

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONSTRUCTIONS METALLIQUES

SESSION 2018

U 42 Note de Calculs

Durée : 4h – Coefficient : 3

Éléments de correction

Partie 1 - Etude des charges climatiques

1. Calculer la charge de neige sur le sol.

Charge caractéristique de neige au sol :

Région : A1

$S_k = 0.45 \text{ kN/m}^2$

Pas de neige Accidentelle.

Altitude : $< 200\text{m}$

$\Delta S_1 = 0 \text{ kN/m}^2$

$S_k = S_{k0} + \Delta S_1$

$S_k = 0.45 \text{ kN/m}^2$

2. Calculer les charges de neige sur le toit.

Coefficient de toiture :

- cas sans accumulation

$\mu_1 = 0.8$

- cas avec accumulation

$\mu_2 = (2 \cdot 1) / 0.45$

$= 4.44$

μ_2 ne peut pas dépasser 1,6

$l_s = 2 \cdot h$

$= 2 \cdot 1\text{m}$

$= 2 \text{ m}$

l_s doit être compris entre 5m et 15m

pente 2% \Rightarrow surcharge + 0,2 kN/m²

Charge de neige sur le bâtiment :

$S_1 = (0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.45) + 0.2$

$S_1 = 0.56 \text{ kN/m}^2$

$S_2 = (1.60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.65) + 0.2$

$S_2 = 0.92 \text{ kN/m}^2$

3. Sur le DR1 représentez la charge de neige sur le toit.

Etude du vent transversal sur l'ensemble du bâtiment

4. Calculer la pression dynamique de pointe du vent.

Vitesse de base du vent :

Région 2 => Vb0 = 24m/s

Cdir = 1

Cseason = 1

Vb = Cdir * Cseason * Vb0

= 1 * 1 * 24 m/s

= 24 m/s

Pression de base :

qb = 0.5 * p * (vb)²

= 0.5 * 1.225 * (24)²

= 353 Pa

= 0,35 kN/m²

Pression de pointe :

Coefficient d'exposition (IIIb) = 1,42 pour z = 6m

qp = Ce * qb

= 1,42 * 0,35

= 0.5 kN/m²

Cas de vent étudié Wtransversal :

e = min(b;2*h)

= min(36;2*5)

= 10 m

5. Sur le DR2 :

- Représenter les plans des zones de vent sur toiture et sur le pignon
- Remplir le tableau des pressions par zone.

Partie 2 - Etude d'une poutre du plancher

Vérification de la solive fléchie à l'ELS

6. Calculer les flèches admissibles recommandées (w3 et wmax).

On attire votre attention sur le fait que ce plancher est attaché simplement au poteau et en conséquence **ne supporte pas de poteau** au sens du chapitre 7.2 de l'Eurocode 3.

portée L = 4,28 m

flèches admissibles

W3 = L/300 = 1,43 cm

Wmax = L/200 = 2,14 cm

7. Calculer G et I

Charges surfaciques	Poids Propre	poids linéaire en kN/m	entraxe d (m)	charges exploitations
cailleboti	0,48 kN/m²	IPE 160		
Solive : 0,158/1,07 =	0,15 kN/m²	0,158	1,07	
Total g =	0,63 kN/m²		Total i =	2 kN/m²
Charges linéiques	Poids propre	charges exploitations	bande de chargement	
	G	I	b = 5,9/2	
On ajoute la poutre :	b*g+0,158	i*b	2,95	m
charges linéaires	2,01 kN/m	kN/5,90 m		

8. Calculer la flèche produite par la charge d'exploitation (I).
portée $L = 4,28 \text{ m}$ $E = 210 \text{ Gpa}$

Inertie $I_y = 869,3 \text{ cm}^4$

Combinaison	Charge répartie	flèche réelle $w=5pL^4/(384.E.I_y)$
ELS I	$2,9 \times 2$ 5,90 kN/m	$w = 1,41 \text{ cm}$

Vérification : la flèche réelle ($w = 1,41 \text{ cm}$) est inférieure à la flèche admissible ($W3 = 1,43 \text{ cm}$)

9. Calculer la flèche produite par la charge d'exploitation (G+I).

Combinaison	Charge répartie	flèche réelle $w=5pL^4/(384.E.I_y)$	flèches admissibles
	$p = G+I$ kN/m		$L/2$ 00 2,1
ELS G+I	= 7,91 m	$w = 1,89 \text{ cm}$	G+I $W_{\max} = 4 \text{ cm}$

Vérification : la flèche réelle ($w = 1,89 \text{ cm}$) est inférieure à la flèche admissible ($W3 = 2,14 \text{ cm}$)

Vérification de la solive fléchies à l'ELU

10. Donner la combinaison ELU qui comporte les charges G et I et calculer la valeur de la charge répartie "p" correspondante.

