Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement supérieur réseau SCEREN

CORRIGE

Question 1 : *Actions dues à la neige*

1.1 – Charges de neige :

Neige au sol : *EC1 – Partie 1.3 - §4*
Istres → Bouches du Rhône → Région A2 → $s_{s,o} = 0,45$ kN/m²
Majoration pour altitude : $\Delta s_1 = 0$ car altitude < 200 m
Neige caractéristique $\boxed{s_k = 0,45 \text{ kN/m}^2}$ Neige accidentelle $\boxed{s_{Ad} = 1 \text{ kN/m}^2}$

Neige sur la toiture : *EC1 – Partie 1.3 - §5 et 6*
Toiture simple pente + acrotères Angle du versant : $\alpha = \tan^{-1}0,03 = 1,72°$
Majoration pour faible pente : $s^* = 0,2$ kN/m² car pente ≤ 3% sur toute la toiture
Coefficients : Ce = Ct = 1 (valeurs par défaut)

Cas S1 : Neige sans accumulation § 5.3.2 (toiture à un seul versant)
Tableau 5.2 → $\mu_1(\alpha) = 0,8$ → $\boxed{S1 = \mu_1.Ce.Ct.s_k + s^* = 0,8.0,45 + 0,2 = 0,56 \text{ kN/m}^2}$

Cas S2 : Neige avec accumulation §5.3.2 + § 6.2
Idem cas S1 + accumulation à proximité des acrotères

Au point haut :

Hauteur de l'acrotère h = 0,25 m → $\mu_2 = \dfrac{\gamma.h}{s_k} = \dfrac{2.0,25}{0,45} = 1,11$ $(0,8 \le \mu_2 \le 1,6)$

$\boxed{S2 = 1,11.0,45 + 0,2 = 0,70 \text{ kN/m}^2}$

Longueur de l'accumulation : $l_s = 2.h = 2.0,25 = 0,5$ m mais $5m \le l_s \le 15m$ donc $\boxed{l_s = 5 \text{ m}}$

Au point bas :

Hauteur de l'acrotère h = 0,70 m → $\mu_2 = \dfrac{\gamma.h}{s_k} = \dfrac{2.0,70}{0,45} = 3,11$! $(0,8 \le \mu_2 \le 1,6)$

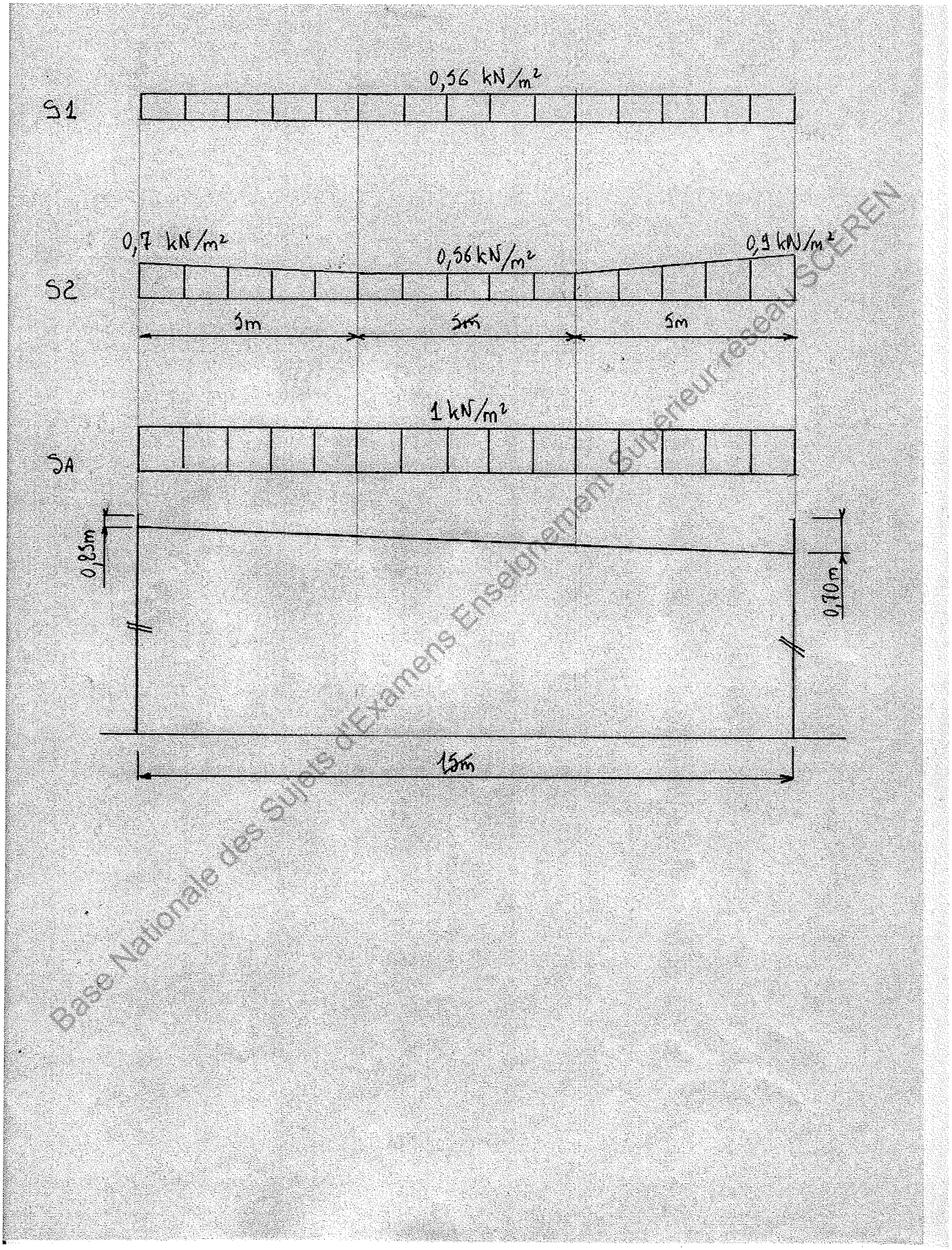
$\boxed{S2 = 1,6.0,45 + 0,2 = 0,92 \text{ kN/m}^2}$

