

I) Introduction:

La stabilité de l'ouvrage est en fonction de la résistance des différents éléments structuraux (poteaux, poutres, voiles...) aux différentes sollicitations (compression, flexion...) dont la résistance de ces éléments est en fonction du type des matériaux utilisés et de leurs dimensions et caractéristiques, donc pour le calcul des éléments constituant un ouvrage, on se base sur des règlements et des méthodes connues (BAEL91, RPA99 modifié en 2003) qui s'appuie sur la connaissance des matériaux (béton et acier) et le dimensionnement et ferrailage des éléments résistants de la structure.

I-1) plan du mémoire :

Le présent mémoire est organisé sous la forme suivante :

- Etude des charges et du pré dimensionnement des éléments horizontaux (planchers et poutres) et des éléments verticaux (poteaux et murs voiles) ;
- Calcul détaillé des différents éléments non structuraux (acrotère, escaliers et cage d'ascenseur) ;
- Etude de la rigidité et de la résistance face au séisme;
- Calcul des éléments structuraux ;
- Etude des différents éléments qui composent l'infrastructure;
- Et on va terminer ce travail par une conclusion générale.

I-2) Présentation de l'ouvrage :

Le présent travail est une étude technique d'un bâtiment en béton armé à usage d'habitation composé d'un rez de chaussé et 7 étages (R+7), cet ouvrage sera implanté à Tiaret classé en zone de faible sismicité (zone I) d'après le règlement parasismique algériennes (RPA 99) modifié en 2003, dans le cadre de cette étude, on va utiliser le logiciel de calcul par éléments finis ETABS pour faire le calcul statique et dynamique des éléments structuraux. Les efforts engendrés dans le bâtiment, sont utilisés pour ferrailer les éléments résistants suivant les combinaisons et les dispositions constructives exigées par le BAEL91 et RPA99/version 2003.

I-3) Objectif du mémoire

Ce travail consiste à concevoir une structure capable de résister aux sollicitations, ensuite à bien transmettre toutes les charges de la structure au sol de fondation et enfin à proposer des méthodes de mise en œuvre des matériaux et des plans d'exécution.

I-4) Définition de la problématique :

La présente étude porte sur le calcul de résistance des éléments d'un bâtiment (R+7) en béton armé et à usage d'habitation située à Tiaret, qui est classée en zone de faible sismicité (zone I) d'après le règlement parasismique Algérien (RPA 99 modifié 2003).

Le problème posé est comment assurer la résistance de notre structure aux différents effets tout en prenant le côté économique en considération?

I-5) Caractéristique géométrique (dimensions des plans) :

- Longueur totale du bâtiment.....27,30m
- Largeur totale du bâtiment.....18,60m
- Hauteur totale du bâtiment.....25,84 m
- Hauteur du R.D.C.....3,23m
- Hauteur des étages courants 3,23 m
- Hauteur de l'acrotère..... 0,60 m

