



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Montpellier  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## CONSTRUCTIONS METALLIQUES

SESSION 2016

### E4 : Analyse et Calcul des structures

#### U4.2 Note de calculs

**Durée : 4h – Coefficient : 3**

#### **Contenu du dossier**

1 page de garde 1/17  
3 pages de sujet 2 à 4/17  
2 pages d'annexes 5 et 6/17  
11 pages de documents réponses 7 à 17/17

#### **Barème indicatif**

1 / 2 points  
2 / 6 points  
3 / 2 points  
4 / 4 points  
5 / 6 points

#### **Recommandations**

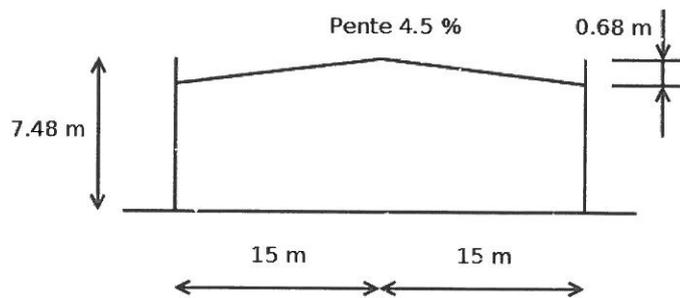
Les 5 parties sont indépendantes

Les 11 documents réponses sont à rendre avec votre copie classés dans l'ordre même si vous n'avez apporté aucune réponse.

CODE ÉPREUVE : CME4CAL	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : Constructions Métalliques
SESSION 2016	SUJET	ÉPREUVE : U4 .2 Note de calculs	Calculatrice autorisée
Durée : 4 h	Coefficient : 3		Page : 1/17

## 1. Action de la neige

On donne le schéma simplifié suivant en coupe sur portique courant (travées n° 2 à 13)



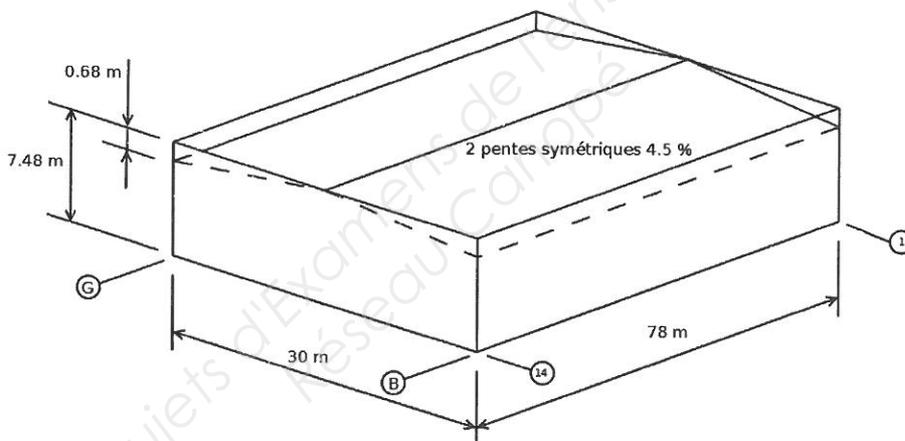
1-1 Compléter le document réponse 1/1 page 7

1-2 Compléter le document réponse 2/1 page 8 pour le/les cas de neige uniformément répartie

1-3 Compléter le document réponse 3/1 page 9 pour le/les cas de neige redistribuée

## 2. Action du vent

On donne la vue schématique du bâtiment en perspective pour l'ensemble des questions concernant le vent.



2-1 Action du vent

Compléter le document réponse 1/2 page 10 afin de déterminer  $q_p(z)$

2-2 Vent sur pignon travée 14

2-2-1 Action sur les parois verticales

a) Compléter le document réponse 2/2 page 11 en faisant apparaître :

- les zones A, B, C D et E

- les valeurs de  $c_{pe10}$  pour les zones A, B, C D et E et les reporter sur la vue en précisant le sens (surpression/dépression). On donne  $c_{pe10,D}$  comme exemple.

b) Compléter le document réponse 2/2 page 11 en donnant les longueurs des zones A, B et C.

c) Calculer  $c_{pe}$  moyen sur le long pan.

