

Révisions

Série 1

Prof. Alain Nussbaumer

Table des matières

- I. Données Tables SZS: aspects importants
- II. Introduction à la série: Calcul de centroïde et de moment d'inertie.
- III. Introduction à la série: Calcul modules W élastique et plastique.

Conseils avant de commencer

- I. Acquérir/télécharger les documents essentiels au cours :
 - Norme SIA 263
 - TGC10: 2015
 - Tables SZS C4/21 et C5/18
 - Pour cet exercice, un extrait de la C5 est disponible sur Moodle
- II. Séries toujours composées de **2 parties** (même format que l'examen)
 - Partie théorique
 - Partie pratique
- III. Objectif des exercices
 - Application de la théorie, y.c. des sections à étudier/lire
 - Essayer de résoudre les exercices sans les corrigés (sinon difficile de résoudre de nouveaux problèmes comme ceux des examens)
 - Savoir utiliser les documents efficacement (donc aussi rapidement !)

I. Centroïde

Le centroïde d'une section est le 'centre géométrique' de la section où se concentre la résultante des forces de surface lorsqu'une section est soumise à des contraintes uniformes. Il correspond au centre de gravité de la section si la densité du matériau est homogène.

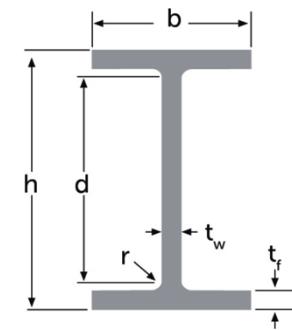
Il est défini par les formules suivantes:

$$\bar{x} = \frac{\int_A \tilde{x} dA}{\int_A dA} \quad \bar{y} = \frac{\int_A \tilde{y} dA}{\int_A dA}$$

Pour des sections composées de plusieurs éléments rectangulaires, on discrétise cette formule et on utilise des sommes:

$$\bar{x} = \frac{Q_y}{A} = \frac{\int x dA}{\int dA} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i \Delta A_i)}{\sum_{i=1}^n (\Delta A_i)}$$

$$\bar{y} = \frac{Q_x}{A} = \frac{\int y dA}{\int dA} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i \Delta A_i)}{\sum_{i=1}^n (\Delta A_i)}$$



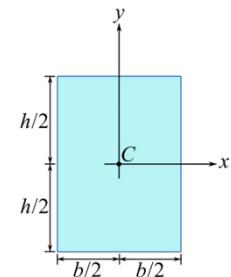
II. Moment d'inertie

Le moment d'inertie d'une section est une grandeur qui quantifie la répartition de la matière par rapport à un axe donné, influençant ainsi sa résistance à la flexion ou à la torsion. Il est déterminé par l'intégrale de la distance au carré de chaque élément de surface par rapport à l'axe considéré.

$$I_x = \int_A y^2 dA \text{ (m}^4\text{)}; \quad I_y = \int_A x^2 dA \text{ (m}^4\text{)}$$

Pour des sections rectangulaires, le moment d'inertie par rapport aux axes centroidaux sont :

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3; \quad I_y = \frac{1}{12} h b^3$$



Théorème de Steiner: Le théorème des axes parallèles établit la relation entre le moment d'inertie par rapport à un axe centroïdal et celui par rapport à un axe parallèle quelconque.

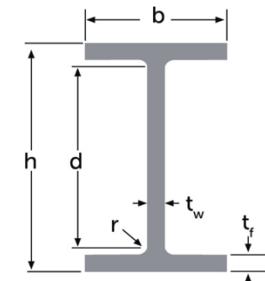
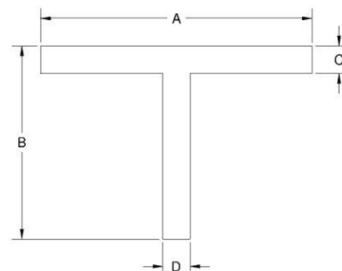
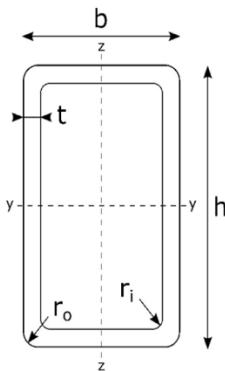
$$I_x = I_{x_c} + A d_1^2$$

$$I_y = I_{y_c} + A d_2^2$$

II. Moment d'inertie

Pour les sections composées de plusieurs sections rectangulaires, on somme les moments d'inertie:

$$I_x = \sum(I_{x_{c,i}} + A_i d_i^2)$$



III. Calcul modules W élastique et plastique

- Les valeurs ne sont pas toujours données dans les tables (section monosymétrique, ajout d'une semelle de renfort...) : **Steiner, ou terme de transport, à savoir !**

