



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

CORRIGÉ

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 Examens Enseignement Supérieur Réseau SCEREN

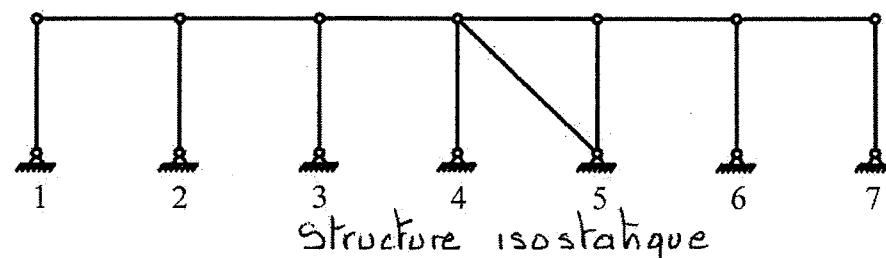
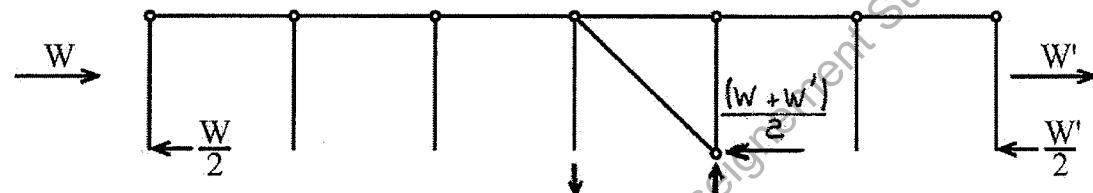
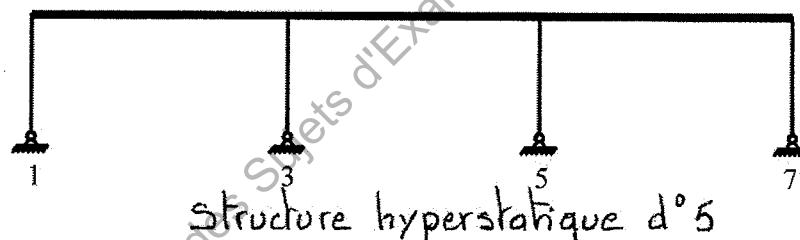
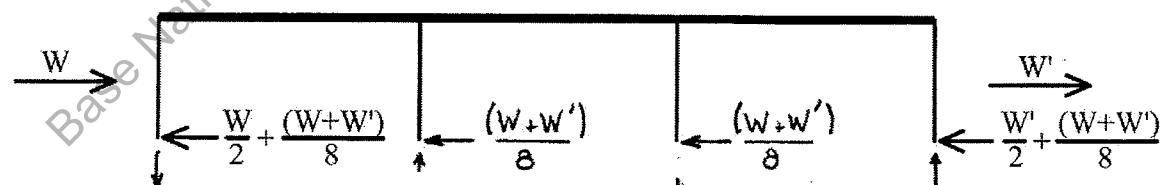
Eléments indicatifs de corrigé

BTS Constructions Métalliques

Epreuve : Conception

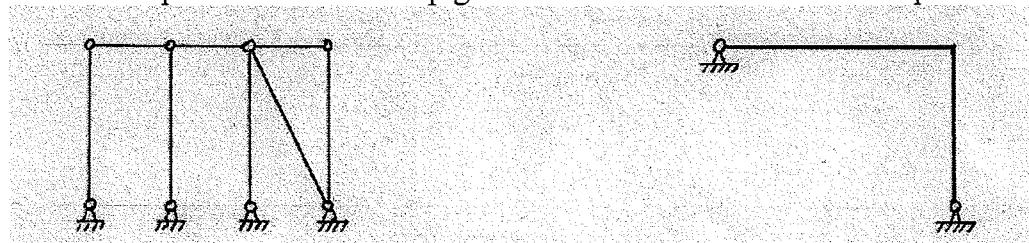
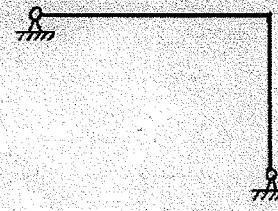
Partie 1 : Etude de la stabilité de l'ouvrage

A – Stabilité longitudinale :