2-2-2 Actions intérieures

On considère que les longs pans files B et G ainsi que le pignon travée 1 sont fermés. Le pignon travée 14 est ouvert, l'ouverture étant constituée de 3 portes sectionnelles de 3 x 4 m soit une ouverture totale de 36 m<sup>2</sup>. On considère que la perméabilité de fond est de 0.1 % de l'aire de la face.

a) Montrer que le pignon 14 est une face dominante.

b) Lorsque ce pignon 14 est au vent déterminer  $c_{pi}$ .

c) En considérant un coefficient  $c_{pe}$  moyen sur les longs pans  $c_{pe,moyen} = -0.57$ , une pression dynamique de pointe  $q_p(z) = 0.593$  KN/m<sup>2</sup> et  $c_{pi} = +0.63$  (ces valeurs ne sont pas forcément les résultats des questions précédentes) quelle est la charge linéique totale de vent sur un poteau de portique ?

**2-3** Vent sur long pan file G, toiture avec les deux versants en dépression

a) Compléter le document réponse 3/2 page 12 en faisant apparaître :

- les zones F, G, H et I

- les valeurs de  $C_{pe10}$  pour les zones F, G, H et I et les reporter sur la vue en précisant le sens. On donne  $C_{pe10,F}$  comme exemple.

b) Déterminer la valeur de  $C_{pe,net}$  sur l'acrotère au vent.

### 3. Combinaisons

On fait l'hypothèse des charges suivantes sur la couverture (sans rapport avec les questions précédentes).

- Charge de neige uniformément distribuée  $S_1=0.54 \text{ KN/m}^2$

- Charge de neige accidentelle  $S_a=0.8 \text{ KN/m}^2$

- Charge de vent soulèvement  $W=-0.5 \text{ KN/m}^2$

- Poids propre de la couverture + isolation + structure  $G=0.4 \text{ KN/m}^2$

Pour la couverture seule :

**3-1** Déterminer la/les combinaisons ELU relatives au soulèvement et en déduire la plus défavorable

**3-2** Déterminer la/les combinaisons ELS relatives aux charges descendantes et en déduire la plus défavorable

### 4. Étude de la palée cadre file G travée 7-8

Les données et les résultats du traitement informatique sont donnés en annexe 1/2

**4-1** Sur le document réponse 1/4 page 13 positionner les numéros des nœuds, des barres et les repères locaux. Représenter le chargement avec sa valeur et la nature des appuis.

**4-2** Sur les documents réponses 2/4a,b,c, tracer les diagrammes des sollicitations N sur le DR 2/4a page 14 (5 mm pour 10 000 N), V sur le DR 2/4b page 15 (5 mm pour 10 000 N) et M sur le DR 2/4c page 16 (2 cm pour 100 000 N.m) puis indiquer les points particuliers.

**4-3** En fonction d'un critère que vous choisirez, vérifier cette palée à l'état limite de service.

**4-4** Vérification de la traverse à l'état limite ultime

**4-4-1)** Quelle est la classe de la traverse (prendre la valeur dans un catalogue de profilés ou dans l'EC3) ?

**4-4-2)** Avec  $N_{Ed}=27\,984 \text{ N}$  (compression) à l'origine de la traverse, montrer que l'on peut négliger l'influence de l'effort normal.

**4-4-3)** Avec  $V_{Ed}=65\,333 \text{ N}$  à l'origine de la traverse, montrer que l'on peut négliger l'influence de l'effort tranchant.

**4-4-4)** Avec  $M_{Ed}=196\,112 \text{ N.m}$ , vérifier la section à l'ELU à l'origine de la traverse.

## 5. Étude d'un poteau portique courant

### 5-1 Caractéristiques mécaniques du poteau PRS

**5-1-1** Sur un schéma représentant le PRS en coupe transversale, montrer les cotes  $b$ ,  $h$ ,  $t_f$ ,  $t_w$  et donner leurs valeurs respectives.

