

I. Introduction

Nous savons tous que le domaine de génie civil est un domaine très large ou l'ingénieur civil, par définition : conçoit, étudie et réalise tous ouvrages en bâtiment, travaux publique et hydraulique ; tout en tenant compte de deux facteurs principaux à savoir : «la Sécurité et l'Economie».

Le but de notre projet de fin d'étude est d'employer nos connaissances, pour étudier un projet réel. Il s'agit d'une étude technique d'un bâtiment en béton armé à usage d'habitation composé d'un rez de chaussée et de (7) étages contreventé par voiles et portiques. L'objectif de cette étude est de calculer les éléments résistants de la structure portante du projet précité, tout en satisfaisant les critères de sécurité exigés par les règlements du B.A.E.L91 modifiés 99 et RPA99 version 2003. Avec l'utilisation des logiciels SAP 2000 14 pour déterminer les différents types de sollicitations et les déplacements, afin de ferrailer les éléments de la structure et calcul de flèche.

Ce projet est structuré comme suite :

- Etude préliminaire du redimensionnement des éléments horizontaux (poutre ; chaînage et plancher) et des éléments verticaux (poteaux, murs voiles).
- Calcul détaillé des différents éléments non structuraux (acrotère, balcon, escalier, ascenseur).
- Calcul des éléments structuraux :
 - Calcul des portiques longitudinaux et transversaux qui constituent le squelette de notre structure.
 - Calcul des voiles qui sont des éléments de contreventement contre les efforts horizontaux dus au séisme et au vent
- Etude de l'infrastructure (radier générale).

I.1 Présentation de l'ouvrage :

Le présent travail est une étude d'un bâtiment en béton armé (R+7) à usage d'habitation, implanté à Tiaret ; classée en zone de faible sismicité (zone I) d'après le règlement parasismique Algériennes R.P.A 99 (version 2003). Tous les étages de ce bâtiment sont à usage d'habitation.

I.1.1 Caractéristiques géométriques (dimensions des plans) :

- Longueur totale du bâtiment..... **30.55 m**
- Largeur totale du bâtiment..... **21.55 m**
- Hauteur totale du bâtiment.....**25.08 m**
- Hauteur R.D.C et étages courants..... **3,06 m**