W_{pl} : module de section plastique selon l'axe de forte ou de faible inertie ($W_{y,pl} = \int_A z \, dA$ ou $W_{z,pl} = \int_A y \, dA$)

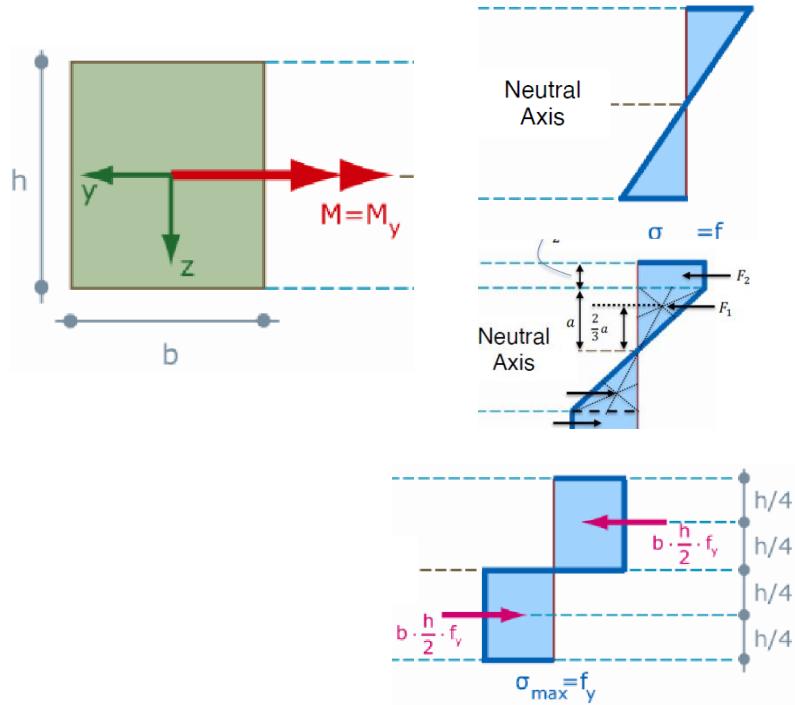
- pour une section symétrique par rapport à l'axe de flexion dont les différentes parties sont composées d'un même acier, le module plastique W_{pl} est égal à deux fois le moment statique S :

$$M_{pl} = f_y \cdot 2S \quad (4.8)$$

S : moment statique de la moitié de la section (pour une section symétrique)

- Refaire exemples numériques du TGC10 pour entraînement: 4.3 – 4.4 – 5.1

III. Calcul modules W élastique et plastique



Rectangulaire, Cas Elastique

$$W_{el,y} = \frac{I_y}{h/2} = \frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{h/2} = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Rectangulaire, Cas où les ailes du profilé sont plastifiées

Moment $M = 2 \cdot \left\{ \frac{2}{3} \cdot a \cdot F_1 + \left[\frac{h}{2} - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{h}{2} - a \right) \right] \cdot F_2 \right\}$

$$F_1 = \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot f_y \right) \cdot b \quad F_2 = \left(\frac{h}{2} - a \right) \cdot f_y \cdot b$$

Pas utilisé en métal, mais bien pour revoir la méthode de calcul de W_{pl}

Rectangulaire, Cas Plastique

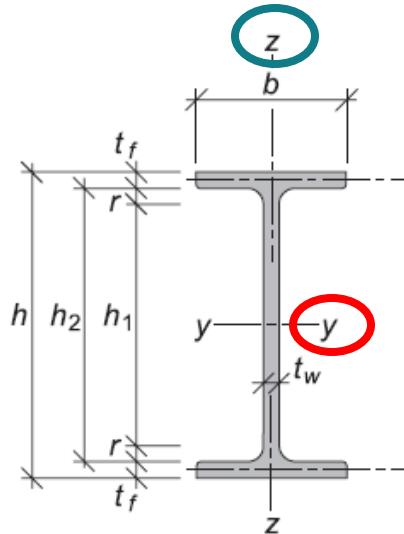
$$M_{pl,y} = 2 \cdot \left(\frac{h}{4} \right) \cdot \left(b \cdot \frac{h}{2} \cdot f_y \right) = \left(\frac{b \cdot h^2}{4} \right) \cdot f_y$$