**5-1-2** Montrer que  $I_z = \frac{1}{12}(2t_f b^3 + (h - 2t_f)t_w^3)$

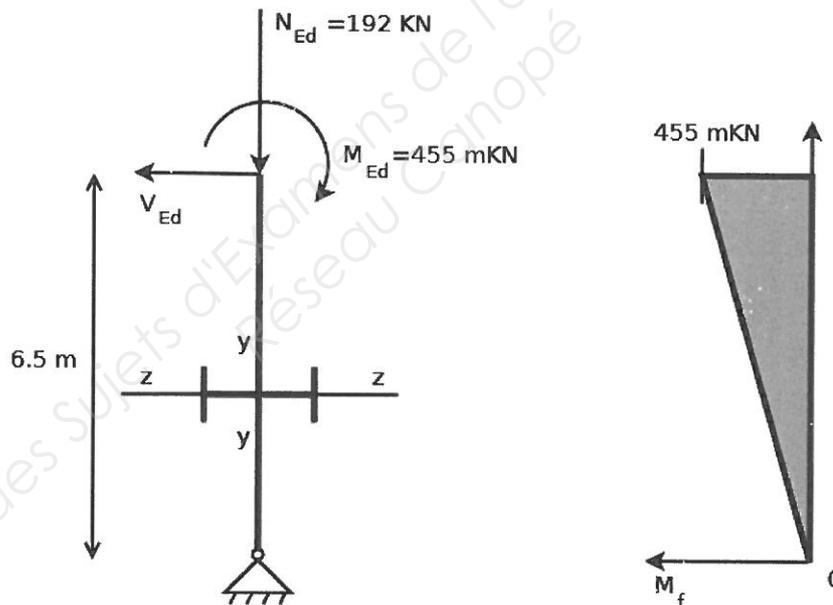
**5-1-3** Montrer que  $I_y = 128\,516\text{ cm}^4$

### 5-2 Classe d'un poteau de portique courant

On donne les caractéristiques mécaniques du PRS suivantes

Section	A	14 840	mm <sup>2</sup>
Moment quadratique / axe fort	$I_y$	$128\,516 \times 10^4$	mm <sup>4</sup>
Moment quadratique /axe faible	$I_z$	$5\,128 \times 10^4$	mm <sup>4</sup>
Module plastique / axe fort	$W_{Pl,y}$	$4\,024 \times 10^3$	mm <sup>3</sup>
Module plastique / axe faible	$W_{Pl,z}$	$566 \times 10^3$	mm <sup>3</sup>
Rayon de giration / axe fort	$i_y$	294	mm
Rayon de giration /axe faible	$i_z$	59	mm
Module de torsion	$I_w$	$6\,528 \times 10^3$	mm <sup>6</sup>

On donne le schéma mécanique suivant à l'ELU :



**5-2-1** Pour tenir compte des soudures de l'âme sur l'aile, on prendra, pour la partie droite de l'âme,  $c=680\text{mm}$  et pour la partie droite de l'aile  $c=125\text{mm}$

- Déterminer la classe de l'âme. Vous montrerez préalablement que  $\alpha_c=0.551$
- Déterminer la classe de l'aile et en déduire la classe du poteau.

**5-2-2** Avec une longueur de flambement dans le plan du portique  $l_{fy}=16.4\text{ m}$  et dans le plan du long pan  $l_{fz}=6.5\text{m}$ , en complétant le document réponse 1/5 page 17, vérifier que le poteau convient.

**NOTA** Les valeurs de  $M_{cr}$ ,  $k_{yy}$  et  $k_{zy}$  sont sur le document réponse

## Annexe 1/2 (Données du calcul informatique)

```
+-----+
| Données du problème |
+-----+
```

```
4 Noeuds
3 Poutres(s)
1 Matériau(x)
1 Section(s) droite(s)
2 Liaison(s) nodale(s)
1 Cas de charge(s)
```

```
+-----+
| Noeud(s) [ m ] |
+-----+
```

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	0.000	0.000	2	0.000	7.000
3	6.000	0.000	4	6.000	7.000

```
+-----+
| Poutres(s) [ m , rad ] |
+-----+
```

Poutre	Ori	-> Ext	Orient	Sect	Long	Type
1	1	2	0.0000	11	7.000	Rigide - Rigide
2	3	4	0.0000	11	7.000	Rigide - Rigide
3	2	4	0.0000	11	6.000	Rigide - Rigide

```
+-----+
| Section(s) droite(s) |
+-----+
```

```
Section droite 11 :
IPE - 550
```

```
+-----+
| Liaison(s) nodale(s) |
+-----+
```

```
Noeud 1 : dx = dy = 0
Noeud 3 : dx = dy = 0
```

```
+-----+
| Cas de charge(s) 1 |
+-----+
```

```
1 Charge(s) nodale(s) [ N , N.m ]
Noeud 2 : Fx = 56000.00 Fy = 0.00
```