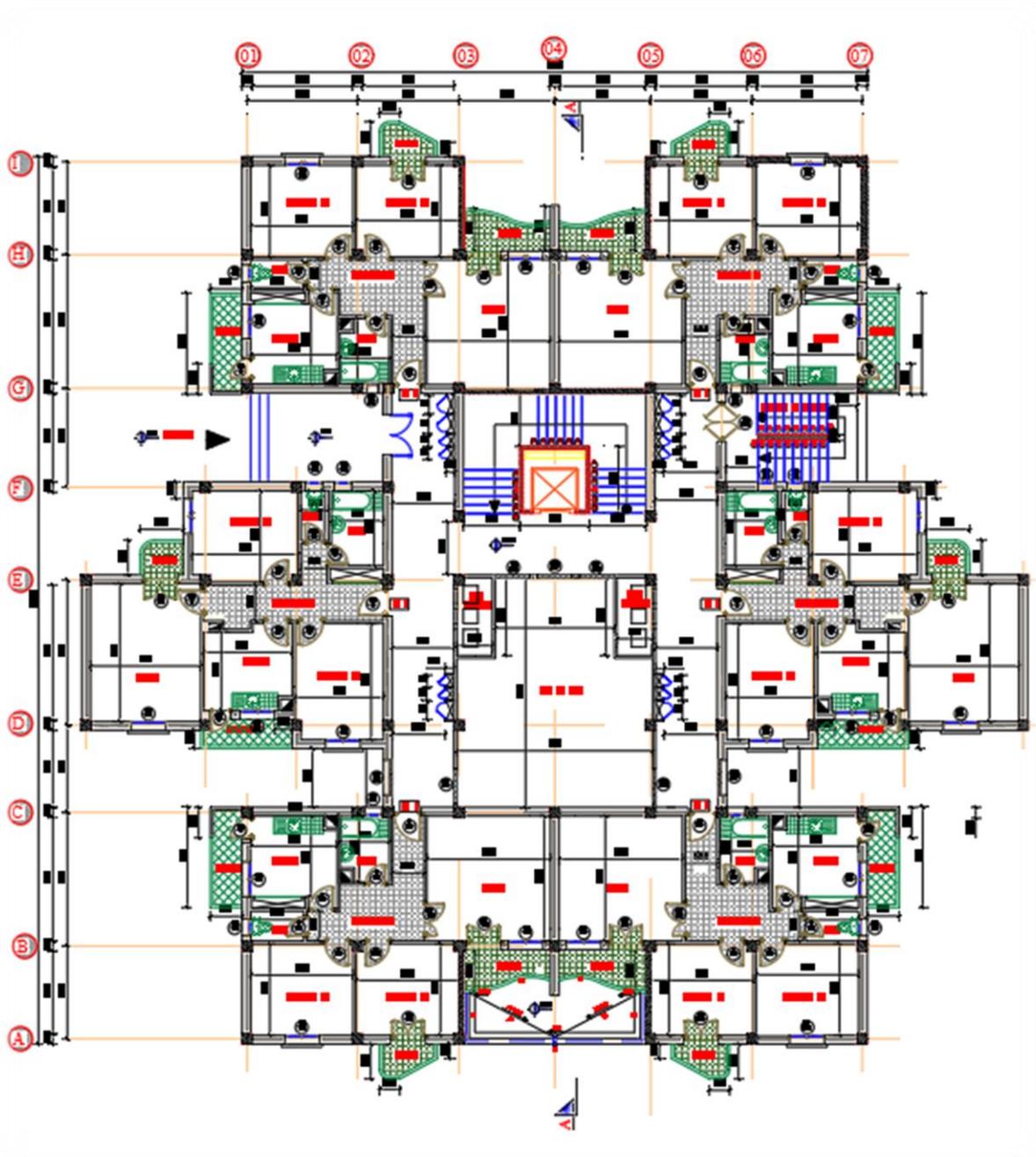


Figure I.1 Plan R.D.C et étages courants



Figure I.2 Façade latérale gauche



Figure I.3 Façade principale

I.1.2 Ossature et système constructif adopté :

I.1.2.1 Ossature :

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

I.1.2.2 Planchers :

Les planchers adoptés pour notre structure sont :

- Des planchers à corps creux (16+4)
- Dalle pleine pour la machine.

I.1.2.3 Escaliers :

On a deux types d'escalier :

- Escalier à deux volées avec deux paliers utilisés pour l'accès du R.D.C jusqu'au 7^{ème} étage.
- Escalier à trois volées avec deux paliers utilisés pour l'accès du R.D.C jusqu'au 7^{ème} étage.

I.1.2.4 Ascenseur :

C'est un appareil automatique élévateur installé, comportant une cabine dont les dimensions et la constitution permettant l'accès des personnes et de matériels.

I.1.2.5 Maçonnerie :

Les murs extérieurs sont faits en doubles cloisons en briques de 15 cm et de 10 cm d'épaisseur avec un vide d'air de 5cm ; les murs intérieurs sont faits en simples cloisons de 10 cm d'épaisseur.

I.1.2.6 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.

I.1.2.7- 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 liège pour les planchers terrasses ; et par le vide d'air pour les murs extérieurs.

I.1.3 Caractéristiques géotechniques du sol :

Selon le rapport géotechnique, Le sol d'assise de la construction est un **sol ferme**.

- La contrainte du sol est $\sigma_{\text{sol}} = 1,5 \text{ bars}$ pour un ancrage $D = 2.00 \text{ m}$.
- L'angle de frottement interne du sol $\phi = 35^\circ$.

- La cohésion $C = 0$.

I.2 Caractéristiques des matériaux :

❖ 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 conforme aux règles techniques de conception et de calcul des structures (B.A.E.L).

La composition d'un mètre cube de béton courant est comme suit :

- 350 Kg de ciment CPA 325
- 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 confection du béton est déterminée mécaniquement à l'aide d'une bétonnière ou d'une centrale à béton.

▪ Principaux caractères et avantages :

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

- Exécution d'un coffrage (moule) en bois ou en métal ;
- La mise en place des 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 : on cherche :

- L'économie.
- Souplesse des formes.
- Résistance aux agents atmosphériques.
- Résistance au feu.

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.

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

▪ Diagramme contraintes - déformations instantanées du béton :

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.

