

## I.1. Présentation de l'ouvrage

Le projet qui nous a été confié consiste à l'étude d'un bloc en R+8, implanté à Tissemsilt, considérée comme un lieu à faible action de vent « **zone I** » selon les règlements neige et vent 1999 (**D.T.R.C<sub>2-4.7</sub>**). En ce qui concerne le coté sismique la région est classée comme une zone de moyenne sismicité (zone IIa) selon la classification des zones établies par le règlement parasismique algérien (**R.P.A99, Version 2003**).

Le projet est composé d'un seul bâtiment en R+8 avec un sous-sol en béton armé comportant:

- Quatre logements type F3

Le rez de chaussée à usage commercial (boutiques)

Les étages courants sont à usage habitation

Le sous- sol est aménagé en parking

## I.2. Caractéristiques géométriques du bâtiment

- Longueur totale du bâtiment .....	26.34m.
- Largueur totale du bâtiment.....	26.34m.
- Hauteur totale du bâtiment.....	29.26m.
- Hauteur RDC du bâtiment.....	04.08m.
- Hauteur du Sous - Sol .....	03.00m.
Hauteur d'étage courant du bâtiment.....	03.06m.

## I.3. Caractéristiques géotechniques du sol

Le bâtiment est implanté dans une région, classé selon les règles parasismiques algériennes (RPA 99/version 2003) comme une zone de moyenne sismicité (zone IIa).

- Le site est considéré comme un site meuble:  $S_3$
- La contrainte admissible du sol:  $\sigma_{sol} = 2.00\text{bars}$

## I.4. Description des différents éléments de la structure

### I.4.1. Superstructure

#### a. Planchers

Les planchers choisis pour notre structure sont :

- Des planchers à corps creux pour le RDC et les étages courants;
- Dalle pleine pour les balcons et la cage d'ascenseur.

#### b. Ossature

Le système de contreventement de notre structure est assuré par des portiques (poteau ; poutre) et des voiles.

**c. Maçonnerie**

- **Murs extérieurs:** Sont réalisés en double parois de briques creuses de 15cm et de 10cm séparés par une lame d'air d'épaisseur 5cm afin d'assurer une isolation thermique et phonique.

- **Murs intérieurs:** Sont constitués par une cloison de 10cm et une double cloison de 30cm d'épaisseur qui sert à séparer deux logements voisins (une cloison de 10cm d'épaisseur) pour la face extérieure et intérieure.

**d. Escaliers**

Ce sont des éléments non structuraux qui servent à relier les niveaux successifs et faciliter le déplacement entre étages. Nous avons pris un seul type d'escalier pour notre structure, c'est un escalier à deux volées.

**e. Ascenseur**

C'est un appareil installé dans le bâtiment, comportant une cabine dont les dimensions permettant l'accès des personnes et de matériel.

**f. Revêtement**

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

**g. Terrasse**

Il existe un seul type de terrasse: terrasse inaccessible

**h. 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 le plancher terrasse et par le vide d'air pour les murs extérieurs.

**I.4.2. Infrastructure**

Suivant les résultats des essais du laboratoire et des essais in situ, la structure projetée peut être posée sur des fondations superficielles de type radier général.

- Capacité portante  $\sigma_{sol} = 2.00\text{bars}$  pour d'ancrage  $D = 3.00\text{m}$
- Angle de frottement interne du sol  $\varphi = 30^\circ$  et la cohésion  $c = 0.2\text{ bars}$
- Site est meuble:  $S_3$

## I.5. Caractéristiques mécaniques des matériaux

### I.5.1. Béton

- Le béton est un matériau constitué par le mélange de ciment, granulats (sable, graviers) et d'eau de gâchage.
- Le béton armé est obtenu en introduisant dans le béton des aciers (armatures) disposées de manière à équilibrer les efforts de traction.
- Le béton armé utilisé dans notre ouvrage sera conforme aux règles techniques de conception et de calcul des structures (B.A.E.L91, R.C.P99).
- La composition d'une mètre cube ( $m^3$ ) de béton courant est comme suit:
  - 350kg de ciment .....CPA325
  - 400litres de sable ..... $d_g \leq 5mm$
  - 800litres de graviers..... $d_g \leq 25mm$
  - 175litres d'eau de gâchage.

