



IVERSITÉ  
DE PAU ET DES  
PAYS DE L'ADOUR

# Construction Métallique

## 07.b- Vérification au flambement en compression simple

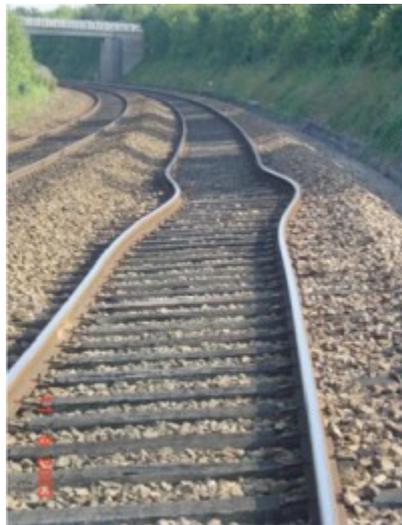


**ISA BTP**  
ÉCOLE D'INGÉNIEURS



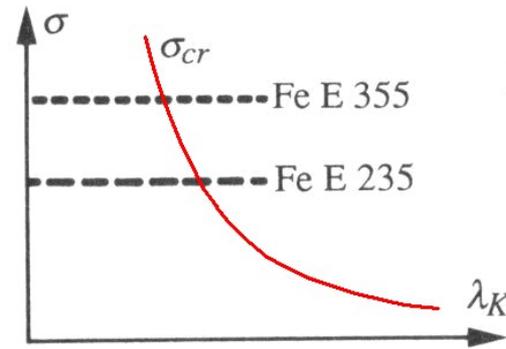
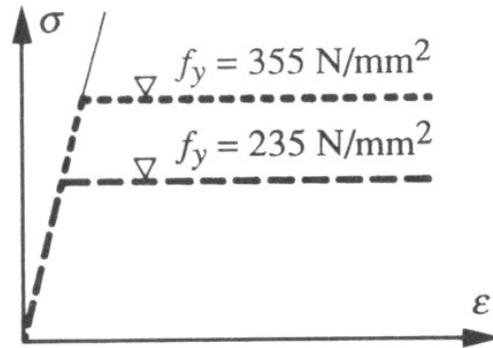
Cette barre a flambé

- <http://www.qualiteconstruction.com/>
- <http://www.gramme.be/>
- <http://www.bastison.net>
- <http://www.bainieretudes.com/>



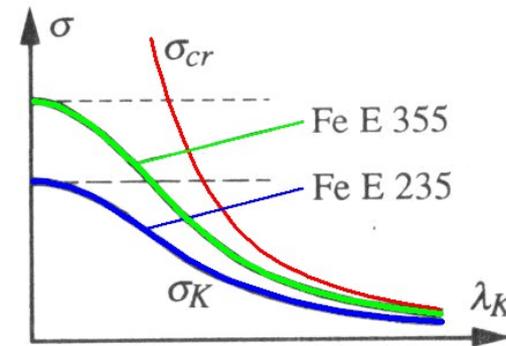
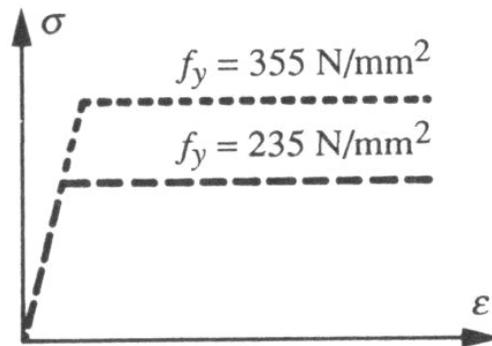
• **Hyperbole d'Euler : Courbes  $\sigma_k=f(\lambda)$**

Acier : diagramme  $\sigma$ - $\epsilon$  idéalisé.



Barre idéale.

Acier : diagramme  $\sigma$ - $\epsilon$  idéalisé.



Barre industrielle.

