> Resistance des sections transversales de Poutre

Cette resistance est calculée soit par rapport à la flexion ou à l'effort tranchant.

> Moment de Flexion

Hypothèses = cette partie s'applique aux sections mixtes dont l'element en acier de construction possède un axe de symetrie dans le plan de l'âme et qui sont fléchis dans ce plan.

Dans ce cas, on peut determiner la resistance de calcul à la flexion par =

> Calcul plastique uniquement si la section mixte efficace est de classe 1 ou 2.

> Calcul elastique aux sections transversales de toutes les classes, à conditions d'après les hypothèses suivantes:
- resistance du beton à la traction negligée,
- sections transversales planes des parties en aciers de construction et en beton armé de l'element structural mixte restent planes.

> Moment de resistance plastique d'une section en cas de connexion.

Hypothèses pour le calcul de Mpl.Rd

a- Interaction complète entre l'acier de construction, l'armature et le beton.

b- Section efficace de l'element en acier est soumis à une contrainte egale à sa limite d'elasticité de calcul f_y/γ_a en traction ou en compression.

c- Les aires participantes des armatures longitudinales tendues ou comprimées sont soumis à des contraintes egales à f_{sk}/γ_s. On peut negliger l'armature comprimée.

d- les tôles profilées en acier comprimées doivent être negligées. la tôle profilée en acier tendue est soumise à une contrainte egale f_y/γ_{ap}.

La section participante de béton comprimé est supposé résister à une contrainte de $0{,}85\, f_{ck}/\gamma_c$ constante sur la totalité de la hauteur située entre l'axe neutre plastique et la fibre la plus comprimée du béton.

