

Résumé pour séries résistance en section Série 3

Prof. Alain Nussbaumer

G. Murtas/J. Klok

▪ CIVIL235 - Structures en métal

- I. Etapes dimensionnement et vérification
 - 1. (Choisir/respecter la classes de section)
 - 2. SIA 263 Tableau 7:
 - a. Vérification résistance en section
 - i. $N+My$ et $N+Mz$
 - ii. $V+My$ ou $V+Mz$
 - iii. $N+My+Mz$
 - iv. Tous les efforts: $N + Vz + Vy + My + Mz$ (*plus tard, dans la Série 4*)
 - b. Introduction, vérification stabilité
 - i. Flambage (*cas 1, autres cas prochainement*)
 - ii. Déversement (*prochainement*)
 - II. Torsion

Étapes à suivre

Dimensionnement et vérification

I. Choisir/respecter la classe de section

1^{ère} lettre de la
méthode 2^{ème} lettre de la
méthode

Tableau 4: Classification des sections

Classe de section	Détermination des efforts intérieurs	Détermination de la résistance ultime des sections	Méthode	Critères d'élancement
1	plastique	plastique	PP	tableaux 5a et 5b
2	élastique	plastique	EP	tableaux 5a et 5b
3	élastique	élastique	EE	tableaux 5a et 5b
4	élastique	élastique réduit	EER	chiffre 4.5.3

1^{ère} lettre indique le type de sollicitation: (ex. «E» pour méthode EP)

- Plastique: classe 1: on cherche Q en passant par la formation de rotules plastique
- Elastique: classe 2-3-4: on cherche Q en calculant les charges

2^{ème} lettre indique le type de résistance du profilé: (ex. «P» pour méthode EP)

- Plastique: classe 1-2: ex. on calcule avec A_v et W_{pl}
- Elastique: classe 3-4: ex. on calcule avec A_w et W_{el}

Vérification résistance en section (et stabilité, vu plus tard)

Tableau 7: Renvois pour la vérification de la résistance et de la stabilité aux chiffres de la présente norme, en fonction de la sollicitation et de la classe de section de l'élément considéré

Classe de section		1 (PP) et 2 (EP)	3 (EE)	4 (EER)
Effort normal	Résistance	5.1.2	5.1.2	5.3.2
	Stabilité	4.5.1	4.5.1	5.3.8
Flexion	Résistance	5.1.3	5.2.3	5.3.3
	Stabilité	4.5.2	4.5.2	5.6.2
Effort tranchant	Résistance	5.1.4	5.2.4	5.3.4
	Stabilité	4.5.4	4.5.4	4.5.4
Flexion et effort normal	Résistance	5.1.6	5.2.6	5.3.5
	Stabilité	5.1.9 et 5.1.10	5.2.9	5.3.9, 5.6.2
Flexion et effort tranchant	Résistance	5.1.5	5.2.5	5.3.6
	Stabilité	4.5.2 et 4.5.4	4.5.2 et 4.5.4	4.5.4, 5.6.2 et 5.6.3
Flexion, effort normal et effort tranchant	Résistance	5.1.7 et 5.1.8	5.2.7 et 5.2.8	5.3.7
	Stabilité	4.5.4, 5.1.9 et 5.1.10	4.5.4 et 5.2.9	4.5.4 et 5.3.9

Attention:

Pour chaque élément à dimensionner, il faudra vérifier la résistance en section

ET

la stabilité (Flambage ou/et déversement)

III. En détail : Résistance en section, Interaction entre efforts (cas plastique) N+My et N+Mz

N+My : Verification: $Med < My, N_{rd}$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$$

$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} \quad \text{mais } a \leq 0,5$$

$$\xi = \frac{1}{1 - 0,5a}$$

$$M_{y,N,Rd} \leq M_{y,Rd}$$

$$M_{y,N,Rd} = M_{y,Rd} \xi (1 - n)$$

N+Mz : Verification: $Med < Mz, N_{rd}$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$$

$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} \quad \text{mais } a \leq 0,5$$

pour $n > a$

$$M_{z,N,Rd} = M_{z,Rd} \left[1 - \left(\frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right]$$

pour $n \leq a$

$$M_{z,N,Rd} = M_{z,Rd}$$

III. En détail: Résistance en section, Interaction entre efforts (cas plastique)

V+My ou V+Mz

Si $V_{Ed} < 0.5V_{Rd}$ alors simplement*:

$$M_{Ed} < M_{Rd} = \frac{W * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Si $V_{Ed} > 0.5 V_{Rd}$ alors $M_{Ed} < M_{V,Rd}$

$$M_{V,Rd} = \frac{bt_1 f_y(h-t_1)}{\gamma_{M1}} + \frac{h_w^2 t_2 f_y}{4 \gamma_{M1}} \left[1 - \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \right)^2 \right]$$

*Cette condition s'applique très souvent: nous «négligeons» l'interaction avec V si $V_{Ed} < 0.5V_{Rd}$

N+My+Mz

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 0,9$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,N,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,N,Rd}} \right)^\beta \leq 1,0 \quad \beta \geq 1,1 \quad \alpha = 2$$

