

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.**

#4 Étude des ouvrages

U41 Préparation du projetRESTAURANT GRILLELEMENTS de CORRIGE2^o Partie Résistance des matériaux (1^o Partie à la fin)1 Étude du chargement de la structure:1.1 Charges surfaciques:- charge climatique de neige:

Zone 3 Altitude 600m. charge normale $p_{n0} = 550 \text{ N/m}^2$
 $500 < A < 1500$ $p_{n1} = p_{n0} + 300 + \frac{A - 500}{0,4} = 550 + 300 + \frac{600 - 500}{0,4}$
 $= 1100 \text{ N/m}^2$

Minoration de charge $1100 (60 - 25) \times 0,02 = 770 \text{ N/m}^2$

charge de neige: $p_n = 1100 - 770 = \underline{330 \text{ N/m}^2}$ en proj. horizontale

- charges permanentes:

plaque de plâtre $9 \times 1,3 \times 10 = 117 \text{ N/m}^2$

laine de verre $150 \times 10 \times 0,08 = 120 \text{ N/m}^2$

Parre pluie $1100 \times 10 \times 0,002 = 22 \text{ N/m}^2$

Bac acier $7 \times 10 = 70 \text{ N/m}^2$

Lattis $3 \times 10 = 30 \text{ N/m}^2$

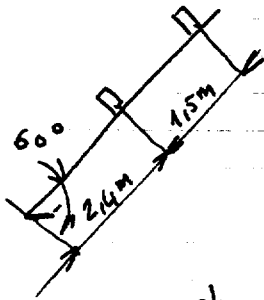
Couverture $10 \times 10 = 100 \text{ N/m}^2$

459 N/m²

Charge permanente
 $q = \underline{459 \text{ N/m}^2}$ en surface réelle

1.2 Charge sur la panne la plus chargée:

c'est celle du bas:



les chevrons continus sur plus de "3 appuis" on peut répartir les charges par moitié sur la panne la plus proche.

$$\text{charge de neige } P_{\eta} = 330 \times (1,2 + 0,75) \cos 60^{\circ} = 321,75 \text{ N/m.}$$

$$\text{charges permanentes: } 459 \times (1,2 + 0,75) = 895 \text{ N/m} = G$$

$$\text{poids propre } P = 0,075 \times 0,23 \times 420 \times 10 = 72,5 \text{ N/m.}$$

$$\text{charge à reprendre: } \underline{1290 \text{ N/m}}$$

2 Dimensionnement des pannes:

2.1 Poutre sur chant:

2.1.1. Actions de liaisons en A et B:

Par raison de symétrie mécanique et géométrique

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{A}_{3,25} = 1854 \vec{j} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_A \quad \left\{ \begin{array}{l} \vec{B}_{4,75} = 1854 \vec{j} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_B$$

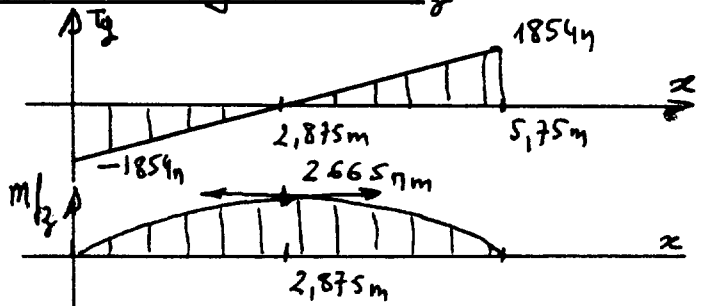
(charge totale : $645 \times 5,75 \text{ m} = 3708 \text{ N}$)

2.1.2 Expressions et diagrammes des T_y et des M_{f_z} :

$$0 < x < 5,75 \text{ m}$$

$$\bar{T}_y = -1854 + 645x$$

$$\bar{M}_{f_z} = 1854x - 645 \frac{x^2}{2}$$



$$|T_{y_{\max}}| = 1854 \text{ N}$$

$$M_{f_z \max} = 2665 \text{ Nm}$$

2.1.3. Vérification de la déformée:

$$y_{\max} \leq f_{\text{adm}} = \frac{L}{300}$$

$$y_{\max} = \frac{5pl^4}{384EI_{Gz}} = \frac{5 \times 0,645 \times 5,75^2 \times 12}{384 \times 10^4 \times 75 \times 230^3}$$

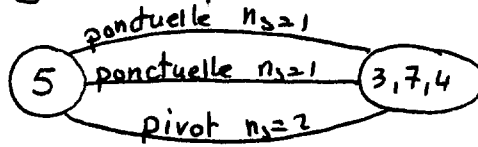
$$f_{\text{adm}} = \frac{5750}{300} = 19,17 \text{ mm}$$

$$y_{\max} = 12,07 \text{ mm}$$

$f_{\text{adm}} = 19,17 \text{ mm} > y_{\max} = 12,07 \text{ mm}$ déformation acceptable suivant cette direction.