## Annexe 2/2 (Résultats du calcul informatique)

```
+-----+
| Résultats : Cas 1 |
+-----+
```

```
+-----+
| Déplacements nodaux [ m, rad ] |
+-----+
```

Noeud	dx	dy	rotz
1	0.000E+00	0.000E+00	-6.317E-03
2	3.286E-02	1.620E-04	-1.447E-03
3	0.000E+00	0.000E+00	-6.307E-03
4	3.280E-02	-1.620E-04	-1.442E-03

```
+-----+
| Action(s) de liaison [ N N.m ] |
+-----+
```

Noeud	1	-	Rx =	-28016.0	Ry =	-65333.3	Mz =	0.0
Noeud	3	-	Rx =	-27984.0	Ry =	65333.3	Mz =	0.0

```
+-----+
| Efforts intérieurs [ N N.m ] |
+-----+
```

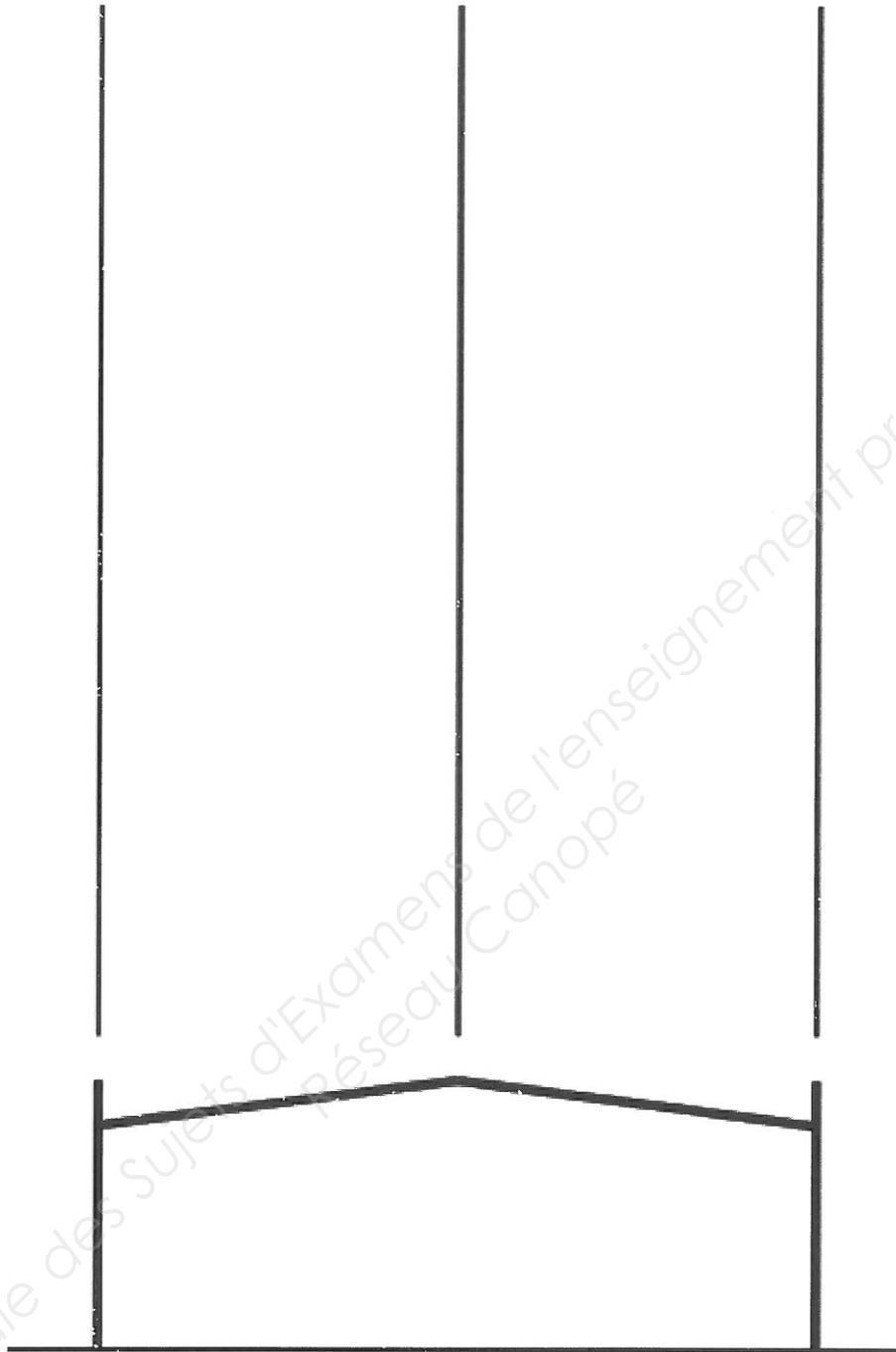
N = Effort normal		TY = Effort tranchant		MfZ = Moment fléchissant	
ELE	ori	No	TYo	MfZo	dL (m)
	ext	Ne	TYe	MfZe	
			TYmax	MfZmax	
1	1	65333.3	-28016.0	0.0	1.620E-04
	2	65333.3	-28016.0	196112.3	
2	3	-65333.3	-27984.0	0.0	-1.620E-04
	4	-65333.3	-27984.0	195887.7	
3	2	-27984.0	65333.3	196112.3	-5.948E-05
	4	-27984.0	65333.3	-195887.7	
			65333.3	196112.3	

