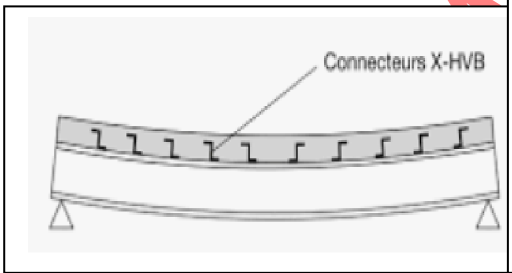
CHAPITRE III: PLANCHERS MIXTES

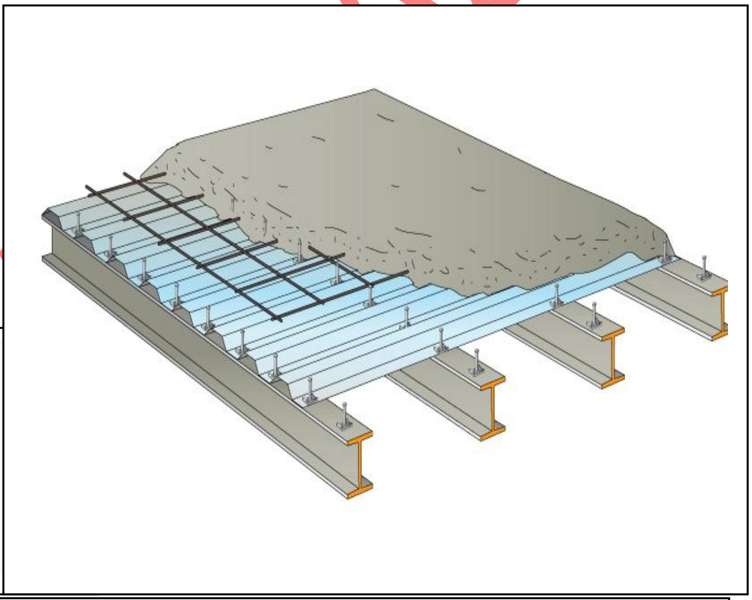
Les structures de couverture sont constituées d'ossatures (généralement des profils IPE) et de platelages (généralement des bacs en acier), qui sont légers, mais suffisants pour reprendre des charges finalement faibles.
En revanche, les structures de planchers sont constituées d'ossatures plus lourdes (IPE parfois, mais surtout HEA, HEB et PRS), recevant des platelages de forte inertie, nécessaires pour reprendre de fortes charges (surcharges d'exploitation de bureaux, de stockage... pouvant atteindre plusieurs tonnes au m^2).
Les ossatures de planchers sont constituées de poutres croisées, les solives (supportant le platelage) portant sur des poutres maîtresses, qui portent ellcs mêmes sur des poteaux.
Quant aux platelages, ce sont :
soit de simples platelages métalliques : tôles épaisses, lisses ou larmées,
— soit des dalles métalliques, à raidisseurs croisés (dalles orthotropes), peu utilisées en bâtiment, en raison de leur coût élevé, et pratiquement réservées à la réalisation de tabliers de ponts.
— soit des dalles béton, coulées sur prédalles ou sur bacs 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, de mezzanines, etc.