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

#### a. Principaux caractères et avantages

La réalisation d'un élément d'ouvrage en béton armé, comporte les quatre (04) opérations:

- a) Exécution d'un coffrage (moule) en bois ou en métal.
- b) La mise en place des armatures dans le coffrage.
- c) Le coulage du béton dans le coffrage.
- d) Décoffrage ou démoulage après durcissement suffisant du béton (à 28 jours).

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 qui 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 fissuration 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.

## b. Résistance mécanique

### b.1. Résistance caractéristique à la compression

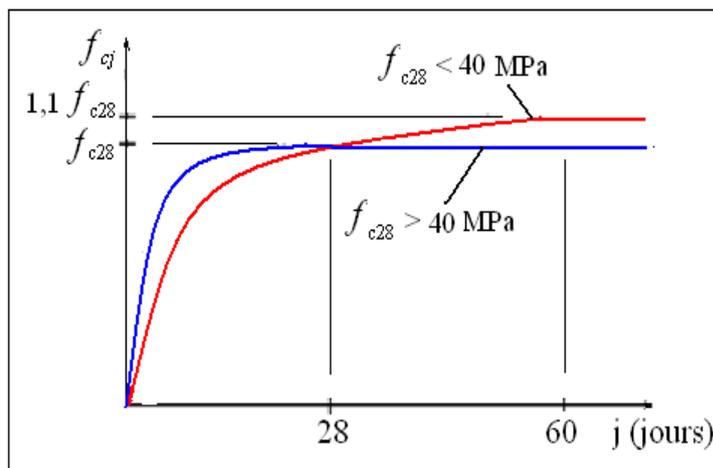
Le béton est caractérisé par sa résistance à la compression, cette dernière elle est donnée « j » jour en fonction de la résistance à 28 jours par les formules suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{c28} \leq 40 \text{ MPa} \longrightarrow f_{cj} = \frac{j}{4.76 + 0.83j} f_{c28}. \\ f_{c28} > 40 \text{ MPa} \longrightarrow f_{cj} = \frac{j}{1.40 + 0.95j} f_{c28}. \end{array} \right.$$

Pour  $28 \text{ jours} < j < 60 \text{ jours}$ .....  $f_{cj} = f_{c28}$ .

Pour  $j \geq 60 \text{ jours}$ .....  $f_{cj} = 1.1 f_{c28}$ .

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

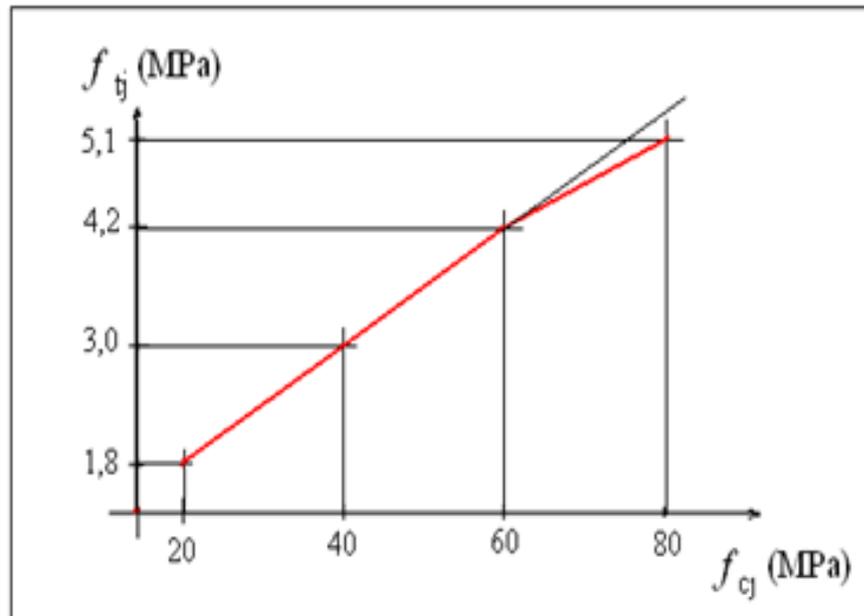


**Figure I.1:** Evolution de la résistance  $f_{cj}$  en fonction de l'âge du béton

### b.2. Résistance caractéristique à la traction

La résistance caractéristique à la traction du béton à « j » jours est conventionnellement définie à la relation :  $f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$ .

