

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONSTRUCTIONS METALLIQUES

SESSION 2019

E4 : ANALYSE ET CALCUL DES STRUCTURES

U42 Note de calculs

Durée : 4h – Coefficient : 3

ELEMENTS DE CORRECTION

PARTIE I : ACTIONS CLIMATIQUES

Action de la neige selon l'Eurocode 1

Q1. Déterminer la valeur de S_k

Région A1 donc $S_{k0} = 0,45 \text{ kN/m}^2$ S_{Ad} sans objet

Pas de majoration due à l'altitude car $70 < 200\text{m}$ donc $S_k = S_{k0} = 0,45 \text{ kN/m}^2$

Q2. Déterminer la valeur du coefficient de forme μ_1 et la valeur de la charge surfacique associée. Les coefficients C_e et C_t seront pris à 1.

- Pente : $\alpha = 3,5\%$ en degré : $\alpha = \text{tg}^{-1}(3,5/100) = 2,0^\circ$ et $0 < \alpha < 30^\circ$ donc $\mu_1 = 0,8$
et $S = C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 \cdot S_k = 1 \times 1 \times 0,8 \times 0,45 = 0,36 \text{ kN/m}^2$

- Majoration due aux faibles pentes : 2 cas acceptés

- o Soit : fascicule EC1 pour BTSCM : ici $3\% < \text{pente} < 5\%$ donc majoration de $0,1 \text{ kN/m}^2$
- o Soit : annexe nationale NFEN1991-1-3/NA 5.2(6) : ici pente $> 3\%$ donc pas de majoration

Q3. Voir le document réponse DR1.

Q4. Accumulation de type « Toitures attenant à des constructions plus élevées » §536 du fascicule :

- $\mu_1 = 0,8$

- $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

- o $\mu_s = 0$ pas de glissement possible en provenance de la toiture plus élevée.
- o $\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h = (10 + 14,85) / (2 \times 2,4) = 5,18$

Première limitation : $\mu_w < \gamma \cdot h / s_k$ $\gamma \cdot h / s_k = 2 \times 2,4 / 0,45 = 10,7$
soit $5,18 < 10,7$ $\mu_w = 5,18$ retenu

Seconde limitation $0,8 \leq \mu_w \leq 2,8$ $\mu_w = 2,8$ validé

Finalement $\mu_2 = \mu_w = 2,8$

Soit : $S = C_e \cdot C_t \cdot \mu_2 \cdot S_k = 1 \times 1 \times 2,8 \times 0,45 = 1,26 \text{ kN/m}^2$ majoré ou non de $0,1 \text{ kN/m}^2$

- $l_s = 2 \times h = 2 \times 2,4 = 4,8 \text{ m}$ mais limitation : $l_s = 5 \text{ m}$

Q5. Neige normale sur toiture avec effet locaux de type acrotère

- $\mu_1 = 0,8$

- $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k = 2 \times 0,35 / 0,45 = 1,6$

Limitation : $\mu_2 < 1,6$ soit $1,6 < 1,6$ $\mu_2 = 1,6$ retenu

Soit : $S = C_e \cdot C_t \cdot \mu_2 \cdot S_k = 1 \times 1 \times 1,6 \times 0,45 = 0,72 \text{ kN/m}^2$ majoré ou non de $0,1 \text{ kN/m}^2$

- $l_s = 2 \times h = 2 \times 0,35 = 0,7 \text{ m}$ mais limitation : $l_s = 5 \text{ m}$

Q6. Voir le document réponse DR1.

Action du vent transversal V_T selon l'Eurocode 1

Q7. $q_p(z_e=6,5\text{m})$ a pour valeur 588 N/m^2 .

- Coefficient d'exposition : terrain plat, zone industrielle \rightarrow catégorie de terrain : IIIb

L'abaque donne $c_e(z_e=6,5\text{m})=1,42$

- Région 3 $\rightarrow V_b = V_{b0} = 26 \text{ m/s}$

$q_p(z_e=6,5\text{m}) = 1,42 \times 0,5 \times 1,225 \times 26^2 = 588 \text{ N/m}^2$

Q8. Toiture terrasse ?

Pente : $\alpha = 2,0^\circ$ et $-5^\circ < \alpha < +5^\circ$ donc toiture terrasse

Q9. C_{pe10} toiture de la partie basse de la construction avec $h = 3,6 \text{ m}$ $h_p = 0,5 \text{ m}$

Toiture de type rives avec acrotères.