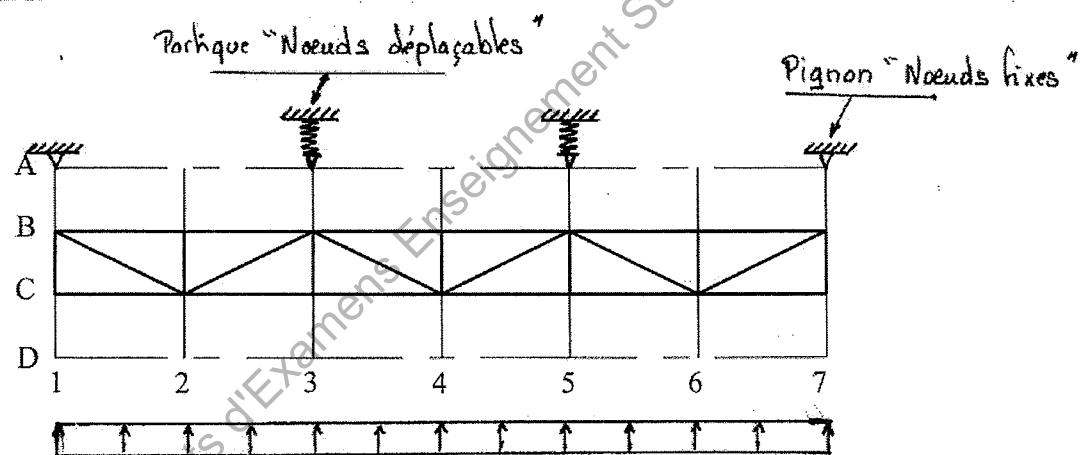
Schéma A1 : Stabilité longitudinale File A -- AnalyseSchéma A2 : Stabilité longitudinale File A - Actions aux appuisSchéma A3 : Stabilité longitudinale File D -- AnalyseSchéma A4 : Stabilité longitudinale File D -- Actions aux appuis

Actions horizontales: Les sens sont logiques, les valeurs approximatives dépendent du modèle du chargement et résultent de $\sum F_x = 0$

Actions verticales: Logiques en 1 et 7, impossible à "s'entrer" en 3 et 5
(question rajoutée en commission de test)

B – Stabilité transversale :**B.1 – Schéma mécanique des structures de pignons****B.2 – Schéma mécanique des ½ portiques****C – Stabilité de versant :****C.1 - Rôle de la poutre au vent longitudinale :**

- rigidifier le versant vis-à-vis des actions dues au vent transversal
- assurer la stabilité horizontale des ½ portiques
- acheminer les actions vers les stabilités transversales

C2 – Schéma C2 :**C.3 – Rôle de la poutre au vent transversale :**

- rigidifier le versant vis-à-vis des actions dues au vent longitudinal
- contribuer à la rigidité horizontale du portique File D
- acheminer ces actions vers la palée de stabilité de long pan (File A, travée 4-5)

D – Poutre treillis (File D) :**D.1 – Rôle de la poutre treillis :**

- servir d'appui (vertical) aux ½ portiques
- acheminer les actions verticales vers les portiques et pans de fer

Partie 2 : Etude d'un contreventement

2.1 – Dimensionnement à la traction d'une barre de contreventement :

$$2.1.1 - N_{Ed} = 135kN \leq N_{pl} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow A \geq \frac{135000}{235} = 575mm^2$$

Choix mini $\Phi 48,3$ ep 5 (A = 680 mm²)

$$2.1.2 - \text{Flèche} \quad \Delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 53,4 \cdot 10^{-3} \cdot 11200^4}{384 \cdot 210000 \cdot 16,2 \cdot 10^4} = 321,6mm \quad \text{soit } \frac{l}{35} !$$

2.2 – Dimensionnement de l'attache d'extrémité :

2.2.1 – Les boulons sont sollicités au cisaillement double, il faut vérifier :

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd} \quad \text{avec} \quad F_{V,Ed} = N_{Ed}/2 = 67,5 \text{ kN} \quad (\text{effort sur un boulon})$$

$$F_{V,Rd} = 2 \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad (\text{résistance d'un boulon au cisaillement double})$$

$$\text{Soit} \quad A_s \geq \frac{67500 \cdot 1,25}{2.600 \cdot 0,5} = 141mm^2 \quad \text{Choix mini HM 16 – classe 6-8 – A_s = 157 mm²}$$