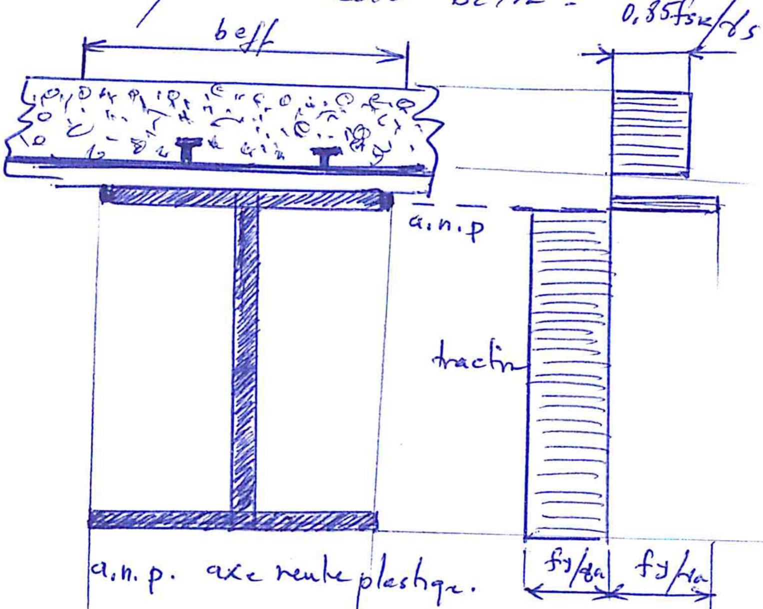


Fig- axe neutre plastique passe dans la semelle

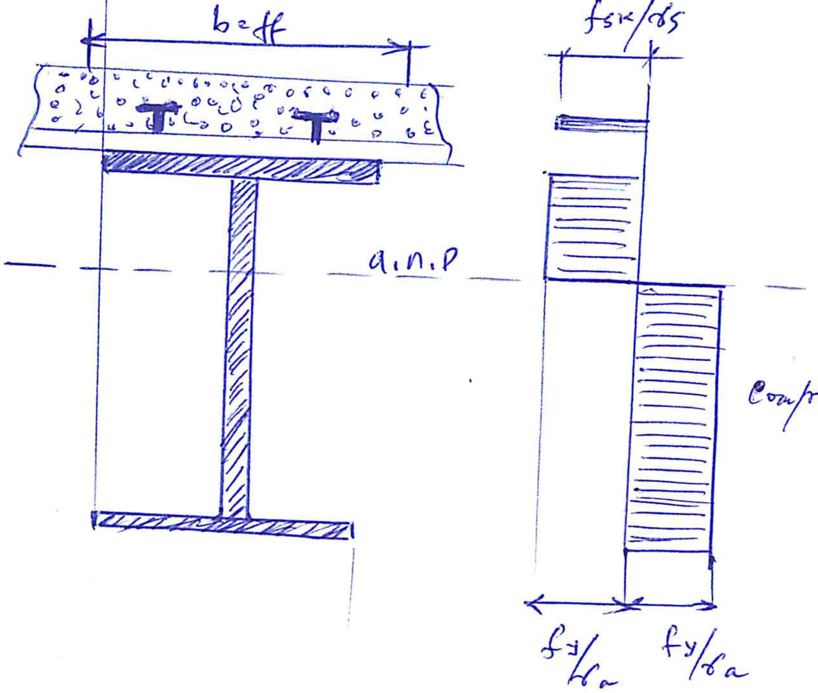


Fig- axe neutre plastique passe dans l'âme.

Distributions de plastiques de contraintes pour une poutre mixte avec tôle profilée en acier et <u>connexion complète</u> quand l'axe neutre plastique est dans le profilé métallique.

> **Connexion Partielle = Moment resistant Plastique**

On admet d'utiliser une connexion partielle, conformement à la reglementation, pour mobiliser l'effort de compression de la dalle.

On calcule le moment resistant plastique de la poutre conformement aux hypothèses de calcul d'une connexion complète à l'exception de l'effort de compression dans le béton qu'il faut remplacer par une valeur reduite $F_c = \frac{0{,}85 f_{ck} \cdot A_c}{\gamma_c} + \frac{A_{se} f_{sk}}{\gamma_s}$

où A_{se} = aire des armatures comprimées.

L'axe neutre plastique dans la dalle est determiné tenant compte de la valeur de F_c.

> **Resistance elastique en Flexion**

Les contraintes doivent être calculées par la theorie elastique en utilisant une section transversale efficace.

= On doit tenir compte aussi du
  > fluage du béton comprimé.

Dans le calcul du moment elastique = $M_{el,Rd}$, les contraintes limites de flexion doivent être prises egales à =

> $0{,}85 f_{ck}/\gamma_c$ - béton comprimée

> f_y/γ_a - Acier de construction en compression ou en traction dans une section transversale de classe 1, 2 ou 3

> f_y/γ_{Rd} - Acier de construction en compression dans une section transversale efficace de classe 4 ou $\gamma_{Rd} = 1.10$

> f_{sk}/γ_s - Armature en traction ou compression.

- La contrainte de flexion totale sur la contrainte limite representé par r, on a alors:

$$M_{el,Rd} = (M_a + M_c)/r$$

où M_a = provoqué par un changement dans l'element d'acier

M_c = " " " " " mixte

> Flexion et Effort tranchant.

- Lorsque l'effort tranchant V_{sd} dépasse la moitié de l'effort tranchant plastique $V_{pl.Rd}$ (en terme de résistance), on doit tenir compte de son influence sur le M^{t} résistant.

Il faut dans ce cas satisfaire le critère d'interaction ci-après.

$$M_{sd} \leq M_{f.Rd} + \left(M_{Rd} - M_{f.Rd}\right)\left\{1 - \left(\frac{2V_{sd}}{V_{pl.Rd}} - 1\right)^2\right\}$$

où M_{sd} et V_{sd} = Valeurs de calcul

$V_{pl.Rd}$ = Effort tranchant résistant plastique.