- Il faut vérifier :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

- avec :

- Classe 1, 2, 3 :

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_1}}$$

- Classe 4 :

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}}$$

$\gamma_{M_1}$  : Coefficient partiel des barres aux instabilités (En France  $\gamma_{M_1} = 1,1$ )

$\chi$  : Coefficient de réduction pour le mode de flambement

- Remarque :

- On peut noter qu'en prenant  $\chi=1$ , les formules sont pratiquement ( $\gamma_{M_0} \Leftrightarrow \gamma_{M_1}$ ) identiques à celles que l'on utilise pour vérifier la tenue des sections à l'ELU ( $N_{b,Rd} = N_{c,Rd}$ , cf. CM06).

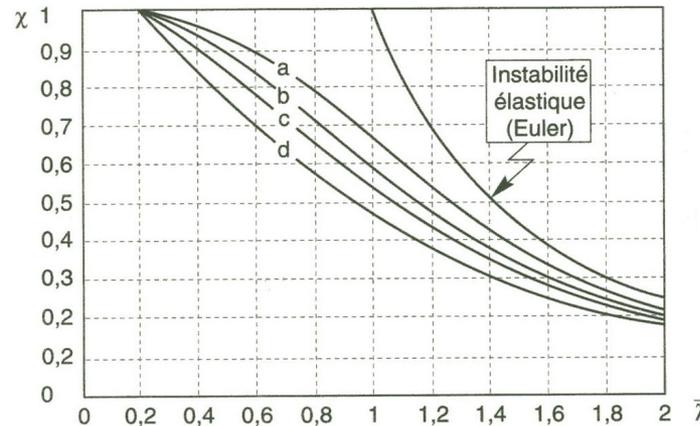
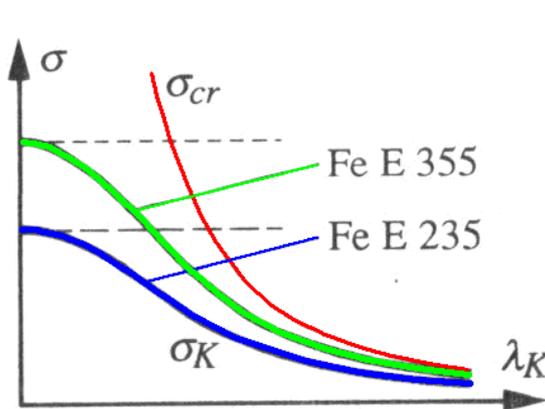
## • Détermination du coefficient de réduction $\chi$ :

▪ fonction de :

• l'élancement réduit  $\bar{\lambda} = \sqrt{A \cdot \frac{f_y}{N_k}}$

• un coefficient  $\alpha$  fonction d'une courbe de flambement dépendant de :

- ✓ *La forme de la section du poteau*
- ✓ *Les dimensions de la section du poteau*
- ✓ *La limite élastique du matériau*



$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_k^2} : \text{Charge critique de flambement.}$$

L'élancement réduit  $\bar{\lambda}$  peut aussi être défini par :

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$$

avec :

$$\lambda = \frac{l_k}{i_z} \quad \text{et} \quad \lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

ou :

$$\lambda_1 = 93,91 \cdot \varepsilon$$

avec :

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

Formule en MPa

• Détermination du coefficient de réduction  $\chi$  :

- courbe de flambement :

Section transversale	Limites	Flambement Selon l'axe	Courbe de flambement		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	a b	a <sub>0</sub> a <sub>0</sub>
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c	a a
		$t_f > 100$ mm	y-y z-z	d d	c c
	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b c	b c	
	$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c d	c d	

• Exemple IPE 400 (S355):

- $h=400\text{mm}$  et  $b=180\text{mm}$ ,  
 $h/b=2,22 > 1,2$
- $t_f=13,5 < 40\text{mm}$
- Autour de l'axe fort y-y => courbe de flambement a
- Autour de l'axe faible z-z => courbe de flambement b

