

Vérification d'un profilé:

4,5 / 4 / 3,5 / 3,5

Poutre AB:

1) Dans la poutre, on a que  $N=0$ , on a donc une flexion simple.

2) la section la plus sollicitée est en  $x = 5,833$  m.

dans cette section:  $\sigma(y) = \frac{M}{I_z} y$

$$\text{d'où } \sigma_{\text{sup}} = \frac{M}{I_z} \left(-\frac{h}{2}\right) = -\frac{17,014 \times 10^3}{541,2 \times 10^8} \times 70 \times 10^{-3} = \underline{\underline{-220,4 \text{ MPa}}}$$

IPE 140:

$$I_z = 541,2 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\text{inf}} = \frac{M}{I_z} \frac{h}{2} = \underline{\underline{220,4 \text{ MPa}}}$$

$$h = 140 \text{ mm}$$

$$-220,4 \text{ MPa}$$



Poutre BD:

3)  $N \neq 0$ ,  $M \neq 0$ , on a une flexion composée.

4) la section la plus sollicitée est en B:

$$I_z = 541,2 \text{ cm}^4$$

$$h = 140 \text{ mm}$$

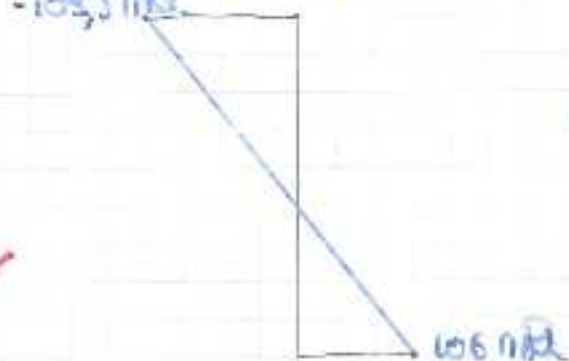
$$A = 16,73 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\text{sup}} = -\frac{N}{A} + \frac{M}{I_z} \left(-\frac{h}{2}\right)$$

$$= -\frac{2,516 \times 10^3}{16,73 \times 10^{-4}} + \frac{8,333 \times 10^3}{541,2 \times 10^8} \times (-70 \times 10^{-3})$$

$$= \underline{\underline{-109,5 \text{ MPa}}}$$

$$-109,5 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{\text{inf}} = -\frac{N}{A} + \frac{M}{I_z} \frac{h}{2}$$

$$= -\frac{2,516 \times 10^3}{16,73 \times 10^{-4}} + \frac{8,333 \times 10^3}{541,2 \times 10^8} \times 70 \times 10^{-3}$$

$$= \underline{\underline{109,5 \text{ MPa}}}$$

### Structure S<sub>1</sub>:

5) les contraintes tangentielles dépendent de  $V_y$ , la section la plus sollicitée en contrainte tangentielle est donc en A.

6) On suppose une répartition uniforme de  $Z_y$  dans l'âme du profilé.  
on a alors  $Z_{max} = \frac{V_y}{A} = \frac{5183 \times 10^3}{4,7 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^{-2}} = 9,83 \text{ MPa}$

7) on a  $\tau_c = 235 \text{ MPa}$ .

on sait que pour  $P = 10 \text{ kN}$  on a  $v_{max} = 2291 \text{ mm}$ .

$$\text{d'où } P_{max} = \frac{235}{2291} \times 10 \times 10^3 = 10,68 \text{ kN.}$$

8) le poids de cette structure est:

$$m_1 \cdot g = G \times (12 + 213) = 181,3 \text{ kg}$$

$$\text{d'où le poids: } P_1 = 181,3 \times 9,81 = 1876 \text{ N.}$$

9) on considère le poids  $P_1$  comme une charge répartie  $p_1$ .

