

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION

SESSION 2021

E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet

U 4

Durée : 4h – Coefficient : 4

ELEMENTS DE CORRECTION

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 1 / 9

2. Travail demandé

2.1. Analyse du contexte du projet.

2.1.1. Coefficient de biotope par surface.

Q1. Vérifier la conformité du projet vis-à-vis du coefficient de biotope CBS dont la valeur minimale fixée par le PLU est de 30% pour ce projet. Définition et calcul du CBS → voir §1 et 2 du dossier technique

Surface imperméable (toiture + enrobé + dalles béton) = $(447+1106+79+90)*0 = 0 \text{ m}^2$
Espaces verts de pleine terre = $1059*1 = 1059 \text{ m}^2$
Surface éco-aménageable = 1059 m²

Surface de l'unité foncière : 2781 m²

$\text{CBS} = \frac{1059}{2781} * 100 = 38.1\% > 30\%$ du PLU, le projet est conforme vis-à-vis du CBS

2.1.2. Etude des charges de neige.

Voir DR1

2.1.3. Risque sismique.

Q5. Justifier que le risque sismique doit être pris en compte pour ce projet. Préciser le règlement à utiliser. Déterminer la valeur de a_{gr} , accélération maximale de référence.

Obligation de prendre en compte le risque sismique car :

- Zone de sismicité 3
- Catégorie d'importance 2

Règlement à prendre en compte : Eurocode 8

$a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$

Q6. Indiquer quelle période propre minimale la structure devrait avoir pour avoir une accélération spectrale inférieure à 1 m/s^2 .

D'après la courbe du spectre de réponse du sol B, il faut une période $> 0.9\text{s}$ pour avoir une accélération spectrale $< 1 \text{ m/s}^2$

2.2. Conception et stabilité d'ensemble.

Voir DR2

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2020	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 2 / 9

2.3. Portique file 2.

Cette étude concerne la préparation de la modélisation informatique du portique file 2.

2.3.1. Descente de charge.

Voir DR3

2.3.2. Vérifications ELS du portique.

Q20. Indiquer la ou les vérifications à l'ELS à effectuer sur le portique en spécifiant le ou les articles de l'EUROCODE correspondants. La poutre et le poteau du plancher ne sont pas à traiter.

Il faut vérifier :

- La flèche horizontale en tête de poteau selon l'EC3-1.1-§7.2.2
- La flèche verticale de la traverse selon l'EC3-1.1-§7.2.1

Q21. Déterminer les valeurs limites correspondantes selon l'EUROCODE.

- La flèche horizontale en tête de poteau selon l'EC3-1.1-§7.2.2 :
 - $H_i/150 = 5800/150 = 39 \text{ mm}$
- La flèche verticale de la traverse selon l'EC3-1.1-§7.2.1 :
 - $w_{\max} = 15000/200 = 75 \text{ mm}$
 - $w_3 = 15000/250 = 60 \text{ mm}$

Q22. A l'aide du tableau des déplacements des nœuds, vérifier ce portique à l'ELS en indiquant quelle(s) combinaison(s) ELS vous utilisez. On se limitera à l'effet de 2 actions variables simultanée → voir §3.1 du dossier technique

- La flèche horizontale en tête de poteau selon l'EC3-1.1-§7.2.2 :
 - nœud 4
 - combinaison $G + Wt + \psi_{0S}.S1$
 - $u_{x4} = 3 + 30 + 0.5 \cdot 2 = 34 \text{ mm} < 39 \text{ mm} \rightarrow \text{vérifié}$
- La flèche verticale au milieu de la traverse selon l'EC3-1.1-§7.2.1 :
 - nœud 5
 - combinaison $G + S1$
 - $u_{z5,\max} = 13 + 9 = 22 \text{ mm} < w_{\max} = 75 \text{ mm} \rightarrow \text{vérifié}$
 - $u_{z5,3} = 9 < w_3 = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{vérifié}$

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2020	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 3 / 9

2.4. Poutre de rive du plancher.

2.4.1. Solution à base de poutres isostatiques.

Q23. Dimensionner à l'ELU le profil IPE minimal (nuance S275) en négligeant l'effet de l'effort tranchant Vz devant My et en considérant que tout phénomène d'instabilité est empêché par le plancher.

