

## I.1. 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 le ferrailage des éléments résistants de la structure.

## I.2. Présentation de l'ouvrage :

Le projet qui fait l'objet de notre étude consiste à faire l'étude génie civil d'un bâtiment (R+7+sous-sol) en béton armé à usage multiple à savoir :

- ✓ Sous-sol à usage de parking ;
- ✓ RDC à usage commercial ;
- ✓ Du premier étage au septième étage à usage d'habitation.

Le bâtiment implanté à **Tiaret** route de **Sougueur** classé selon le règlement parasismique Algérien (RPA 99/version2003) comme une zone de faible Sismicité (Zone I).

## I.3. Caractéristiques géométriques :

L'architecture de l'ouvrage à étudier est constituée d'un seul bloc de forme rectangulaire régulière en plan, les caractéristiques géométriques de l'ouvrage sont récapitulées dans le tableau suivant :

Dimensions	(m)
Dimension en plan	21,50×28,80
Hauteur totale (avec l'acrotère)	28,82
Hauteur du sous-sol	3,40
Hauteur du RDC	3,40
Hauteur des étages courants	3,06

**Tableau I-1**-Caractéristiques géométriques.

## I.4. Conception de la structure :

### I.4.1. Ossature de l'ouvrage :

Le contreventement de la structure est assuré par des voiles et des portiques tout en justifiant l'interaction portiques-voiles, pour assurer la stabilité de l'ensemble sous l'effet des actions verticales et des actions horizontales.

### I.4.2. Plancher :

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

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

Ce type de plancher est constitué de poutrelles préfabriquées en béton armé ou bétonné sur place espacées de 60cm 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 plusieurs raisons, à savoir :

- 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).

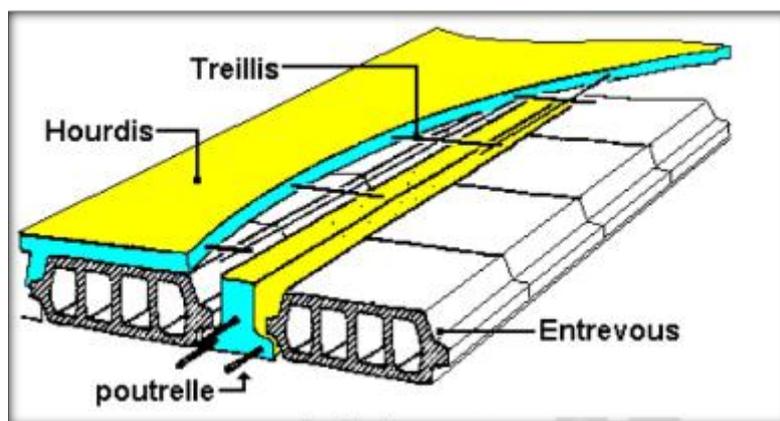
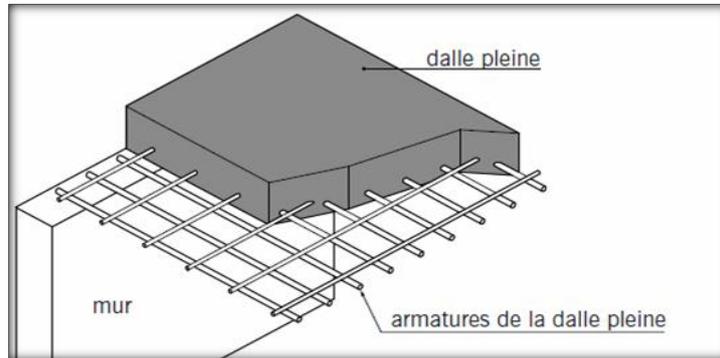


Figure I-1 : Plancher à corps creux.

- Planchers dalle pleine :

Une dalle pleine est une plaque porteuse en béton armé coulé sur place, d'épaisseur de 10 à 20 cm ou plus qui repose sur des appuis : murs ou poutres. Son épaisseur est en général = au 25<sup>ème</sup> de la portée.



**Figure I-2 :** Plancher à dalle pleine.

### **I.4.3. Escalier :**

Sont des éléments non structuraux, permettant le passage d'un niveau à un autre avec deux volées et paliers inter étage réalisé en béton armé coulé sur place.

