BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION

SESSION 2026

E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet

U 4

Durée : 4h – Coefficient : 4

ELEMENTS DE CORRECTION

ELEMENTS DE CORRECTION

Barème indicatif

- PARTIE 1 : 28 points
- PARTIE 2 : 17 points
- PARTIE 3 : 46 points
- PARTIE 4 : 9 points

BAREMES

Partie 1	
Q1	4
Q2	1
Q3	2
Q4	2
Q5	1
Q6	4
Q7	9
Q8	3
Q9	1
Q10	1

Partie 2	
Q11	3
Q12	6
Q13	2
Q14	6

Partie 3	
Q15	2
Q16	3
Q17	4
Q18	3
Q19	2
Q20	6
Q21	6
Q22	1
Q23	3
Q24	6
Q25	2
Q26	2
Q27	6

Partie 4	
Q28	1
Q29	3
Q30	1
Q31	3
Q32	1

ELEMENTS DE CORRECTION

1. PARTIE 1 : Etude de la toiture côté Sud

1.1. Détermination du poids de la couverture

Q1. Calculer les différentes charges surfaciques permanentes des principaux éléments composant la couverture en kN/m².

Panneau solaire :
Poids du complexe de 14 kg/m²
q(ps) = 0,14 kN/m²

Isolation :
Masse volumique : 130 kg/m³
Epaisseur : 160 mm
q(i) = 1,3 x 0,16 = 0.208 kN/m²

Support d'étanchéité :
Epaisseur : 0,75 mm
Masse surfacique : 7,84 kg/m²
q(s) = 0,0784 kN/m²

Etanchéité :
Etanchéité bi-couche : 12,36 kg/m²
q(e) = 0,1236 kN/m²

Q2. Déterminer à 0,1 m près la bande de charge d'une panne courante située entre les files 3 à 5.

Bande de charge : 2,5 m

Q3. Déduire le poids linéaire de la couverture agissant sur une panne courante située entre les files 3 à 5 à 0,01 kN/m près.

q = (0,14 + 0,208 + 0,0784+0,1236) x 2,5 = 1,375 kN/m

1.2. Etude d'une combinaison ELU

Q4. Calculer, *à l'aide de la Ressource 8 du dossier Ressources*, le chargement ELU agissant sur cette panne. Vous prendrez la neige comme charge prépondérante.

q_{ELU} = 1,35 x G + 1,5 x S + 0,9 x W
q_{ELU} = 1,35 x 1,38 + 1,5 x 1,56 + 0,9 x 0,75 = 4,88 kN/m

ELEMENTS DE CORRECTION

1.3. Etude de la panne en IPE 140

Q5. Déterminer le degré d'hyperstatisme de cette modélisation.

3 x 1 – (2 + 1 + 1) = -1
Structure hyperstatique de degré 1.

Q6. Calculer les réactions en A et B sachant que Y_C = 11,56 kN.

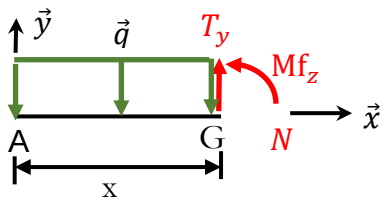
On isole la poutre AC et on applique le PFS au point A :

$X_A = 0$
$Y_A + Y_B + Y_C - 12{,}64 \times 4{,}88 = 0$
$6{,}32 \times Y_B + 12{,}64 \times Y_C - 6{,}32 \times 4{,}88 \times 12{,}64 = 0$

X_A = 0 kN
Y_A = 11,56 kN
Y_B = 38,55 kN

Q7. Sur le ***document réponse DR1***, tracer :

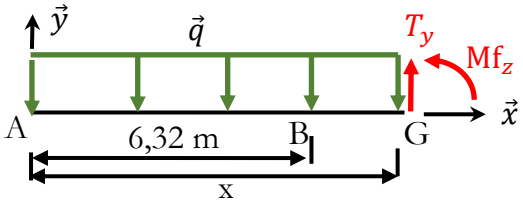
Equations entre A et B (zone 1):



$$\begin{cases} T_y + 11{,}56 - 4{,}88 \times x = 0 \\ Mf_Z - 11{,}56 \times x + 4{,}88 \times \dfrac{x^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_y = -11{,}56 + 4{,}88 \times x \\ Mf_Z = 11{,}56 \times x - 2{,}44 \times x^2 \end{cases}$$

Equation entre B et C (zone 2) :