Longueur de l'accumulation : $l_s = 2.h = 2.0,70 = 1,4$ m mais $5m \le l_s \le 15m$ donc $\boxed{l_s = 5 \text{ m}}$

Cas S_A : Neige accidentelle
$S_A = \mu_1.Ce.Ct.s_{Ad} + s^* = 0,8.1 + 0,2 = 1$ kN/m²

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'Enseignement Supérieur réseau SCEREN

1.2 – Schémas des repartitions de neiges: voir DR1



Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement supérieur réseau SCEREN

Question 2 : ***Actions dues au vent***

2.1 - Istres → Bouches du Rhône → Région 3 → $V_b = V_{b,0} = 26$ m/s

Pression de référence : $q_b = ½.\rho.V_b^2 = ½.1,225.26^2 = 414,05 \text{ Pa} \approx 0,414 \text{ kN/m}^2$

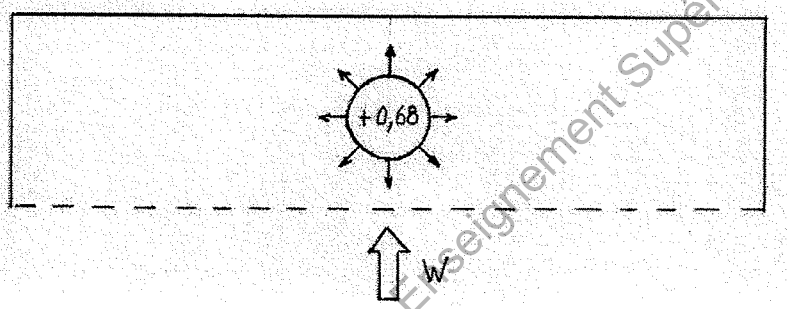
Coefficient d'exposition :
Fig 4.2 → classe de rugosité III b → $c_e(10,7 \text{ m}) = 1,52$

Pression dynamique de pointe :
$q_p = c_e.q_b = 1,52.\ 0,414 = 0,629 \text{ kN/m}^2$

2.2 – Coefficients de pression extérieure : voir DR 2

2.3 – Coefficient de pression intérieure :

Ce bâtiment présente évidemment une face dominante, pour le cas de vent étudié :
$c_{pi} = 0,9.c_{pe} = 0,9.(+0,76) = + 0,68$
Schéma :



2.4 – Coefficients résultants :

- la zone de couverture la plus exposée est la zone F, sous le cas de vent étudié elle subit un coefficient de pression résultant $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi} = - 1,4 - (+ 0,68) = -2,08$

- la zone de bardage la plus exposée est la zone A, sous le cas de vent étudié elle subit un coefficient de pression résultant $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi} = -1,2 - (+0,68) = -1,88$

- pour les acrotères, le coefficient de pression résultant $c_{p,net}$ peut être pris égal à 2 sans considération de zone ni de pente de toiture (art 1 du § 7.4.1)

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Question 3 : ***Descente de charges***

3.1 – Charge de neige :

$S1 = 0{,}56$ kN/m² . 10m .1,1 = 6,16 kN/m

$S_A = 1$ kN/m². 10m .1,1 = 11 kN/m

3.2 – Charges de vent:

Cas W^+:	pression	$w = q_p.c_{p,net} = 0{,}60 . (+0{,}5) = +0{,}30$ kN/m²
	charge linéique	$W^+ = 0{,}30$ kN/m² . 10m . 1,1 = + 3,3 kN/m
Cas W^- :	pression	$w = 0{,}60 . (-1{,}3) = - 0{,}78$ kN/m²
	Charge lineique	$W^- = -0{,}78.10.1{,}1 = - 8{,}58$ kN/m