**Document réponse 1/1** (données de la neige)

Valeur caractéristique	$S_{k,0}$		KN/m <sup>2</sup>
Influence de l'altitude (s'il y a lieu)	$\Delta S_i$		KN/m <sup>2</sup>
Charge de neige sur le sol	$S_k$		KN/m <sup>2</sup>
Valeur accidentelle	$S_{Ad}$		KN/m <sup>2</sup>
Coefficient de forme	$\mu_1$		
Accumulation au droit de l'acrotère	$\mu_2$		
Longueur d'accumulation	$l_s$		m

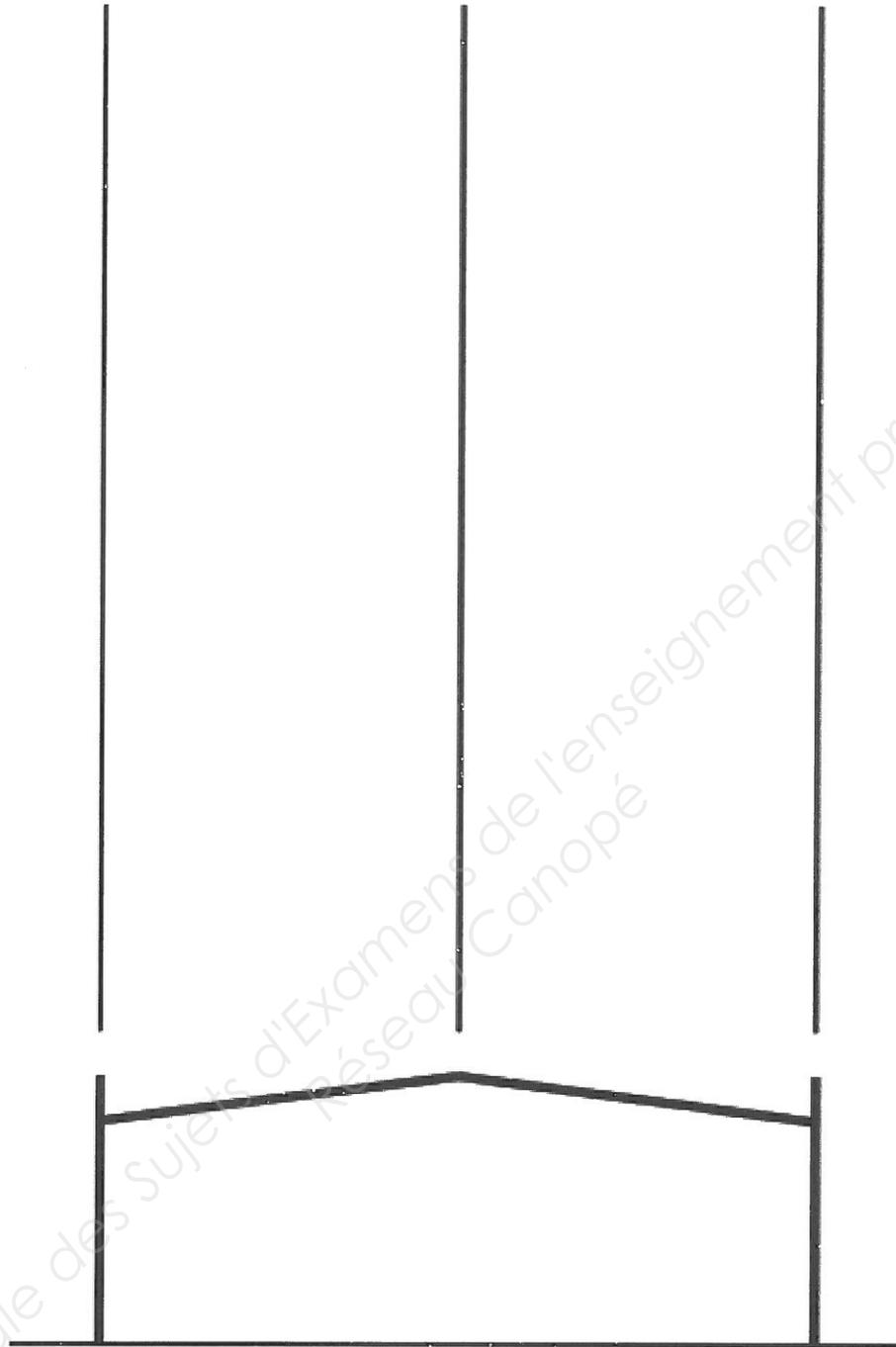
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé

**Document réponse 2/1** (Neige uniformément distribuée)  
Nommer chaque cas conformément à l'EC3



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé

**Document réponse 3/1** (Neige redistribuée)  
Nommer chaque cas conformément à l'EC3



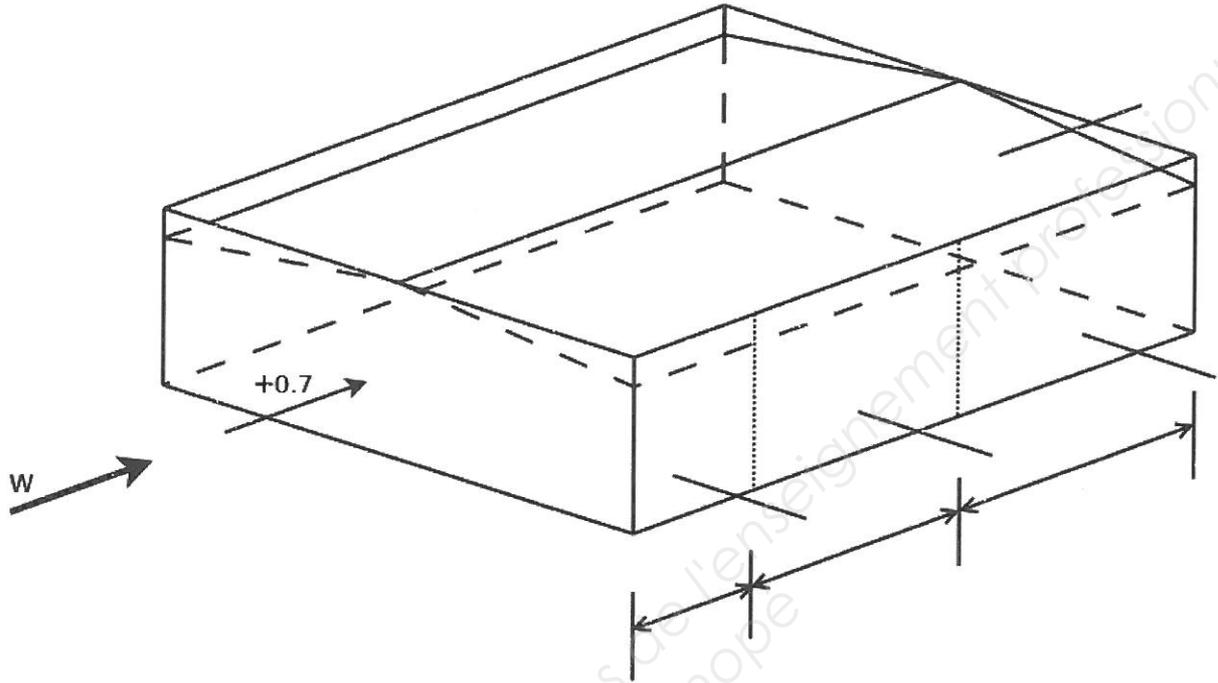
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
réseau Canopé