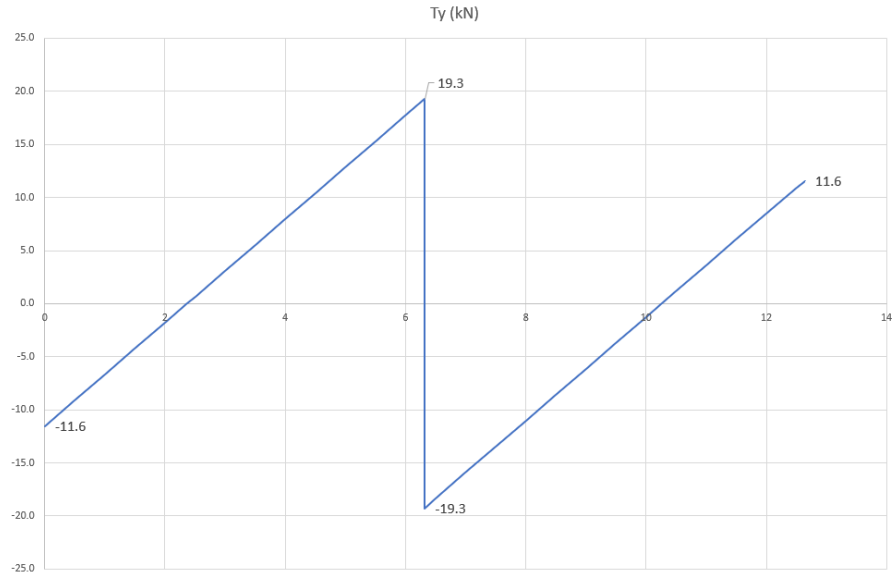


$$\begin{cases} T_y + 11{,}56 + 38{,}55 - 4{,}88 \times x = 0 \\ Mf_Z - 11{,}56 \times x - 38{,}56 \times (x - 6{,}32) + 4{,}88 \times \dfrac{x^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_y = -50{,}11 + 4{,}88 \times x \\ Mf_Z = 50{,}11 \times x - 2{,}44 \times x^2 - 243{,}7 \end{cases}$$

ELEMENTS DE CORRECTION

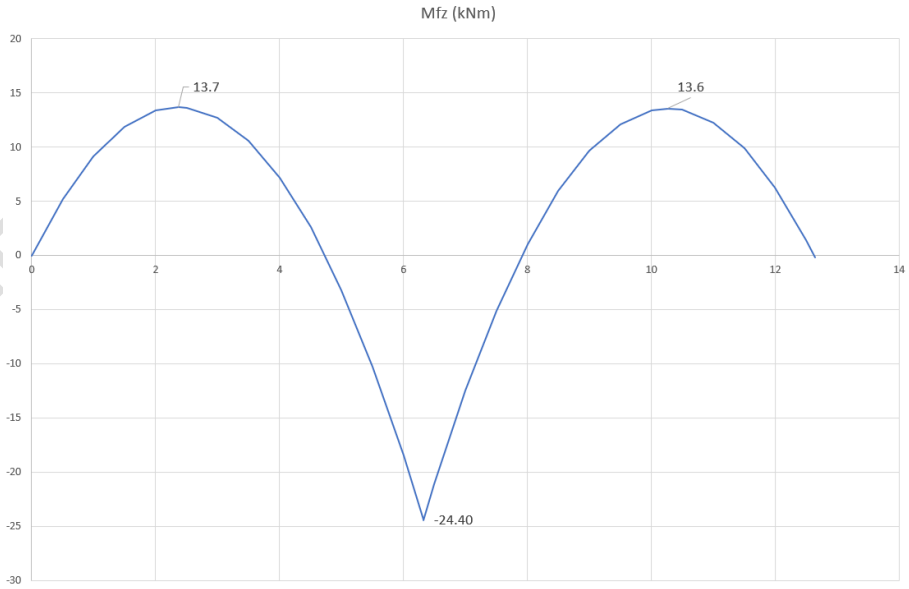
Graphique du Ty



Valeurs particulières :

Zone 1 :	Zone 2 :
Ty(0) = -11,6 kN Ty(6,32) = 19,3 kN Ty=0 pour : $x = \frac{13,15}{5,55} = 2,37\ m$	Ty(6,32) = -19,3 kN Ty(12,64) = 11,6 kN Ty=0 pour : $x = \frac{57}{5,55} = 10.27\ m$

