

Chapitre I: Présentation de l'ouvrage et caractéristiques des matériaux

I-1-Introduction générale :

Le projet qui nous a été confié a pour but l'étude et le calcul des éléments porteurs et non porteurs d'une ossature R+8 en béton armé à usage multiple qui sera implanté à Mascara.

Le problème posé est de garantir une stabilité et une résistance satisfaisante aux différentes sollicitations, en tenant compte de l'aspect économique.

Notre travail sera déroulé comme suit :

- Etude préliminaire du pré-dimensionnement des éléments horizontaux (poutres ; chainages et planchers) et des éléments verticaux (poteaux et voiles).
- Etude détaillée des différents éléments non structuraux (acrotère, balcon et escalier).
- Etude sismique.
- Calcul des voiles qui sont des éléments de contreventement vertical contre les efforts horizontaux dus au séisme.
- Etude de l'infrastructure : fondation superficielle et voile périphérique.

I-2-Présentation de l'ouvrage:

Le projet que nous avons étudié est un ensemble de bâtiments à usage commerciale et d'habitation, composé d'une chaussée et huit étages, implanté à Mascara, qui est une Zone de moyenne sismicité zone IIa d'après les règles parasismiques algériennes (RPA 99 / version 2003).

Le RDC pour vocation commerciale (magasins), les autres étages sont des logements d'habitation.

I-2-1-Caractéristiques géométriques :

a. Dimension en élévation :

- Hauteur de rez-de-chaussée.....3.84m
- Hauteur des étages.....3.06m
- Hauteur totale.....28.32m

b. Dimensions en plan :

