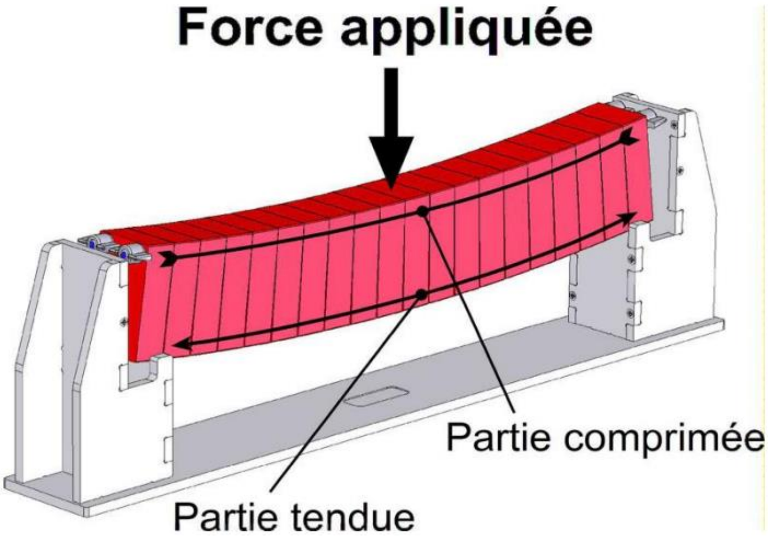
Résistance des sections transversales

1. Flexion simple

Lorsqu'une poutre est déformée par une force, alors il apparait des contraintes dans le matériau.



1.1. Moment de flexion

En l'absence d'effort tranchant la valeur de calcul M_{sd} du moment fléchissant dans chaque section transversale doit rester inférieur au moment résistance soit :

$$M_{sd} \leq M_{cRd}$$

- Section de Classe 1 ou 2 : $\boxed{M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \; f_y}{\gamma_{M0}}}$, moment de résistance plastique de calcul de la section brute,
- Sections de Classe 3 : $\boxed{M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el} \; f_y}{\gamma_{M0}}}$, moment de résistance élastique de calcul de la section brute,
- Sections de Classe 4 : $\boxed{M_{c,Rd} = M_{0,Rd} = \frac{W_{eff} \; f_y}{\gamma_{M0}}}$, moment de résistance de calcul de la section brute ou voilement local.

Les notations $\mathbf{W_{pl}}$ et $\mathbf{W_{el}}$ correspondent respectivement au module plastique et au module élastique de la section brute alors que $\mathbf{W_{eff}}$ correspond au module élastique de la section efficace.

1.2. Effort tranchant

La valeur de calcul Vsd de l'effort tranchant dans chaque section transversale doit rester inférieure à l'effort tranchant résistant, soit :

$$V_{sd} \leq V_{pl.\,Rd} = 0.58\, f_y \frac{A_v}{\gamma_{M0}}$$

L'aire de cisaillement A_v peut être déterminée par les relations suivantes :

- sections laminées en I ou en H, fléchies dans le plan de l'âme :

$$\boxed{A_{vz} = A - 2\, b\, t_f + (t_w + 2\, r)\, t_f}$$

- sections laminées en U fléchies dans le plan de l'âme :

$$A_{vz} = A - 2\, b\, t_f + (t_w + r)\, t_f$$

- sections soudées en I, en H ou en caisson fléchies dans le plan de l'âme :

$$A_{vz} = \eta \sum (h_w\ t_w)$$

- sections soudées en I, en H ou en caisson, fléchies dans un plan perpendiculaire à l'âme :

$$A_{vy} = A - \sum (h_w\ t_w)$$

- sections creuses rectangulaires laminées d'épaisseur uniforme fléchies dans un plan parallèle à la hauteur :

$$A_{vz} = \frac{Ah}{b + h}$$

- sections creuses rectangulaires laminées d'épaisseur uniforme fléchies dans un plan perpendiculaire à la hauteur :

$$A_{vy} = \frac{A\,b}{b+h}$$

- sections creuses circulaires d'épaisseur uniforme :

$$A_v = \frac{2A}{\pi}$$

1.3. Moment fléchissant + Effort tranchant

Le moment résistant plastique d'une section transversale est réduit par **la présence de cisaillement.**

Si **l'effort tranchant est faible,** cette **réduction est négligeable** (et composée par l'écrouissage du matériau)

En revanche, dès lors que **l'effort tranchant dépasse la moitié de l'effort tranchant plastique résistant**, il faut prendre en compte **son interaction sur le moment résistant plastique**, soit :

$$Si\ V_{sd} \le 0.5\ V_{pl.Rd} \qquad Alors\ M_{sd} \le M_{c.Rd}$$

$$Si\ V_{sd} > 0.5\ V_{pl.Rd} \qquad Alors\ M_{sd} \le M_{v.Rd}$$

$\boldsymbol{M_{v.Rd}}$ **moment résistant plastique réduit** compte tenue de l'effort tranchant, déterminer :

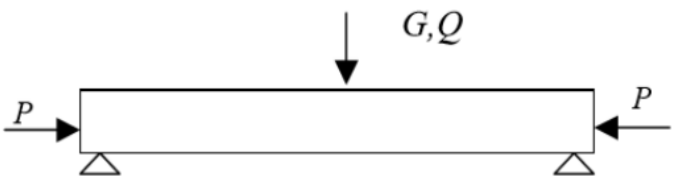
a) Pour **les sections transversales à semelles égales**, fléchies suivant l'axe de forte inertie :

$$M_{v.Rd} = \frac{\left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w}\right)}{\gamma_{M0}}.f_y \qquad mais \qquad M_{v.Rd} \le M_{cRd}$$

$$f_{red} = (1-\rho).f_y$$

$$Avec\ \rho = \left(\frac{2.V_{sd}}{V_{pl.Rd}} - 1\right)^2$$

2. Flexion composée



2.1. Sections de classe 1 et 2

Pour ces sections, il faut vérifier, en l'absence d'effort tranchant que la valeur de calcul $\boldsymbol{M_{sd}}$ **du moment fléchissant reste inférieur au moment résistant plastique** $\boldsymbol{M_{N.Rd}}$ réduit du fait de l'effort axial, soit :

$$M_{sd} \leq M_{N.Rd}$$

Avec $M_{N.Rd}$, moment de résistance plastique de calcul réduit par la prise en compte de l'effort normal.

