20.65	31.43
8	15.42	13.74	10.91	11.14	10.01	10.14	26.99	23.30	13.67	31.25	26.49	15.22
7	15.60	13.74	11.94	11.27	10.01	11.18	28.68	28.91	-0.79	33.01	32.10	2.76
6	15.36	13.74	10.57	11.10	10.01	9.82	28.53	33.47	-17.31	32.77	36.66	-11.88
5	15.09	13.74	8.97	10.90	10.01	8.17	28.06	37.08	-32.15	32.21	40.27	-25.04
4	14.77	13.53	8.38	10.67	9.86	7.59	28.42	42.54	-49.68	32.48	45.69	-40.66
3	14.57	13.53	7.12	10.53	9.86	6.36	28.21	45.54	-61.44	32.20	48.69	-51.21
2	14.09	13.53	3.96	10.19	9.86	3.24	26.24	48.42	-84.51	30.06	51.56	-71.53
1	13.56	13.53	0.21	9.81	9.86	-0.51	23.78	51.69	-117.38	27.42	54.84	-100.01
RDC	12.67	13.31	-5.07	9.18	9.70	-5.66	20.03	64.46	-221.81	23.37	67.56	-189.08
SS	11.74	13.31	-13.40	8.52	9.70	-13.40	14.48	63.94	-341.58	17.49	67.04	-283.31

Tableau IX.7.f. La variation des efforts tranchants dans les poutres transversales :

Niv	ELU		Varia %	ELS		Varia %	0.8G±E		Varia %	GQ±E		Varia %
	MMS	MSE		MMS	MSE		MMS	MSE		MMS	MSE	
	T(kN)	T(kN)		T(kN)	T(kN)		T(kN)	T(kN)		T(kN)	T(kN)	
10	61.58	56.29	8.60	45.04	41.14	8.66	42.49	31.62	25.58	55.61	43.84	21.17
9	58.30	53.03	9.04	42.31	38.45	9.12	44.64	32.92	26.25	59.58	46.60	21.78
8	58.11	53.03	8.74	42.15	38.45	8.78	46.06	37.81	17.91	60.94	51.49	15.50
7	58.15	53.03	8.80	42.18	38.45	8.84	48.06	43.35	9.81	62.94	57.03	9.39
6	58.39	53.03	9.18	42.35	38.45	9.21	48.04	46.67	2.84	62.97	60.36	-4.33
5	58.70	53.03	9.66	42.58	38.45	9.70	47.75	50.39	-5.53	62.77	64.07	2.07
4	58.86	40.17	31.75	42.69	28.95	32.19	48.78	47.06	3.53	63.83	58.65	8.12

3	59.06	51.36	13.03	42.84	37.24	13.07	49.12	56.85	-15.73	64.23	70.09	-9.13
2	59.42	51.36	13.56	43.10	37.24	13.60	47.42	59.31	-25.07	62.61	72.55	-15.88
1	59.85	56.90	4.93	43.42	40.85	-6.29	45.39	60.04	-32.28	60.68	67.41	-11.09
RDC	60.25	50.55	16.10	43.71	36.65	16.15	42.07	72.85	-73.16	57.46	85.89	-49.48
SS	60.60	50.55	16.51	43.96	36.65	16.63	37.27	86.14	-131.13	52.73	99.19	-88.10

Commentaires (IX.6.2) :

✓ **La combinaison 1.35G+1.5Q :**

Une variation légère dans le sens longitudinal atteint un maximum de 11.94% au 7^{ième} niveau et un minimum de 0.21% au 1^{ier} niveau ; et dans le sens transversal atteint un maximum de 31.75% au 4^{ième} niveau et un minimum de 4.93% au 1^{ier} niveau.

✓ **La combinaison 0.8G±E :**

Une variation importante dans le sens longitudinal qui atteint un maximum de 38.92% au 10^{ième} niveau et une variation maximale de 26.25% dans le sens transversal au 9^{ième} niveau.

✓ **La combinaison G+Q±E :**

Une variation moyenne dans le sens transversal qui atteint un maximum de 21.78% au 9^{ième} étage, dans le sens longitudinal la variation atteint un maximum de 73.91 % dans le 10^{ième} niveau.

B. Les poteaux :

Tableau IX.7.g. La variation des efforts normaux maximaux² et leurs moments correspondants entre MSE et MMS dans sens longitudinal :

		1.35G+1.5Q					
		MSE		MMS		Variation %	
Niveau	poteau	Nmax (kN)	Mcorr (kN.m)	Nmax (kN)	Mcorr (kN.m)	Nmax (kN)	Mcorr (kN.m)
10	30X30	30.62	0.03	143.25	3.38	78.62	99.11
9		79.63	0.75	253.55	13.95	68.59	94.62
8	35X35	132.56	0.86	343.71	18.34	61.43	95.31
7		197.91	0.86	436.25	16.71	54.63	94.85
6		263.27	0.86	530.16	16.78	50.34	94.87

5		328.62	0.86	625.10	13.64	47.43	93.70
4	40X40	395.71	0.90	725.78	15.75	45.48	94.29
3		462.65	0.90	825.99	14.83	43.99	93.93
2		529.60	0.90	924.46	13.93	42.71	93.54
1		596.54	0.90	1019.95	15.76	41.51	94.29
RDC		675.33	0.69	1133.81	5.78	40.44	88.06
SS	45X45	707.40	0.80	1229.85	7.12	42.48	88.76

Commentaire IX.6.3 :

les résultats maximums de l'effort normal et le moment fléchissent sont donnés par la méthode **MMS** sous la combinaison **1.35G+1.5Q** (ELU)

On voit bien qu'il ya une variation remarquable dans les valeurs de N et une variation très importante dans leurs moments correspondants (88 % < M_{corr} < 100 %).

Tableau IX.7.h. La variation des efforts normaux maximums et leurs moments correspondants entre MSE et MMS dans sens transversal :

		1.35G+1.5Q					
		MSE		MMS		Variation %	
Niveau	poteau	Nmax (kN)	Mcorr (kN.m)	Nmax (kN)	Mcorr (kN.m)	Nmax (kN)	Mcorr (kN.m)
10	30X30	138.11	4.58	138.68	0.55	-0.41	87.99
9		303.45	6.60	115.05	8.29	62.09	-25.61
8	35X35	479.48	10.10	196.72	11.49	58.97	-13.76
7		655.25	8.90	261.16	9.88	60.14	-11.01
6		830.74	8.90	322.24	8.70	61.21	2.25
5		1006.37	8.90	388.93	6.38	61.35	28.31
4	40X40	1184.77	12.56	511.14	6.30	56.86	49.84
3		1363.36	10.90	584.60	4.18	57.12	61.65
2		1540.87	10.90	647.80	1.96	57.96	82.02
1		1718.92	10.90	720.12	0.42	58.11	96.15
RDC		1923.79	10.92	1615.53	3.87	16.02	64.56
SS	45X45	2124.00	11.59	1801.49	1.14	15.18	90.16

Commentaire IX.6.4 :

Les résultats maximums de l'effort normal sont donnés par la méthode MSE sous la combinaison 1.35G+1.5Q (ELU) (à l'exception de quelque cas)

la variation dans N_{max} et M_{corr} est moyennement élevée

Tableau IX.7.i. la variation des efforts normaux minimaux et leurs moments correspondant entre MSE et MMS dans lesens longitudinal :

		0.8G±E					
		MSE		MMS		Variation %	
Niveau	poteau	Nmin (kN)	Mcorre (kN.m)	Nmin (kN)	Mcorre (kN.m)	Nmin (kN)	Mcorre (kN.m)
10	30X30	1.74	7.33	45.49	12.26	96.17	-67.26
9		0.35	12.95	95.8	5.26	99.63	59.38
8	35X35	5.64	16.05	146.4	8.08	96.15	49.66
7		16.31	21.83	199.4	6.56	91.82	69.95
6		32.65	25.74	252.2	6.80	87.05	73.58
5		53.65	29.83	304.7	6.48	82.39	78.28
4	40X40	76.78	31.52	357.6	7.60	78.53	75.89
3		102.9	34.07	413	6.49	75.09	80.95
2		131.2	38.4	468.1	6.58	71.96	82.86
1		163.8	41.86	522.8	6.35	68.67	84.83
RDC	45X45	200.7	69.34	577.7	7.15	65.27	89.69
SS		241	121.4	643.4	6.10	62.55	94.97

Commentaire IX.6.5:

Les résultats minimums de l'effort normal sont donnés par la MSE sous la combinaison 0.8G±E, par contre le minimum des moments fléchissent correspondants est donné par la MMS

il ya des variations très élevés en N_{min} et M_{corr}

Tableau IX.7.j. La variation des efforts normaux minimaux et leurs moments correspondant entre MSE et MMS dans sens transversal :

		0.8G±E					
		MSE		MMS		Variation %	
Niveau	poteau	Nmin (kN)	Mcorre (kN.m)	Nmin (kN)	Mcorre (kN.m)	Nmin (kN)	Mcorre (kN.m)
10	30X30	42.05	17.21	82.05	4.26	48.75	75.25
9		78.78	18.9	81.09	3.81	2.85	79.84
8	35X35	112.6	30.6	123.2	4.93	8.60	83.89
7		140.8	32.99	152.9	4.56	7.91	86.18
6		166	37.9	182.2	4.58	8.89	87.92
5		190.4	31.26	215.7	4.37	11.73	86.02
4	40X40	216.4	34.3	279	5.38	22.42	84.31
3		241	34.9	317.9	4.92	24.18	85.90
2		263.8	36.1	352.5	4.87	25.15	86.51
1		285.3	37.73	392.6	4.48	27.32	88.13
RDC	45X45	305.3	48.68	481.2	5.76	36.55	88.17
SS		299.7	33.77	534.7	8.18	43.95	75.78

Commentaire IX.6.6 :

Les résultats minimums de l'effort normal sont donnés par la **MSE** et la combinaison **0.8G±E**, par contre le min des moments fléchissant correspondants sont donnés par la **MMS**.

On voit bien qu'il y a une variation moyenne dans **Nmax**, Par contre la variation de leurs moments correspondants est très élevée (**75% < Mcor < 88%**)

Tableau IX.7.k. La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts normaux correspondants entre MSE et MMS dans sens longitudinal :

		G+Q±E					
		MSE		MMS		Variation %	
Niveau	poteau	Mmax (kN)	Ncorre (kN.m)	Mmax (kN)	Ncorre (kN.m)	Mmax (kN)	Ncorre (kN.m)
10	30X30	14.49	10.19	23.69	78.76	-63.49	87.06
9		26.36	12.71	17.64	155.16	33.08	91.81
8	35X35	36.9	5.97	23.68	233.49	35.83	97.44
7		46.96	9.44	22.06	312.64	53.02	96.98
6		52.91	30.28	21.97	392.49	58.48	92.29
5		59.47	63.17	18.54	473.72	68.82	86.67
4	40X40	66.67	102.8	21.66	560.75	67.51	81.67
3		72.38	147.9	19.37	649.54	73.24	77.23
2		77.11	198.3	17.59	740.49	77.19	73.22
1		84.44	254.9	15.81	834.46	81.28	69.46
RDC	45X45	128.8	328.1	11.71	946.64	90.91	65.34
SS		68.63	403.3	4.24	1067.73	93.82	62.22

Commentaire IX.6.7 :

Les résultats maximum des moments fléchissant sont donnés par la méthode MSE et la combinaison G+Q±E

On remarque qu'il y a une variation importante ($33\% < M_{max} < 93\%$) et ($62.22\% < N_{corr} < 97\%$).

Tableau IX.7.I. La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts normaux correspondants entre MSE et MMS dans sens transversal :

		G+Q±E					
		MSE		MMS		Variation %	
Niveau	poteau	Mmax (kN)	Ncorre (kN.m)	Mmax (kN)	Ncorre (kN.m)	Mmax (kN)	Ncorre (kN.m)
10	30X30	21.19	61.44	8.05	133.8	62.01	54.08
9		22.1	130.8	6.76	130.22	69.41	-0.47
8	35X35	25.15	35.09	9.19	193.33	63.46	81.85
7		36.75	36.75	8.901	235.08	75.78	84.37
6		41.66	41.66	8.97	276.06	78.47	84.91
5	40X40	47.07	47.07	4.77	284.37	89.87	83.45
4		50.5	54.23	4.75	373.77	90.59	85.49
3		56.9	56.9	3.21	427.58	94.36	86.69
2		60.1	60.1	1.71	457.33	97.15	86.86
1	45X45	62.85	62.85	0.424	510.35	99.33	87.68
RDC		91.43	91.73	3.095	654.11	96.61	85.98
SS		104.9	60.78	2.707	709.03	97.42	91.43

Commentaire 6-b :

Les résultats maximum des moment fléchissent sont donnes par la méthode MSE et la combinaison G+Q±E,

La variation des moments et de leurs efforts normaux correspondants est très élevée tel que (50%<%Mmax<100%) et (50%<%Ncor<91%)

Remarque importante :

Les efforts normaux dans les poteaux sont tous plus grands avec la MMS que la MSE, cela dû au fait que MSE ne considère qu'un seul.

IX.8. Vérifications des conditions du RPA :

Après avoir comparé les résultats des deux méthodes (MMS , MSE), et avant d'opter pour le ferrailage convenable aux éléments structuraux, on doit passer par les vérifications suivantes exigées par le **RPA**:

1. La résultante **des forces sismiques à la base** V_t obtenue par les combinaisons de charges de la **méthode modale spectrale** qui ne doit pas être inférieure à **80 %** de la résultante des forces sismiques déterminée par la **méthode statique équivalente V** pour une valeur de la **période** fondamentale donnée par la formule empirique appropriée.
2. On doit aussi vérifier que **les déplacements inter étages** sont acceptables et que les effets du **2ème ordre** (ou effet P-D) sont négligeables.
3. Le taux de participation massique doit dépasser les 90%

IX.8.1.Vérification de l'effort tranchant à la base :

➤ **Calcul de l'effort tranchant avec la méthode statique équivalente :**

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$$

- **A = 0.15.**
- **R = 5** (structure mixte avec interaction).
- **D = 1.407** (facteur d'amplification dynamique).
- **Q = 1.10** Dans les deux sens ($Q_x = Q_y$) (chapitre VI)

- **Application numérique**

$$V_x = V_y = 2393.311 \text{ KN}$$

Tableau IX.8.a. les efforts tranchants à la base du bâtiment avec la méthode MMS et la MSE :

	V _x (kN)	V _y (kN)
MMS	3545.16	3800.47
MSE	3293.31	3293.31

$$\begin{cases} V_x \times 0.8 = 0.8 \times 2393.31 = 1914.65 \text{ KN} < V_{tx} = 3545.16 \text{ KN} \\ V_y \times 0.8 = 0.8 \times 2493.31 = 1914.65 \text{ KN} < V_{ty} = 3800.47 \text{ KN} \end{cases}$$

Conclusion:

V analytique $> 0.8V_{MSE}$ (l'article 4.3.6 du RPA99 version 2003) condition vérifiée.

IX.8.2. participations massiques :

Les valeurs des périodes et facteurs de participations massiques modales calculés par le logiciel ETABS V9.7 sont données dans le tableau suivant :

Tableau IX.7.b : les valeurs des périodes et de facteurs de participations massiques :

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	1.39	0.32	3.66	0.00	0.32	3.66	0.00	4.98	0.41	69.29	4.98	0.41	69.29
2	1.24	65.93	3.37	0.00	66.25	7.04	0.00	4.77	93.56	0.02	9.75	93.96	69.31
3	1.00	3.06	63.06	0.00	69.31	70.09	0.00	88.83	4.37	3.68	98.57	98.34	72.99
4	0.38	0.16	0.69	0.00	69.47	70.79	0.00	0.02	0.00	14.35	98.59	98.34	87.34
5	0.29	16.83	1.26	0.00	86.29	72.05	0.00	0.08	1.24	0.03	98.67	99.58	87.37
6	0.24	1.15	15.43	0.00	87.45	87.48	0.00	0.99	0.08	0.94	99.66	99.66	88.30
7	0.17	0.07	0.22	0.00	87.51	87.70	0.00	0.01	0.00	5.09	99.67	99.67	93.39
8	0.12	5.57	0.51	0.00	93.08	88.21	0.00	0.02	0.24	0.01	99.69	99.91	93.40
9	0.10	0.48	5.36	0.00	93.56	93.57	0.00	0.23	0.02	0.15	99.93	99.93	93.54
10	0.10	0.01	0.00	0.00	93.57	93.57	0.00	0.00	0.00	2.45	99.93	99.93	95.99
11	0.07	2.47	0.21	0.00	96.04	93.78	0.00	0.00	0.04	0.00	99.93	99.97	96.00
12	0.07	0.00	0.13	0.00	96.04	93.91	0.00	0.00	0.00	1.27	99.93	99.97	97.27

La condition de la participation de masse est vérifiée dans les deux sens (elle dépasse les 90% pour les modes retenus)

IX.8.3. Justification des déplacements latéraux inters-étages :

Les déplacements latéraux inters-étages sont vérifiés dans:

- Le chapitre VI (Séisme) pour la méthode statique équivalente.
- Le chapitre IX (Présentation du ETABS) pour la méthode modale spectrale.

Remarque :

Au-delà de 1% de He les maçonneries se fissure

L'une des vérifications préconisées par le RPA99 version 2003, concerne les déplacements latéraux inter-étages. En effet, selon l'article 5.10 du RPA99 version 2003, l'inégalité ci-dessous

doit nécessairement être vérifiée :

$$\bar{\Delta} = h/100 = 3,06/100 = 0,0306 \text{ m} = 3.06\text{cm} ; \text{ pour les étages courants.}$$

$$\bar{\Delta} = h/100 = 4.08/100 = 0,0408 \text{ m} = 4.08\text{cm} ; \text{ pour leSS.}$$

$$\bar{\Delta} = h/100 = 4.50/100 = 0,0450 \text{ m} = 4.5\text{cm} ; \text{ pour le RDC.}$$

Avec :

$$\delta x_k = \delta ex_k.R$$

$$\delta y_k = \delta ey_k.R$$

$$\Delta kx = \delta x_k - \delta x_{k-1}$$

$$\Delta ky = \delta y_k - \delta y_{k-1}$$

δex_k : Déplacement absolu selon x (à partir du sap2000 sous la combinaison G+Q±E).