$M_{R.d}$ = résistance de calcul en flexion (moment)

$M_{f.Rd}$ = résistance plastique de calcul en flexion d'une section transversale ne comportant que les membrures, avec des sections efficaces identiques à celles utilisées dans le calcul de $M_{R.d}$

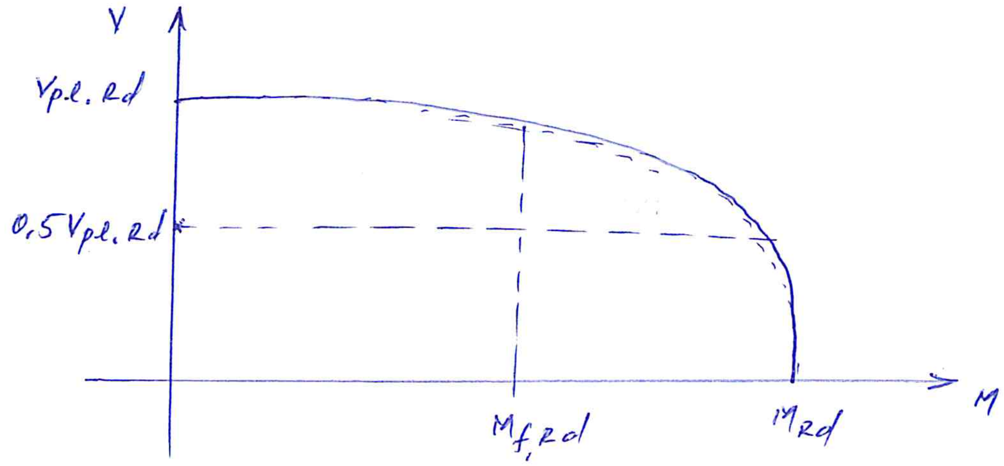


Fig. Résistance en flexion et à l'effort tranchant en l'absence de voilement par cisaillement

> Résistance au voilement par cisaillement

Les âmes doivent être munies de raidisseurs transversaux au niveau des appuis quand on a.

> Cisaillement = Effort tranchant

La resistance à l'effort tranchant doit être prise en compte conformement aux recommandation de l'EC3II paragraphe 5.4.6 sauf si une contribution du béton est à prendre en compte.

- L'effort tranchant supporté par le profilé en acier doit satisfaire la condition :

$$V_{sd} \leq V_{pl.Rd}$$

où $V_{pl.Rd}$ = resistance plastique de calcul à l'effort tranchant donnée par :

$$V_{pl.Rd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\gamma_a}$$

où A_v = Aire de cisaillement de l'element en acier donnée à l'EC3 paragraphe 5.4.6.

En outre, la resistance d'une âme au voilement par cisaillement doit être verifiée selon les specifications du paragraphe donné en resistance elastique en flexion.

> + pour une âme non raidie et non enrobée : $\frac{d}{t_w} > 69\varepsilon$

> + pour une âme non raidie et enrobée : $\frac{d}{t_w} > 124\varepsilon$

> + pour une âme raidie et non enrobée : $\frac{d}{t_w} > 30\varepsilon\sqrt{K_\tau}$

> + pour une âme raidie et enrobée : $d/t_w >$ aux 02 limites precedentes.

Dans ces expressions :

+ d = hauteur de l'âme selon la definition de la figure 1.1 de l'EC3 pour les profilés laminés et la fig. 5.6.1 de l'EC3 pour les profilés soudés.

+ t_w = epaisseur de l'âme

+ K_τ = coeff. de voilement par cisaillement indiquée dans le paragraphe 5.6.3 de l'EC3.

+ $\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)}$ avec $f_y : \frac{N}{mm^2}$

- Ames non enrobées = $\frac{d}{t_w} > 69\,\varepsilon$.

- Ames enrobées = $\frac{d}{t_w} > 124\,\varepsilon$ - Pas de Contribution de l'enrobage.
- Poutre simplement appuyées dépourvues de raidisseurs intermédiaire
Il convient alors de déterminer la résistance post-critique simple au cisaillement τ_{ba} de la façon suivante:

- $\bar{\lambda} \leq 1.5 \longrightarrow \tau_{ba} = \frac{f_{yw}}{\sqrt{3}}$

- $1.5 \leq \bar{\lambda} \leq 3.0 \longrightarrow \tau_{ba} = \frac{f_{yw}}{\sqrt{3}}\left(\frac{3}{\bar{\lambda}_w} + 0.2\,\bar{\lambda}_w - 1.3\right)$

