

I.) Introduction

Les structures de couverture sont constituées d'ossatures (généralement des profils IPE) et de plâtrage (généralement des bacs acier), qui sont légers, mais suffisants pour reprendre des charges finalement faibles.

En revanche, les structures de planchers sont constituées d'ossatures plus lourdes (IPE parfois, mais surtout HEA, HEB et PRS), recevant des plâtrages de forte inertie, nécessaire pour reprendre de fortes charges (surcharges d'exploitation de bureaux, de stockage ... pouvant atteindre plusieurs tonnes au m^2)

Les ossatures de planchers constituée de poutres croisées, les solives (supportant le plâtrage) portant sur des poutres maîtresses, qui portent elles-mêmes sur des poteaux

Quant aux plâtrages, ce sont:

- * Soit des simples plâtrages métalliques: tôles épaisses, lisses ou perlées.

* Soit des dalles métalliques, à raidisseurs creusés (dalles orthotropes), peu utilisées, en bâtiment en raison de leur coût élevée, et pratiquement réservées à la réalisation des tabliers de ponts

* Soit des dalles béton, coulées sur prédalles ou sur bac acier utilisés comme coffrages perdus ou collaborants.

Ce dernier type de plancher, dit plancher mixte (acier / béton), est le plus répandu dans les constructions de planchers d'immeubles de bureaux, d'entrepôts, etc.

nines, etc.

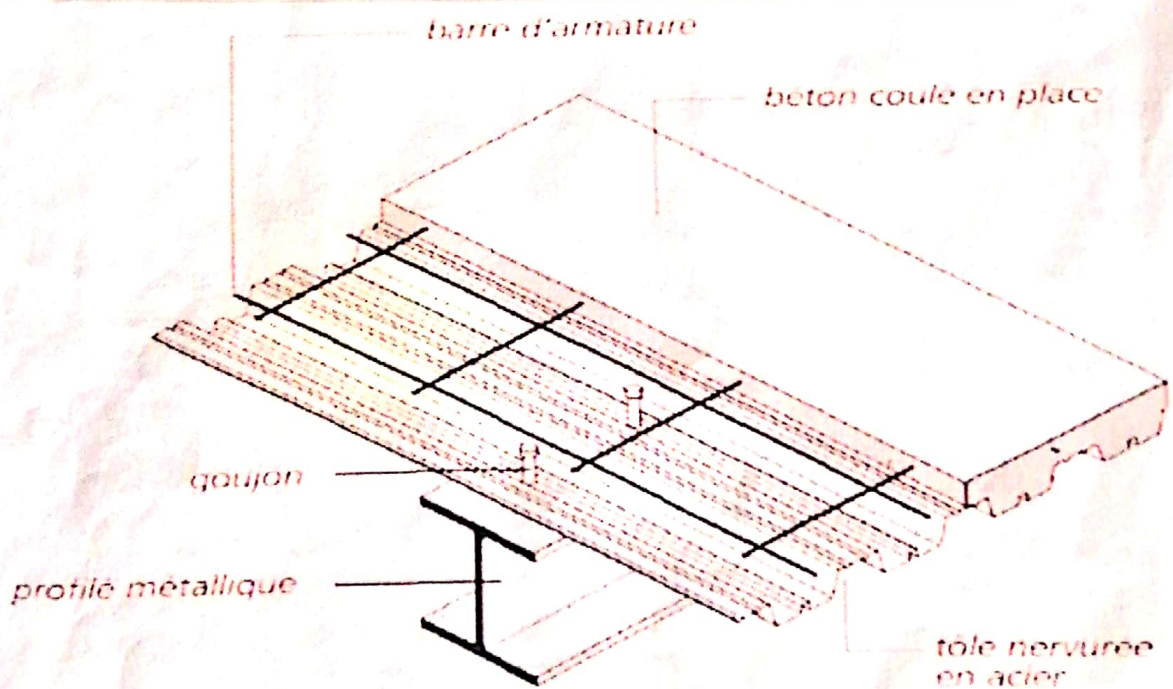
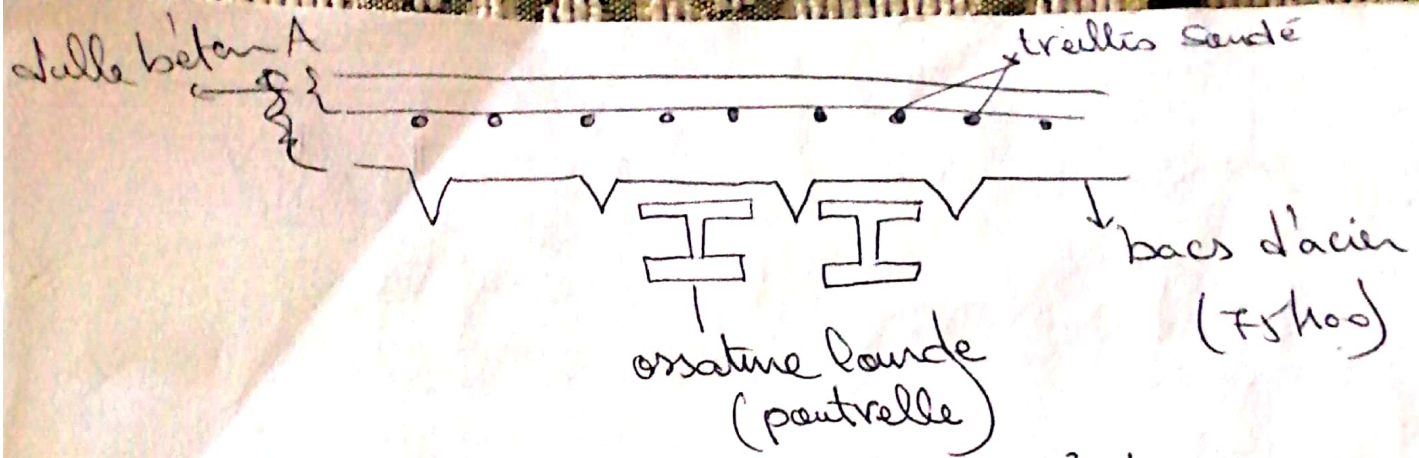