	Charge répartie
ELU 1,35G+1,5I	$p=1,35G+1,5I$ 11,6 kN/m

11. Calculer l'Effort tranchant maximal $V_{z,Ed}$ en section sur appui.

$p = 11,56 \text{ kN/m}$	Effort tranchant
$L = 4,28 \text{ m}$	$V_{z,Ed} = pL/2 = 24,7 \text{ kN}$

12. Calculer la résistance plastique au cisaillement $V_{z,pl,Rd}$.

Cisaillement plastique résistant f_y 275 Mpa

$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}$ 153 kN $A_{vz} = 9,66 \text{ cm}^2$

Vérification ELU : $V_{pl,Rd} >> V_{Ed}$

13. Calculer le Moment fléchissant maximal $M_{y,Ed}$.

$p = 11,56 \text{ kN/m}$ Moment fléchissant

$L = 4,28 \text{ m}$ $M_{y,Ed} = pL^2/8 = 26,5 \text{ kNm}$

14. Calculer le Moment résistant plastique de la section $M_{y,pl,Rd}$

Moment Plastique résistant f_y 275 Mpa

$M_{ypl,Rd} = W_{ply} \cdot f_y$ 34 kNm $W_{ply} = 124 \text{ cm}^3$

Vérification ELU : $M_{ypl,Rd} > M_{y,Ed}$

Partie 3 - Etude du poteau File 2

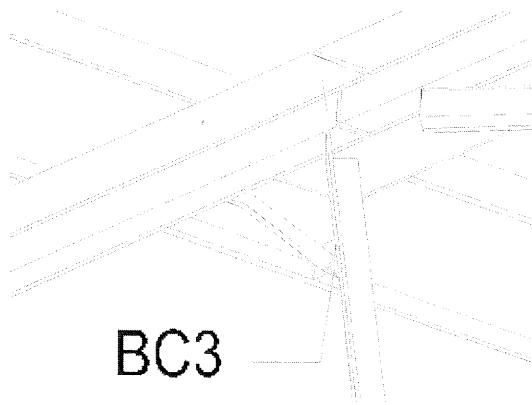
Sollicitations dans le poteau à l'ELU

15. Sur le DR3, Tracer les réactions d'appui et les diagrammes N, V et M.

Sabilité de L'arbalétrier

16. Quel sont les dispositifs permettant de limiter le déversement des arbalétriers en cas de vent d'arrachement (vous pourrez par exemple faire un croquis 3D). Pourquoi ces dispositifs deviennent inefficaces en cas de neige. Enfin, par quel composant du bâtiment est assuré le maintien de l'arbalétrier en cas de neige ?

Les dispositifs permettant de limiter le déversement des arbalétriers en cas de vent sont les **bracons** (par exemple **BC3** ci-dessous).



Le déversement est possible lorsque la semelle comprimée de la poutre fléchie est susceptible de flamber. En cas de vent en arrachement ce sont les semelles inférieures des traverses qui sont comprimées et ce sont elles qui peuvent conduire au déversement. Les bracons qui relient les semelles inférieures des pannes aux semelles inférieures des traverses limitent ce phénomène (voir le bracon BC3 ci-dessus).

En cas de neige ce sont les semelles supérieures des traverses qui sont comprimées, les bracons sont donc inefficaces. Ce sont alors les **pannes** qui maintiennent l'arbalétrier vis à vis du déversement.

17. Justifier que la section est de classe 1 en utilisant l'Annexe 1 de l'Eurocode à l'usage des BTS.

Selon l'annexe 1 du doc. Eurocode à l'usage des BTS, un IPE 400 S275 comprimé-fléchi est de classe 1 pour une compression < 483 kN.

La compression maxi. dans le poteau est : 112+32 = 144 kN, donc ce poteau est de classe 1.

18. Résistance de sections : Calculer Nplrd, Vplrd, Myplrd et puis justifiez rigoureusement (en vous appuyant sur l'Eurocode) que la section C est vérifiée.

Résistances plastiques	(S275)			IPE 400 / S275	
	Npl,Rd (kN)	Vzpl,Rd (kN)	Mypl,Rd (kNm)		
	A*fy/1	Avz*fy/√3	wply*fy/1	Aire : A =	8446 mm²
IPE 400	2323	678	359	Aire : Avz =	4269 mm²
	kN	kN	kNm	Module : wply =	1307 cm³

Vérification:

- l'effort normal est négligeable car Ned = 112 kN < Npl,Rd/4 (environ 300 kN)
- l'effort tranchant est négligeable car Vzed = 44 kN < Vzpl,Rd/2 (environ 1000 kN)

or

My,plRd =359 kNm > My,Ed = 220 kNm

donc la section est vérifiée.

remarque : dans tout le poteau l'effort normal ne dépasse pas **144 kN**, donc toutes les sections du poteau passent aussi.