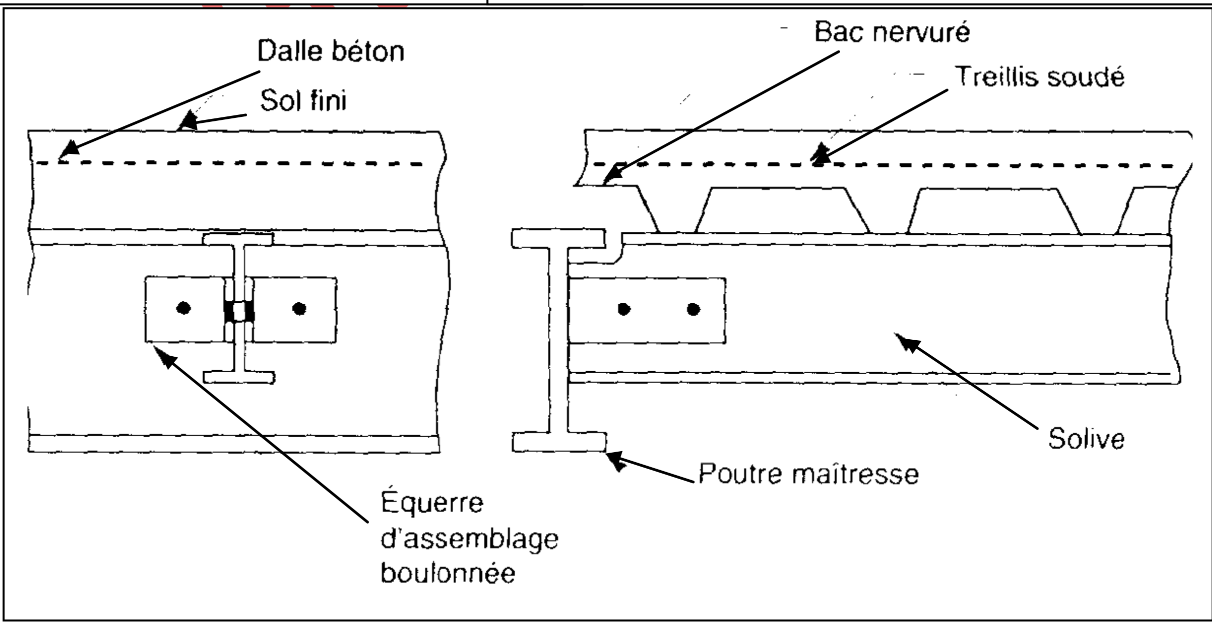
Deux cas de figure sont possibles:

— *la dalle BA. est non collaborante* : elle n'est pas liaisonnée avec l'ossature porteuse en acier, et ne participe donc pas, de ce *fait, à* l'inertie globale du plancher4 La dalle constitue, dans ce cas, une charge permanente pour l'ossature porteuse, qui est pénalisante du fait de son poids élevé;

