

 AMCR	E4	Ch6-Résistance des sections en flexion simple
		0-Cours

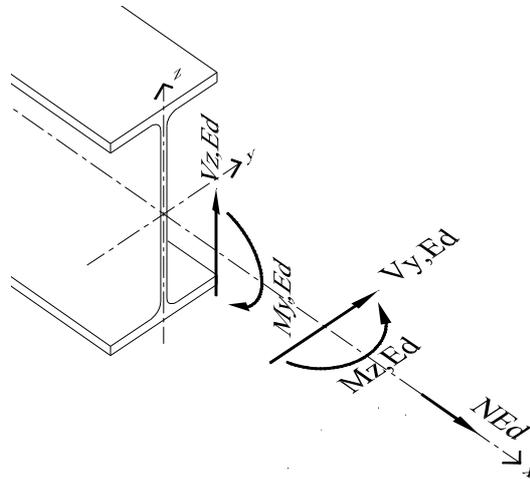
1.	Rappels	2
1.1.	Généralités.....	2
1.2.	Méthode générale de vérification en section d'un élément.....	2
2.	Répartition des contraintes dans une section fléchie.	3
2.1.	Contraintes.....	3
2.2.	Axe fort et axe faible.....	3
2.3.	Domaine élastique.....	3
2.4.	Domaine plastique.....	4
3.	Vérification en section selon l'EUROCODE 3.....	5
3.1.	Critère.....	5
3.2.	Classification des sections.....	5
4.	Influence de l'effort tranchant V.....	6
5.	Intérêt de la forme en I :	7
5.1.	Flexion.....	7
5.2.	Cisaillement.....	7

1. Rappels

1.1. Généralités.

On appelle section d'une poutre, la surface \perp à sa ligne de cdg.

- La théorie des poutres permet de déterminer les sollicitations (efforts intérieurs) N , V et M ($= E_d$) appliquée au cdg de la section tout le long de la poutre dans ses plans xz et/ou xy selon la notation suivante :



- L'EC3-1.1-§6.2 permet de connaître la capacité de résistance ($= R_d$) d'une section en acier vis-à-vis de ces sollicitations. L'EC3 s'appuie sur la Résistance Des Matériaux (RDM) qui permet de connaître la répartition des contraintes dans une section soumise à ces sollicitations.

Il faut donc vérifier pour toutes les sections le long de la poutre (une infinité !) que :

$$E_d \leq R_d \quad \text{ou} \quad \frac{E_d}{R_d} \leq 1.0$$

Dans la pratique, en vérifiant la ou les sections les plus sollicitées, on vérifie toute la poutre.

Remarque :

Ces vérifications ne concernent pas les instabilités (flambement et/ou déversement) traitées en EC3-1.1-§6.3 qui traduisent le comportement global de la poutre et non celui d'une section.

1.2. Méthode générale de vérification en section d'un élément.

Préalablement à la vérification, on doit :

- *Etudier les actions agissant sur le bâtiment (G, I, S, W)*
- *Etablir le schéma mécanique de l'élément (Ch1).*
- *Effectuer la descente de charge (Ch1).*
- *Etablir les combinaisons d'actions (Ch6 à venir) = « scénarios » possibles d'actions qui peuvent agir simultanément.*

Pour vérifier la résistance mécanique d'un élément de structure, on doit :

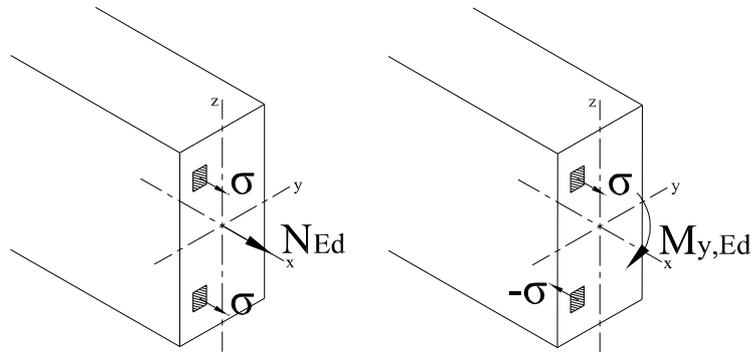
- Tracer les diagrammes N , V_z / M_y (et/ou V_y / M_z) pour ces combinaisons (méca ou logiciel).
- Identifier la ou les sections les plus sollicitées.
- Effectuer les vérifications selon l'EC3-1.1-§6.2.xx

2. Répartition des contraintes dans une section fléchie.

2.1. Contraintes.

Une contrainte est une force qui agit sur une très petite surface, elle s'exprime en N/mm^2 ou MPa.

