

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Constructions Métalliques

SESSION 2016

### E4. Analyse et Calcul des Structures

U4.1 Mécanique

Durée : 4h - coefficient : 3

#### Contenu du dossier

Page de garde (intitulé du sujet) : Page 1/6  
Questionnaire : Pages 2/6 à 5/6  
Annexe : Page 6/6  
Nombre total de pages : 6 pages A4

#### Barème indicatif

Partie 1 : 4 points  
Partie 2 : 6 points  
Partie 3 : 4 points  
Partie 4 : 6 points

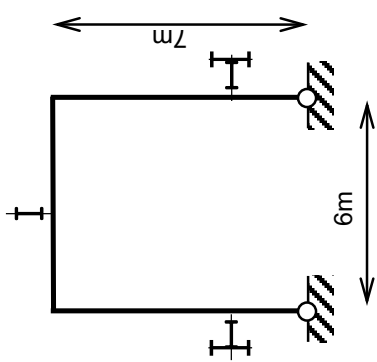
#### Recommandations

Le dossier technique d'étude est commun aux épreuves E4 et E5  
Aucun document autorisé

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES	
	SUJET	Épreuve : U41 Mécanique	Calculatrice autorisée	
SESSION 2016				
Durée : 4h00	Coefficient : 3		Page : 1/6	

#### Partie 1 : Étude des caractéristiques géométriques des poteaux de la palée de stabilité file G

La stabilité du long pan file G est assurée par un portique cadre dont le modèle mécanique est donné ci-contre.  
Les 2 poteaux sont en PRS 700x10-280x14 renforcé par un IPE 550.  
La traverse est en IPE550.



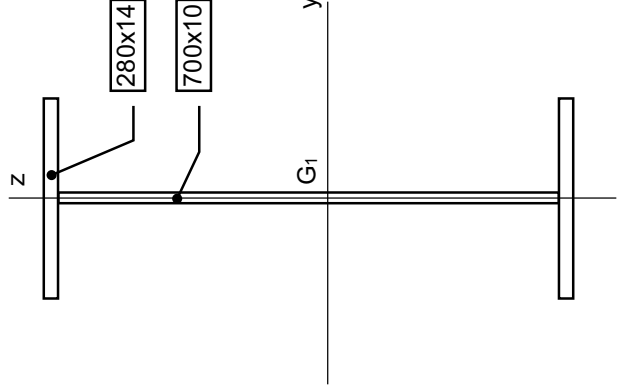
##### 1.1 - Étude d'une section droite du PRS seul

L'âme du PRS est réalisée en plat de 700 épaisseur 10.  
Les 2 semelles sont en plats de 280 épaisseur 14.  
Le centre de gravité  $G_1$  de la section et les axes principaux sont représentés ci-contre.

Q1.1-Calculer l'aire  $A_1$  de la section droite du PRS.

Q1.2-Calculer son moment quadratique  $I_{G1y}$  par rapport à l'axe  $G_1y$ .

Q1.3-Calculer son moment quadratique  $I_{G1z}$  par rapport à l'axe  $G_1z$ .



##### 1.2 - Étude d'une section droite du PRS renforcé

Ce PRS est renforcé par un IPE 550.

Caractéristiques IPE 550 :

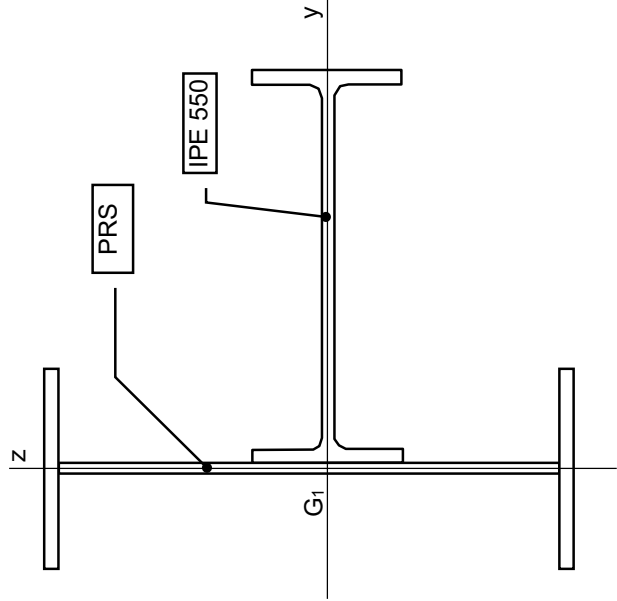
h = 550      b = 210  
tf = 17,2      tw = 11,1  
A= 134,4 cm<sup>2</sup>  
I<sub>y</sub> = 67116,5 cm<sup>4</sup>  
I<sub>z</sub> = 2666,5 cm<sup>4</sup>