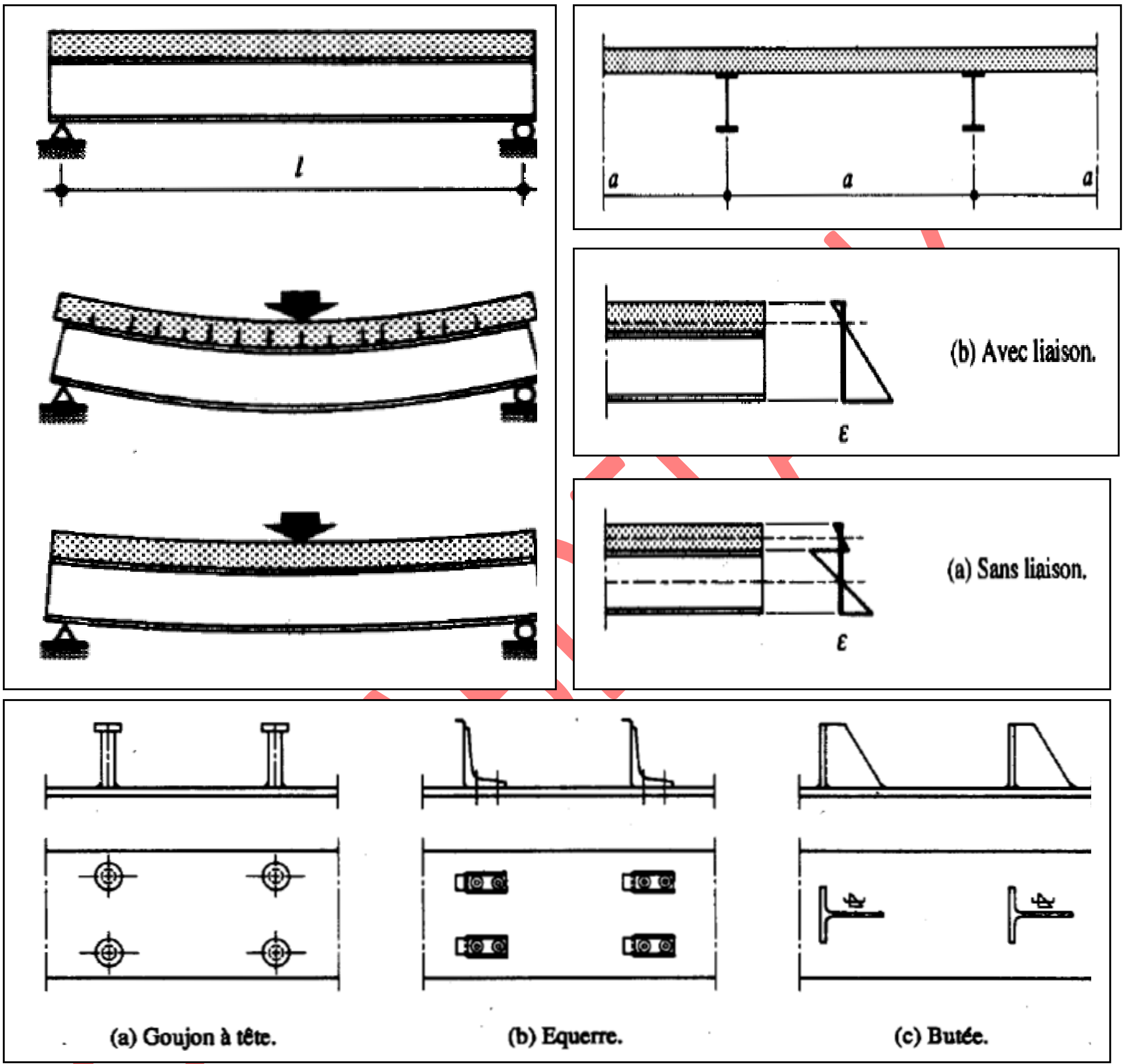
— *la dalle B.A. est collaborante* : elle participe à l'inertie globale du plancher, ce qui impose qu'elle soit parfaitement liaisonnée avec la structure porteuse. Pour cela, il faut prévoir des dispositifs de liaison (connecteurs), à l'interface acier -béton, qui solidarisent dalle et poutres entre elles et s'opposent à leur glissement mutuel.