19. Flambement Axe faible : Justifier simplement que si on néglige les lisses de bardage, alors la longueur critique de flambement dans le long pan est définie par : Lcritz ≈ 5 m.

Dans le plan du long pan, le poteau est bi-articulé à noeuds fixes car il y a une croix de Saint-André. Sa hauteur étant de L = 5 m, elle équivaut à la longueur critique de flambement : **Lcritz ≈ 5 m**.

20. Flambement Axe faible : Calculer la résistance du poteau par rapport au flambement autour de l'axe faible (Nbzd,Rd).

Axe faible

Lcritz		5 m
rayon de giration		3,95 cm
λ1 86,8	élancement de référence	
λ = Lcritz/iz 127	élancement	

$\lambda_z = \lambda/\lambda_1$	1,46	élancement réduit	
$\alpha_z = 0,34$			courbe b
$\varphi_z = 1,78$			0,34
$X_z = 0,36$		Coeff. de réduction	
Nbz,Rd	832 kN		

21. Flambement Axe fort : Démontrer que la longueur critique de flambement dans le plan du portique définie par : $L_{crity} \approx 18$ m

Axe fort	Inerties			longueurs		raideurs
$I_{y1} =$	23130 cm ⁴	IPE400	$L1 =$	5 m	poteau	$k_c = I_{y1}/L1 =$ 4626 m/cm ⁴
$I_{y2} =$	11770 cm ⁴	IPE330	$L2 =$	18 m	poutre	$k_{12} = I_{y2}/L2 =$ 654 m/cm ⁴
taux d'articulation :	en tête	$k_c/(k_c+k_{12}) =$	$\eta_1 =$	0,88	$\eta_1+\eta_2$	1,88
taux d'articulation :	en pied	articulé	$\eta_2 =$	1	$\eta_1*\eta_2$	0,88
$L_{crity}/L =$	4,58	(noeuds déplaçables)	L_{crity}	22,90 m		

22. Flambement Axe fort : Calculer la résistance du poteau par rapport au flambement autour de l'axe faible (Nby,Rd).

rayon de giration :	$i_y =$	16,55 cm	IPE 400	
λ_1	S235	S275	S355	S420
86,8	93,90	86,80	76,40	70,24
$\lambda = L_{crity}/i_y$	139	élancement		

$\lambda_y = \lambda/\lambda_1$	1,6	élancement réduit	
$\alpha_y = 0,21$			courbe a
$\varphi_y = 1,93$			0,21
$X_y = 0,33$		Coeff. de réduction	
Nby,Rd	773 kN		

23. Déversement : Vérifier la traverse hors déversement (donnée moment critique de déversement : $M_{crit} = 529$ kNm)

Moment critique	$M_{cr} =$	529 kNm
$\lambda_{LT} = \sqrt{M_y,plRd/M_{cr}}$	0,82	élancement réduit
$\alpha_{LT} = 0,34$		courbe b
$\varphi_{LT} = 0,95$		$\alpha_{LT} = 0,34$
$\chi_{LT} = 0,71$		Coeff. de réduction
$M_{byrd} = \chi_{LT}.M_{ypl,Rd} =$	255 kNm	