$h_p/h = 0,5/3,6 = 0,14 \rightarrow h_p/h > 0,1 \rightarrow$ troisième ligne du tableau avec les valeurs suivantes :

| | F | G | H | I |
|------------|------|------|------|--------|
| C_{pe10} | -1,2 | -0,8 | -0,7 | +/-0,2 |

Q10. Zonage

$e = \min(b ; 2h) = \min(24,85 ; 2 \times 6,5) = 13 \text{ m}$

$e/10 = 1,3 \text{ m}$ $e/4 = 3,25 \text{ m}$ $6,5 \text{ m}$

Q11. Voir le document réponse DR2.

Q12. Construction fermée : $C_{pi} = +0,2 / -0,3$

Q13. Coefficients de pression nette $C_{pnet} = C_{pe,10} - C_{pi}$: directement sur doc. réponse DR2.

Q14. C_{pnet} sur acrotères.

Fascicule EC1 pour BTSCM : $C_{pnet} = 2$

Q15. Représenter les coefficients : voir le document réponse DR2.

Q16. Charges linéiques sur le portique

$p = C_{pnet} \times q_p(z_e) \times l = C_{pnet} \times q_p(z_e) \times 5$ directement sur DR2

PARTIE II : ETUDE DU PLANCHER

Q17. Longueur des solives les plus longues et liaisons aux extrémités.

$L = 5$ m et articulées aux extrémités

Q18. Charge linéique permanente **G**

Largeur de reprise : $l = (1,93+1,94)/2 = 1,935$ m

IPE 120 $m_l = 22,6$ kg/m

$G = (2,4 \times 1,935) + 0,226 = 4,87$ kN/m

Q19. Charge linéique d'exploitation **I**.

$I = (2,5 \times 1,935) = 4,84$ kN/m

Q20. Flèches admissibles

$w_3 = L/300 = 1,67$ cm $w_{max} = L/200 = 2,5$ cm

Q21. Combinaisons de charges ELS

ELS 1 avec w_3 : $q_{ELS1} = I(\text{seul}) = 4,84$ kN/m

ELS 2 avec w_{max} : $q_{ELS2} = G + I = 4,87 + 4,84 = 9,71$ kN/m

Q22. Voir le document réponse DR3

Q23. $f_{Ed} = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_y}$

Q24. Effectuer les deux vérifications.

ELS 1 : $f_{Ed} = \frac{5 \times 4840 \times 5^4}{384 \times 210000 \cdot 10^6 \times 2772 \cdot 10^{-8}} = 6,77 \cdot 10^{-3}$ m

$f_{Ed} \leq w_3$ soit : $0,68 \leq 1,67$ la condition est vérifiée

ELS 2 : $f_{Ed} = \frac{5 \times 9710 \times 5^4}{384 \times 210000 \cdot 10^6 \times 2772 \cdot 10^{-8}} = 0,014$ m

$f_{Ed} \leq w_{max}$ soit : $1,4 \leq 2,5$ la condition est vérifiée

Q25. Combinaison de charges ELU : $q_{ELU} = 1,35 G + 1,5 I = 13,85$ kN/m

Q26. Schéma modélisation et sollicitations, voir le document réponse DR3

$R = \frac{q \cdot L}{2} = 34,7$ kN $V_{z,Ed,Max} = \frac{q \cdot L}{2} = 34,7$ kN $M_{y,Ed,Max} = \frac{q \cdot L^2}{8} = 43,5$ kN.m

Q27. Classe de la section, efforts résistants

IPE 220 S275 simplement fléchi/axe fort donc section de classe 1 selon l'annexe 1.

Les calculs peuvent donc être menés en plasticité :

$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1590 \times 275 / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = 252,4$ kN

$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{285,4 \times 275}{\gamma_{M0}} = 78,48$ kN.m

Q28. Vérification en section.

- Interaction entre effort tranchant et moment fléchissant :

$V_{z,Ed} \leq 0,5 \times V_{pl,z,Rd}$? $34,7 \leq 0,5 \times 252,4$ vrai, l'effort tranchant est négligeable pour toute section, il n'y a pas d'interaction.