δey_k : Déplacement absolu selon y (à partir du ETABS)

R : Coefficient de comportement de la structure.

Δkx : Déplacement relatif du niveau k par rapport au niveau k-1 dans le sens x.

Δky : Déplacement relatif du niveau k par rapport au niveau k-1 dans le sens y.

$\bar{\Delta}$: déplacement relatif admissible.

Les déplacement des deux méthodes sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX.8.c. Les déplacements relatifs :

Niveau	Sens longitudinal		Sens transversal		1%He (cm)	OBS
	MSE $\Delta k(\text{cm})$	MMS $\Delta k(\text{cm})$	MSE $\Delta k(\text{cm})$	MMS $\Delta k(\text{cm})$		
10	0.112	0.268	0.056	0.200	3.06	CV
9	0.116	0.274	0.063	0.190	3.06	CV
8	0.033	0.278	0.012	0.200	3.06	CV
7	0.033	0.282	0.014	0.200	3.06	CV
6	-0.258	0.282	0.014	0.210	3.06	CV
5	0.347	0.277	0.023	0.210	3.06	CV
4	0.029	0.267	0.012	0.200	3.06	CV
3	0.029	0.251	-0.012	0.190	3.06	CV

2	0.03	0.228	0.012	0.170	3.06	CV
1	-0.083	0.195	0.035	0.150	3.06	CV
RDC	0.148	0.209	0.058	0.160	4.5	CV
SS	0.046	0.081	0.023	0.060	4.08	CV

IX.8.4. Justification vis-à-vis de l'effet « P-Delta » :

L'effet « **P-Delta** » est un effet non linéaire (de second ordre) qui se produit dans chaque structure ou les éléments sont soumis à des charges axiales. Cet effet est étroitement lié à la valeur de la **force axiale** appliquée (**P**) et le **déplacement (Delta)**.

La valeur de l'effet « **P-Delta** » dépend de :

- La valeur de la force axiale appliquée.
- La rigidité ou la souplesse de la structure globale.
- La souplesse des éléments de la structure.

En contrôlant la souplesse, la valeur de l'effet « **P-Delta** » est souvent gérée de telle manière à être considérée négligeable et donc ignorée dans le calcul.

Il y'a deux types d'effet « **P-Delta** »:

- **Le grand effet P-Δ** : correspondant à la structure prise globalement dans son ensemble.
- **Le petit effet P-δ**: au niveau des éléments de la structure.

Le RPA99 version 2003 ne préconise que les effets du **2^{ième}** ordre ou les effets « **P-Delta** » peuvent être négliger dans le cas des bâtiments, si la condition suivante est satisfaite a tous les niveaux:

- **θ_k < 0,10** : les effets du **2^{ème}** ordre sont négligés.
- **0.10 < θ_k < 0.20** : il faut augmenter les effets de l'action sismique calculés par un facteur égale à **1/(1- θ_k)**.
- **θ_k > 0.20** : la structure est potentiellement instable et doit être redimensionnée.

$$\theta_k = \frac{P_k X \Delta_k}{V_k X H_k}$$

Avec :

P_K : poids total de la structure et des charges d'exploitations associées au dessus du niveau K.

V_K : effort tranchant d'étage au niveau 'K'.

Δ_K : déplacement relatif du niveau 'K' par rapport au niveau 'K-1'.

H_K : hauteur de l'étage 'K'.

Tableau IX.8.d. Effet P-deltas :

niveaux	P kN	H_k cm	sens X-X				sens Y-Y			
			Δ_{kx} cm	$V_x.H$ Kn.cm	$P_k.\Delta_k$ kN.cm	θ_x	Δ_{ky} cm	$V_y.H$ KN.cm	$P_k.\Delta_k$ kN.cm	θ_y
10	3199.830	306	0.268	220029.300	857.554	0.004	0.200	222755.760	639.966	0.004
9	7397.494	306	0.274	379583.820	2026.913	0.005	0.190	395241.840	1405.524	0.005
8	11683.768	306	0.278	496742.040	3248.088	0.007	0.200	527592.960	2336.754	0.006
7	15970.042	306	0.028	593226.900	450.355	0.001	0.200	636718.680	3194.008	0.001
6	20256.316	306	0.282	675360.360	5712.281	0.008	0.210	732717.000	4253.826	0.008
5	24542.590	306	0.277	746955.180	6798.297	0.009	0.210	819513.900	5153.944	0.008
4	28931.104	306	0.267	815854.140	7727.498	0.009	0.200	897736.680	5786.221	0.009
3	33319.618	306	2.515	884009.520	83798.839	0.095	0.190	967455.720	6330.727	0.087
2	37708.132	306	0.228	946090.800	8597.454	0.009	0.170	1030023.540	6410.382	0.008
1	42096.646	306	0.195	1001807.280	8208.846	0.008	0.150	1087224.120	6314.497	0.008
RDC	46533.126	450	0.209	1556541.000	9725.423	0.006	0.160	1678279.500	7445.300	0.006
S-S	51545.542	408	0.081	1446425.280	4175.189	0.003	0.060	1550591.760	3092.733	0.003

Puisque les coefficients $\theta_k < 0,1$ pour chaque niveau « k » et dans les deux sens, on peut donc négliger l'effet P-Delta dans le calcul des éléments structuraux.

X.1.Introduction :

Après avoirs tous comparé notamment , on va entamés le ferrailage des éléments structuraux avec les sections les plus défavorables.

X.2.Les portiques :**X.2.1. ferrailage des poutres :**

On opte pour les sections de la méthode modale spectrale car sont les plus défavorables.

- **Les poutres principales.**
- **En appuis :**

Tableau X.2.a: Ferrailage des poutres principales en appuis :

niveaux	M kN.m	As cm ²	A _{min} cm ²	ferrailage	A _{adop} cm ²
10	113,56	8,65	6,00	3HA16+3HA14	10,65
9	121,16	9,32	6,00	3HA16+3HA14	10,65
8	120,61	9,27	6,00	3HA16+3HA14	10,65
7	123,25	9,51	6,00	3HA16+3HA14	10,65
6	123,17	9,50	6,00	3HA16+3HA14	10,65
5	123,17	9,50	6,00	3HA16+3HA14	10,65
4	116,52	8,91	6,00	3HA16+3HA14	10,65
3	112,55	8,56	6,00	3HA16+3HA14	10,65
2	104,85	7,90	6,00	3HA16+3HA14	10,65
1	94,20	7,01	6,00	3HA16+3HA14	10,65
RDC	77,40	5,65	6,00	3HA16+3HA14	10,65
S-S	51,98	3,69	6,00	3HA16+3HA14	10,65

- En travée :

Tableau X.2.b: Ferrailage des poutres principales en travée :

niveaux	M kN.m	As cm ²	Amin cm ²	ferrailage	A _{adop} cm ²
10	54,71	3,90	6,00	3HA16	6,03
9	65,40	4,71	6,00	3HA16	6,03
8	66,49	4,19	6,00	3HA16	6,03
7	69,45	5,02	6,00	3HA16	6,03
6	71,50	5,18	6,00	3HA16	6,03
5	72,45	5,26	6,00	3HA16	6,03
4	70,66	5,12	6,00	3HA16	6,03
3	68,32	4,93	6,00	3HA16	6,03
2	63,31	4,55	6,00	3HA16	6,03
1	55,54	3,96	6,00	3HA16	6,03
RDC	43,03	3,03	6,00	3HA16	6,03
S-S	32,75	2,28	6,00	3HA16	6,03

Tableau X.2.c: Ferrailage total des poutres principales :

Niveaux	M _a kN.m	M _t kN.m	A _a cm ²	A _t cm ²	A _{tota} cm ²	A _{min} cm ²	ferrailage
10	113,56	54,71	8,65	3,90	12,55	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
9	121,16	65,40	9,32	4,71	14,03	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
8	120,61	66,49	9,27	4,19	13,46	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
7	123,25	69,45	9,51	5,02	14,53	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
6	123,17	71,50	9,50	5,18	14,68	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
5	123,17	72,45	9,50	5,26	14,76	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
4	116,52	70,66	8,91	5,12	14,03	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
3	112,55	68,32	8,56	4,93	13,49	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
2	104,85	63,31	7,90	4,55	12,45	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
1	94,20	55,54	7,01	3,96	10,97	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
RDC	77,40	43,03	5,65	3,03	8,68	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)
S-S	51,98	32,75	3,69	2,28	5,97	6,00	3HA16+3HA14 (appuis) + 3HA16 (travée)

➤ **Les poutres secondaires :**

Ces poutres supportent de faibles charges verticales et sont sollicitées principalement par les forces sismiques, dans ce cas le RPA99 version 2003 exige des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section sur appui.

• **en appuis**

Tableau X.2.a : Ferrailage des poutres secondaires en appuis :

niveaux	M kN.m	As cm ²	A _{min} cm ²	ferrailage	A _{adop} cm ²
10	69,90	6,15	4,38	3HA14+3HA12	8,01
9	54,18	4,62	4,38	3HA14+3HA12	8,01
8	51,33	4,35	4,38	3HA14+3HA12	8,01
7	50,09	4,24	4,38	3HA14+3HA12	8,01
6	47,92	4,04	4,38	3HA14+3HA12	8,01
5	43,96	3,68	4,38	3HA14+3HA12	8,01
4	38,93	3,23	4,38	3HA14+3HA12	8,01
3	35,48	2,93	4,38	3HA14+3HA12	8,01
2	30,86	2,53	4,38	3HA14+3HA12	8,01
1	28,45	2,32	4,38	3HA14+3HA12	8,01
RDC	25,42	2,06	4,38	3HA14+3HA12	8,01
S-S	21,98	1,77	4,38	3HA14+3HA12	8,01

- en travée :

Tableau X.2.b : Ferrailage des poutres secondaires en travée:

niveaux	M kN.m	As cm ²	A _{min} cm ²	ferrailage	A _{adop}
10	33,00	2,71	4,38	3HA14	4,62
9	43,37	3,63	4,38	3HA14	4,62
8	39,99	3,32	4,38	3HA14	4,62
7	41,90	3,50	4,38	3HA14	4,62
6	38,58	3,20	4,38	3HA14	4,62
5	34,59	2,85	4,38	3HA14	4,62
4	31,37	2,57	4,38	3HA14	4,62
3	28,93	2,36	4,38	3HA14	4,62
2	23,51	1,90	4,38	3HA14	4,62
1	17,92	1,44	4,38	3HA14	4,62
RDC	11,33	0,90	4,38	3HA14	4,62
S-S	10,69	0,85	4,38	3HA14	4,62

Tableau X.2.c : Ferrailage total des poutres secondaires:

Niveaux	M _a kN.m	M _t kN.m	A _a cm ²	A _t cm ²	A _{tota} cm ²	A _{min} cm ²	ferrailage
10	69,90	33,00	6,15	2,71	8,86	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14 (travée)
9	54,18	43,37	4,62	3,63	8,25	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
8	51,33	39,99	4,35	3,32	7,67	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
7	50,09	41,90	4,24	3,50	7,74	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
6	47,92	38,58	4,04	3,20	7,24	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
5	43,96	34,59	3,68	2,85	6,53	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
4	38,93	31,37	3,23	2,57	5,80	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
3	35,48	28,93	2,93	2,36	5,29	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
2	30,86	23,51	2,53	1,90	4,43	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
1	28,45	17,92	2,32	1,44	3,76	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
RDC	25,42	11,33	2,06	0,90	2,96	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)
S-S	21,98	10,69	1,77	0,85	2,62	4,38	3HA14+3HA12(appuis) + 3HA14(travée)

X.2.1.a. Vérifications a l'E.L.U :**❖ Condition de non fragilité :(Art A.4.2/BAEL91).**

$$A_s \geq A_{\min} = \frac{0.23 b d f_{28}}{f_e}$$

-Poutres principales de (30X40) : $A_{\min} = 0.23 \times 30 \times 37 \times \frac{2.1}{400} = 1.34 \text{cm}^2$

-Poutres secondaires de (25x35) : : $A_{\min} = 0.23 \times 25 \times 32 \times \frac{2.1}{400} = 0.966 \text{cm}^2$

—————> La condition de non fragilité est vérifiée.

❖ Justification à l'effort tranchant :(BAEL91.Art A.5.1)

L'étude de l'effort tranchant permet de vérifier l'épaisseur de l'âme et de déterminer les armatures transversales, et l'épure d'arrêt des armatures longitudinales.

il est théoriquement nécessaire d'effectuer des vérifications à l'ELU et à l'ELS, les phénomènes de fissuration et de déformation dus à l'effort tranchant étant moindre à l'ELS qu'à l'ELU, le règlement prévoit que seul l'ELU sera vérifiée. La justification à l'ELS se traduit uniquement par des dispositions constructives.

• Vérifications de la Contrainte tangentielle :

Pour justifiée les armatures transversales, le règlement impose la vérification suivante :

$$\tau_u = \frac{T_u}{b d} \leq \overline{\tau_u} = \min\{0.2 f_{c28} / \gamma_b ; 5 \text{MPa}\} = 3.33 \text{MPa. (Fissurations non}$$

préjudiciables).

Poutres transversales: $\tau_u = \frac{155.3 \times 10^3}{300 \times 370} = 1.39 \text{MPa}$

Poutres longitudinales: $\tau_u = \frac{112.8 \times 10^3}{250 \times 320} = 1.41 \text{MPa}$

—————> Donc les contraintes sont vérifiées.

❖ Vérification de l'adhérence des barres :

La vérification consiste à s'assurer que la contrainte d'adhérence d'entraînement τ_{se} pour chaque barre isolée (ou chaque paquet de barres), doit rester inférieur à une limite $\overline{\tau_{se}}$

$$\tau_{se} \leq \bar{\tau}_{se} = \psi_s f_{t28} = 1.5 \times 2.1 = 3.15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{se} = \frac{Tu}{0.9d \sum \mu_i}$$

Avec :

$$\sum \mu_i = \pi \times (3 \times 14) + (3 \times 12) = 245.04 \text{ mm} \longrightarrow \text{sens longitudinal}$$

$$\sum \mu_i = \pi \times (3 \times 16) + (3 \times 14) = 282.74 \text{ mm} \longrightarrow \text{sens transversal}$$

$$\text{Poutres longitudinales : } \tau_{se} = \frac{Tu}{0.9d \sum \mu_i} = \tau_{se} = \frac{112.8 \times 10^3}{0.9 \times 320 \times 245.04} = 1.59 \text{ MPa}$$

$$\text{Poutres transversales : } \tau_{se} = \frac{Tu}{0.9d \sum \mu_i} = \tau_{se} = \frac{155.3 \times 10^3}{0.9 \times 370 \times 282.74} = 2.19 \text{ MPa}$$

$$\tau_{se} \leq \bar{\tau}_{se} \text{ donc la contrainte d'adhérence est vérifiée.}$$

❖ Calcul de la longueur de scellement droit des barres :

La longueur de scellement droit est :

$$l_s = \frac{\phi f_e}{4 \bar{\tau}_{su}} \text{ avec } \bar{\tau}_{su} = 0.6 \times \psi_s^2 \times f_{c28} = 2.835 \text{ MPa}$$

$$\text{- Pour les HA16 : } l_s = 56.44 \text{ cm}$$

$$\text{- Pour les HA 14 : } l_s = 49.38 \text{ cm}$$

$$\text{- Pour les HA12 : } l_s = 42.33 \text{ cm}$$

Les règles du BAEL 91(Art A.6.1) admettant que l'ancrage d'une barre rectiligne terminé par un crochet normal est assuré lorsque la longueur de la partie ancrée, mesurée hors crochet, est au moins égale à $0,4.l_s$ pour des aciers HA.

$$\text{- Pour les HA16 } l_s = 22.58$$

$$\text{- Pour les HA14 } l_s = 19.75$$

$$\text{- Pour les HA12 : } l_s = 16.93$$

❖ **L'influence de l'effort tranchant :**

➤ **Sur le béton : (Art A.5. 1, 313/BAEL91) :**

Il faut vérifier : $\frac{2T_u}{0.9bd} \leq \frac{0.8f_{c28}}{\gamma_b}$

$$\frac{0.8f_{c28}}{\gamma_b} = 13.33 \text{ MPa}$$

- Poutres principales : $\frac{2T_u}{0.9bd} = \frac{2 \times 155.3 \times 10^3}{0.9 \times 300 \times 370} = 3.10 \text{ MPa}$

- Poutres secondaires : $\frac{2T_u}{0.9bd} = \frac{2 \times 112.8 \times 10^3}{0.9 \times 250 \times 320} = 3.13 \text{ MPa}$

$$\frac{2T_u}{0.9bd} \leq \frac{0.8f_{c28}}{\gamma_b} \quad \text{Cette condition est vérifiée dans les deux sens.}$$

➤ **Sur l'acier :**

• **Appuis intermédiaires : (Art A.5. 1, 321/BAEL91)**

D'après l'article du **BAEL91**, si la valeur absolue du moment fléchissant de Calcul vis-à-vis de l'ELU est ($M_u < 0,9 V_u \cdot d$), alors on doit prolonger les armatures entravées au de la des appuis et y ancrer une section d'armatures suffisantes pour

équilibrer l'effort tranchant qui égale : $T_u^{\max} + \frac{M_{\max}}{0.9d}$

Ou bien il faut vérifier : $\frac{2T_u}{0.9bd} \leq \frac{0.8f_{c28}}{\gamma_b}$ (déjà vérifié)

• **Appuis de rive : (Art A.5. 1. 312/BAEL91)**

Il est de bonne construction pour équilibrer l'effort tranchant V_u d'ancrer la nappe d'armature inférieure suffisante avec sa longueur de scellement. Pour cela, il faut

vérifier cette condition : $A_{t_{\text{adp}}} \geq A_s = \frac{V_{\max}}{f_e}$

Poutres principales : $A_s = \frac{V_{\max}}{f_e} = A_s = \frac{155.3 \times 10^3}{400} = 3.88 \text{ cm}^2 < A_t = 6.03 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires : $A_s = \frac{V_{\max}}{f_e} = A_s = \frac{112.8 \times 10^3}{400} = 2.82 \text{ cm}^2 < A_t = 4.62 \text{ cm}^2$

. Les armatures inférieures ancrées sur les appuis de rive sont suffisantes.

❖ **Calcul des armatures transversales :**

➤ **poutres principales :**

D'après le (BAEL 91.art .A.7.2.2) le diamètre des armatures transversales est donne par :

$$\phi_t \leq \min (h/35, \phi_{Long}, b/10) = \min(11.42\text{mm}, 16\text{mm}, 30\text{mm}).$$

On prend: $\phi_t = 8\text{mm}$.