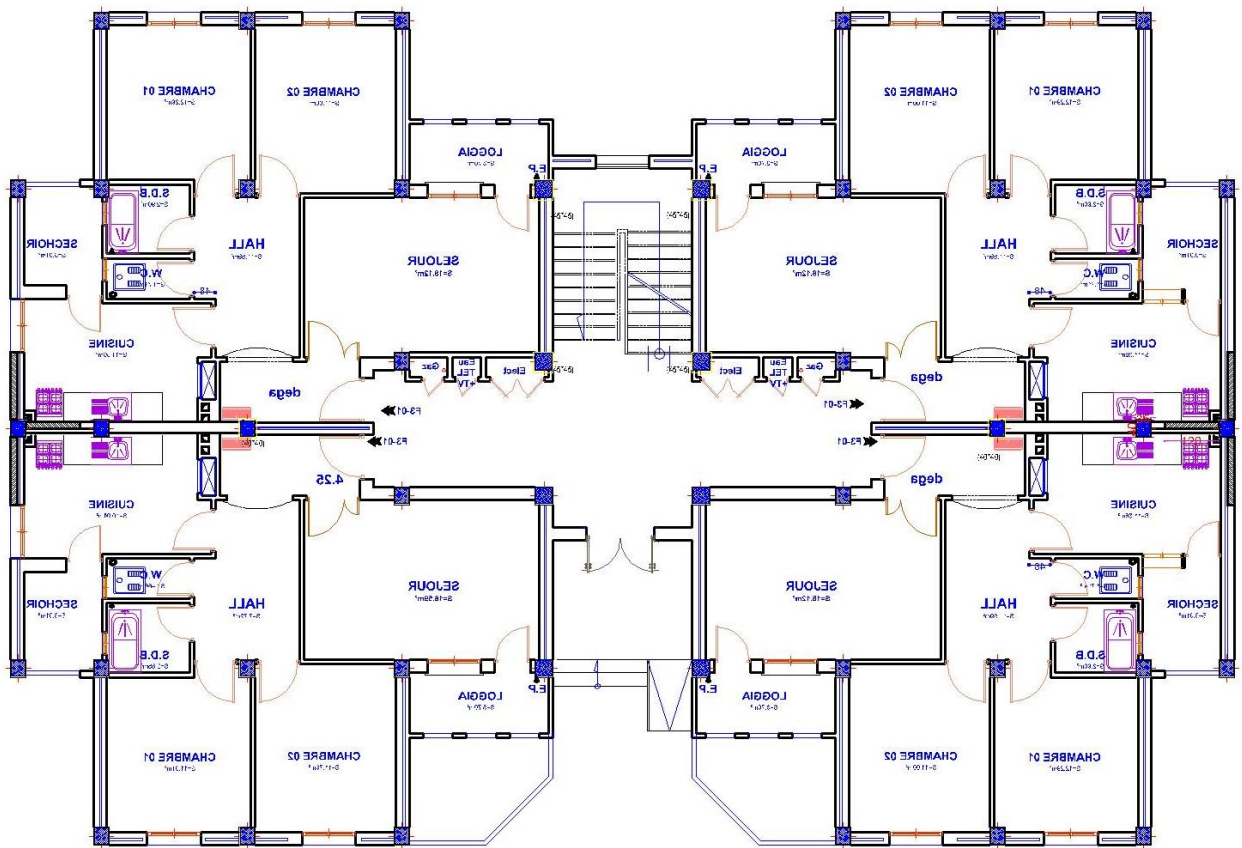


Figure I-2 : Vue en plan de RDC et les étages courants.