Sous effort normal et sous moment fléchissant, les contraintes sont normales (= perpendiculaire à la surface) à la section et notée σ (sigma).



Les vérifications réglementaires consistent à s'assurer que la contrainte ne dépasse pas f_y (parfois f_u mais uniquement dans les zones contenant des trous).

2.2. Axe fort et axe faible.

La répartition de la matière d'une section autour d'un axe passant par son centre de gravité conditionne la résistance à la sollicitation de flexion.

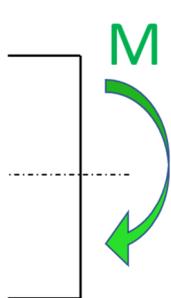
On distingue 2 axes principaux :

- Axe fort autour de y
- Axe faible autour de z

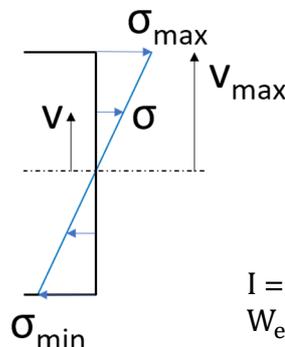
Pour chaque axe on identifie 3 caractéristiques géométriques (liées à la forme de la section et non à la matière qui la compose) :

- L'inertie (ou moment quadratique) I (I_y en forte inertie et I_z en faible inertie)
- Module de flexion élastique W_{el} ($W_{el,y}$ en forte inertie et $W_{el,z}$ en faible inertie)
- Module de flexion plastique W_{pl} ($W_{pl,y}$ en forte inertie et $W_{pl,z}$ en faible inertie)

2.3. Domaine élastique.



Distribution
linéaire des
contraintes



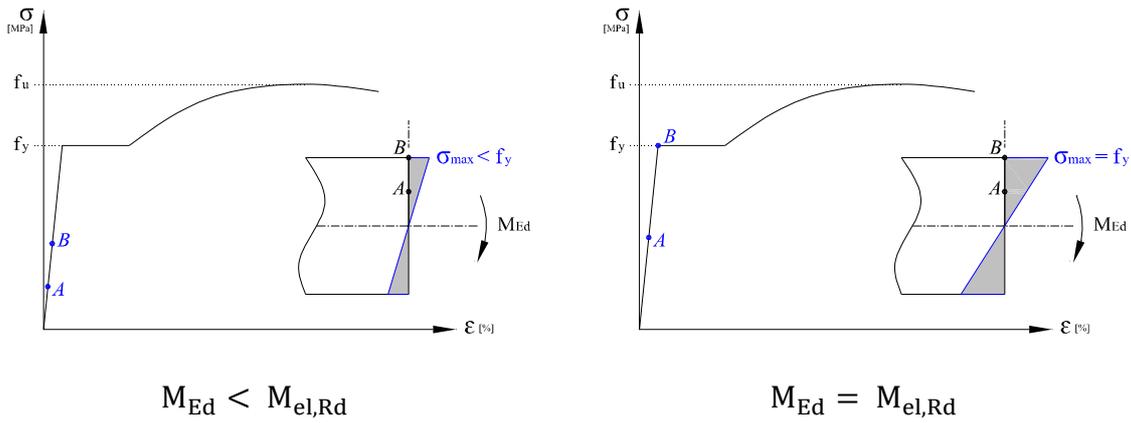
$$\sigma = \frac{M}{I/v}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{My}{I/v_{\max}} = \frac{My}{W_{el}}$$