2.2. Poutre à plat:

2.2.1 Degré d'hyperstaticité:



nb de pièces $P=2$

$\sum n_s = 2 \times 1 + 2 = 4$ inconnues statiques

$m=0$ pas de mobilité.

$$h = m + \sum n_s - 3(P-1) = 0 + 4 - 3(2-1) = 1$$

Modèle d'étude hyperstatique de degré 1.

2.2.2 Equations de la statique:

* Système isolé {5}.

* Bilan des actions extérieures:

Résultante de la charge répartie $\left\{ \begin{array}{l} \vec{P} = -6423 \vec{k} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C$

Ponctuelles en B et C $\left\{ \begin{array}{l} \vec{C}_{7 \rightarrow 5} = \vec{Z}_C \vec{k} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C$

Pivot en A $\left\{ \begin{array}{l} \vec{A}_{3 \rightarrow 5} = \vec{X}_A \vec{i} + \vec{Z}_A \vec{k} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_A$

$\left\{ \begin{array}{l} \vec{B}_{4 \rightarrow 5} = \vec{Z}_B \vec{k} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_B$

* Equilibre: Le torseur des actions extérieures est nul en C

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{P} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C + \left\{ \begin{array}{l} \vec{A}_{3 \rightarrow 5} \\ \vec{C}_{7 \rightarrow 5} \end{array} \right\}_C + \left\{ \begin{array}{l} \vec{C}_{7 \rightarrow 5} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C + \left\{ \begin{array}{l} \vec{B}_{4 \rightarrow 5} \\ \vec{B}_{4 \rightarrow 5} \end{array} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C$$

* Résolution:

$$\vec{P} + \vec{A}_{3 \rightarrow 5} + \vec{C}_{7 \rightarrow 5} + \vec{B}_{4 \rightarrow 5} = \vec{0} \Rightarrow \begin{array}{c|c|c|c|c} 0 & \vec{X}_A & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -6423 & \vec{Z}_A & \vec{Z}_B & \vec{Z}_C & 0 \end{array}$$

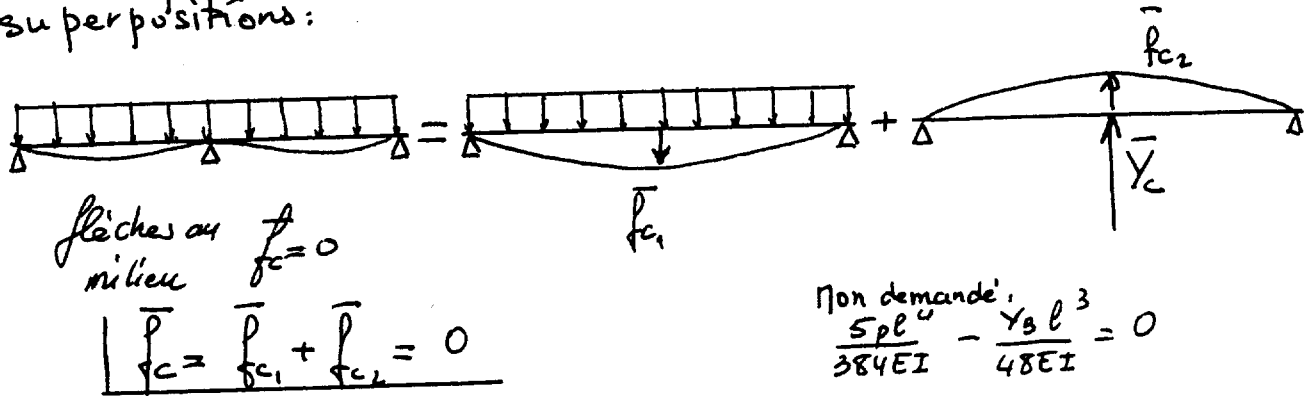
$$\vec{X}_A = 0 \quad (1) \quad = 6423_n \quad (2)$$

Par raison de symétrie (moment enc) $\vec{Z}_A = \vec{Z}_B \quad (3)$

Verification: le système comprend 3 équations et 4 inconnues et est bien hyperstatique de degré 1