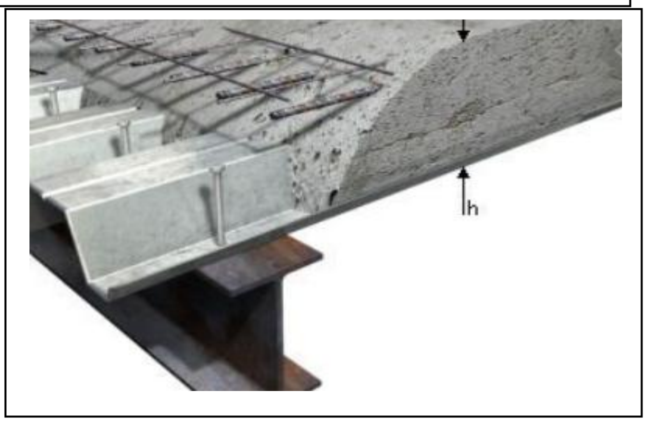


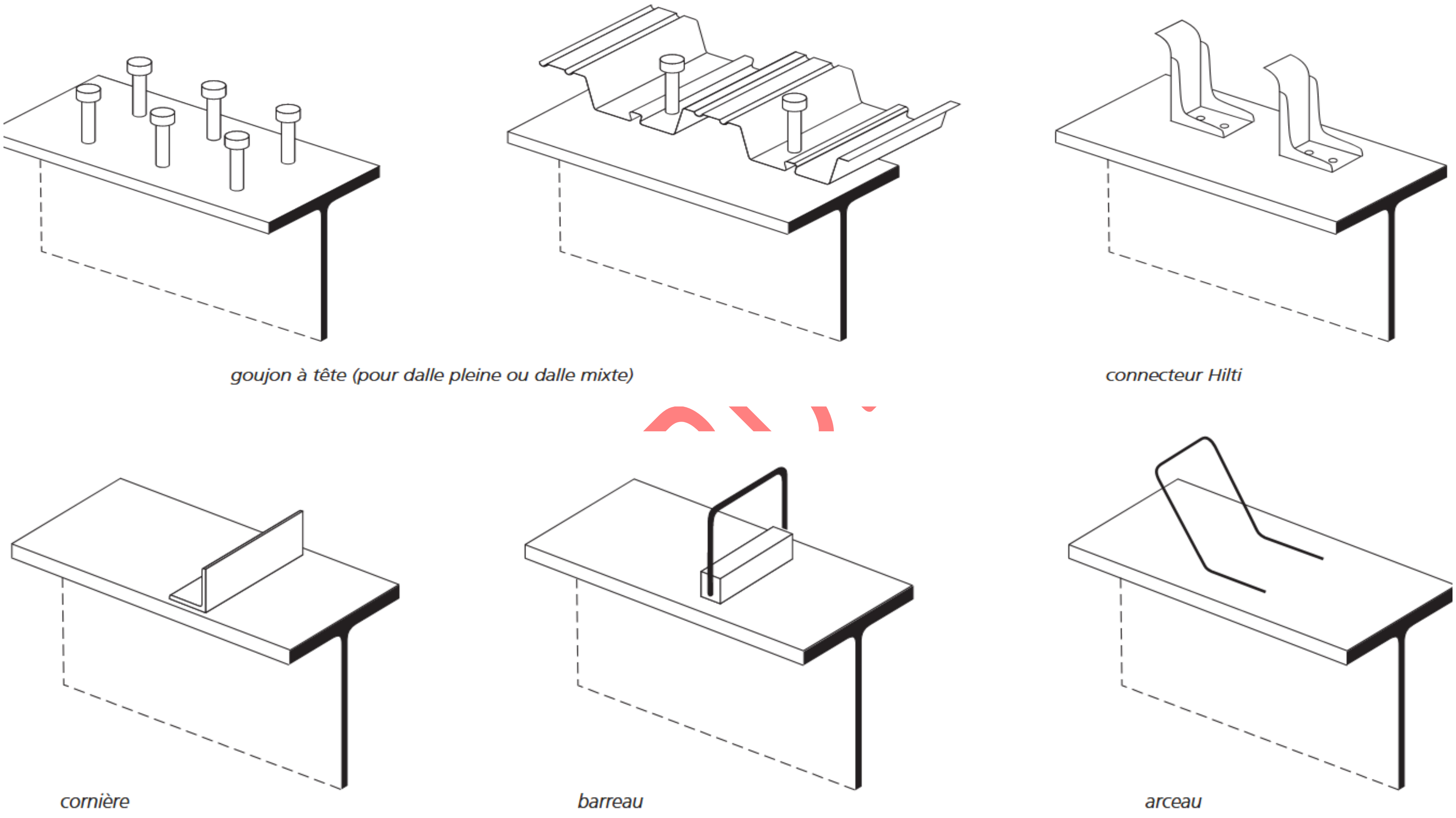




<u>Les planchers mixtes à dalle collaborante</u> étant la solution la plus économique et la plus judicieuse techniquement, nous allons développer la méthode de calculs de ce type de plancher.







: Types de connecteurs

A. CALCUL D'UN PLANCHER MIXTE À DALLE COLLABORANTE

INERTIE DU MONTAGE POUTRE/DALLE

Section mixte : $S = A + \frac{B}{n}$ avec $B = bt$

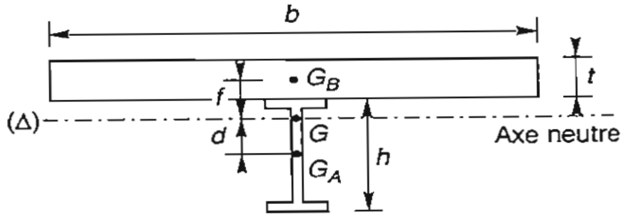
La position de l'axe neutre (Δ) de la section mixte par rapport à G_A, centre de gravité de la poutre acier, est d et on l'obtient en écrivant l'égalité des moments statiques par rapport à (Δ) :

