

INTRODUCTION GENERALE

Pour notre projet de fin d'étude, on a choisi d'étudier une structure présentant des particularités suivantes (Eléments porteurs divers : portiques, voiles de contreventements, système de fondation global (semelle).

Le choix vise les buts suivants :

- Compléter et approfondir nos connaissances dans le domaine du calcul des structures et on initie au canevas de calcul avec tous les détails nécessaires.
- Toucher un grand éventail de problèmes posés aux praticiens, afin d'exécuter la fonction réelle de cycle de formation, qui consiste à utiliser l'esprit et le savoir acquis, pour bien analyser la structure, afin de prendre les bonnes décisions, concernant la modélisation physique, qui exprime bien son comportement future, et de choisir ainsi les méthodes et les programmes pouvant donner les meilleures solutions.
- On familiarise avec l'outil informatique qui est devenu essentiel dans ce genre de calcul.

On a pour cela choisi l'un des logiciels les plus puissants et les plus généraux : Le logiciel **ETABS (Version9.0), AUTOCAD,etc.**

Le mémoire comporte les chapitres suivants :

1. Introduction.
2. Pré dimensionnement.
3. Etude des éléments secondaires.
4. Etude des planchers.
5. Etude sismique.
6. Ferrailage des éléments structuraux.
7. Etude des voiles.
8. L'infrastructure.
9. Conclusion.

I.1 Présentation de projet :

I.1.1 Introduction :

Le projet présenté dans ce mémoire a pour but d'étudier une structure en béton armé d'un bâtiment à usage d'habitation, un Rez-de chaussée et 5 étages comportant chacune quatre appartements (F4). Le système de contreventement est assuré par des voiles et des portiques (contreventement mixte).

Le projet est implanté dans la ville de **Saida**, classée par le règlement parasismique algérien **RPA99 version 2003** comme une zone de moyenne sismicité (zone **D**).

I.1.2 Caractéristiques géométriques du bâtiment :

Longueur du bâtiment	29.40 m
Largeur du bâtiment	18.00 m
Hauteur totale (sans acrotère)	18.36 m
Hauteur d'étage	3.06 m

-Tableau I.1- Caractéristiques géométriques de l'ouvrage.

I.1.3 Eléments constituant le bâtiment :

A/ Plancher :

- Les planchers des étages courants sont en corps creux (16+4 cm).
- Le plancher terrasse est en corps creux et en plus une isolation thermique (Multicouche), il aura en plus une pente moyenne pour l'écoulement des eaux Pluviales.

B/ poteaux : en béton armé.

C/ poutres : en béton armé.

D/ voiles : en béton armé.

E/ maçonneries :

- Pour les murs extérieurs, une double paroi en brique creuse d'épaisseur (15cm), plus une brique creuse d'épaisseur (10cm), avec une l'âme d'aire de (5cm).
- Pour les murs intérieurs (cloisons), une simple paroi en brique creuse d'épaisseur (10cm).

I.2 Caractéristiques des matériaux :

I.2.1 Notion d'état limite :

Un état limite est un état dont le quel se trouve une structure ou un élément de structure et tel que, s'il est dépassé dans le sens défavorable, cette structure ou cet élément ne répond plus aux fonctions pour lesquelles il est conçu.

On distingue deux catégories d'états limites : état limite ultime et état limite de service.

I.2.1.1 Etat limite ultime : on distingue :

I.2.1.1.1 Etat limite ultime d'équilibre statique :(glissement ; tassement ; renversement...)

I.2.1.1.2 Etat limite ultime de résistance :

Concerne la non rupture de l'ouvrage, donc la structure ne doit pas rompre sous l'effet des efforts qui sont appliqués, cela conduira à déterminer par exemple les quantités d'armatures à placer dans un élément de la structure.

I.2.1.1.3 Etat limite de stabilité de forme :

Concerne les pièces élancées, par exemple un poteau qui est soumis à la flexion composée, il doit résister au risque de flambement.

I.2.1.2 Etat limite de service :

Il correspond à des critères dont le non-respect ne permet pas à l'élément d'être exploité dans des conditions satisfaisantes où compromet sa durabilité, on distingue :

I.2.1.2.1 Etat limite de service vis-à-vis de la compression du béton :

I.2.1.2.1.1 Etat limite de service d'ouverture des fissures :

La corrosion des armatures insuffisamment protégées compromet la durabilité de l'ouvrage.