$$p_1 = \frac{1876}{12+213} = 0,8 \text{ N/m.}$$

le poids est négligeable  $\frac{p}{10}$

10)  $\frac{P_{max} + P_1}{P_1}$  ratio à charge extérieure maximale sur Poids

$$\frac{P_{max} + P_1}{P_1} = \frac{10,68 + 1876}{1876} = 1,057$$

### Optimisation S<sub>1</sub>:

1) IPE350 :  $p_1' = \frac{15,8 \times 14 \times 9,81}{14} = 0,155 \text{ N/m.}$

$$d' = \frac{15,8 - 0,155}{0,155} = 101,6 \text{ mm}$$

12) plus on choisit un profilé de grande taille, plus le poids propre est important, pour optimiser la structure il faut donc prendre le profilé de plus petite taille possible vérifiant toujours le critère mécanique. C'est plus en prenant un IPE plus petit on trouve

dans environnement d'une poutre (S<sub>2</sub>):

13) Poutre AC:

on est en flexion composée,  $\sigma_{sup} = \sigma_{inf} = \frac{N}{S_2} \pm \frac{M}{I_2}$   
dans la section la plus sollicitée:  
 $= \frac{15 \times 10^3}{I_2} \pm \frac{1}{2} \leq 235 \text{ MPa.}$

$$\text{est } \frac{1}{2I_2} \leq 15,67 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2 \Rightarrow \sigma^2$$

$$\text{IPE 140: } \frac{1}{2I_2} = 12,93 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2 \langle \sigma^2$$

$$\text{IPE 160: } \frac{1}{2I_2} = 9,202 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2 \langle \sigma^2$$

$$\text{IPE 120: } \frac{1}{2I_2} = 18,88 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2 \langle \sigma^2$$

On voit donc que l'IPE le plus performant est l'IPE 140,  
(l'IPE 160 correspond aussi mais est plus lourd que l'IPE 140).

14) Poutre BD:

IPE 140: on est en flexion composée.

$$\sigma_{sup} = -\frac{N}{A} - \frac{M}{I_1} \cdot \frac{h}{2} = -131,5 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{inf} = -\frac{N}{A} + \frac{M}{I_2} \cdot \frac{h}{2} = 123,2 \text{ MPa} \leq \sigma_c.$$

on est bon:

$$\tau_{max} \leq \frac{3}{2} \frac{V_y}{A} = \frac{3}{2} \frac{5 \times 10^3}{16,4 \times 10^{-4}} = 4,57 \text{ MPa} \leq \tau_c$$

l'IPE est conforme.

15) S<sub>2</sub>:  $G_{max} = 193,95 \text{ MPa.}$

$$\underline{P_{max}} = \frac{193,95}{235} \times 10^3 = \frac{235}{193,95} \times 10 = 12,12 \text{ kN.}$$

$$16) \underline{P_{S_2}} = G_2 (12 + 2 \sqrt{2}) \times 3,81 = 1876,5 \text{ kN} \\ = 1,88 \text{ MN.}$$

$$17) \underline{\alpha} = \frac{P_{max} - 1,88 \times 10^3}{1,88 \times 10^3} = \frac{12,12 - 1,88}{1,88} = 5,65.$$

18) pour le même profilé, la structure S<sub>2</sub> a un ratio plus intéressant que celui de la structure S<sub>1</sub>, la structure à choisir est donc la S<sub>2</sub>.

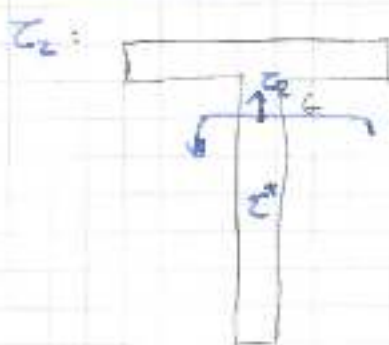
Contraintes tangentes de un IPE 200.

23) on a concentration du flux dans le profil (Z<sub>2</sub> est continu)  
~~les contraintes sont nulles aux bords et  $\sigma_{xy}$  est sur~~  
 une symétrie des profil selon y pour Z<sub>4</sub>.