Graphique du Mfz :

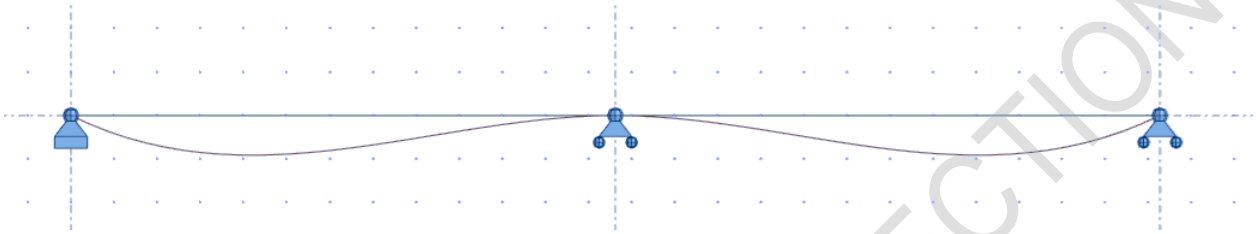


ELEMENTS DE CORRECTION

Valeurs particulières :

Zone 1 : $Mf_z(0) = 0$ kN·m $Mf_z(2,37) = 13,7$ kN·m $Mf_z(6,32) = -24,4$ kN·m	Zone 2 : $Mf_z(6,32) = -24,4$ kN·m $Mf_z(10,27) = 13,6$ kN·m $Mf_z(12,64) = 0$ kN·m

Allure de la flèche :



Q8. Calculer la valeur de la flèche maximale *à l'aide de la Ressource 6 du dossier Ressources.* Vous prendrez q_{ELS} = 3,39 kN/m

$$fmax = 0{,}00542\,\frac{3390 \times 6{,}32^4}{210000 \times 10^6 \times 541 \times 10^{-8}} = 0{,}0258\ m$$

Q9. Déterminer la valeur limite w_{max} *à l'aide de la Ressource 7 du dossier Ressources.*

$$w_{max} = \frac{6{,}32}{200} = 0{,}0315\ m$$

Q10. Conclure sur le dimensionnement ELS de cette panne.

Comme $f < w_{max}$, on peut donc dire que la panne est vérifiée pour l'ELS.

ELEMENTS DE CORRECTION

2. PARTIE 2 : Etude de la stabilité verticale file C

2.1. Caractéristiques de la section du poteau

Q11. Déterminer la distance d positionnant le centre de gravité de la section.

$$d = \frac{5380 \times 0 + 6260 \times (165 + \frac{7,1}{2})}{5380 + 6260} = 90,6\ mm$$

Q12. Calculer les moments quadratiques I_{GZ} et I_{GY} de cette section.

$$I_{Gz} = 83560000 + 5380 \times (0-0)^2 + 7880000 + 6260 \times (0-0)^2 = 91440000\ mm^4$$

$$I_{Gy} = 6040000 + 5380 \times (0-90,6)^2 + 117700000 + 6260 \times (168,55-90,6)^2 = 205938004\ mm^4$$

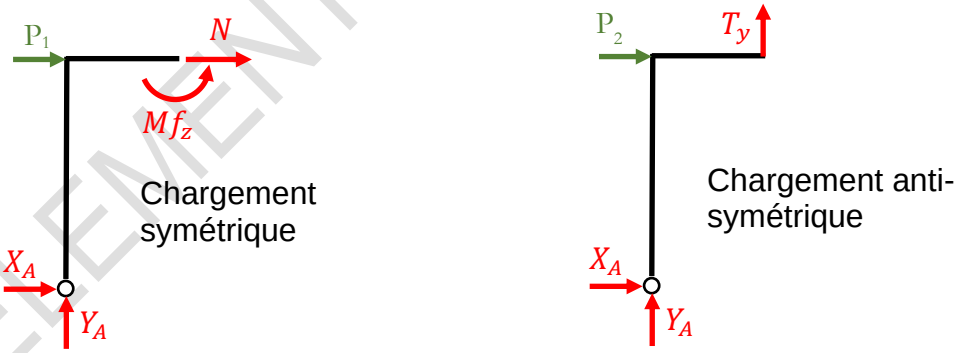
2.2. Etude de la conception du portique de stabilité

Q13. On remarque sur le plan d'élévation File C du *document technique page 5/8* que le portique à deux étages. Expliquer ce qui peut justifier ce choix de conception.

Ce choix se justifie par la présence du plancher au niveau 3330.

