



Construction Métallique

05- Classification des sections



ISA BTP
ÉCOLE D'INGÉNIEURS

Philippe MARON

Maître de conférences

ISABTP-UPPA

23 mars 2020

- **A l'issue de ce chapitre, l'étudiant doit être capable à partir du catalogue des profilés normalisés et des diagrammes d'effort normaux, d'effort tranchant et de moments fléchissants d'un élément de la construction et des tableaux issus de l'EUROCODE 3 :**
 - d'expliquer le phénomène rotule plastique.
 - de comprendre la notion d'axe fort et d'axe faible d'une section.
 - de déterminer la classe d'une section sollicitée en Traction /Compression et/ou en flexion autour de son axe fort.

- Phénomène de “Rotule plastique” :
 - voir animations

- **Une poutre en acier peut ou non résister avec apparition d'une rotule plastique en fonction de :**
 - La résistance élastique f_y du matériau
 - La forme des éléments constituant la section
 - ♦ Parois comprimés internes
 - ♦ Semelles en console
 - ♦ Cornières
 - Les dimensions des éléments constituant la section
 - ♦ Longueur/hauteur
 - ♦ Épaisseur
 - Les sollicitations subies par l'élément de la section
 - ♦ Paroi fléchie
 - ♦ Paroi comprimée
 - ♦ Paroi fléchie et comprimée

- Selon l'Eurocode 3, il existe 4 classes :

- **Sections classe 1 :**

- ♦ peuvent atteindre leur **résistance plastique sans risque de voilement local** et possèdent une **capacité de rotation importante** pouvant former une **rotule plastique**.

- **Sections classe 2 :**

- ♦ peuvent aussi atteindre leur **résistance plastique sans risque de voilement local**, mais ont une **capacité de rotation limitée**.

- **Sections classe 3 :**

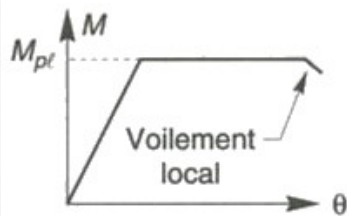

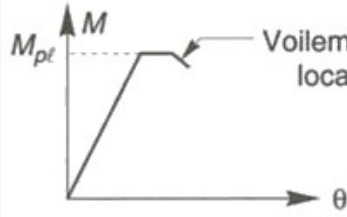

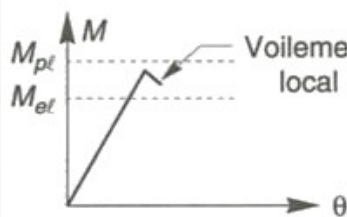

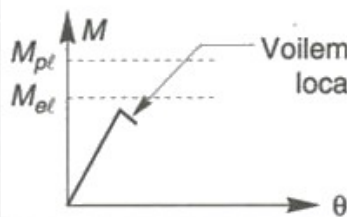

- ♦ peuvent atteindre leur **résistance élastique en fibre extrême**, mais **non leur résistance plastique**, du fait des **risques de voilement local**.

- **Sections classe 4 :**

- ♦ ne peuvent pas atteindre leur résistance élastique du fait des risques de voilement local.

Performance ↑



Classe	Modèle de comportement	Résistance de calcul	Capacité de rotation plastique
1	 <p>Voilement local</p>	Plastique sur section complète 	Importante
2	 <p>Voilement local</p>	Plastique sur section complète 	Limitée
3	 <p>Voilement local</p>	Élastique sur section complète 	Aucune
4	 <p>Voilement local</p>	Élastique sur section efficace 	Aucune

- **Pour un profilé, on détermine successivement :**
 - La classe de la ou des parois interne(s) comprimée(s)

Exemple IPE 400 en compression pure (S355):

- L'âme est comprimée => colonne "paroi comprimée"

- $c=d=331\text{ mm}$ et $t=t_w=8.6\text{ mm}$,
 $c/t=331/8.6=38.49$, $\varepsilon=0.81$

- $33.\varepsilon=26.73$ => pas en classe 1

- $38.\varepsilon=30.78$ => pas en classe 2

- $42.\varepsilon=34.02$ => pas en classe 3

- L'âme est en CLASSE 4

Exemple IPE 400 en flexion pure autour de l'axe fort (S355):

- L'âme est fléchiée => colonne "paroi fléchiée"

- $c=d=331\text{ mm}$ et $t=t_w=8.6\text{ mm}$,
 $c/t=331/8.6=38.49$, $\varepsilon=0.81$

- $72.\varepsilon=58.32$ => OK

- L'âme est en CLASSE 1

Parois comprimées internes

Classe	Paroi fléchiée	Paroi comprimée	Paroi fléchiée et comprimée			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	lorsque $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67+0,33\psi}$ lorsque $\psi \leq -1$: $c/t \leq 62\varepsilon(1-\psi)\sqrt{-\psi}$			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Exemple IPE 400 en compression-flexion (S355):