- Longueur en plan.....20m
- Largeur en plan.....21.3m

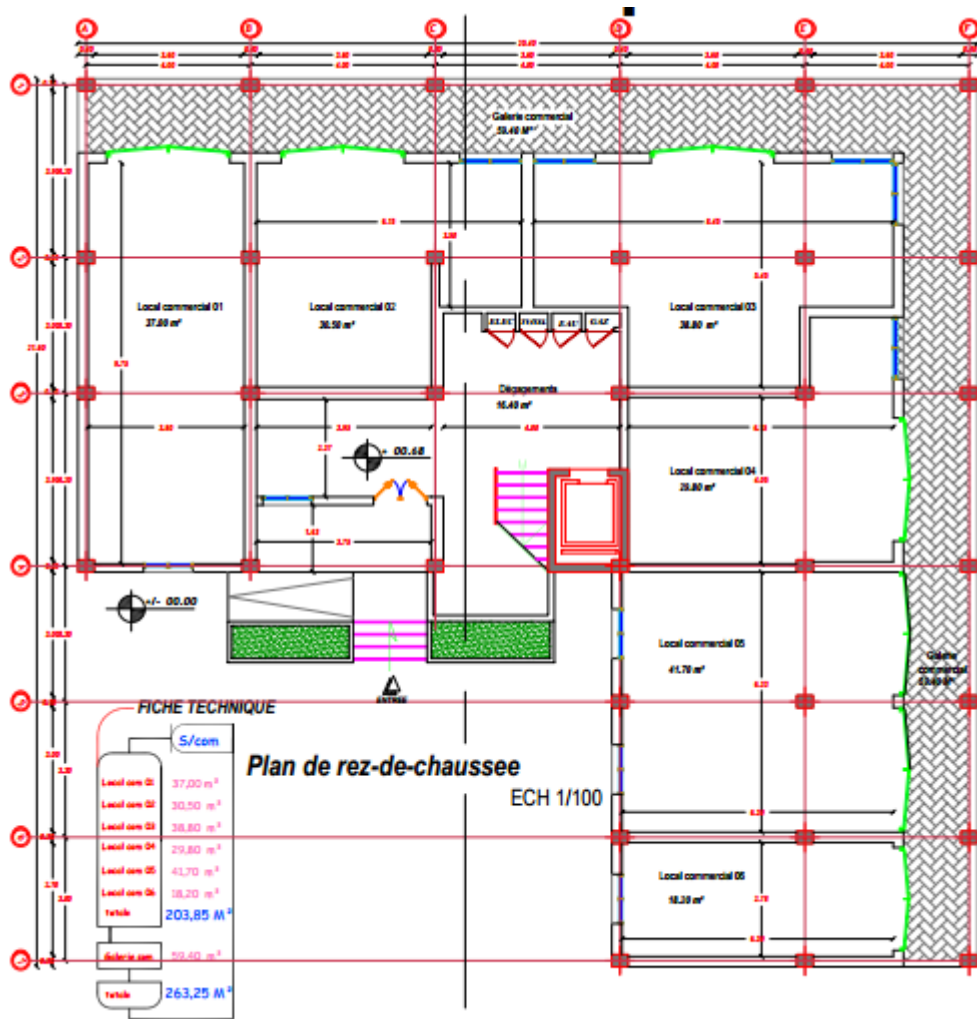


Figure I-1: vue en plan d'un RDC du bloc angle

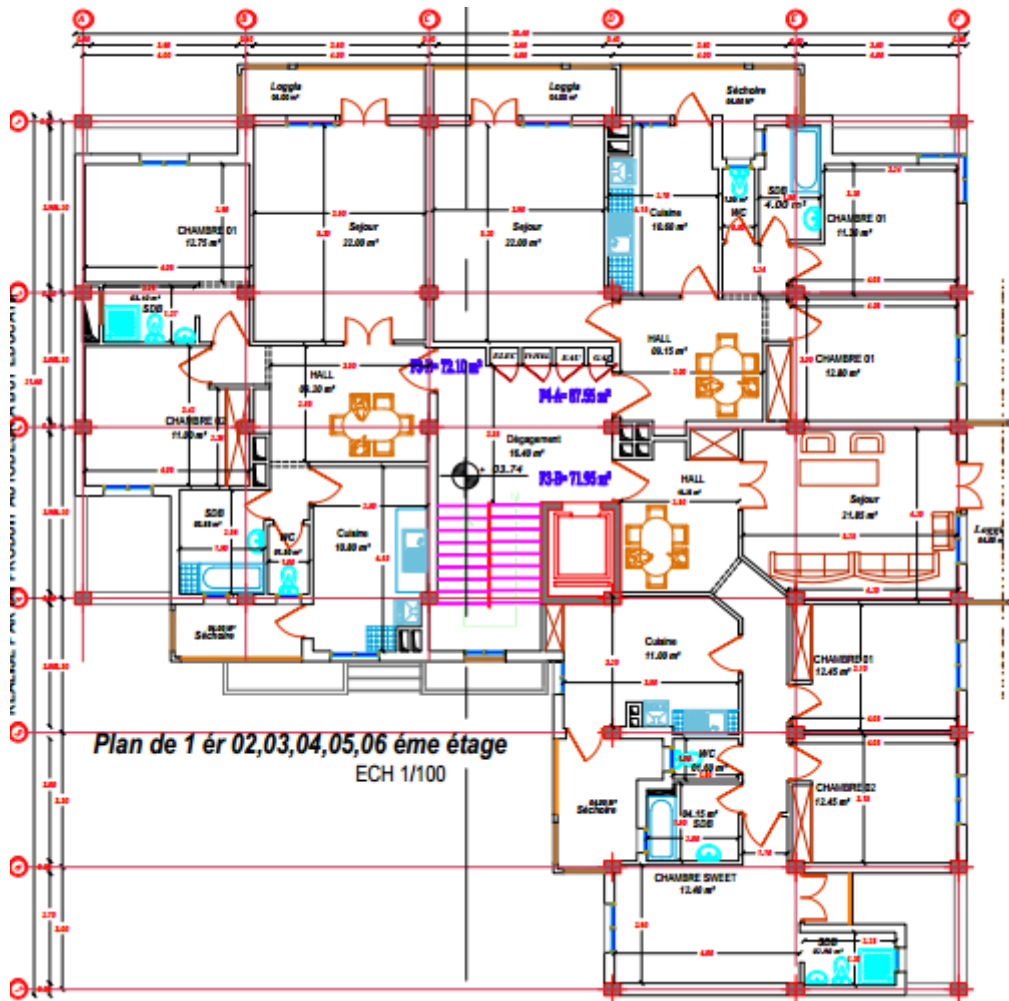


Figure I-2 : vue en plan d'étage courant du bloc angle

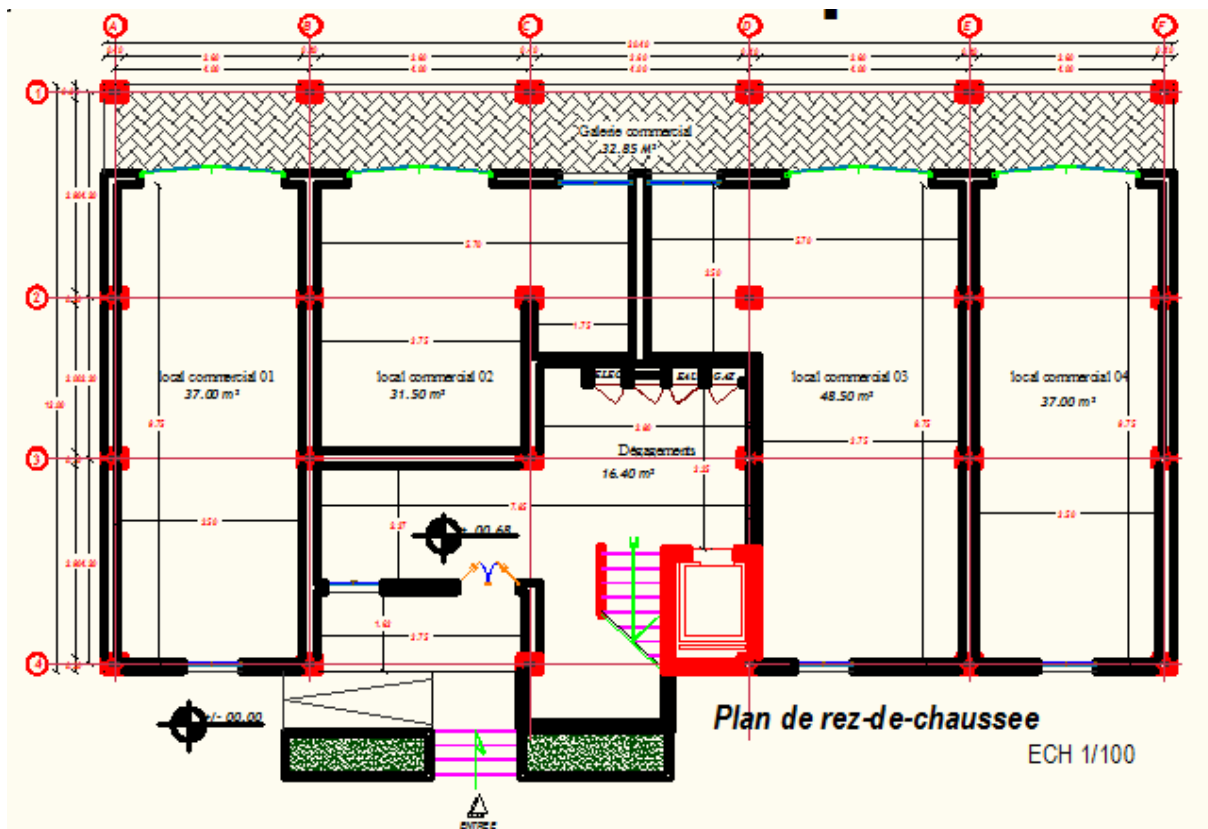


Figure I-3: vue en plan d'un RDC du bloc barre

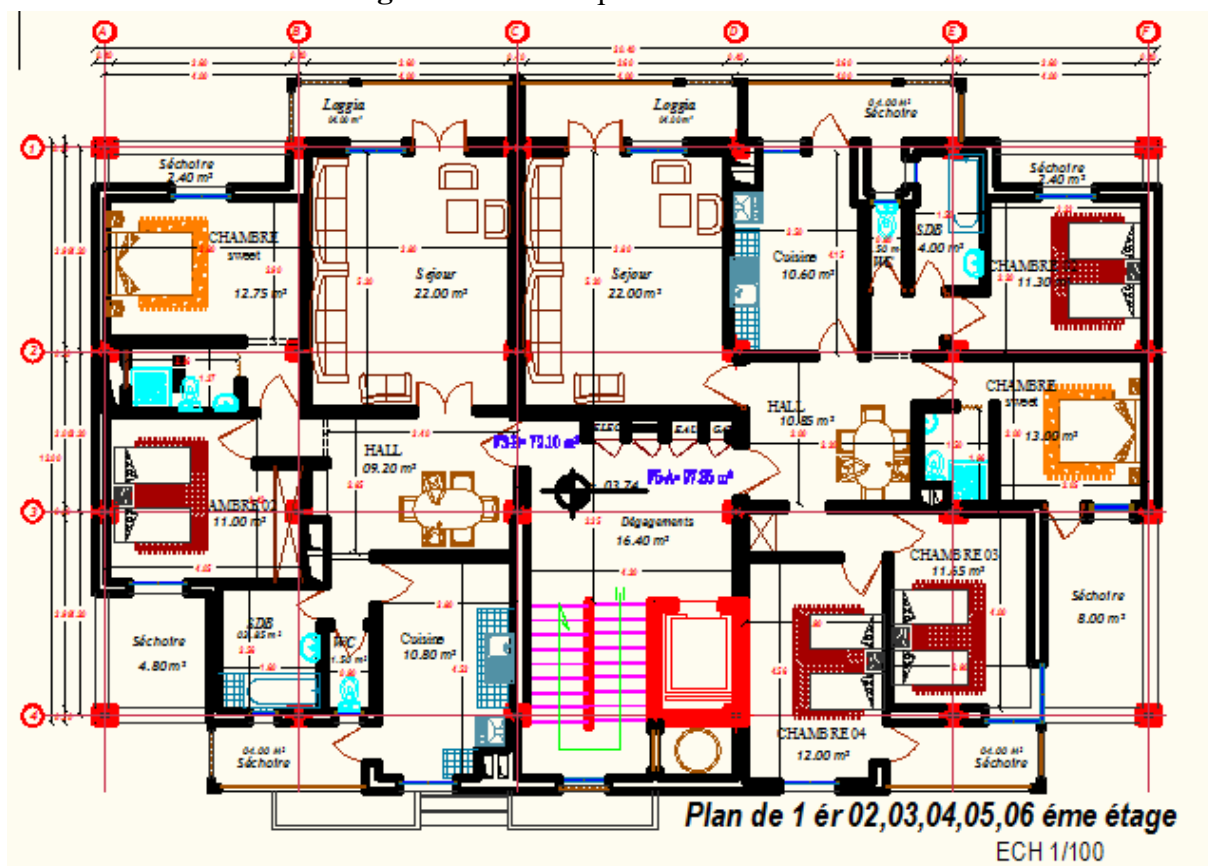


Figure I-4 : vue en plan d'étage courant du bloc barre

I-2-2-caractéristiques géotechniques du sol :

Dans notre étude le sol d'assise de la construction est : un sol meuble et par conséquent on a adopté :

- $\sigma_{sol} = 1.5$ bars
- l'ancrage est de 3m.

I-3-Description des différents éléments de la structure:

a. L'ossature :

Le contreventement de la structure est assuré par des portiques et renforcé par des voiles exigés par le RPA 99/ version 2003 , pour assurer la stabilité de l'ensemble sous l'effet des actions verticales et des actions horizontales.

b. Planchers :