2.3. Etude des réactions aux appuis

Q14. Sachant que X_A=X_D et en utilisant la méthode de la symétrie-antisymétrie, déterminer les réactions aux appuis.



$$\begin{cases} P_1 + P_2 = 3605 \\ -P_1 + P_2 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} P_1 = 1802.5\ daN \\ P_2 = 1802.5\ daN \end{cases}$$

Pour la structure symétrique on a :

$$\begin{cases} X_A(S) = 0 \\ Y_A(S) = 0 \end{cases}$$

ELEMENTS DE CORRECTION

Pour la structure symétrique on a :

$$\begin{cases} X_A(A.S.) = -1802.5\ daN \\ Y_A(A.S.) = -4022.7\ daN \end{cases}$$

On a donc pour le portique initial :

$$\begin{cases} X_A = -1802.5\ daN \\ Y_A = -4022.7\ daN \\ X_D = -1802.5\ daN \\ Y_D = 4022.7\ daN \end{cases}$$

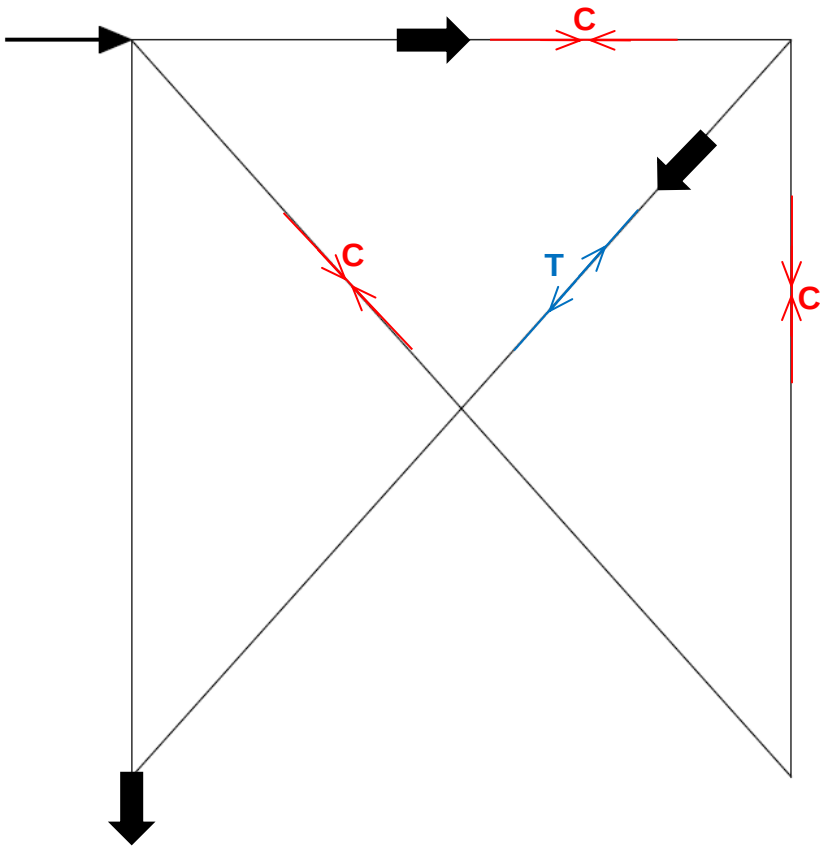
3. PARTIE 3 : Etude de la stabilité verticale file A

3.1. Etude du principe de stabilité

Q15. Sur le ***document réponse DR2***, expliquer le principe de fonctionnement d'une croix de Saint-André utilisée en palée de stabilité verticale.

La croix de Saint-André en stabilité verticale reprend les efforts de vent longitudinal qui ont transité par la poutre au vent. En faisant travailler la diagonale en traction, la croix fait « descendre » l'effort de vent dans les fondations.

Q16. Sur le ***document réponse DR2***, représenter le cheminement des efforts dans la croix de Saint-André. Préciser sur chaque barre si elle est en traction (T) ou en compression (C).



ELE CORRECTION

Q17. Sur le ***document réponse DR2***, compléter le tableau de comparaison entre un portique de stabilité et une croix de Saint-André.

	Portique de stabilité	**Croix de Saint-André**
Sollicitations *Préciser N, V et/ou M*	N V M	N
Avantages	Espace dégagé	Structure « rigide » donc légère
Inconvénients	Structure « souple » donc plus lourde	Passage impossible
Type de profilés à privilégier	Profilé en I	Profilé en I poteau/traverse Profilé en cornière pour les diagonales

3.2. Etude de l'attache de la diagonale

Vérification de la cornière (L50x50 ép. 5, les trous sont normaux, Acier S275).