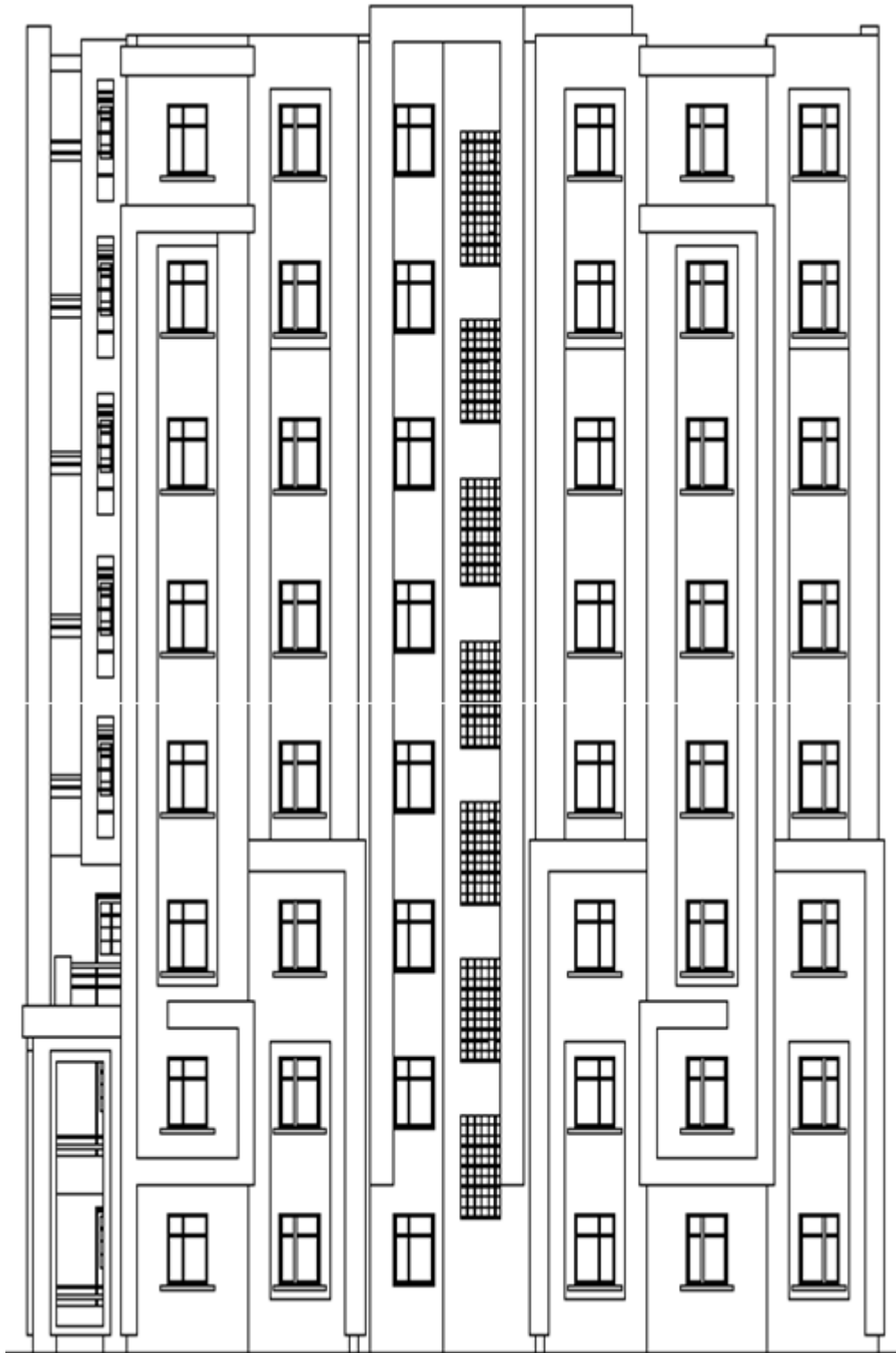


Figure I-3:Façade principale

I-6) Différents éléments de la structure :**I-6-1) Superstructure :****Ossature :**

La stabilité de la structure est assurée par un système structurel mixte en béton armé (Voiles et portiques).

Le contreventement :

La structure du bâtiment a un système de contreventement mixte assuré par des voiles et des portiques avec justification d'interaction portiques, voiles.

Planchers :

C'est une aire généralement plane destinée à séparer les niveaux, on distingue :

- Plancher à corps creux.
- Plancher à dalle pleine.

a. Planchers corps creux :

Ce type de plancher est constitué de poutrelles préfabriquées en béton armé ou bétonné sur place espacées de 65cm de corps creux (hourdis) et d'une table de compression en béton armé d'une épaisseur de 5 cm.

Ce type de planchers est généralement utilisé pour les raisons suivantes :

- Facilité de réalisation ;
- Lorsque les portées de l'ouvrage ne sont pas importantes ;
- Diminution du poids de la structure et par conséquent la résultante de la force sismique.
- Une économie du coût de coffrage (coffrage perdu constitué par le corps creux).



Figure I-4:Plancher à corps creux

b. Planchers dalle pleine :

Plancher en dalle pleine dans les balcons et pour la cage d'escaliers a pour but de minimiser le temps et le coût.

✚ Escalier :

Ce bâtiment est équipé d'un escalier à deux volées avec palier, il permet l'accès d'un niveau à autre et pour faciliter le déplacement entre les étages.

+ Terrasse :

Inaccessible.

+ Acrotère

La terrasse étant inaccessible, le dernier niveau est entouré d'un acrotère en béton armé d'une hauteur de 60 cm.

+ Balcon :

Le balcon est un porte-à-faux encastré dans le plancher.

+ Local d'ascenseur :

L'ascenseur est un appareil élévateur permettant le déplacement vertical (elle fait le mouvement de vas et vien) et accès aux différents niveaux du bâtiment, il est composé essentiellement de la cabine et de sa machinerie.

+ Maçonnerie :

On distingue :

- Mur extérieur (double paroi).
- Mur intérieur (simple paroi).

