

Caractéristiques de sections en I mono-symétriques

Cet article donne les propriétés usuelles pour les sections en I à semelles inégales, symétriques par rapport au plan moyen de l'âme. La notation de l'Eurocode 3 Partie 1-1 [1] est utilisée.

NOTE : le logiciel PropSection [2] peut également être utilisé pour calculer les caractéristiques de ces sections.

Notations

Les dimensions d'une section transversale mono-symétrique sont présentées à la Figure 1 où G représente son centre de gravité et S son centre de cisaillement.

Par convention, la semelle supérieure est celle présentant le plus grand moment d'inertie de flexion par rapport à l'axe z-z.

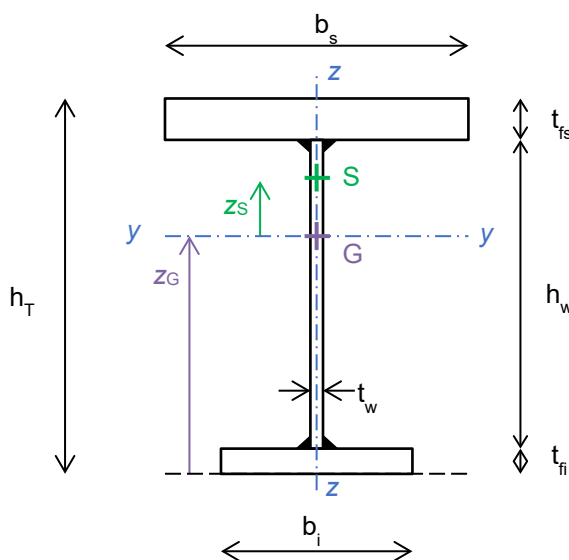


Figure 1 : Dimensions d'une section mono-symétrique

On note $I_{fz,i}$ et $I_{fz,s}$ les moments d'inertie de flexion par rapport à l'axe z-z de la semelle inférieure et de la semelle supérieure respectivement. Leurs expressions sont :

$$I_{fz,i} = \frac{b_i^3 t_{fi}}{12} \quad \text{et} \quad I_{fz,s} = \frac{b_s^3 t_{fs}}{12}$$

Aire de la section

$$A = b_i t_{fi} + b_s t_{fs} + h_w t_w$$

Position du centre de gravité G

Distance z_G entre la fibre inférieure de la section et son centre de gravité (voir Figure 1) :

$$z_G = \frac{\frac{b_i t_{fi}^2}{2} + b_s t_{fs} \left(h_T - \frac{t_{fs}}{2} \right) + h_w t_w \left(\frac{h_w}{2} + t_{fi} \right)}{A}$$

Position du centre de cisaillement S

Coordonnée z_S du centre de cisaillement de la section par rapport à son centre de gravité :

$$z_S = \frac{I_{fz,i} \frac{t_{fi}}{2} + I_{fz,s} \left(h_T - \frac{t_{fs}}{2} \right) + \frac{t_w^3 h_w}{12} \left(\frac{h_w}{2} + t_{fi} \right)}{I_{fz,i} + I_{fz,s} + \frac{t_w^3 h_w}{12}} - z_G$$

Moments d'inertie de flexion

Moment d'inertie de flexion I_y par rapport à l'axe y-y :

$$I_y = \frac{t_{fi}^3 b_i}{12} + \frac{t_{fs}^3 b_s}{12} + \frac{h_w^3 t_w}{12} + b_i t_{fi} \left(z_G - \frac{t_{fi}}{2} \right)^2 + b_s t_{fs} \left(h_T - z_G - \frac{t_{fs}}{2} \right)^2 + h_w t_w \left(\frac{h_w}{2} + t_{fi} - z_G \right)^2$$

Moment d'inertie de flexion I_z par rapport à l'axe z-z :

$$I_z = I_{fz,i} + I_{fz,s} + \frac{t_w^3 h_w}{12}$$

Modules de résistance élastique en flexion

Module de résistance élastique en flexion par rapport à l'axe y-y :

$$W_{el,y} = \frac{I_y}{\max(h_T - z_G; z_G)}$$

Module de résistance élastique en flexion par rapport à l'axe z-z :

$$W_{el,z} = \frac{I_z}{\max(b_i; b_s) / 2}$$

NOTE Un module de résistance élastique par rapport à l'axe z-z peut également être défini pour chaque semelle.

Résistance plastique en flexion

- Position de l'Axe Neutre Plastique (ANP) en flexion simple par rapport à l'axe y-y :

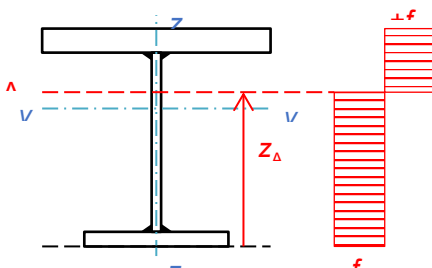


Figure 2 : Distribution plastique des contraintes normales dans une section mono-symétrique en flexion simple

L'ANP se situe dans la semelle supérieure si la condition suivante est vérifiée :

$$b_s t_{fs} > b_i t_{fi} + h_w t_w$$

L'ANP se situe dans la semelle inférieure si la condition suivante est vérifiée :

$$b_i t_{fi} > b_s t_{fs} + h_w t_w$$

Si aucune des deux conditions précédentes n'est vérifiée, l'ANP se situe dans l'âme.