Pour cette section PRS + IPE :

Q1.4-Calculer, au mm près, les coordonnées  $y_G$ ,  $z_G$  de son centre de gravité  $G$  dans le repère  $(G1,y,z)$ .

Q1.5-Calculer son moment quadratique  $I_{Gy}$  par rapport à l'axe  $Gy$ .

Q1.6-Calculer son moment quadratique  $I_{Gz}$  par rapport à l'axe  $Gz$ .



Partie 2 : Étude à l'ELS du portique cadre file G sous l'effet du vent

Modèle mécanique retenu pour cette étude :

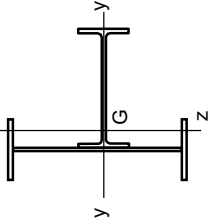
- poteaux AB et CD en PRS 700x10-280x14 renforcé par un IPE 550
- traverse est en IPE550

Caractéristiques du PRS renforcé à utiliser

A = 300 cm<sup>2</sup>

$I_{Gy} = 132000\text{ cm}^4$

$I_{Gz} = 125000\text{ cm}^4$



Caractéristiques IPE 550 :

h = 550

b = 210

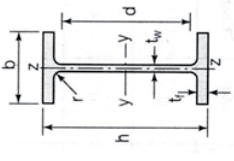
tf = 17,2

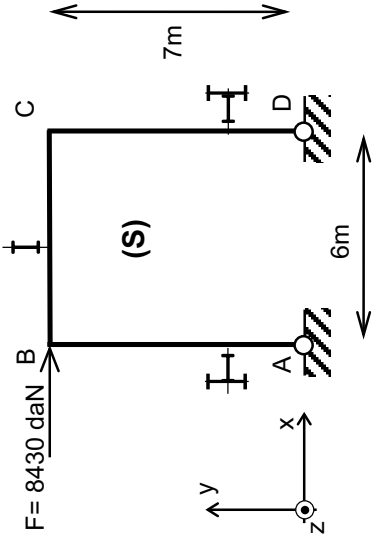
tw = 11,1

A = 134,4 cm<sup>2</sup>

$I_y = 67116,5\text{ cm}^4$

$I_z = 2666,5\text{ cm}^4$





Q2.1-Calculer le degré d'hyperstaticité de ce portique.

Q2.2-Décomposer le chargement de vent (**S**) en un chargement symétrique (**S<sub>s</sub>**) et un chargement antisymétrique (**S<sub>as</sub>**) tel que (**S**) = (**S<sub>s</sub>**) + (**S<sub>as</sub>**) et les représenter.

Q2.3-Donner en les justifiant les actions aux appuis du système symétrique (**S<sub>s</sub>**).

Q2.4-En utilisant les propriétés du système antisymétrique (**S<sub>as</sub>**), calculer ses actions aux appuis.

Q2.5-En déduire les actions aux appuis de (**S**) que vous représenterez sur un schéma.

Q2.6-Tracer les diagrammes des sollicitations **N**, **V** et **M<sub>r</sub>** dans (S).

Q2.7-Donner le principe du calcul du déplacement horizontal **d<sub>x</sub>** du nœud B par la méthode de la charge unité.

Q2.8-Calculer le déplacement horizontal **d<sub>x</sub>** du nœud B.

Q2.9-La vérification aux ELS impose un déplacement en tête de poteau inférieur à H/150. Conclure quant à cette vérification aux ELS.

