

Construction Métallique

05- Classification des sections



ISA BTP
ÉCOLE D'INGÉNIEURS

- 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 :



Performance ↑

- 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**.

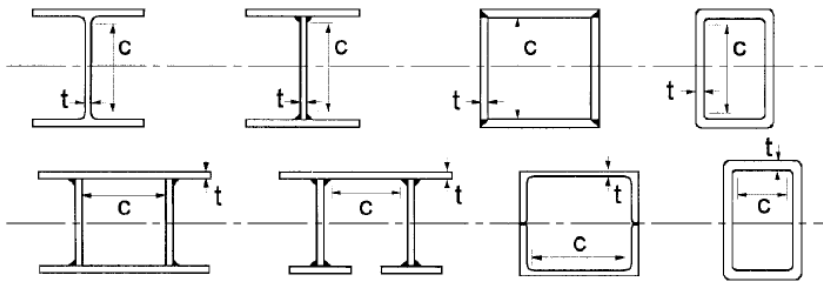
- Sections classe 4 :

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

Classe	Modèle de comportement	Résistance de calcul	Capacité de rotation plastique
1		Plastique sur section complète 	Importante
2		Plastique sur section complète 	
3		Élastique sur section complète 	Aucune
4		Élastique sur section efficace 	

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

Parois comprimées internes



• Exemple IPE 400 en compression pure (S355):

- L'âme est comprimée => colonne "paroi comprimée"
- $c=d=331\text{ mm}$ et $t=t_w=8.6\text{ mm}$,
 $c/t=331/8.6=38.49$, $\varepsilon=0.81$
 - $33.\varepsilon=26.73 \Rightarrow$ pas en classe 1
 - $38.\varepsilon=30.78 \Rightarrow$ pas en classe 2
 - $42.\varepsilon=34.02 \Rightarrow$ pas en classe 3

• 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 $t=t_w=8.6\text{ mm}$,
 $c/t=331/8.6=38.49$, $\varepsilon=0.81$
 - $72.\varepsilon=58.32 \Rightarrow$ OK

▪ L'âme est en CLASSE 1

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

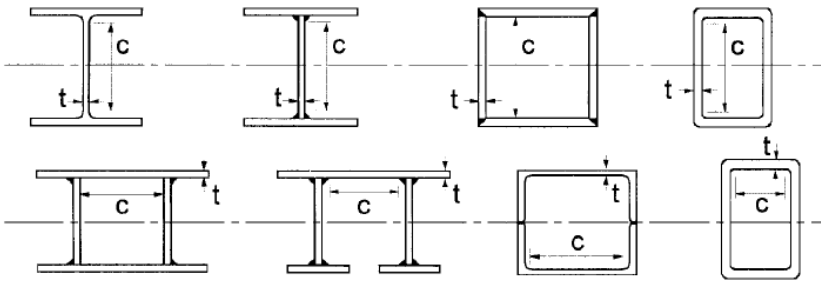
Équilibre de l'âme:

$$N_{Ed} = f_y \cdot \alpha \cdot c \cdot t_w - f_y \cdot (1 - \alpha \cdot c) \cdot t_w$$

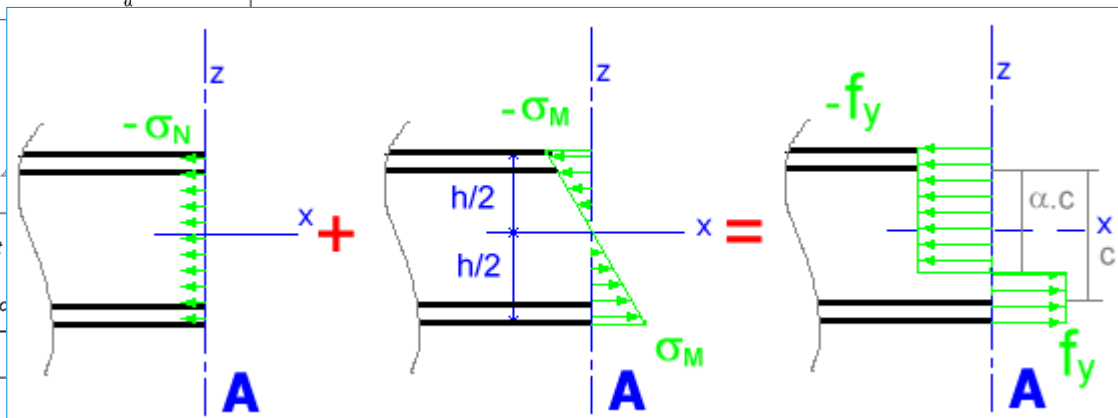
Soit :