Figure 1 : Présentation des composantes d'une dalle mixte (acier -béton).

2



Il existe 2 types de plancher mixte

1) La dalle de béton est non collaborante

Il n'existe pas de liaison entre l'ossature et la dalle de béton, la dalle ne participe pas à l'inertie globale du plancher.

dalle \Rightarrow charge permanente supportée par les poutrelles acier

2) dalle en béton collaborante

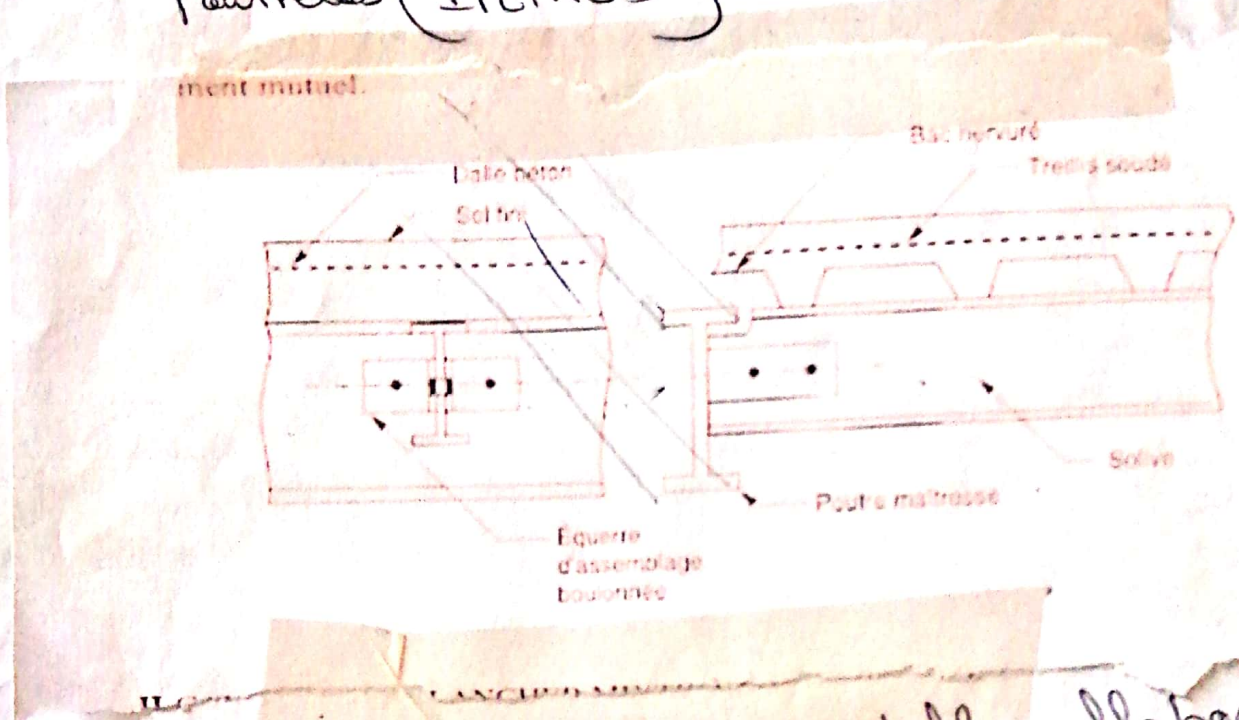
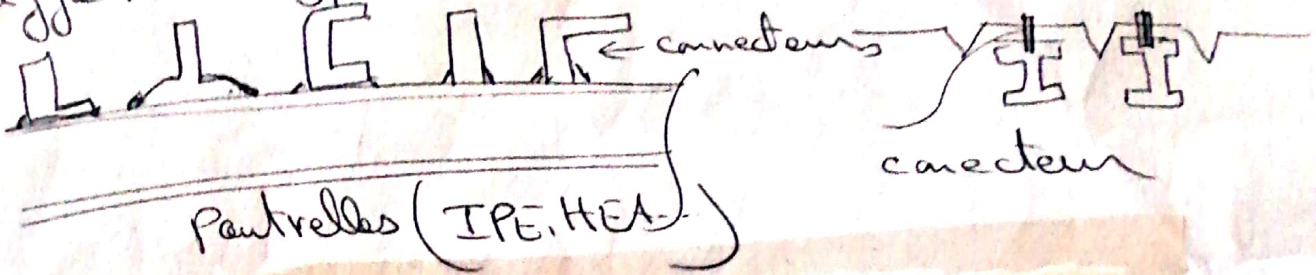
Elle participe à l'inertie globale du plancher, ce qui impose qu'elle soit parfaitement liée avec la structure porteuse. Pour cela, il faut prévoir des dispositifs de liaison (connecteurs),

à l'interface acier/béton, qui solidarisent dalle et poutres entre elles et s'opposent à leur glissement mutuel

Structure porteuse et la dalle sont connectées parfaitement (pas de glissement)

(3)