poutre : $\mu_A = A \cdot d$

dalle : $\mu_B = \frac{B}{n} \cdot f$

Soit : $Ad = \frac{B}{n} f$ Or, $f + d = \frac{t+h}{2}$

d'où : $d = \frac{bt}{n} \frac{t+h}{2S}$



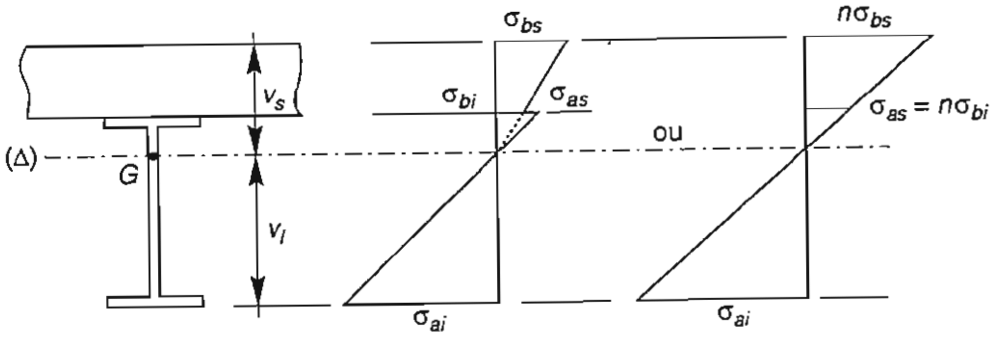
Le moment d'inertie de la section mixte par rapport à l'axe neutre (Δ) est :

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

I_A et I_B étant les inerties propres des sections A et B.

Soit : $$\boxed{I = I_A + A\,d^2 + \frac{bt^3}{12\,n} + \frac{bt}{n}\left(\frac{t+h}{2} - d\right)^2}$$

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

Contraintes dans la dalle béton

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

Compression (fibre inférieure) : $\sigma_{bi} = \frac{M}{n\,I}(v_s - t)$

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

CONTRAINTES ADDITIONNELLES DUES AU RETRAIT DU BÉTON

Après coulage de la dalle, le béton, en durcissant, devrait s'accompagner d'un retrait (raccourcissement s). Mais la dalle étant solidarisée 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.

L'effet du retrait peut, en outre, se cumuler avec l'effet d'un abaissement de température (gradient thermique).

Ces effets provoquent:

— un raccourcissement (εa) de la poutre acier,

— un allongement (εb) de la dalle béton (par rapport à sa position d'équilibre, car ne pouvant librement se rétracter, le béton se tend, en fait, ce qui équivaut à un allongement

et l'on a : $\varepsilon = \varepsilon_a + \varepsilon_b$

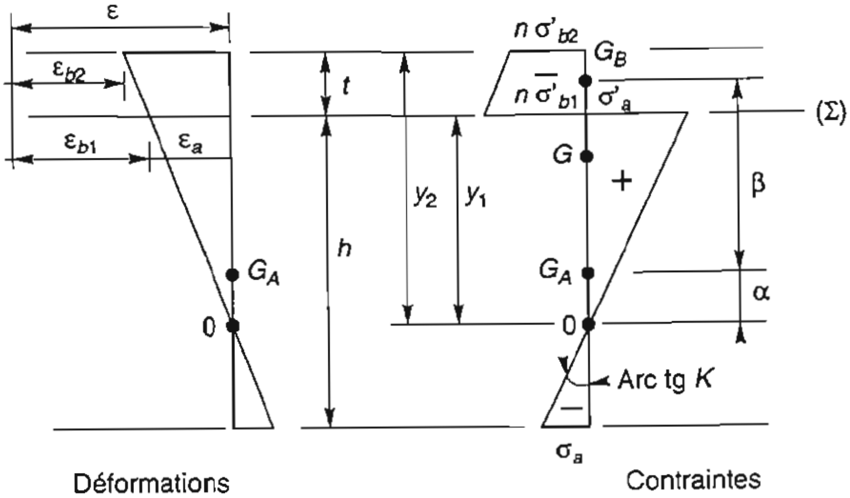
En posant $K = \dfrac{M}{I}$, les contraintes s'écrivent (figure 214) :

$$\sigma'_a = K y_1 = E_a \varepsilon_a$$

$$\sigma_a = K(h - y_1)$$

$$\sigma'_{b1} = E_b \varepsilon_b = \frac{E_a}{n}(\varepsilon - \varepsilon_a) = \frac{1}{n}(E_a \varepsilon - K y_1)$$