Les armatures transversales sont réalisées par un cadre et un étrier de $\Phi 8$.

Soit $A_t = 4HA8 = 2,01 \text{ cm}^2$.

❖ **Calcul des espacements :**

• **BAEL91 (Art. A .5.1, 22/ BAEL 91):**

$$S_t \leq \min (0,9d, 40\text{cm},) = \min(33.3\text{cm}, 40\text{cm}) = 33.3\text{cm}$$

On prend $S_t = 15\text{cm}$.

• **RPA99 version 2003:**

$$\text{Zone nodale: } S_t \leq \min (h/4, 12\phi_L) = \min (10, 16.8) = 10\text{cm}$$

$$\text{Zone courante} \Rightarrow S_t \leq h/2 = 20\text{cm}.$$

$$\Rightarrow S_t = 10 \text{ cm en zone nodale.}$$

$$\Rightarrow S_t = 15 \text{ cm en zone courante.}$$

➤ **poutres secondaires :**

D'après le (BAEL 91.art .A.7.2.12) le diamètre des armatures transversales est donne

$$\phi_t \leq \min (h/35, \phi_{Long}, b/10) = \min(10\text{mm}, 14\text{mm}, 25\text{mm}).$$

On prend: $\phi_t = 8\text{mm}$

Les armatures transversales sont réalisées par un cadre et un étrier de $\Phi 8$.

Soit $A_t = 4HA8 = 2,01 \text{ cm}^2$.

• **Calcul des espacements :**

BAEL91 (Art. A .5.1, 22/ BAEL 91):

$$S_t \leq \min (0,9d, 40\text{cm},) = \min(28.8\text{cm}, 40\text{cm}) = 28.8\text{cm}$$

On prend $S_t = 15\text{cm}$.

RPA99 version 2003:

Zone nodale: $S_t \leq \min (h/4, 12\phi_L) = \min (8.75, 16.8) = 8.75\text{cm}$

Zone courante $\Rightarrow S_t \leq h/2 = 17.5\text{cm}$.

$\Rightarrow S_t = 6\text{cm}$ en zone nodale.

$\Rightarrow S_t = 10\text{ cm}$ en zone courante.

❖ **Délimitation de la zone nodale :**

La longueur de la zone nodale L' est égale a deux fois la hauteur de la poutre considéré :

$L' = 2xh$

Poutres principales : $L' = 2 \times 40 = 80\text{cm}$.

Poutres secondaires : $L' = 2 \times 35 = 70\text{cm}$.

Remarque :

Le premier cadre d'armatures transversales sera dispose a 5cm du nu de l'appui.

❖ **Pourcentage minimum des armatures transversales :**

RPA99 version 2003:

La quantité d'armatures minimales est :

Poutres principales : $A_{\min}^t = 0.003 S_t b = 0.003 \times 15 \times 30 = 1.35\text{ cm}^2$.

Poutres secondaires: $A_{\min}^t = 0.003 S_t b = 0.003 \times 15 \times 25 = 1.125\text{ cm}^2$.

condition vérifiée.

❖ **Dispositions constructives pour les armatures longitudinales:**

Pour la détermination de la longueur des chapeaux et des barres inferieures de second lit, il y'a lieu d'observer les recommandations suivantes qui stipulent que :

La longueur des chapeaux a partir des murs d'appuis est au moins égale :

- $a/5$ de la plus grande portée des deux travées encadrant l'appui considère s'il s'agit d'un appui n'appartenant pas a une travée de rive.

- $a/4$ des plus grandes portées des deux travées encadrant l'appui considère 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 prolongées jusqu' aux appuis et les armatures de second lit sont arrêtées a une distance des appuis au plus égale a 1/10 de la porté.

X.1.1.b.Vérification a l'ELS :

❖ Etat limite d'ouverture des fissures :

La fissuration dans le cas des poutres étant considère peu nuisible, alors cette vérification n'est pas nécessaire.

❖ Etat limite de résistance du béton en compression : (BAEL91/ A.4.5.2

Il faut vérifier que la contrainte de compression du béton ne doit pas dépasser la contrainte admissible :

$$\sigma_{bc} = \frac{\sigma_s}{K_1} \leq \sigma_{bc} = 0.6f_{c28} = 15\text{MPa}$$

Pour le calcul des contrainte σ_{bc} et σ_s

$$\text{On détermine } \rho_1 = \frac{100.A}{b_0 d}$$

Déduire les valeurs de β_1 et K_1

$$\sigma_{bc} = \frac{\sigma_s}{K_1} \text{ et } \sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{\beta.d.A_s}$$

Avec :

A : Armatures adoptées à l'ELU.

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

➤ Poutres transversales :

✓ En appuis

Tableau X.3.a : Vérification la contrainte de compression dans les poutres principales en appuis :

niveaux	M_{smax} kN.cm	A_u cm ²	ρ_1	β_1	K_1	σ_s kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	OBS
10	5497,096	10,650	0,959	0,863	21,500	16,165	0,752	1,500	vérifiée
9	5522,035	10,650	0,959	0,863	21,500	16,238	0,755		vérifiée
8	5139,404	10,650	0,959	0,863	21,500	15,113	0,703		vérifiée
7	5060,311	10,650	0,959	0,863	21,500	14,880	0,692		vérifiée
6	4866,143	10,650	0,959	0,863	21,500	14,309	0,666		vérifiée
5	4628,192	10,650	0,959	0,863	21,500	13,610	0,633		vérifiée
4	4209,625	10,650	0,959	0,863	21,500	12,379	0,576		vérifiée
3	3980,793	10,650	0,959	0,863	21,500	11,706	0,544		vérifiée
2	3687,963	10,650	0,959	0,863	21,500	10,845	0,504		vérifiée
1	3372,862	10,650	0,959	0,863	21,500	9,918	0,461		vérifiée
RDC	3192,833	10,650	0,959	0,863	21,500	9,389	0,437		vérifiée
S-S	3150,952	10,650	0,959	0,863	21,500	9,266	0,431	vérifiée	

✓ En travée :

Tableau X.3.b : Vérification la contrainte de compression dans les poutres principales en travée :

niveaux	M_{tmax} kN.cm	A_u cm ²	ρ_1	β_1	K_1	σ_s kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	obs
10	2416,939	6,030	0,543	0,890	30,450	12,172	0,400	1,500	vérifiée
9	2290,720	6,030	0,543	0,890	30,450	11,536	0,379		vérifiée
8	2256,607	6,030	0,543	0,890	30,450	11,364	0,373		vérifiée
7	2268,416	6,030	0,543	0,890	30,450	11,424	0,375		vérifiée
6	2270,379	6,030	0,543	0,890	30,450	11,434	0,375		vérifiée
5	2275,035	6,030	0,543	0,890	30,450	11,457	0,376		vérifiée
4	2281,099	6,030	0,543	0,890	30,450	11,488	0,377		vérifiée

3	2283,569	6,030	0,543	0,890	30,450	11,500	0,378	vérifiée
2	2286,652	6,030	0,543	0,890	30,450	11,516	0,378	vérifiée
1	2290,799	6,030	0,543	0,890	30,450	11,537	0,379	vérifiée
RDC	2292,731	6,030	0,543	0,890	30,450	11,546	0,379	vérifiée
S-S	2307,970	6,030	0,543	0,890	30,450	11,623	0,382	vérifiée

➤ **Poutres secondaires :**

✓ **En appuis**

Tableau X.4.a : Vérification de la contrainte de compression dans les poutres secondaires en appuis :

niveaux	M_{smax} kN.cm	A_u cm ²	ρ_1	β_1	K_1	σ_s kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	obs
10	4956,162	8,010	1,001	0,860	20,710	22,484	1,086	1,500	vérifiée
9	3809,637	8,010	1,001	0,860	20,710	17,282	0,834		vérifiée
8	3606,189	8,010	1,001	0,860	20,710	16,359	0,790		vérifiée
7	3579,520	8,010	1,001	0,860	20,710	16,238	0,784		vérifiée
6	3364,243	8,010	1,001	0,860	20,710	15,262	0,737		vérifiée
5	3085,488	8,010	1,001	0,860	20,710	13,997	0,676		vérifiée
4	2730,642	8,010	1,001	0,860	20,710	12,388	0,598		vérifiée
3	2488,751	8,010	1,001	0,860	20,710	11,290	0,545		vérifiée
2	2188,422	8,010	1,001	0,860	20,710	9,928	0,479		vérifiée
1	2017,936	8,010	1,001	0,860	20,710	9,154	0,442		vérifiée
RDC	1803,936	8,010	1,001	0,860	20,710	8,184	0,395	vérifiée	
S-S	1560,896	8,010	1,001	0,860	20,710	7,081	0,342	vérifiée	

✓ **En travée :**

Tableau X.4.b : Vérification la contrainte de compression dans les poutres secondaires travée :

niveaux	M_{tmax} kN.cm	A_u cm ²	ρ_1	β_1	K_1	σ_s kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	σ_{bc} kN/cm ²	obs
10	2353,635	4,620	0,578	0,887	29,250	17,948	0,614		vérifiée
9	3054,979	4,620	0,578	0,887	29,250	23,297	0,796		vérifiée
8	2806,100	4,620	0,578	0,887	29,250	21,399	0,732		vérifiée

7	2940,020	4,620	0,578	0,887	29,250	22,420	0,766	1,500	vérifiée
6	2706,310	4,620	0,578	0,887	29,250	20,638	0,706		vérifiée
5	2425,233	4,620	0,578	0,887	29,250	18,494	0,632		vérifiée
4	2197,898	4,620	0,578	0,887	29,250	16,761	0,573		vérifiée
3	2026,898	4,620	0,578	0,887	29,250	15,457	0,528		vérifiée
2	1030,218	4,620	0,578	0,887	29,250	7,856	0,269		vérifiée
1	1254,539	4,620	0,578	0,887	29,250	9,567	0,327		vérifiée
RDC	804,954	4,620	0,578	0,887	29,250	6,138	0,210		vérifiée
S-S	760,084	4,620	0,578	0,887	29,250	5,796	0,198		vérifiée

❖ **Etat limite de déformation :**

La flèche développe au niveau de la poutre doit rester suffisamment petite par rapporta la flèche admissible pour ne pas nuire a l’aspect et l’utilisation de la construction.

D’après les règles du **BAEL91**, on se dispense du calcul de la flèche si les trois conditions suivantes :

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} \quad \frac{h}{l} \geq \frac{Mt}{10M_0} \quad \frac{As}{bd} \leq \frac{4.2}{f_e}$$

As : Armatures adoptée en travée.

f e: Limite élastique des aciers (400 Mpa).

Mt : Moment max a l’ELS.

Me : Moment max isostatique.

➤ **Poutre transversale :**

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{L} &\geq \frac{1}{16} & \frac{40}{450} &= 0.088 > \frac{1}{16} = 0.0625 \\ \frac{As}{bd} &\leq \frac{4.2}{f_e} & \frac{6.03}{30 \times 37} &= 0.0054 < \frac{4.2}{400} = 0.0105 \\ \frac{h}{L} &\geq \frac{Mt}{10M_0} & \frac{40}{450} &= 0.088 > \frac{54.97}{10 \times 123.17} = 0.04 \end{aligned} \right\} \text{Toutes les conditions sont vérifiées}$$

➤ **Poutre s secondaires :**

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{L} &\geq \frac{1}{16} & \frac{35}{343} &= 0.102 > \frac{1}{16} = 0.0625 \\ \frac{As}{bd} &\leq \frac{4.2}{f_e} & \frac{4.62}{25 \times 32} &= 0.0057 < \frac{4.2}{400} = 0.0105 \\ \frac{h}{L} &\geq \frac{Mt}{10M_0} & \frac{35}{343} &= 0.102 > \frac{49.56}{10 \times 69.90} = 0.07 \end{aligned} \right\} \text{Toutes les conditions sont vérifiés}$$

X.2.2.Ferrailage des poteaux :**X.2.2.a. Les recommandations du RPA :****❖ Les armatures longitudinales :**

Les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droites et sans crochets.

- Leur pourcentage minimal est de :
0,8%(bxh) en zone **IIa**.
- Leur pourcentage maximal est de :
4%(bxh) en zone courante.
6%(bxh) en zone de recouvrement.
- Leur diamètre minimal est de **12mm**.
- La longueur minimale de recouvrement est de **40φ**.
- La distance entre barres verticales dans une face de poteau ne doit pas dépasser 25cm.
- Les jonctions par recouvrement doivent être faites si possible, à l'extérieur des zones nodales.

❖ Les d'armatures transversales:

La section d'armatures transversales est donnée par:

$$\frac{A_t}{S_t} = \frac{\rho_a \cdot V_u}{h_t \cdot f_e}$$

Avec :

V_u : Effort tranchant de calcul.

h_t : Hauteur totale de la section de calcul.

f_e : Contrainte limite élastique d'armatures transversales.

ρ_a : Coefficient correcteur qui tient compte du mode fragile de rupture par effort tranchant :

- ✓ $\rho_a = 2,5$ si λ_g (élancement géométrique) ≥ 5 dans la direction considérée.
- ✓ $\rho_a = 3,75$ si $\lambda_g < 5$.

St : C'est l'espace entre les armatures transversales.

- ✓ $St \leq \min (10\phi_L, 15 \text{ cm}) \Rightarrow$ en zone nodale.
- ✓ $St \leq 15\phi_L \Rightarrow$ en zone courante.

ϕ_L : Diamètre minimal des armatures longitudinales.

- **Armatures transversales minimales:**

$A_t / St.b$ en % sera comme suit:

- ✓ si : $\lambda_g \geq 5 \Rightarrow 0,3\%$.
- ✓ si : $\lambda_g \leq 3 \Rightarrow 0,8\%$.
- ✓ si : $3 < \lambda_g < 5 \Rightarrow$ interpoler entre les valeurs précédentes.

$$\lambda_g = (l_f/a, l_f/b).$$

Les cadres et les étiers doivent être fermés par des crochets à 135° ayant une longueur droite de $10\phi_t$ minimum.

X.2.2.b. Calcul des armatures longitudinales :

Les poteaux sont calculés sous la combinaison de charge la plus défavorable selon les deux directions principales puis vérifiés à l'ELS en flexion composée, sous un effort de compression N et un moment de flexion M.

Le calcul s'effectuera en considérant les combinaisons suivantes :

- ✓ Nmax et Mcorr
- ✓ Mmax et Ncorr
- ✓ Nmin et Mcorr

Les sections d'acier adoptée sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau X.5.Ferrailage des poteaux :

Niv	Solli	Sens transversal		Sens longitudinal		Somme A cm ²	A _{min} cm ²	Choix	Section Adoptée cm ²
		A ₁ cm ²	A ₁ cm ²	A ₁ cm ²	A ₂ cm ²				
9 et 10	Mmax kN.m	0.65	/	0.7	/	1.35	7.2	8HA12	9.05
	Nmin Kn	/	/	0.1	/	0.1	7.2	8HA12	9.05
	Nmax kN	0.18	/	/	/	0.18	7.2	8HA12	9.05
5,6,7 et 8	Mmax kN.m	/	/	0.53	/	0.53	9.8	8HA14	12.31
	Nmin kN	/	/	0.68	/	0.68	9.8	8HA14	12.31
	Nmax kN	/	/	/	/	/	9.8	8HA14	12.31
4,3,2 et 1	Mmax kN.m	/	/	/	/	/	12.8	8HA14+ 4HA12	16.83
	Nmin kN	/	/	/	/	/	12.8	8HA14+ 4HA12	16.83
	Nmax kN	/	/	/	/	/	12.8	8HA14+ 4HA12	16.83
RDC et SS	Mmax kN.m	/	/	/	/	/	16.2	12HA14	18.47
	Nmin kN	/	/	/	/	/	16.2	12HA14	18.47
	Nmax kN	/	/	/	/	/	16.2	12HA14	18.47

X.2.2.c. Calcul des armatures transversales :

Les armatures transversales sont disposées dans des plans perpendiculaires à l'axe longitudinal de la pièce entourant les armatures longitudinales en formant une ceinture de manière à empêcher tout mouvement de celle-ci vers la paroi.

Le diamètre ϕ_t des armatures transversales doit être: $\phi_t \geq \frac{\phi_L^{\max}}{3} = 4.67\text{mm}$.

Soit : $\Phi_t = 8 \text{ mm}$

Les armatures longitudinales seront encadrées avec deux cadres de section transversales : $A_t = 4HA8 = 2,01\text{cm}^2$

➤ **L'espace des armatures transversales :**

- ✓ En zone nodale : $st = 10\text{ cm}$
- ✓ En zone courante : $st = 15\text{ cm}$

➤ **Délimitation de la zone nodale :**

$$h' = \max\left(\frac{h_e}{6}; b_1; 60\text{cm}\right) = 70\text{cm}$$

X.2.2.d. Les vérifications :

A. La quantité minimale d'armatures transversales :

Calcul de l'élancement géométrique λ_g :

$$\lambda_g = \frac{l_f}{a} \text{ ou } \frac{l_f}{b} \text{ avec } l_f = 0,7l_0$$

avec :

l_0 : Longueur libre d'étage et $a=b$ (poteaux carrés).