I.2.1.2.1.2 Etat limite de service de déformation :

Des déformations importantes de l'ouvrage peuvent créer des désordres (fissuration de carrelage sur une dalle trop fléchie par exemple).

I.2.2 Actions :

Les actions sont l'ensemble des charges (forces...) permanentes ; climatiques et d'exploitations appliquées à la structure.

I.2.2.1 Actions permanentes(G) :

Elles sont appliquées pratiquement avec la même intensité pendant toute la durée de vie de l'ouvrage. Elles comportent :

- Le poids propre de la structure.
- Les charges de la superstructure, d'équipements fixes.

I.2.2.2 Actions variables(Q_i):

Elles sont des actions dont l'intensité est plus ou moins constante, elles sont définies par des textes réglementaires.

I.2.2.3 Actions accidentelles : (séisme, actions du feu, chocs...)

I.2.3 Caractéristiques du béton:

Le béton est une pierre artificielle obtenue par durcissement du mélange [granulats (sable+ gravier) +liants + eau], la partie active est le système (eau + liants) et la partie inerte est celle des granulats.

I.2.3.1 Classification :

Elle est basée sur plusieurs paramètres (indices).

I.2.3.1.1 Masse volumique (ρ) : on distingue :

- Les bétons extra lourds :..... $\rho > 2500 \text{ kg/m}^3$
- Les bétons lourds :..... $1800 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 2500 \text{ kg/m}^3$(*)
- Les bétons légers :..... $500 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 1800 \text{ kg/m}^3$
- Les bétons très légers :..... $\rho < 500 \text{ kg/m}^3$

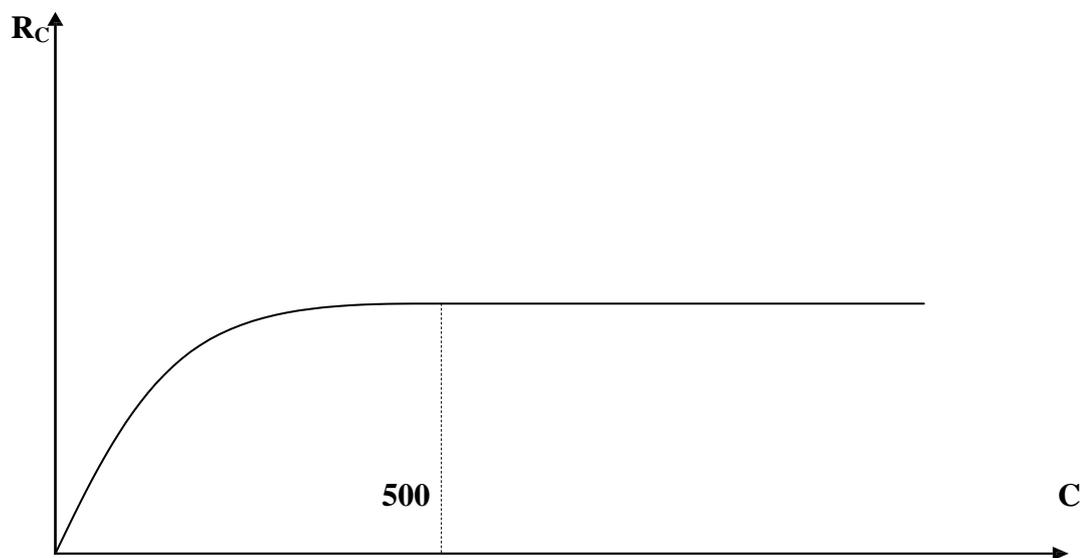
I.2.3.1.2 La consistance :

- béton très consistant (sec).
- béton consistant (ferme).
- béton faiblement plastique(*)
- béton plastique.
- béton fluide.

(*)..... matériaux utilisés.

I.2.4 Composition de béton :

I.2.4.1 Dosage en ciment (c) :



- Fig. I.1- Diagramme dosage en ciment.

Les résistances mécaniques sont quasiment proportionnelles aux dosages en ciment compris entre 200 et 500 kg/m³, l'augmentation de dosage en ciment au-delà de 450kg/m³..... 500kg/m³ n'est pas économique.

DOSAGE (C)	100	200	300	400	600	800	1000
$\frac{Rc}{C}$	0,3	0,54	0,77	0,77	0,69	0,55	0,47

-Tableau I .2- Rapport de RC /C.

Le rapport $\frac{Rc}{C}$ est un indice d'efficacité d'utilisation du ciment, il est max pour des dosages entre 300 et 400 kg/m³, c'est pour ça le béton est courant (ordinaire) à un dosage de 350 kg / m3.