24)  $d_3 = d = 29,5 \text{ mm}$ .

$d_4 = \frac{b - s_3}{2} = \frac{100 - 36,66}{2} = 31,67 \text{ mm}$ .

25)  $\tau_1 = \tau_5 = 0$ . (ils sont sur le bord).



$\tau_2 = \frac{V_y}{I_z} \frac{S_2(Z^*)}{t_w}$   
 $= \frac{1,25 \times 10^3}{117,05 \times 10^{-8}} \frac{1,682 \times 10^{-5}}{5,6 \times 10^{-3}}$

$S_2(Z^*) = 7,75 \times 10^{-2} \times 5,6 \times 10^{-3} \times \frac{29,5}{2}$   
 $= 1,682 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

$\tau_2 = -3,26 \text{ MPa}$ .

$\tau_3 = \frac{V_y}{I_z} \frac{S_2(Z^*)}{t_w}$

$\tau_3 = -3,20 \text{ MPa}$ .

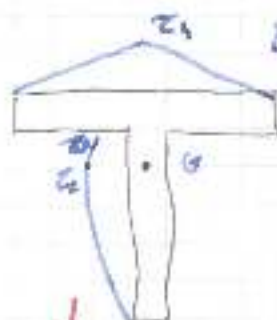
$S_2(Z^*) = 79,5 \times 10^{-3} \times 5,6 \times 10^{-3} \times \frac{37,6}{2}$   
 $= 1,68 \times 10^{-5} \text{ m}^3$



$\tau_4$ : le flux est continu.

d'où  $\tau_3 t_w = 2 \tau_4 t_f$

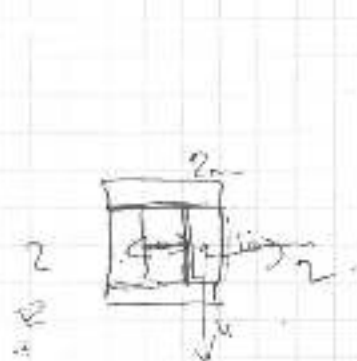
d'où  $\tau_4 = \frac{\tau_3 t_w}{2 t_f} = \frac{3,20 \times 10^6 \times 5,6}{2 \times 9,5} = 1,05 \text{ MPa}$ .



26) En comparant avec le résultat ANR, on observe que la contrainte maximale dans l'âme est situé au même endroit et de même ordre de grandeur, que ce qui est le cas également des autres valeurs calculés. Cependant dans la norme on a pas de discussion ~~linéaire~~ <sup>(dans l'âme)</sup>, mais nous dit que la contrainte est nulle dès la fin du cône de rayon.

27) les hypothèses faites dans le cours de RDN pour calculer les contraintes tangentielles sont donc validées

De plus l'hypothèse affirmant que les contraintes <sup>tangentielles</sup> sont exclusivement dans l'âme est validée également, d'où la validation de l'approximation de  $\tau_y = \frac{V_y}{A_{âme}}$  calcul?



$I_z =$

**Résistance des matériaux – Test 2 – sujet**

On cherche à réaliser une structure de portée 12 m et de dénivelée 2 m résistant à une charge totale de  $P = 10 \text{ kN}$  à l'aide d'un profilé unique.

Les critères mécaniques retenues seront :  $\sigma \leq \sigma_e = 235 \text{ MPa}$  et  $\tau \leq \sigma_e / 2$

**Annexe I :** Caractéristiques de profilés métalliques

On considère 2 structures possibles :

**Annexe II :**  $(S_1)$  sans porte à faux et  $(S_2)$  avec porte à faux.

**Vérification d'un profilé  $(S_1)$  - 7 pts**

La structure  $(S_1)$  est réalisée à l'aide d'un profilé **IPE 140**

Poutre AB

1. Type de sollicitations ?
2. Répartition des contraintes normales dans la section la plus sollicitée (numérique)

Poutre BD

3. Type de sollicitations ?
4. Répartition des contraintes normales dans la section la plus sollicitée (numérique)

Structure  $(S_1)$

5. Quelle section est la plus sollicitée en contrainte tangente ?

En supposant sous l'effet d'un effort tranchant  $V$  une répartition uniforme des contraintes tangentées  $\tau_x$  dans l'âme du profilé

6. Calculer la contrainte tangente maximum.
7. Quelle est la charge totale maximale  $P_{max}$  que peut reprendre cette structure ?
8. Quel est le poids de cette structure ?