- ✓ $h=3,06\text{m} \Rightarrow l_0=3,06-0,4=2,66\text{m} \Rightarrow l_f=0,7 \times 2,66 = 1,862\text{m}$.
- ✓ $h=4,5\text{m} \Rightarrow l_0=4,5-0,4=4,1\text{m} \Rightarrow l_f=0,7 \times 4,1=2,87\text{m}$.
- ✓ $h=4,08\text{m} \Rightarrow l_0=4,08-0,4=3,68\text{m} \Rightarrow l_f=0,7 \times 3,68=2,576\text{m}$.

poteau	30x30	35x35	40x40	45x45(RDC)	45x45(SS)
λ_g	6.2	5.32	4.65	6.37	5.72

Nous avons :

- Pour le cas des poteaux (30x30), (35x35) et (45x45) : $\lambda_g > 5$

$$\Rightarrow \frac{At}{St.b} = 0,3\%$$

$$A_{\min} = 0,3\% \cdot St \cdot b = 0,003 \cdot 15 \cdot 30 = 1,35\text{cm}^2$$

$$A_t = 2,01\text{cm}^2 > A_{\min} \Rightarrow \text{Donc nous adoptons : } \phi_t = 8\text{mm}$$

- Pour les poteaux (40x40) : $3 < \lambda_g = 4,65 < 5$

⇒ En faisant l'interpolation on aura :

$$\frac{A_t}{S_{tb}} = 0.3875\%$$

$$A_{\min} = 0,3875\% \cdot S_{tb} = 0,003875 \cdot 15 \cdot 30 = 1.74375 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{\min} \Rightarrow \text{Donc nous adoptons : } \phi_t = 8 \text{ mm}$$

B. La quantité d'armatures transversales :

- Leur pourcentage minimal est de :

$$A_{\min} = 0,8\%(b \cdot h) = 7,2 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

- Leur pourcentage maximal est de :

$$\checkmark \text{ En zone courante : } A_{\max} = 4\%b \cdot h = 0,04 \cdot 30 \cdot 30 = 36 \text{ cm}^2$$

$$\checkmark \text{ En zone de recouvrement : } A_{\max} = 6\%b \cdot h = 0,06 \cdot 30 \cdot 30 = 54 \text{ cm}^2$$

- La longueur minimale de recouvrement : $l_r = 40\phi = 40 \times 1,4 = 56 \text{ cm}$

$$\text{On prend : } l_r = 60 \text{ cm}$$

C. Vérification à L'ELS :

Pour le cas des poteaux, on vérifie l'état limite de compression du béton

- **Vérification d'une section partiellement comprimée : $e_s > \frac{h}{6}$**

- ✓ Pour vérifier les contraintes du béton on doit calculer :

$$y_1 = y_2 + l_c$$

Avec :

y_1 : la distance entre l'axe neutre à L' ELS et la fibre la plus comprimée ;

y_2 : la distance entre l'axe neutre à L' ELS et le centre de pression C_p ;

l_c : la distance entre l'axe de pression C_p et la fibre la plus comprimée ;

- ✓ y_2 est obtenu avec la résolution de l'équation suivante :

$$y_2^3 + p \cdot y_2 + q = 0$$

Avec :

$$l_c = \frac{h}{2} - e_s$$

$$p = -3 \times l_c^2 - 6.n.A'_u \cdot \frac{l_c - c'}{b} + 6.n.A_u \cdot \frac{d - l_c}{b}$$

$$q = -2 \times l_c^3 - 6.n.A'_u \cdot \frac{(l_c - c')^2}{b} - 6.n.A_u \cdot \frac{(d - l_c)^2}{b}$$

Pour la résolution de l'équation, on calcul Δ :

$$\Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27}$$

$$\text{Si } \Delta \geq 0 : t = 0,5(\sqrt{\Delta} - q); u = \sqrt[3]{t}; y_2 = u - \frac{p}{3.u}$$

Si $\Delta > 0 \Rightarrow$ l'équation admet trois racines

$$y_2^1 = a \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3}\right); y_2^2 = a \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3} + 120\right); y_2^3 = a \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3} + 240\right)$$

Avec :

$$\alpha = \arccos\left(\frac{3.q}{2.p} \times \sqrt{\frac{-3}{p}}\right); a = 2 \cdot \sqrt{\frac{-p}{3}}$$

On tiendra pour y_2 la valeur positive ayant un sens physique tel que :

$$0 < y_1 = y_2 + l_c < h$$

Donc : $y_1 = y_2 + l_c$

$$I = \frac{b \cdot y_1^3}{3} + 15 \times \left[A_u \cdot (d - y_1)^2 + A'_u \cdot (y_1 - d')^2 \right]$$

➤ **Vérification des contraintes de compression dans le béton (BAEL91 Art .A.4.5.2)**

$$\overline{\sigma}_b = 0,6 \cdot f_{c28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = \frac{y_2 \times N_s}{I} \cdot y_1 \leq \overline{\sigma}_b$$

➤ **Vérification d'une section entièrement comprimée : ($e_s < h/6$)**

On calcul l'aire de la section homogène totale :

$$S = b \cdot h + 15 \cdot (A_1 + A_2)$$

On détermine la position du centre de gravité résistant qui est situé à une distance X_G au dessus du CDG géométrique :

$$X_G = 15 \cdot \frac{A_1 \cdot (0,5h - c') - A_2 \cdot (d - 0,5h)}{b \cdot h + 15 \cdot (A_1 + A_2)}$$

On calcule l'inertie de la section homogène totale :

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot X^2 + 15 \cdot [A_1 \cdot (0,5h - c' - X_G)^2 + A_2 \cdot (d - 0,5h + X_G)^2]$$

Les contraintes dans le béton sont données par les formules suivantes :

$$\sigma_{\text{sup}} = \frac{N_{\text{ser}}}{S} + \frac{N_{\text{ser}} \cdot (e_s - X_G) \cdot \left(\frac{h}{2} - X_G\right)}{I}$$

$$\sigma_{\text{inf}} = \frac{N_{\text{ser}}}{S} - \frac{N_{\text{ser}} \cdot (e_s - X_G) \cdot \left(\frac{h}{2} + X_G\right)}{I}$$

Remarque :

Si les contraintes sont négatives on refait le calcul avec une section partiellement comprimée.

On vérifie que la plus grande de ces contraintes ne dépasse pas la contrainte admissible du béton.

Les vérifications faites sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau X.6. Vérification des SEC selon le sens longitudinal :

Niveau	Section du poteau	sollicitation	N_s kN	M_s kN	e_s cm	$h/6$ cm	nature	$A_1=A_2$ cm ²	S cm ²	X_{cmG}	I cm ⁴	h cm	σ_{inf} KN/cm ²	σ_{sup} KN/cm ²	$\overline{\sigma_{bc}}$ KN/cm ²	OBS
10	30*30	Mmax kN.m	62	72.1	116.2	5	SPC	4.525	/	/	/	30	/	/	/	/
		Nmin kN	13.9	1.31	9.42	5	SPC	4.525	/	/	/	30	/	/	/	/
		Nmax kN	145	6.21	4.28	5	SEC	4.525	1035.75	0	87048	30	0.25	0.03	1.5	Vérifiée
9	30*30	Mmax kN.m	186	78.6	42.35	5	SPC	4.525	/	/	/	30	/	/	/	/
		Nmin kN	71.1	0.38	0.53	5	SEC	4.525	1035.75	0	87048	30	0.08	0.06	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	209	30.6	14.63	5	SPC	4.525	/	/	/	30	/	/	/	/
8	35*35	Mmax kN.m	306	97.9	32.01	6	SPC	6.155	/	/	/	35	/	/	/	/
		Nmin kN	134	0.51	0.38	6	SEC	6.155	1409.65	0	127640	35	0.1	0.09	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	345	39.5	11.44	6	SPC	6.155	/	/	/	35	/	/	/	/
7	35*35	Mmax kN.m	408	68.4	16.76	6	SPC	6.155	/	/	/	35	/	/	/	/
		Nmin kN	181	3.94	2.18	6	SEC	6.155	1409.65	0	127640	35	0.18	0.07	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	479	37	7.72	6	SPC	6.155	/	/	/	35	/	/	/	/

Tableau X.6. Vérification des SEC selon le sens longitudinal suite :

6	35*35	Mmax kN.m	543	94.5	17.4	6	SPC	6.155	/	/		35	/	/	/	/
		Nmin kN	225	0.05	0.02	6	SEC	6.155	1409.65	0	127640	35	0.16	0.16	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	617	34.8	5.64	6	SEC	6.155	1409.65	0	127640	35	0.92	-0.04	1.5	Vérifiée
5	35*35	Mmax kN.m	670	81.7	12.19	6	SPC	6.155	/	/		35	/	/	/	/
		Nmin kN	27	0.39	1.44	6	SEC	6.155	1409.65	0	127640	35	0.02	0.01	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	761	29.1	3.82	6	SEC	6.155	1409.65	0	127640	35	0.94	0.14	1.5	Vérifiée
4	40*40	Mmax kN.m	804	98.4	12.25	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/
		Nmin kN	36.3	0.99	2.73	7	SEC	8.415	1455.85	0	280049	40	0.03	0.02	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	91.2	34.3	37.62	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/
3	40*40	Mmax kN.m	940	92.7	9.87	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/
		Nmin kN	414	1.34	0.32	7	SEC	8.415	1455.85	0	280049	40	0.29	0.27	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	1066	28.3	2.66	7	SEC	8.415	1455.85	0	280049	40	0.93	0.53	1.5	Vérifiée
		Mmax kN.m	1240	98	7.9	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/

Tableau X.6. Vérification des SEC selon le sens longitudinal suite :

2	40*40	Nmin kN	462	2.05	0.44	7	SEC	8.415	1455.85	0	280049	40	0.33	0.3	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	1401	16.6	1.18	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/
1	40*40	Mmax kN.m	1240	98	7.9	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/
		Nmin kN	363	0.99	0.27	7	SEC	8.415	1455.85	0	280049	40	0.26	0.24	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	1401	16.6	1.18	7	SPC	8.415	/	/		40	/	/	/	/
RDC	45*45	Mmax kN.m	306	97.9	32.01	8	SPC	9.235	/	/		45	/	/	/	/
		Nmin kN	232	4.15	1.79	8	SEC	9.235	2302.05	0	447067	45	0.12	0.08	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	1601	0.2	0.01	8	SEC	9.235	2302.05	0	447067	45	0.7	0.69	1.5	Vérifiée
SS	45*45	Mmax kN.m	209	30.6	14.63	8	SPC	9.235	/	/		45	/	/	/	/
		Nmin kN	31.8	0.77	2.42	8	SEC	9.235	2302.05	0	447067	45	0.02	0.01	1.5	Vérifiée
		Nmax kN	1652	2.78	0.17	8	SEC	9.235	2302.05	0	447067	45	0.73	0.7	1.5	Vérifiée

Tableau X.7. Vérification des SEC selon le sens transversal :

Section	Sollicit	Ns kN	Ms kN.m	e cm	h/6 cm	Nature	A ₁ =A ₂ cm ²	S cm ²	X _G cm	I cm ⁴	h cm	σ_{inf} kN/m ₂	σ_{sup} kN/m ₂	$\overline{\sigma bc}$ kN/m ²	OBS
30*30	Mmax kN.m	51.10	60.88	119.14	5.00	SPC	4.525	/	/	/	30.00	/	/	/	/
	Nmin kN	13.90	0.91	6.55	5.00	SPC	4.525	/	/	/	30.00	/	/	/	/
	Nmax kN	145.10	32.75	22.57	5.00	SPC	4.525	/	/	/	30.00	/	/	/	/
30*30	Mmax kN.m	209.10	35.79	17.12	5.00	SPC	4.525	/	/	/	30.00	/	/	/	/
	Nmin kN	71.10	5.37	7.55	5.00	SPC	4.525	/	/	/	30.00	/	/	/	/
	Nmax kN	209.10	35.79	17.12	5.00	SPC	4.525	/	/	/	30.00	/	/	/	/
35*35	Mmax kN.m	305.70	48.35	15.82	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/
	Nmin kN	133.80	9.34	6.98	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/
	Nmax kN	345.10	47.56	13.78	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/
35*35	Mmax kN.m	421.60	44.40	10.53	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/
	Nmin kN	181.11	0.75	0.41	6.00	SEC	6.155	1409.65	0.00	127640.26	35.00	0.14	0.12	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	478.80	43.20	9.02	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/

Tableau X.7. Vérification des SEC selon le sens transversal suite :

35*35	Mmax kN.m	542.80	44.11	8.13	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/
	Nmin kN	225.00	0.81	0.36	6.00	SEC	6.155	1409.65	0.00	127640.26	35.00	0.17	0.15	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	617.10	42.37	6.87	6.00	SPC	6.155	/	/	/	35.00	/	/	/	/
35*35	Mmax kN.m	670.40	36.99	5.52	6.00	SEC	6.155	1409.65	0.00	127640.26	35.00	0.98	-0.03	1.50	Vérifiée
	Nmin kN	27.02	0.63	2.33	6.00	SEC	6.155	1409.65	0.00	127640.26	35.00	0.03	0.01	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	761.30	35.20	4.62	6.00	SEC	6.155	1409.65	0.00	127640.26	35.00	1.02	0.06	1.50	Vérifiée
40*40	Mmax kN.m	803.60	43.74	5.44	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	0.86	0.24	1.50	Vérifiée
	Nmin kN	36.26	0.76	2.10	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	0.03	0.02	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	91.18	41.20	45.19	7.00	SPC	8.415	/	/	/	40.00	/	/	/	/
40*40	Mmax KN.m	939.70	40.30	4.29	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	0.93	0.36	1.50	Vérifiée
	Nmin kN	413.90	0.65	0.16	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	0.29	0.28	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	1065.80	37.73	3.54	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	1.00	0.46	1.50	Vérifiée
	Mmax kN.m	1240.40	39.89	3.22	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	1.14	0.57	1.50	Vérifiée

Tableau X.7. Vérification des SEC selon le sens transversal suite :

40*40	Nmin kN	462.00	0.42	0.09	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	0.32	0.31	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	1400.60	36.71	2.62	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	1.22	0.70	1.50	Vérifiée
40*40	Mmax kN.m	1240.40	39.89	3.22	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	1.14	0.57	1.50	Vérifiée
	Nmin kN	362.60	0.76	0.21	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	0.25	0.24	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	1400.60	36.71	2.62	7.00	SEC	8.415	1455.85	0.00	280048.98	40.00	1.22	0.70	1.50	Vérifiée
45*45	Mmax kN.m	305.70	48.35	15.82	8.00	SPC	9.235	/	/	/	45.00	/	/	/	/
	Nmin kN	232.10	11.89	5.12	8.00	SEC	9.235	2302.05	0.00	447067.01	45.00	0.16	0.04	1.50	Vérifiée
	Nmax kN	1601.10	6.81	0.43	8.00	SEC	9.235	2302.05	0.00	447067.01	45.00	0.73	0.66	1.50	Vérifiée
45*45	Mmax kN.m	69.30	49.57	71.53	8.00	SPC	9.235	/	/	/	45.00	/	/	/	/
	Nmin kN	31.80	12.46	39.18	8.00	SPC	9.235	/	/	/	45.00	/	/	/	/
	Nmax kN	1652.20	4.09	0.25	8.00	SEC	9.235	2302.05	0.00	447067.01	45.00	0.74	0.70	1.50	Vérifiée

Tableau X.8. Vérification des SPC selon le sens longitudinal :

Niveaux	Section	Solli	Ns kN	Ms kN.m	e cm	h/6 cm	Nature	P	q	Y2 cm	Y1 cm	σ_b KN/cm ²	σ_s KN/cm ²	$\overline{\sigma_{bc}}$ KN/cm ²	$\overline{\sigma_s}$ KN/cm ²	OBS
10	30*30	Mmax kN.m	62.00	72.06	116.23	5.00	SPC	-11806.81	-212925.5	119.63	18.4	0.27	1.86	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	13.90	1.31	9.42	5.00	SPC	1441.98	-49476.29	20.92	26.49	0.04	0.01	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmax kN	145.10	6.21	4.28	5.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
9	30*30	Mmax kN.m	185.60	78.61	42.35	5.00	SPC	4654.74	-302043.8	11.49	-15.87	-0.44	17.99	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	71.10	0.38	0.53	5.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	209.10	30.60	14.63	5.00	SPC	2018.71	-72138.8	-11.6	-8.74	1.12	-7.82	1.5	34.8	Vérifiée
8	35*35	Mmax kN.m	305.70	97.85	32.01	6.00	SPC	5447.75	-255765.4	11.09	-3.41	0.31	-4.86	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	133.80	0.51	0.38	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	345.10	39.48	11.44	6.00	SPC	2062.62	-80868.68	31.49	37.55	0.52	-1.15	1.5	34.8	Vérifiée
7	35*35	Mmax kN.m	407.79	68.35	16.76	6.00	SPC	3181.72	-111955.7	18.4	19.14	0.16	15.91	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	181.11	3.94	2.18	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	478.80	36.95	7.72	6.00	SPC	1178.59	-66628.98	32.29	42.07	0.64	-2.29	1.5	34.8	Vérifiée

Tableau X.8. Vérification des SPC selon le sens longitudinal suite :

6	35*35	Mmax kN.m	542.80	94.46	17.40	6.00	SPC	3305.13	-116481.3	14.15	14.24	0.47	8.849	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	225.00	0.05	0.02	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	617.10	34.81	5.64	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	35*35	Mmax kN.m	670.40	81.69	12.19	6.00	SPC	2229.56	-84491.73	13.36	18.68	0.27	29.13	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	27.02	0.39	1.44	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	761.30	29.11	3.82	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	40*40	Mmax kN.m	803.60	98.43	12.25	7.00	SPC	2602.7	-121639.8	9.78	17.54	0.43	7.079	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	36.26	0.99	2.73	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	91.18	34.30	37.62	7.00	SPC	7615.8	-414495.4	52.85	35.23	0.13	0.1	1.5	34.8	Vérifiée	
3	40*40	Mmax kN.m	939.70	92.73	9.87	7.00	SPC	1934.1	-109203.4	16.2	26.33	0.20	12.39	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	413.90	1.34	0.32	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	1065.80	28.30	2.66	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau X.8. Vérification des SPC selon le sens longitudinal suite :

2	40*40	Mmax kN.m	1240.40	98.04	7.90	7.00	SPC	1356.86	-101393.1	21.73	33.83	0.19	2.67	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	462.00	2.05	0.44	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	1400.60	16.59	1.18	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1	40*40	Mmax kN.m	1240.40	98.04	7.90	7.00	SPC	1356.86	-101393.1	21.73	33.83	0.19	2.67	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	362.60	0.99	0.27	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	1400.60	16.59	1.18	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
RDC	45*45	Mmax	305.70	97.85	32.01	8.00	SPC	6823.13	-344885.7	14.9	5.39	-0.34	-34.7	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin	232.10	4.15	1.79	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax	1601.10	0.20	0.01	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SS	45*45	Mmax kN.m	209.10	30.60	14.63	8.00	SPC	3057.9	-156411.9	92.19	100.06	0.09	-0.78	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	31.80	0.77	2.42	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	1652.20	2.78	0.17	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau X.9. Vérification des SPC selon le sens transversal :

