

# 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.

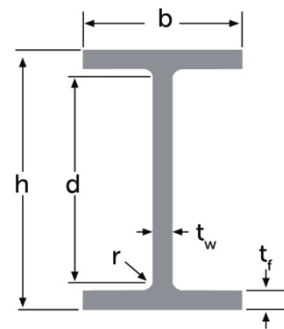
Il est défini par les formules suivantes:

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

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

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

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



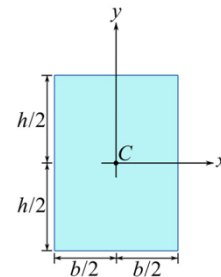
## II. Moment d'inertie

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 :

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3; \quad I_y = \frac{1}{12}hb^3$$



**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.

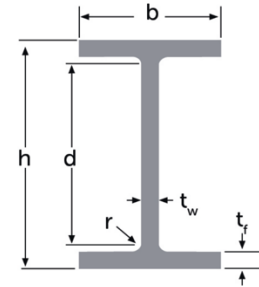
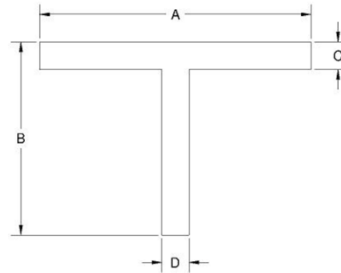
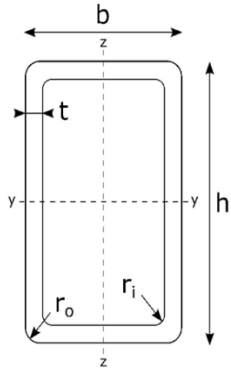
$$I_x = I_{x_c} + Ad_1^2$$

$$I_y = I_{y_c} + Ad_2^2$$

## II. Moment d'inertie

Pour les sections composées de plusieurs section 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  $W_{z,pl} = \int_A y dA$ )

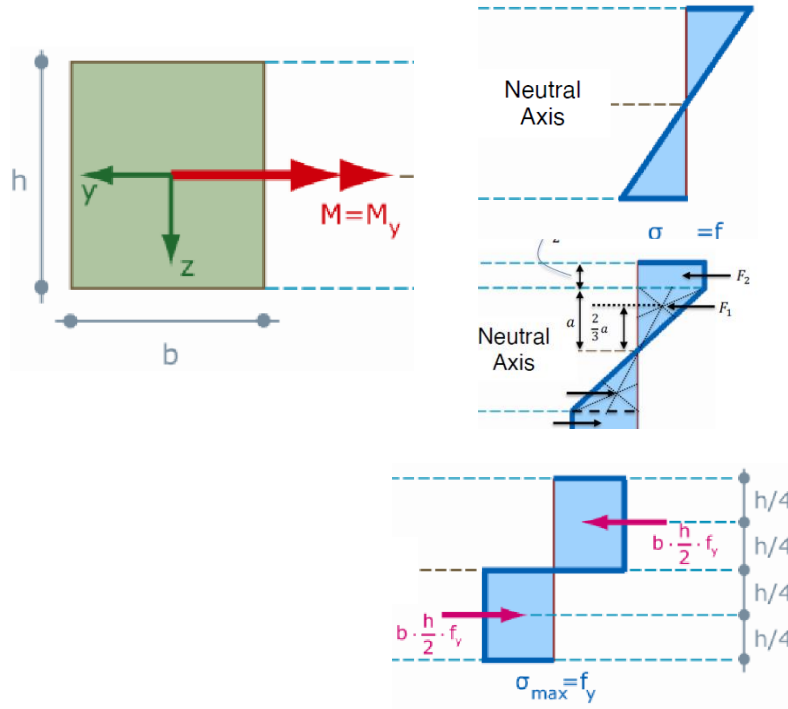
- pour une section symétrique par rapport à l'axe de flexion dont les différentes parties sont composées d'un même acier, le module plastique  $W_{pl}$  est égal à deux fois le moment statique  $S$ :

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

$S$  : 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

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

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

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

Rectangulaire, Cas Plastique

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

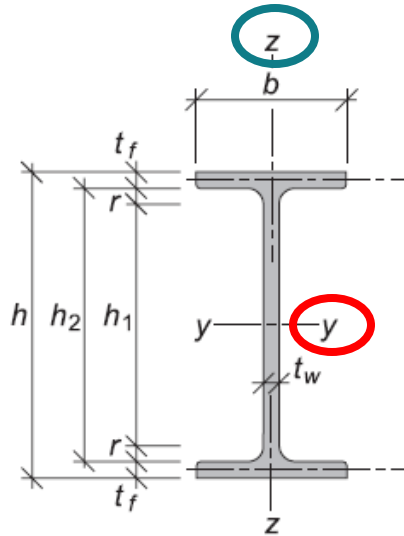
Figure et calculs de:

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

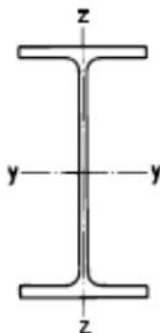


# III. Tables SZS: aspects importants

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



$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$$

$$A_w = (h - t_f) \cdot t_w$$

$$S_y = \frac{1}{2} W_{ply}$$

$$S_z = \frac{1}{2} W_{plz}$$

$$W_{ely} = \frac{I_y}{h/2}$$

$$\bar{W}_y = \frac{I_y}{(h - t_f)/2}$$

$$W_{elz} = \frac{I_z}{b/2}$$

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

○ 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.

○ 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 fort profilé: Y

Valeur pour axe faible profilé: Z

IPE	m kg/m	Statische Werte / Valeurs statiques												
		A mm <sup>2</sup>	A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>w</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>ely</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>ply</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>elz</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>plz</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> mm	K = I <sub>x</sub> mm <sup>4</sup>
					x 10 <sup>4</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>		x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>4</sup>		x 10 <sup>6</sup>
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

- 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