On considère que le poids se répartit de la même manière que la charge extérieure

9. Le poids est-il négligeable ?
10. Calculer le ratio charge extérieure maximale sur poids

Remarque : charge totale maximale = charge extérieure maximale + poids

Optimisation  $(S_1)$

La structure  $(S_1)$  est réalisée à l'aide d'un profilé IPE 160

11. Calculer le ratio charge extérieure maximale sur poids
12. Conclure

**Dimensionnement d'un profilé  $(S_2)$  - 4 pts**

La structure  $(S_2)$  est réalisée à l'aide d'un profilé IPE

Poutre AC

13. Déterminer le meilleur profilé IPE vis-à-vis des contraintes normales

Poutre BD

14. Vérifier le profilé précédemment déterminé

Structure  $(S_2)$

15. Quelle est la charge totale maximale  $P_{max}$  que peut reprendre cette structure ?
16. Quel est le poids de cette structure ?

On considère que le poids se répartit de la même manière que la charge extérieure


17. Calculer le ratio charge extérieure maximale sur poids
18. Conclure sur le choix d'une structure


## Flexion composée et section non symétrique - 4 pts

Dans cette partie, on considère la structure  $\{S_1\}$  avec une charge totale  $P = 4,26 \text{ kN}$

On étudie la poutre  $BD$  réalisée avec un profilé **1/2 IPE 200** cf **Annexe I**

19. Déterminer les sollicitations :  $N$  et  $M$ , dans la section la plus sollicitée

20. Répartition des contraintes normales (numérique) 

21. Répartition des contraintes normales (numérique) avec la semelle vers le bas 

22. Conclusion

## Contraintes tangentes dans un 1/2 IPE 200 - 5 pts

On considère un profilé **1/2 IPE 200** soumis à un effort tranchant de  $1,25 \text{ kN}$

Les résultats MMC sont donnés en **Annexe II**.

23. Rappeler les hypothèses de RDM permettant un calcul simple des contraintes tangentes dans un profil mince.

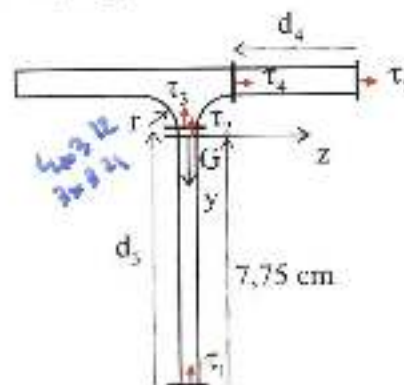
$\tau_z$  est au niveau du centre de gravité

$\tau_2$  et  $\tau_4$  sont au début et fin du congé de rayon  $r$

$\tau_1$  et  $\tau_3$  sont à la limite de la section

24. Calculer les distances  $d_3$  et  $d_4$

25. Calculer les contraintes  $\tau_1$  à  $\tau_5$



26. Comparer aux résultats MMC

27. Conclusion

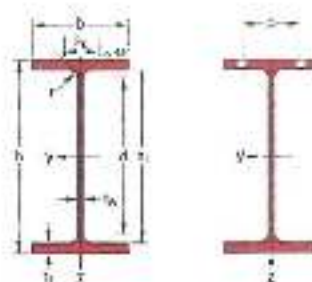
# Annexe I :

## Caractéristiques profilés

### IPE

Remarque :