On envisage un tronçon de 6m de portée.
 Combinaison ELU : 1,35G + 1,5I
 $q_{ELU} = 1.35 \cdot 8 + 1.5 \cdot 10 = 25.8 \text{ kN/m}$
 L'effet de V est négligé vis-à-vis de M
 Critère EC3-1.1-§6.2.5

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} = \frac{q_{ELU} \cdot l^2}{8} = \frac{25.8 \cdot 6^2}{8} = 116.1 \text{ kN.m}$$

Hypothèse : classe 1 en flexion

$$M_{c,Rd} = M_{ply,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{W_{ply} \cdot 275 \cdot 10^3}{1} = W_{ply} \cdot 275 \cdot 10^3 \text{ kN.m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{116.1}{W_{ply} \cdot 275 \cdot 10^3} \leq 1 \rightarrow W_{ply} \geq \frac{116.1}{275 \cdot 10^3} \cdot 10^6 = 422 \text{ cm}^3$$

→ IPE270 ($W_{ply} = 484 \text{ cm}^3$ classe 1 en flexion)

Q24. Dimensionner à l'ELS le profil IPE minimal (nuance S275) en prenant les critères : « plancher en général » de l'Eurocode.

Combinaison ELS : G + I

$$q_{ELS} = 8 + 10 = 18 \text{ kN/m}$$

$$f_{max} = \frac{5 \cdot (18) \cdot 6^4}{384 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot I_y} \leq w_{max} = L/200 = 6/200 = 0.030 \text{ m (EC3-1.1-§7.2.1} \rightarrow \text{plancher en général)}$$

$$I_y \geq \frac{5 \cdot (18) \cdot 6^4}{384 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot 0.03} \cdot 10^8 = 4822 \text{ cm}^4 \rightarrow \text{IPE 270 (} I_y = 5790 \text{ cm}^4)$$

$q_3 = 10 \text{ kN/m}$

$$f_3 = \frac{5 \cdot (10) \cdot 6^4}{384 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot I_y} \leq w_3 = L/300 = 6/300 = 0.020 \text{ m (EC3-1.1-§7.2.1} \rightarrow \text{plancher en général)}$$

$$I_y \geq \frac{5 \cdot (10) \cdot 6^4}{384 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot 0.02} \cdot 10^8 = 4018 \text{ cm}^4 \rightarrow \text{IPE 270 (} I_y = 5790 \text{ cm}^4)$$

Q25. Choisir le profil IPE S275 minimal (nuance S275) qui convient.

On choisit un IPE270 S275

2.4.2. Solution à base de poutre continue sur 3 appuis.

Q26. Déterminer le degré d'hyperstatisme de la poutre.

Méthode des cadres $H = 3 \cdot nb \text{ de cadres} - \sum ddi$
 $H = 3 \cdot 2 - 1 - 2 - 2 = 1 \rightarrow \text{structure hyperstatique de } d^\circ 1$

Q27. A partir des figures 6 et 7, tracer les diagrammes N, Vz et My sur le DR4. Vous indiquerez toutes les valeurs remarquables ainsi que vos conventions.

Voir DR4

Q28. Tracer l'allure de la déformée sous une combinaison G + I de la poutre sur le DR4.

Voir DR4

Q29. Sans calcul, donner un ordre de grandeur de la valeur de la flèche w_{max} dans cette configuration par rapport à celle basée sur les travées isostatiques.

La flèche est environ 2 fois plus faible que la poutre isostatique soit $w_{max} = 0.5 \cdot \frac{5 \cdot q_{ELS} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$

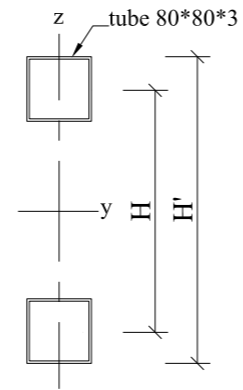
Q30. Citer 1 avantage et 1 inconvénient de la solution continue par rapport à celle à travées isostatiques.

- Avantages :
 - Optimisation de la section en répartissant le moment entre appuis et milieu de travée
 - Diminution d'encombrement en réduisant la hauteur de section
- Inconvénients :
 - Création d'assemblages de continuité entre les différents tronçons de poutre soit sur les appuis soit aux environs des points de moment nul.
 - Davantage de charge sur les poteaux centraux (10-15% environ).