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



Écrivons l'équilibre du système

$$\Sigma F = 0 \text{ et } \Sigma M/0 = 0, \text{ soit :}$$

– Force de traction dans le béton (au niveau de l'axe Σ) :

$$F_B = \frac{B}{n}\frac{n\sigma'_{b1} + n\sigma'_{b2}}{2}$$

$$= \frac{B}{n}\left(E_a \varepsilon - K\frac{y_1 + y_2}{2}\right)$$

$$= \frac{B}{n}\left(E_a \varepsilon - K[\alpha + \beta]\right)$$

– Force de compression dans l'acier : (au niveau de l'axe Σ) :

$$F_A = \int_A \sigma'_a \,.\, dS = \int_A Ky.\, dS = K\mu_A$$

Le moment statique μ_A de la section d'acier A par rapport à 0 vaut :

$$\mu_A = A\,.\,\alpha, \text{ d'où } F_A = K\,A\,\alpha$$

En faisant $F_B = F_A$, on obtient :

$$K\,A\alpha = \frac{B}{n}[E_a\varepsilon - K(\alpha + \beta)] \qquad (1)$$

– Moment dû à F_B dans le béton :

$M_B / 0 = F_B\,(\alpha + \beta) = KA\,\alpha\,(\alpha + \beta)$

– Moment dû à F_A dans la poutre :

$$M_{A/0} = \int_A y\sigma'_a dS = \int_A Ky^2\,.\,dS = KI$$

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

Faisons $M_B = M_A$. On obtient :

$$KA\,\alpha\,(\alpha + \beta) = K\,(I_A + A\,\alpha^2)$$

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 permet de calculer les valeurs des différentes contraintes.

$$\boxed{K = \frac{B E_a \, \varepsilon \, \beta \, A}{n I_A \, A + B I_A + B \, A\beta^2}} \qquad (2)$$

FLÈCHES

Réglementairement, elles sont limitées (*cf.* chapitre 4.2.) :

- à $\frac{1}{400}$ de la portée, pour des planchers supportant des murs, cloisons ou vitrages.
- à $\frac{1}{250}$ de la portée, pour des planchers courants.

B. EXEMPLE D'APPLICATION

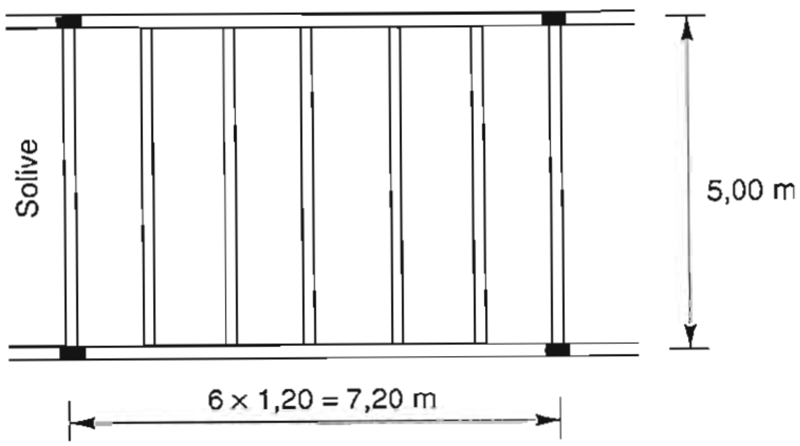
Calculer un plancher d'entrepôt, présentant les caractéristiques suivantes :

- trame : 7,20 m × 5,00 m
- surcharge de stockage : 10 kN/m^2
- dalle B.A., coulée sur bacs acier, d'épaisseur moyenne t = 8 cm
- entraxe des solives (déterminé par la flexion transversale de la dalle) : 1,20 m
- contraintes admissibles des matériaux :

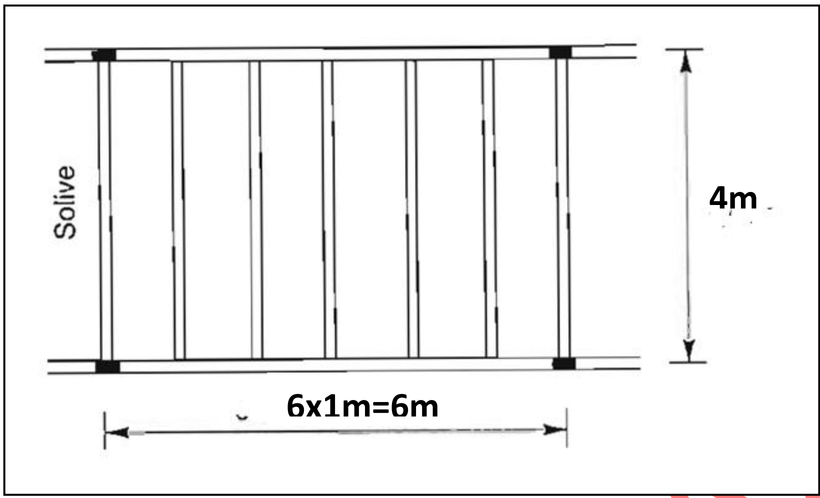
  pour l'acier : f_y = 235 MPa et $\tau_e = 0{,}58 \, f_y$

