

Présentation du projet et généralité

I.1- Présentation du projet :

Notre projet fin d'études consiste à faire le dimensionnement de l'ossature en béton armé d'un bâtiment à RDC +9 à usage d'habitation avec 4 F4 par étage, implantée dans le territoire de la ville de Tiaret, classée zone de faible sismicité : zone I selon les règles parasismiques algériennes (RPA99 version 2003).

Le bloc à étudier est de forme régulière (forme rectangulaire en plan) composé de 04 travées dans le sens transversal (axe B à D) à l'exception des axes A et I qui ont 02 travées. Dans le sens longitudinal : 03 travées sur les axes 01 et 06, 07 travées sur les axes 02 et 05.

I.2- Caractéristiques géométriques de la structure :

I.2.1-Dimensions en élévation:

- La hauteur de R.D.C..... 3.06 m.
- La hauteur des étages courants..... 3.06 m.
- La hauteur totale de bâtiment..... 30.6 m.

I.2.2-Dimensions en plans:

- Longueur totale.....30.70 m.
- Largeur totale.....23.80 m.

I-2.3.Ossature et système constructif adopté :

I-2.3.1. Ossature :

Elle est constituée par l'ensemble des éléments structuraux qui sont les poteaux, poutres et voiles de contreventement. Ils assurent la stabilité de l'ouvrage sous l'effet des charges verticales (charges permanentes et surcharges d'exploitation) et horizontales (vent et séisme).

I-2.3.2. Planchers :

Les planchers adoptés pour notre structure sont :

- Des planchers à corps creux.
- Dalles pleines pour les balcons.

I-2.3.3. Escaliers :

On a un seul type d'escalier :

- Escalier à deux volées avec un seul palier utilisé pour l'accès aux étages (du RDC jusqu'au 09^{ème} étage).

I-2.3.4. Maçonnerie :

Les murs extérieurs sont faits en doubles cloisons en briques de 30 cm d'épaisseur (15+10+5). Les cloisons de répartition au niveau des étages ont une épaisseur brute de 10 cm.

I-2.3.5. Revêtement :

- Enduit en plâtre pour les plafonds.
- Enduit en ciment pour les murs extérieurs et les cloisons.
- Revêtement de carrelage pour les planchers.
- Le plancher terrasse sera couvert par une étanchéité multicouche imperméable évitant la pénétration des eaux pluviales.

I-2.3.6- Isolations :

- L'isolation acoustique est assurée par la masse du plancher (épaisseur) et par le vide d'air (lame d'air) des murs extérieurs.
- L'isolation thermique est assurée par une couches d'isolant (liège, polystirene etc....) pour les planchers terrasses; et par le vide d'air pour les murs extérieurs.

I-3. Caractéristiques géotechniques du sol :

Selon le rapport géotechnique du laboratoire LTPO, le sol d'assise de la construction est un sol meuble dont les caractéristiques sont les suivantes :

- La contrainte du sol est $\sigma_{sol} = 2 \text{ bars}$ pour un ancrage $D = 2 \text{ m}$.
- Le poids spécifique de terre $\gamma = 1,8 \text{ t / m}^3$.
- L'angle de frottement interne du sol $\varphi = 30^\circ$.
- La cohésion $C = 0$ (sol pulvérulent).

I-4. Caractéristiques mécaniques des matériaux:

I-4.1. Le Béton :

Le béton est un matériau constitué par le mélange de ciment, granulats (sables, gravillons) et de l'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 des ouvrages doit être conforme aux normes et règles techniques de conception et du calcul des structures (B.A.E.L.91, CBA 93 et R.P.A 99 V.2003).

La composition d'un mètre cube (m³) de béton courant est défini comme suit :

- **350 Kg** de ciment CPJ42.5
- **400 L** de sable $d_g \leq 5 \text{ mm}$
- **800 L** de gravillons $d_g \leq 25 \text{ mm}$
- **175 L** d'eau de gâchage.

La préparation du béton (malaxage) se fait mécaniquement à l'aide d'une bétonnière ou d'une centrale à béton.

La réalisation d'un élément d'ouvrage en béton armé, comporte les 4 étapes suivantes :

- La mise en place d'un coffrage (moule) en bois ou en métal.
- La mise en place du ferrailage (armatures) dans le coffrage.
- Le coulage du béton dans le coffrage.
- Décoffrage ou démoulage après durcissement suffisant du béton.

Les principaux avantages du béton armé sont:

- **Economie:** Le béton est plus économique que l'acier pour la transmission des efforts de compression. Son association avec des armatures en acier lui permet de résister à des efforts de traction importants.
- **Souplesse** des formes: Elle résulte de la mise en œuvre du béton dans les coffrages auxquels on peut donner toutes les sortes de formes.
- **Résistance** aux agents atmosphériques: elle est assurée par un enrobage correct et suffisant des armatures et une compacité convenable du béton.
- **Résistance** au feu; le béton armé résiste dans les bonnes conditions aux effets des incendies.