I.2.4.2 Sable :

La quantité du sable s'apprécie essentiellement par la forme et la propreté de ses grains, son dosage est entre 380 et 450 kg.

I.2.4.3 Gravillons :

Les gravillons sont des granulats qui passent au tamis de 25 mm et sont retenus par le tamis de 5mm, le dosage est généralement entre 750 kg et 850kg.

I.2.4.4 Eau de gâchage :

L'eau doit être propre, la quantité est variée entre 150L et 200L.

- Les quantités courantes du béton par m³ sont :
 - Ciment de CPA 325..... 350kg / m³
 - Sable..... 400 L.
 - Gravillon 3/8 et 15/25..... 800 L.
 - L'd'eau de gâchage.....175 L.

I.2.5 La résistance du béton :

Le béton est défini par deux résistances (résistance à la compression et résistance à la traction).

I.2.5.1 Résistance à la compression (f_{c28}) :

Pour un âge de 28 jours la résistance à la compression est donnée par les formules suivantes :

$$\text{BAEL 91} \quad \begin{cases} f_{cj} = \frac{j}{4.76 + 0.83j} \cdot f_{c28} \text{ pour } f_{c28} \leq 40 \text{ MPa} \\ f_{cj} = \frac{j}{1.40 + 0.95j} \cdot f_{c28} \text{ pour } f_{c28} > 40 \text{ MPa} \end{cases}$$

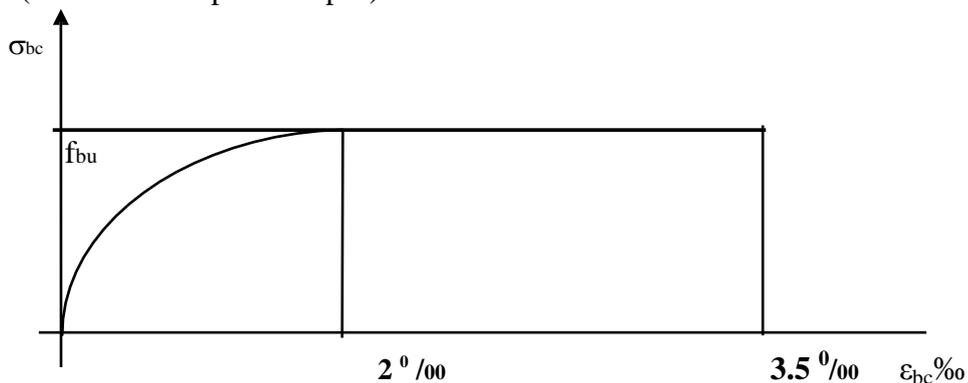
I.2.5.2 Résistance à la traction (f_{t28}):

La résistance caractéristique à la traction du béton est en fonction de la résistance caractéristique à la compression :

➤ $f_{tj} = 0,6 + 0,06f_{cj}$

I.2.6 Contraintes- déformations du béton (à L'ELU) :

Pour la vérification à l'état limite ultime on utilise le diagramme contraintes - déformations (en cas de compression pur)



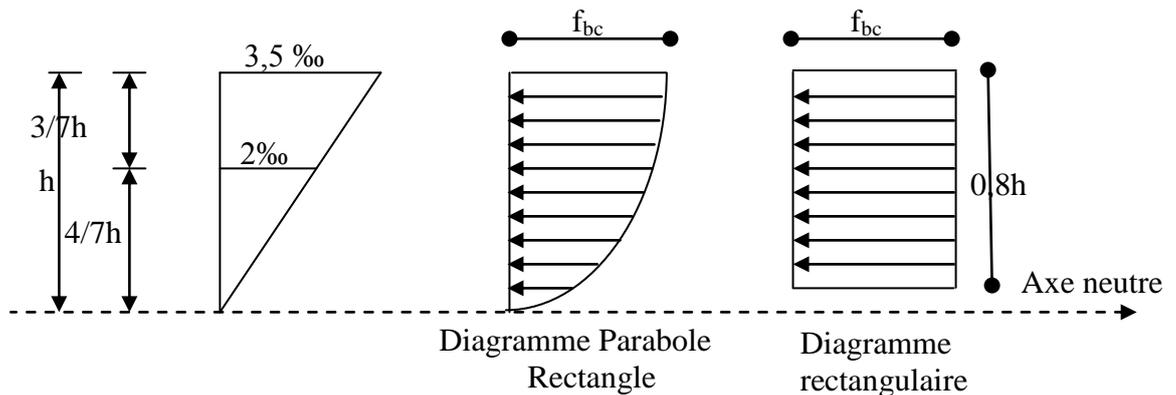
-Fig.I.2- Diagramme contraintes-déformations du béton« ELU ».

