

## EXAMEN FINAL DE CHARPENTE MÉTALLIQUE

### Partie 1 : Questions de Cours (10 pts)

Nom et Prénoms	Date de naissance	Section	Groupe
.....	.....	.....	.....

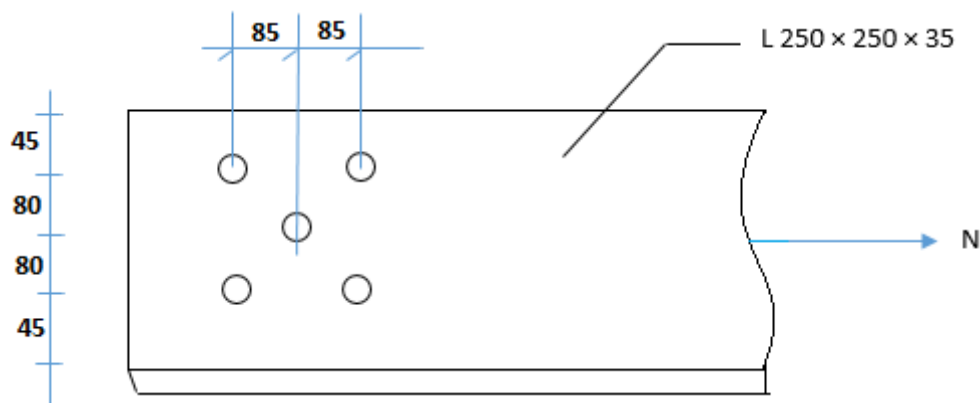
1. Les pannes sont assemblées aux traverses par **les échantignolles**
2. Dans le CCM 97, la sécurité des structures est assurée par la méthode **des Etats limites**
3. Citer les types de pannes
  - 1- **Pannes faîtières**
  - 2- **Pannes intermédiaires**
  - 3- **Pannes sablières**
4. L'effort tranchant est pris en considération en calculs quand il dépasse 50% de  $V_{pl,Rd}$  car
  - ☐ Il est compensé par l'écrouissage du matériau
  - ☐ Il est négligeable
  - ☐ **Ni l'un ni l'autre**
5. Le raidisseur permet d'assembler
  - ☐ Les barres des fermes
  - ☐ Les poteaux aux traverses
  - ☐ **Ni l'un ni l'autre**
6. Le module d'élasticité longitudinale de l'acier est 21 000 N/mm<sup>2</sup>
  - ☐ Vrai
  - ☐ **Faux**
7. La section nette est égale à la section brute moins les trous où le voilement se produit
  - ☐ Vrai
  - ☐ **Faux**
8. Les lisses de bardage sont les éléments métalliques qui supportent la toiture
  - ☐ Vrai
  - ☐ **Faux**
9. Les actions accidentelles sont des actions de très courte durée dont la présence avec une grandeur significative est très probable au cours de la durée de service prévue
  - ☐ Vrai
  - ☐ **Faux**
10. Le risque de voilement local peut être évité en
  - ☐ Augmentant le rapport largeur/épaisseur (élancement) des parois constitutives
  - ☐ **Limitant le rapport largeur/épaisseur (élancement) des parois constitutives**

## EXAMEN FINAL DE CHARPENTE MÉTALLIQUE

### Partie 2 : Exercices (10 pts)

#### Exercice 1 : (4 pts)

Calculer la charge maximale de traction que peut supporter une barre métallique en L (cornière) 250x250x35 ( $A = 162 \text{ cm}^2$ ), en acier Fe 360, comportant des perçages de diamètre 30mm, comme indiqué sur la figure suivante.



#### Exercice 2 : (6 pts)

Soit une poutre isostatique en profilé laminé à chaud type IPN.

1. Dimensionner la poutre à sa mi-travée lorsqu'elle est soumise au chargement de la figure 1.
2. Vérifier la résistance du profilé trouvé à  $x=L/4$  lorsqu'il est soumis au chargement de la figure 2.

Données :  $L=7,00\text{m}$  ;  $q=20\text{kN/ml}$  ;  $N=500\text{kN}$  ;  $A_v=3018\text{mm}^2$  ; Acier Fe 360 ;  $\gamma_{M0}=1,10$  ; Poids propre nul.