Un plancher est une aire généralement plane, destinée à limiter les étages et à supporter les revêtements de sols, dont les deux fonctions principales sont :

- Une fonction de résistance : il doit supporter son poids propre et les surcharges.
- Une fonction d'isolation acoustique et thermique.

c. Maçonnerie :

Les murs extérieurs sont réalisés en doubles parois en briques creuses de (15 cm ; 10 cm) séparées par un vide de 5 cm.

Les murs intérieurs sont réalisés en simple cloison en brique creuse de 10 cm d'épaisseur.

d. Escaliers :

Ce bâtiment est équipé de plusieurs types d'escaliers :

- Droit à deux volées
- un escalier hélicoïdal.



Figure I-5 : Exemple d'escalier droit à deux volées



Figure I-6 : Exemple d'escalier hélicoïdal

e. Revêtement :

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

f. Isolation :

L'isolation acoustique est assurée par le vide de corps creux et la masse du plancher, par contre au niveau de murs extérieurs l'isolation est assurée par le vide d'air entre les deux parois qui compose ce dernier, et par la minimisation des ponts thermique en cour de réalisation.

A noter que l'isolation thermique est assurée par l'étanchéité multicouche .



figure I-7 :étanchéité multicouches

I-4- Caractéristique mécanique des matériaux :

Notre bâtiment sera construit en béton armé, matériau composé de béton et de barres d'acier.

I-4-1-Le béton :

C'est un matériau fait a partir d'un mélange de ciment granulats (sable, 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.

La composition d'un mètre cube du béton est la suivante⁽¹⁾ :

- 350 kg de ciment CEM II/ A 42,5 (7 sacs de 50kg)
- 400 L de sable $C_g \leq 5$ mm
- 800 L de gravillons $C_g \leq 25$ mm (3/8, 8/15, 15/25)
- 175 L d'eau de gâchage

La fabrication des bétons est en fonction de l'importance du chantier, elle peut se former soit par une simple bétonnière de chantier, soit par l'installation d'une centrale à béton.

La centrale à béton est utilisée lorsque les volumes et les cadences deviennent élevés et la durée de la production sur un site donné est suffisamment longue.