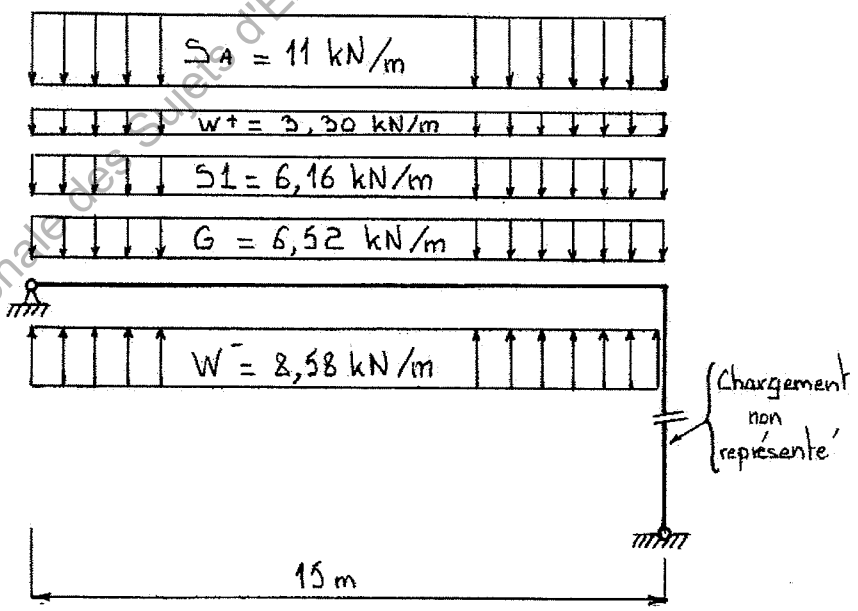
3.3 – Charges permanentes:

Profil traverse - IPE 400 :	66,3 kg/m x 15 m = 994,5 kg =	9,945 kN
CV 1 – CV 2 - Φ139.7 x 5 :	16,6 kg/m x 4 x $\sqrt{5^2+10^2}$ /2 = 371,2 kg =	3,712 kN
CV 3 - Φ139.7 x 5 :	16,6 kg/m x 4 x 10m/2 = 332 kg =	3,320 kN
Pannes - $\sum^+$300 :	8,5 kg/m x 7 x 10m x 1,1 = 654,5 kg =	6,545 kN
Multicouches :	45 kg/m² x 10m x 15m x 1,1 =7425 kg =	74,25 kN

Total = 97,772 kN

Charge linéique $G = \dfrac{97{,}772}{15} \approx 6{,}52$ kN/m

3.4 – Schéma:



Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Document réponse : *DR 2*

Compléter toutes les indications manquantes (titres, dimensions, références des § et tableaux,…)
En cas d'interpolation graphique, justifier les graphes sur votre copie.

Détermination des coefficients de pression extérieure Cpe

Direction du vent : TRANSVERSALE **θ** = *Sans objet*

Caractéristiques du bâtiment :

b = 60,5 m dimension horizontale perpendiculaire à la direction du vent **e = min (b ou 2h)** =21,4 m
d = 15,6 m dimension horizontale parallèle à la direction du vent
h = 10,7 m hauteur du bâtiment **h/d** = 0,686

Type de toiture : Terrasse + acrotère **Angle versant α** = 1,72 °

Elément	Zone	Valeur de C_{pe}	**Justifications** (si nécessaire)
Murs verticaux - §7.2.2…… *Tableau 7.1……*	**Faces latérales :**		
	Zone A :	- 1,2	h < b → 1 seule zone en élévation
	Zone B :	- 0,8	
	Zone C :	- 0,5	
	Face au vent :		*Interpolation :*
	Zone D :	+ 0,76	+0,7 +0,1.(0,686-0,25)/(1 – 0,25) = + 0,76
	Face « arrière » :		*Interpolation :*
	Zone E :	-0,42	-0,3 -0,2.(0,686-0,25)/(1-0,25) = - 0,416
Toiture - § 7.2.3…… *Tableau 7.2……*	**Zone F :**	- 1,4	h_p/h = 0,50 m/ 10,2m = 0,049 ≈ 0,05
	Zone G :	- 0,9	
	Zone H :	- 0,7	
	Zone I :	-0,2 ou + 0,2	
	Zone J :	Sans objet	

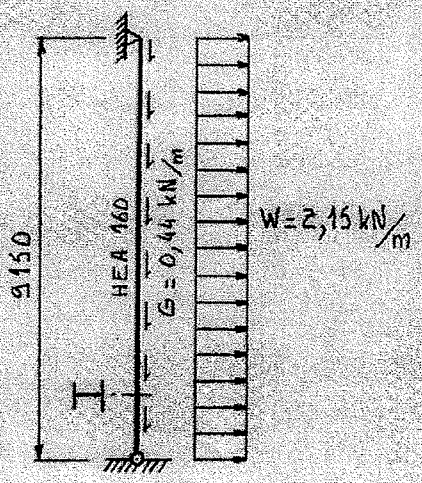
Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Question 4: ***Etude d'un potelet HEA 160 – S 235***