### **I.4.4. Maçonnerie :**

On distingue :

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

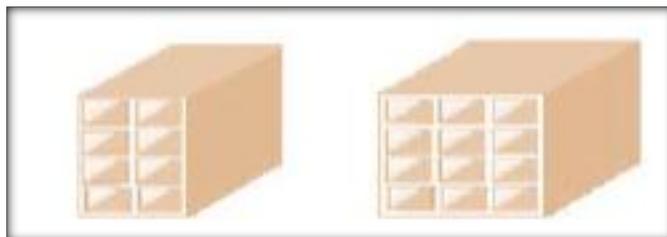
La maçonnerie la plus utilisée en Algérie est en briques creuses pour cet ouvrage nous avons deux types de murs

#### **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-3 :** Brique creuse.

**I.4.5. Revêtement :**

Le revêtement du bâtiment est constitué par :

- Enduit en ciment pour les faces extérieur des murs de façade ;
- Enduit de plâtre pour les murs et les plafonds ;
- Carrelage pour les planchers et les escaliers.

**I.4.6. Acrotères :**

La terrasse étant inaccessible, le dernier niveau est entouré d'un acrotère en béton armé d'une hauteur variant entre 60cm et 100cm et de 10cm d'épaisseur.

**I.4.7. Gaine d'ascenseurs :**

Vu la hauteur importante de ce bâtiment, la conception d'un ascenseur est indispensable pour faciliter le déplacement entre les différents étages.

**I.4.8. Fondation :**

Le rapport de sol relatif au terrain, indique que les sols en place sont de composition alluvionnaire, présentés par des marnes sableuses, des sables, des grés et des calcaire rencontrés dans un contexte très hétérogène.

Le taux de travail du sol retenu pour le calcul des fondations est de 1.2 bars.

La profondeur d'ancrage de 1m dans le sol naturel, en tenant compte en plus de double sous-sol projeté.

**I.5. Caractéristiques mécaniques des matériaux :**

Les caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction seront conformes aux règles techniques de conception et de calcul des structures en béton armé CBA 93, le règlement du béton armé aux états limites à savoir le BAEL 91, ainsi que le règlement parasismique Algérien RPA 99/2003 Le béton et l'acier seront choisis conformément aux règles de conception et calcul des structures en béton armé en vigueur en Algérie.

**I.5.1. Le Béton :**

Le rôle fondamental du béton dans une structure est de reprendre les efforts de compression.

### I.5.1.1. Les matériaux composant le béton :

On appelle béton un matériau constitué par un mélange de :

#### a. Ciment :

Le ciment joue le rôle d'un liant. Sa qualité et ses particularités dépendent des proportions de calcaire et d'argile, ou de bauxite et de la température de cuisson du mélange.

#### b. Granulats :

Les granulats comprennent les sables et les pierrailles :

##### b.1.Sables :

Les sables sont constitués par des grains provenant de la désagrégation des roches. La grosseur de ses grains est généralement inférieure à 5mm. Un bon sable contient des grains de tout calibre, mais doit avoir davantage de gros grains que de petits.

##### b.2.Graviers :

Elles sont constituées par des grains rocheux dont la grosseur est généralement comprise entre 5 et 25 à 30 mm.

Elles doivent être dures, propres et non gélives. Elles peuvent être extraites du lit de rivière (matériaux roulés) ou obtenues par concassage de roches dures (matériaux concassés).

### I.6. Dosage et composition du béton :

Pour obtenir au moment de la mise en œuvre une consistance convenable et après durcissement des qualités par les quelles l'étude est orientée, le composition moyenne pour 1m de béton est la suivante :

Composants	Gravies 5/25	Sable 0/5	Ciment	Eau
Volume	800 L	400 L	8 sacs	180 L
Poids (kg)	1200	600	400	180

**Tableau I-2-** Dosage et composition du béton.

## I.7. Résistances mécaniques du béton :

### I.7.1. Résistance à la compression : : (BAEL 91 [ART 2.1.1.1])

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 :