Niveaux	Section	Solli	Ns kN	Ms kNm	e cm	h/6 m	Nature	P	q	Y2 m	Y1 m	σ_b KN/m ²	σ_s kN/m ²	$\overline{\sigma_{bc}}$ kN/m ²	$\overline{\sigma_s}$ kN/m ²	OBS
10	30*30	Mmax kN.m	51.10	60.88	119.14	5.00	SPC	-13127	-141738.2	119.63	15.49	0.3	3.37	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	13.90	0.91	6.55	5.00	SPC	852.1	-41444.45	26.58	35.03	0.03	-0.09	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmax kN	145.10	32.75	22.57	5.00	SPC	3504.81	-123204.3	28.53	20.96	0.51	2.2	1.5	34.8	Vérifiée
9	30*30	Mmax kN.m	209.10	35.79	17.12	5.00	SPC	2774.8	-86124.74	25.24	23.13	0.64	1.61	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	71.10	5.37	7.55	5.00	SPC	1063.96	-43864.6	25.55	33	0.14	-0.39	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmax kN	209.10	35.79	17.12	5.00	SPC	2389.47	-84135.17	-17.55	-17.17	-2.22	95.43	1.5	34.8	Vérifiée
8	35*35	Mmax kN.m	305.70	48.35	15.82	6.00	SPC	2995.39	-105579.6	27.94	29.63	0.61	0.73	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	133.80	9.34	6.98	6.00	SPC	993.81	-64608.57	32.01	42.53	0.18	-0.65	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmax kN	345.10	47.56	13.78	6.00	SPC	2575.98	-93076.15	27.8	31.51	0.64	0.15	1.5	34.8	Vérifiée
7	35*35	Mmax kN.m	421.60	44.40	10.53	6.00	SPC	1854.48	-76790.02	28.68	35.65	0.67	-1.03	1.5	34.8	Vérifiée
		Nmin kN	181.11	0.75	0.41	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	Vérifiée
		Nmax kN	478.80	43.20	9.02	6.00	SPC	1498.01	-70868.85	29.74	38.22	0.71	-1.73	1.5	34.8	Vérifiée

Tableau X.9. Vérification des SPC selon le sens transversal suite :

6	35*35	Mmax kN.m	542.80	44.11	8.13	6.00	SPC	1279.81	-67868.09	30.61	39.98	0.76	-2.29	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	225.00	0.81	0.36	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	617.10	42.37	6.87	6.00	SPC	964.78	-64318.87	32.16	42.8	0.81	-3.05	1.5	34.8	Vérifiée	
5	35*35	Mmax kN.m	670.40	36.99	5.52	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmin kN	27.02	0.63	2.33	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmax kN	761.30	35.20	4.62	6.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	40*40	Mmax kN.m	803.60	43.74	5.44	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmin kN	36.26	0.76	2.10	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmax kN	91.18	41.20	45.19	7.00	SPC	8363.43	-541008.9	49.86	24.68	0.22	1.65	1.5	34.8	Vérifiée	
3	40*40	Mmax kN.m	939.70	40.30	4.29	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmin kN	413.90	0.65	0.16	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmax kN	1065.80	37.73	3.54	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Tableau X.9. Vérification des SPC selon le sens transversal suite

2	40*40	Mmax kN.m	1240.40	39.89	3.22	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmin kN	462.00	0.42	0.09	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Nmax kN	1400.60	36.71	2.62	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1	40*40	Mmax kN.m	1240.40	39.89	3.22	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmin kN	362.60	0.76	0.21	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmax kN	1400.60	36.71	2.62	7.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
RDC	45*45	Mmax kN.m	305.70	48.35	15.82	8.00	SPC	3371.47	-164799	35.55	42.23	0.32	-0.03	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	232.10	11.89	5.12	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Nmax kN	1601.10	6.81	0.43	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
SS	45*45	Mmax kN.m	69.30	49.57	71.53	8.00	SPC	8642.12	-1044096	73.97	24.95	0.15	1.58	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmin kN	31.80	12.46	39.18	8.00	SPC	7849.48	-455284.6	45.78	29.1	0.05	0.37	1.5	34.8	Vérifiée	
		Nmax kN	1652.20	4.09	0.25	8.00	SEC	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

D. État limite d'ouverture des fissures : Aucune vérification n'est nécessaire, car la fissuration est non préjudiciable.

X.3.Ferrailage des voiles :

Le voile est un élément structural de contreventement soumis à des forces verticales (charges et surcharges) et à des forces horizontales dues au séisme.

Le calcul se fera en flexion composée et au cisaillement.

Pour faire face à ces sollicitations, on va prévoir trois types d'armatures :

- Armatures verticales.
- Armatures horizontales.
- Armatures transversales

X.3.1.Ferrailage des voiles pleins :

Dans notre structure on a que des refends pleins

a. Exposé de la méthode :

La méthode consiste à déterminer le diagramme des contraintes contraintes pour des bandes verticales de largeur « **d** » :

$$d \leq \min (h_e/2 ; 2l/3)$$

l : longueur de la zone comprimé.

h_e : hauteur libre de l'étage.

En fonction des contraintes agissant sur le voile, trois cas peuvent se présenter :

- ✓ Section entièrement comprimé (SEC)
- ✓ Section partiellement comprimé (SPC)
- ✓ Section entièrement tendue (SET)

❖ Ferrailage section entièrement comprimé :

$$N_1 = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_1}{2} \cdot d \cdot e$$

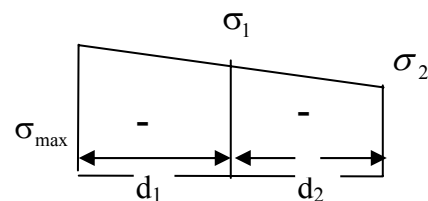
$$N_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot d \cdot e$$

e : épaisseur du voile

La section d'armature d'une section entièrement comprimé est égale à :

$$A_{vi} = \frac{N_i - B \cdot f_{bc}}{\sigma_s}$$

B : section du tronçon considéré ;



Situation accidentelle : $\sigma_s = 400 \text{ MPa}$; $f_{bc} = 18.48 \text{ MPa}$

Situation courante : $\sigma_s = 348 \text{ MPa}$; $f_{bc} = 14.20 \text{ MPa}$

• **Armatures minimales :**

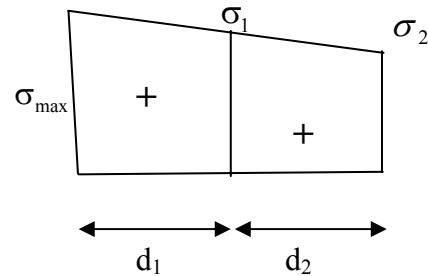
$$A_{\min} \geq 4 \text{ cm}^2 / \text{ml} \quad (\text{Art A.8.1, 21BAEL91}).$$

$$0.2 \% \leq \frac{A_{\min}}{B} \leq 0.5 \% \quad (\text{Art A.8.1, 21BAEL91}).$$

❖ **Ferraillage section entièrement tendue :**

$$N_1 = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_1}{2} \cdot d \cdot e$$

$$N_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot d \cdot e$$



e : épaisseur du voile

La section d'armature d'une section entièrement tendue est égale à :

$$A_{vi} = \frac{N_i}{\sigma_s}$$

• **Armatures verticales minimales :**

$$A_{\min} \geq \frac{B f_{t28}}{f_e} \quad (\text{Condition non fragilité BAEL art A4.2.1}).$$

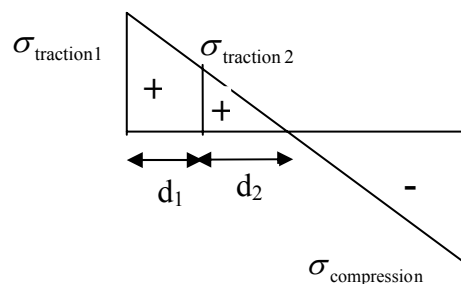
$$A_{\min} \geq 0.002 B \quad (\text{Section min du RPA art 7.7.4.1}).$$

B : section du tronçon considéré

❖ **Ferraillage section partiellement comprimé :**

$$N_1 = \frac{\sigma_{\text{traction 1}} + \sigma_{\text{traction 2}}}{2} \cdot d \cdot e$$

$$N_2 = \frac{\sigma_{\text{traction 1}}}{2} \cdot d \cdot e$$



La section d'armature est égale à :

$$A_{vi} = \frac{N_i}{\sigma_s}$$

- **Armatures verticales minimales :**

Même conditions que celles d'une section entièrement tendue.

- ❖ **Armatures horizontales :**

Les armatures horizontales doivent être munies de crochets à 135° ayant une longueur de **10 Φ** et disposées de manière à servir de cadre armatures aux armatures verticales.

$$A_h \geq \frac{A_v}{4}$$

- ❖ **Règles communes du RPA pour les aciers verticaux et horizontaux (Art 7.7.4.3) :**

Le pourcentage minimal d'armatures verticales et horizontales est donné comme suit :

Globalement dans la section du voile A_v et $A_h \geq 0.15\%B$

Zone courante :

$$A_v \text{ et } A_h \geq 0.10\%B$$

- ❖ **Armatures transversales :**

Les armatures transversales sont perpendiculaires aux faces des refends, elles relient 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 d'après l'article (7.7.4.3 du RPA 2003).

Les deux nappes d'armatures verticales doivent être reliées au moins par (04) épingle au mètre carré de surface.

- ❖ **Dispositions constructives :**

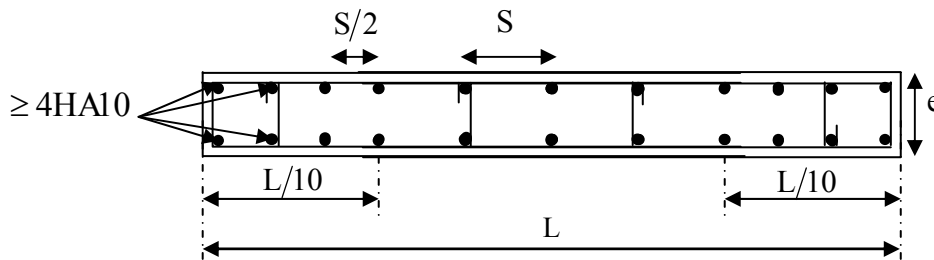
- **Espacement :**

L'espacement des barres horizontales et verticales doit satisfaire :

$$S_i \leq \min\{1,5e, 30\text{cm}\} \dots\dots\dots \text{Art 7.7.4.3 RPA99 (version 2003)}$$

Avec : e = épaisseur du voile

Aux extrémités des voiles l'espacement des barres doit être réduit de moitié sur 1/10 de la longueur du voile. Cet espacement d'extrémité doit être au plus égal à 15 cm.



- **Longueur de recouvrement :**

- 40Φ pour les barres situées dans les zones où le renversement du signe des efforts est possible.
- 20Φ pour les barres situées dans les zones comprimées sous action de toutes les combinaisons possibles de charges.

- **Diamètre minimal :**

Le diamètre des barres verticales et horizontales des voiles ne devrait pas dépasser 1/10 de l'épaisseur du voile.

$$\Phi_{\max} = \frac{e}{10} = 25\text{mm}$$

- ❖ **Vérification des contraintes de cisaillement :**

(Art 7.7.2 RPA):

La contrainte de cisaillement dans le béton τ_b doit être inférieure à la contrainte admissible $\bar{\tau}_b = 0.2f_{c28} = 5\text{Mpa}$.

$$\tau_b = \frac{V}{b_0 \cdot d}$$

Avec : $V = 1.4 \cdot V_{u,calcul}$.

b_0 : Epaisseur du linteau ou du voile

d : Hauteur utile ($d = 0.9 h$)

h : Hauteur totale de la section brute

- **Art 5.1.1 BAEL 91 :**

Il faut vérifier que : $\tau_u \leq \bar{\tau}_u$

$$\text{Fissuration préjudiciable : } \bar{\tau}_u = \min\left(0.15 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}, 4\text{MPa}\right) = 3.26\text{MPa.}$$

- ❖ **Vérification à L'ELS :**

A l'état limite de service il faudra vérifier que la contrainte de compression est inférieure à **15 MPa**.

$$\sigma_{bc} = \frac{N_s}{B + 15 \cdot A}$$

b. Exemples de calculs :

Soit à calculer le ferrailage du voile W82 de longueur $L=3.43\text{m}$ et d'épaisseur $e=0.25\text{m}$.

$$\sigma_{max} = 5104.1 \text{ KN/m}^2 \text{ (Traction).}$$

$$\sigma_{min} = -4641.7 \text{ (Compression)}$$

1. Calcul de la longueur comprimée :

Pour ce calcul il faut qu'on détermine la contrainte max et min (courbe enveloppe) dans le voile qui sont comme suit :

$$L_c = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max} + \sigma_{min}} \times L$$

Avec :

L_c : longueur comprimée.

L : longueur du voile.

$$\text{AN : } L_c = \frac{4641.7}{5104.1 + 4641.7} \times 3.43 = 1.63 \text{ m}$$

Donc: $L_c = 1.63 \text{ m}$

$$L_t = L - L_c = 1.8 \text{ m}$$

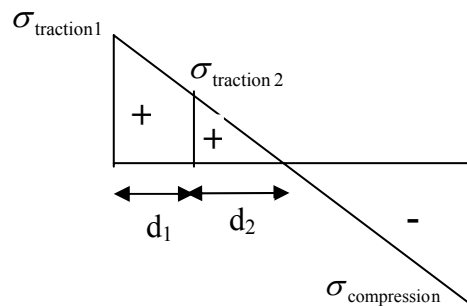
2. Détermination de la longueur de la bande (d) :

$$d \leq \min\left[\frac{3.68}{2}; \frac{2}{3} L_c\right] = 1.08 \text{ m.}$$

On opte pour $d = 1\text{m}$ donnée par le maillage en 3 parties.

Bande 1 de longueur d_1 (bande extrême).

Bande 2 de longueur d_2 (bande centrale).



3. Ferrailage des voiles :

Pour le calcul du ferrailage on s'intéressera aux parties tendues du voile, en déterminant à chaque fois la longueur L_t .

Pour ce qui est des parties comprimées ; nous avons une contrainte maximale de compression $\sigma_{com} = 10204.63 \text{ KN/m}^2$, le béton du voile parvient à lui seul reprendre cet effort de compression.

Donc tous les voiles qui sont entièrement comprimés seront ferrillés avec le ferrailage minimum.

4. Calcul de la section d'acier :

Bande 1 :

$$\sigma_t = 5104.1 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_1 = 2213.08 \text{ KN/m}^2$$

On a $d_1 = d = 1 \text{ m}$.

$$e = 0,25 \text{ m}.$$

L'effort normal dans la bande 1 est égale à :

$$N_1 = \frac{\sigma_{max} + \sigma_1}{2} \times d_1 \times e = 914.64 \text{ KN}$$

La section d'armatures nécessaire pour équilibrer cet effort est égale :

$$A_{V1} = \frac{N_1}{\sigma_s} = \frac{914.64 \times 10^3}{400 \times 100} = 22.86 \text{ cm}^2$$

Bande 2:

$$\sigma_1 = 2213.08 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = -467.1 \text{ KN/m}^2$$

On a : $d_2 = 1 \text{ m}$.

L'effort normal dans la bande 1 est égale à :

$$N_1 = \frac{2213.08 - 467.1}{2} \times d_2 \times e = 218.24 \text{ KN}.$$

La section d'armatures nécessaire pour équilibrer cet effort est égale :

$$A_{V2} = \frac{N_1}{\sigma_s} = \frac{218.24 \times 10^3}{400 \times 100} = 5.45 \text{ cm}^2$$

5. Armatures verticales adoptée /nappe /bande :

Bande 1 : $\frac{A_{v1}}{2} = 11.43 \text{ cm}^2$; on adopte 8HA14 = 12.31 cm^2 .

Bande 2 : $\frac{A_{v2}}{2} = 2.72 \text{ cm}^2$; on adopte 3HA12 = 3.39 cm^2 .

6. Vérifications à l'ELU :**❖ Pourcentage minimal par bande tendue :**

Le pourcentage minimal exigé par le RPA pour chaque bande tendue est de 0.2 %.

Par conséquent chaque bande devra être ferrillée avec une section d'armature supérieur à:

$$A_{\min} = 0.002 \times 100 \times 25 = 5 \text{ cm}^2 \text{condition vérifiée.}$$

❖ Pourcentage minimal dans le voile :

Le pourcentage minimal d'armatures verticales dans le voile est de :

$$A_{\min} \geq \max \left(\frac{B f_{t28}}{f_c}; 0.15\% B \right)$$

$$A_{\min} \geq \max \left(\frac{343 \times 25 \times 2.1}{400}; \frac{343 \times 25 \times 0.15}{100} \right) \text{ Donc : } A_{\min} = 45.01 \text{ cm}^2$$

La section totale adopté dans le voile est égale à :

$$14\text{HA}14 + 14\text{HA}12 = 58,9 \text{ cm}^2 \text{condition vérifiée.}$$

❖ Armatures horizontales :

$$A_h \geq \max \left(\frac{A_v}{4}; 0,15\% B \right)$$

$$A_h \geq \max \left(\frac{(58,9)}{4}; \frac{0.15 \times 343 \times 25}{100} \right)$$

$$A_h \geq 14,72 \text{ cm}^2$$

$$A_h = \frac{14,72}{2} = 7,36 \text{ cm}^2/\text{nappe}$$

$$\text{On adopte : } 15 \text{ HA } 10 \text{ (e=20cm)} = 11,78 \text{ cm}^2$$

❖ Armature transversales :

Les deux nappes d'armatures sont reliées par (05) épingle en HA8 pour un mètre carré de surface verticale.