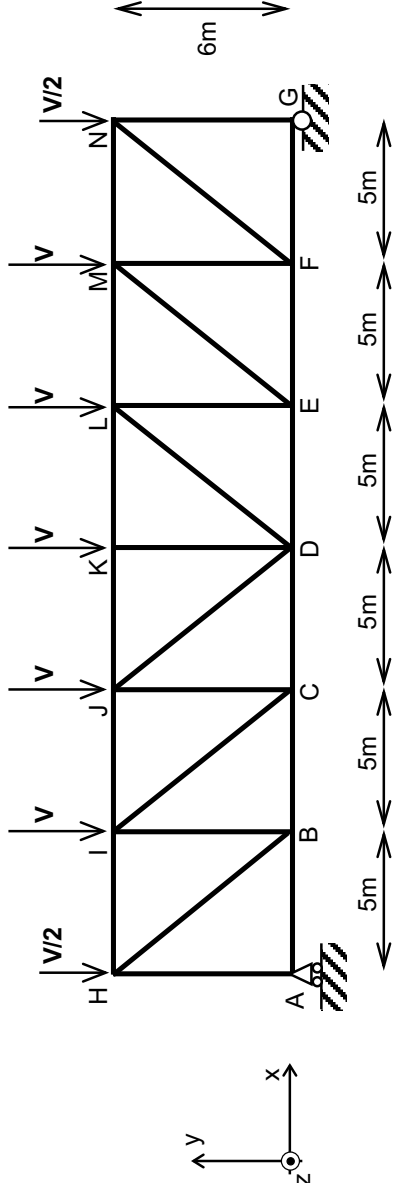
Q2.10-Représenter la structure (**S**) déformée.

Partie 3 : Étude de la poutre au vent de toiture

La poutre au vent de la palée de stabilité est modélisée comme une poutre en treillis (toutes les barres sont articulées sur les nœuds).

L'appui A est de type appui simple

L'appui G est de type articulation



Profiles utilisés

- membres : PRS 600x6-220x10
- montants AH et GN : TC 120x120x4
- autres montants : UPN 120
- diagonales : L 60x60x6

Le chargement dû au vent longitudinal est composé de forces ponctuelles aux nœuds avec V=3142 daN à l'ELS.

Q3.1- Calculer le degré d'hyperstaticité de cette structure.

Q3.2- Calculer les actions aux appuis A et G.

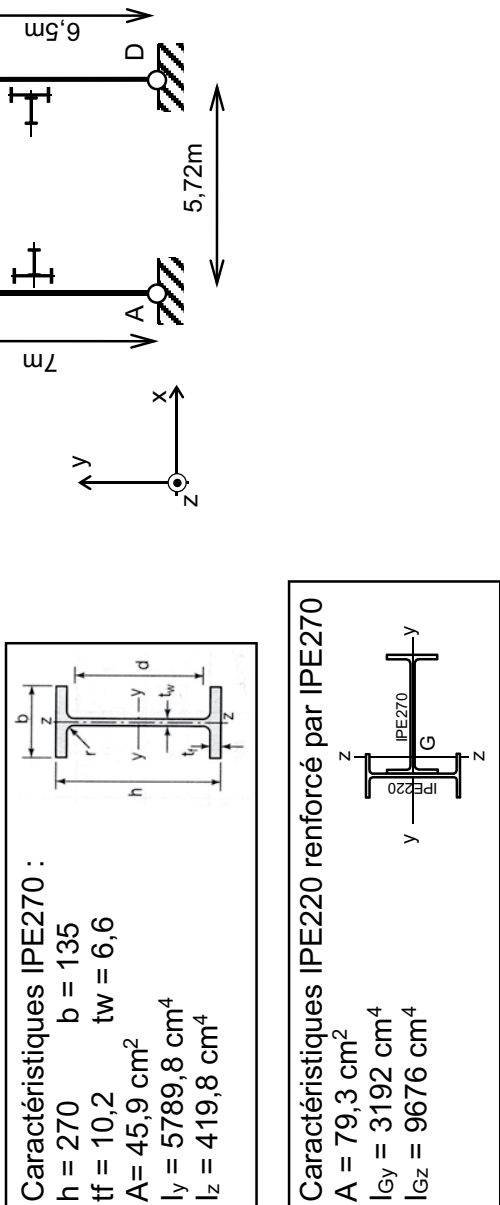
Q3.3- Indiquer la (ou les) diagonale (s) où l'effort normal est le plus élevé ?