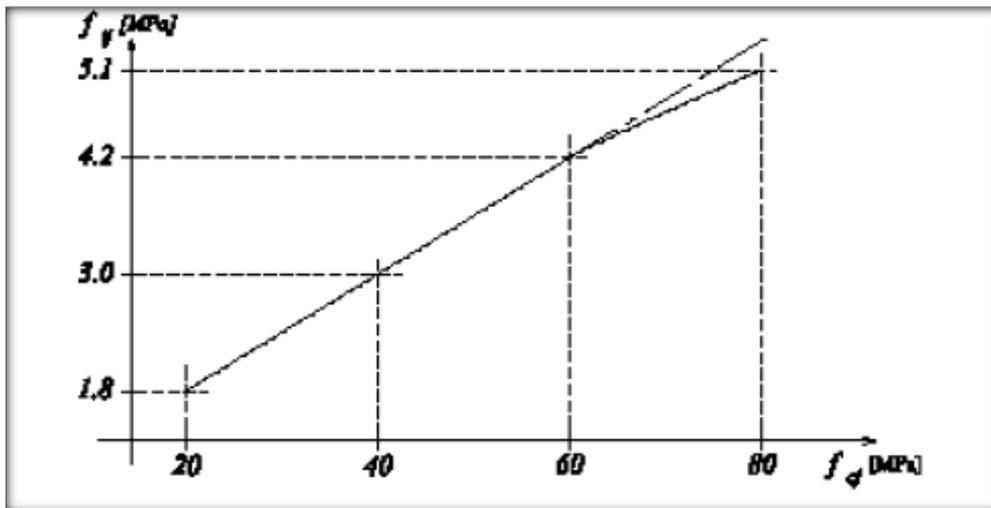
$$\begin{cases} f_{c28} \leq 40 \text{ Mpa} \Rightarrow f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} \cdot f_{c28} \\ f_{c28} > 40 \text{ Mpa} \Rightarrow f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} \cdot f_{c28} \end{cases}$$

- 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 :  $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$

### I.7.2 Résistance à la traction : (BAEL 91 [ART 2.1.1.1])

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



**Figure I.4 :** Evolution de la résistance du béton à la traction  $f_{tj}$  en fonction de celle à la compression  $f_{cj}$ .

## I-8- Déformation et contraintes de calcul :

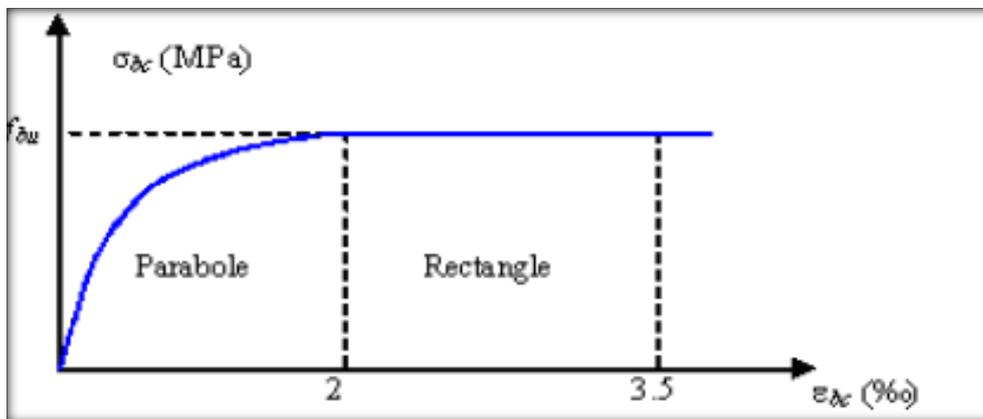
### I.8.1 Etat limite de résistance : (BAEL 91 [ART 4.3.41])

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.5 :** Diagramme parabole–rectangle des Contraintes–Déformations du béton.