2.2.2 – Condition de pression Φ :

$$\text{Il faut vérifier :} \quad F_{V,Ed} \leq F_{b,Rd} \quad \text{avec} \quad F_{V,Ed} = N_{Ed}/2 = 67,5 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{f_{ub}}{f_u} \text{ ou } 1; \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = 0,56$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{600}{360} = 1,67 \quad \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{30}{3 \cdot 18} = 0,56 \quad \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \text{sans objet}$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,19$$

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7 = 2,19$$

$$\text{Soit} \quad t \geq \frac{67500 \cdot 1,25}{2,19 \cdot 0,56 \cdot 16 \cdot 360} = 11,95mm \quad \text{Choix t = 12mm}$$

$$2.2.3 - N_{Ed} = 135kN \leq N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \Rightarrow A_{net} \geq \frac{1,25 \cdot 135000}{0,9 \cdot 360} = 521mm^2$$

$$h = \frac{A_{net}}{t} + 2 \cdot d_0 = \frac{521}{12} + 2 \cdot 18 = 79,4mm \quad \text{mais} \quad h \geq 2 \cdot e_2 + p_{2,\min i} = 2,25 + 2,4 \cdot 18 = 93,2mm$$

$$\text{Choix h = 100 mm}$$

2.2.4 – Cordons de soudure : $a = 3 \text{ mm}$ (cordon mini pour $t = 12$)

$$F_{w,Ed} = 135kN \leq F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot \sum a \cdot l = f_{vw,Rd} \cdot a \cdot \sum l \Rightarrow \sum l \geq \frac{135000}{208.3} = 216,4 \text{ mm}$$

$$L \geq \frac{216,4}{4} + 2.3 = 60,1 \text{ mm}$$

2.3 – Condition de ductilité :

$$N_{u,Rd} = (0,9 \cdot [100-2,18] \cdot 12,360) / 1,25 = 199 \text{ kN}$$

$$N_{pl} = 680,235 = 159,8 \text{ kN} \quad (\Phi 48,3 \text{ ep 5})$$

La condition de ductilité est satisfaite, pas de risque de rupture fragile mais il conviendrait de surdimensionner les soudures. ($F_{w,Rd} > N_{u,Rd}$)

2.4 – Vérification au flambement du profil $\Phi 139,7 \text{ ep 5}$: ($A=21,2 \text{ cm}^2$; $I = 481 \text{ cm}^4$; $i = 4,77 \text{ cm}$)

$$2.3.1 - L_{cr} = L_0 = 11,2 \text{ m} \quad N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}} = 79,47 \text{ kN} \quad N_{pl} = A \cdot f_y = 498,2 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = 2,503 \Rightarrow \text{Courbe a : } \chi = 0,1464 \Rightarrow N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 72,9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{135}{72,9} = 1,85 > 1! \quad \boxed{\text{Vérification non satisfaite, barre instable}}$$

2.3.2 – Contrairement à la résistance d'une section, l'augmentation de nuance n'agit pas de manière significative sur la résistance de l'élément à une instabilité .

2.3.3 - Optimisation :

$$\Phi 139,7 \text{ ep 12,5 - S235} \quad \bar{\lambda} = 2,64 \quad \chi = 0,1323 \quad N_{b,Rd} = 155,4 \text{ kN} \quad \text{Ratio : 0,87}$$

$$\Phi 139,7 \text{ ep 12,5 - S355} \quad \bar{\lambda} = 3,245 \quad \chi = 0,08903 \quad N_{b,Rd} = 158 \text{ kN} \quad \text{Ratio : 0,85}$$

(gain stabilité $\approx 2\%$ pour un gain de résistance $\approx 50\%$)

$$\Phi 177,8 \text{ ep 5 - S235} \quad \bar{\lambda} = 1,95 \quad \chi = 0,234 \quad N_{b,Rd} = 148 \text{ kN} \quad \text{Ratio : 0,91}$$

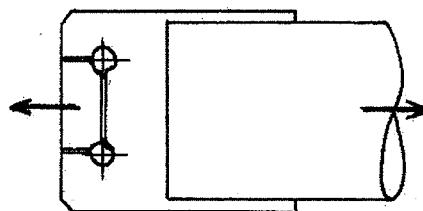
$$\text{Poids du } \Phi 139,7 \text{ ep 12,5} = 39,2 \text{ kg/m} \quad \boxed{\text{Poids du } \Phi 177,8 \text{ ep 5} = 21,3 \text{ kg/m}}$$