I = inertie en cm^4

W_{el} = module de flexion élastique en cm^3

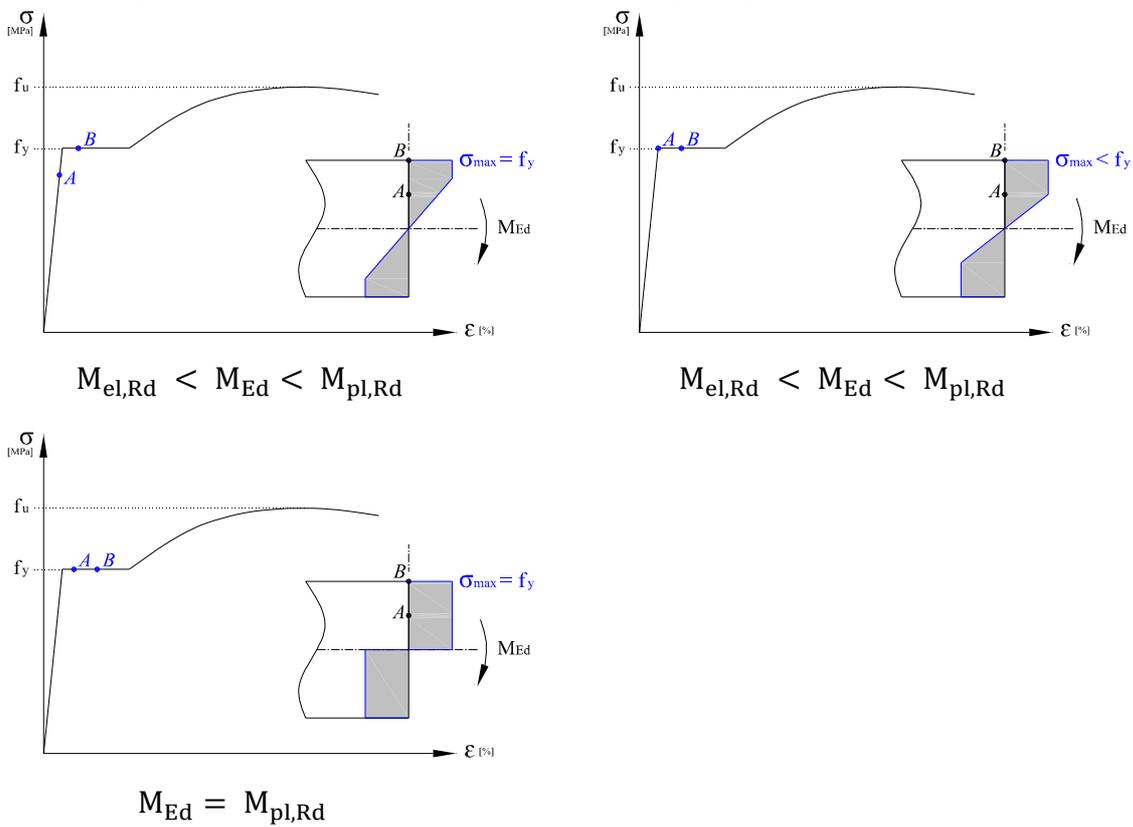
Evolution de la répartition des contraintes dans le domaine élastique.



$$M_{el,Rd} = W_{el} * f_y$$

2.4. Domaine plastique.

Evolution de la répartition des contraintes dans le domaine plastique.



$$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y$$

3. Vérification en section selon l'EUROCODE 3.

3.1. Critère.

Défini dans l'Eurocode 3, partie 1.1, paragraphe 6.2.5, noté EC3-1.1-§6.2.5

Critère à vérifier :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

M_{Ed} → moment de flexion réel dans l'élément (dépend du projet, des charges...)

$M_{c,Rd}$ → moment résistant admissible (dépend uniquement de la barre et de l'acier)

Classe de section 1 et 2 : $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}$

Classe de section 3 : $M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el} * f_y}{\gamma_{M0}}$

Classe de section 4 : non traitée dans ce cours

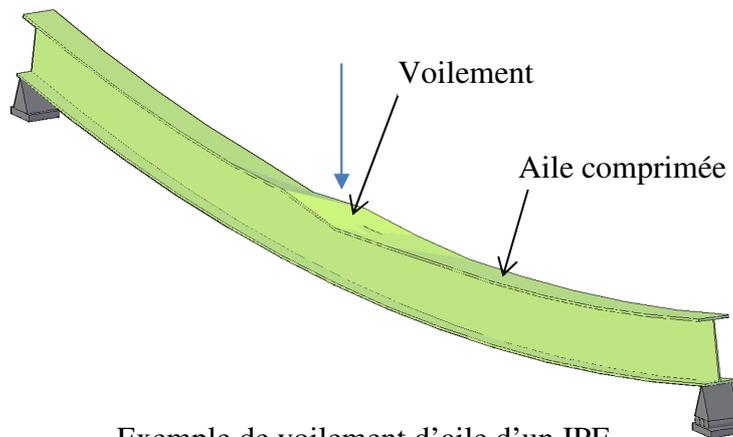
3.2. Classification des sections.