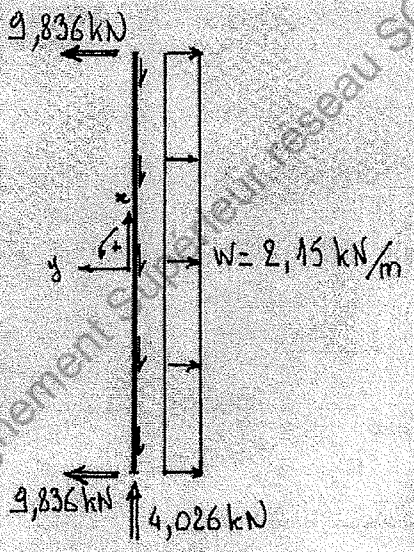
4.1 – Etude des sollicitations: *Document DR3 à completer*

Document réponse : *DR 3* – CORRIGÉ

Schéma mécanique et chargement :

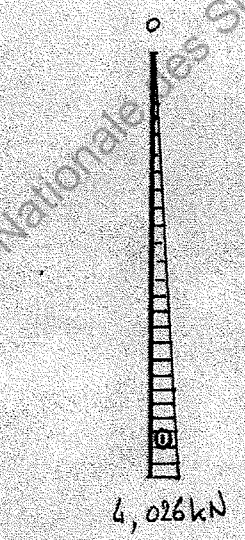


Potelet en équilibre :



SOLLICITATIONS

Diagramme N



⊖ Compression

Diagramme V

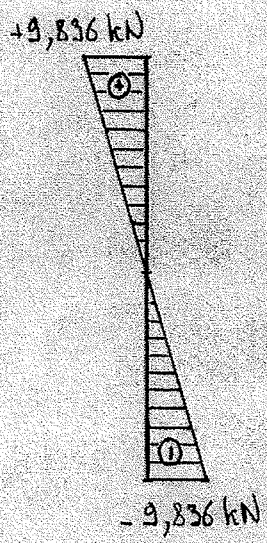
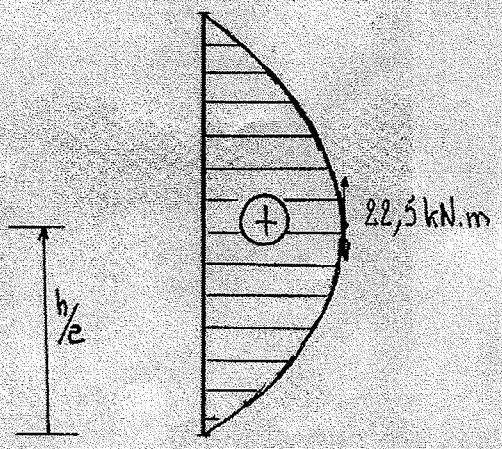


Diagramme M



45

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

4.2 – Vérification ELU :

4.2.1 – La combinaison ELU à utiliser est : $\boxed{1,35.G + 1,5.W}$

4.2.2 - $N_{Ed} = 1,35.4,026 = 5,435$ kN $\qquad N_{pl} = A.\ f_y = 3880.235 = 911,8$ kN

$$\boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{pl}} = \frac{5,435}{911,8} = 0,006}$$

$V_{Ed} = 1,5.9,836 = 14,75$ kN $\qquad V_{pl} = A_v.f_y/\sqrt{3} = 1320.235/\sqrt{3} = 179,1$ kN

$$\boxed{\frac{V_{Ed}}{V_{pl}} = \frac{14,75}{179,1} = 0,082}$$

4.2.3 - Vérification en flexion / axe fort, section de classe 1: § 6.2.5 $\qquad \frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1$

$M_{Ed} = 1,5.22,5 = 33,75$ kN.m $\qquad M_{C,Rd} = W_{pl,y}.f_y = 245.1.10^3.235 = \ldots = 57,6$ kN.m

$$\boxed{\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} = \frac{33,75}{57,6} = 0,56 < 1} \quad \rightarrow \quad \text{Vérification ELU satisfaite}$$

4.2.4 - La résistance de la section droite (N_{pl}, V_{pl}, M_{pl}) augmente proportionnellement à l'augmentation de la nuance(f_y)

4.3 – Vérification ELS :

4.3.1 - Critère ELS : $\boxed{w_{adm} = H/150 = 9150/150 = 61 \text{ mm} \qquad \text{sous} \quad W \text{ seul}}$

EC3 § 7.2.2 – Montants supports de bardage

Combinaison caractéristique : flèche horizontale due aux charges variables

4.3.2 - Vérification ELS :

$$w_2 = \frac{5.q_{serv}.l^4}{384.E.I} = \frac{5.2,15.9150^4}{384.210000.1673.10^4} = 55,85mm$$

Ratio ELS : $\boxed{\frac{w_2}{w_{adm}} = \frac{55,85}{61} = 0,92 < 1}$ $\quad \rightarrow \quad$ Vérification ELS satisfaite

4.3.3 - Optimisation : Inutile, les ratios sont satisfaisants

Avec un critère ELS plus défavorable, une optimisation s'impose.