- σ_{bc} : est la résistance de calcul du béton qui vaut :

$$f_{bc} = \frac{0.85 \cdot f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b}$$

- θ : Vaut 1 lorsque la durée probable d'application de la combinaison d'action considérée est supérieure à 24 heures, 0,9 lorsque cette durée est comprise entre 1 heure et 24 heures et 0,85 lorsque elle est inférieure à 1 heure.

Lorsque la section n'est pas entièrement comprimée on peut utiliser un diagramme rectangulaire simplifié



-Fig.I.3- Diagramme rectangulaire simplifié.

Pour la vérification à l'état limite de service, il faut que la contrainte du béton au plus égale à :

$$\sigma_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

I.2.7 Déformation longitudinale du béton :

La valeur de module de déformation longitudinale instantanée soumis à des contraintes normales d'une durée d'application courte est :

$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} = 11000 \sqrt[3]{25} = 32164,19 \text{ MPa}$$

Sous des contraintes de longue durée on admit que le module de déformation longitudinal différé égal à :

$$E_{vj} = 3700 \sqrt[3]{f_{cj}} = 3700 \sqrt[3]{25} = 10818,86 \text{ MPa}$$

I.2.8 Module de déformation transversale:

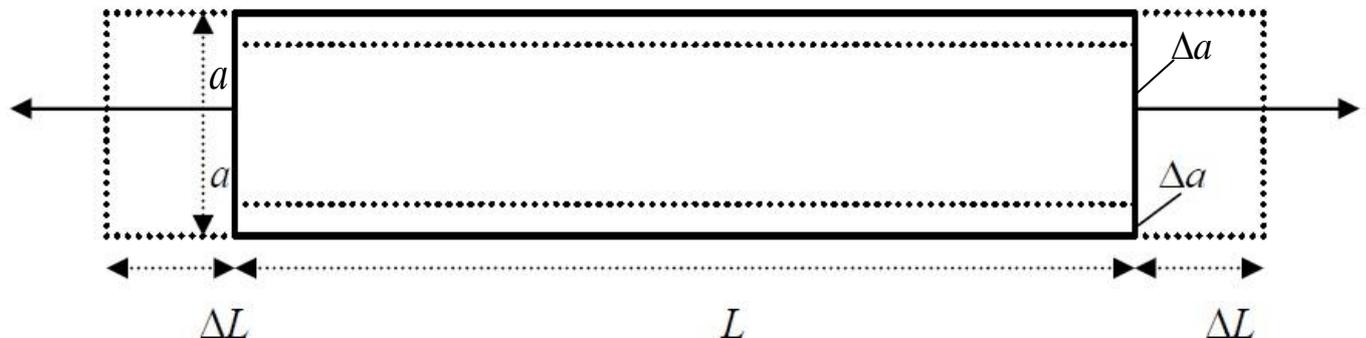
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$\nu = 0$; Pour le calcul des sollicitations dans E.L.U (béton fissuré) $\rightarrow G = 16082,1$

$\nu = 0,2$; Pour le calcul des déformations (dans E.L.S.) $\rightarrow G = 13401,75$

. ν est le coefficient de poisson qui se détermine par mesure directe de la déformation transversale d'une éprouvette comprimée ou tendue, ou par le rapport de déformation longitudinale en valeur relative:

$$\nu = \frac{\Delta a / a}{\Delta l / l}$$



-Fig.I.4- Module de déformation transversale.

I.2.9 Contrainte limite de cisaillement :

- ✓ Cas de fissuration peu préjudiciable

$$\bar{\tau}_u = \min(0,20f_{cj} / \gamma_b, 5\text{MPa})$$

- ✓ Cas de fissuration préjudiciable ou très préjudiciable.