  pour le béton : f_{c28} = 25 MPa

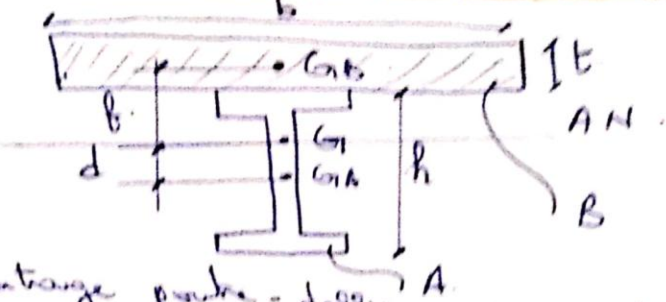
- coefficient d'équivalence acier/béton : n = 15
- coefficient de retrait du béton : $2 \times 10^{-4} = \varepsilon$



Exercice 2 : calculer le plancher mixte suivant et proposer le profilé (HEA) qui convient :



Données :surcharge de stockage non pondérée : $Q=8KN/m^2$, épaisseur de la dalle : t=8cm ; acier S235, béton :fc28=25MPa.



Inertie du montage poutre-dalle:

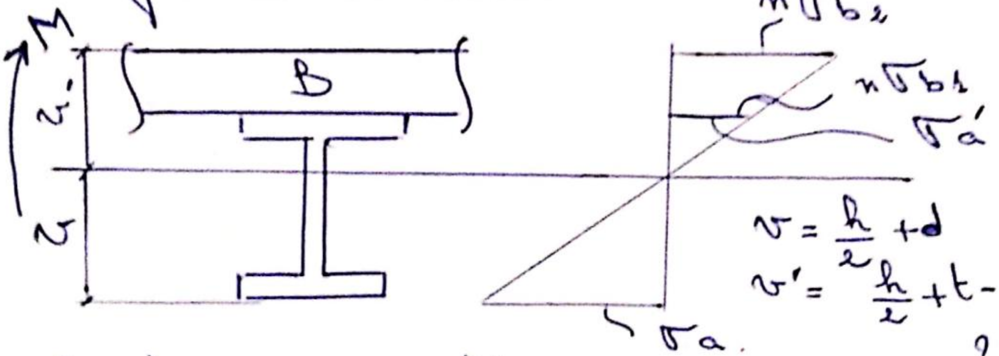
- Section mixte : $S = A + \frac{B}{n}$ $(n = 15)$.

on a : $A \cdot d = \frac{B}{n} \cdot f$; $f + d = \frac{t+h}{2}$ $\longrightarrow$ $d = \frac{bt}{n} \cdot \frac{(t+h)}{2S}$.

- Le moment de la section mixte :

$$I = I_A + A d^2 + \frac{bt^3}{12n} + \frac{b \cdot t}{n}\left(\frac{t+h}{2} - d\right)^2$$

Vérification des contraintes:



$v = \frac{h}{2} + d$

$v' = \frac{h}{2} + t - d$.

Poutre: $\sigma_a = \frac{M_{f\max}}{I} \cdot v$ (traction) $\overset{?}{\leq} \sigma_e$

$\sigma_a' = \frac{M_{f\max}}{I} \cdot (v' - t)$ (compression) $\overset{?}{\leq} \sigma_e$

Dalle: $\sigma_{b2} = \frac{M_{f\max}}{n \cdot I} \cdot v' \leq \overline{\sigma}_b$?

* Effort tranchant: $\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{h \cdot e_a} \leq 0{,}6\,\sigma_e$?
* flèche: $f_{\max} = \frac{5}{385} \cdot \frac{q\,l^4}{E \cdot I} \leq f_{adm} = \begin{cases} \frac{l}{200} \\ \frac{l}{300} \ldots \end{cases}$

totale