❖ Vérification des contraintes :

L'effort tranchant V_u est obtenu en multipliant la contrainte de cisaillement S_{12} par la surface de cisaillement : $V_u = S_{12} \cdot d \cdot e$

$$\text{- BAEL 91 : } \tau_u = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{265 \times 10^3}{250 \times 0.9 \times 1000} = 1.18 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 1.18 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 3.26 \text{ MPa}$$

$$\text{- RPA 2003 : } \tau_b = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{1.4 \times 265 \times 10^3}{250 \times 0.9 \times 1000} = 1.65 \text{ MPa}$$

$$\tau_b = 1.65 \text{ MPa} < \bar{\tau}_b = 5 \text{ MPa}$$

7. Vérification à l'ELS :

$$\sigma_b = \frac{N_s}{B + 15.A} \Rightarrow \sigma_b = \frac{783.075 \times 10^3}{250 \times 1000 + 15 \times 58.9 \times 10^2} = 2.31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = 2.31 \text{ MPa} \leq \bar{\sigma}_b = 15 \text{ MPa} \longrightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

Le tableau suivant représente le ferrailage de reste des voiles :

Tableau X.10. Ferrailage des voiles :

		VT1	VT2	VT3 ET VT6	VT4	VT5	VL3 ET VT4	VL5
L m		4.42	1.35	3.5	2.21	4.5	2.18	4.03
ep m		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Nature de la section		SPT	SpT	SpT	SPT	SPT	SPT	SPT
σ_{max} Kn/m ²		425.23	331.65	222.6	346.43	351.69	455.62	324.5
σ_{min} Kn/m ²		-342.78	-336.6	-521.77	-28.28	-325.62	-365.06	-704.93
d m		1.1	0.6	1.1	1.1	1.1	1.1	1
Bande 1	N1 KN	903.82	358.77	304.36	689.5	778.01	895.24	482.7
	A_{v1} cm ²	22.59	8.97	7.6	17.23	19.45	22.38	12.06
Bande 2	N2 KN	395.82	-142.41	-14.6	-234.56	413.44	-233.18	-226.83
	A_{v2} cm ²	9.89	/	/	/	10.33	/	/
$A_{min}/\text{bande cm}^2$		5.5	3	5.5	5.5	5.5	5.5	5
$A_1/\text{bande cm}^2 = A_{v1}/2$		11.295	4.485	3.8	8.615	9.725	11.19	6.03
$A_2/\text{bande cm}^2 = A_{v2}/2$		4.945	/	/	/	5.165	/	/
Choix par nappe	A1 (m ²)	8HA14=12.31	3HA14=4.62	4HA14=6.15	6HA14=9.23	7HA14=10.77	8HA14=12.31	6HA14=9.23
	A2 cm ²	5HA12=5.65	3HA12=3.39	5HA12=5.65	5HA12=5.65	5HA12=5.65	5HA12=5.65	5HA12=5.65
A_{total} adopté cm²		60.54	25.26	35.9	48.22	54.38	60.54	48.22

Tableau X.10. Ferrailage des voiles suite :

A_{min} voile cm²		58.01	17.71	45.93	29	59.06	28.61	52.89
Armatures horizontales/nappe(m²)		16.57	6.315	13.12	12.055	16.87	15.135	15.11
Choix par nappe		22HA10=17.27cm ²						
Armatures transversales		5 Epingle HA8 pour/m ²						
Effort tranchant V_u KN		192.72	139.75	243.67		162.21	227.06	219.21
Contraintes cisaillement	τ_b MPa	1.2	0.86		1.5	1	1.41	1.36
	τ_u MPa	0.85	0.62	1.08	0.92	0.72	1	0.97
Contraintes ELS	Ns KN	730.57	400.65	750.24	750.24	730.62	1020.57	600.78
	σ_{bc} MPa	2.14	1.39	2.35	2.32	2.15	2.99	1.82

Conclusion :

Toutes les conditions sont vérifiées.

XI.1.Introduction :

On appelle fondation, la partie d'un ouvrage reposant sur un terrain d'assise auquel sont transmises toutes les charges permanentes et variables supportées par cet ouvrage.

Les fondations doivent reprendre les charges supportées par la structure et les transmettre au sol dans de bonnes conditions de façon à assurer la stabilité de l'ouvrage.

XI.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 pente.
- 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.

XI.3.Différents types de fondations :

Il existe deux catégories de fondation

➤ **Fondations superficielles :**

On utilise les fondations superficielles lorsque les couches de terrain capables de supporter l'ouvrage sont à faible profondeur. Les principaux types de fondations superficielles que l'on rencontre dans la pratique sont :

- Les semelles continues sous murs,
- Les semelles continues sous poteaux,
- Les semelles isolées,
- Les radiers.

➤ **Fondations profondes :**

Les fondations profondes sont utilisées lorsque les couches de terrain capables de supporter l'ouvrage sont à une grande profondeur. Les principaux types de fondations profondes sont :

- Les pieux ;
- Les puits.

Ce type de fondations est généralement utilisé dans le cas de sols de faible capacité portante.

XI.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.

XI.5.Etude géotechnique du sol :

Le choix du type de fondation repose essentiellement sur une étude détaillée du sol qui nous renseigne sur la capacité portante de ce dernier. Les résultats de cette étude sont :

- La contrainte admissible du sol est $\sigma_{sol} = 2.00$ bars.
- Absence de nappe phréatique, donc pas de risque de remontée des eaux.

Dans notre cas nous avons le choix entre les semelles continues et un radier général, en fonction des résultats du dimensionnement, en adoptera le type de fondation convenable.

XI.6.Semelles isolés sous poteaux :

Pour le pré dimensionnement, il faut considérer uniquement l'effort normal N_{smax} qui est obtenue a la base du poteau le plus sollicitée.

$$A \times B \geq \frac{N_s}{\sigma_{sol}}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{A}{B} = k \rightarrow \frac{45}{45} = 1 \quad \text{d'où} \quad A = B$$

$$B \geq \sqrt{\frac{N_s}{\sigma_{sol}}} =$$

$$N_{ser} = 3068.00$$

$$\sigma_{sol} = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$B \geq \sqrt{\frac{3068}{200}} = 3.9 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad A=B = 4 \text{ m}$$

Conclusion :

L'importance des dimensions des semelles engendre un chevauchement, donc il y a lieu d'opter pour des semelles filantes.

XI.7. Semelles filantes :

XI.7.1. Semelles filantes sous voiles :

$$\frac{N_s}{S} \leq \sigma_{sol} \quad \Rightarrow \quad \frac{G+Q}{B \times L} \leq \sigma_{sol} \quad \Rightarrow \quad B \geq \frac{G+Q}{\sigma_{sol} \times L}$$

Avec :

B : Largeur de la semelle ;

L : Longueur de la semelle sous voile ;

G : Charge permanente revenant du voile considéré ;

Q : Surcharge d'exploitation revenant au voile considéré ;

σ_{sol} : Contrainte admissible du sol.

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XI.1.a: Surface des semelles filantes sous voiles.

voiles	G+Q	σ_{sol} KN/m ²	L m	B m	S m ²
VL1	3068,000	200,000	3,400	4,512	15,340
VL2	3062,700	200,000	3,400	4,504	15,314
VL3	3062,700	200,000	2,180	7,025	15,314
VL4	3068,000	200,000	2,180	7,037	15,340
VL5	2578,100	200,000	4,030	3,199	12,891
VT1	2792,800	200,000	4,420	3,159	13,964
VT2	2792,800	200,000	1,350	10,344	13,964
VT3	2027,700	200,000	3,500	2,897	10,139
VT4	2703,300	200,000	2,210	6,116	13,517
VT5	2703,300	200,000	4,500	3,004	13,517
VT6	1961,700	200,000	3,500	2,802	9,809
					149,106

XI.7.2.Semelles filantes sous poteaux :

$$e = \frac{\sum N_i e_i + \sum M_i}{N_i}$$

Tableau XI.1.b : Surface des semelles filantes sous poteaux:

pot	Ni kN	Mi Kn.M	Ei m	Ni.ei kN.m	e m
1	1027,300	1,690	-6,205	-6374,397	1,724
2	1281,500	-0,390	-2,775	-3556,163	
3	1900,700	1,430	0,625	1187,938	
4	3062,270	-4,610	4,055	12417,505	
5	1975,900	7,230	6,205	12260,460	

Distribution de la réaction par mètre linéaire des semelles

$$e = 1.72 < \frac{L}{6} = \frac{12.41}{6} = 2.06 \text{ m} \rightarrow \text{La répartition des charges est trapézoïdale.}$$

$$q_{\min} = \frac{N_t}{L} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{L}\right) = \frac{9247.67}{12.41} \left(1 - \frac{6 \times 1.72}{12.41}\right) = 125.49 \text{ KN / ml}$$

$$q_{\max} = \frac{N_t}{L} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L}\right) = \frac{9247.67}{12.41} \left(1 + \frac{6 \times 1.72}{12.41}\right) = 1364.86 \text{ KN / ml}$$

$$q\left(\frac{L}{4}\right) = \frac{N_t}{L} \left(1 + \frac{3 \cdot e}{L}\right) = \frac{9247.67}{12.41} \left(1 + \frac{3 \times 1.72}{12.41}\right) = 1055.01 \text{ KN / ml}$$

$$B \geq \frac{q\left(\frac{L}{4}\right)}{\sigma_{\text{sol}}} = \frac{1055.1}{200} = 5.27 \rightarrow B = 5.5 \text{ [m].}$$

La surface de la semelle sous poteaux est de : $5.5 \times 12.41 = 68.255 \text{ m}^2$.

On a six semelles identique donc : $68.255 \times 6 = 409.53 \text{ m}^2$.

Surface totale des semelles sous voiles et poteaux :

$$S_t = S_p + S_v = 409.53 + 149.106 = 558.636 \text{ m}^2 > 325.762 \text{ m}^2$$

La surface des semelles supérieure de la surface totale.

Conclusion :

Les semelles présentent de grandes largeurs provoquant un chevauchement entre elles occupant ainsi une superficie supérieure à 50% de la surface totale du bâtiment, pour cela nous opterons pour un radier général.

XI.8. 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 diminuée du poids propre du radier.

Les caractéristiques du radier sont :

Rigide en son plan horizontal.

- Permet une meilleure répartition de la charge sur le sol de fondation (répartition linéaire).
- Facilité de coffrage.
- Rapidité d'exécution.
- Semble mieux convenir face aux désordres ultérieurs qui peuvent provenir

des tassements éventuels.

XI.8.1. Pré dimensionnement du radier :

- **La hauteur du radier :**
- ✓ **Selon la condition d'épaisseur minimale :**

La hauteur du radier doit avoir au minimum 25cm ($h_{\min} = 25\text{cm}$)

- ✓ **Selon la condition forfaitaire :**

$$\frac{L_{\max}}{8} \leq h \leq \frac{L_{\max}}{5}$$

$$\frac{4.50}{8} \leq h \leq \frac{4.50}{5}$$

$$56 \text{ cm} \leq h \leq 0.9 \text{ cm}$$

- ✓ **Selon la condition de vérification de la longueur élastique :**

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{Kb}} \geq \frac{2}{\pi} L_{\max}$$

Le calcul est effectué en supposant une répartition uniforme des contraintes sur le sol, le radier est rigide s'il vérifie :

$$L_{\max} \leq \frac{\pi}{2} L_e \text{ ce qui conduit à } h \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2}{\pi} \cdot L_{\max}\right)^4 \cdot \frac{3 \cdot k}{E}}$$

Avec

L_e : Longueur élastique ;

K : Module de raideur du sol, rapporté à l'unité de surface $K= 40$ MPa pour un sol moyen ;

I : L'inertie de la section du radier (bande de 1 m) ;

E : Module de déformation longitudinale déferée

$$E = 1100 \cdot \sqrt[3]{f_{c28}} = 32164.19 \text{ MPa}$$

L_{\max} : Distance maximale entre nus des nervures.

D'où

$$h \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2}{\pi} \cdot 4.5\right)^4 \cdot \frac{3 \cdot 40}{32164.19}} = 0.63 \text{ m}$$

On prend $h=70$ cm

D'après ces conditions de la vérification de la longueur élastique : On adopte pour

$h = 70$ cm

➤ **Dalle**

Epaisseur de la dalle du radier doit satisfaire la condition suivante :

$$h_d \geq \frac{L_{\max}}{20} \text{ avec un minimum de } 25 \text{ cm}$$

$$h_d \geq \frac{4.5}{20} = 22.5 \text{ cm } h_d = 30 \text{ cm}$$

➤ **Nervure**

La hauteur de la nervure doit satisfaire la condition suivante :

$$h_p \geq \frac{L_{max}}{10}$$

$$h_p \geq \frac{L_{max}}{10} = \frac{4.5}{10} = 45\text{cm} \quad h_n = 70\text{cm}$$

$$0.4h \leq b \leq 0.7h \quad \Longrightarrow \quad 28 \leq b \leq 49 \quad b = 45\text{cm}$$

Conclusion :

D'après les calculs précédents on adopte le dimensionnement suivant :

hn = 70cm Hauteur de la nervure.

hd = 30cm Hauteur de la dalle.

b = 45cm Largeur de la nervure.

XI.8.2.Détermination des efforts :

Les charges à retenir pour le calcul du radier sont :

G1 : charges permanentes de la superstructure = 54217.66KN.

G2 : charges permanentes de l'infrastructure $G_{rad} + G_{ner}$.

$$G2 = [224.199\text{m}^2 \times 0.30 \times 25] + [101.563\text{m}^2 \times 0.70 \times 25] = 3458.845 \text{ KN}$$

Q1 : surcharge de la superstructure = 8950.39KN

Q2 : surcharge du radier = 1140.167 KN

$$G = G1 + G2 = 57676.505 \text{ KN}$$

$$Q = Q1 + Q2 = 10090.557 \text{ KN.}$$

Combinaisons d'actions :

Etat limite ultime :

$$N_u = 1.35G + 1.5Q = 92999.117 \text{ KN}$$

Etat limite de service :

$$N_s = G + Q = 67767.062 \text{ KN}$$

X.8.3.Détermination de la surface du radier :

$$\text{A l'ELU } S_{\text{rad}} \geq \frac{Nu}{1.33 \times \sigma_{\text{sol}}} = \frac{92999.117}{1.33 \times 200} = 389.62 \text{ m}^2$$

$$\text{A l'ELS } S_{\text{rad}} \geq \frac{N_s}{\sigma_{\text{sol}}} = \frac{67767.062}{200} = 254.76 \text{ m}^2$$

D'où :

$$S = \max(389.62; 254.76) = 389.62 \text{ m}^2$$

Remarque :

Étant donné que la surface nécessaire du bâtiment est inférieure à celle du radier, donc on aura pas besoin de débords.

XI.8.4.Détermination des efforts réels à la base du radier :**❖ Poids total du radier :**

P_{rad} = Poids du tablier + poids des nervures + poids du remblai + poids de la dalle flottante.

$$\text{Volume du radier} = (0,30 \times 389.62) + ((0,7 - 0,30) \times 101.563) = 157.511 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume du remblai} = (244.119 \times 0.4) = 97.676 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume de la dalle flottante libre} = (244.119 \times 0,15) = 36.61 \text{ m}^3 \quad (e_p = 15 \text{ cm}).$$

$$\text{Poids du radier} = 157.511 \times 25 = 3937.77 \text{ KN.}$$

$$\text{Poids du remblai} = 97.676 \times 17 = 1660.492 \text{ KN.}$$

$$\text{Poids de la dalle flottante} = 36.61 \times 25 = 915.25 \text{ KN.}$$

G_t = poids du radier + poids de la structure :

$$G_t = 6513.512 + 54217.66 = 60731.172 \text{ KN.}$$

Q_t = surcharge du radier + surcharge de la structure :

$$Q_t = 10090.557 \text{ KN.}$$

❖ **Combinaisons d'actions :****Etat Limite Ultime :**

$$N_u = 1.35G + 1.5Q = 97123.65 \text{ KN.}$$

Etat Limite de Service :

$$N_s = G + Q = 70821.73 \text{ KN.}$$

X.8.5.Vérifications :➤ **Vérification de la contrainte de cisaillement :**

$$\tau_u = \frac{T_u^{\max}}{b \cdot d} \leq \bar{\tau} = \min \left\{ \frac{0,15 \cdot f_{c28}}{\gamma_b}; 4\text{MPa} \right\}$$

$$\bar{\tau} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\text{Avec : } b = 1\text{m} ; d = 0.9 \times h_d = 0.27\text{m.}$$

$$T_u^{\max} = q_u \times \frac{L_{\text{Max}}}{2} = \frac{N_u \times b}{S_R} \times \frac{L_{\text{Max}}}{2} = \frac{97123.65 \times 1}{389.62} \times \frac{4.5}{2} = 560.87 \text{ [KN].}$$

$$\tau_u = \frac{T_u^{\max}}{b \cdot d} = \frac{560.87}{1 \times 0.27 \times 10^3} = 2.07 \text{ MPa} \leq \bar{\tau} = 2.5 \text{ MPa.}$$

$$\tau_u = 2.07 \text{ MPa} < \bar{\tau} = 2.5 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{Condition vérifiée.}$$

➤ **Vérification de la stabilité du radier :**

Calcul du centre de gravité du radier :

Les coordonnées du centre de gravité sont $(x,y) = (7.28; 17.67)$ m.