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2020	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 4 / 9

2.5. Bandeau d'habillage sur le pignon file 5.

Q31. Montrer que $H_{\text{minimale}} = 49 \text{ cm}$ pour avoir une inertie flexionnelle I_y équivalente à celle de la traverse et de son jarret ($I_y = 12000 \text{ cm}^4$). Les montants et diagonales sont négligés pour ce calcul.



D'après le théorème de Huygens :

$$2 * \left(95 + 9.72 * \left(\frac{H}{2} \right)^2 \right) = 12000$$

$$H = 49 \text{ cm}$$

$$H' = 490 + 80 = 570 \text{ mm} < 700 \text{ mm} \rightarrow \text{hauteur suffisante}$$

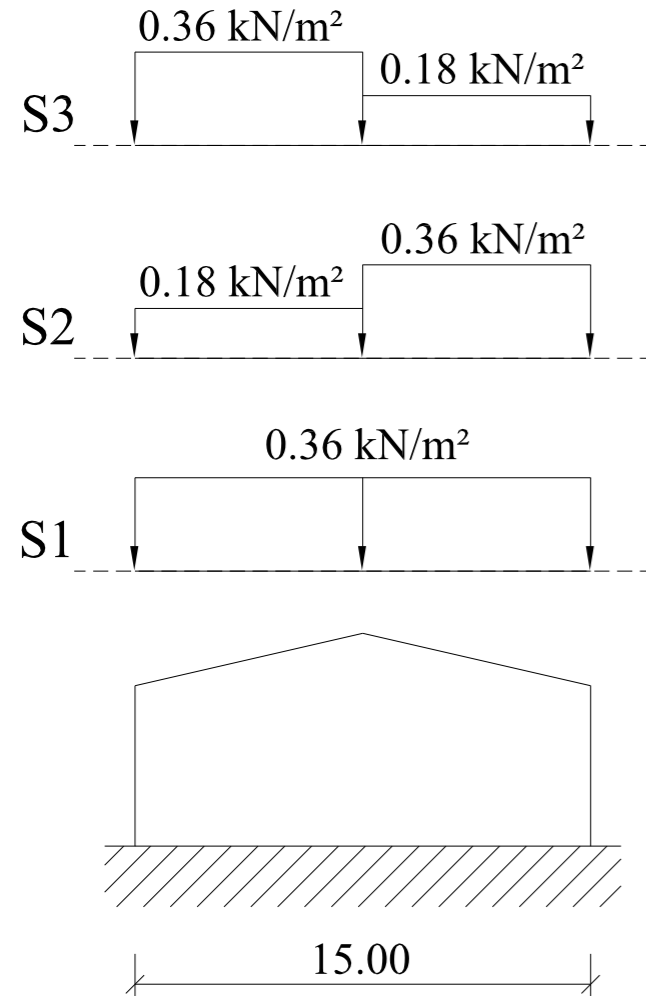
Q32. Coupe de principe du bandeau d'habillage.

Voir DR5

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 5 / 9

Question 2 – Charge de neige au sol
 EC1-1.3-§4.1
 Treize Septiers (Vendée 85) : région A1
 Altitude = 70m < 200m → pas de majoration
 Neige normale : $S_{K,200} = 0.45 \text{ kN/m}^2$
 Neige accidentelle : $S_{Ad} \rightarrow$ sans objet

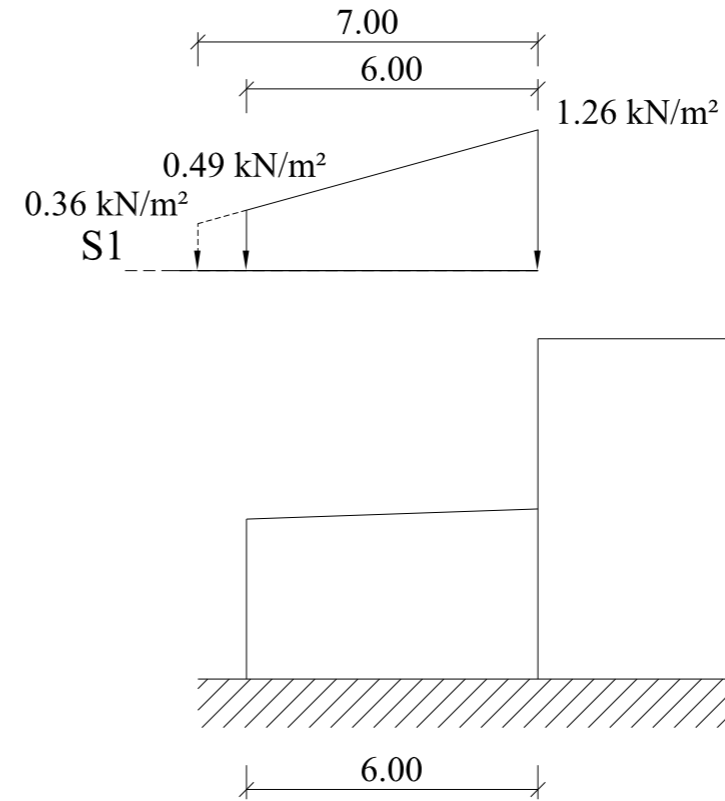
Question 3 – Charge de neige sur la toiture de l'atelier