$$\bar{\tau}_u = \min(0,15f_{cj} / \gamma_b, 4\text{MPa})$$

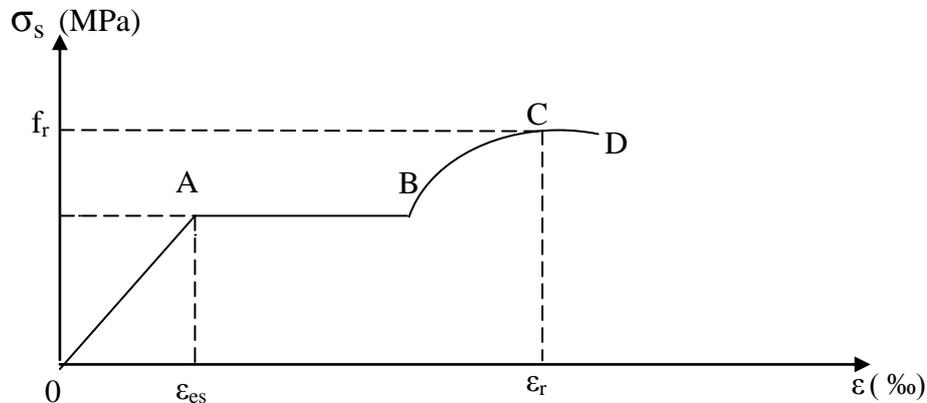
I.3 Caractéristiques de l'acier :

L'acier est un alliage de fer et de carbone en faible pourcentage, il est caractérisé par sa bonne résistance à la traction.

Les armatures pour le béton armé sont constituées par des aciers qui se distinguent par leur nuance et leur état de surface, on trouve les ronds lisses et les barres à haute adhérence, pour les ronds lisses, il existe deux nuances ($F_e E_{215}$; $F_e E_{235}$) correspondant à des limites d'élasticité de 215 et 235 MPa, pour les barres à haute adhérence les nuances sont ($F_e E_{400}$; $F_e E_{500}$) correspondant à des limites d'élasticité de 400 et 500 MPa.

I.3.1 Diagramme déformations- contraintes de l'acier:

Lorsqu'une éprouvette d'acier est soumise à un essai de traction, on obtient le diagramme suivant :



-Fig.I.5-Diagramme contraintes-déformations d'acier.

Avec : f_r : Résistance à la rupture

f_e : Limite d'élasticité

ϵ_{es} : Allongement relatif correspondant à la limite élastique de l'acier

ϵ_r : Allongement à la rupture

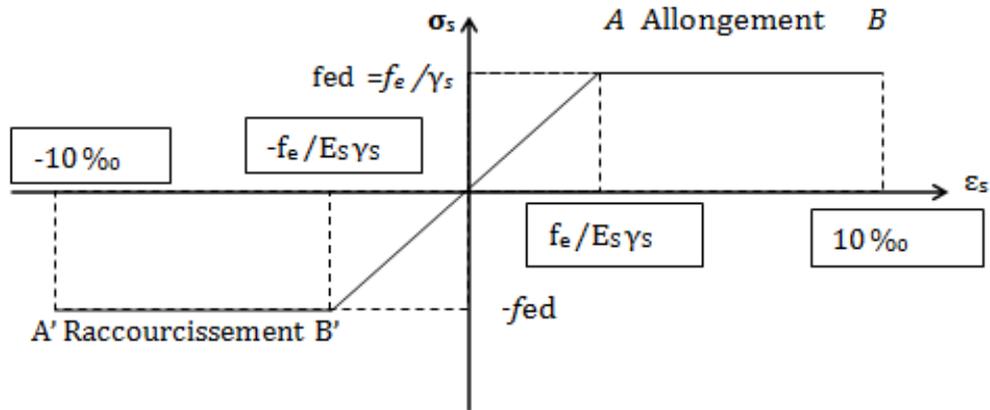
➤ La droite On distingue du diagramme précédent 04 parties :

- . Zone OA est le domaine élastique avec : $\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s$
- . Zone AB est le palier de ductilité, dans ce domaine l'effort de traction égal à F_e .
- . Zone BC : Domaine de raffermissement
- . Zone CD : Domaine de striction

I.3.2 Diagramme déformations – contraintes de calcul :

Dans les calculs de béton armé aux états limites on remplace le diagramme réel par un diagramme conventionnel et on introduit un coefficient de sécurité γ_s ayant les valeurs suivantes :

- $\gamma_s = 1,15$ (cas courants)
- $\gamma_s = 1$ (combinaisons accidentelles)
- $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ Mpa}$ si $\gamma_s = 1,15$
- $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 400 \text{ Mpa}$ si $\gamma_s = 1$



-Fig.I.6- diagramme contrainte – déformation.