Distance z_{ANP} entre la fibre inférieure de la section et l'ANP (voir Figure 2 où f_y représente la limite d'élasticité de l'acier) :

$$\text{ANP dans l'âme : } z_{ANP} = \frac{h_w}{2} + t_{fi} + \frac{b_i t_{fi} - b_s t_{fs}}{2 t_w}$$

$$\text{ANP dans la semelle supérieure : } z_{ANP} = h_T - \left(\frac{t_{fs}}{2} + \frac{b_i t_{fi} + h_w t_w}{2 b_s} \right)$$

$$\text{ANP dans la semelle inférieure : } z_{ANP} = \frac{t_{fi}}{2} + \frac{b_s t_{fs} + h_w t_w}{2 b_i}$$

□ Module de résistance plastique en flexion par rapport à l'axe y-y :

- ANP dans l'âme :

$$W_{pl,y} = b_i t_{fi} \left(z_{ANP} - \frac{t_{fi}}{2} \right) + b_s t_{fs} \left(h_T - z_{ANP} - \frac{t_{fs}}{2} \right) + \frac{h_w^2 t_w}{2} \left[\left(1 - \frac{z_{ANP} - t_{fi}}{h_w} \right)^2 + \left(\frac{z_{ANP} - t_{fi}}{h_w} \right)^2 \right]$$

- ANP dans la semelle supérieure :

$$W_{pl,y} = b_i t_{fi} \left(z_{ANP} - \frac{t_{fi}}{2} \right) + \frac{b_s}{2} \left[(h_T - z_{ANP})^2 + (h_w + t_{fi} - z_{ANP})^2 \right] + h_w t_w \left(z_{ANP} - \frac{h_w}{2} - t_{fi} \right)$$

- ANP dans la semelle inférieure :

$$W_{pl,y} = \frac{b_i}{2} \left[z_{ANP}^2 + (t_{fi} - z_{ANP})^2 \right] + b_s t_{fs} \left(h_T - z_{ANP} - \frac{t_{fs}}{2} \right) + h_w t_w \left(\frac{h_w}{2} + t_{fi} - z_{ANP} \right)$$

□ Module de résistance plastique en flexion par rapport à l'axe z-z :

$$W_{pl,z} = \frac{b_s^2 t_{fs}}{4} + \frac{b_i^2 t_{fi}}{4} + \frac{t_w^2 h_w}{4}$$

Aire de cisaillement

Aire de cisaillement pour un effort tranchant parallèle à l'âme (selon l'EN 1993-1-1 [1]) :

$$A_{vz} = h_w t_w$$

Inertie de torsion [3]

$$I_t = \frac{t_{fi}^3 b_i}{3} + \frac{t_{fs}^3 b_s}{3} + \frac{t_w^3 h_w}{3}$$

Propriétés liées à la torsion non uniforme

□ Aire sectorielle maximale associée à la semelle supérieure [3] :

$$\omega_i = \frac{b_i}{4} \left(h_T - \frac{t_{fi}}{2} - \frac{t_{fs}}{2} \right)$$

□ Aire sectorielle maximale associée à la semelle inférieure [3] :

$$\omega_s = \frac{b_s}{4} \left(h_T - \frac{t_{fi}}{2} - \frac{t_{fs}}{2} \right)$$

- Moment statique sectoriel associé à la semelle inférieure [3] :

$$S_{\omega i} = \frac{b_i^2 t_{fi}}{16} \left(h_T - \frac{t_{fi}}{2} - \frac{t_{fs}}{2} \right)$$

- Moment statique sectoriel associé à la semelle supérieure [3] :

$$S_{\omega s} = \frac{b_s^2 t_{fs}}{16} \left(h_T - \frac{t_{fi}}{2} - \frac{t_{fs}}{2} \right)$$

- Inertie de gauchissement [3] :

$$I_w = \frac{I_{fz,i} I_{fz,s}}{I_{fz,i} + I_{fz,s}} \left(h_T - \frac{t_{fi}}{2} - \frac{t_{fs}}{2} \right)^2$$

Facteur de Wagner

Le calcul du moment critique de déversement élastique d'une poutre uniforme à section mono-symétrique fait intervenir le facteur de Wagner z_j dont l'expression est [4] :

$$z_j = z_s - \frac{1}{2I_y} [S_{M,fs} + S_{M,w} + S_{M,fi}]$$

avec :

$$S_{M,fs} = \frac{b_s t_{fs}}{4} [2h_T - 2z_g - t_{fs}] \left[\frac{b_s^2}{6} + (h_T - z_g)^2 + (h_T - t_{fs} - z_g)^2 \right]$$

$$S_{M,w} = \frac{h_w t_w}{4} (h_w + 2t_{fi} - 2z_g) \left[\frac{t_w^2}{6} + (z_g - t_{fi} - h_w)^2 + (z_g - t_{fi})^2 \right]$$

$$S_{M,fi} = \frac{b_i t_{fi}}{4} [t_{fi} - 2z_g] \left[\frac{b_i^2}{6} + (z_g - t_{fi})^2 + z_g^2 \right]$$

NOTE La convention de signe pour z_j est définie dans la référence [4].

Facteur de massivité

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = 2 \frac{b_i + b_s + h_w + t_{fi} + t_{fs} - t_w}{A}$$

NOTE Le facteur de massivité est utilisé pour les calculs en situation d'incendie.

Références

[1] NF EN 1993-1-1 : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier. Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments. AFNOR. Octobre 2005

[2] CTICM. *Logiciel PropSection v1.0.5*, disponible en téléchargement libre sur le site du CTICM : www.cticm.com/logiciel/propsection

[3] Nguyen, T. M. *Formulaire des contraintes dues à la torsion dans une poutre à section ouverte*. *Revue construction métallique* n°4-2013, pp 45-75.

[4] Lebastard, M. ; Couchaux, M. ; Bureau, A. ; Hjiat, M. *Déversement élastique de poutres en I à section mono-symétrique*. *Revue construction métallique* n°1-2022, pp 3-15.