Q18. Vérifier les pas et pinces de la cornière.

Pince longitudinale : $e_1 = 30\ mm$

$1{,}2 d_0 \leq e_1$

$1{,}2 \times 15 = 18\ mm \leq e_1$ ☑

Pince transversale : $e_2 = 25\ mm$

$1{,}2 d_0 \leq e_2$

$1{,}2 \times 15 = 18\ mm \leq e_1$ ☑

Entraxe : $p_1 = 60\ mm$

$2{,}2 d_0 \leq e_1 \leq \min(14t\ ;\ 200)$

$2{,}2 \times 15 = 33\ mm \leq p_1 (\leq \min(14 \times 5\ ;\ 200) = 70\ mm)$ ☑

Q19. Calculer puis vérifier la résistance plastique de la cornière en section pleine ($N_{pl,Rd}$).

$$N_{pl,Rd} = \frac{A.f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{480 \times 275}{1} = 132\ 000\ N$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{52{,}65}{132} = 0{,}398 < 1$$

➔ La résistance plastique de la section brute de la cornière est validée. ☑

ELEMENTS DE CORRECTION

Q20. Calculer puis vérifier la résistance ultime de la cornière en section nette ($N_{u,Rd}$).

$$N_{u,Rd} = \beta_2 . \frac{A_{net} . f_u}{\gamma_{M2}} = 0{,}58 \times \frac{405 \times 430}{1{,}25} = 80\,805{,}6\ N$$

$$\frac{p_1}{d_0} = \frac{60}{15} = 4$$

$$\beta_2 = \frac{(4 - 2{,}5)(0{,}7 - 0{,}4)}{5 - 2{,}5} + 0{,}4 = 0{,}58$$

$$A_{net} = 480 - 1 \times 15 \times 5 = 405\ mm^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} = \frac{52{,}65}{80{,}8} = 0{,}65 < 1$$

➔ La résistance ultime de la section nette de la cornière est validée. ☑

Q21. Calculer puis vérifier la résistance de la cornière vis-à-vis du cisaillement de bloc ($V_{eff,1,Rd}$).

Il faut valider : $N_{Ed}/V_{eff,2,Rd} \leq 1$

$$N_{Ed} = 52{,}65\ kN$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0{,}5 . f_u . A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y . A_{nv}}{\sqrt{3} . \gamma_{M0}} = \frac{0{,}5.430 \times 87{,}5}{1{,}25} + \frac{275 \times 337{,}5}{\sqrt{3} \times 1} = 68635{,}32\ N$$

$$A_{nt} = \left(25 - \frac{15}{2}\right) \times 5 = 87{,}5\ mm^2$$

$$A_{nt} = (60 + 30 - 1{,}5 \times 15) \times 5 = 337{,}5\ mm^2$$

Donc $N_{Ed}/V_{eff,2,Rd} = 52{,}65/68{,}64 = 0{,}77 < 1$ ☑

Vérification des boulons (M14 classe 8.8)

Q22. Sans tenir compte de l'excentrement de la sollicitation dû au trusquinage, montrer que la sollicitation dans le boulon est : $F_{V,Ed}$ = 26325 N.

$$F_{V,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} = \frac{52\,650}{2} = 26\,325\ N$$

Q23. Calculer puis vérifier la résistance d'un boulon au cisaillement ($F_{v,Rd}$)

Il faut valider : $F_{V,Ed}/F_{V,Rd} \leq 1$

Avec : $F_{V,Ed} = 26\,325\ N$

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v . f_{ub} . A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0{,}6 \times 800 \times 115}{1{,}25} = 44\,160\ N$$

Donc, $F_{V,Ed}/F_{V,Rd} = 26\,325/44\,160 = 0{,}6 < 1$ ☑

ELEMENTS DE CORRECTION

Q24. Calculer puis vérifier la résistance de la cornière vis-à-vis de la pression diamétrale ($F_{b,Rd}$).