Détail des calculs :

§5.2
 Pente 23% → $S^* = 0 \text{ kN/m}^2$
 §5.3.1 et §5.3.3
 Pente 23% → $\alpha = 13^\circ < 30^\circ \rightarrow \mu_1 = 0.8$
 $q_s = \mu_1 * C_e * C_t * S_{K,200} = 0.8 * 1 * 1 * 0.45 = 0.36 \text{ kN/m}^2$

Question 4 – Charge de neige sur la toiture des bureaux



Détails des calculs :

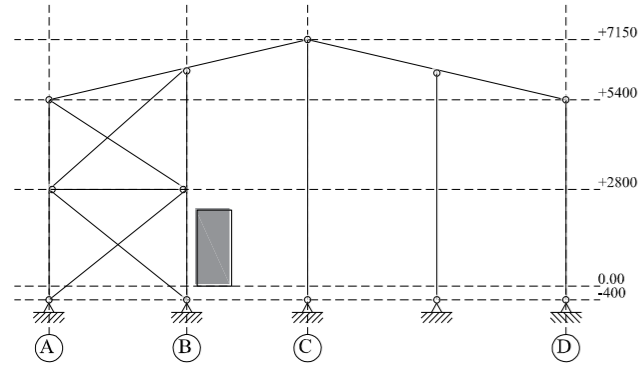
EC1-1.3-§5.3.6
 pente = 3.5% → $\mu_1 = 0.8$; $S^* = 0 \text{ kN/m}^2$
 accumulation : $\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 2.8 = 2.8$
 $\mu_s = 0$ (pas de neige qui glisse depuis la construction voisine)
 $\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot h} = \frac{24 + 6}{2 * 3.50} = 4.3$; limitations $\frac{\gamma \cdot h}{S_K} = \frac{2 * 3.50}{0.45} = 15.6$ et $2.8 \rightarrow \mu_2 = 2.8$
 $l_s = 2 \cdot h = 2 * 3.50 = 7.00 \text{ m}$
 $q_{S,acc} = \mu_2 * C_e * C_t * S_{K,200} = 2.8 * 1 * 1 * 0.45 = 1.26 \text{ kN/m}^2$

:

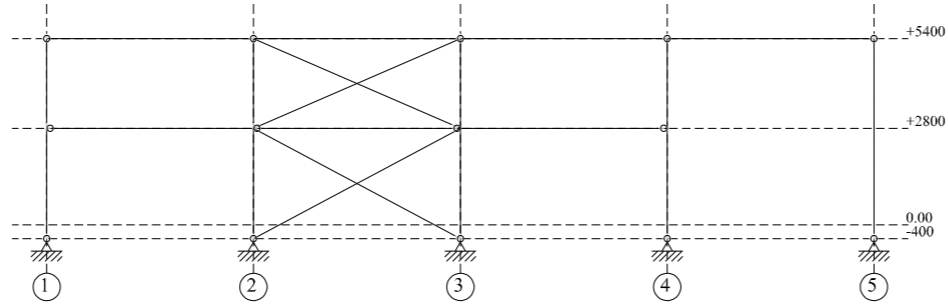
CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 6 / 9