Q3.4- Calculer l'effort normal dans les barres AB, BH et HI. Indiquer si elles sont tendues ou comprimées.

Q3.5- En utilisant la méthode des coupures (ou de Ritter), calculer l'effort normal dans les barres CD, JK et DJ. Indiquer si elles sont tendues ou comprimées.

Partie 4 : Étude à l'ELU de la stabilité du pan de fer pignon1 entre les files F et G

Le modèle de calcul est le suivant :  
La traverse BC est en IPE270  
Les poteaux AB et CD sont IPE220 renforcé par IPE270  
Chargement : F = 1200 daN



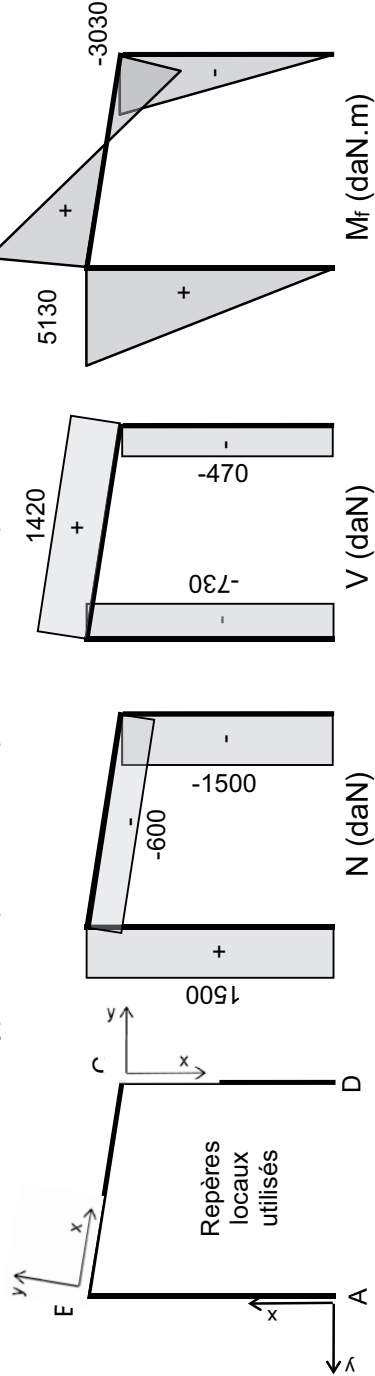
4.1 - Détermination des actions aux appuis

Q4.1- En utilisant la méthode des forces, calculer les actions aux appuis A et D.

Q4.2- Représenter la structure avec tous les efforts appliqués (chargement + actions aux appuis)

4.2 - Détermination des contraintes dans la section la plus sollicitée

Pour un cas de charge différent, on donne les diagrammes des sollicitations N, V et M<sub>r</sub> dans la structure hyperstatique à utiliser pour la suite du problème.



Q4.3- Quelles sont les valeurs de N, V et M<sub>r</sub> dans la section la plus sollicitée de la traverse ? Quel type de sollicitation est-ce ?

Q4.4- Tracer le diagramme de répartition des contraintes normales dans cette section droite. Donner la valeur de la contrainte normale au niveau du centre de gravité et des fibres extrêmes.

Annexe

Intégrales de MOHR :  $\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} M(x) m(x) dx$

à multiplier par  $\frac{\ell}{EI}$  pour M<sub>f</sub>,  $\frac{\ell}{EA}$  pour N, ou  $\frac{\ell}{GA_t}$  pour V.

$\ell$  = longueur du tronçon d'intégration.