- Résistance en flexion pure : $M_{y,Ed} \leq M_{ply,Rd}$?

$43,5 \leq 78,48$ La condition est satisfaite et la barre est vérifiée en section.

Q29. Voir le document réponse DR3

Vérification du poteau central

Q30. Section est de classe 1 ?

Une section tubulaire est de classe 1 si : $\frac{d}{t} \leq 50 \varepsilon^2$ Acier S235 : $\varepsilon = 1$

Soit : $\frac{114,3}{4} \leq 50$ $28,57 \leq 50$ vrai, donc section de classe 1

Q31. Vérifier le poteau à l'instabilité de flambement.

- Condition de résistance : $N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$

- $N_{Ed} = 215 \text{ kN}$

- Effort résistant $N_{b,Rd}$ pour le flambement

Elancement réduit $\bar{\lambda}$:

Elément bi articulé : $L_{cr} = L = 3,1 \text{ m}$

Acier S235 donc $\lambda_1 = 93,9$ $\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{310}{3,90} = 79,5$

$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{79,5}{93,9} = 0,85 > 0,2$ prise en compte du flambement.

Courbe de flambement : section creuse finie à chaud S275 donc courbe a

Le coefficient de réduction χ est obtenu au moyen de l'abaque figure 6-4, courbes de flambement avec pour entrées : $\bar{\lambda} = 0,85$ et courbe a soit : $\chi = 0,77$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,77 \times \frac{1390 \times 235}{1} = 251 \text{ kN}$$

215 ≤ 251 Le poteau est vérifié

PARTIE III : ETUDE ELU - POTEAU DU PORTIQUE FILE 5

Q32. Déversement du poteau : χ_{LT} facteur de réduction pour le déversement :

- Elancement réduit de la barre : $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{i \cdot W_{ply}}{M_{cr}}} \cdot \frac{f_y}{f_y} = \sqrt{\frac{484 \times 275}{230000}} = 0,76 > 0,2$

La poutre est sensible au déversement.

- Courbe de flambement : I laminé - $h/b = 270/135 = 2 \leq 2$ - courbe a - (et $\alpha_{LT} = 0,21$)

χ_{LT} est obtenu au moyen de l'abaque figure 6-4, courbes de flambement également valables pour le déversement avec pour entrées : $\bar{\lambda}_{LT} = 0,76$ et courbe a $\chi_{LT} = 0,82$

Q33. Vérification du poteau avec interaction

$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y = 4590 \times 275 = 1262 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 61 \text{ kN}$

$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 484 \times 275 = 133 \text{ kN.m}$

$M_{y,Ed} = 87 \text{ kN.m}$

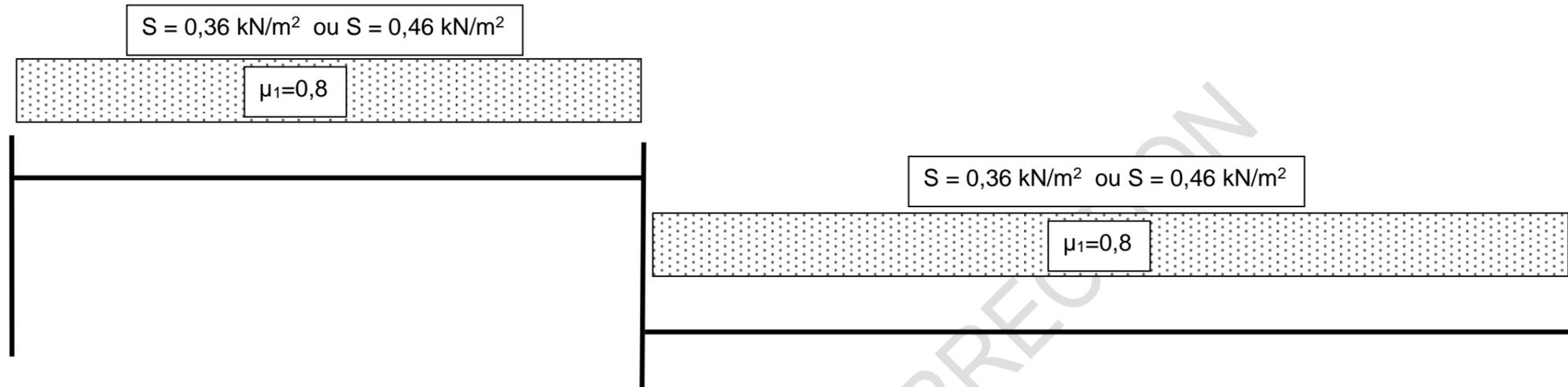
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}}}{\chi_y \frac{N_{pl}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1}}}{\chi_{LT} \frac{M_{pl,y,Rd}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$
$$\chi^z \frac{\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1}}}{\chi_{LT} \frac{M_{pl,y,Rd}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{61}{0,7 \times 1262} + 1 \times \frac{87}{0,82 \times 133} = 0,867 \leq 1$$
$$\frac{61}{0,39 \times 1262} + 0,53 \times \frac{87}{0,82 \times 133} = 0,55 \leq 1$$