C'est la possibilité pour le candidat volontaire de rattraper les points éventuellement perdus aux questions précédentes.

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Question 5 : ***Etude d'un portique courant***

5.1 – Analyse informatique :

5.1.1 – Schéma n°1 : Voir document réponse

5.1.2 – Schéma n°2 : Voir document réponse
Chargement sur la traverse : $q_y = -6,5 + (-11) = -17,5$ kN/m
Chargement au nœud 3 : $F_y = -45 + (-80) = -125$ kN

5.1.3 – Schémas n°3 et 4 : Voir document réponse

Schéma n°1 : ***Structure***

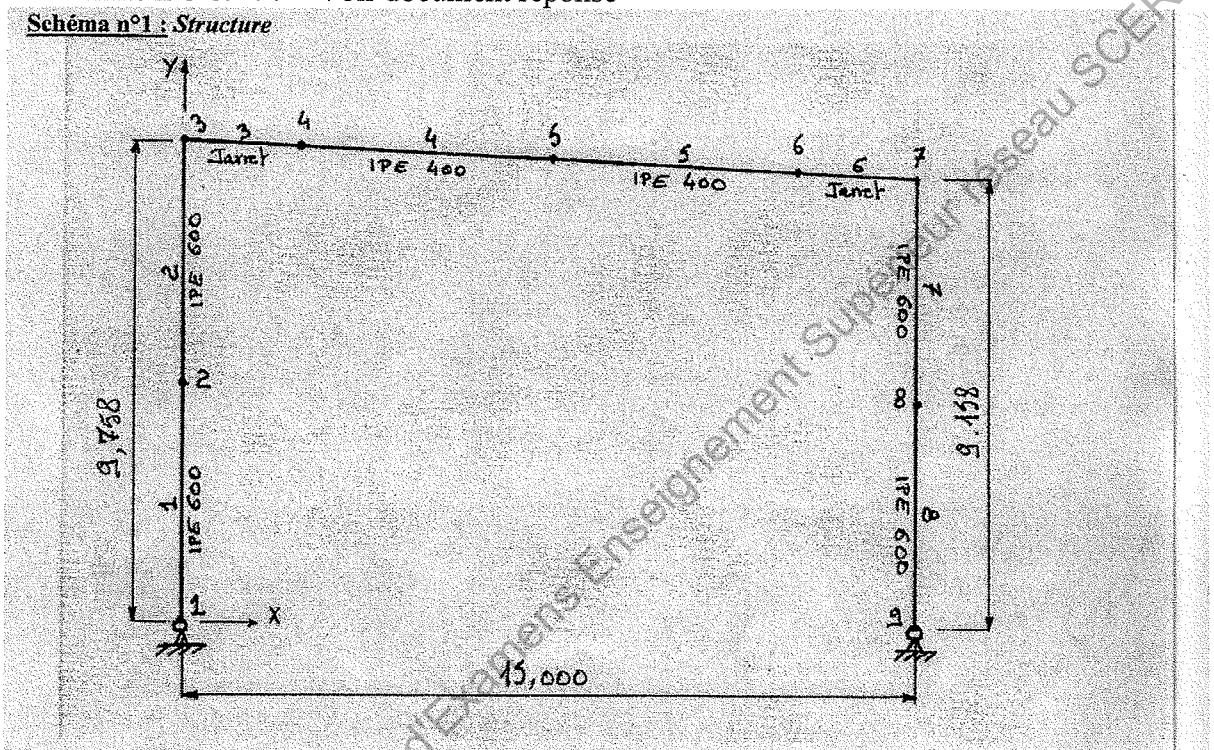
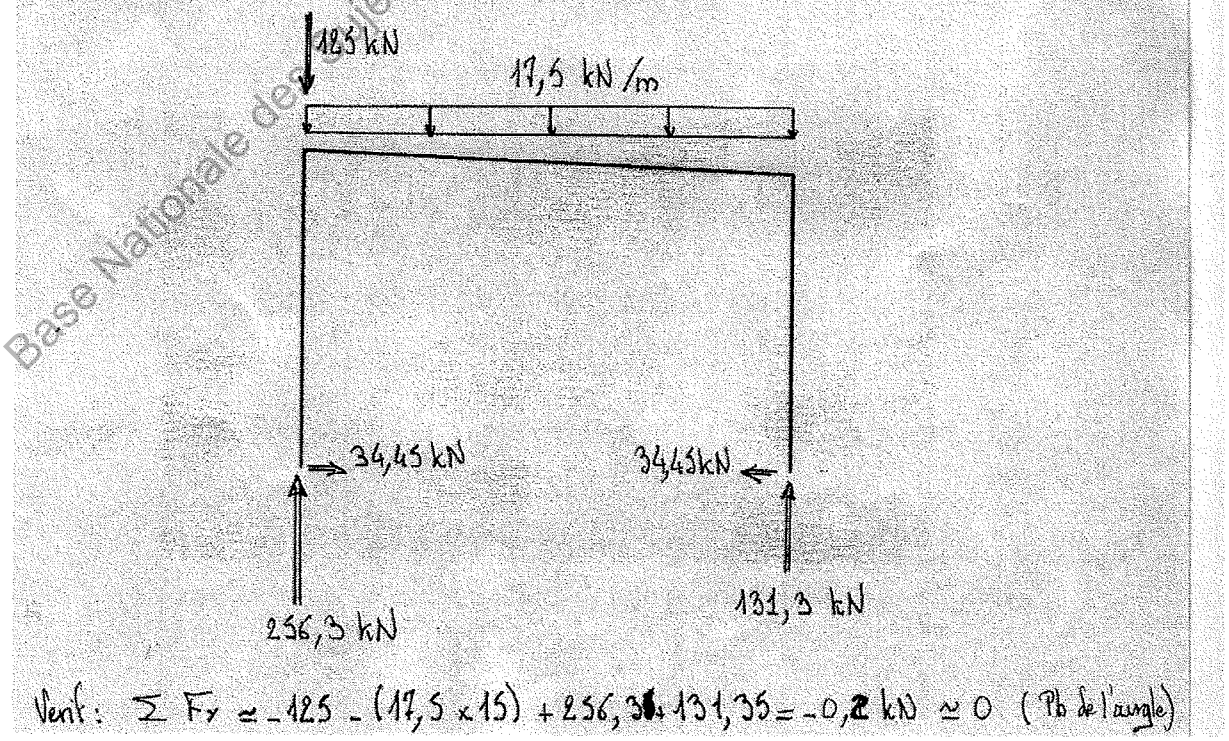