Figure et calculs de:

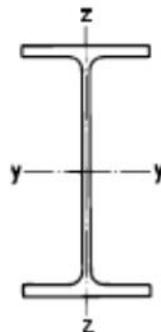
■ Prof. Dimitrios G. Lignos: "Structural Stability", Material Nonlinearity-Plastic Analysis and Collapse Mechanisms

III. Tables SZS: aspects importants

Figure 1



- Valeurs des profilés données par la table SZS C5
- Profilés que nous utilisons:
 - Poteau/colonne et poutre: IPE, HEA
 - Semelles de renfort: FLA/ FLB
 - Treillis: HEA/IPE ou 2 LNP
- Les axes Y et Z sont toujours orientés dans le même sens (la convention ne change jamais, pas comme en MDS)
- Inertie I selon Y et Z : attention au 10^6
- Module de section W : Attention valeurs données en 10^3
- Valeur W élastique ou plastique dépend du type de calcul choisi



$$\begin{aligned}
 A_v &= A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f \\
 A_w &= (h - t_f) \cdot t_w & W_{ely} &= \frac{I_y}{h/2} \\
 S_y &= \frac{1}{2} W_{ply} \\
 S_z &= \frac{1}{2} W_{plz} & \bar{W}_y &= \frac{I_y}{(h - t_f)/2} \\
 && W_{elz} &= \frac{I_z}{b/2}
 \end{aligned}$$

- Das Verfahren PP nach SIA 263 ist für dieses Profil aus S355 bei reiner Biegung ($n = 0$) nicht anwendbar!
- * Auch in S355J0 oder S355J2 ab Schweizer Lager erhältlich.

Valeur pour axe fort profilé: Y

Maximale Lagerlängen / Longueurs maximales en stock:
 $h \leq 180$ 18 m
 $h \geq 200$ 24 m
 EURONORM 19 - 57,
 DIN 1025/5, ASTM A 6,
 Werksnorm/Norme d'usine

- La méthode PP selon SIA 263 n'est pas applicable pour ce profilé en acier S355 en flexion simple ($n = 0$)!
- * Livrable en S355J0 ou S355J2 du stock suisse.

Valeur pour axe faible profilé: Z

IPE	m kg/m	Statische Werte / Valeurs statiques												
		A mm ²	A _v mm ²	A _w mm ²	I _y mm ⁴	W _{ely} mm ³	W _y mm ³	W _{ply} mm ³	i _y mm	I _z mm ⁴	W _{elz} mm ³	W _{plz} mm ³	i _z mm	K = I _x mm ⁴
80*	6,0	764	358	284	0,801	20,0	21,4	23,2	32,4	0,085	3,69	5,82	10,5	0,0067
100*	8,1	1030	508	387	1,71	34,2	36,3	39,4	40,7	0,159	5,79	9,15	12,4	0,0115
120*	10,4	1320	631	500	3,18	53,0	55,9	60,7	49,0	0,277	8,65	13,6	14,5	0,0169
140*	12,9	1640	764	626	5,41	77,3	81,3	88,3	57,4	0,449	12,3	19,2	16,5	0,0240
160*	15,8	2010	966	763	8,69	109	114	124	65,8	0,683	16,7	26,1	18,4	0,0353
180*	18,8	2390	1125	912	13,2	146	154	166	74,2	1,01	22,2	34,6	20,5	0,0472

$\times 10^4$ $\times 10^3$ $\times 10^3$ $\times 10^3$

$\times 10^6$ $\times 10^3$ $\times 10^3$

$\times 10^6$

- Cours : Chapitre 2-3

- TGC1: analyse milieux continus
- TGC 10 § 2.1, 2.4 et 2.5: Actions et analyse d'une structure métallique
- TGC 10 § 3.1: Intro, relation contrainte – déformation spécifique acier
- TGC 10 § 3.2.1 et 3.2.2 : Elaboration de l'acier