**Avec :**

$\epsilon_{bc}$  : Déformation du béton en compression

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

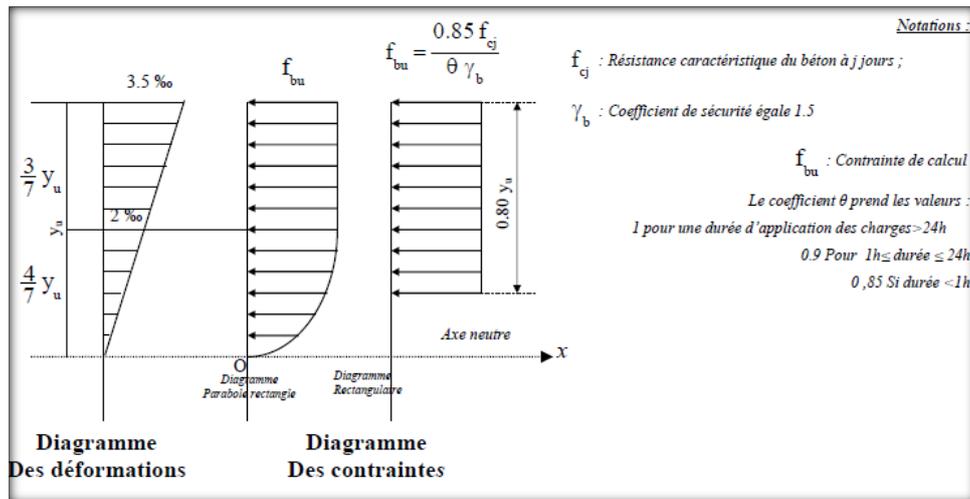
$f_{cj}$  : Résistance caractéristique à la compression du béton à " j " jours

$\gamma_b$  : 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 les essais sur éprouvettes.

**b- Diagramme rectangulaire : (BAEL 91 [ART 4.3.42])****Figure I-6-** Diagrammes déformations – contraintes de béton.**I.8.2-Contrainte admissible de cisaillement : (BAEL 91 [ART 5.1.211])**

$\tau_u = 3.33$  [MPa] : Fissuration peut préjudiciable. Déduite de la formule suivante :

$$\tau_u = \min(0.2 f_{cj} / \gamma_b, 5 \text{ MPa})$$

$\tau_u = 2.5$  [MPa] : Fissuration préjudiciable ou très préjudiciable. Déduite de la formule suivante :

$$\tau_u = \min(0.15 f_{cj} / \gamma_b, 4 \text{ MPa})$$

**I.8.3. Modules de déformation longitudinale du béton :**

- Module de déformation instantanée : (BAEL 91 [ART 2.1.1.2])

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

$$E_{ij} = 11000 (f_{cj})^{1/3} ; \text{ pour } f_{c28} = 25 \text{ MPa} ; E_{i28} = 32164,2 \text{ MPa.}$$

- Module de déformation différée : (BAEL 91 [ART 2.1.2.2])

$$E_{vj} = 3700 (f_{cj})^{1/3} ; \text{ pour } f_{c28} = 25 \text{ MPa} ; E_{i28} = 10818,9 \text{ MPa.}$$

La déformation totale vaut environ trois fois la déformation instantanée.

#### I.8.4. Coefficient de poisson : (BAEL 91 [ART 2.1.3])

Le coefficient de poisson représente la variation relative de dimension transversale d'une pièce soumise à une variation relative de dimension longitudinale. 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.9. Les Aciers :

L'acier est un matériau caractérisé par sa bonne résistance à la traction qu'en compression. Dans le présent projet, nous aurons à utiliser 03 types d'aciers dont les principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau suivant :

##### I -2 -1- Caractéristiques des aciers utilisés :

Type d'acier	Nomination	Symbole	Limite d'élasticité Fe [MPa]	Résistance à la Rupture	Allongement relatif à la Rupture [%]	Coefficient de fissuration	Coefficient de $[\psi]$ scellement
Aciers en Barre	Rond lisse FeE235	R L	235	410-490	22 %	1	1
	Haute adhérence FeE400	H A	400	480	14 %	1,6	1,5
Aciers en treillis	Treillis soudé (T S) TL520 ( $\Phi < 6$ )	T S	520	550	8 %	1,3	1

Tableau I-3- Caractéristiques des aciers utilisés.

##### I.9.1- Diagramme déformation- contrainte de calcul : $\sigma_s = f(\varepsilon\%)$

Dans les calculs relatifs aux états limites, on introduit un coefficient de sécurité  $\gamma_s$  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  $F_e$  E400.