Les inconvénients du béton armé sont :

La fissuration constitue un handicap majeur pour le béton armé, particulièrement le retrait et le fluage qui constituent des inconvénients difficile cernés.

I- 4.1.1- Résistance mécanique :

a- Résistance caractéristique à la compression :

Le béton est caractérisé par sa bonne résistance à la compression, cette dernière, elle est donnée à "j" jour en fonction de la résistance à 28 jours par les formules suivantes :

$$\begin{cases} f_{c28} \leq 40\text{Mpa} \Rightarrow f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} \cdot f_{c28} \\ f_{c28} > 40\text{Mpa} \Rightarrow f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} \cdot f_{c28} \end{cases}$$

- Pour : 28 jours < j < 60 jours : $f_{cj} = f_{c28}$
- Pour : j ≥ 60 jours : $f_{cj} = 1,1 f_{c28}$
- Pour notre étude, on prend : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$

b - Résistance caractéristique à la traction :

La résistance caractéristique à la traction du béton à "j" jours est conventionnellement définie par la relation: $f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$

Donc pour $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$; $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$

c - Méthode de calcul:

Définition des états limites:

Un ouvrage doit être conçu et calculé de manière à présenter durant toute sa durée d'exploitation des sécurités appropriées vis-à-vis:

- De sa ruine ou de celle de l'un de ses éléments.
- Du comportement en service susceptible d'affecter gravement sa durabilité, son aspect, ou encore le confort des usagers.

Les états limites sont classés en deux catégories:

– Etat limite ultime (E.L.U) :

Il correspond à la perte d'équilibre statique (basculement), à la perte de stabilité de forme (flambement) et surtout à la perte de résistance (rupture) qui conduit à la ruine de l'ouvrage.

– Etat limite de service (E.L.S):

Au-delà duquel ne sont plus satisfaites les conditions normales d'exploitation et de durabilité (ouvertures des fissures, déformations, excessives des éléments porteurs).

I- 4.1.2. Définition des contraintes de calcul :

– Etat limite de résistance :

Dans les calculs relatifs à l'état limite ultime de résistance, on utilise pour le béton un diagramme conventionnel dit "Parabole-rectangle" et dans certains cas par mesure de simplification un diagramme rectangulaire.

a - Diagramme parabole-rectangle :

C'est un diagramme déformations - contraintes du béton qui peut être utilisé dans tous les cas

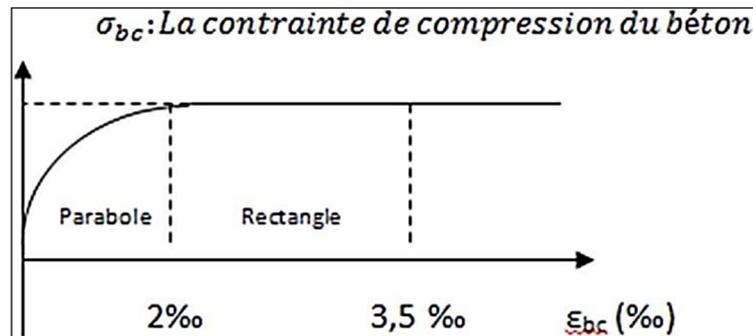


Figure –I . 01 .Diagramme parabole-rectangulaire (idéalisé).

Avec :

ϵ_{bc} : Déformation du béton en compression ;

f_{bc} : Contrainte de calcul pour $2\text{ ‰} < \epsilon_{bc} < 3,5\text{ ‰}$;

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

γ_b : Coefficient de sécurité ;

$\gamma_b = 1,5$ cas générale ;

$\gamma_b = 1,15$ cas de combinaisons accidentelles ;

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 - Diagramme rectangulaire :

Utilisé dans le cas où la section considérée est partiellement comprimée en flexion simple.