différents types de connecteurs



II) Calcul d'un plancher mixte à dalle collaborante

Inertie du montage poutre dalle

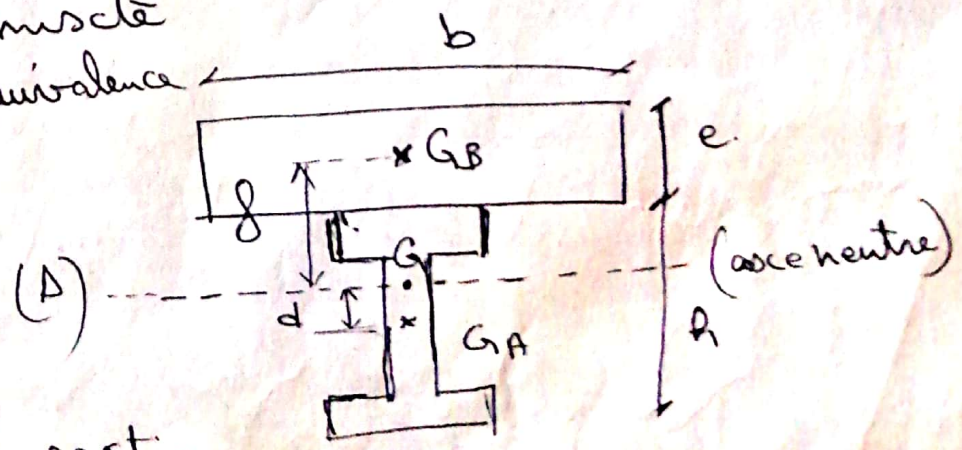
Section mixte $S = A + \frac{B}{n}$ avec $B = b e$
 $S = A \cdot n + B$

A: Section de la poutrelle en acier

B: " de la dalle en Béton Armé

S: " mixte

n: coefficient d'équivalence acier / Béton



(A): l'axe neutre de la section mixte

(4)

G_A : Le centre de gravité de la poutrelle en acier
 G_B : Le centre de gravité de la dalle en Béton armé

$$I_D = I_A + A d^2 + \frac{I_B}{h} + \frac{B}{n} \cdot f^2$$

Les moments statiques / A

poutrelle en acier $M_A = A \cdot d$
 dalle en Béton $M_B = \frac{B}{n} \cdot f$ ← l'égalité des moments statiques / D

soit $f + d = \frac{e+h}{2} = \frac{h}{2} + \frac{e}{2}$

$$M_A = M_B \quad \left\{ \begin{array}{l} A \cdot d = \frac{B}{n} f \\ f + d = \frac{h+e}{2} \end{array} \right. \Rightarrow \text{d'où } d = \frac{be}{h} \cdot \frac{e+h}{2}$$

$$d = \frac{be}{2n} \cdot \frac{e+h}{A + \frac{B}{n}}$$

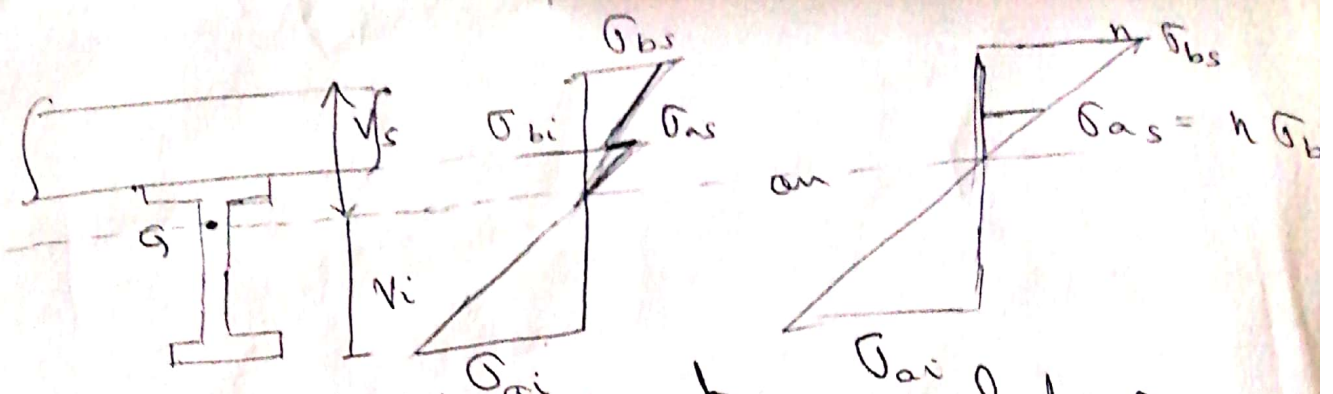
Le moment d'inertie de la section mixte par rapport à l'axe neutre (D) est :

$$I = I_A + A d^2 + \frac{I_B}{h} + \frac{B}{n} \left(\frac{e+h}{2} - d \right)^2$$

soit $I = I_A + A d^2 + \frac{be^3}{12n} + \frac{be}{n} \left(\frac{e+h}{2} - d \right)^2$