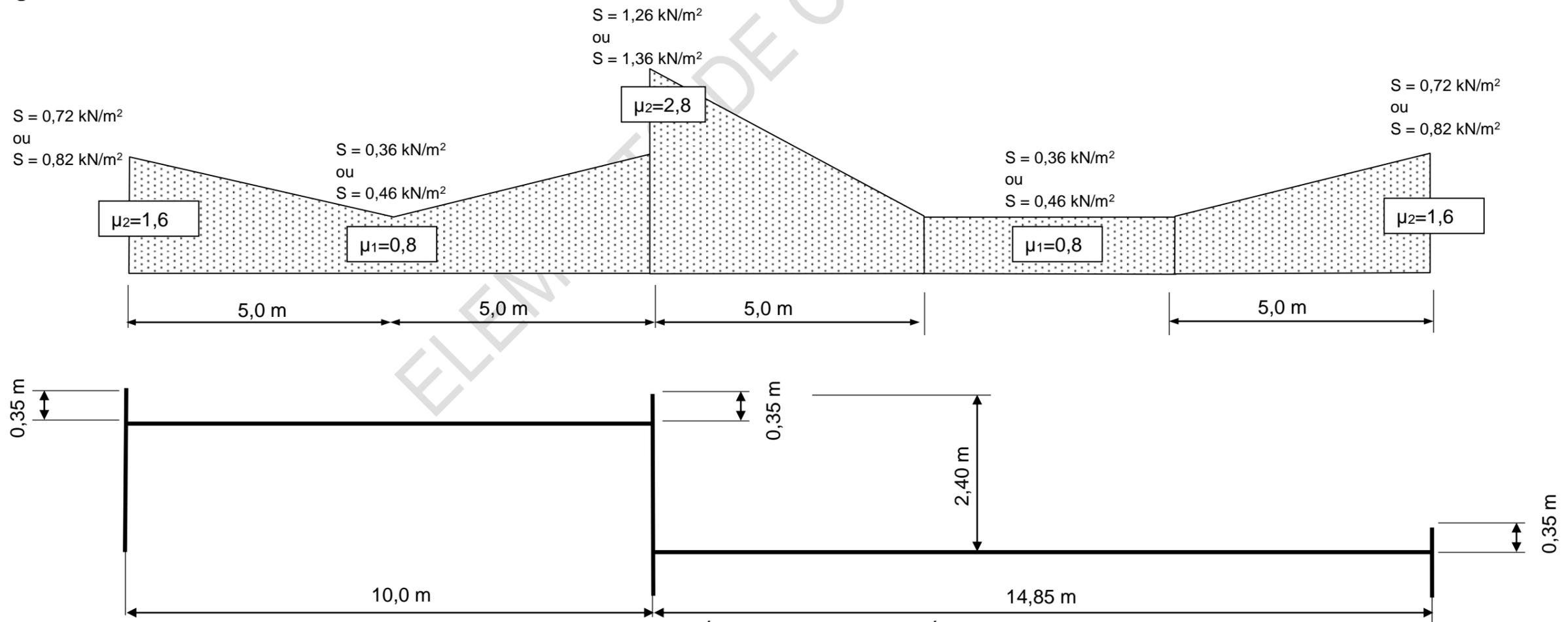
La barre est vérifiée

DOCUMENT REPONSE DR1 : Action de la neige