24. Conclusion : Vérifier le poteau comprimé-fléchi (données $k_{yy} = 0,83$ et $k_{yz} = 0,91$)

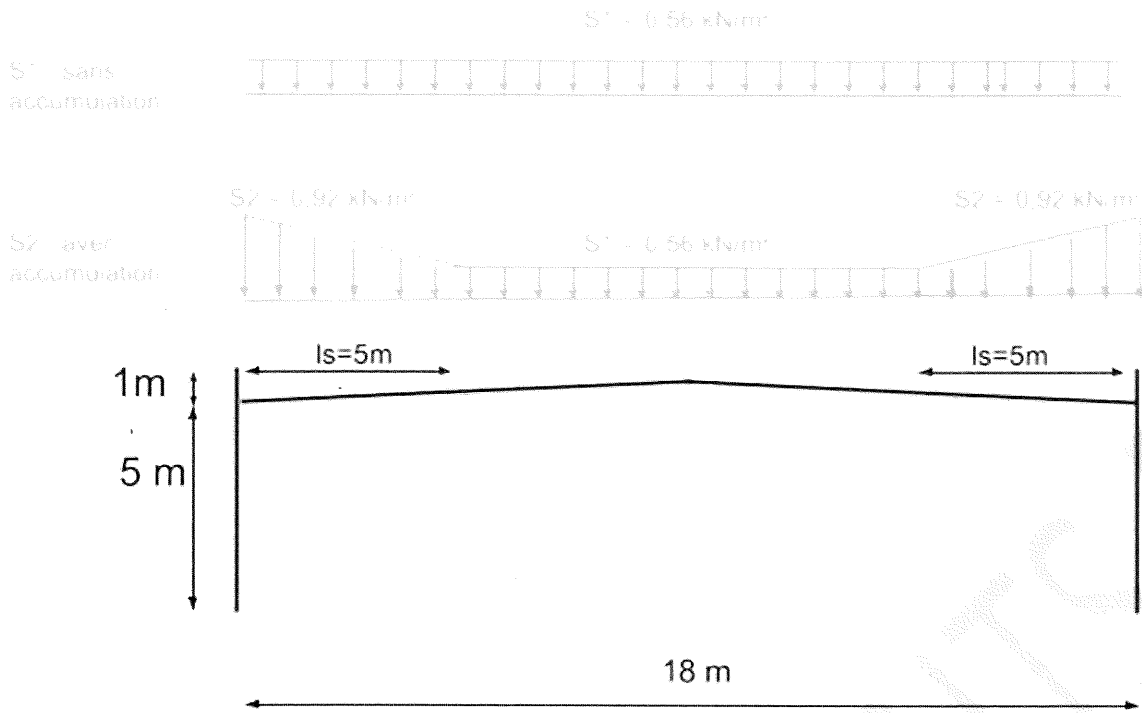
TAUX de travail	taux N	k	taux My	TOTAL
axe fort (y)	19%	0,89	86%	95%
axe faible (z)	17%	0,46	86%	57%

Les taux de travaux totaux sur les deux axes sont inférieurs à 1, donc le poteau est vérifié.

Remarque : la présence des lisses de Bardage va jouer un rôle stabilisateur pour le flambement et le déversement du poteau.

DR 1- corrigé Etude de neige

symbole	valeur	Justification (phrase tirée du dossier technique)
Ce	1	Site dégagé (pas de bâtiments voisin pouvant conduire à empêcher le vent de souffler la neige).
Ct	1	Le bâtiment est isolé (double peau)



DR - 2 - corrigé : Etude de vent transversal

Plans de zones

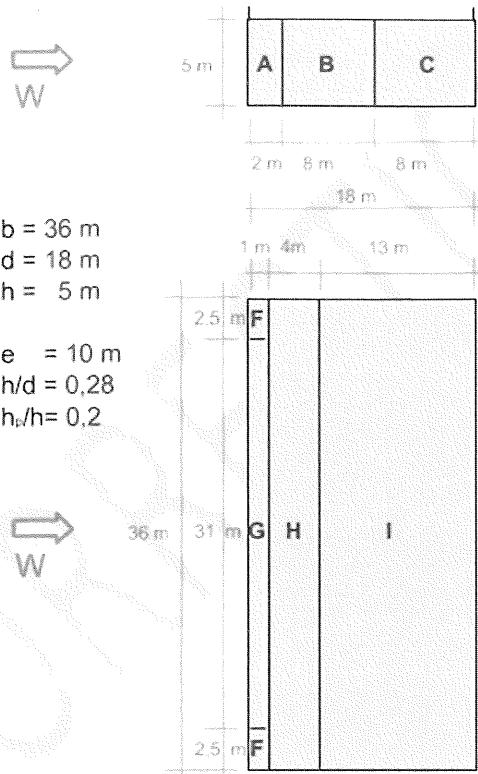


Tableau des pressions par zone

Zone	A	B	C	D	E	F*	G	H	I
Cpe									
(1 chiffre après la virgule)	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3	-1,5	-0,8	-0,7	0,2
Cpnet (Cpi = +0,2)	-1,4	-1,0	-0,7	+0,5	-0,5	-1,7	-1,0	-0,9	0,0
Wnet en kN/m²									
(2 chiffres après la virgule)	-0,70	-0,50	-0,35	0,25	-0,25	-0,85	-0,50	-0,45	0,00

* Interpolation logarithmique du Cpe de la zone F

Surface de la zone F : $2,5 \times 1,2 = 3\text{m}^2$

$h_p/h > 0,1$ $C_{pe10} = -1,2$ $C_{pe1} = -1,8$

$C_{pe} = -1,8 + 0,6 \times \log(3) = -1,5$

DR3 - corrigé