Schéma n°2 : ***Chargement et actions aux appuis – Combinaison G + Sa***



Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Schéma n°3 : ***Poteau 1-3 en équilibre et diagrammes N, V, M***

Poteau 1-3 N V M

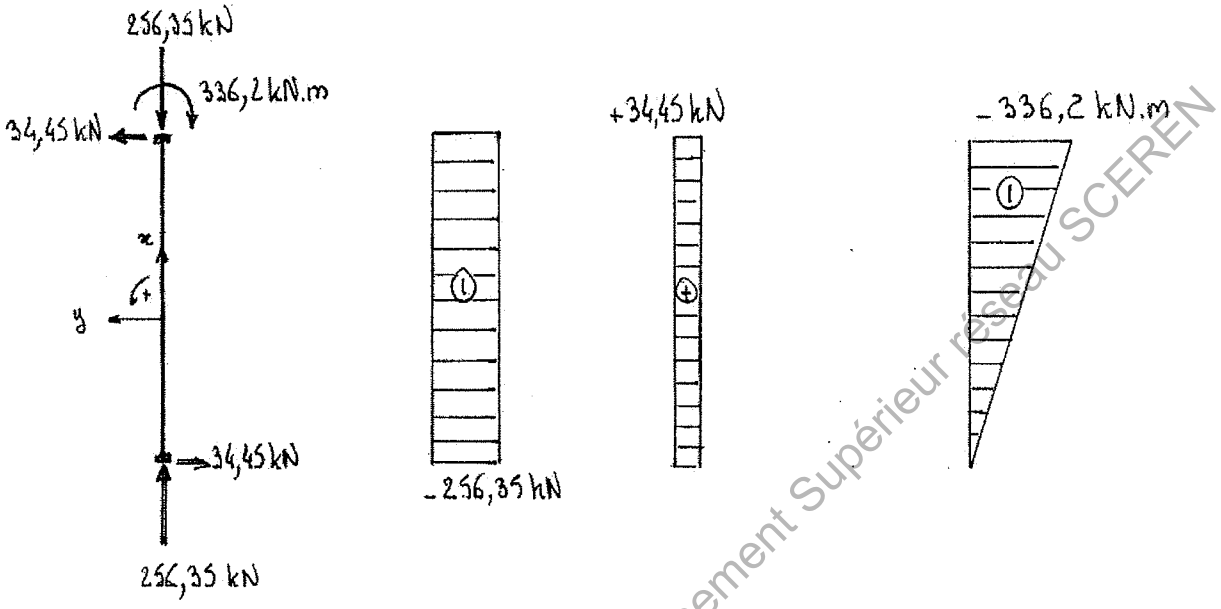
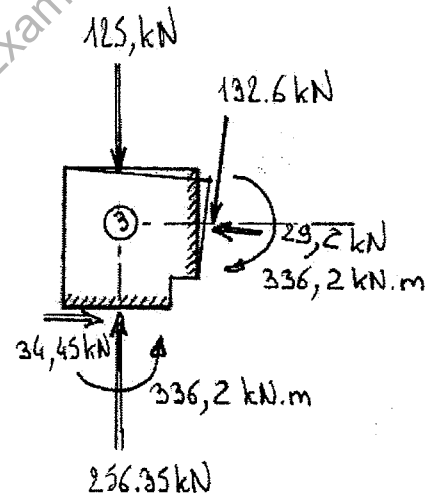