La maçonnerie la plus utilisée en ALGERIE est en briques creuses pour cet ouvrage nous avons deux types de murs ;

a. Murs extérieurs :

Le remplissage des façades est en maçonnerie elles sont composées d'une double cloison en briques creuses à 8 trous de 10 cm d'épaisseur avec une lame d'air de 5cm d'épaisseur.

b. Murs intérieurs :

Cloison de séparation de 10 cm.

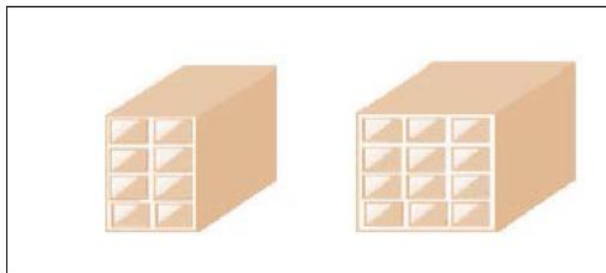


Figure I-5:Brique creuse

+ Revêtement :

- Enduit en plâtre pour les plafonds.
- Enduit en ciment pour les murs extérieurs et les cloisons.
- Revêtement à carrelage pour les planchers.

- Le plancher terrasse sera recouvert par une étanchéité multicouche imperméable évitant la pénétration des eaux pluviales.

Isolation :

- L'isolation acoustique est assurée par la masse du plancher et par le vide d'air des murs extérieurs.
- L'isolation thermique est assurée par les couches de polystyrène pour les planchers terrasses; et par le vide d'air pour les murs extérieurs.

I-6-2-)Infrastructure :**Fondation :**

La fondation est l'élément qui permet de transmettre les charges et surcharge d'une structure vers le sol, on prend un taux de travail du sol égal à 2,5 bars d'après les résultats donnés par le laboratoire spécialisé dans la géotechnique.

Caractéristiques géotechniques du sol :

Selon le rapport géotechnique du laboratoire(L.T.P.O) Le sol d'assise présente les caractéristiques géotechniques suivantes :

- La contrainte du sol est : $\sigma_{\text{sol}} = 2,5$ bars pour un ancrage $h = 1,60$ m.
- Le poids spécifique du sol : $\gamma = 17$ KN/m³.
- L'angle de frottement interne du sol $\varphi = 35^\circ$
- La cohésion $C = 0$ (sol pulvérulent).
- Le site est considéré comme meuble(S3).

I-7) Caractéristiques mécaniques des matériaux :

Les caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction seront conformes au règlement du béton armé aux états limites « BAEL 91 », ainsi que le règlement parasismique Algérien RPA 99/2003.

I-7-1-Le Béton :

Le béton est un matériau constitué par le mélange de ciment, granulats (sables, gravillons) et d'eau de gâchage.Le béton armé est obtenu en introduisant dans le béton des aciers (armatures) disposés de manière à équilibrer les efforts de traction.

Le béton armé utilisé dans la construction de l'ouvrage sera conformé aux règles techniques de conception et de calcul des structures (B.A.E.L.91 et R.P.A 99).

Les compositions retenues par m³ sont :

- Ciment : 350kg de CPA325.
- Gravier : 800 litres de 15/25 mm.

- Sable : 400 litres de 0/5mm.
- Eau : 175 litres d'eau de gâchage

La préparation du béton sera faite mécaniquement à l'aide d'une bétonnière ou d'une centrale à béton.

Les principaux avantages du béton armé sont:

1) Economie:

Le béton est plus économique que l'acier pour la transmission des efforts de compression, et son association avec les armatures en acier lui permet de résister à des efforts de traction.

2) Souplesse des formes:

Elle résulte de la mise en œuvre du béton dans les coffrages auxquels on peut donner toutes les sortes de formes.

3) Résistance aux agents atmosphériques:

Elle est assurée par un enrobage correct des armatures et une compacité convenable du béton.

4) Résistance au feu :

Le béton armé résiste dans les bonnes conditions aux effets des incendies. En contrepartie, les risques de fissurations constituent un handicap pour le béton armé, et que le retrait et le fluage sont souvent des inconvénients dont il est difficile de palier tous les effets.