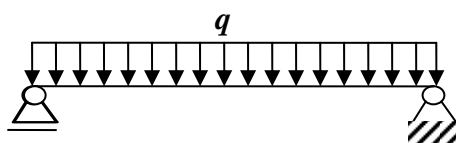


Figure 1

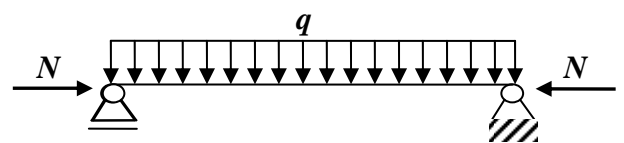
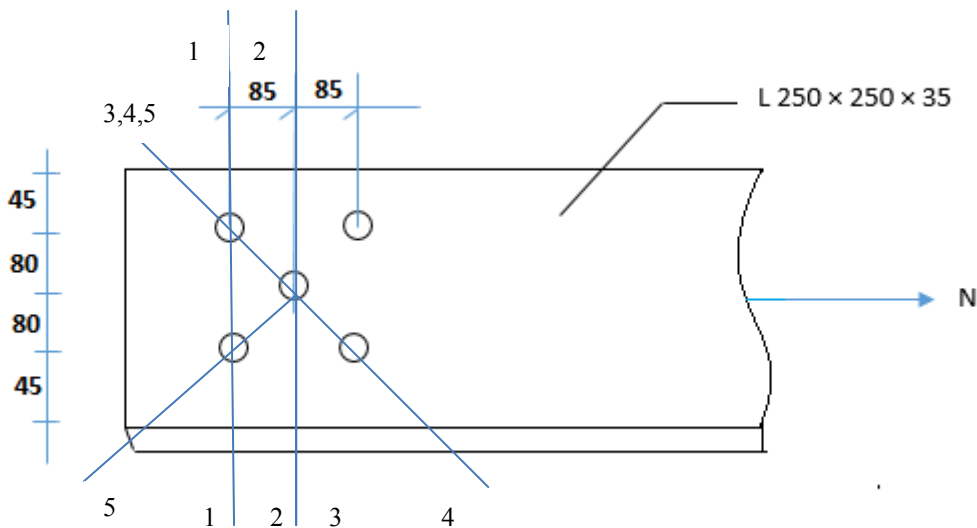


Figure 2

Bon courage ;  
 CHERIF Z.E.A. et HAMDAOUI K.

### Solution de l'exercice 1 :



$(0,25)$

Il s'agit d'une cornière **L 250x250x35** ( $A=162 \text{ cm}^2$ ) soumise à la traction simple, donc elle doit obéir à la condition de résistance suivante :

$$N_{t, sd} \leq N_{t, rd}$$

Or, il est demandé de déterminer la charge maximale que peut supporter cette pièce. Ce qui veut dire que  $N_{\max}$  est la plus grande valeur des trois données par le règlement : à savoir,  $N_{pl,rd}$  ;  $N_{u,rd}$  ou  $N_{net,rd}$

•  $(0,25)$

Donc il faut les calculer pour répondre à la question posée.

D'abord, on commence par :

La section du vide (trou) :  $A_v = d \times t = 30 \times 35 = 1050 \text{ mm}^2$  (0,5)

Ensuite les différentes sections nettes en fonction des différentes lignes de rupture potentielles.

$$A_{n1} = A - 2A_v = 16200 - 2(1050) = 14100 \text{ mm}^2 \quad (0,25)$$

$$A_{n2}=A-1A_v=16200-1(1050)=15150 \text{ mm}^2 \quad (0,25)$$

$$A_{n3}=A-2A_v+\sum s_i^2t/4g_i = 16200 - 2(1050) + 1(85^2 \times 35)/(4 \times 80) = 14890 \text{ mm}^2 \text{ (0,25)}$$

$$A_{n4}=A_{n5}=A-3A_v+\sum s_i^2t/4g_i = 16200-3(1050)+2(85^2 \times 35)/(4 \times 80) = 14630 \text{ mm}^2 \text{ (0,25) + (0,25)}$$

La section la plus défavorable est donc la plus petite :

$$A_n = \min (A_{n1}, A_{n2}, A_{n3}, A_{n4}, A_{n5}) = A_{n1} = 14100 \text{ mm}^2 \quad (0,5)$$

Maintenant, on calcule les efforts résistants.

$$N_{pl,rd} = A f_y / \gamma_{m1} = 16200 \times 235 / 1,1 = 3482,27 \text{ kN} \quad (0,25)$$

$$N_{u,rd} = 0,9 A_n f_u / \gamma_{m2} = 0,9 \times 14100 \times 360 / 1,25 = 3654,72 \text{ kN} (0,25)$$

$$N_{\text{net,rd}} = A_n f_y / \gamma_{m1} = 14100 \times 235 / 1,1 = 3012,27 \text{ kN} \quad (0,25)$$

Enfin, la réponse à la question est :

La charge maximale que peut supporter cette cornière est :

$$N_{\max} = N_{\text{u,rd}} = 3654,72 \text{ kN} \quad (0,5)$$

## Solution de l'exercice 2 :

### 1. Dimensionnement de la poutre à mi-travée (figure 1) :

À mi-travée, la section est soumise uniquement à un moment fléchissant ( $M_{sd}$ ).

$$M_{sd} = M_{\max} \leq M_{c.Rd}$$

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{20 \cdot 49}{8}$$

$$M_{\max} = 122,5 \text{ KN.m}$$

Supposant que le profilé recherché est de classe 1 ou 2 :

$$M_{sd} \leq M_{c.Rd} = M_{pl.y.Rd} = \frac{W_{pl.y} f_y}{\gamma_{M0}}, \text{ d'où } W_{pl.y} \geq \frac{M_{sd} \gamma_{M0}}{f_y}$$

$$W_{pl.y} \geq \frac{122,5 \cdot 10^6 \cdot 1,10}{235} = 573404,255 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl.y} \geq 573,404 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad (0,5)$$