Schéma n°4 : ***Nœud 3 en équilibre***



Pente 4% : $\alpha = 2,29°$

Vérif :

$\Sigma M_2 = 0 \longrightarrow 0$

$\Sigma F_X = 0 \longrightarrow 34,45 - 132,6 \cdot \sin\alpha - 29,2 \cos\alpha = -0,025 \simeq 0 \longrightarrow$ OK

$\Sigma F_Y = 0 \longrightarrow 256,35 - 125 - 132,6 \cos\alpha + 29,2 \sin\alpha = +0,022 \simeq 0 \longrightarrow$ OK

/6

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

5.2 – Vérification du poteau 1-3 :

5.2.1 – Longueur de flambement dans le plan du portique : ENV 1993 – Annexe E

Liaison en pied : articulation → $\eta_1 = 1$

Liaison en tête : nœud rigide → $\eta_3 = Kc / (Kc+Kb)$ Kc : rigidité du poteau

Kb : Rigidité de la poutre

$$\eta_3 = \frac{\frac{92083,5}{975,8}}{\frac{92083,5}{975,8}+\frac{40000}{1500}} = 0,78 \qquad \frac{L_{cr}}{L_0} = \sqrt{\frac{1-0,2.1,78-0,12.0,78}{1-0,8.1,78+0,6.0,78}} = 3.54$$

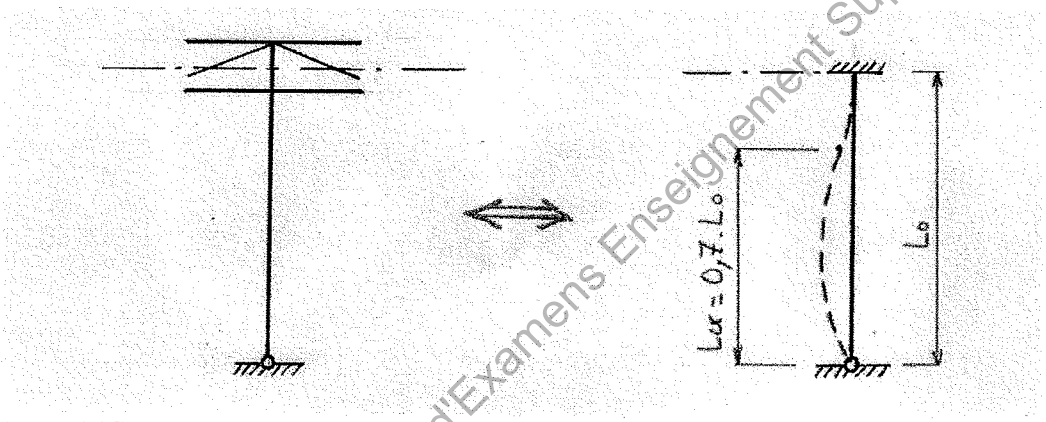
$\boxed{L_{cr,y} = 3,54.9,758 = 34,54 \text{ m}}$

5.2.2 – Longueur de flambement hors du plan du portique :

Liaison en pied : articulation

Liaison en tête : encastrement, la raideur de la poutre treillis (hauteur 1500mm) limite la rotation en tête.

Structure à nœuds fixes du fait de la présence de la poutre au vent transversale.



5.2.3 – Vérification ELU du poteau : Compression + flexion /axe fort – IPE 600 – S 235

Section de classe 1 car N < 795 kN (voir tableau pratique p.154)

$N_{Ed} = 256$ kN $N_{pl} = A.f_y = 15600.235 = 3666$ kN $(N_{Ed}/N_{pl} = 0,07)$

$M_{y,Ed} = 336$ kN.m $M_{pl,y} = W_{pl,y}.f_y = 3512,4.235 = \ldots = 825,4$ kN.m $(M_{Ed}/M_{pl,y} = 0,41)$

Flambement dans le plan du portique

$L_{cr,y} = 34,5$ m ; $I_y = 92083,5$ cm^4 ; $i_y = 24,3$ cm

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2.E.I_y}{L_{cr,y}^2} = 1603kN$$

$$\overline{\lambda}_y = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr,y}}} = 1,512$$

Courbe a : $\boxed{\chi_y = 0,367}$

Flambement hors du plan du portique

$L_{cr,z} = 6,85$ m ; $I_z = 3385,8$ cm^4 ; $i_z = 4,66$ cm

$N_{cr,z} = 1496kN$

$\overline{\lambda}_z = 1,565$

Courbe b : $\boxed{\chi_z = 0,319}$

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Rem : $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 142 \Rightarrow \overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{93{,}9.\varepsilon} = 1{,}512$ $\lambda_z = 147 \Rightarrow \overline{\lambda}_z = 1{,}565$

Déversement :

$M_{cr} = 956{,}5$ kN.m avec $k_w = 1$, $k_z.L = 6{,}85$ m, $I_w = 2846.10^3$ cm^6, $I_t = 165{,}4$ cm^4, $I_z = 3387$ cm^4, $E = 210000$ MPa, $G = 80770$ MPa, $Z_G = 0$, $C_1 = 1{,}77$, C_2 = sans objet