**Document réponse 1/2** (données du vent)

Vitesse de base	$v_{b,0}$		m/s
Coefficient de saisonnalité	$C_{season}$		
Coefficient de direction	$C_{dir}$		
Vitesse de référence	$v_b$		m/s
Masse volumique de l'air	$\rho$		Kg/m <sup>3</sup>
Pression dynamique de référence	$q_b$		N/m <sup>2</sup>
Longueur de rugosité	$z_0$		m
Longueur de rugosité II	$z_{0,II}$		m
Longueur de rugosité mini	$z_{min}$		m
Hauteur de la construction	$z$		m
Facteur de terrain	$k_r$		
Coefficient de rugosité	$c_r(z)$		
Coefficient d'exposition	$c_e(z)$		
Pression dynamique de pointe	$q_p(z)$		N/m <sup>2</sup>

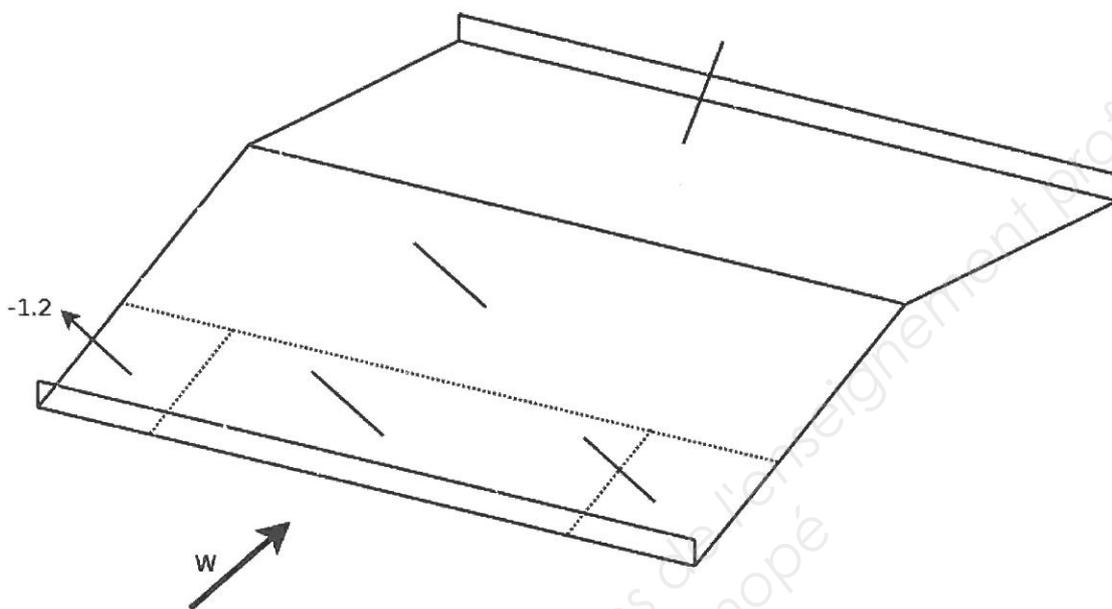
Document réponse 2/2 (vent sur pignon travée 14)