Moment d'inertie du radier :

$$I_{xx} = 38064.50 \text{ m}^4$$

$$I_{yy} = 11120.05 \text{ m}^4$$

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 ;

Le diagramme trapézoïdal des contraintes nous donne

La contrainte moyenne donnée par le diagramme :

$$\sigma_m = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4}$$

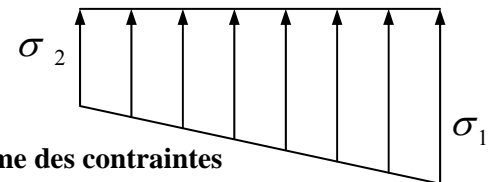


Fig.XI.1. Diagramme des contraintes

Ainsi on doit vérifier que :

A l'ELU : $\sigma_m = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq 2 \cdot \sigma_{sol}$

A l'ELS : $\sigma_m = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq \sigma_{sol}$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{N}{S_{rad}} \pm \frac{M}{I} V$$

Sens longitudinal :

♦ **A l'ELU:**

$$M = 102.202 + 3544.66 \times 0.70 = 2583.464 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 97123.65 \text{ kN}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_u}{S_{rad}} + \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{97123.65}{389.62} + \frac{2583.464}{11120.05} \times 7.28 = 250.96 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_u}{S_{rad}} - \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{97123.65}{389.62} - \frac{2583.464}{11120.05} \times 7.28 = 247.58 \text{ KN/m}^2$$

D'où :

$$\sigma_{moy} = \frac{3 \times 250.96 + 247.58}{4} = 250.115 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{moy} = 250.115 \text{ KN/m}^2 < 2 \cdot \sigma_{sol} = 400 \text{ KN/m}^2 \dots\dots\dots \text{CV}$$

♦ A P'ELS :

$$M=2583.464\text{kN.m}$$

$$N_u = 70821.73 \text{ kN}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_s}{S_{\text{rad}}} + \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{70821.73}{389.62} + \frac{2583.464}{11120.05} \times 7.28 = 183.46 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{S_{\text{rad}}} - \frac{M_x}{I_{yy}} \cdot X_G = \frac{70821.73}{389.62} - \frac{2583.464}{11120.05} \times 7.28 = 180.07 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{3 \times 183.46 + 180.07}{4} = 182.61 [\text{KN/m}^2]$$

$$\sigma_{\text{moy}} = 182.61 \text{ KN/m}^2 < \sigma_{\text{sol}} = 200 \text{ KN/m}^2 \dots\dots\dots \text{CV}$$

Sens transversal :

♦ A P'ELU

$$M = 141.971 + 3794.06 \times 0.70 = 2797.81 \text{ KN.m.}$$

$$N_u = 97123.65 \text{ KN.}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_u}{S_{\text{rad}}} + \frac{M_x}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{97123.65}{389.62} + \frac{2797.81}{38064.50} \times 17.67 = 250.57 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_u}{S_{\text{rad}}} - \frac{M_x}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{97123.65}{389.62} - \frac{2797.81}{38064.50} \times 17.67 = 247.97 \text{ KN/m}^2$$

D'où :

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{3 \times 250.57 + 247.97}{4} = 249.92 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{moy}} = 249.92 \text{ KN/m}^2 < 2 \cdot \sigma_{\text{sol}} = 400 \text{ KN/m}^2 \dots\dots\dots \text{CV}$$

◆ A P'ELS

$M = 2797.81 \text{ KN.m.}$

$N_u = 70821.73 \text{ KN.}$

$$\sigma_1 = \frac{N_s}{S_{rad}} + \frac{M_x}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{70821.73}{389.62} + \frac{2797.81}{38064.50} \times 17.67 = 183.07 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{S_{rad}} - \frac{M_x}{I_{xx}} \cdot Y_G = \frac{70821.73}{389.62} - \frac{2797.81}{38064.50} \times 17.67 = 180.47 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{moy} = \frac{3 \times 183.07 + 180.47}{4} = 182.42 \text{ [KN/m}^2\text{]},$$

$\sigma_{moy} = 182.42 \text{ KN/m}^2 < \sigma_{sol} = 200 \text{ KN/m}^2 \dots\dots\dots \text{CV}$

➤ Vérification au poinçonnement :

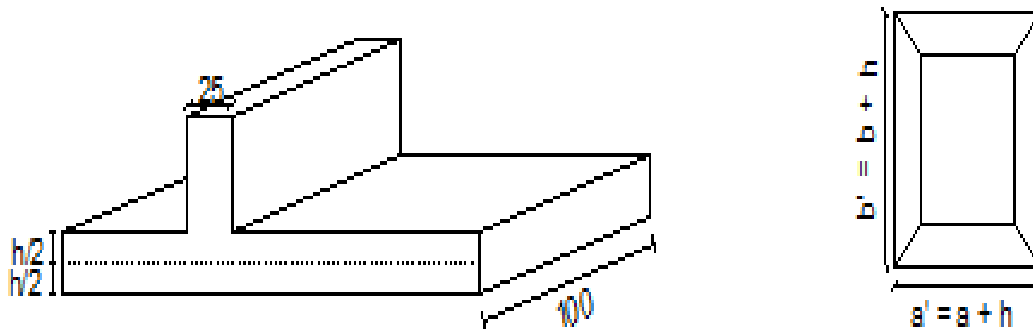


Fig.XI.2. Périmètre utile des voiles et poteaux.

Aucun calcul n'est exigé si la condition suivante est satisfaite :

$$N_u \leq 0,045 \cdot \mu_c \cdot h \cdot f_{c28}$$

Avec :

N_u : Charge de calcul à l'ELU pour le poteau ou voile le plus sollicité

μ_c : Périmètre du contour cisailé sur le plan du feuillet moyen du radier.

h : Hauteur de la nervure

a : Epaisseur du voile ou du poteau.

b : Largeur du poteau ou du voile (une bonde de 1m).

Calcul du périmètre utile μ_c **• Vérification pour les poteaux : (Poteau le plus sollicité).**

$$\mu_c = 2 \times (a' + b') = 2 \times (a + b + 2h) = 2(0.45 + 0.45 + (2 \times 0.7)) = 4.6 \text{ m.}$$

$$N_u = 2487.30 \text{ kN}$$

$$N_u = 2487.30 < 0,045 \times 4.6 \times 0,70 \times 25 \times 10^3 = 5175.00 \text{ KN}$$

Vérification pour les voiles : (Voile le plus sollicité).

$$\mu_c = 2 \times (a' + b') = 2 \times (0.25 + 1 + (2 \times 0.7)) = 5.3 \text{ m.}$$

$$N_u = 2011.15 \text{ KN.}$$

$$N_u = 2011.15 < 0,045 \times 5.3 \times 0,70 \times 25 \times 10^3 = 4173.75 \text{ KN}$$

X.8.6. Ferrailage du radier :

Pour le calcul du ferrailage du radier, on utilise les méthodes exposées dans le BEAL 91

Le radier sera calculé comme un plancher renversé soumis à une charge uniformément répartie.

XI.8.6.1. Ferrailage des panneaux encastrés sur 4 appuis

On distingue deux cas :

1^{er} Cas :

Si $\rho < 0,4$ la flexion longitudinale est négligeable.

$$M_{0x} = q_u \cdot \frac{L_x^2}{8} \quad \text{et} \quad M_{0y} = 0$$

2^{ème} Cas :

Si $0,4 \leq \rho \leq 1$ les deux flexions interviennent, les moments développés au centre de la dalle dans les deux bandes de largeur d'unité valent :

$$\text{Dans le sens de la petite portée : } L_x = M_{0x} = \mu_x \cdot q_u \cdot L_x^2$$

$$\text{Dans le sens de la grande portée : } L_y = M_{0y} = \mu_y \cdot M_{0x}$$

Les coefficients μ_x, μ_y sont données par les tables de PIGEAUD

Avec :

$$\rho = \frac{L_x}{L_y} \quad \text{et} \quad L_x < L_y$$

❖ **Identification du panneau le plus sollicité :**

Le radier est composé de 30 panneaux de dalles de différentes dimensions et encastres sur leurs 4 côtés.

Afin d'homogénéiser le ferrailage et de faciliter la mise en pratique, nous adopterons la même section d'armature en considérant le panneau le plus sollicité.

$$\rho = \frac{L_x}{L_y} = \frac{3.43}{4.5} = 0.76 \Rightarrow \text{La dalle travaille dans les deux sens.}$$

Pour le calcul du ferrailage, soustrairons de la contrainte maximale σ_M^{max} , la contrainte due au poids propre du radier, ce dernier étant directement repris par le sol.

➤ **ELU :**

$$q_{um} = \sigma_m (ELU) - \frac{G_{rad}}{S_{rad}} = (250.115 - \frac{6513.512}{389.62}) \times 1 = 233.39 \text{ kN/ml}$$

➤ **ELS :**

$$q_{sm} = \sigma_m (ELS) - \frac{G_{rad}}{S_{rad}} = (182.61 - \frac{6513.512}{389.62}) \times 1 = 165.89 \text{ kN/ml}$$

➤ **Calcul a l'état limite ultime:**

Les tables de Pigeaud donnent la valeur des coefficients μ_x et μ_y :

$$\rho = \frac{l_x}{l_y} = 0.76 \Rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0.0610 \\ \mu_y = 0.525 \end{cases}$$

Moment isostatique :

$$M_{ox} = \mu_x \times q_u \times L_x^2 = 167.49 \text{ KN.m;}$$

$$M_{oy} = \mu_y \times M_x = 87.93 \text{ KN.m.}$$

Remarque :

➤ Si le panneau considéré est continu au-delà de ses appuis :

- moment en travée : $M_{ox} M_{oy} 0,75M$ ou $0,75M$

- moment sur appuis : $M_{ox} M_{oy} 0,5M$ ou $0,5M$

➤ Si le panneau considéré est un panneau de rive dont l'appui peut assuré un encastrement

partiel

- moment en travée : $M_{ox} M_{oy} 0,85M$ ou $0,85M$

- moment sur appui de rive : $M_{ox} M_{oy} 0,3M$ ou $0,3M$

- moment sur appui intermédiaire : $M_{ox} M_{oy} 0,5M$ ou $0,5M$

Après calcul des moments isostatiques des différents panneaux dans les deux sens on constate que le panneau 1 est le plus défavorable. Pour cela on adoptera le ferrailage de ce dernier pour les autres panneaux.

Moments aux appuis :

$$M_a = 0.5 M_o$$

$$M_{ax} = 83.74 \text{ kN.m}$$

$$M_{a-y} = 43.96 \text{ kN.m}$$

Moments en travée :

$$M_t = 0.85 M_o$$

$$M_{tx} = 142.36 \text{ kN.m}$$

$$M_{ty} = 74.74 \text{ kN.m}$$

❖ Ferrailage suivant X-X:

Aux appuis :

$$\mu = \frac{M_{ax}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}} = \frac{83.74 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0,080 < 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

$$\mu = 0.080 \longrightarrow \beta = 0.958$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{83.74 \times 10^3}{0.958 \times 27 \times 348} = 9.30 \text{ cm}^2$$

$$A_{ua} = 9.30 \text{ cm}^2$$

Soit : **5HA16 = 10.05cm²/ml** avec un espacement de 25cm.

En travée

$$\mu = \frac{M_{tx}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}} = \frac{142.36 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0,138 < 0,392 \Rightarrow \text{SSA}$$

$$\mu = 0.138 \longrightarrow \beta = 0.925$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{142.36 \times 10^3}{0.925 \times 27 \times 348} = 16.38 \text{ cm}^2$$

$$A_{ut} = 16.38 \text{ cm}^2$$

Soit : **9HA16 = 18.10 cm²/ml** avec un espacement de 15cm.

❖ **Ferrailage suivant Y-Y :**

Aux appuis :

$$\mu = \frac{M_{ay}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}} = \frac{43.96 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0.042 < 0.392 \Rightarrow \text{SSA}$$

$$\mu = 0.042 \longrightarrow \beta = 0.979$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{43.96 \times 10^3}{0.979 \times 27 \times 348} = 4.77 \text{ cm}^2$$

$$A_{ua} = 4.77 \text{ cm}^2$$

Soit : **5HA114 = 7.70cm²/ml** avec un espacement de 25cm.

En travée

$$\mu = \frac{M_{ty}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}} = \frac{74.74 \times 10^3}{100 \times 27^2 \times 14.2} = 0.072 < 0.392 \Rightarrow \text{SSA}$$

$$\mu = 0.072 \longrightarrow \beta = 0.963$$

$$A_a = \frac{M_a}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{74.74 \times 10^3}{0.963 \times 27 \times 348} = 8.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{ut} = 8.26 \text{ cm}^2$$

Soit : **5HA16 = 10.05cm²/ml** avec un espacement de 25cm.

	Sens X – X	Sens y-y
Armatures en appuis	5 HA16/ml	5 HA14/ml
Armatures en travée	9 HA16/ml	5 HA16/ml

Vérification à l'état limite ultime :

❖ **Condition de non fragilité :**

$\rho_0 = 0.0008$ pour HAFe400

$$A_{\min} = \rho_0 \cdot b \cdot h \frac{3-(L_x/L_y)}{2}$$

$$A_{\min} = 0.0008 \cdot 100 \cdot 30 \cdot \frac{3-(3.43/4.5)}{2} = 2.68 \text{cm}^2$$

Aux appuis : $\left\{ \begin{array}{l} A_{ua}^x = 10.05 \text{cm}^2 > A_{\min} = 2.68 \text{cm}^2 \\ A_{ua}^y = 7.70 \text{cm}^2 > A_{\min} = 2.68 \text{cm}^2 \end{array} \right.$

En travée: $\left\{ \begin{array}{l} A_{ut}^x = 18.10 \text{cm}^2 > A_{\min} = 2.68 \text{cm}^2 \\ A_{ut}^y = 10.05 \text{cm}^2 > A_{\min} = 2.68 \text{cm}^2 \end{array} \right.$

❖ **Vérification des espacements : (BAEL91/A8.2, 42)**

L'écartement des armatures d'une même nappe ne doit pas dépasser les valeurs ci-dessous, dans lesquels h désigne l'épaisseur totale de la dalle.

Sens x-x :

$$S_t \leq \min \{3h; 33\text{cm}\} = 33\text{cm}$$

$$S_t = 25\text{cm} < 33\text{cm} \dots\dots\dots \text{CV}$$

Sens y-y :

$$S_t \leq \min \{4h; 45\text{cm}\} = 45\text{cm}$$

$$S_t = 25\text{cm} < 45\text{cm} \dots\dots\dots \text{CV}$$

Vérifications l'état limite de service :

Les vérifications seront faites suivant la petite portée, étant donné que c'est la direction la plus sollicitée.

$$\rho = \frac{L_x}{L_y} = 0.76 \Rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0.0674 \\ \mu_y = 0.657 \end{cases}$$

Moment isostatique :

$$M_{0x} = \mu_x \times q_s \times L_x^2 = 131.54 \text{KN.m};$$

$$M_{0y} = \mu_y \times M_x = 86.42 \text{KN.m}.$$

Moments aux appuis :

$$M_a = 0.5 M_0$$

$$M_{ax} = 65.77 \text{KN.m}$$

$$M_{a-y} = 43.21 \text{KN.m}$$

Moments en travée :

$$M_t = 0.85 M_0$$

$$M_{tx} = 111.80 \text{kN.m}$$

$$M_{ty} = 73.45 \text{kN.m}$$

Nous devons vérifier les contraintes tels que :

$$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e; 110 \sqrt{f_{tj}} \right\} = 201.63 \text{MPa} \quad \text{Fissuration préjudiciable.}$$

$$\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b = 15 \text{MPa}; \quad \rho = \frac{100.A_u}{bd}; \quad \sigma_s = \frac{M_s}{\beta d A_u}; \quad \sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1}$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau ci- après :

Tableau XI.2 : vérification a ELS

Sens	Zone	Ms kN.cm	Au cm ²	ρ_1	β_1	K ₁	σ_s KN/cm ²	$\bar{\sigma}_s$ KN/cm ²	σ_b KN/cm ²	$\bar{\sigma}_b$ KN/cm ²	obs
X-X	Appuis	6577	10,05	0,372	0,906	38,19	17,835	20,163	0,467	1,5	vérifiée
	Travée	11180	18,1	0,670	0,88	26,67	17,331	20,163	0,6498	1,5	vérifiée
Y-Y	Appuis	4321	7,7	0,285	0,916	44,52	15,127	20,163	0,3398	1,5	vérifiée
	Travée	7345	10,5	0,389	0,904	37,08	19,106	20,163	0,5153	1,5	vérifiée

XI.8.6.2 Ferrailage du débord :

Le débord est assimilé à une console soumise à une charge uniformément répartie .Le calcul se fera pour une bonde de 1 mètre de longueur.

a. Sollicitation de calcul :

A l'ELU :

$$q_u = 233.39 \text{ kN/ml}$$

$$M_u = - \frac{q_u \cdot l^2}{2} = -74.68 \text{ kN.m}$$

A l'ELS

$$q_s = 165.89 \text{ kN/ml}$$

$$M_s = - \frac{q_s \cdot l^2}{2} = -53.08 \text{ kN.m}$$

b. Calcul des armatures :

$$b = 1 \text{ m} ; d = 27 \text{ cm} ; f_{bc} = 14.20 \text{ MPa} ; \sigma_s = 348 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = \frac{74,68 \cdot 10^2}{100 \cdot 27^2 \cdot 14,2} = 0.072$$

$$\mu = 0.072 < \mu_1 = 0.392 \text{ (SSA)}$$

$$\mu = 0.072 \longrightarrow \beta = 0.963$$

$$A = \frac{M_u}{b \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{74,68 \cdot 10^2}{0,963 \cdot 27 \cdot 34,8} = 8.25 \text{ cm}^2$$

$$A = 6\text{HA}14/\text{ml} = 9.23 \text{ cm}^2$$

c. Vérification à L'ELU**❖ Condition de non fragilité**

$$A \geq 0.23.b.d. \frac{f_{t28}}{f_e} = 3.26 \text{ cm}^2 \quad \text{condition vérifiée}$$

Calcul de l'espacement :

$$S_t = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm on prend } S_t = 20 \text{ cm}$$

Armatures de répartition :

$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{9.23}{4} = 2.30 \text{ cm}^2$$

Soit 2HA14 = 3.08 cm² avec un espacement e 15 cm.

d. vérification à L'ELS :

$$\mu = 0.051 \rightarrow \alpha = 0.105$$

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{74.68}{53.08} = 1.40$$

$$\alpha = 0.3011 < \frac{1.40-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.45$$

$$\alpha = 0.105 < 0.45 \dots \dots \dots \text{CV}$$

XI.8.6.3. Ferrailage des nervures :**a. Détermination des sollicitations :**

Calcul du chargement simplifié pour le moment fléchissant et l'effort tranchant a l'ELU et a l'ELS :

$$q_{um} = \left[\sigma_m(\text{ELU}) - \frac{G_{rad}}{S_{rad}} \right] \times L_m = 233.39 \times L_m$$

$$q_{ut} = \left[\sigma_m(\text{ELU}) - \frac{G_{rad}}{S_{rad}} \right] \times L_t = 233.39 \times L_t$$

$$q_{sm} = \left(\sigma_m (\text{ELS}) - \frac{Grad}{S_{rad}} \right) \times L_m = 165.89 \times L_m$$

$$q_{st} = \left(\sigma_m (\text{ELS}) - \frac{Grad}{S_{rad}} \right) \times L_t = 165.89 \times L_t$$

Avec :

L_m , L_t : longueur moyenne des charges (trapézoïdales et triangulaires des panneaux de la dalle, on prend le panneau le plus défavorables).