2.23 Recherche de l'équation supplémentaire:

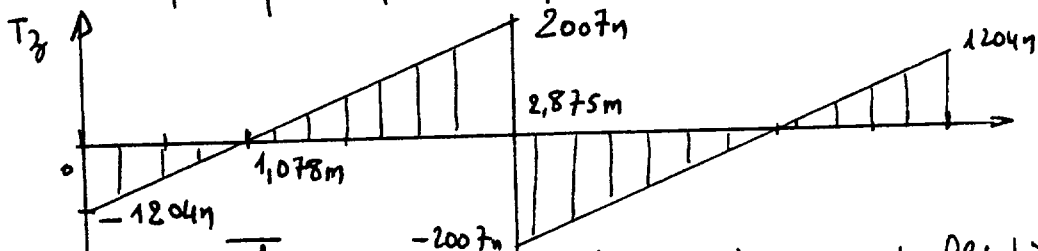
Le système étant hyperstatique de degré 1, il faut déterminer une équation supplémentaire tenant compte de la compatibilité des déformations en utilisant entre autres le principe de superpositions:



2.24 Expression et diagramme des efforts tranchants: Moment fléchissant.

$$0 < x < 2,875 \quad T_y = -1204 + 1117x$$

On complète par symétrie pour $2,875 < x < 5,75m$.



$$T_y = -\frac{dm_y}{dx}$$

donc les extrêmes du moment fléchissant s'obtiennent où l'effort tranchant passe par une valeur nulle.

$$x=0 \quad x=2,875m. \quad x = \frac{1204}{1117} = 1,078m.$$

Expression du moment fléchissant $m_y = 1204x - \frac{1117x^2}{2}$

$$x=0 \quad m_y = 0$$

$$x=1,078 \quad m_y = 1204 \times 1,078 - \frac{1117 \times 1,078^2}{2} = 649 \text{ Nm.}$$

$$x=2,875 \quad m_y = 1204 \times 2,875 - \frac{1117 \times 2,875^2}{2} = -1155 \text{ Nm}$$

L'intensité du moment fléchissant est maximale en C

$$m_{y \text{ max}} = 1155 \text{ Nm}$$

2.3 Dimensionnement de la poutre en flexion déviée:

2.3.1 Contraintes normales de flexion:

Pour les 2 poutres précédentes sur chant et à plat le moment fléchissant et donc la contrainte normale sont maxima au point C.

$$\sigma_x = \frac{M_{f_{\text{chant}}^{\text{MAX}}}}{\frac{bh^2}{6}} + \frac{M_{f_{\text{plat}}^{\text{MAX}}}}{\frac{h \cdot b^2}{6}} \leq C \cdot C_H \cdot \bar{\sigma}_f$$

$$\sigma_{x\text{max}} = \frac{2665000 \times 6}{75 \times 230^2} + \frac{1155000 \times 6}{230 \times 75^2} = 9,39 \text{ N/mm}^2 = 9,39 \text{ MPa}$$

$$C_H = 1 \quad \text{humidité à 12\%}$$

$$C = 1,2 - 0,2 \times \frac{230}{150} = 0,893 \quad \bar{\sigma}_f = 11 \text{ MPa}$$

$$C \cdot C_H \cdot \bar{\sigma}_f = 0,893 \times 11 = 9,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x\text{max}} = 9,39 \text{ MPa} < C \cdot C_H \cdot \bar{\sigma}_f = 9,82 \text{ MPa} \quad \text{Section acceptable aux contraintes normales.}$$

2.3.2 Contraintes de cisaillement longitudinal:

$$\text{Effort tranchant} \quad T = \sqrt{T_y^2 + T_z^2}$$

Pour les poutres l'effort tranchant est maximum en C ou en A

$$\tau_{\text{max}} = \frac{3}{2} \frac{T_{\text{max}}}{S} \leq \tau \cdot C_H \quad C_H = 1 \quad 12\% \text{ d'humidité.} \\ \tau = 1,1 \text{ MPa.}$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2007}{75 \times 230} = 0,175 \text{ MPa} \quad \text{au point C}$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sqrt{1854^2 + 1204^2}}{75 \times 230} = 0,192 \text{ MPa} \quad \text{au point A ou B.}$$

$$\tau_{\text{max}} = 0,192 \text{ MPa} < C_H \tau = 1,1 \text{ MPa} \quad \text{vérifiée.}$$