Pour une plate sans trous de fixation :

$$M_{N.Rd} = M_{pl.Rd}\left[1 - \left(\frac{N_{sd}}{N_{pl.Rd}}\right)^2\right]$$

Et le critère devient :

$$\frac{M_{sd}}{M_{pl.Rd}} + \left[\frac{N_{sd}}{N_{pl.Rd}}\right]^2 \leq 1$$

Pour les sections transversales sans trous de fixations des profils laminés en *I ou H* normalisés :

a) **Flexion autour de l'axe YY**

$$M_{Ny.Rd} = M_{pl.y.Rd}\frac{(1-n)}{(1-0.5a)} \qquad mais\ M_{Ny.Rd} \leq M_{pl.y.Rd}$$

b) Flexion autour de l'axe ZZ

- Si n ≤ a $\quad M_{Nz.Rd} = M_{pl.z.Rd}$
- Si n > a $\quad M_{Nz.Rd} = M_{pl.z.Rd}\left[1 - \left(\frac{n-a}{1-a}\right)^2\right]$
- Où $\boldsymbol{n} = \frac{\boldsymbol{N_{sd}}}{\boldsymbol{N_{pl.Rd}}}$ $\qquad et \qquad$ $\boldsymbol{a} = \frac{(\boldsymbol{A-2b.t_f})}{\boldsymbol{A}}$ $\qquad mais\ \boldsymbol{a} \leq \boldsymbol{0.5}$

2.2. Sections de classe 3

Pour les sections transversales sans trous de fixations, la condition précédente peut s'écrire :

$$\frac{N_{sd}}{A.f_{yd}} + \frac{M_{y.sd}}{W_{el.y}f_{yd}} + \frac{M_{z.sd}}{W_{el.z}f_{yd}} \leq 1$$

Avec $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

2.3. Moment fléchissant + Effort axial+ Effort tranchant

Lorsque l'effort tranchant dépasse la moitié de l'effort tranchant résistant plastique, il faut prendre en compte son effet, ainsi que celui de l'effort axial, pour calculer le moment résistant plastique réduit :

Ainsi :

$$Si\ V_{sd} \leq 0.5\ V_{pl.Rd} \qquad\qquad Alors\ M_{sd} \leq M_{N.Rd}$$

$$Si\ V_{sd} > 0.5\ V_{pl.Rd}$$

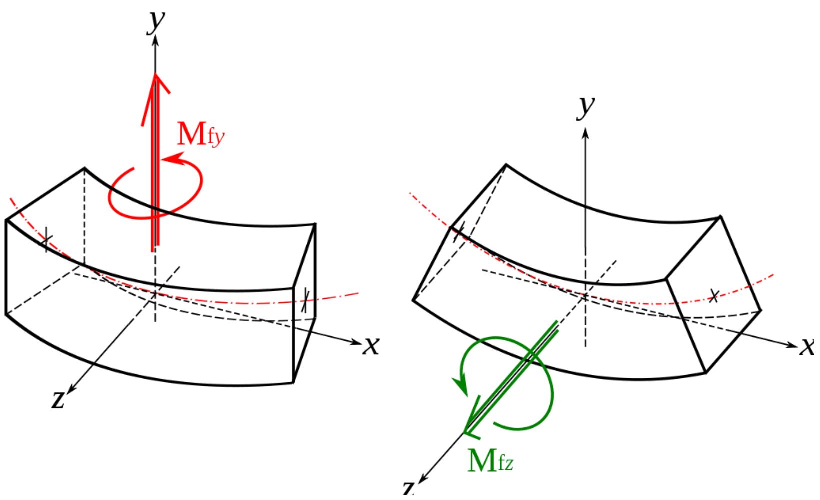
La résistance de calcul de la section transversale aux combinaisons de moment et effort axial doit être calculée en utilisant une limite d'élasticité réduite pour l'aire de cisaillement

$$f_{red} = (1-\rho).f_y$$

$$Avec\ \rho = \left(\frac{2.V_{sd}}{V_{pl.Rd}} - 1\right)^2$$

Cette clause est applicable aux sections de classes 1,2,3 et 4. Il y a lieu de vérifier que la résistance $M_{N.Rd}$ correspondante n'est pas dépassée.

3. Flexion déviée



Pour vérifier la résistance à la flexion déviée des sections de Classe 1 ou 2. Il faut, en premier lieu, évaluer la résistance plastique suivant les deux directions **YY** et **ZZ**, soit $\boldsymbol{M_{pl.y.Rd}}$et $\boldsymbol{M_{pl.z.Rd}}$. La vérification est alors la suivante :

$$\left[\frac{M_{y.sd}}{M_{Ny.Rd}}\right]^{\alpha}+\left[\frac{M_{z.sd}}{M_{Nz.Rd}}\right]^{\beta}\leq 1$$

Où α et β dépendent de la nature des éléments étudiés :

- Sections en I ou en H : α = 2 et β = 1
- Profils creux circulaires : α = β = 2
- Profils creux rectangulaires : α = β = 1.66
- Barres rectangulaires et plats : α = β = 1.73