Sous l'effet de la flexion :

→ L'aile supérieure est comprimée.

→ L'âme est à moitié comprimée.

Sous l'effet de cette compression, les parois (aile ou âme) peuvent **voiler**.



Exemple de voilement d'aile d'un IPE

La classification d'une section exprime la sensibilité au voilement de ses parois.

→ Classe 1 et 2 : peu sensible au voilement → $M_{pl,Rd}$ peut être atteint.

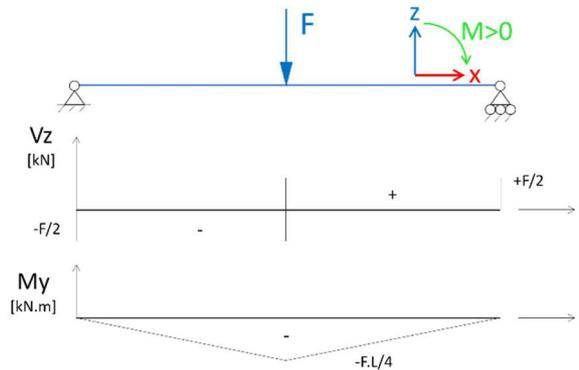
→ Classe 3 : sensible au voilement → une paroi voile avant d'atteindre $M_{pl,Rd}$, on est limité à $M_{el,Rd}$.

→ Classe 4 : très sensible au voilement (section non étudiée en BTS CM) → une paroi voile avant d'atteindre $M_{el,Rd}$.

Pour identifier la classe de section voir p158 à 161.

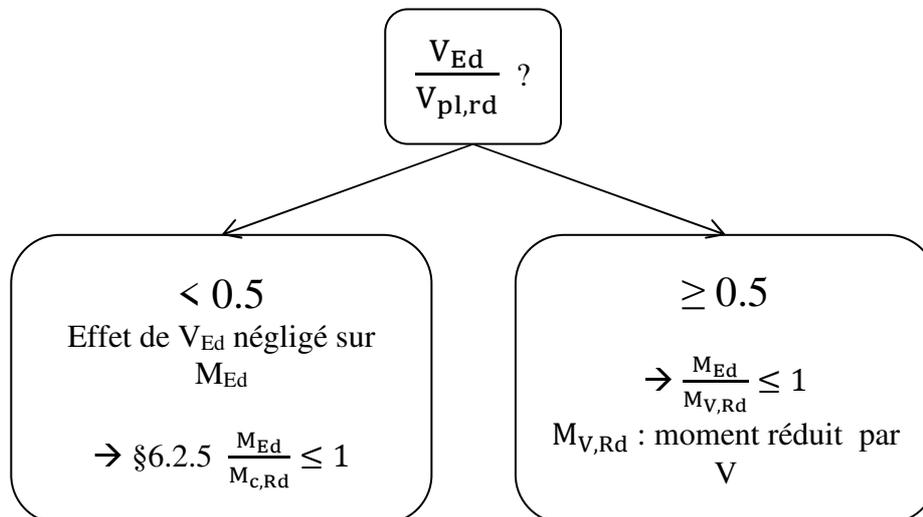
4. Influence de l'effort tranchant V.