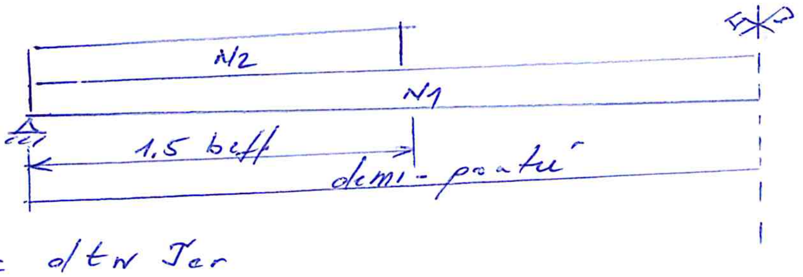
- $3.0 \leq \bar{\lambda} \leq 4.0 \longrightarrow \tau_{ba} = \frac{f_{yw}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0.9}{\bar{\lambda}_w}$

où $\bar{\lambda}_w$ = élancement de l'âme ne dépassant pas 4.0 - défini paragraphe 5.6.3 EC3.

f_{yw} = limite d'élasticité nominale de l'âme. ✓

- Pour que la connexion soit complète, il faut un nb. suffisant de connecteurs à l'intérieur de chaque 1/2 travée.

Si $V_{sd} > V_{cr}$, il y a lieu de répartir les N connecteurs comme indiqué sur la fig. suivante.



→ répartition des Connecteurs

$V_{cr} = d\,t_w\,\tau_{cr}$

τ_{cr} = défini au paragraphe 5.6.3 - EC3

d et t_w = déjà défini

$N_2 = N\left(1 - \frac{V_{cr}}{V_{sd}}\right)^2$; N = à Calculer = Nombre de Connecteurs (voir Calcul connecteurs)

$N_1 = N - N_2$

beff = largeur participante de la dalle.

→ Il convient de calculer le raidisseur d'extrémité au acier pour un effet de compression axial uniforme égal à l'effort tranchant max. de calcul V_{sd} au droit de la section transversale considérée.

→ Il convient de calculer les soudures de l'âme sur le raidisseur d'extrémité d'une part et sur la semelle supérieure sur une longueur de 1.5 b_{eff} d'autre part pour un effet de cisaillement : $\left(f_{yw}/\sqrt{3}\right) \cdot t_w$ par unité de longueur

2 méthodes :
- Méthode Post-critique simple
- Méthode de champ diagonal de traction.

- Interaction entre flexion et voilement par cisaillement.
Les règles de l'article 5.6.7 EC3 sont applicables avec les modifications suivantes.
  - les notions de l'article 5.6.7 EC3 avec la modification aux poutres mixtes max avec le terme « semelle » se rapporte à la semelle en acier
  1/ le terme « semelle » se rapporte à la semelle mixte ainsi que le membrure mixte.
  - Dans le cas où la méthode indiquée au chap. Résistance au voilement par cisaillement est applicable, $V_{ba,Rd}$ peut être pris comme résistance de calcul au voilement par cisaillement obtenue par cette méthode.
  - Il convient de remplacer la notion $M_{pl.Rd}$ de la clause 5.6.7.2 et 5.6.7.3 de l'EC3 par M_{Rd} représentant la résistance de calcul en flexion de la section mixte donnée au chap. résistance de section transv. de poutre.

→ Il convient de remplacer le notion $M_{pl.Rd}$ figurant dans les clauses 5.6.7.2 et 5.6.7.3 de l'EC3 par M_{Rd} représentant la résistance de calcul en flexion de la section mixte donnée en 4.4.1. En fait, on calcul $M_{f.Rd}$ élastique indépendamment de la classe de section transversale concernée ($M_{f.Rd} = M_{f.ela.Rd}$)

→ —

> Deversment des Poutres Mixtes (Batiment)

Il est admis de concevoir une poutre continue ou une poutre d'ossature qui est mixte sur la totalité de sa longueur sans contreventement latéral additionnel si on a :

a/ différence de portée de 02 travées adjacentes inférieure ou égale à 20% de la portée la plus courte.
s'il y a une porte à faux, sa longueur ne dépasse pas 15% de la portée adjacente

b/ si les charges appliquées sur chaque travée sont uniformes et réparties et les charges permanentes représentent 40% au moins de la charge totale de calcul.