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

Parois comprimées internes



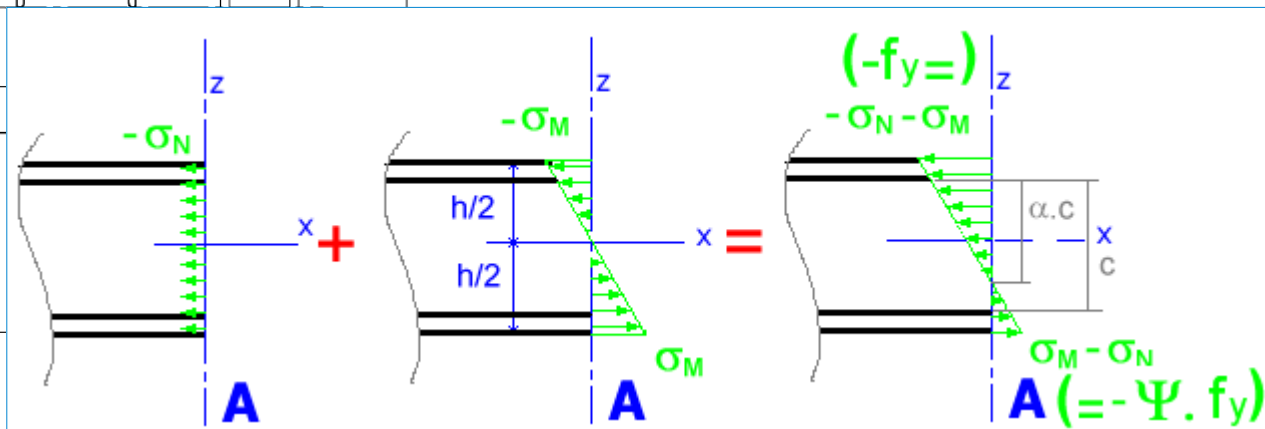
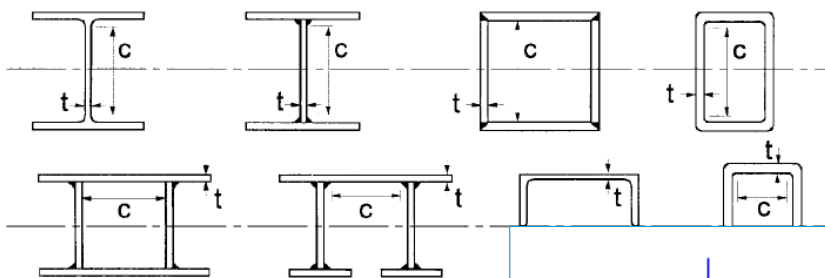
Classe	Pari fléchi	Pari comprimée	Pari fléchi et comprimée	
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)				
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$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



• Exemple IPE 400 en compression-flexion (S355):

▪ Classe 3 ou 4

Parois comprimées internes



Classe	Paroi fléchée	Paroi 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	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$
	f_y	235 275 355 420 460
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	ϵ	1,00 0,92 0,81 0,75 0,71

lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$
 lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$

lorsque $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$
 lorsque $\psi \leq -1$: $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$

• On a :

$$f_y = \sigma_N + \sigma_M \quad \text{et} \quad -\psi \cdot f_y = -\sigma_N + \sigma_M$$

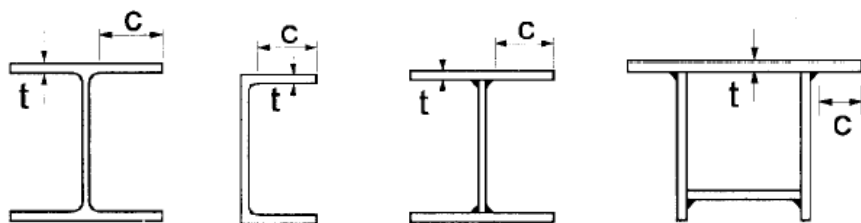
• Soit en faisant la différence:

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

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

- **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



• 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 $t=t_f=13,5 \text{ mm}$, $c/t=64,7/13,5=4,79$, $\epsilon=0.81$
 - $9 \cdot \epsilon=7.29 \Rightarrow OK$
- 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 $t=t_f=13,5 \text{ mm}$, $c/t=64,7/13,5=4,79$, $\epsilon=0.81$
 - $9 \cdot \epsilon=7.29 \Rightarrow OK$
- Les semelles sont en classe 1, l'âme en classe 1 => la section est en classe 1

Classe	Paroi comprimée	Paroi fléchie et comprimée				
		Extrémité comprimée	Extrémité tendue			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ 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

- **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>Cornières</p>		<p>Consulter également «Semelles en console» (voir feuille 2 sur 3)</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