I-4-1-a-Résistance mécanique :

a.1.Résistance caractéristique à la compression :

Le béton est caractérisé par sa bonne résistance à la compression, cette résistance est donnée à "j" jour en fonction de la résistance à 28 jours par les formules suivantes⁽²⁾ :

$$\begin{cases} f_{c28} \leq 40 \text{MPa} \rightarrow f_{cj} = \frac{1}{4.76 + 0.83j} \times f_{c28} \\ f_{c28} \geq 40 \text{MPa} \rightarrow f_{cj} = \frac{1}{1.40 + 0.95j} \times f_{c28} \end{cases}$$

Pour 28 jours $< j < 60$ jours, on prend : $f_{cj} = f_{c28}$.

Pour $j \geq 60$ jours, on prend $f_{cj} = 1.1 f_{c28}$; (à condition que le béton ne soit pas traité thermiquement).

Pour notre étude, on prend : $f_{c28} = 25 \text{MPa}$

a.2.Résistance caractéristique à la traction :

Cette résistance est définie par la relation $f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$ ⁽³⁾

Cette formule n'est valable que pour les bétons courants dans la valeur de f_{cj} ne dépasse pas 60 MPa.

Pour $f_{c28} = 25 \text{MPa} \rightarrow f_{t28} = 2,1 \text{MPa}$

b.1.Déformation et contraintes de calcul :

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

- Sa ruine totale ou partielle.

¹Précis de calcul en béton armé page 68, 69

²D.T.U règles BAEL 91 article A.2.1.11

³D.T.U règles BAEL 91 article A.2.1.12

- Du comportement en service susceptible d'affecter gravement sa durabilité, son aspect, ou encore le confort des usagers.

b.2. 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.

b.3. Diagramme parabole rectangle :

C'est un diagramme de contraintes déformations du béton qui peut être utilisé dans le cas de ELU (en compression 2 ‰ et 3,5‰) ⁽¹⁾

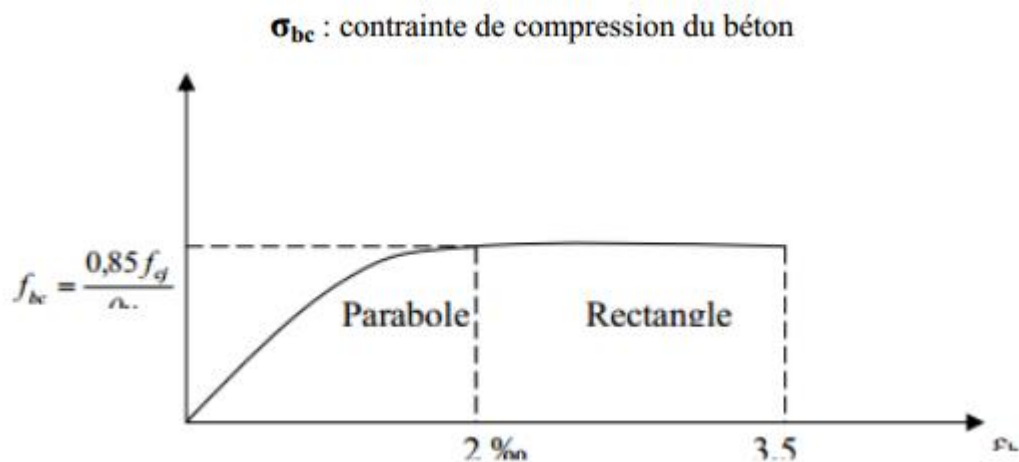


Figure I-8 : Diagramme parabole-rectangle des contraintes-Déformations du béton

σ_{bc} : contrainte de compression du béton

ϵ_{bc} : Déformation du béton en compression.

f_{bc} : contrainte de calcul pour $2‰ \leq \epsilon_{bc} \leq 3,5‰$

f_{cj} : résistance caractéristique à la compression du béton à « j » jours.

γ_b : coefficient de sécurité.

$\gamma_b = 1,5$ cas général.

$\gamma_b = 1,15$ cas accidentel.