I_A et I_B : les inerties propre de la poutrelle et la dalle

Contraintes de flexion simple



M étant le moment fléchissant maximal dans la section mixte, d'inertie I, les diverses contraintes extrêmes sont :

* Contraintes dans la poutre acier :

Traction : $\sigma_{ai} = \frac{M}{I} v_i$

Compression : $\sigma_{as} = \frac{M}{I} (v_s - e)$

* Contraintes dans la dalle béton

Compression (fibre supérieure) : $\sigma_{bs} = \frac{M}{nI} v_s$

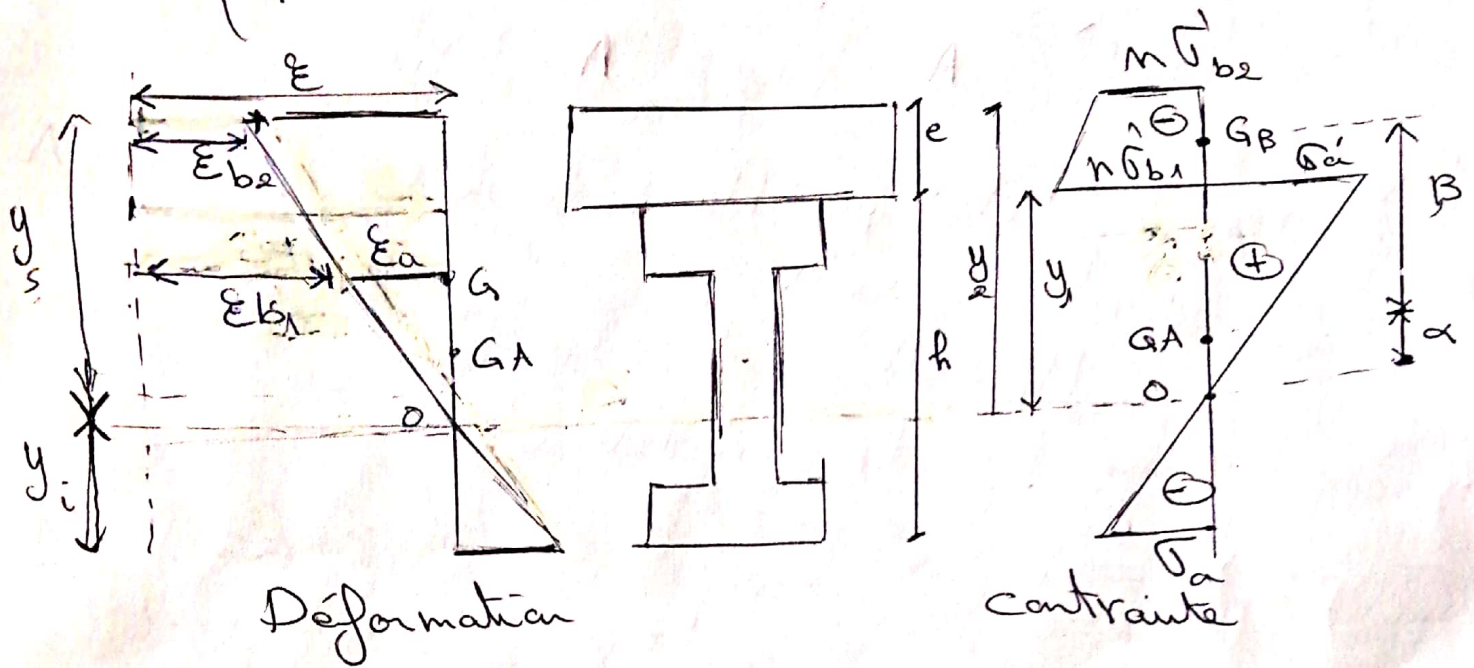
Compression (fibre inférieure) : $\sigma_{bi} = \frac{M}{nI} (v_s - e)$

avec $v_i = \frac{h}{2} + d$ et $v_s = \frac{h}{2} + e - d$

Contrainte additionnelles dues au retrait du béton

Après coulage de la dalle, le béton, en durcissant devrait s'accompagner d'un retrait (raccourcissement ϵ), Mais la dalle étant solidarifiée avec les poutres en acier, ce retrait est contrarié par l'acier, qui s'oppose au raccourcissement de la dalle. à l'interface acier / Béton