Il convient de valider : $F_{V,Ed}/F_{b,Rd} \leq 1$

Avec : $F_{V,Ed} = 26\,325\ N$

$F_{b,Rd} = k_1.\alpha_b.f_u.d.t/\gamma_{M2} = 2{,}5 \times 0{,}67 \times 430 \times 14 \times 5/1{,}25 = 40\,334\ N$

$$\left.\begin{array}{c} \dfrac{e_1}{3d_0} = \dfrac{30}{3\times 15} = 0{,}67 \\ \dfrac{p_1}{3d_0} - \dfrac{1}{4} = \dfrac{60}{3\times 15} - \dfrac{1}{4} = 1{,}08 \\ \dfrac{f_{ub}}{f_u} = \dfrac{800}{430} = 1{,}86 \\ 1 \end{array}\right\} \alpha_b = 0{,}67$$

$$\left.\begin{array}{c} 2{,}8\dfrac{e_2}{d_0} - 1{,}7 = 2{,}8 \times \dfrac{25}{15} - 1{,}7 = 2{,}97 \\ 1{,}4\dfrac{p_2}{d_0} - 1{,}7 = / \\ 2{,}5 \end{array}\right\} k_1 = 2{,}5$$

Donc, $F_{V,Ed}/F_{b,Rd} = 26\,325/40\,334 = 0{,}65 < 1$ ☑

Vérification du gousset (ép 8, Acier S275)

Q25. En considérant que l'effort est repris de manière identique par les deux boulons, déterminer les deux efforts repris par le gousset au niveau des deux sections de rupture

La section qui est la plus proche du poteau reprend l'effort total, soit $5265\ daN = N_1$.
La section en bout de gousset reprend $1/2$ de l'effort soit $2632{,}5\ daN = N_2$.

Q26. Calculer les aires nettes des deux sections de rupture.

$A_{net,1} = [(84 + 25) - 15] \times 8 = 752\ mm^2$
$A_{net,2} = [(39 + 25) - 15] \times 8 = 384\ mm^2$

Q27. Vérifier les deux résistances du gousset vis-à-vis de la traction en section nette.

Il convient de valider : $N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1$

Pour la section 1 :

Avec : $N_{Ed} = 52\,650\ N$

$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = 0{,}9.A_{net,1}.f_u/\gamma_{M2} = 0{,}9 \times 752 \times 430/1{,}25 = 232\,819{,}2\ N$

Donc $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 52\,650/232\,819{,}2 = 0{,}23 < 1$ ☑

Pour la section 2 :

Avec : $N_{Ed} = 26\,326\ N$

$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = 0{,}9.A_{net,2}.f_u/\gamma_{M2} = 0{,}9 \times 384 \times 430/1{,}25 = 118\,886{,}4\ N$

Donc $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 26\,326/118\,886{,}4 = 0{,}22 < 1$ ☑

ELEMENTS DE CORRECTION

4. PARTIE 4 : Conception du plancher

4.1. Etude de la solution 1

Q28. Donner les valeurs des portées des deux bacs aciers.

$$L = 2{,}49\ m$$

Q29. Valider le choix de la dalle de 12 cm et préciser si des étais sont nécessaire.

La portée pour la solution 1 est $L = 2{,}49\ m$, nous choisirons donc une portée de $250\ cm$.
Pour une dalle de 12 cm avec une pose 2 travées en continu, la charge maximale autorisée est de $1130\ daN/m^2$ sans étai.
Pour une zone de bureau, la charge d'exploitation est de $q = 2{,}5\ kN/m^2 = 250\ daN/m^2$.
Cette charge est donc inférieure à la charge maximale autorisée ➔ nous pouvons donc valider la dalle de 12 cm avec un montage sans étai.

4.2. Etude de la solution 2

Q30. Donner les valeurs de la portée L.

$$L = \frac{9{,}96}{3} = 3{,}32\ m$$

Q31. Valider le choix de la dalle de 12 cm et préciser si des étais sont nécessaire.

La portée pour la solution 2 est $L = 3{,}32\ m$, nous choisirons donc une portée de $340\ cm$.
Pour une dalle de 12 cm avec une pose 3 travées en continu, la charge maximale autorisée est de $600\ daN/m^2$ avec 1 étai.
Pour une zone de bureau, la charge d'exploitation est de $q = 2{,}5\ kN/m^2 = 250\ daN/m^2$.
Cette charge est donc inférieure à la charge maximale autorisée ➔ nous pouvons donc valider la dalle de 12 cm avec un montage utilisant 1 étai.

4.3. Comparaison des solutions

Q32. Justifier la préférence de la solution 1 pour le projet final.

Le choix de la solution 1 se valide par le fait que le montage se fera sans étai.

ELEMENTS DE CORRECTION