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{pl,y}}{M_{cr}}} = 0{,}93$$

Section laminée h/b>2 → Courbe b : $\chi_{LT} = 0{,}64$

Vérification :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y.\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}.\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT}.\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \le 1 \qquad \frac{N_{Ed}}{\chi_z.\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy}.\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT}.\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \le 1$$

$$\frac{256}{0{,}367.\frac{3666}{1}} + 1{,}03.\frac{336}{0{,}64.\frac{825{,}4}{1}} \le 1 \qquad \frac{256}{0.319.\frac{3666}{1}} + 0{,}59.\frac{336}{0{,}64.\frac{825{,}4}{1}} \le 1$$

$0{,}190 + 0{,}655 = 0{,}85 < 1$ $0{,}219 + 0{,}375 = 0{,}60 < 1$

Le poteau est stable, c'est la flexion + flambement par rapport à l'axe fort qui est préjudiciable.

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Justifications complémentaires

$N_{cr,TF} = 4236$ kN avec $L_{cr,TF} = 6.85$ m

$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,1597$ $\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 0,1711$ $\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = 0,0604$

$\overline{\lambda}_{0,lim} = 0,25$ avec C1 = 1,77

Pour un moment uniforme $M_{cr,0} = 956,5/1,77 = 540$ kN.m → $\lambda_0 = \sqrt{\frac{825,4}{540}} = 1,24$

$\overline{\lambda}_0 > \overline{\lambda}_{0,lim}$:

$C_{my,0} = 0,7710$ pour un diagramme linéaire et $\psi = 0$

$C_{my} = 0,936$ avec $\varepsilon_y = \frac{M_y}{N_{Ed}} . \frac{A}{W_{el,y}} = 6,669$ et $a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_y} = 0,9982$

$C_{mLT} = 1,002 \approx 1$ ($C_{mLT} > 1$)

$b_{LT} = 0$ car $M_z = 0$ $w_y = W_{pl,y}/W_{el,y} = 1,144$ ($\leq 1,5$)

$C_{yy} = 0,97$ ≥ $W_{el,y}/W_{pl,y} = 0,874$

$\mu_y = 0,8926$ $\boxed{k_{yy} = 1,03}$? à vérifier

$d_{LT} = 0$ car $M_z = 0$ $w_z = W_{pl,z}/W_{el,z} = 1,578 \leq \underline{1,5}$!

$C_{mz} = C_{mz,0} = 1,041$ inutile car $M_z = 0$

$C_{zy} = 0.866$ ≥ 0,458 $\boxed{k_{zy} = 0,590}$? à vérifier

Pour le fun j'ai procédé également à la vérification dite simplifiée en classe 3 :

$M_{el,y} = 721,45$ kN.m

Flambement → idem

Déversement → $\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{el,y}}{M_{cr}}} = 0,8685$ ⇒ $\chi_{LT} = 0,68$

$C_{my} = 0,936$ $C_{mLT} = 1,0$ (les calculs intermédiaires sont identiques)

C_{yy} inutile → $k_{yy} = 1,0$

C_{zy} inutile → $k_{zy} = 0,98$ (écart surprenant / classe 1)

Vérification :

$0,190 + 1,0.\frac{336}{0,68.\frac{721,45}{1}} \leq 1$

$0,190 + 0,685 = 0,875 < 1$ (+3% /classe1)

$0,219 + 0,98.\frac{336}{0,68.\frac{721,45}{1}} \leq 1$

$0,219 + 0,671 = 0,89 < 1$ (écart surprenant/classe1)

Bizarre : la deuxième vérification devient prédominante !

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Conclusion :

Sur la méthode :
Vérification manuelle impossible à faire, la probabilité d'arriver au bout avec exactitude est quasi nulle vu le nombre de facteurs et de quantités à manipuler et à calculer.
Tous les calculs qui précèdent demandent à être vérifiés.
Il est difficile (impossible) de cerner la signification et l'impact des différents calculs effectués.

Sur les résultats de cette vérification :
En classe 1, il apparaît que :

- une flexion en simple courbure par rapport à l'axe fort aggrave le phénomène de flambement par rapport à l'axe fort ($k_{yy}>1$)
- une flexion en simple courbure par rapport à l'axe fort minimise le phénomène de flambement par rapport à l'axe faible ($k_{zy}<1$)

En classe 3, il apparaît que :

- la première vérification vis-à-vis du flambement/axe fort semble cohérente avec l'analyse précédente
- la deuxième vérification vis-à-vis du flambement/axe faible diverge de façon inquiétante avec l'analyse précédente.

Sur l'analyse globale de la structure :

- il y a fort à parier que sous la combinaison de charge étudiée (G+Sa), la structure soit rigide dans le plan du portique et que la longueur de flambement $L_{cr,y}$ soit réduite à L_0. Cela remet en cause l'intégralité de la vérification.

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.