Donc l'effet de retrait, on obtient un raccourcissement ϵ_a de la poutre et un allongement ϵ_b de la dalle en béton (par rapport à sa position d'équilibre)



on a $\epsilon = \epsilon_b + \epsilon_a$

$E_a = 210000 \text{ kg/cm}^2$
 $E_b = 14000 \text{ kg/cm}^2$

pour l'acier : $\sigma_a = \frac{M}{I} y_1 = E_a \cdot \epsilon_a \Rightarrow \sigma_a = k y_1$
 $\sigma_a = \frac{M}{I} (h - y_1) \Rightarrow \sigma_a = k (h - y_1)$

on pose $k = \frac{M}{I}$

$y_1 = \frac{h}{2} + \alpha$
 $y_2 = y_1 + e$

Béton : $\sigma'_{b1} = E_b \cdot \epsilon_b = \frac{E_a}{n} (\epsilon - \epsilon_a) = \frac{1}{n} (E_a \epsilon - k y_1)$

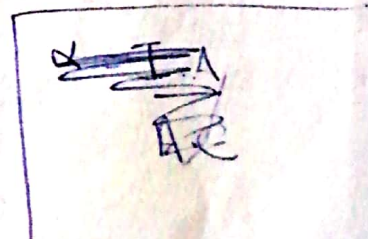
$\sigma'_{b2} = \sigma'_{b1} - k (y_2 - y_1) = \frac{1}{n} (E_a \epsilon - k y_2)$

Écrivons l'équilibre du système

$\Sigma F = 0$ et $\Sigma M / o = 0$, soit

* Force de traction dans le béton

(F)



$$F_B = \frac{B}{n} \cdot \frac{n \sigma_{b1} + m \sigma_{b2}}{2} = \frac{B}{n} \left(E_a \epsilon - k \frac{(y_1 + y_2)}{2} \right)$$

$$= \frac{B}{n} \left(E_a \epsilon - k(\alpha + \beta) \right)$$

* Force de compression dans l'acier

$$F_A = \int_A \sigma_a \cdot dA = \int k y \cdot dA = k M_A$$

Le moment statique M_A de la section d'acier A par rapport à o vaut:

$$M_A = A \cdot \alpha \text{ d'où } F_A = k A \alpha$$

En faisant $F_B = F_A$, on obtient:

équilibre des moments $\Rightarrow k A \alpha = \frac{B}{n} \left[E_a \epsilon - k(\alpha + \beta) \right] \dots (1)$

* Moment dû à F_B dans le béton:

$$M_{B/o} = F_B (\alpha + \beta) = k A \alpha (\alpha + \beta)$$

* Moment dû à F_A dans la poutre:

$$M_{A/o} = \int_A y \sigma_a dA = \int_A k y^2 \cdot dA = k I$$

avec $I = I_A + A \alpha^2$

Faisant $M_B = M_A$, on obtient:

$$k A \alpha (\alpha + \beta) = k (I_A + A \alpha^2)$$

d'où $\alpha = \frac{I_A}{A \beta}$

En portant cette valeur de α dans l'équation

(1) précédente, on obtient la valeur de k, qui

(8)

permet de calculer les valeurs des différentes contraintes

$$k = \frac{BE_a \varepsilon_{BA}}{nI_A A + BI_A + BAB^c}$$

S) Contraintes finales

- Il faut vérifier que :

$$+ \text{Acier} : \sigma_{as} = \sigma_{as} + \sigma_a' \leq \bar{\sigma}_s = f_y$$

$$+ \sigma_{ai} = \sigma_{as} + \sigma_a \leq \bar{\sigma}_s = f_y$$

$$+ \text{Béton} : \sigma_{bs} = \sigma_{bs} + \sigma_{b2}' \leq \bar{\sigma}_b$$

$$\sigma_{bi} = \sigma_{bi} + \sigma_{b1}' \leq \bar{\sigma}_b$$

$\bar{\sigma}_b$: selon le cas finale de la contrainte traction ou compression.