I-7-1-1-Résistance mécanique du béton :

a-Résistances caractéristiques à la compression :

Un béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours f_{c28} exprimée en MPa. Pour un nombre de jours $j \neq 28$, la résistance f_{cj} des bétons suit les lois suivantes :

Bétons de résistance courante :

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

Bétons de haute résistance :

$$f_{cj} = \frac{j}{1,4 + 0,95 \times j} \times f_{c28} \rightarrow \text{pour : } f_{c28} > 40 \text{ MPa.}$$

$$f_{cj} = 1,1 \cdot f_{c28} \rightarrow \text{pour : } j \geq 28$$

On constate que les bétons à haute résistance atteignent plus rapidement leurs valeurs maximales que les normaux et ont moins de ressource. Au-delà de 28 jours, les résistances sont mesurées par écrasement d'éprouvettes normalisées.

b- Résistance caractéristique à la traction :

La résistance caractéristique à la traction du béton à j jours est déduite de celle à la compression par la relation suivante :

$$\begin{cases} f_{tj} = 0,6 + 0,06.f_{cj} & \text{si : } f_{c28} \leq 60\text{MPa.} \\ f_{tj} = 0,275.(f_{cj})^{2/3} & \text{si : } f_{c28} > 60\text{MPa.} \end{cases}$$

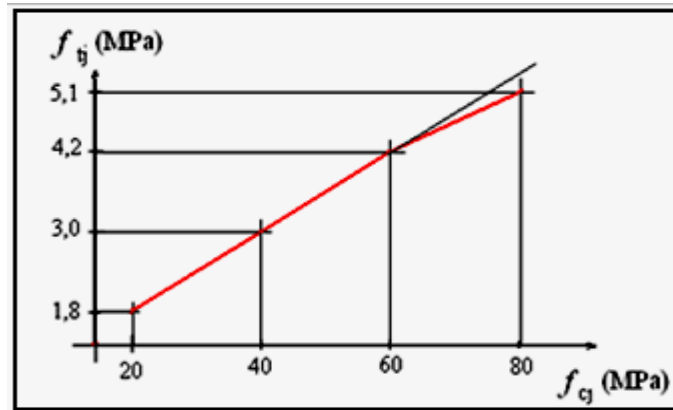


Figure I-6: Évolution de la résistance à la traction f_{tj} en fonction de celle à la compression f_{cj}

I-7-1-2- Contrainte limite :

a) État limite ultime (ELU) :

Contrainte ultime du béton :

En compression avec flexion (ou induite par la flexion), le diagramme qui peut être utilisé dans tous les cas et le diagramme de calcul dit parabole rectangle.

Les déformations du béton sont :

$$\begin{aligned} * \epsilon_{bc1} &= 2 \text{‰} \\ * \epsilon_{bc2} &= \begin{cases} 3,5 \text{‰} & \text{si : } f_{cj} \leq 40\text{MPa.} \\ \min(4,5; 0,025 f_{cj}) \text{‰} & \text{si : } f_{cj} > 40\text{MPa.} \end{cases} \end{aligned}$$

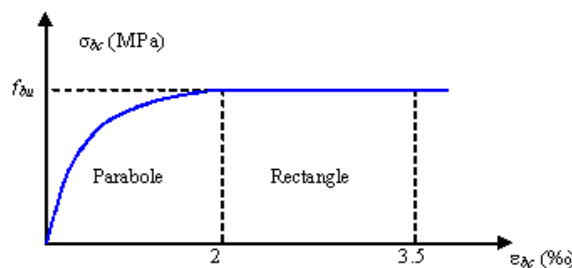


Figure I-7: Diagramme parabole- rectangle des Contraintes -Déformations du béton.