DR2

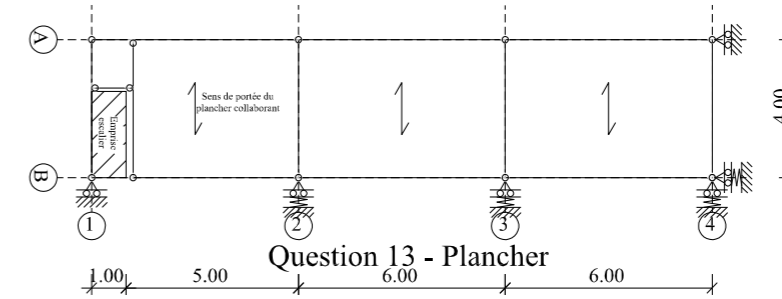
Document Réponse à rendre même non traité
 N° d'anonymat : _____
 Document à agraffer dans la copie par les surveillants



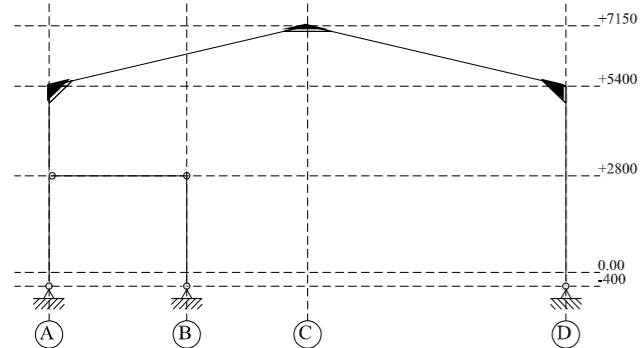
Question 9 - File 4



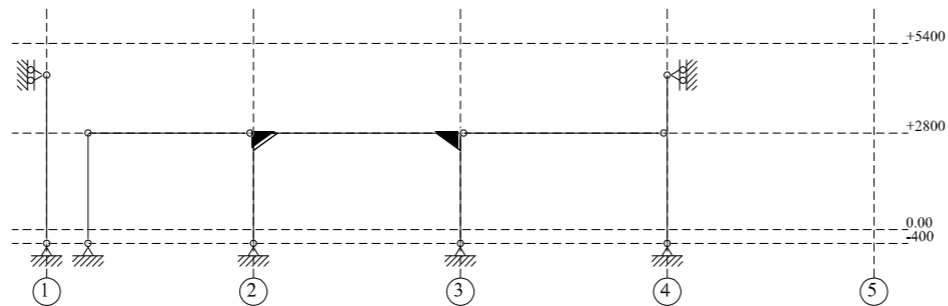
Question 10 - File A