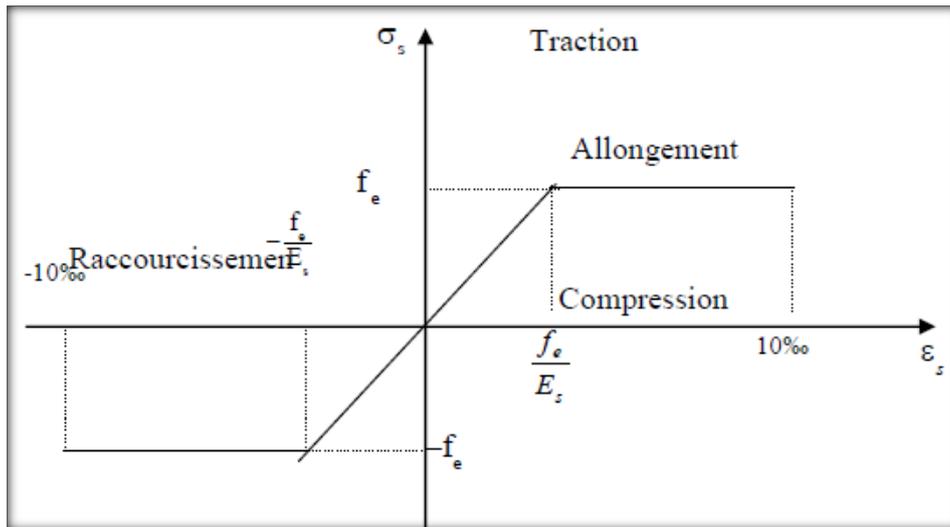


Figure I-7- Diagramme déformations – contraintes.

## I.9.2- Contraintes limites de traction des armatures : (BAEL 91 [ART A.4.5.33. P32.P33])

### b.1) E.L.U

$\sigma_s$  : contrainte de l'acier à l'ELU

La contrainte de calcul, notée  $\sigma_s$  et qui est définie par la relation :  $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$

Avec :

$\gamma_s$  : est le coefficient de sécurité de l'acier qui a pour valeur :

$$\gamma_s = \begin{cases} 1,15 & \text{situation durable ou transitoire} \\ 1,0 & \text{situation accidentelle} \end{cases}$$

$$\begin{array}{l} \blacklozenge \text{ rond lisse} \\ (\text{fe} = 235 \text{ MPa}) \end{array} \left\{ \begin{array}{ll} \sigma_s = 204,34 \text{ MPa} & \text{situation durable ou transitoire} \\ \sigma_s = 235 \text{ MPa} & \text{situation accidentelle} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \blacklozenge \text{ haute adhérence} \\ (\text{fe} = 400 \text{ MPa}) \end{array} \left\{ \begin{array}{ll} \sigma_s = 348 \text{ MPa} & \text{situation durable ou transitoire} \\ \sigma_s = 400 \text{ MPa} & \text{situation accidentelle} \end{array} \right.$$

**b.1) E.L.S**

- Fissuration peu préjudiciable.....  $\overline{\sigma}_{st} \leq f_c$  pas de limitation
- Fissuration préjudiciable.....  $\overline{\sigma}_{st} = \min (2/3f_c ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{ij}} )$  MPa.
- Fissuration très préjudiciable...  $\overline{\sigma}_{st} = \min (0.8f_c ; 90 \sqrt{\eta \cdot f_{ij}} )$  MPa.

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = 1 \quad \text{Pour les ronds lisses} \\ \eta = 1,6 \quad \text{Pour hautes adhérences avec } \varnothing \geq 6 \text{ mm} \\ \eta = 1,3 \quad \text{Pour hautes adhérences avec } \varnothing < 6 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$\eta$ : coefficient de fissuration.

**-Poids volumique :**

- 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.9.3.Etats limites :**

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.9.3.1. E.L.U.R :**

Correspondent à la valeur maximale de la capacité portante de la construction, soit :

- Equilibre statique.
- Résistance de l'un des matériaux de la structure.
- Stabilité de la forme.

**I.9.3.1.1. Hypothèses de calcul : (BAEL 91mod99, [ART A.4.3.2. P23])**

- 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 :  $\varepsilon_{bc} = 3,5\text{‰}$  en flexion composé.  $\varepsilon_{bc} = 2\text{‰}$  en compression simple ;
- L'allongement de l'acier est limité à :  $\varepsilon_{bc} = 10\text{‰}$ .