▪ Diagramme parabole - rectangle :

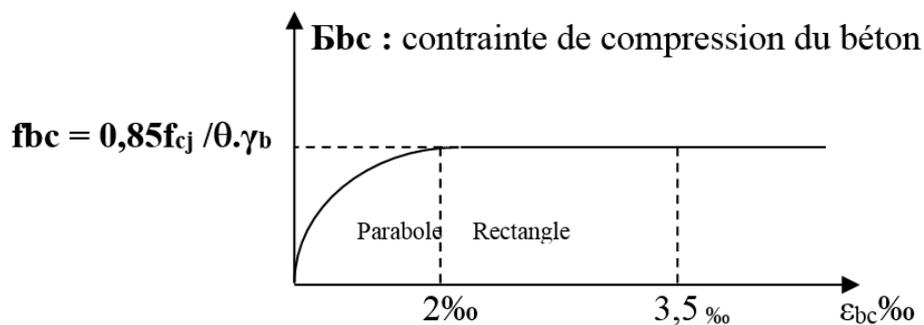


Figure I.5 : Diagramme parabole -rectangle

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 général

$\gamma_b = 1,15$ 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.

▪ **Diagramme rectangulaire :**

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

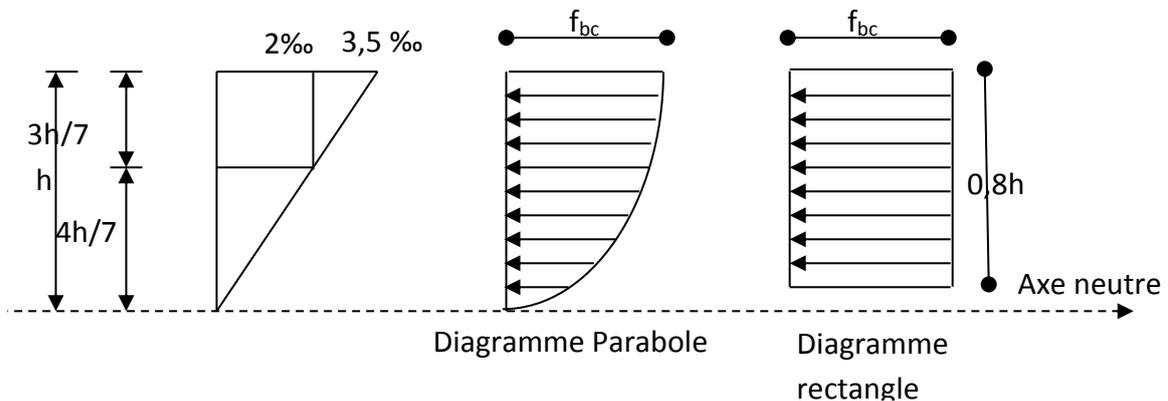


Figure I.6- Diagramme rectangulaire

▪ **Contrainte admissible de cisaillement :**

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

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

▪ **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 $f_{c28} = 25Mpa$; $E_{i28} = 32164,2 Mpa$.

- **Module de déformation différée:**

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

La déformation totale vaut environ trois fois la déformation instantanée.

▪ **Coefficient de poisson :**

$$\nu = -\frac{\Delta d \cdot L}{\Delta L \cdot d}$$

Avec :

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

$(\Delta L/L)$: déformation relative longitudinale : $\left\{ \begin{array}{l} 0.2 \text{ pour E.L.S (béton non fissuré)} \\ 0 \text{ pour E.L.U (béton fissuré)} \end{array} \right.$

❖ **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 (fe E 215, fe E 235)

- Acier à haute adhérence (fe E 400, fe E 500)

-Treillis soudés de maille (150 x 150) mm² (T.S.L fe E500)

- le module d'élasticité longitudinal de l'acier est pris égal à : $E_s = 200\,000$ Mpa

▪ **Diagramme contrainte- déformation :**

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

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

$\gamma_s = 1.15$ cas général.

$\gamma_s = 1.00$ cas des combinaisons accidentelles.

Pour notre étude, on utilise des aciers Fe E400.