Cas trapézoïdale :

$$L_m = L_x \left(0.5 - \frac{1}{6} \rho^2 \right) \text{ et } L_t = L_x \left(0.5 - \frac{1}{4} \rho^2 \right)$$

Cas triangulaires :

$$L_m = \frac{1}{3} L_x \text{ et } L_t = \frac{1}{4} L_x$$

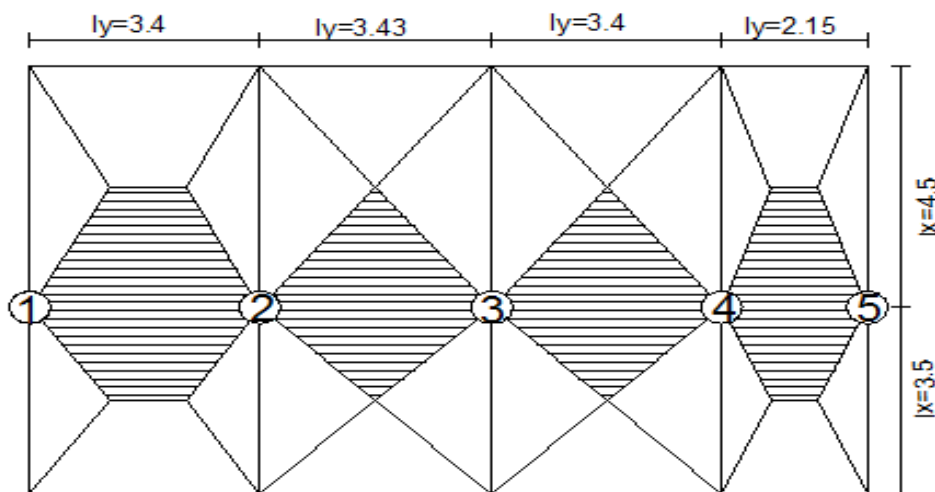


Fig.XI.3 : schéma statique des surfaces de la nervure

Sens transversal

On calcule chargement simplifié pour le moment fléchissant et l'effort tranchant al' ELU et a l'ELS suivant la longueur moyenne des charges la plus défavorables.

- **ELU**

$$q_{um} = 233.39 \times 2.75 = 641.82 \text{ KN/ml}$$

- **ELS**

$$q_{sm} = 165.89 \times 2.75 = 456.61 \text{ KN/ml}$$

Calcul du chargement simplifié pour l'effort tranchant l'ELU et a l'ELS :

- **ELU**

$$q_{ut} = 233.39 \times 2.43 = 567.13 \text{ KN/ml}$$

- **ELS**

$$q_{sm} = 165.89 \times 2.43 = 403.11 \text{ KN/ml}$$

Sens longitudinal

On calcule chargement simplifié pour le moment fléchissant et l'effort tranchant al' ELU et a l'ELS suivant la longueur moyenne des charges la plus défavorables.

- **ELU**

$$q_{um} = 233.39 \times 2.54 = 592.810 \text{ KN/ml}$$

- **ELS**

$$q_{sm} = 165.89 \times 2.54 = 421.28 \text{ 456.61 KN/ml}$$

Calcul du chargement simplifié pour l'effort tranchant l'ELU et a l'ELS :

- **ELU**

$$q_{ut} = 233.39 \times 2.48 = 578.80 \text{ KN/ml}$$

- **ELS**

$$q_{sm} = 165.89 \times 2.48 = 411.40 \text{ KN/ml}$$

Tableau donnant les moments sur appuis (kN.m)

Appuis	1	2	3	4	5
ELU	158,92	309,23	309,23	236,89	95,38
ELS	127,38	250,81	250,07	179,59	68,15

Tableau donnant les moments en travée (kN.m)

En travée	1 2	2 3	3 4	4 5
ELU	256,84	359,4	341,88	180,72
ELS	187,59	294,28	179,36	107,58

Tableau donnant les efforts tranchants (ELU) (KN)

la travée	1 2	2 3	3 4	4 5
T ₁	354,65	395,75	404,78	248,76
T ₂	-315,86	-367,54	-417,23	-267,25

b. Calcul du ferrailage des nervures :

Le calcul des sections d'armatures se fera en considérant les valeurs maximales des moments en travée et sur appuis, le tableau suivant donne les différentes sections calculées :

$$b = 45 \text{ cm}, h = 70 \text{ cm}, d = 67 \text{ cm}, f_{bc} = 14,2 \text{ Mpa}, \sigma_s = 348 \text{ Mpa}$$

Tableau XI.3 : Calcul des sections d'armatures

sens	Zone	M _u kN.cm	μ	obs	β	A _u cm ²	A _{min} cm ²	ferrailage	A _u adop cm ²
X-X	Travée	35940	0,125	SSA	0,933	16,521	2,85	5HA16+5HA14	17.75
	Appuis	30923	0,108	SSA	0,943	14,064	2,85	5HA16+5HA14	17.75
Y-Y	Travée	51572	0,180	SSA	0,991	22,320	2,85	7HA16+7HA14	24.84
	Appuis	44406	0,155	SSA	0,916	20,792	2,85	7HA16+7HA14	24.84

c. Vérification de la contrainte de cisaillement :

$$\tau_u = \frac{T_u^{\max}}{b \cdot d} \leq \bar{\tau} = \min \left\{ \frac{0,15 \cdot f_{c28}}{\gamma_b}; 4 \text{ MPa} \right\} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{b \cdot d} = \frac{712.87 \times 10^3}{450 \times 670} = 2.36 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 2.36 \text{MPa} < \bar{\tau}_u = 2.50 \text{MPa} \dots\dots\dots \text{CV}$$

d. Vérifications à l'ELS :

On se dispensera des vérifications si la condition suivante est vérifiée :

En travée :

$$\mu = 0.100 \rightarrow \alpha = 0.3011$$

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{515.72}{288.66} = 1.78$$

$$\alpha = 0.3011 < \frac{1.78-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.64$$

$$\alpha = 0.3011 < 0.6400 \dots\dots\dots \text{CV}$$

Aux appuis :

$$\mu = 0.009 \rightarrow \alpha = 0.426$$

$$\gamma = \frac{M_u}{M_s} = \frac{408.06}{256.05} = 1.59$$

$$\alpha = 0.426 < \frac{1.59-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.545$$

$$\alpha = 0.426 < 0.545 \dots\dots\dots \text{CV}$$

e. Calcul des armatures transversales :

Le diamètre minimal des armatures transversales est donné par la relation

$$\text{suivante : } \phi \geq \frac{\phi}{3} = \frac{20}{3} = 6.67 \text{mm}$$

On prend $\Phi_t = 10 \text{ mm}$.

On optera pour deux cadres et un étrier soit $A_t = 3\text{HA}10 = 2.36 \text{cm}^2$.

Espacement des armatures :

Zone nodale :

$$S_t \leq \min \left(\left\{ \frac{h}{4}; 12\phi \right\} \right) = \min (17.5 \text{cm}; 24 \text{cm}) = 17.5 \text{cm}$$

On opte pour $S_t = 10 \text{ cm}$

Zone courante :

$$S_t \leq \frac{h}{2} = 17.5 \text{ cm}$$

On opte pour $S_t = 15 \text{ cm}$

Armatures transversales minimales :

$$A_{t \min} = 0.003 \cdot S_t \cdot b = 0.003 \times 15 \times 45 = 2.025 \text{ cm}^2.$$

A_t adopté $>$ $A_{t \min}$cv

XI.9. Etude du voile plaque (périphérique) :

XI.9.1. Introduction :

Le voile plaque assure un chaînage de la structure et forme un caisson rigide et indéformable, il transmet au sol de fondation la totalité des efforts apportés par la superstructure comme il assure la fonction de soutènement.

XI.9.2. Pré dimensionnement du voile plaque :

L'épaisseur minimale imposée par le RPA 99 (art10.1.2) pour le voile périphérique est de 15cm, on opte pour une épaisseur de **20cm**

XI.9.3. Contraintes de sollicitations :

Le voile périphérique est aussi conçu pour retenir la totalité des poussées de terres, dont les contraintes qui s'exercent sur la face du voile sont :

σ_H et σ_V

σ_H : Contraintes horizontales

σ_V : Contraintes verticales

$$\sigma_H = K_a \times \sigma_V$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2(\pi/2 - \varphi/2) \quad \text{sol}$$

Avec K_0 : coefficient de poussée des terres

φ : Angle de frottement interne

- Caractéristiques du sol :

$$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$$

$q = 1 \text{ t/m}^2$ surcharge éventuelle

$$\varphi = 30^\circ$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2(180/4 - 30/2) = 0.333$$

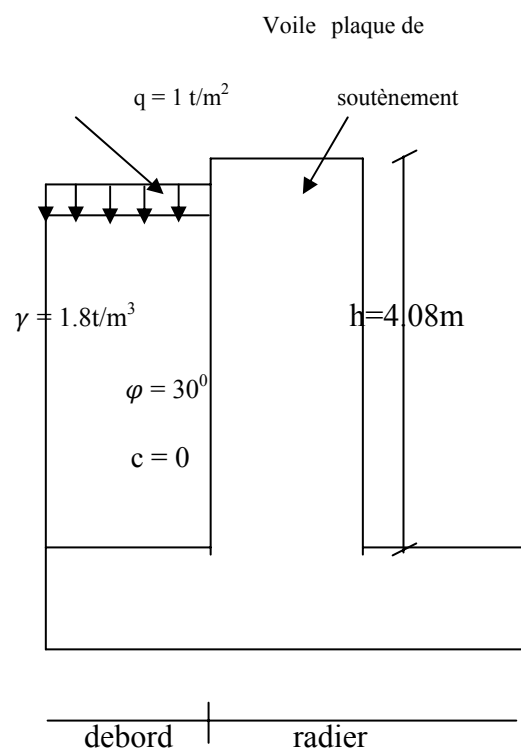


Fig XI.4. Schéma du mur de soutènement

XI.9.4. Calcul des sollicitations :**ELU :**

$$\sigma_H = K_a \times \sigma_V = K_a (1.35 \times \gamma \times h + 1.5 \times q)$$

$$h = 0\text{m} \longrightarrow \sigma_{H1} = 0.333 \times 1.5 \times 1 = 0.499 \text{ t/m}^2$$

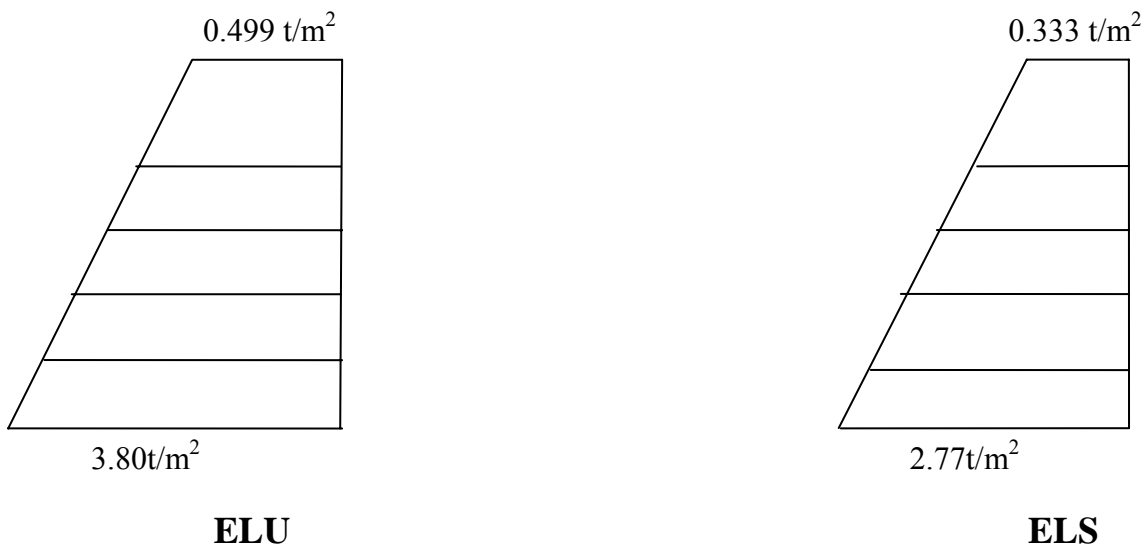
$$h = 4.08\text{m} \longrightarrow \sigma_{H2} = 0.333 \times (1.35 \times 1.8 \times 4.08 + 1.5 \times 1) = 3.80 \text{ t/m}^2$$

ELS :

$$\sigma_H = K_a \times \sigma_V = K_a (\gamma \times h + q)$$

$$h = 0\text{m} \longrightarrow \sigma_{H1} = 0.333 \times 1 = 0.333 \text{ t/m}^2$$

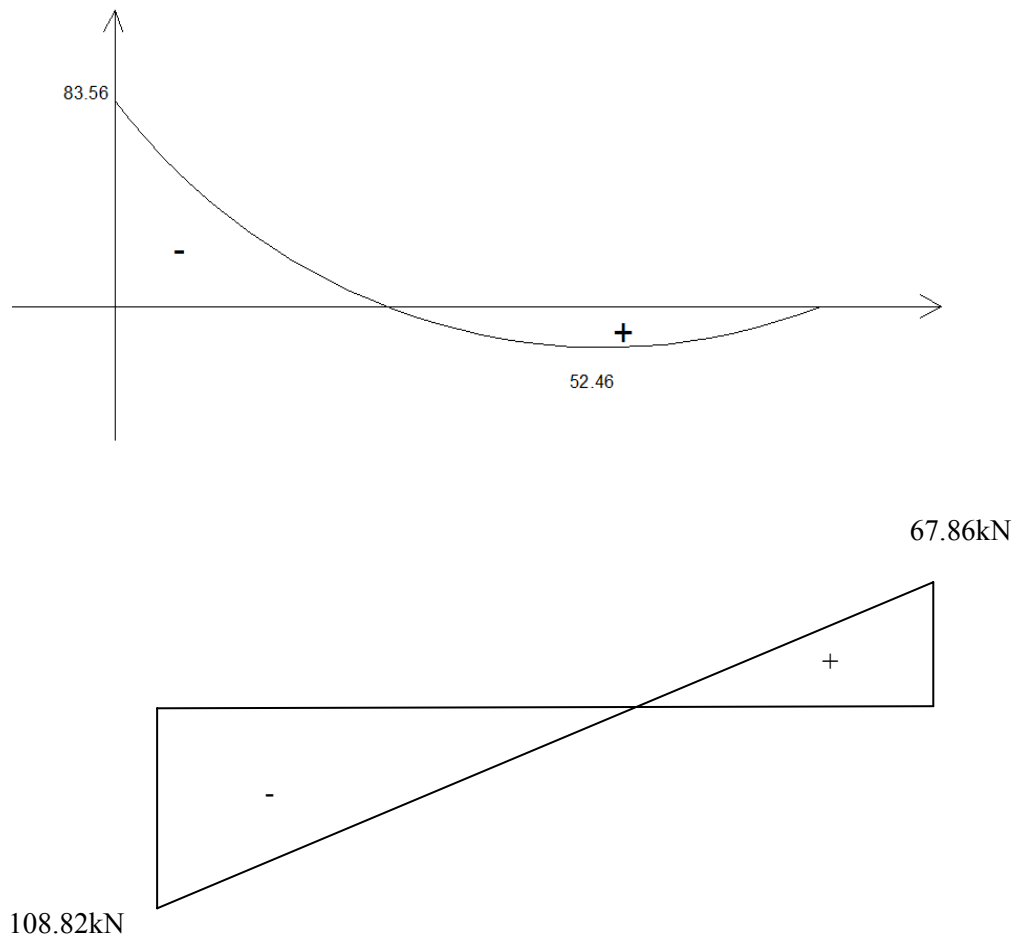
$$h = 4.08\text{m} \longrightarrow \sigma_{H2} = 0.333 \times (1.8 \times 4.08 + 1) = 2.77 \text{ t/m}^2$$

**Fig XI.5. Diagramme des contraintes**

$$\text{ELU : } q_u = \frac{3\sigma_{H2} + \sigma_{H1}}{4} \times 1\text{m} = \frac{3 \times 3.80 + 0.499}{4} = 2.97 \text{ t/m}$$

$$\text{ELS : } q_s = \frac{3\sigma_{H2} + \sigma_{H1}}{4} \times 1\text{m} = \frac{3 \times 2.77 + 0.333}{4} = 2.16 \text{ t/m}$$

Diagramme des moments et des efforts tranchants :



XI.9.5. Ferrailage :

Tableau XI.4 : Calcul des sections d'armatures :

Zone	M_u kN.m	μ	obs	β	A_u cm ²	A_{min} cm ²	ferrailage	A_u adop cm ²	Espace cm
aux appuis	83,56	0,020	SSA	0,99	14,267	1.20	5HA16+5HA14	17.75	15
en travée	52,46	0,013	SSA	0,993	8,930	1.20	5HA16	10,05	15

b. Les armatures horizontales :

$A_h = 5HA16$ espacement de 15cm

c. Recommandation du RPA 99 :

Les armatures sont constituées de deux nappes.

Les deux nappes sont liées par quatre épingles /m² de diamètre $\phi 8$.

d. Vérification a l'ELS :**❖ Vérification des contraintes du béton et de l'acier :**

Aux appuis : $M_a = 59.79 \text{KN.m}$

En travée : $M_t = 37.54 \text{KN.m}$

Tableau XI.5 : vérification a ELS

Zone	Ms kN.cm	Au cm ²	ρ_1	β_1	K_1	σ_s KN/cm ²	$\bar{\sigma}_s$ KN/cm ²	σ_b KN/cm ²	$\bar{\sigma}_b$ KN/cm ²	obs
aux appuis	59,79	17,71	1,042	0,858	20,21	2,314588	20,163	0,115	1,5	vérifiée
en travée	37,54	10,05	0,591	0,886	28,86	2,479965	20,163	0,086	1,5	vérifiée

❖ Vérification de l'effort tranchant :

$$\tau_u < \min (0.2 f_{c28} / \gamma_b , 5 \text{MPa}) = 3.33 \text{MPa}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b.d} = \frac{108.82 . 1000}{1000 . 170} = 0.640$$

$$0.640 < 3.33 \text{MPa} \quad \Longrightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

CONCLUSION GÉNÉRAL

Vu les résultats obtenus par les deux méthodes appliquées le long de notre travail ; on peut conclure que dans la plus part des cas les résultats obtenus apparaissent plus défavorable dans la méthode modale spectrale dynamique que dans la méthode statique équivalente.

Durant notre travail on a pris conscience de l'évolution considérable du Génie Civil dans le domaine de l'informatique (logiciels de calculs) ; comme par exemple ETABS qu'on a appris a utilisé durant la réalisation de ce projet tout en tenant compte de préconisations du RPA qui font passer la sécurité avant l'économie

Enfin, ce projet de fin d'étude est la première expérience qui nous a permis de mettre en application les connaissances acquises lors de notre formation et surtout d'apprendre les différentes techniques de calcul, les concepts et les règlements régissant le domaine étudié.