Les sections sont souvent sollicitées simultanément avec un moment fléchissant et un effort tranchant (V_z/M_y ou V_y/M_z)



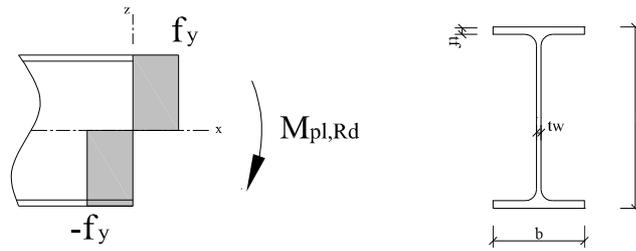
L'effet du cisaillement (V) est très souvent négligeable devant celui du moment (M) et on vérifie les sections cisillées/fléchies simplement sous l'effet de M (EXC3-1.1-§6.2.5)

EC3-1.1-§6.2.8 p133 définit la méthode pour savoir si l'effet de V est négligé devant M, on procède ainsi :

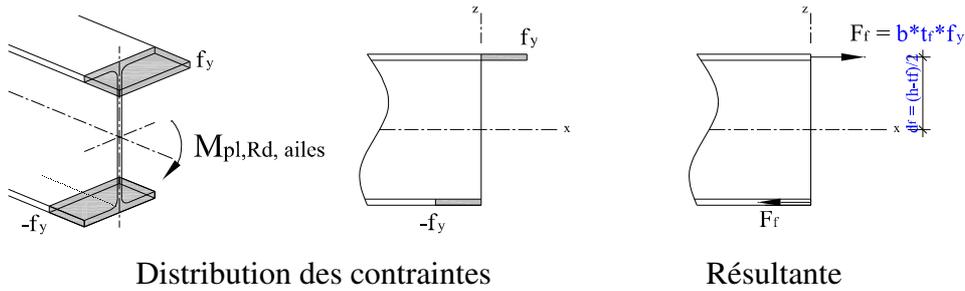


5. Intérêt de la forme en I :

5.1. Flexion



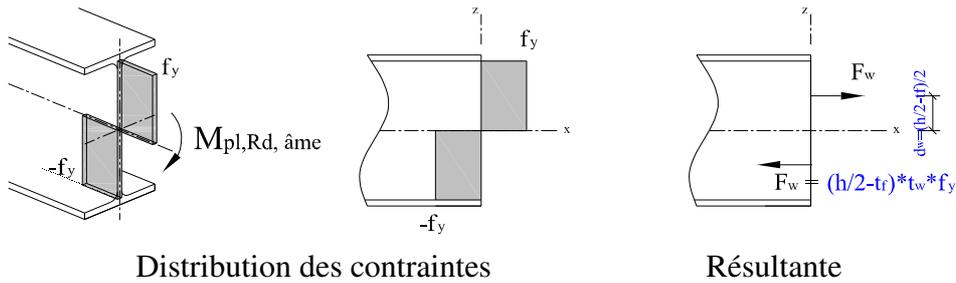
→ Calcul de la part du moment repris par les ailes :



Distribution des contraintes

Résultante

→ Calcul de la part du moment repris par l'âme :



Distribution des contraintes

Résultante

Application numérique avec un IPE 200 S235 :

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220.6 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3}{1} = 51.84 \text{ kN.m}$$

$$F_f = 0.10 \cdot 0.0085 \cdot 235 \cdot 10^3 = 199.75 \text{ kN}$$

$$d_f = \frac{0.20 - 0.0085}{2} = 0.096 \text{ m}$$

$$F_w = (0.20/2 - 0.0085) \cdot 0.0056 \cdot 235 \cdot 10^3 = 120.41 \text{ kN}$$

$$d_w = \frac{(0.20/2 - 0.0085)}{2} = 0.046 \text{ m}$$

$$2 \cdot (F_f \cdot d_f + F_w \cdot d_w) = 49.43 \text{ kN} \approx \text{à } M_{pl,Rd} \rightarrow \text{erreur due aux congés négligés et aux arrondis}$$

Les ailes participent pour $\frac{2 \cdot F_f \cdot d_f}{M_{pl,Rd}} \cdot 100 = 74\%$ à la résistance en flexion

L'âme participe pour $\frac{2 \cdot F_w \cdot d_w}{M_{pl,Rd}} \cdot 100 = 26\%$ à la résistance en flexion

On dit que le moment est « repris » par les ailes.

5.2. Cisaillement.

EC3-1.1-§6.2.6 p132

L'aire de cisaillement A_{vz} est donnée dans les catalogues de profil.

Pour les profils en I et H, A_{vz} correspond sensiblement à l'aire de l'âme.

On dit que l'effort tranchant est « repris » par l'âme.