3 Vérification des câbles Support de pannes:

3.1 Tension dans la partie basse du câble: CD:

Le câble est en équilibre sous l'action de 2 forces directement opposées de support CD. Il sert d'appuis central à la poutre

$$T_{CO} = \frac{5 p l}{8} = \frac{5 \times 1117 \times 5,75}{8} = 4014 \text{ N.} = T_{CD}$$

CORRIGE 5/7

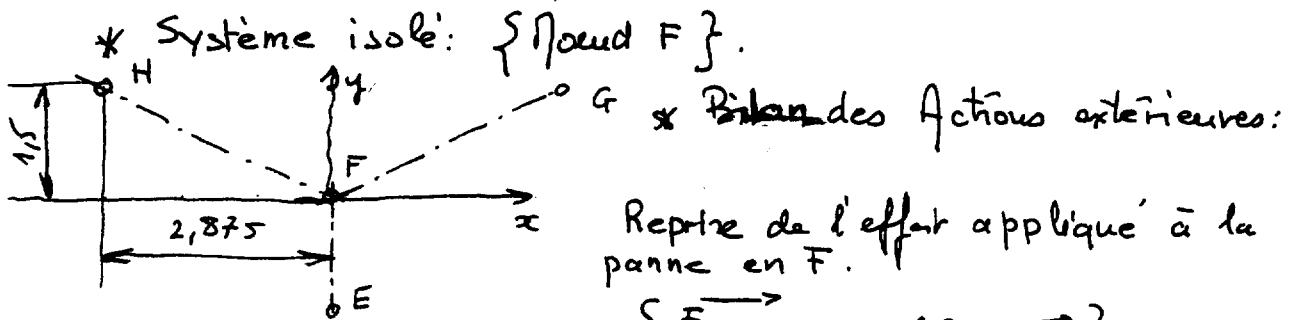
3.2 Tension dans la partie DE

$$T_{DE} = 4014 + \frac{5 \times 831 \times 5,75}{8} = 7000 \text{ N} = T_{DE}$$

3.3 Tension dans la partie FE:

$$T_{FE} = 7000 + \frac{5 \times 831 \times 5,75}{8} = 9987 \text{ N} = T_{FE}$$

3.4 Tension dans les parties HF et FG:

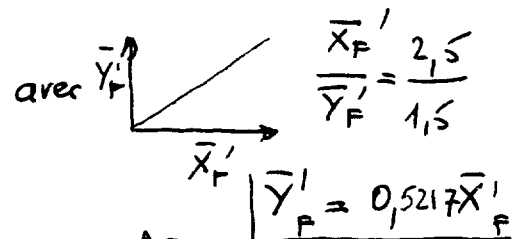


$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{\text{panne} \rightarrow F} = -2986 \vec{J} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F$$

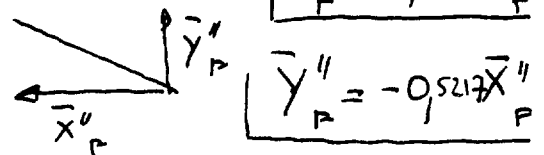
les 3 câbles adjacents sont en équilibre sous l'action de 2 forces directement opposées, de support l'axe du câble.

$$\text{donc } \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{EF \rightarrow F} = -9987 \vec{J} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{FG \rightarrow F} = \bar{X}'_P \vec{I} + \bar{Y}'_P \vec{J} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{FH \rightarrow F} = \bar{X}''_P \vec{I} + \bar{Y}''_P \vec{J} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F$$



* Equilibre: le torseur des actions extérieures est nul en F

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{\text{panne} \rightarrow F} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F + \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{EF \rightarrow F} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F + \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{FG \rightarrow F} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F + \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{FH \rightarrow F} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F = \left\{ \begin{array}{l} \vec{0} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_F$$

* Résolution:

$$\vec{F}_{\text{panne} \rightarrow F} + \vec{F}_{EF \rightarrow F} + \vec{F}_{FG \rightarrow F} + \vec{F}_{FH \rightarrow F} = \vec{0}$$

$$\left| \begin{array}{c|c|c|c|c} 0 & 0 & \bar{X}'_P & \bar{X}''_P & 0 \\ -2986 & -9987 & \bar{Y}'_P & \bar{Y}''_P & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right|$$