Pour  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$                        $f_{t28} = 2.1 \text{ MPa}$



**Figure I.2:** Evolution de la résistance à la traction  $f_{t_j}$  en fonction de  $f_{c_j}$

### c. 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 (ELU)

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 (ELS)

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

### d. Déformation et contraintes de calcul

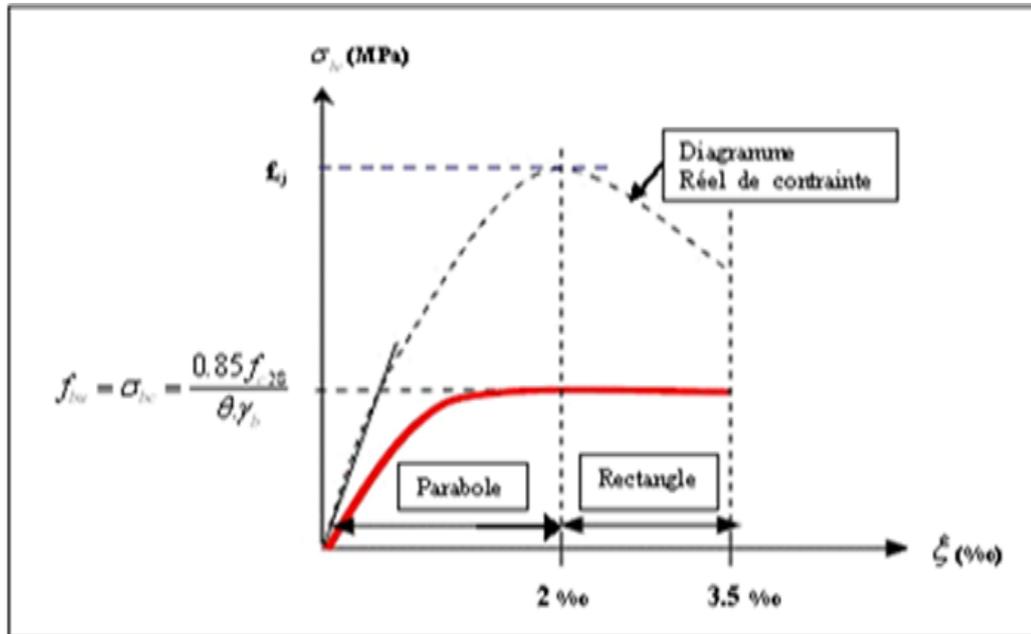
#### a. Etats limite de résistance (CBA93 [ART3.3.2.1])

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.1. Diagramme parabole – rectangle

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



**Figure I.3.** Diagramme contrainte déformation de calcul à l'ELU

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.

### b. Etat limite de service (CBA93 [ART5.1.4])

La contrainte limite de service en compression est donnée par la formule suivante:

$$\sigma = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 25 = 15 \text{MPa.}$$

#### b.1. Diagramme rectangulaire

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

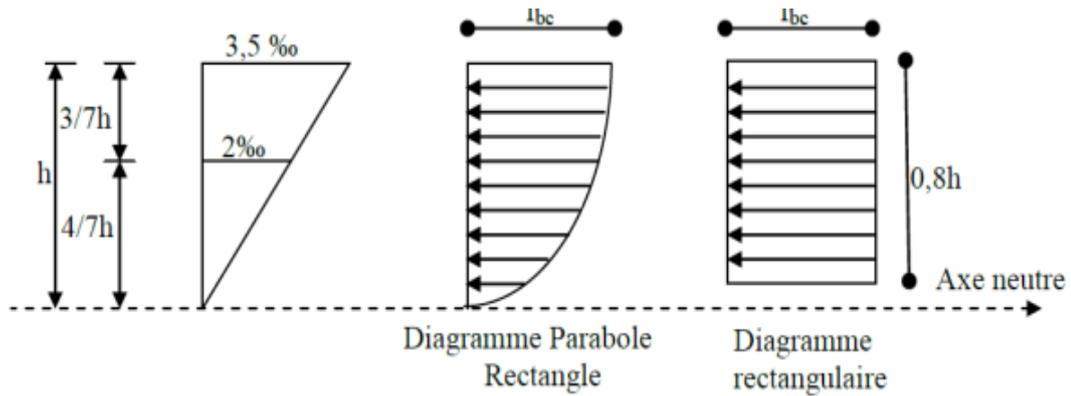


Figure I.4. Diagramme rectangulaire simplifié

### e. Contrainte admissible de cisaillement

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

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

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

$$\tau_u = T_u / b_0 x d \quad \text{avec} \quad \begin{cases} b_0: \text{largeur de la pièce.} \\ d: \text{hauteur utile.} \end{cases}$$