La contrainte du béton comprimé :

$$\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{cj}}{\Phi \times \gamma_b}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,50} = 14,17 \text{ MPa. Pour le cas général ;}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,15} = 18,48 \text{ MPa. Pour le cas des combinaisons accidentelles ;}$$

Avec :

ε_{bc} : Déformation du béton en compression ;

σ_{bc} : Contrainte de calcul pour : $20/100 \pi \varepsilon_{bc} < 3,50/100$.

f_{cj} : Résistance caractéristique à la compression du béton à " j " jours ;

γ_b : Coefficient de sécurité avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_b = 1,5 \rightarrow \text{Cas général} \\ \gamma_b = 1,15 \rightarrow \text{Cas accidentelles} \end{array} \right.$$

Le coefficient de minoration 0,85 tient compte de l'influence défavorable de la durée d'application des charges et des conditions de bétonnage vis-à-vis des résistances caractéristiques obtenues par essais sur éprouvettes.

b) Etat limite de service (ELS):

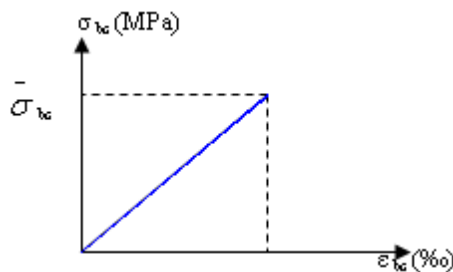


Figure I-8: Diagramme contrainte déformation du béton de calcul à l'ELS.

La contrainte limite de service en compression du béton est limitée par :

$$\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc}$$

Avec:

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

$$\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPA.}$$

- Modules de déformation longitudinale :

Le module de Young différé du béton dépend de la résistance caractéristique à la compression du béton :

$$\begin{cases} E_{vj} = 3700 \times \sqrt[3]{f_{cj}} & ; \text{si : } f_{c28} \leq 60 \text{ MPa.} \\ E_{vj} = 4400 \times \sqrt[3]{f_{cj}} & ; \text{si : } f_{c28} > 60 \text{ MPa; sans fumée de silice.} \\ E_{vj} = 6100 \times \sqrt[3]{f_{cj}} & ; \text{si : } f_{c28} > 60 \text{ MPa; avec fumée de silice.} \end{cases}$$

❖ Coefficients de poisson :

Le coefficient de poisson sera pris égal à:

- $\nu = 0$ pour un calcul des sollicitations à l'Etat Limite Ultime (ELU).
- $\nu = 0,2$ pour un calcul de déformations à l'Etat Limite Service (ELS).

I-7-2) Acier :

Les aciers utilisés en béton armé se distinguent suivant leur nuance et leur état de surface (ronds lisses ou à barres à haute adhérence) et sont classés de la façon suivante :

- Ronds lisses bruts obtenue par laminage.
- Barres à haute adhérence obtenue par laminage à chaud d'un acier naturellement dur.
- Fils à haute adhérence obtenue par laminage à chaud suivi d'un écrouissage par tréfilage et/ou laminage à froid.
- Treillis soudés formés par assemblages de barres ou de fils lisses ou à haute adhérence.
- Les barres utilisées sont caractérisées par leur diamètre nominal (\emptyset).sauf accord préalable avec le fournisseur, la longueur développée des barres n'excédera pas 12 m. (longueur commerciale courante).

I-7-2-1) Diagramme déformation- contrainte :

$$\sigma_s = f(\varepsilon_{\text{‰}})$$

Dans les calculs relatifs aux états limites, on introduit un coefficient de sécurité γ_s qui a les valeurs suivantes:

$$\begin{cases} \gamma_s = 1,15 \rightarrow \text{Cas général.} \\ \gamma_s = 1,00 \rightarrow \text{Cas des combinaisons accidentelles.} \end{cases}$$

Pour notre étude, on utilise des aciers longitudinaux (feE400) et des aciers transversaux (feE235).