D'où la contrainte σ_{bc} est en fonction de son raccourcissement.

$$0 \leq \epsilon_{bc} \leq 2‰ \rightarrow \sigma_{bc} = 0,25 f_{bc} \times 103 \epsilon_{bc} (4 - 103 \times \epsilon_{bc})$$

$$2‰ \leq \epsilon_{bc} \leq 3,5‰ \rightarrow \sigma_{bc} = f_{bc}$$

¹D.T.U règles BAEL 91 révisée 99 page 25

θ : Coefficient d'application ⁽¹⁾

Tableau I-1 : Coefficient d'application

| θ | Durée d'application |
|----------|---------------------|
| 1 | >24 h |
| 0,9 | 1h ≤ durée ≤ 24h |
| 0,85 | <1h |

b.4. Diagramme rectangulaire :

Lorsque la section est partiellement comprimée, on peut utiliser un diagramme rectangulaire simplifié.

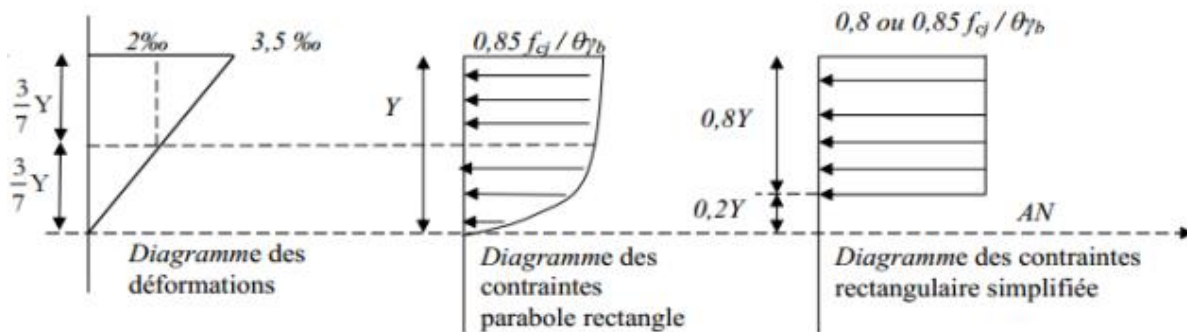


Figure I-9 : Diagramme rectangulaire simplifié

- Sur une distance de 0,2 y compté à partir de l'axe neutre la contrainte est nulle.
- Sur la distance restante 0,8 y la contrainte a pour valeur
- $0,85 \times f_{cj} / (\gamma_b \times \theta)$ pour les zones comprimées dont la largeur est croissante ou constante vers les fibres les plus comprimées.
- $0,8 \times f_{cj} / (\theta \times \gamma_b)$ pour les zones comprimées dont la largeur est décroissante ou constante vers ces mêmes fibres.

b.6. Contrainte admissible de cisaillement :

D'après le **BAEL 91 révisée 99** ⁽²⁾ on a :

$\tau_u = \text{Min} (0,2 f_{cj} / \gamma_b, 5 \text{MPa})$ Fissuration peu préjudiciable.

$\tau_u = \text{Min} (0,15 f_{cj} / \gamma_b, 4 \text{MPa})$ Fissuration préjudiciable ou très préjudiciable.

¹D.T.U règles **BAEL 91 révisée 99** page 26

²D.T.U règles **BAEL 91 révisée 99** page 36

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

$$\tau_u = \frac{T_u}{bd}$$

Avec b : largeur de la pièce.

d : hauteur utile.

b.7. Module de déformation longitudinale du béton ⁽¹⁾:

a. Module de déformation instantanée:

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24h. On admet qu'à l'âge de « j » jours le module de déformation longitudinale instantanée du béton E_{ij} est égale à :

$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} \text{ avec } E_{ij} \text{ et } f_{cj} \text{ en MPa}$$

$$\text{Pour } f_{c28} = 25 \text{ MPa} \dots \dots \dots E_{i28} = 32164.20 \text{ MPa}$$

b. Module de déformation différée:

Sous des contraintes de longue durée d'application on admet qu'à l'âge de « j » jours le module de déformation longitudinal différée du béton E_{vj} est donné par la formule:

$$E_{vj} = 3700 f_{cj}^{1/3} \text{ avec } E_{vj} \text{ et } f_{cj} \text{ en MPa}$$

$$\text{Pour } f_{c28} = 25 \text{ MPa } E_{v28} = 10818.90 \text{ MPa}$$

b.8. Coefficient de poisson ⁽²⁾ :

$$\nu = \left(\frac{\Delta d}{d} \right) / \left(\frac{\Delta L}{L} \right)$$

Avec $(\Delta d / d)$: déformation relative transversale.

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

D'après le **BAEL 91**, il est pris égale à :

$\nu = 0,2$ pour ELS (béton non fissuré).

$\nu = 0,0$ pour ELU (béton fissuré).