$\frac{M(x)}{m(x)}$	$m$	$m$	$m$	$m_g$	$m$	$m$	$m$
$M$	$\ell$	$\ell$	$m$	$\frac{m_g}{\ell/2}$	$\frac{m}{\ell/2}$	$\frac{m}{\ell/2}$	$\frac{m}{\alpha + \beta = 1}$
$M$	$M$	$M$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{2} M(m_g + m_d)$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{2} Mm$
$M$	$M$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{3} Mm$	$\frac{1}{6} M(m_g + 2m_d)$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{6} Mm(1 + \alpha)$
$M$	$M$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{6} Mm$	$\frac{1}{6} M(2m_g + m_d)$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{6} Mm(1 + \beta)$
$M_g$	$M_d$	$\frac{m}{2} (M_g + M_d)$	$\frac{m}{6} (2M_g + M_d)$	$\frac{1}{6} (2M_g m_g + 2M_d m_d + M_d m_g)$	$\frac{m}{4} (M_g + M_d)$	$\frac{m}{4} (M_g + M_d)$	$\frac{1}{6} m [M_d (1 + \beta) + M_g (1 + \alpha)]$
$M$	$M$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{4} M(m_g + m_d)$	$\frac{1}{3} Mm$	$\frac{1}{3} Mm$	$\frac{1}{12} Mm (3 - 4\alpha^2) / \beta$
$M$	$M$	$\frac{1}{2} Mm$	$\frac{1}{6} Mm(1 + \alpha)$	$\frac{1}{6} M[m_g (1 + \beta) + m_d (1 + \alpha)]$	$\frac{1}{12} Mm (3 - 4\alpha^2) / \beta$	$\frac{1}{12} Mm (3 - 4\alpha^2) / \beta$	$\frac{1}{3} Mm$
$M$	$M$	$\frac{2}{3} Mm$	$\frac{1}{3} Mm$	$\frac{1}{3} M(m_g + m_d)$	$\frac{5}{12} Mm$	$\frac{5}{12} Mm$	$\frac{1}{3} Mm (1 + \alpha\beta)$
$M$	$M$	$\frac{2}{3} Mm$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{12} M(5m_g + 3m_d)$	$\frac{17}{48} Mm$	$\frac{17}{48} Mm$	$\frac{1}{12} Mm (5 - \alpha - \alpha^2)$
$M$	$M$	$\frac{2}{3} Mm$	$\frac{5}{12} Mm$	$\frac{1}{12} M(3m_g + 5m_d)$	$\frac{17}{48} Mm$	$\frac{17}{48} Mm$	$\frac{1}{12} Mm (5 - \beta - \beta^2)$
$M$	$M$	$\frac{1}{3} Mm$	$\frac{1}{4} Mm$	$\frac{1}{12} M(3m_g + m_d)$	$\frac{7}{48} Mm$	$\frac{7}{48} Mm$	$\frac{1}{12} Mm (1 + \beta + \beta^2)$
$M$	$M$	$\frac{1}{3} Mm$	$\frac{5}{12} Mm$	$\frac{1}{12} M(m_g + 3m_d)$	$\frac{7}{48} Mm$	$\frac{7}{48} Mm$	$\frac{1}{12} Mm (1 + \alpha + \alpha^2)$
$M$	$M$	$\frac{1}{6} m(3M_g + 3M_d + 4M_0)$	$\frac{1}{6} m(M_g + 2M_d + 2M_0)$	$\frac{m_g}{6} (2M_g + M_d + 2M_0) + 2M_0 + \frac{m_d}{6} (M_g + 2M_0) + 2M_d + 2M_0$	$\frac{1}{4} m(M_g + M_d + 2M_0)$	$\frac{1}{4} m(M_g + M_d + 2M_0)$	$\frac{1}{6} m [M_g (1 + \beta) + M_d (1 + \alpha) + 2 M_0 (1 + \alpha\beta)]$
$M$	$M$	$\frac{m}{6} (M_g + M_d + 4M_t)$	$\frac{m}{6} (M_d + 2M_t)$	$\frac{m_g}{6} (2M_g + M_d + 2M_0) + 2M_0 + \frac{m_d}{6} (M_g + 2M_0) + 2M_d + 2M_0$	$\frac{1}{6} m(M_g + M_d + 2M_t)$	$\frac{1}{6} m(M_g + M_d + 2M_t)$	$\frac{1}{6} m [M_g (1 + \beta) + M_d (1 + \alpha) + 2 M_0 (1 + \alpha\beta)]$

Nota : m, m<sub>g</sub>, m<sub>d</sub>, m, M, M<sub>g</sub>, M<sub>d</sub>, M<sub>t</sub> et M<sub>0</sub> sont à prendre en valeur algébrique (avec leur signe).  
M<sub>0</sub> est le moment fléchissant maxi du tronçon iso sur 2 appuis simple (M<sub>0</sub> = ± p<sup>2</sup>/8)