I.3.3 Vérification des armatures à l'état limite de service :

- En fissuration peu préjudiciable pas de vérification
- En fissuration préjudiciable : il faut que

$$\bar{\sigma}_{st} = \min (2/3 f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}})$$
- En fissuration très préjudiciable : il faut

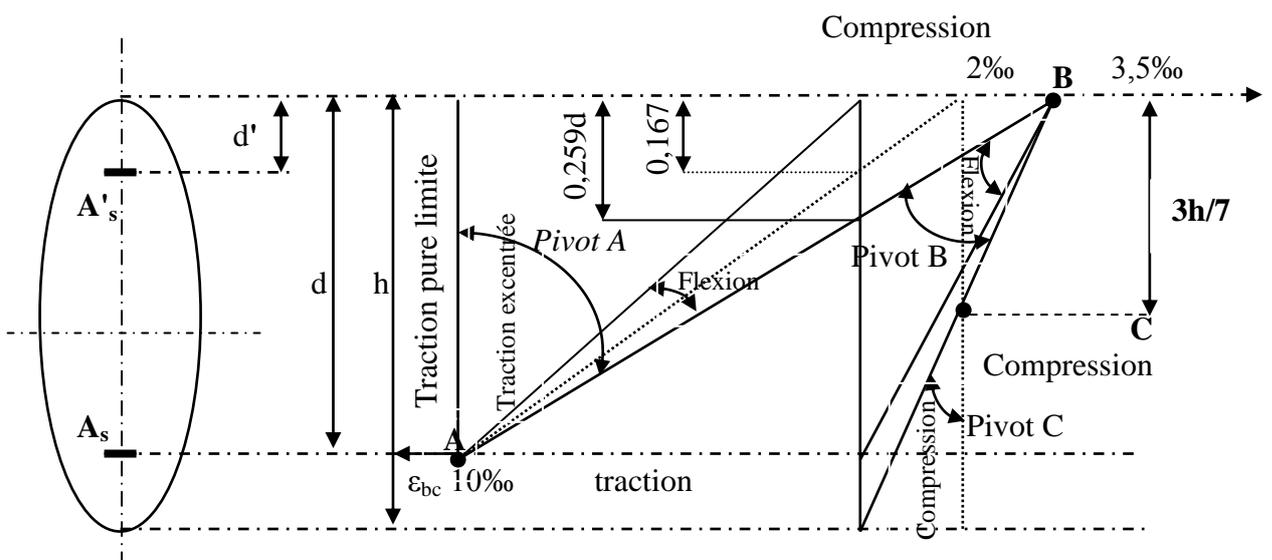
$$\bar{\sigma}_{st} = \min (0,5 f_e , 90 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}})$$

Avec : - η : coefficient de fissuration

- $\eta = 1$ pour les ronds lisses

- $\eta = 1,6$ pour les barres à haute adhérence

I.3.4 Diagramme des déformations limites de la section :



-Fig.I.7- Diagramme des déformations limites de la section.

On distingue trois domaines 1 ; 2 et 3 à l'aide de trois pivots A ; B et C, et des droites représentatives de la déformation qui passent par l'un des trois pivots pour matérialiser les diagrammes de déformation de la section de béton.

La position du pivot est caractérisée par :

- ✓ Un allongement déterminé (10‰ pour le pivot A par exemple)
- ✓ Un raccourcissement déterminé (3,5 ‰ pour le pivot B par exemple)

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 $\frac{3}{7}$ de la hauteur totale h de la section.

I.4 Hypothèses de calcul (BAEL91) :

- . Les sections droites restent planes après déformation.
- . Il n'y a pas de glissement relatif entre les armatures et le béton.
- . La résistance à la traction du béton est négligeable à cause de la fissuration.
- . Le diagramme contraintes – déformations de l'acier est celui défini ci-dessus.
- . Le diagramme contraintes déformations de béton est celui défini ci-dessus.
- . Les positions que peut prendre le diagramme des déformations d'une section droite passent au moins par l'un des trois pivots définis.

I.5 Choix des matériaux dans l'élaboration du projet :

A/ Béton :

- Ciment dosé à $350 \text{ kg} / \text{m}^3$.
- $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$.
- $\sigma_{bc} = 14,2 \text{ Mpa}$.
- $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$.
- $E_i = 32164,2 \text{ Mpa}$.
- $E_v = 10721,4 \text{ Mpa}$.
- $\gamma_b = 1,5$.

B/ Acier :

- des barres (HA) : Fe E400.
- $\sigma_s = 348 \text{ Mpa}$
- $\gamma_s = 1,15$.
- $\eta = 1,6$.
- $E_s = 2. 10^5 \text{ Mpa}$.