### f. Module de déformation longitudinale du béton

#### f.1. Module de déformation instantanée

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

$$E_{ij} = 11000(f_{cj})^{1/3}; \text{ pour } f_{c28} = 25\text{MPa}; E_{i28} = 32164.2\text{MPa.}$$

#### f.2. Module de déformation différée

$$E_{vj} = 3700(f_{cj})^{1/3}; \text{ pour } f_{c28} = 25\text{Mpa}; E_{i28} = 10818.9\text{Mpa.}$$

La déformation totale vaut environ trois la déformation instantanée.

#### f.2. Module de déformation transversale

Coefficient de poisson (CBA93 [ART2.1.2.3])

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

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) à 0 pour E.L.U (béton fissuré)

## I.5.2. 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 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) mm<sup>2</sup> avec  $\phi 3.5$ mm (T.S.L.feE500)
- Le module d'élasticité longitudinal de l'acier est pris égal à :  $E_s = 200\ 000$ MPa.

### 5.2.1. Diagramme déformation –contrainte de calcul

$$\sigma_s = f(\epsilon\text{‰}).$$

Dans les calculs relatifs aux états limités, on introduit un coefficient de sécurité  $\gamma_s$  qui a les valeurs suivantes:

$$\gamma_s = 1.15 \text{ Cas générale.}$$

$$\gamma_s = 1.00 \text{ Cas des combinaisons accidentelles.}$$

Pour note étude, on utilise des aciers FeE400.

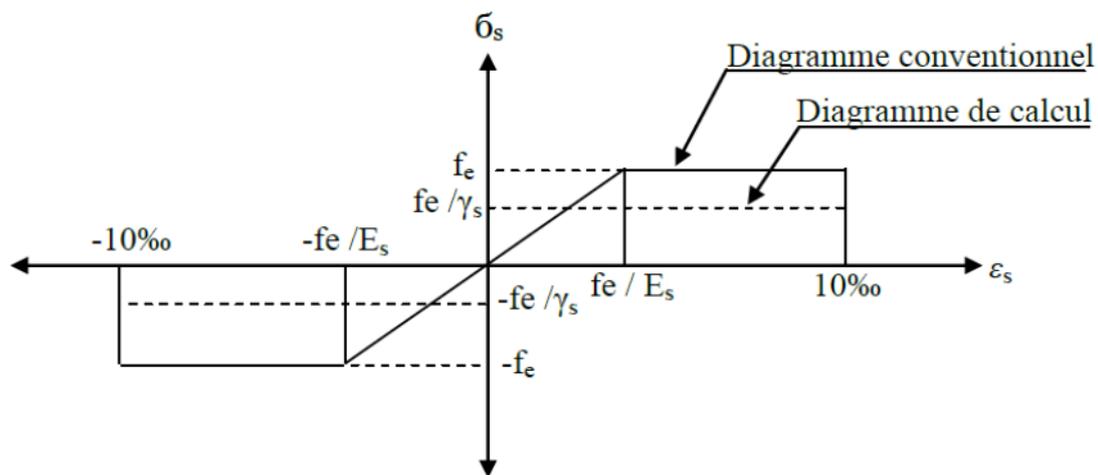


Figure I.5. Diagramme de déformations-contraintes.

### 5.2.2. Contrainte limitée de traction des armatures

Fissuration peu préjudiciable .....  $\bar{\sigma}_{st} \leq f_e$  pas de limitation

Fissuration préjudiciable.....  $\bar{\sigma}_{st} = \min\left(\frac{2}{3} f_e; 110\sqrt{\eta x f_{ij}}\right)$  (MPa)

Fissuration très préjudiciable.....  $\bar{\sigma}_{st} = \min(0.5 f_e; 90\sqrt{\eta x f_{ij}})$  (MPa)

$\eta$  : coefficient de fissuration.