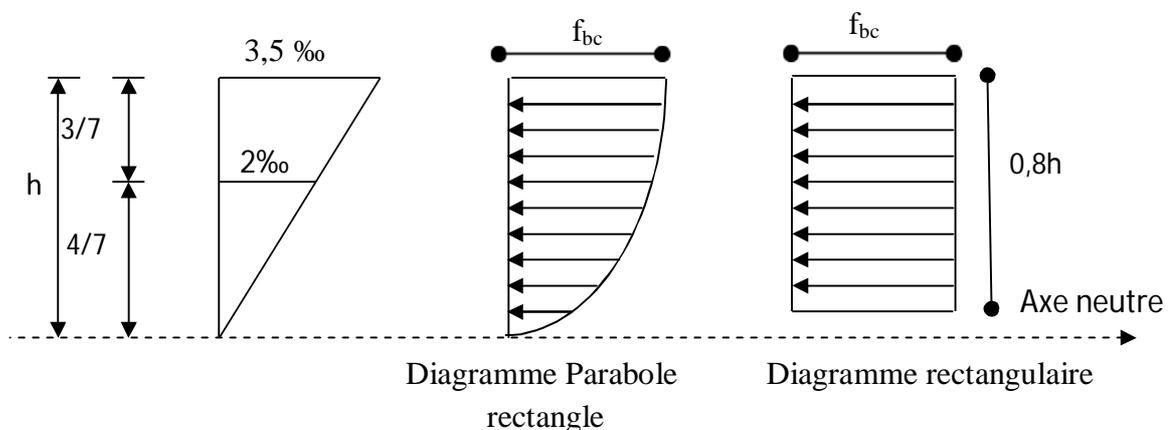


Figure –I. 02. Diagramme rectangulaire

I- 4.1.3. Contrainte admissible de cisaillement:

$\tau_u = \min(0.2 f_{cj} / \gamma_b, 5\text{Mpa})$ Fissuration peu préjudiciable.

$\tau_u = \min(0.15 f_{cj} / \gamma_b, 4\text{Mpa})$ Fissuration préjudiciable ou très préjudiciable.

La contrainte ultime de cisaillement dans une pièce en béton définie par rapport à l'effort tranchant ultime T_u .

$\tau_u = T_u / b_0 \cdot d$ avec : b_0 : largeur de la pièce. d : hauteur utile.

I- 4.1.4. Modules de déformation longitudinale du béton:

- Module de déformation instantanée:

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24h:

$E_{ij} = 11000(f_{cj})^{1/3}$; pour $f_{c28} = 25\text{Mpa}$; $E_{i28} = 32129,70\text{Mpa}$.

- Module de déformation différée:

$E_{vj} = 3700(f_{cj})^{1/3}$; pour $f_{c28} = 25\text{Mpa}$; $E_{i28} = 10807,26\text{Mpa}$

La déformation totale vaut environ trois fois la déformation instantanée.

I- 4.1.5. Coefficient de Poisson:

$\nu = (\Delta d/d) / (\Delta L/L)$.

Avec:

$(\Delta d/d)$: déformation relative transversale ;

$(\Delta L/L)$: déformation relative longitudinale ;

Il est pris égal à :

0,2 pour E.L.S (béton non fissuré),

et 0 pour E.L.U (béton fissuré) ;

I- 4.2. Les Aciers :

L'acier est un alliage (fer + carbone) en faible pourcentage ; les aciers pour le béton armé sont ceux de:

- Nuance pour 0.15 à 0.25% de carbone.
- Nuance mi-dure et dure pour 0.25 à 0.40% de carbone. Dans la pratique, on utilise les nuances d'aciers suivants:
- Acier naturel (feE215, feE235);
- Acier à haute adhérence (feE400, feE500) ;

- Treillis soudés de maille (150 x 150) mm² avec $\varnothing = 3,5$ mm (T.S.L feE500) ;
- Le module d'élasticité longitudinal de l'acier est pris égal à: $E_s=200\ 000$ Mpa ;

I- 4.2.1. Diagramme déformation-contraainte de calcul

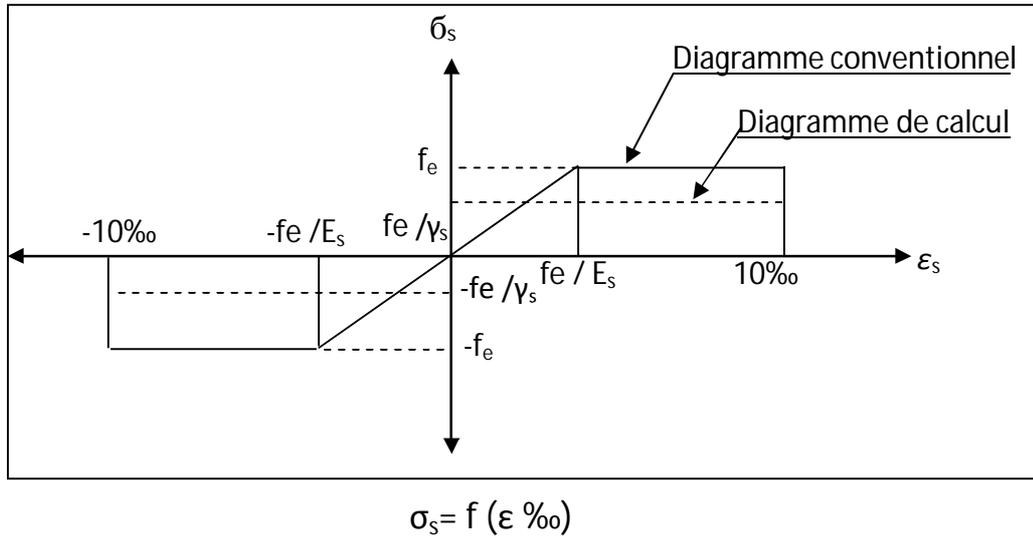


Figure –I .03. Diagramme de déformations-contraintes

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

$\gamma_s=1.15$ cas général.