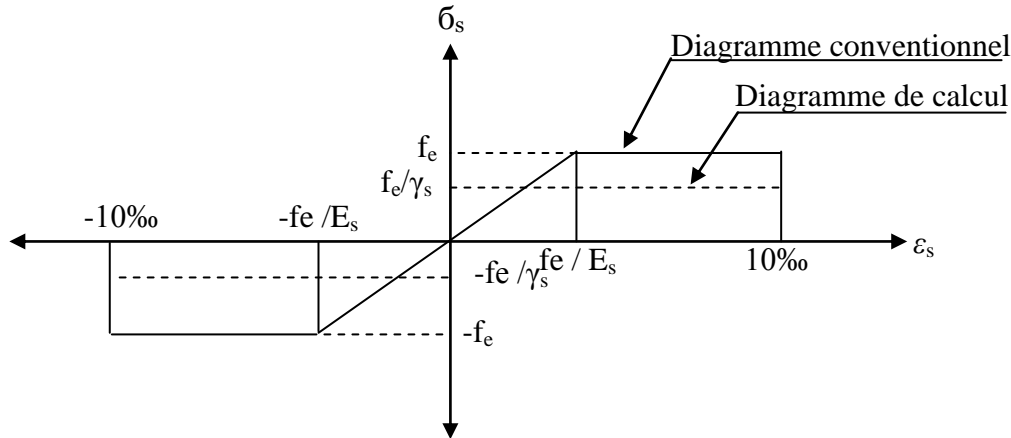


Figure I-9 :Diagramme de déformations – contraintes.

I-7-2-2) Contrainte de calcul d'acier :

Etat limite ultime (ELU) :

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

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_s : \text{coefficient de sécurité.} \\ f_e : \text{Résistance élastique d'acier.} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_s = 1,00 \rightarrow \text{cas accidentel} \\ \gamma_s = 1,15 \rightarrow \text{cas courant} \end{array} \right.$

Pour FeE400

$\sigma_s = 400 \text{ MPA} (\gamma_s = 1,00 \rightarrow \text{cas accidentelle}).$

$\sigma_s = 348 \text{ MPA} (\gamma_s = 1,15 \rightarrow \text{cas courant}).$

$\sigma_s = \epsilon \times E_s \rightarrow \text{si : } \epsilon \leq \epsilon_1 \dots \dots \dots \text{la loi de HOOK.}$

$$\epsilon_1 = \frac{f_e}{E_s \times \gamma_s}$$

$\epsilon_1 = 400 / (1,15 \times 2 \times 105) = 1,74 \text{ ‰}$

E_s : Module d'élasticité de l'acier;

$E_s = (2 \times 105) \text{ MPa}$

si : $\epsilon \leq \epsilon_1 \Rightarrow \sigma_s = \epsilon_s \times E_s$

$$\text{si : } \varepsilon \geq \varepsilon_1 \Rightarrow \sigma_S = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ MPa}$$

Etat limite de service (ELS) :

Les contraintes admissibles de l'acier sont données comme suite :

-Pour le cas d'une fissuration préjudiciable :

$$\sigma_{STlim} = \min \left[\left(\frac{2}{3} f_e ; 110(\eta 1_{tj}) \cdot \frac{1}{2} \right) \right] \text{ MPa}$$

-Pour le cas d'une fissuration très préjudiciable :

$$\sigma_{STlim} = \min \left[\left(\frac{1}{2} f_e ; 90(\eta 90_{tj}) \cdot \frac{1}{2} \right) \right] \text{ MPa}$$

Pour le cas d'une fissuration peu préjudiciable : aucune vérification ;

Avec : σ_{STlim} → contrainte admissible d'acier à la traction.

Le coefficient η : $\eta = 1,6$ → pour les armatures à haute adhérence (H.A).

$\eta = 1$ → Pour les armatures rondes lisses (R.L).

I-8) Hypothèse de calcul :

Selon les règles B.A.E.L 91, on distingue deux états de calcul :

- Etats limites ultimes de résistance E.L.U.R
- Etats limites de service E.L.S

I-8-1- E.L.U.R :

Il consiste à l'équilibre entre les sollicitations d'actions majorées et les sollicitations résistantes calculées en supposant que les matériaux atteignant les limites de rupture minorée, ce qui correspond aussi aux règlements parasismique algériennes R.P.A 99 (version 2003).

On doit par ailleurs vérifier que l'E.L.U.R n'est pas atteint en notant que les actions sismiques étant des actions accidentelles.

I-8-1-1- Hypothèses de calcul :

- Les sections droites planes avant déformation restent planes après déformation ;
- Pas de glissement relatif entre les armatures et le béton ;
- La résistance du béton à la traction est négligée ;
- Le raccourcissement du béton est limité.