Section transversale	Limites	Flambement Selon l'axe	Courbe de flambement	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Sections creuses 	Finies à chaud	Quelconque	a	a <sub>0</sub>
	Formées à froid	Quelconque	c	c
Sections en caisson soudées 	En général (sauf comme indiqué ci-dessous)	Quelconque	b	b
	Soud. épaisses : $a > 0,5 t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Quelconque	c	c
Sections en U, T et pleines 		Quelconque	c	c
Sections en L 		Quelconque	b	b

- **Exemple tube carré formé à froid (S355):**
  - Autour de l'axe fort y-y et de l'axe faible z-z => courbe de flambement c
  
- **Exemple Cornière en L (S355):**
  - Autour de l'axe fort y-y et de l'axe faible z-z => courbe de flambement b

• Détermination du coefficient de réduction  $\chi$  :

- Calcul par :

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

- Avec

Tab.6.3 : Facteur d'imperfection

Courbes de flambement	$a_0$	a	b	c	d
Facteur d'imperfection $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

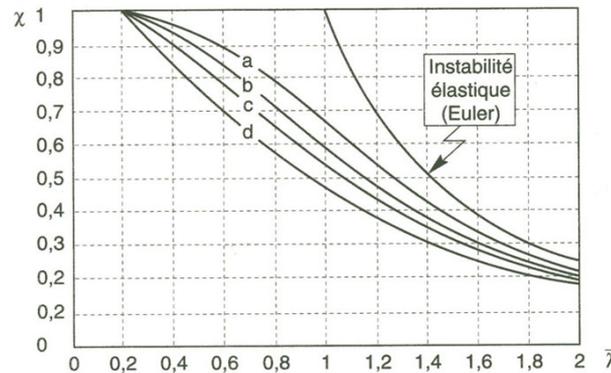


Fig.6.4 : Allures des courbes de flambement

- Puis  $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$  et  $\chi < 1$

Le calcul est mené autour de l'axe fort **ET** autour de l'axe faible, aboutissant à la détermination de  $\chi_y$  et  $\chi_z$

On gardera :

$$\chi_{min} = \min(\chi_y, \chi_z)$$

La valeur de  $\chi_{min}$  sera obtenu pour la valeur de l'élancement le plus fort

$$\lambda_{max} = \max(\lambda_y, \lambda_z)$$

- **Remarques :**

- Dans le cas d'un chargement inférieur à la valeur de la charge critique de flambement, il n'y a théoriquement pas de risque de flambement ; pourtant l'EC3 fixe une valeur limite à 4% de la charge critique (pour les éléments élancés)
- Dans le cas d'une poutre faiblement élancée, le risque de flambement est nul . L'EC3 fixe la valeur limite à une valeur de l'élancement réduit  $\bar{\lambda}$  inférieure à 0,2.

=> dans ces deux cas, la vérification à l'ELU se réduit à une vérification d'un dimensionnement suffisant de la section du poteau

Voir organigramme de calcul d'un poteau en compression simple =>

Effort axial de compression  $N$

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} = \chi \cdot \beta_A \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_M}$$

Non

$$\bar{\lambda} \geq 0,2 \text{ et } \frac{N_{Ed}}{N_k} > 0,04$$

Oui

Pas de risque de flambement

Risque de flambement simple

$$\chi = 1$$

Calcul de  $\chi$

Classes de sections

Classes de sections

Classe 1,2,3

Classe 4

Classe 1,2,3

Classe 4

$$\beta_A = 1, \gamma_M = \gamma_{M0}$$

$$\beta_A = \frac{A_{eff}}{A}, \gamma_M = \gamma_{M1}$$

$$\beta_A = 1, \gamma_M = \gamma_{M1}$$

$$\beta_A = \frac{A_{eff}}{A}, \gamma_M = \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd} = N_{pl} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

## CONTACT

**Philippe MARON**

ISABTP - UPPA

philippe.maron@univ-pau.fr

[www.univ-pau.fr/~maron/const\\_metal/](http://www.univ-pau.fr/~maron/const_metal/)



# ISA BTP

ÉCOLE D'INGÉNIEURS