$\gamma_s=1.00$ cas des combinaisons accidentelles.

Pour notre étude, on utilise des aciers FeE400.

I- 4.2.2. Contraintes limites de traction des armatures

Fissuration peu préjudiciable..... $\sigma_{st} \leq f_e$ pas de limitation ;

Fissuration préjudiciable..... $\sigma_{st} = \min (2/3f_e; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}})$ Mpa ;

Fissuration très préjudiciable..... $\sigma_{st} = \min (0.5f_e; 90 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}})$ Mpa

η : coefficient de fissuration ;

$$\begin{cases} \eta = 1 \text{ pour ronds lisses;} \\ \eta = 1,6 \text{ pour hautes adhérences avec } \phi \geq 6\text{mm;} \\ \eta = 1,3 \text{ pour hautes adhérences avec } \phi \leq 6\text{mm;} \end{cases}$$

- Poids volumique:
- Béton armé : $\gamma_b=25 \text{ KN/m}^3$
- Béton non armé : $\gamma_b=22 \text{ KN/m}^3$
- Acier : $\gamma_a=78,5 \text{ KN/m}^3$

I- 5. Etats limites:

Selon les règles **B.A.E.L91**, on distingue deux états de calcul :

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

I-5.1. 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 (version2003).

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-5.1.1. Hypothèses de calcul:

- Les sections 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 à: $\epsilon_{bc}= 3,5\%$ en flexion composée et à 2% en compression simple.
- L'allongement de l'acier est limité à : $\epsilon_{bc}=10\%$.
- Les diagrammes déformations-contraintes sont définis pour:
 - Le béton en compression.
 - L'acier en traction et en compression.

I-5.1.2. Règles des trois pivots :

En fonction des sollicitations normales la rupture d'une section en béton armé, on 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.

Pivot	Domaine	Déformations 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

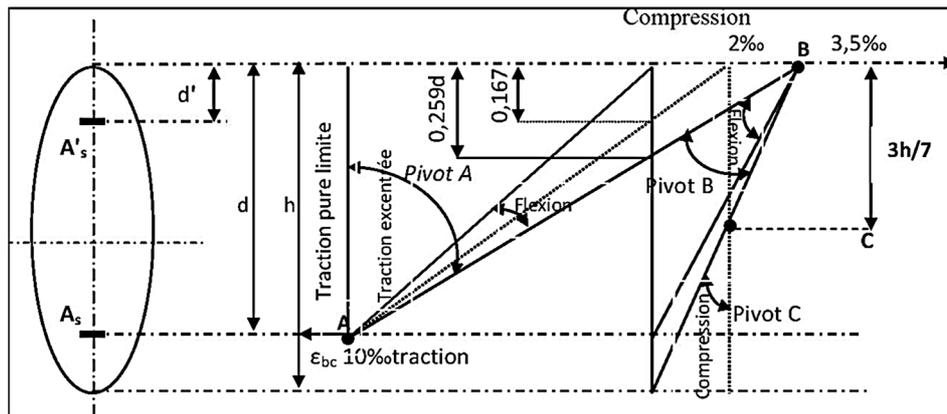


Figure –I. 04. Diagramme des déformations limitées de la section

I-5.2. E.L.S:

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

I-5.2.1. 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 dans les calculs.
- Les contraintes sont proportionnelles aux déformations.

$$\sigma_{bc} = E_b \times \varepsilon_{bc} ; \sigma_s = E_s \times \varepsilon_s$$

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

$$\eta = E_s/E_b=15 \text{ «coefficient d'équivalence ».}$$

I-5.2.2. 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 : Combinaison d'action **1,35G+1,5Q**

Etat limite de service : Combinaison d'action : **G+Q**

–Les règles parasismiques algériennes préconisent les combinaisons d'actions suivantes:

$$\left\{ \begin{array}{l} G+Q+E \\ G + Q \pm 1,2 E \\ 0,8G \pm E \end{array} \right. \text{ Avec : } \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{G}: \text{ Charge permanente} \\ \mathbf{Q} : \text{ Charge d'exploitation} \\ \mathbf{E}: \text{ Effort de séisme.} \end{array} \right.$$