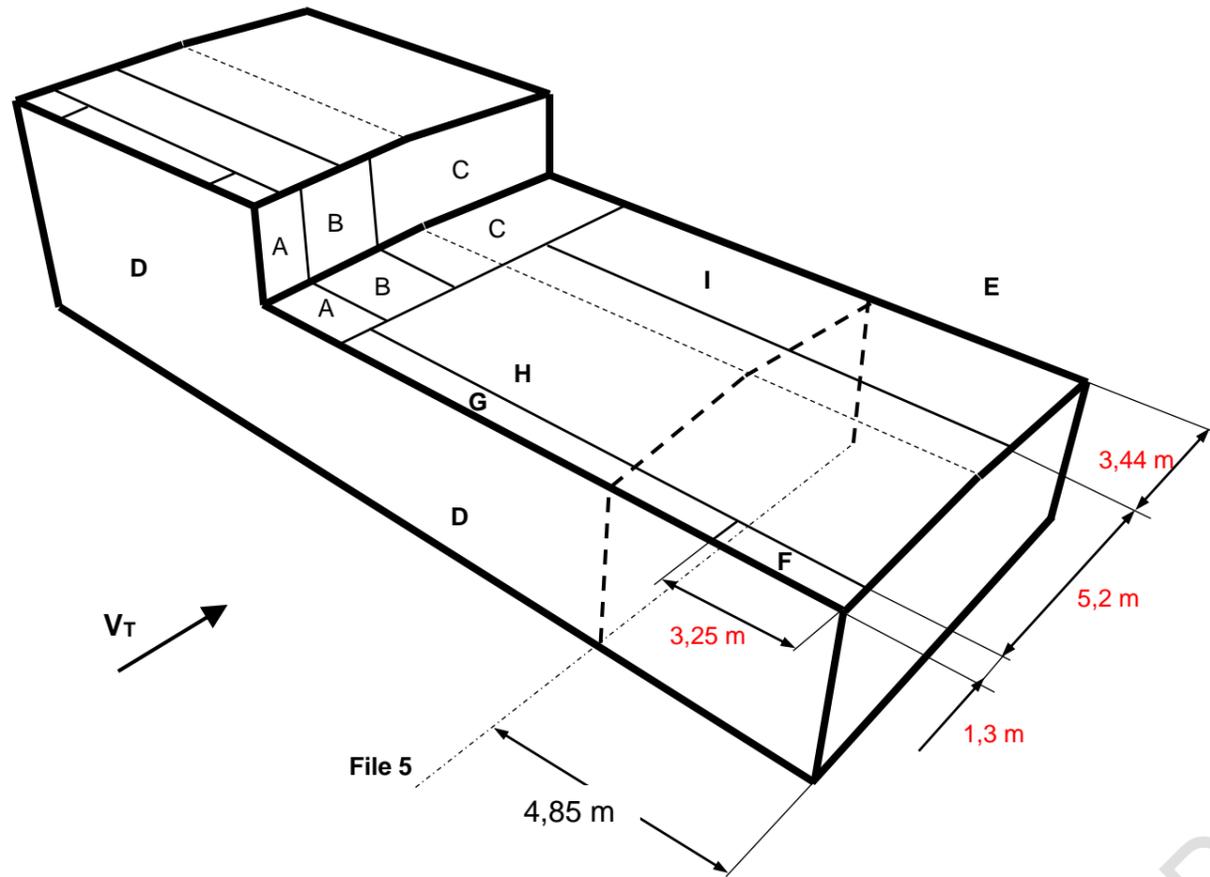
Cas S1 : neige normale sans accumulation