c/ la semelle sup. de l'élément en acier est connectée à une dalle en B.A ou dalle mixte.

d/ L'espacement longitudinal, s, des goujons ou des rangées de goujons satisfaisant dans le cas des poutres non enrobées de béton :

$$\frac{s}{b} \leq 0.02\, d^2 \frac{h}{t_w^3}$$

où d = diamètre des goujons
b, h et t_w sont indiqués tel que présenté sur la figure donnée ci-après.

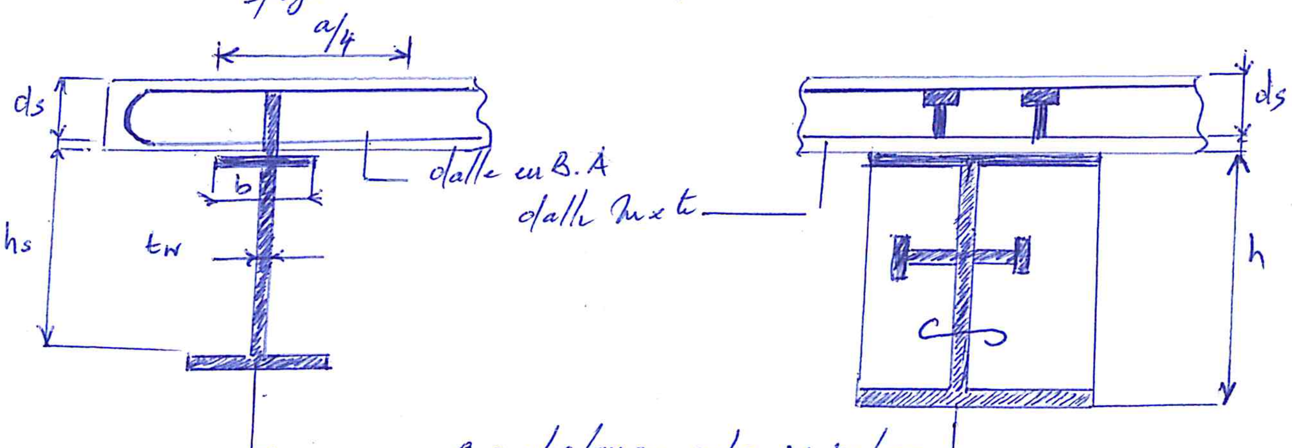


Fig - Deversment

Appuis = Section d'armatures est telle que le M^t résistant transversal négatif de la dalle / unité de longueur de la poutre ne soit pas inf. à $0{,}25 f_y t_w^2 / \gamma_a$

- Rigidité = $E_{cm} I_{e2} \geq 0{,}35\, E_a t_w^3 \dfrac{a}{h}$

où = $E_{cm} I_2$ = moyenne des rigidités de flexion / unités de largeur de la dalle.

E_{cm} = déjà définis

E_a = " "

t_w, a et h, comme indiqué sur la fig. précédente.

Conditions de limitations de hauteur du profilé:

$$\left(\frac{h_s}{t_w}\right)^3 \frac{t_f}{b} \leq 10^4 \varepsilon^4$$

où = $A_w = h_s . t_w$.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

A_a = Aire de l'élément en acier

h_s, t_w, t_f et b - indiqués fig. précédente.

> Moment de résistance au déversement

> La valeur de calcul du M^t de résistance au déversement d'une poutre non maintenue latéralement doit être prise égale à:

$$M_{b.Rd} = \chi_{LT} M_{pl.Rd} \frac{\gamma_a}{\gamma_{Rd}}$$

- Section de classe 1 et 2 : $\gamma_{Rd} = 1.10$

$$M_{bRd} = \chi_{LT} M_{el.Rd} \frac{\gamma_a}{\gamma_{Rd}}$$

Pour une section de classe 3 : $\gamma_{Rd} = 1.10$

$$M_{b.Rd} = \chi_{LT} . M_{el.Rd}$$