- Classe 1 ou 2

- Équilibre de la section:

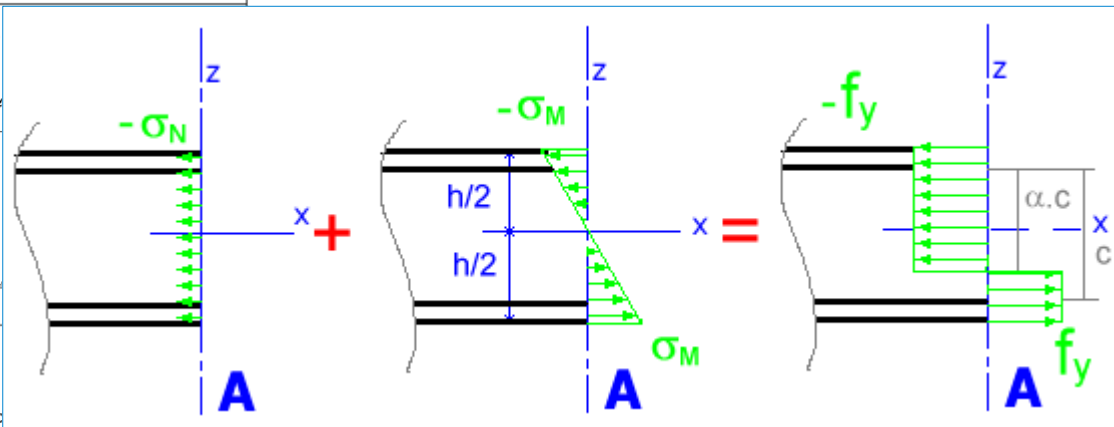
$$N_{Ed} = f_y \cdot \alpha \cdot c \cdot t_w - f_y \cdot (c - \alpha \cdot c) \cdot t_w$$

- Soit :

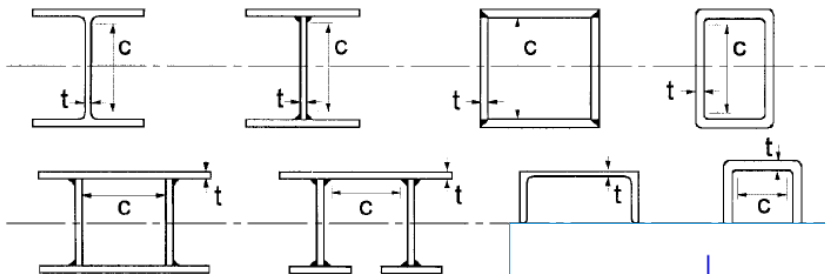
$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left[1 - \frac{N_{Ed}}{f_y \cdot c \cdot t_w} \right]$$

Avec $N_{Ed} < 0$ en compression

Parois comprimées internes						
Classe	Pari fléchié	Pari comprimée	Pari fléchié et comprimée			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1						
	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3						
	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	lorsque $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\psi - 1}$ lorsque $\psi \leq -1$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\psi + 1}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71



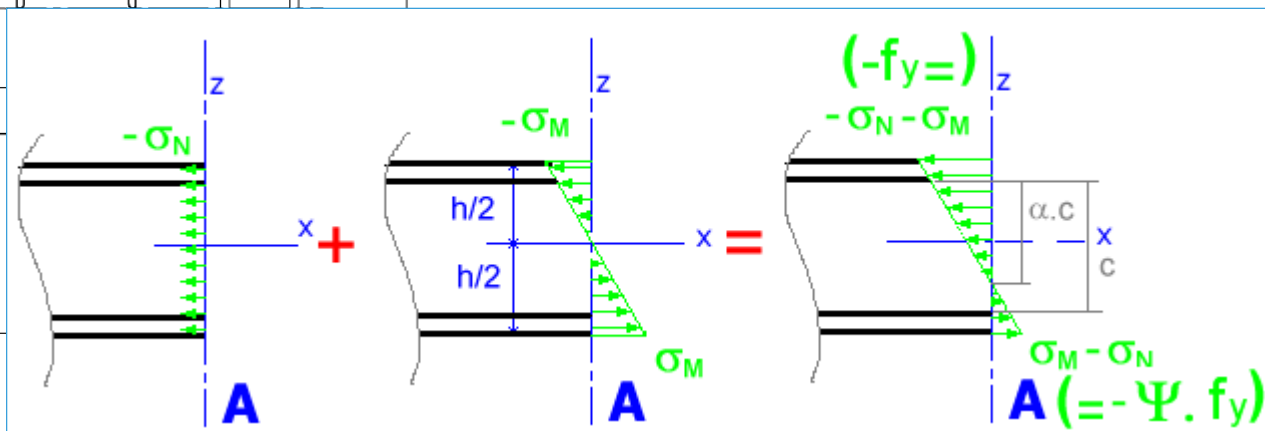
Parois comprimées internes



Exemple IPE 400 en compression-flexion (S355):