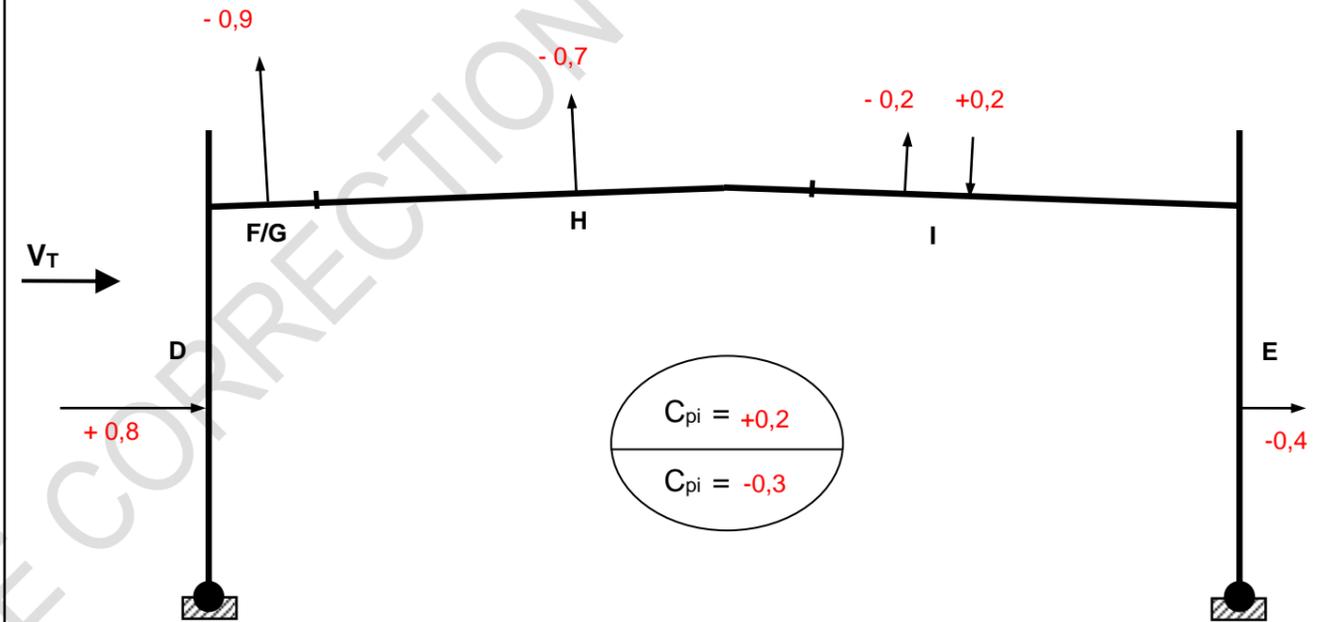
Cas S2 : neige normale avec accumulation