¹D.T.U règles **BAEL 91** révisée **99** page 13

²D.T.U règles **BAEL 91** article A.2.1.3

1-4-2-Les aciers ⁽¹⁾ :

Le matériau acier est un alliage Fer+Carbone en faible pourcentage. Les aciers pour béton armé sont ceux de :

- Nuance douce pour 0,15 à 0,25% de carbone.
- Nuance mi- dure et dure pour 0,25 à 0,40% de carbone.

Les aciers utilisés pour le béton armé sont:

- Le rond lisse ($\phi 6$; $\phi 8$; $\phi 10$).
- Les barres à hautes adhérence (HA12 ; HA14 ; HA16)
- Treillis soudés de maille 150 x 150 mm² avec $\phi = 3.5$ mm.

I-4-2-a-Diagramme déformation -contrainte de calcul:

Dans les calculs relatifs aux états limites, on introduit un coefficient de sécurité γ_s qui a les valeurs suivantes ⁽²⁾ :

$\gamma_s = 1,15$ cas général.

$\gamma_s = 1,00$ cas des combinaison accidentelles.

Pour notre cas on utilise des aciers FeE400.

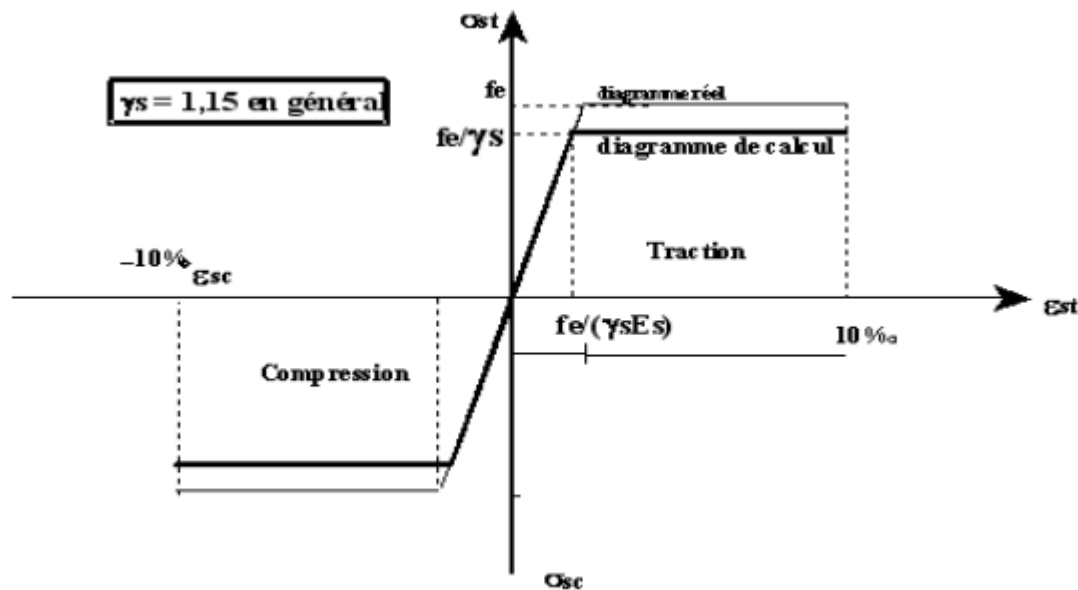


Figure I-10 : Diagramme Contrainte-Déformation d'acier

¹Le précis de calcul en béton armé page 73 , 74

²Le précis de calcul en béton armé page 80

I-4-2-b-Contrainte limite de traction des armatures (1) :

D'après le **BAEL 91 révisé 99** on a :

- Fissuration peu préjudiciable $\leq f_e$ pas de limitation.
- Fissuration préjudiciable $= \min ((3/2)f_e; 110\sqrt{\eta * f_{tj}})$.
- Fissuration très préjudiciable $= \min (0,5f_e; 90\sqrt{\eta * f_{tj}})$.

η : coefficient de fissuration.

$\eta = 1$: pour des ronds lisses (RL).

$\eta = 1,6$: pour les hautes adhérences avec $\Phi \geq 6$ mm (HA).