G) flèches

Elle sont limitées par :

+ $\frac{l}{400}$, pour plancher supportant des murs cloisons ou vitrages

+ $\frac{l}{250}$, pour les planchers courants

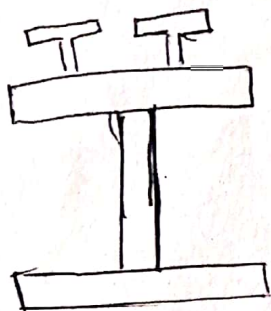
F) Caractéristiques géométriques et mécaniques des connecteurs

Les connecteurs sont des éléments métalliques soudés à la semelle supérieure de la poutrelle grâce à

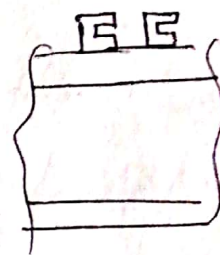
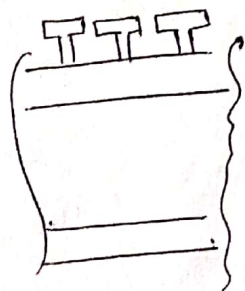
(9)

à une technique rapide

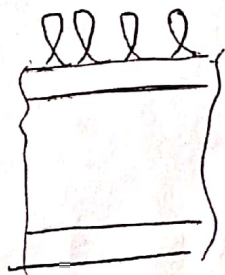
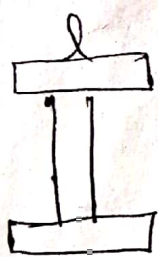
La figure ci-dessous montre les types de connecteurs les plus utilisés



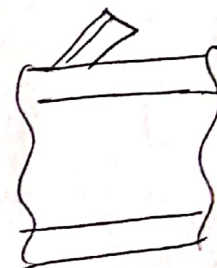
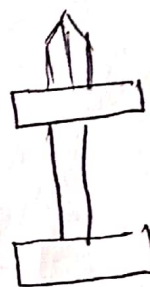
a) Connecteur en forme de clous



b) Connecteur en U



c) Connecteur en spirale

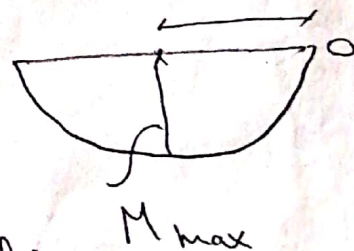


d) Connecteur en un angle.

* Nombre de connecteurs.

Le nombre total de connecteurs n_c existents entre les points zéro et le point max de moment fléchissant est donné par la formule suivante:

$$n_c = \frac{A \cdot f_y}{q_{ult}}$$



Avec : A : aire de la section de poutrelle
 f_y : limite élastique de poutrelle
 q_{ult} : Capacité ultime d'un connecteur

Capacité ultimes des connecteurs :

* Connecteur en forme d'ours :

$$q_{ult} = 4 \times 10^{-4} \phi_c^2 \cdot \sqrt{\sigma'_{28} \cdot E_b} \quad (\text{en KN})$$

ϕ_c = diamètre du connecteur (mm)

$\sigma'_{28} \cdot E_b$ = contrainte à 28j et module d'élasticité du béton ($\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$)

* Connecteur en U :

$$q_{ult} = 0.588 (h + 0.5t) \cdot l \cdot \sqrt{\sigma'_{28}} \quad (\text{KN})$$

Avec : h, t et l en (mm) σ'_{28} en MPa