- Classe 3 ou 4

Classe	Pari fléchie	Pari comprimée				
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$				
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$				
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71



et

$$f_y = \sigma_N + \sigma_M \quad -\psi \cdot f_y = -\sigma_N + \sigma_M$$

Soit en faisant la différence:

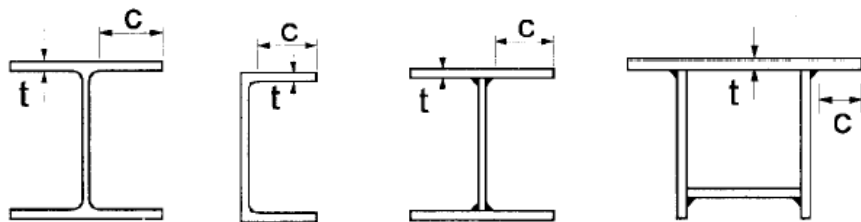
$$(1 + \psi) \cdot f_y = 2 \cdot \sigma_N = 2 \cdot \frac{N_{Ed}}{A}$$

$$\psi = -2 \cdot \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_y} - 1$$

Avec $N_{Ed} < 0$ en compression

- **Pour un profilé, on détermine successivement :**
 - La classe de la ou des parois interne(s) comprimée(s)
 - La classe de la ou des semelle(s) en console
 - On garde la classe la plus DEFAVORABLE

Semelles en console



Classe	Paroi comprimée	Paroi fléchie et comprimée				
		Extrémité comprimée	Extrémité tendue			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_{\sigma}}$ Pour k_{σ} , voir l'EN 1993-1-5				
$c = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Exemple IPE 400 en compression pure (S355):

- Les semelles sont comprimées => colonne "paroi comprimée"
- $C=0,5 \cdot (b-t_w) \cdot r=64,7 \text{ mm}$ et $t=t_f=13,5 \text{ mm}$, $c/t=64,7/13,5=4,79$, $\varepsilon=0.81$

• $9 \cdot \varepsilon = 7.29 \Rightarrow OK$

- Les semelles sont en classe 1, l'âme en classe 4 => la section est en classe 4

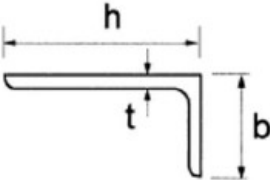
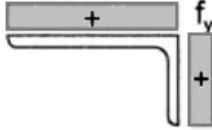
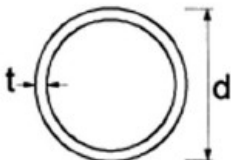
Exemple IPE 400 en flexion pure autour de l'axe fort (S355):

- Une semelle est comprimée, (une tendue : sans intérêt) => colonne "paroi comprimée"
- $C=0,5 \cdot (b-t_w) \cdot r=64,7 \text{ mm}$ et $t=t_f=13,5 \text{ mm}$, $c/t=64,7/13,5=4,79$, $\varepsilon=0.81$

• $9 \cdot \varepsilon = 7.29 \Rightarrow OK$

- Les semelles sont en classe 1, l'âme en classe 1 => la section est en classe 1

- **Pour un profilé, on détermine successivement :**
 - La classe de la ou des parois interne(s) comprimée(s)
 - La classe de la ou des semelle(s) en console
 - On garde la classe la plus DEFAVORABLE
- **Pour une cornière ou un tube circulaire :**

<p>Consulter également «Semelles en console» (voir feuille 2 sur 3)</p>		<p>Cornières</p> 		<p>Ne s'applique pas aux cornières en contact continu avec d'autres composants</p>				
Classe	Section comprimée							
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)								
3	$h/t \leq 15\varepsilon$ et $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$							
<p>Sections tubulaires</p> 								
Classe	Section fléchie et/ou comprimée							
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$							
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$							
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$							
NOTE : Pour $d/t > 90\varepsilon^2$, voir l'EN 1993-1-6.								
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460		
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71		
	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51		



- **Pour un profilé, on détermine successivement :**
 - La classe de la ou des parois interne(s) comprimée(s)
 - La classe de la ou des semelle(s) en console
 - On garde la classe la plus DEFAVORABLE
- **Pour une cornière ou un tube circulaire :**
- **Pour les cas où toute la section n'est pas efficace :**
 - Voir CM06

CONTACT

Philippe MARON

ISABTP - UPPA

philippe.maron @univ-pau.fr

www.univ-pau.fr/~maron/mecanique/



ISA BTP

ÉCOLE D'INGÉNIEURS