Calcul approché par excès $\pi \cdot 17,78 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot 7,85 \text{ gr/cm}^3 = 21,900 \text{ gr/m} = 21,9 \text{ kg/m}$

Choix $\Phi 177,8 \text{ ep 5}$: gain de poids (- 45%) = meilleur rendement

2.4 - Résistance d'une attache d'extrême (question subsidiaire non posée)

2.4.1 – Schéma de la rupture de bloc possible



| | |
|-----------------------|-----------------------|
| $\Phi 139,7$ | $d_0 = 20 \text{ mm}$ |
| $e_1 = 30 \text{ mm}$ | |
| $e_2 = 40 \text{ mm}$ | $p_2 = 80 \text{ mm}$ |
| $h = 160 \text{ mm}$ | $t = 12 \text{ mm}$ |

2.4.2 – Résistance de calcul au cisaillement de bloc : attache centrée S 235

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} \quad \text{avec} \quad A_{nt} = (80-2 \cdot 10) \cdot 12 = 720 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \cdot (30 - 10) \cdot 12 = 480 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{720 \cdot 360}{1,25} + \frac{480 \cdot 135}{1} = 207360 + 64800 \approx 272 \text{ kN}$$

2.4.3 – Résistance en section nette :

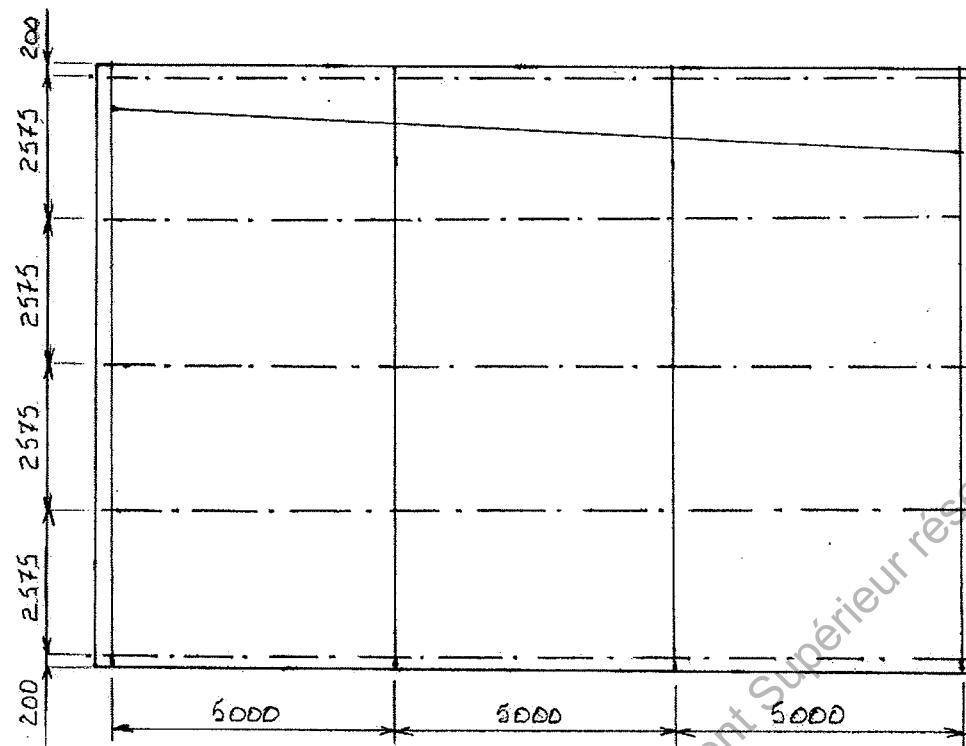
$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot (160 - 2 \cdot 20) \cdot 12 \cdot 360}{1,25} = 373248 \text{ N} \approx 373 \text{ kN}$$

2.4.4 – La rupture de cisaillement de bloc est prédominante

Partie 3 : Habillage des pignons

D'après l'Annexe 2, l'écartement entre lisses doit être compris entre 1,60m et 4m, le candidat doit s'orienter sur une solution comportant 4,5 ou 6 lisses. Toute solution cohérente sera considérée exacte.