- |   |  |
|---|--|
| { | $\eta = 1$ Pour les ronds lisses.                                    |
|   | $\eta = 1.6$ Pour les hautes adhérence avec $\phi \geq 6\text{mm}$ . |
|   | $\eta = 1.3$ Pour les hautes adhérence avec $\phi < 6\text{mm}$ .    |

## I.6. Hypothèse de calcul

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

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

### I.6.1. État limite ultime de résistance (E.L.U.R)

Il consiste à l'équilibre entre les sollicitations d'actions majorées et les sollicitations résistance calculées en supposant que les matériaux atteignant les limites de rupture minorée

Ce qui correspond aussi aux règles parasismiques algériennes 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 sismique étant des actions accidentelle.

### Hypothèses de calcul

- Les sections planes avant déformations restent après déformations.
- 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:

$\epsilon_{bc} = 3.5\text{‰}$  en flexion composé.

$\epsilon_{bc} = 2 \text{‰}$  en compression simple.

L'allongement de l'acier est limité à:  $\epsilon_{bc} = 10\text{‰}$  L les diagrammes déformations contraintes sont définis pour:

- Le béton en compression.
- L'acier en traction est en compression.

### Règles des trois pivots

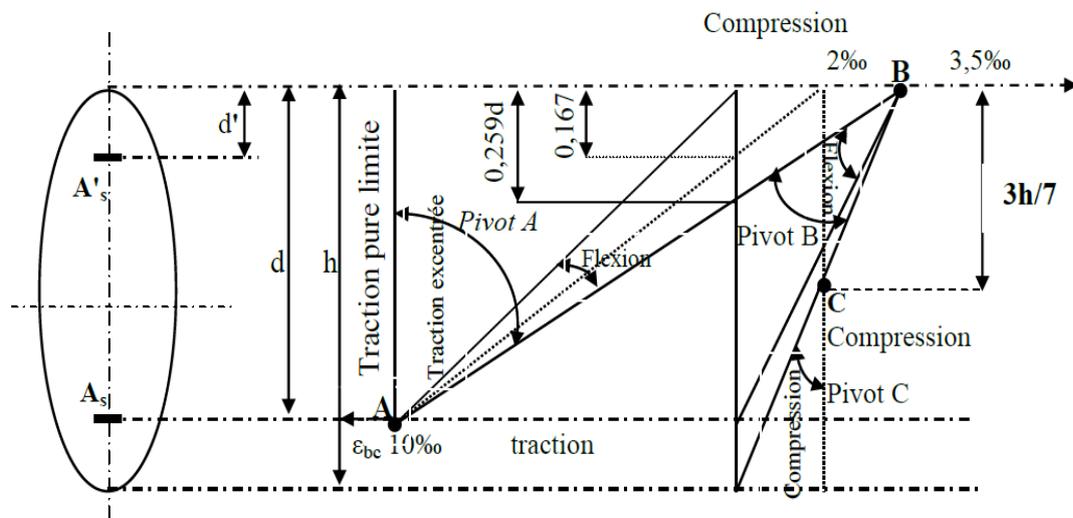
On fonction des sollicitations normale la rupture d'une section en béton armée peut intervenir:

- 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 l'un des points A, B ou C appelés pivots.

Pivot	Domaine	Déformation limites du pivot considéré
A	1	Allongement unitaire de l'acier 10‰
B	2	Raccourcissement unitaire du béton 3.5‰
C	3	Raccourcissement unitaire du béton 2‰

**Tableau I.1:** Règles des trois pivots



**Figure I.6:** Diagramme des déformations limitées de la section (règles des trois pivots)

### I.6.2. Etat limite de service (ELS)

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

#### 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.

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

Par convention  $\eta$  correspond au rapport du module d'élasticité longitudinal de l'acier et celui du béton.

$$\eta = E_s/E_b \text{ (coefficient d'équivalence).}$$

## I.7. 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:

$$\left[ \begin{array}{l} G + Q \pm E \\ \\ 0.8G \pm E \end{array} \right. \quad \text{avec :} \quad \left[ \begin{array}{l} G: \text{ Charge permanente} \\ Q: \text{ Charge d'exploitation ou surcharge d'exploitation} \\ E: \text{ Effort sismique} \end{array} \right.$$