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{bc} = 3,5 \text{‰} \rightarrow \text{Flexion composée} \\ \varepsilon_{bc} = 2 \text{‰} \rightarrow \text{Compression simple} \end{array} \right.$$

- L'allongement de l'acier est limité à : $\varepsilon_{bc} = 10 \text{‰}$;

- Les diagrammes déformations contraintes sont définis pour :
- Le béton en compression ;
- L'acier en traction et en compression.

I-8-1-2- Règles des trois pivots :

En fonction des sollicitations normales la rupture d'une section en béton armé peut intervenir :

- Par écrasement du béton comprimé ;
- Par épuisement de la résistance de l'armature tendue ;
- Les positions limites que peut prendre le diagramme des déformations sont déterminées à partir des déformations limites du béton et de l'acier ;
- La déformation est représentée par une droite passant par l'un des points A, B ou C appelés pivots.

Tableau I.1 :Les déformations limitent du pivot.

Pivot	Domaine	Déformation limites du pivot considéré
A	1	Allongement unitaire de l'acier $10^0/00$
B	2	Raccourcissement unitaire du béton $3,5^0/00$
C	3	Raccourcissement unitaire du béton $2^0/00$

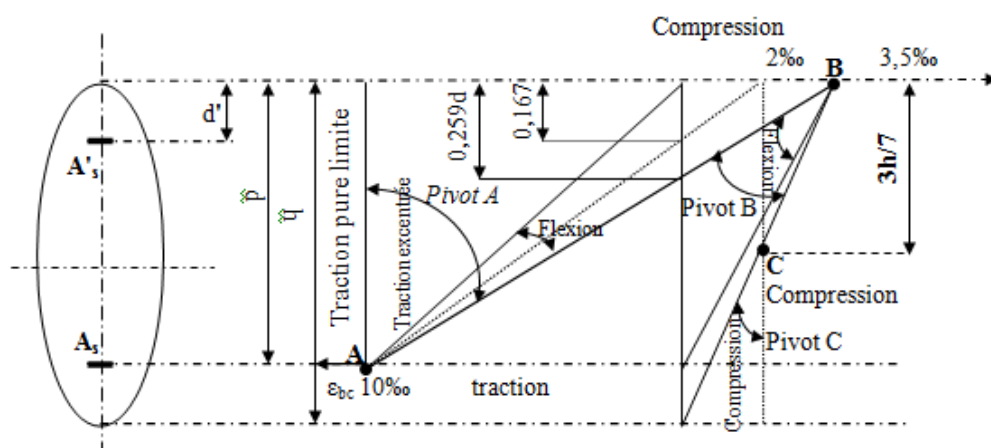


Figure I-10 :Diagramme des déformations limitées de la section- Règles des trois pivots.

I-9-2- E.L.S

Il consiste à l'équilibre des sollicitations d'actions réelles (non majorées) et les sollicitations résistantes calculées dépassant des contraintes limites.

I-8-2-1- Hypothèses de calcul :

- Les sections droites restent planes ;
- Il n'y a pas de glissement relatif entre les armatures et le béton ;
- Le béton tendu est négligé ;
- Les contraintes sont proportionnelles aux déformations.

$$\begin{cases} \sigma_{bc} = E_b \times \varepsilon_{bc} \\ \sigma_s = E_s \times \varepsilon_s \\ \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \end{cases}$$

Par convention η correspond au rapport du module d'élasticité longitudinale de l'acier à celui de béton.

$$\eta = \frac{E_s}{E_b} = 15 \rightarrow \text{Coefficient d'équivalence.}$$

I-8-2-2- Sollicitation du calcul vis-à-vis des états limites :**•Etat limite ultime :**

Les sollicitations de calcul sont déterminées à partir de la combinaison d'action Suivante :

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q$$

• Etat limite de service :

Combinaison d'action (G + Q):

Les règles parasismiques algériennes ont prévu les combinaisons d'actions suivantes :

$$\begin{cases} G + Q \pm E \\ G + Q \pm 1,2E \\ 0,8G \pm E \end{cases}$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} G : \text{charge permanent} \\ Q : \text{charge d'exploitation} \\ E : \text{charge du séisme} \end{cases}$$

I-9) Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons présentés notre projet, la description, le rapport géotechnique, ainsi que les différents matériaux choisis pour cette étude.