3.1 – Schéma de poutraison du pignon : (proposition : 5 lisses)



3.2 – Résistance du panneau de bardage :

Modèle mécanique hyperstatique (panneau continu sur 5 appuis → résultats 3 appuis)

Portée 2,60 m :

ep 0,63

ep 0,75

Pression

$87 \text{ daN/m}^2 = 0,87 \text{ kN/m}^2$

$135 \text{ daN/m}^2 = 1,35 \text{ kN/m}^2$

Dépression

$79 \text{ daN/m}^2 = 0,79 \text{ kN/m}^2$

$119 \text{ daN/m}^2 = 1,19 \text{ kN/m}^2$

Vérification :

Pression subie dans la zone la plus exposée : $w^+ = q_p \cdot c_p = 0,6 \cdot 1,5 = 0,90 \text{ kN/m}^2$

Dépression subie dans la zone la plus exposée : $w^- = 0,6 \cdot -1,88 = -1,13 \text{ kN/m}^2$

La condition de résistance en pression et dépression impose un panneau d'épaisseur 0,75

3.3 – Dimensionnement des lisses : montage supposé isostatique, portée 5m

Calculs à adapter à l'écartement des lisses retenu par le candidat

ELU :

Combinaison 1,5.W → situation défavorable en dépression $w=0,60 \cdot -1,88 = -1,13 \text{ kN/m}^2$

$$q_u = 1,5 \cdot 1,13 \cdot 2,575 = 4,36 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_u \cdot l^2}{8} = \frac{4,36 \cdot 5^2}{8} = 13,62 \text{ kN.m} \leq M_{ply} = W_{ply} \cdot f_y \quad \Rightarrow \quad W_{ply} \geq \frac{13,62 \cdot 10^6}{235} = \dots = 58 \text{ cm}^3$$

$$\text{Profil IPE 120} - W_{ply} = 60,7 \text{ cm}^3 - (I_y = 317,8 \text{ cm}^3)$$

ELS :

Combinaison W → situation défavorable en dépression $w = -1,13 \text{ kN/m}^2$
 $q_s = 1,13 \cdot 2,575 = 2,91 \text{ kN/m}$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q_s \cdot l^4}{384.210000 \cdot I_y} \leq \frac{l}{150} \Rightarrow I_y \geq \frac{5 \cdot 1.13 \cdot 2.91 \cdot 5000^3}{384.210000} = \dots = 338 \text{ cm}^4$$

Profil IPE 140 – $I_y = 541,2 \text{ cm}^4$

Profil retenu: IPE 140 – S 235

3.5 – Vérification d'une lisse continue : (question subsidiaire non posée)

(les actions caractéristiques du vent $q_z = 2,3 \text{ kN/m}$ et $q_y = 0,2 \text{ kN/m}$ étaient données, ainsi qu'uniformulaire de la poutre sur 4 appuis)

3.5.1 – Vérification ELU : IPE 100 S235 → Section de classe 1 flexion

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad \text{avec } \alpha = 2 \quad \beta = 1 \text{ section I ou H}$$

Combinaison ELU : $1,35G + 1,5W$ soit $q_{uz} = 1,5 \cdot 2,3 = 3,45 \text{ kN/m}$
 $q_{uy} = 1,35 \cdot 0,2 = 0,27 \text{ kN/m}$

Section la plus sollicitée: appui intermédiaire

$$M_{y,Ed} = 0,1 \cdot q_{uz} \cdot l^2 = 0,1 \cdot 3,45 \cdot 5^2 = 8,625 \text{ kN.m} \quad M_{z,Ed} = 0,1 \cdot q_{uy} \cdot l^2 = 0,1 \cdot 0,27 \cdot 5^2 = 0,675 \text{ kN.m}$$

$$M_{y,Rd} = W_{ply} \cdot f_y = 39,4 \cdot 235 = \dots = 9,259 \text{ kN.m} \quad M_{z,Rd} = W_{plz} \cdot f_y = 9,1 \cdot 235 = \dots = 2,138 \text{ kN.m}$$

$$\text{Vérification: } (8,625/9,259)^2 + (0,675/2,138) = 0,868 + 0,315 = 1,18 > 1!$$

Vérification ELU non satisfaite

(avec un lien intermédiaire, on diminue sensiblement la flexion/axe faible)

3.5.2 – Vérification ELS:

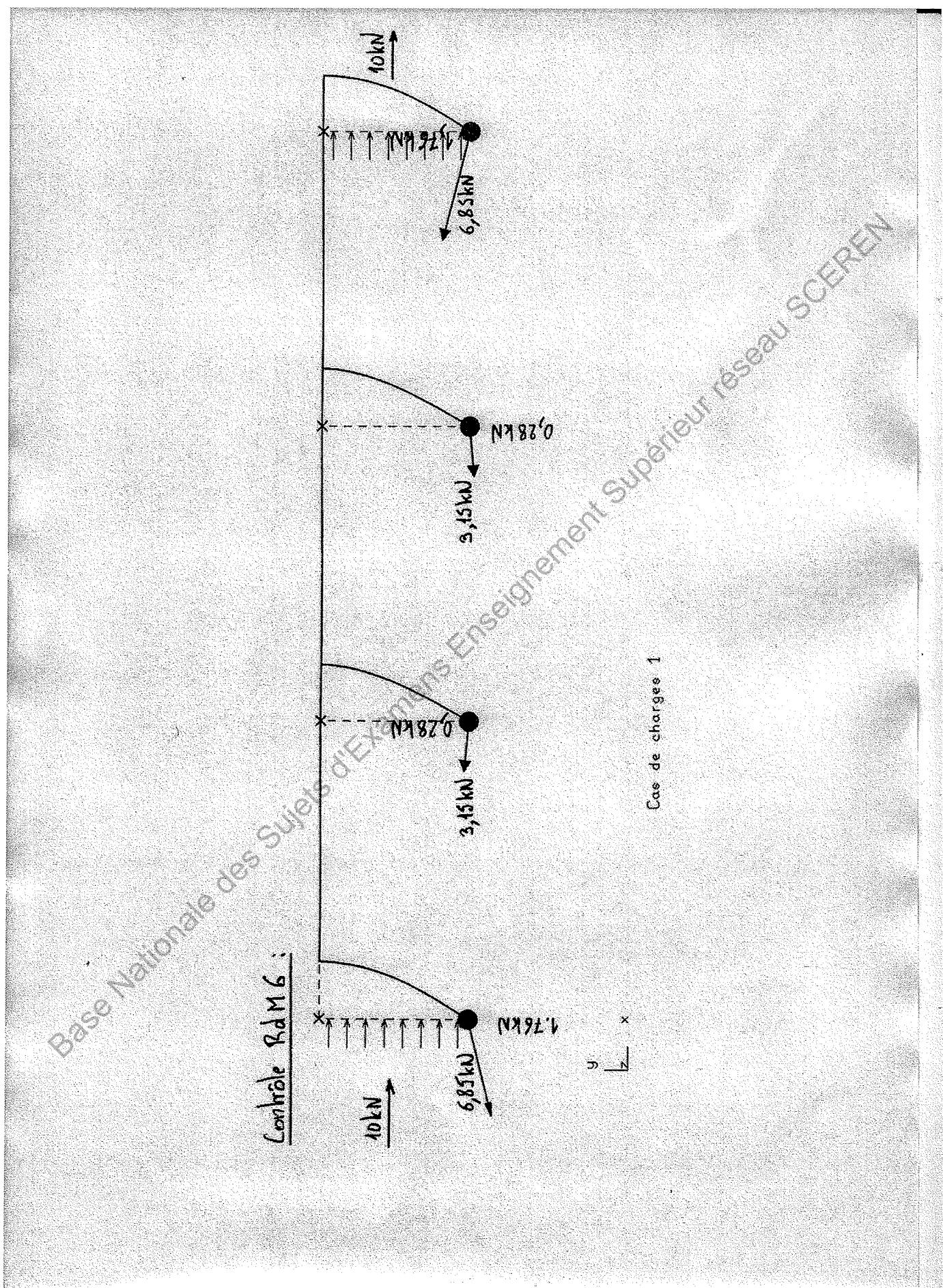
Critère ELS: $w_{max} \leq w_{adm} = l/150 = 33,33 \text{ mm}$ sous la combinaison G + W

Flèche calculée au milieu de la travée de rive

$$\text{Flèche horizontale : } w_z = \frac{27 \cdot q_z \cdot l^4}{4000 \cdot E \cdot I_y} = \frac{27 \cdot 2,3 \cdot 5000^4}{4000 \cdot 210000 \cdot 171 \cdot 10^4} = 27,02 \text{ mm}$$

$$\text{Flèche verticale : } w_y = \frac{27 \cdot q_y \cdot l^4}{4000 \cdot E \cdot I_z} = \frac{27 \cdot 0,2 \cdot 5000^4}{4000 \cdot 210000 \cdot 15,91 \cdot 10^4} = 25,25 \text{ mm}$$

Vérification ELS satisfaite si on dispose un lien pour neutraliser w_y



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.