$$\bar{X}'_F + \bar{X}''_F = 0 \quad (1)$$

$$\bar{Y}'_F + \bar{Y}''_F = 12973 \quad (2)$$

$$0,5217 \times (1) \longrightarrow$$

$$(3) \text{ et } (4) \text{ dans } (2) \longrightarrow$$

$$\text{soit } \bar{X}'_F = 12433,7$$

$$\bar{Y}'_F = 6487,7$$

$$\bar{Y}'_F = 0,5217 \bar{X}'_F \quad (3)$$

$$\bar{Y}''_F = -0,5217 \bar{X}''_F \quad (4)$$

$$0,5217 \bar{X}'_F + 0,5217 \bar{X}''_F = 0$$

$$0,5217 \bar{X}'_F - 0,5217 \bar{X}''_F = 12973$$

$$\bar{X}''_F = -12433$$

$$\bar{Y}''_F = 6487$$

$$\text{Tension dans un cable } T_{HP} = T_{FG} = \sqrt{6487^2 + 12433^2}$$

$$\boxed{\text{Tension : } T_{HP} = T_{FG} = 14024,7}$$

3.5 Vérification du cable:

$$\sigma_{z \text{ max}} = k_c \frac{N_{\text{max}}}{S} \leq R_{pe} = R_e \quad \text{Sécurité de 1.}$$

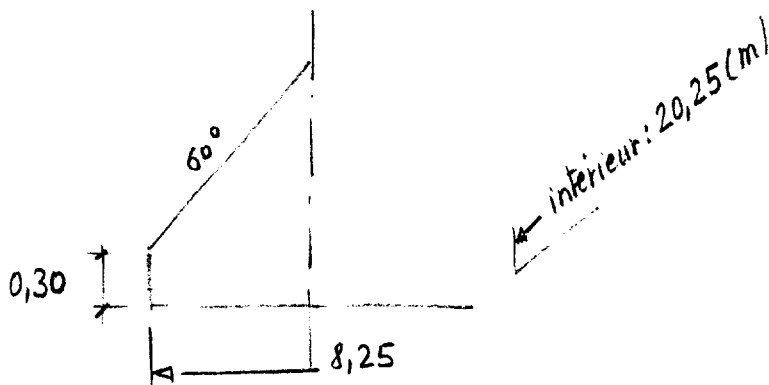
$$= 2,5 \times \frac{14024}{\pi \times 6^2} = 310 \text{ MPa} < R_e = 355 \text{ MPa}$$

Section vérifiée à la limite élastique

1° Partie - Thermique

①

1.1 Métré des surfaces : surfaces intérieures.



$$\text{Rampant: } A_1 = 8,25 \times 22,05 \times 2 = 363,825 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Pari verticale en sablière: } A_2 = 22,05 \times 0,30 \times 2 = 13,23 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Chassis: } A_4 = 1,20 \times 1,35 \times 2 = 3,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Oeil de boeuf: } A_5 = \frac{\pi \times 0,70^2}{4} = 0,385 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Portes vitrées: } A_6 = 0,90 \times 2,10 \times 2 = 3,78 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Pariis verticales: } (8,25 \times 8,25 \frac{\sqrt{3}}{2}) \times \frac{1}{2} + 0,30 \times 8,25 = 34,95$$

$$\rightarrow \text{Pile 1: } 34,95 - 0,385 = 34,56 \text{ m}^2 \rightarrow 56,49 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\rightarrow \text{Pile 6: } 34,95 - 3,24 - 3,78 = 24,93 \text{ m}^2$$

1.2 - k_3 : Pariis très portement ventilées \rightarrow pas de prise en compte du revêtement extérieur.

$$k_3 = \frac{1}{R_3} \quad \text{avec: } R_3 = \frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + \sum_{j=1}^m R_{e_j} + \frac{1}{h_e}$$

$$R_3 = 0,11 + \frac{0,013}{0,09} + 0,19 + \frac{0,08}{0,041} + 0,11 = 2,506 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$k_3 = \frac{1}{R_3} \approx 0,400 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$1.3 - DP = \frac{1}{0,8} [k_1 A_1 + k_2 A_2 + k_3 A_3 + k_4 A_4 + k_5 A_5 + k_6 A_6]$$

\hookrightarrow 80% de déperditions surfaciques ; 20% de déperditions linéiques.

$$DP = \frac{1}{0,8} [0,45 \times 363,825 + 0,36 \times 13,23 + 4,15 \times 3,24 + 2,75 \times 0,385 + 2,05 \times 3,78 + 0,40 \times 56,49] = 270,38 \text{ W/°C}$$

$$\boxed{DP = 270 \text{ W/°C}}$$