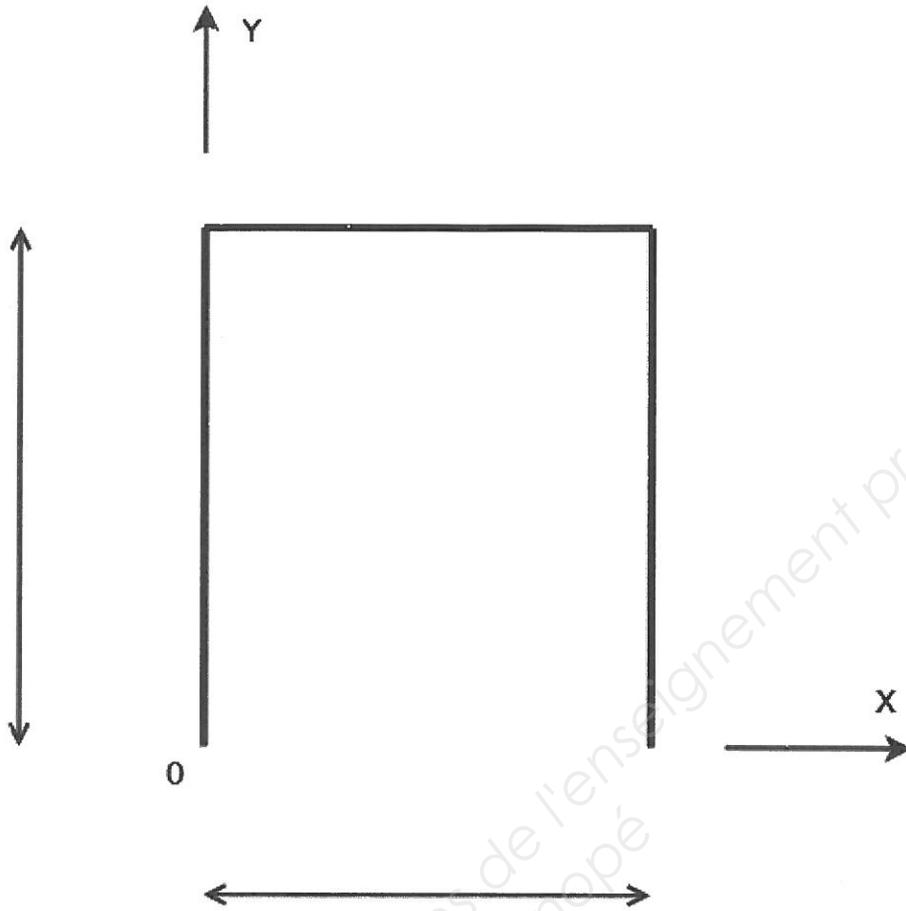
h		m
b		m
d		m
e		m
h/d		



Document réponse 3/2 (vent sur long pan file G)

h		m
$h_p$		m
$z_e$		m
b		m
d		m
e		m
$h_p/h$		







Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé

Document réponse 1/5 (Vérification du poteau)

$$\begin{cases} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{Ply,Rd}} \leq 1 \\ \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Pl,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{Ply,Rd}} \leq 1 \end{cases}$$

Caractéristiques communes
E [Mpa] =
$f_y$ [Mpa] =
$\gamma_{m1}=1$
Profilé
$\frac{h}{b}$ =
$t_f$ [mm] =
A [mm <sup>2</sup> ] =
$N_{Ed}$ [KN] =
$N_{pl} = \frac{A f_y}{\gamma_{m1}}$ [KN] =
Effort normal

Caractéristiques suivant l'axe y
$I_y$ [mm <sup>4</sup> ] =
$L_{cry}$ [mm] =
$N_{cry}$ [KN] = $\pi^2 \frac{EI_y}{L_{cry}^2}$ =
$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cry}}}$ =
$\alpha_y$ =
$\chi_y$ =
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Pl,Rd}}$ =
Moment fléchissant / y
$M_{yEd}$ [KNm] =
$k_{yy} = 1.001$
$k_{zy} = 0.489$
$W_{ply}$ [mm <sup>3</sup> ] =
$M_{ply,Rd} = \frac{W_{ply} f_y}{\gamma_{m1}}$ [KNm] =
$M_{cr}$ [KNm] = <b>1 731</b>
$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} f_y}{M_{cr}}}$ =
$\alpha_{LT}$ =
$\chi_{LT}$ =
$\frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{Ply,Rd}}$ =

Caractéristiques suivant l'axe z
$I_z$ [mm <sup>4</sup> ] =
$L_{crz}$ [mm] =
$N_{crz}$ [KN] = $\pi^2 \frac{EI_z}{L_{crz}^2}$ =
$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{crz}}}$ =
$\alpha_z$ =
$\chi_z$ =
$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Pl,Rd}}$ =

Vérification
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{Ply,Rd}} =$
$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Pl,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{Ply,Rd}} =$