### I.9.3.1.2. 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.

Pivot	Domaine	Déformations limites du pivot considéré
A	1	Allongement unitaire de l'acier $10\text{‰}$
B	2	Raccourcissement unitaire du béton $3,5\text{‰}$
C	3	Raccourcissement unitaire du béton $2\text{‰}$

Tableau I-4 : Règle des trois pivots

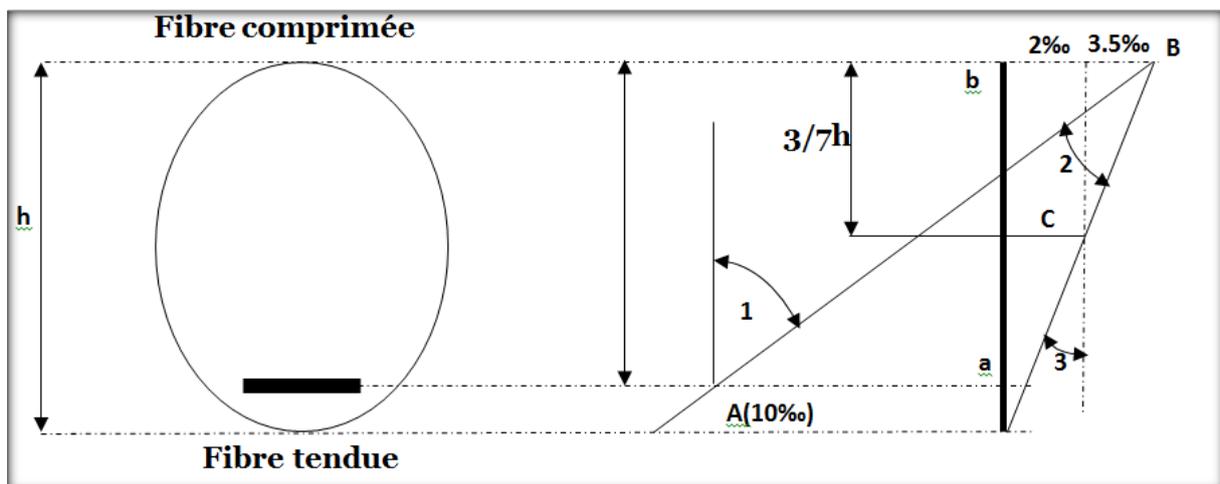


Figure I-8-Diagramme des déformations limites de la section règle des trois pivots.

- Dans le domaine 01 : le diagramme passe par le point A, qui correspond à un allongement de  $10\text{‰}$  de l'armature la plus tendue, supposée concentrée en son centre de gravité.

- Dans le domaine 02 : le diagramme passe par le point B, qui correspond à un raccourcissement de 3,5‰ de la fibre la plus comprimée.
- Dans le domaine 03 : le diagramme passe par le point C, qui correspond à un raccourcissement de 2‰ du béton, à une distance de la fibre la plus comprimée égale à 3/7 de la hauteur total h de la section.

### **I.9.3.2.E.L.S :**

Constituent les frontières au delà desquelles les conditions normales d'exploitation et de durabilité de la construction ou de ses éléments ne sont plus satisfaites soient :

- L'ouverture des fissures ;
- La déformation des éléments porteurs ;
- La Compression dans le béton.

#### **I.9.3.2.1. Hypothèses de calcul :**

- Les sections droites avant déformation restent planes après déformation ;
- 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 :

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

- Pour convention  $\eta$  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.9.3.2.2. Méthodes de calcul :**

Il y a deux méthodes de calcul retenues par le RPA :

##### **a. Méthode statique équivalente :**

Seuls les coefficients D et R (coefficient de comportement) ont été modifiés, et introduction d'une nouvelle formule empirique pour l'estimation de la période d'un ouvrage.

##### **b. Méthode dynamique modale spectrale :**

Introduite comme méthode de calcul à adopter dans tous les cas, en particulier dans les situations où la première méthode ne s'applique pas.

**I.9.3.2.3. Hypothèse de calcul :**

Dans notre étude les hypothèses de calcul adoptées sont :

- La résistance à la compression du béton à 28 jours :  $f_{c28}=25\text{Mpa}$  ;
- La résistance à la traction du béton :  $f_{t28}=2,1\text{Mpa}$  ;
- Module d'élasticité longitudinal différé :  $E_{vj}=10818,865\text{Mpa}$  ;
- Module d'élasticité longitudinal instantané :  $E_{ij}=32164,195\text{Mpa}$  ;
- Limite d'élasticité de l'acier :  $f_e=400\text{Mpa}$ .

**I.10.3.2.4. 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 :  $1,35G+1,5Q$

**• Etat limite de service :**

Combinaison d'action :  $G+Q$

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

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