Poids volumique (2) :

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

I-5-Etats limites:

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

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

I-5-1-E.L.U.R (3):

Il consiste à équilibrer entre les sollicitations d'action majorées et les sollicitations résistantes calculées en supposant que les matériaux atteignent les limites de rupture minorées, ce qui correspond aux règlements parasismiques Algériens **R.P.A99 (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.

a. Hypothèse 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 (à cause des fissurations).
- Le raccourcissement du béton est limité à :

¹D.T.U règles **BAEL 91** révisée 99 page 32

²D.T.R.B..c.2.2 charge permanente et charge d'exploitation page 35

³Le précis de calcul en béton armé page 78

- $\epsilon_{bc} = 2\text{‰}$ en flexion composée.
- $\epsilon_{bc} = 3,5\text{‰}$ en compression simple. (BAEL 91 révisée 99.p24)

- L'allongement de l'acier est limité à $\epsilon_s = 10\text{‰}$.

b. Règle 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 appelées pivots ⁽¹⁾

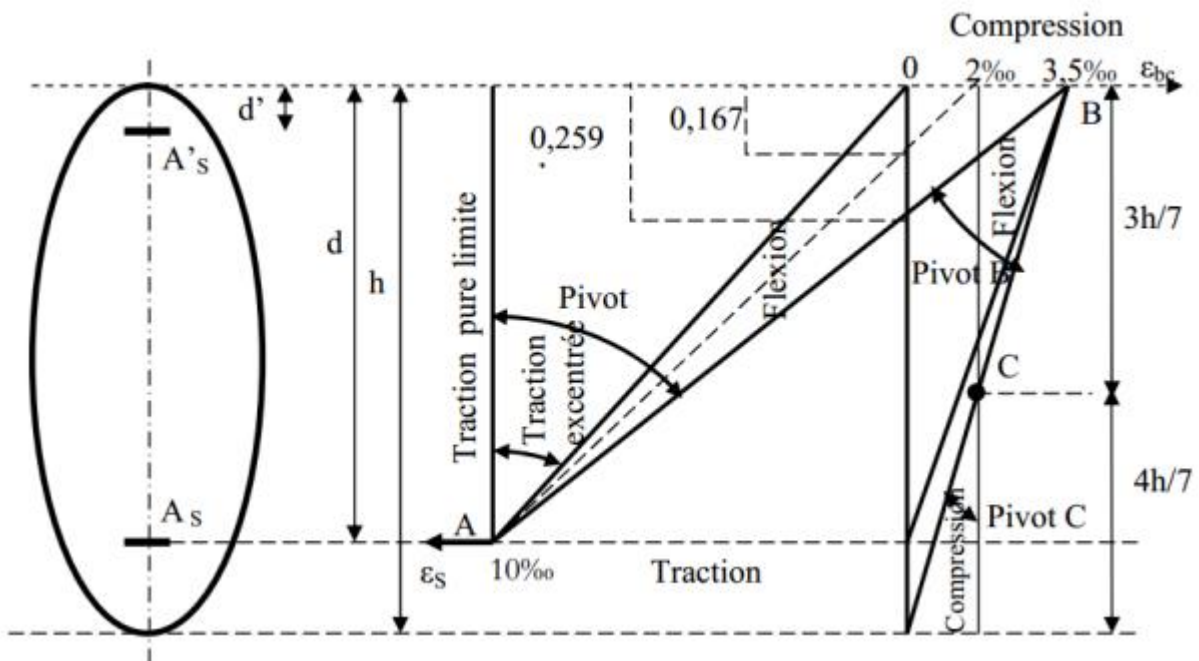


Figure I-11 : Diagramme des déformations limites de la section : règle des trois pivots

- En résumé :
 - **Pivot A** : Traction simple ou composée, flexion avec état limite ultime atteint dans l'acier.
 - **Pivot B** : Flexion avec état limite ultime atteint dans béton.
 - **Pivot C** : Compression simple ou composée.

¹D.T.U règles BAEL 91 révisée page 25

I-5-2-E.L.S:

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

a. Hypothèse de calcul ⁽¹⁾ :

- 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.

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

- Par convention (n) correspond au rapport du module d'élasticité longitudinal de l'acier à celui du béton.

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

I-6-Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites :

a. Etat limite ultime :

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

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

b. Etat limite de service :

Combinaison d'action suivante : $G + Q$

Le RPA 99 version 2003 ⁽²⁾ a prévu des combinaisons d'action suivantes :

$$G + Q \pm E \quad G : \text{charge permanente.}$$

$$G + Q \pm 1,2 E \quad \text{avec} \quad \text{avec} \quad Q : \text{charge d'exploitation.}$$

$$0,8 G \pm E \quad E : \text{effort de séisme.}$$

¹Le précis de calcul en béton armé page 83

² R.P.A 99 version 2003 page 53