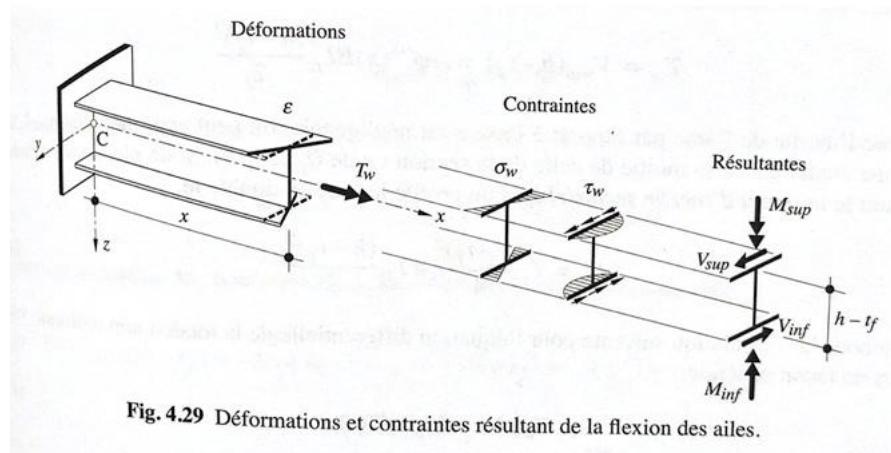
- My,N,Rd et Mz,N,Rd se calculent comme montré précédemment
- Si N=0, on aura My,Rd et Mz,Rd

Torsion

Torsion uniforme et non-uniforme

Torsion : rappel

- 2 types d'efforts internes induits par T : contraintes normales et tangentielles
- 2 modes de résistance :
 - Torsion uniforme T_v : prépondérant pour sections fermées
 - Torsion non uniforme T_w : prépondérant pour sections ouvertes (que si **gauchissement empêché**)
 - En torsion mixte : $T = T_v + T_w$
 - La torsion induit un bimoment (flexion antimétrique des ailes)



Torsion : vérification torsion mixte

- Torsion : pas dans le tableau 7, SIA 263 ... comment faire ?
- Selon **SIA 263, § 4.3.5.4**, applicable pour la torsion :
 - calcul élastique : utiliser Von Mises : $\sigma_{g,Ed} = \sqrt{\sigma_{Ed}^2 + 3\tau_{Ed}^2} \leq \sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$
 - Exemple SIA 263 :

Pour un état plan de contrainte, par ex. des éléments de section dans le plan x–y, la condition suivante doit être satisfaite:

$$\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed}\sigma_{y,Ed} + 3\tau_{xy,Ed}^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (6)$$

Torsion mixte (TGC 10, §4.5.4)

Efforts internes

$$M_\omega(x) = -EI_\omega\varphi''(x) = \frac{Tl}{\chi} \left(-\operatorname{th}\chi \operatorname{ch}\chi \frac{x}{l} + \operatorname{sh}\chi \frac{x}{l} \right)$$

$$T_w(x) = M'_\omega(x) = T \left(-\operatorname{th}\chi \operatorname{sh}\chi \frac{x}{l} + \operatorname{ch}\chi \frac{x}{l} \right)$$

$$T_v(x) = T - T_w(x) = T \left(1 + \operatorname{th}\chi \operatorname{sh}\chi \frac{x}{l} - \operatorname{ch}\chi \frac{x}{l} \right)$$

A utiliser pour calculer les contraintes dues à T_v

χ	: rapport des rigidités de torsion de la barre ($\chi = l \sqrt{GK/EI_\omega}$)
l	: longueur de la barre
GK	: rigidité de torsion uniforme
EI_ω	: rigidité de torsion non uniforme

Torsion non uniforme (TGC 10, §4.5.3)

Contraintes

$$\sigma_w(y, z) = \frac{M_\omega}{I_\omega} \omega(y, z)$$

$$S_\omega = \int_A \omega(y, z) dA$$

$$\tau_w = -\frac{T_w S_\omega}{t I_\omega}$$

$$I_\omega = \int_A \omega(y, z)^2 dA$$

Pour section double té

$$S_{\omega,max} = -\frac{1}{16} t_f (h - t_f) b^2$$

$$I_\omega = \frac{1}{3} t_f (h - t_f)^2 \left(\frac{b}{2}\right)^3$$

M_w = bimoment de torsion

S_w = moment statique sectoriel

I_w = inertie sectorielle

IV. Bilan Série 3

- Partie théorique
- Partie pratique: Problème 1
 - Calcul plastique (\neq Série 2, Calcul élastique)
 - Panne inclinée: Résistance M_y et M_z
 - Tableau 7 SIA 263
 - On donne les profilés (IPE 180 et HEA 140) et l'action M_{Ed} :
vérification \neq dimensionnement \rightarrow cf. introduction de la Série 2
 - Rappel : facteur de forme : $k = M_{pl}/M_{el} = W_{pl}/W_{el}$
- Partie pratique: Problème 2
 - **Vérification** à la torsion d'un porte-à-faux : **calcul élastique**
 - Quelle section vérifier ? Ici donnée : encastrement ($x=0$)
 - Réfléchir à quelles contraintes calculer et à utiliser dans Von Mises pour la vérification

TGC 10 : lectures et exercices conseillés

- Cours:

Chapitre 4: 89- 138

- Exemples numériques: (*utiles aussi pour l'examen !*)

4.4 - 4.5 - 4.9 (révisions concepts de MDS, interaction)

4.7 - 4.8 - 4.10 - 4.11 (Torsion uniforme, non-uniforme)