D'après les tableaux, le premier profilé métallique de type IPN qui respect la condition est

$$\text{IPN280} \quad (0,5) \quad (W_{pl.y} = 632 \cdot 10^3 \text{ mm}^3)$$

### Confirmation de la classe du profilé IPN280 :

D'après les tableaux, les caractéristiques du profilé IPN280 sont :

$h=280\text{mm}$  ;  $b=119\text{mm}$  ;  $t_w=10,1\text{mm}$  ;  $t_f=15,2\text{mm}$  ;  $r=r_1=10,1\text{mm}$  ;  $A=6100\text{mm}^2$  ;  $d=225,1\text{mm}$  ;

$W_{pl.y}=632000\text{mm}^3$  ;  $W_{pl.z}=103000\text{mm}^3$  ;  $W_{el.y}=542000\text{mm}^3$  ;  $W_{el.z}=61200\text{mm}^3$ .

$$\text{Pour la semelle : } \frac{c}{t_f} = \frac{(119/2)}{15,2} = 3,91 \leq 10\varepsilon = 10\sqrt{\frac{235}{235}} \Rightarrow \text{Classe 1}$$

$$\text{Pour l'âme : } \frac{d}{t_w} = \frac{225,1}{10,1} = 22,29 \leq 72\varepsilon = 72\sqrt{\frac{235}{235}} \Rightarrow \text{Classe 1}$$

Confirmé, la section du profilé IPN280 est de classe 1. (0,5)

### 2. Vérification de la section à $x=L/4$ (figure 2) :

À  $x=L/4$ , la section est soumise à ( $M_{sd}+N_{sd}+V_{sd}$ ).

Détermination des sollicitations à  $x=L/4$  :

$$N_{sd}=500\text{KN} ;$$

$$V_{sd}=V(x=L/4)=\frac{ql}{2}-qx=\frac{20 \cdot 7}{2}-20\left(\frac{7}{4}\right)=35\text{KN} \quad (0,5)$$

$$M_{sd}=M(x=L/4)=\frac{ql}{2}x-\frac{qx^2}{2}=\frac{20 \cdot 7}{2}\left(\frac{7}{4}\right)-\frac{20 \cdot \left(\frac{7}{4}\right)^2}{2}=91,875\text{KN.m} \quad (0,5)$$

### Calcul de $V_{pl,Rd}$ :

$$V_{pl,Rd} = 0,58 \cdot f_y \cdot A_v / \gamma_{M0}$$

$$A_v = 3018 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,10$$

$$V_{pl,Rd} = 0,58 \cdot 235 \cdot 3018 / 1,10$$

$$V_{pl,Rd} = 373957,636 \text{ N} = 373,957 \text{ KN} \quad (0,5)$$

### Comparaison de $V_{sd}$ avec $0,5V_{pl,Rd}$ :

$$V_{sd} = 35 \text{ KN}$$

$$0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 373,957 = 186,978 \text{ KN}$$

$$\text{Donc : } V_{sd} < 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \quad (0,5)$$

Les calculs sont faits sans tenir compte de l'effet de l'effort tranchant.

### Vérification de la section du profilé *IPN280* soumise à ( $M_{sd} + N_{sd}$ ) :

Cette section, de classe 1, est soumise à un effort normal  $N_{sd}$  et un moment fléchissant  $M_{sd}$  autour de l'axe  $yy$ , donc, on doit satisfaire la condition du cas a :

$$M_{sd} \leq M_{Ny,Rd}$$

$$M_{Ny,Rd} = M_{pl,y,Rd} \left( \frac{1 - \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}}}{1 - 0,5a} \right)$$

### Calcul de $M_{pl,y,Rd}$ :

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{632 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,10}$$

$$M_{pl,y,Rd} = 135018181,818 \text{ N.mm} = 135,018 \text{ KN.m} \quad (0,5)$$

### Calcul de $N_{pl,Rd}$ :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6100 \cdot 235}{1,10}$$

$$N_{pl,Rd} = 1303181,818 \text{ N} = 1303,182 \text{ KN} \quad (0,5)$$

### Calcul de $a$ :

$$a = \min \left[ \frac{A_w}{A}; 0,5 \right] \text{ avec } A_w = A - 2 \cdot b \cdot t_f$$

$$A_w = 6100 - 2 \cdot 119 \cdot 15,2$$

$$A_w = 2482,4 \text{ mm}^2$$

$$a = \min \left[ \frac{2482,4}{6100} = 0,407; 0,5 \right]$$

$$a = 0,407 \quad (0,5)$$

Donc :

$$M_{Ny.RD} = 135,018 * \left( \frac{1 - \frac{500}{1303,182}}{1 - (0,5 * 0,407)} \right)$$

$$M_{Ny.RD} = 104,475 \text{ KN.m} \quad (0,5)$$

**Vérification de la condition de résistance :**

$$M_{Sd} \leq M_{Ny.Rd}$$

$$M_{Sd} = 91,875 \leq M_{Ny.Rd} = 104,475$$

**La section du profilé *IPN280* vérifie la condition de résistance à  $x=L/4$ . (0,5)**