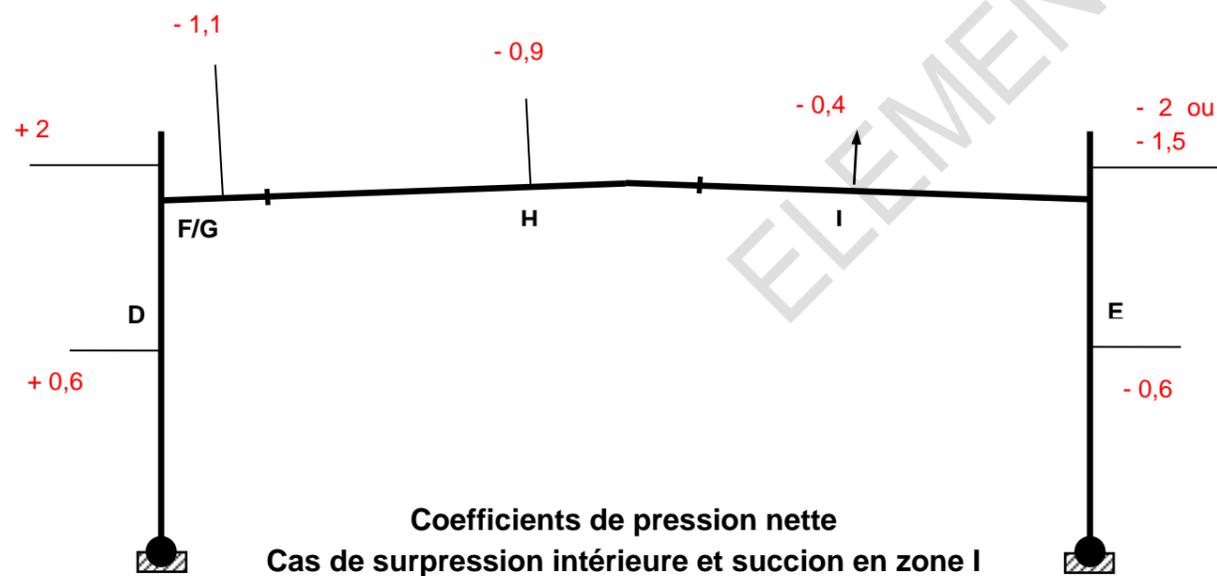
DOCUMENT REPONSE DR2 : Action du vent



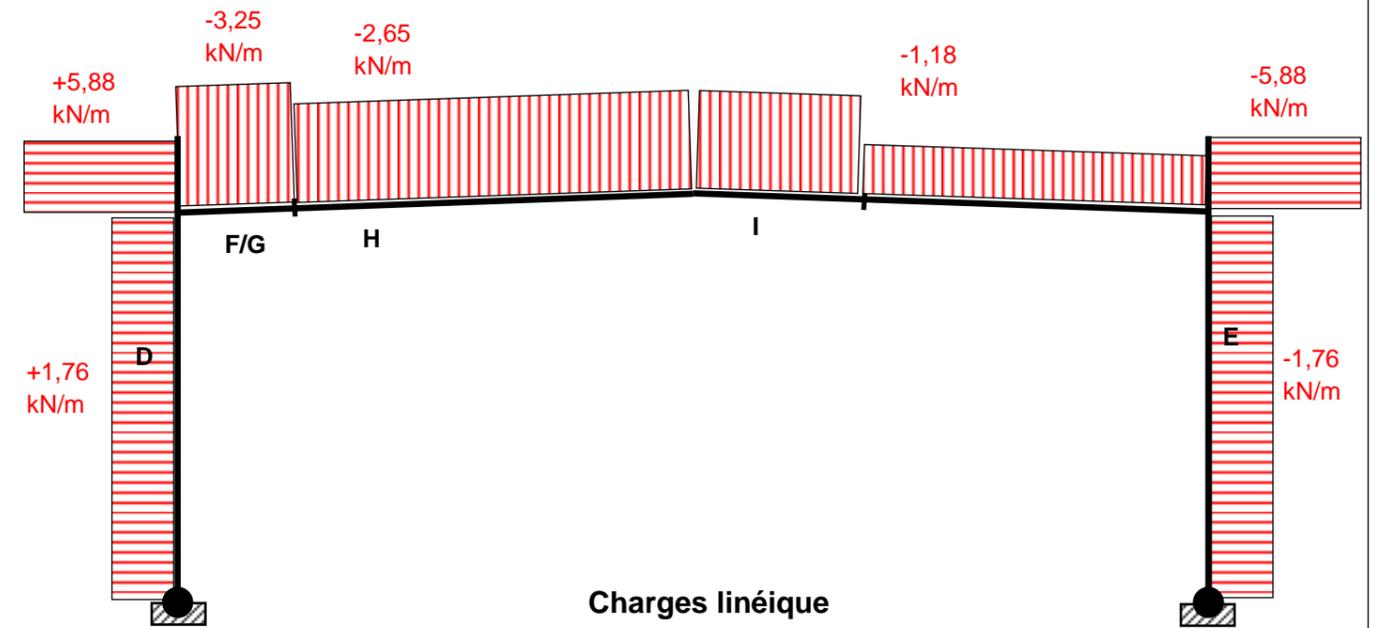
Zonage sans les acrotères



Portique file 5
Coefficients de pression extérieure et intérieure



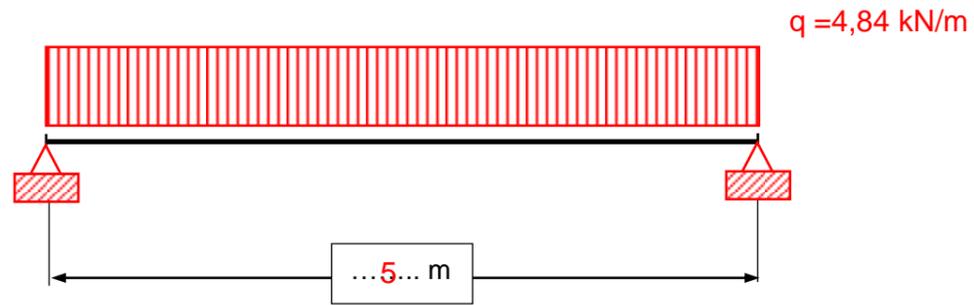
Coefficients de pression nette
Cas de surpression intérieure et succion en zone I