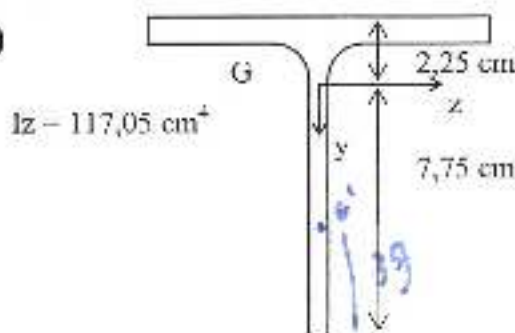
L'axe y de la documentation correspond à l'axe z du repère local en RDM (EN1993-1-1)



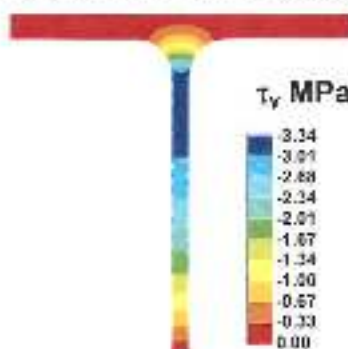
Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statistische Kennwerte												Classification EN 1993-1-1					
	axe fort y-y strong axis y-y						axe faible z-z weak axis z-z						axe y-y		axe z-z			HISTOR
	$i_y$ cm	$I_{yy}$ cm <sup>4</sup>	$W_{pl,y}$ cm <sup>3</sup>	$W_{el,y}$ cm <sup>3</sup>	$i_z$ cm	$I_{zz}$ cm <sup>4</sup>	$W_{pl,z}$ cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ cm <sup>3</sup>	$t_w$ cm	$t_f$ mm	$h$ cm	$h_w$ cm	1	2	3	4	5	
IPE 120	10,4	317,8	52,76	60,73	4,90	6,21	27,67	3,65	11,58	1,45	25,20	1,71	0,89	1	1	-	1	1
IPE 140	12,9	541,2	77,32	86,30	5,74	7,64	44,30	12,31	15,25	1,60	28,10	2,45	1,90	1	1	-	1	1
IPE 160	15,8	869,3	106,7	123,9	6,58	9,66	68,31	16,66	21,10	1,81	32,28	3,6	2,96	1	1	-	1	1
IPE 180	18,8	1317	146,3	166,4	7,42	11,25	100,9	22,16	28,60	2,05	37,84	4,79	3,43	1	1	-	1	2
IPE 200	22,4	1941	194,1	220,6	8,26	14,00	142,4	28,82	44,81	2,24	36,69	6,98	4,91	1	1	-	1	2

Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen							Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
	$G$ kg/m	$b$ mm	$b_1$ mm	$t_w$ mm	$t_f$ mm	$r$ mm	$A$ cm <sup>2</sup>	$t_w$ mm	$t_f$ mm	$\phi$	$f_{min}$ mm	$f_{max}$ mm	$A_k$ cm <sup>2</sup>	$A_g$ cm <sup>2</sup>
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,21	107,4	93,4	-	-	-	0,175	45,82
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,43	126,1	112,3	-	-	-	0,251	47,30
IPE 160	15,8	160	82	5	7,4	8	21,09	145,7	127,2	-	-	-	0,323	39,47
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8	9	23,95	164	146	M10	48	48	0,598	37,13
IPE 200	22,4	200	102	5,6	8,5	12	28,48	183	159	M10	54	58	0,768	34,36

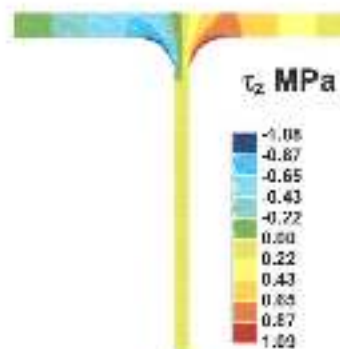
### 1/2 IPE 200



### Contraintes tangentes MMC



V=1,25 kN





## Annexe II :

## Sollicitations