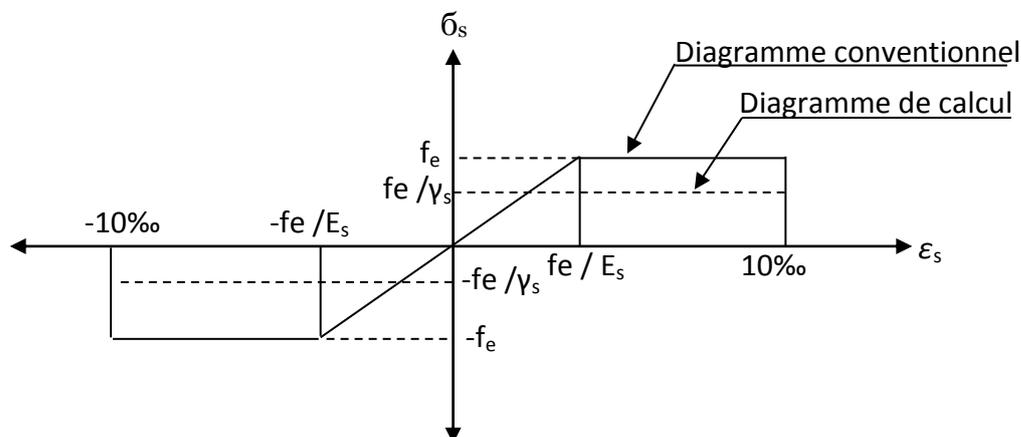


Figure I.7- Diagramme déformation contraintes- déformations.

▪ **Contraintes limites de traction des armatures :**

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

Fissuration préjudiciable..... $\overline{\sigma}_{st} = \min (2/3f_c; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{ij}})$ Mpa.

Fissuration très préjudiciable..... $\overline{\sigma}_{st} = \min (0.5f_c; 90 \sqrt{\eta \cdot f_{ij}})$ Mpa.

η : coefficient de fissuration

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

-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.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.3.1 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.

a) Hypothèses de calcul :

- Les sections droites avant déformation restent planes après déformation.

- Pas de glissement relatif entre les armatures et le béton.

- La résistance à la traction du béton est négligée.

- La raccourcissement du béton est limité à:

$\varepsilon_{bc} = 3,5\%$ en flexion composé.

$\varepsilon_{bc} = 2\%$ en compression simple.

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

-Les diagrammes déformations contraintes sont définis pour :

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

b) Règle des trois pivots :

On 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 : Déformation limites du pivot considéré.

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 $2^0/_{00}$

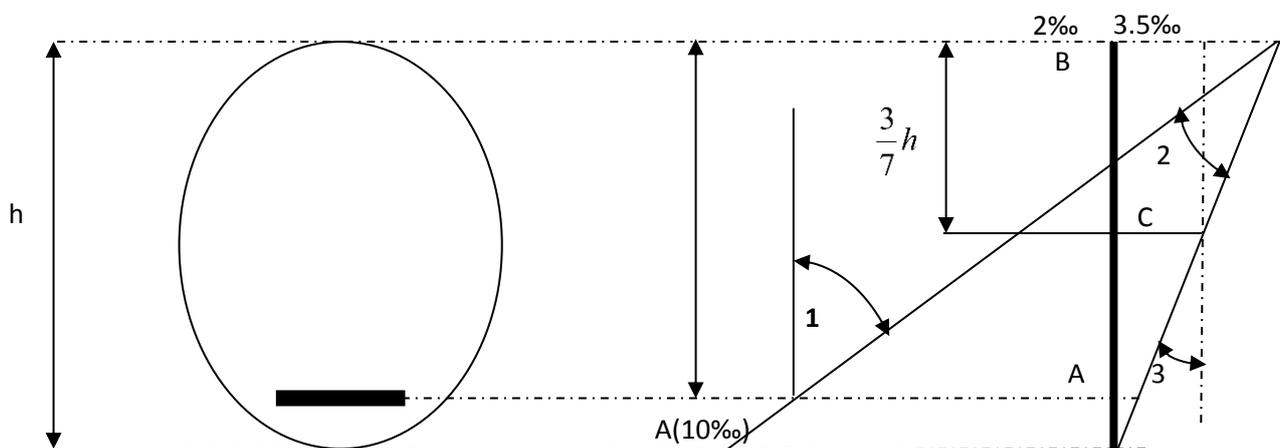


Figure I.8 Diagramme des déformations limites de la section

- Règle des trois pivots -

- Dans le domaine 1, le diagramme passe par le point **A**, qui correspond à un allongement de 10‰ de l'armature la plus tendue, supposée concentrée en son centre de gravité.

- Dans le domaine 2, le diagramme passe par le point **B**, qui correspond à un raccourcissement de 3.5‰ de la fibre la plus comprimée.
- Dans le domaine 3, 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.3.2 E.L.S :

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

I.3.2.1 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 néglige
- Les contraintes sont proportionnelles aux déformations.

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

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

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

I.3.2.2-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 :

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

- **Etat limite de service :**

Combinaison d'action : G+Q

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

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