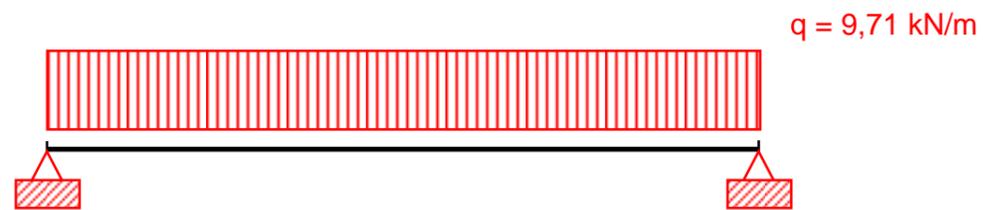
Charges linéique

DOCUMENT REPONSE DR3 : PLANCHER

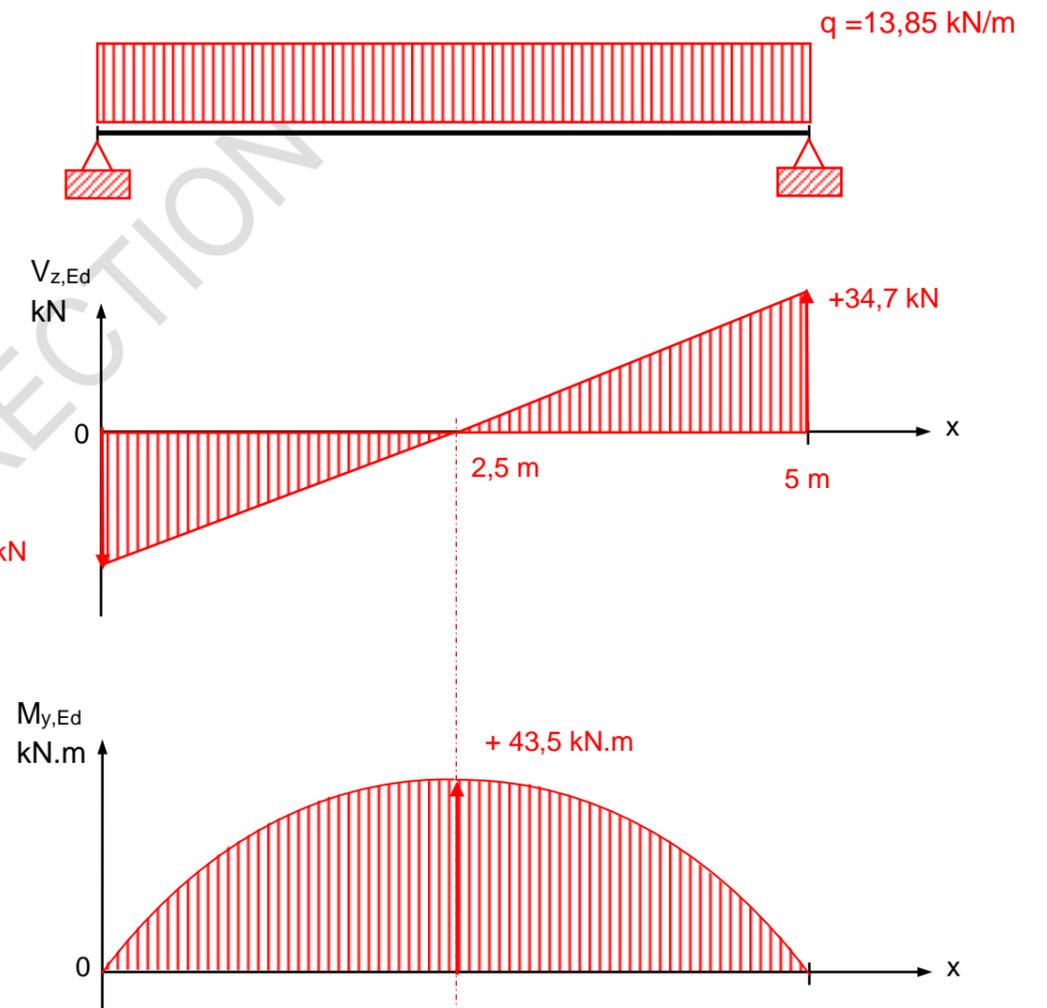
Q22. Solive courante : modélisation ELS1 avec w_3



Q22. Solive courante : modélisation ELS2 avec w_{\max}



Q26. Solive courante : modélisation ELU et sollicitations



Q29. Poutre centrale : modélisation ELU