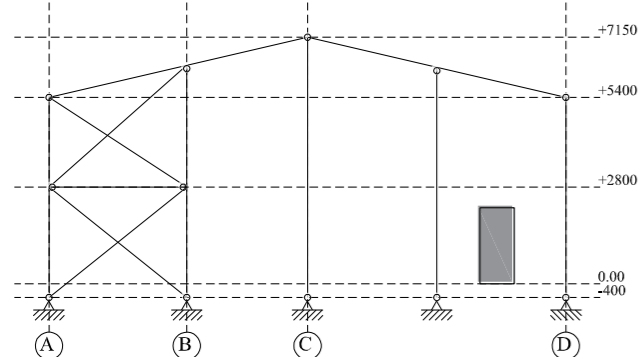
Question 13 - Plancher



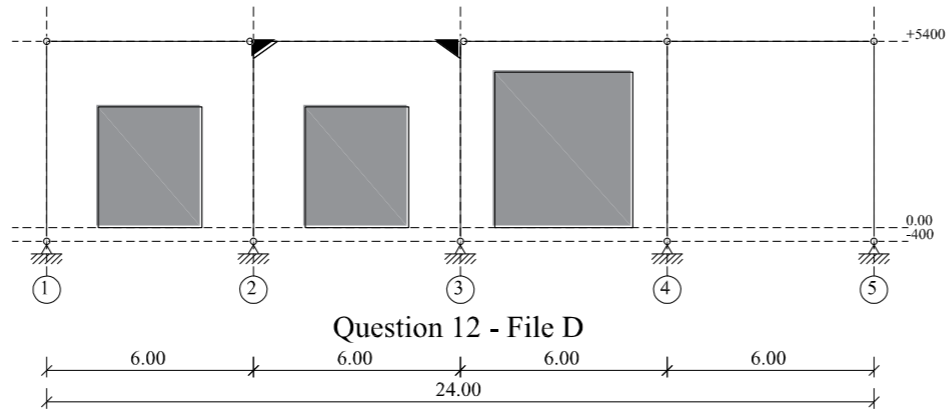
Question 8 - File 2 et 3



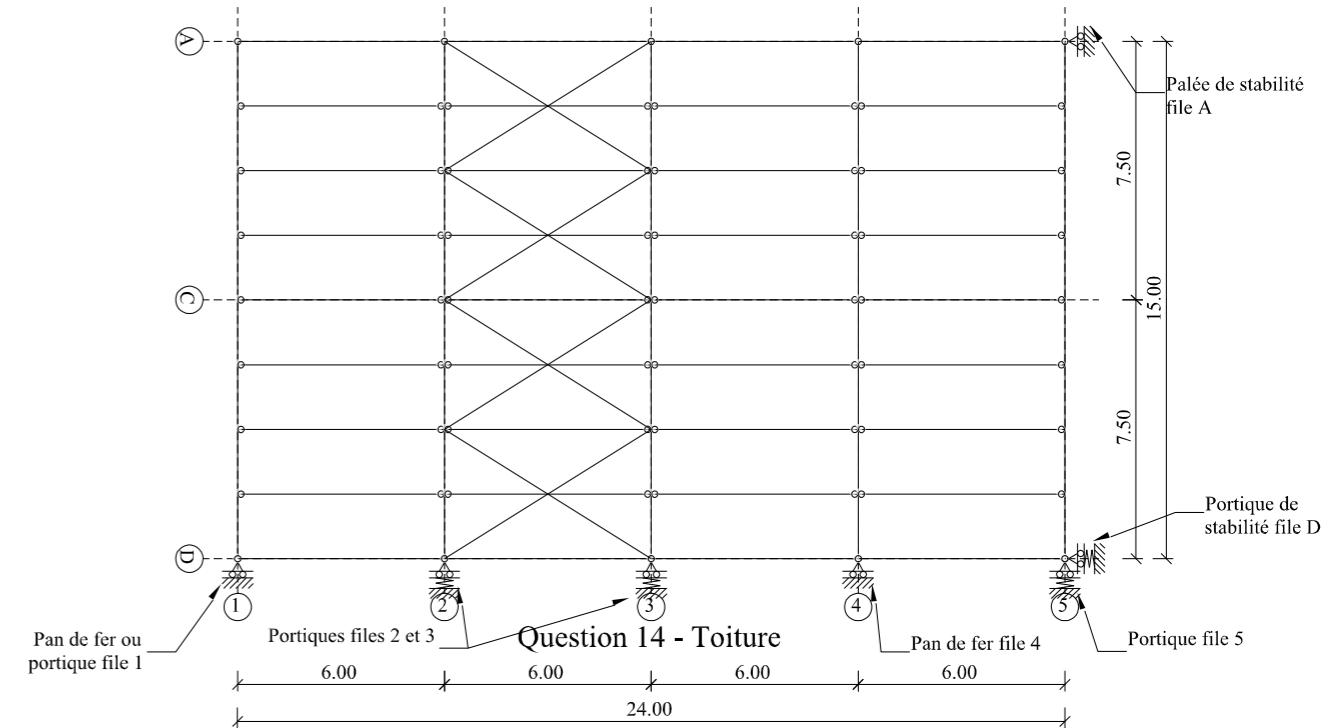
Question 11 - File B



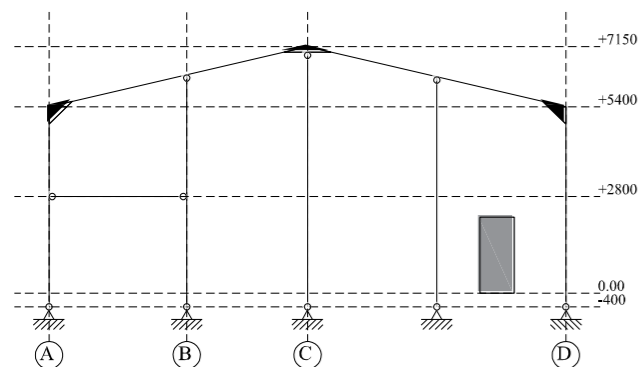
Question 7 - File 1 (solution 2)



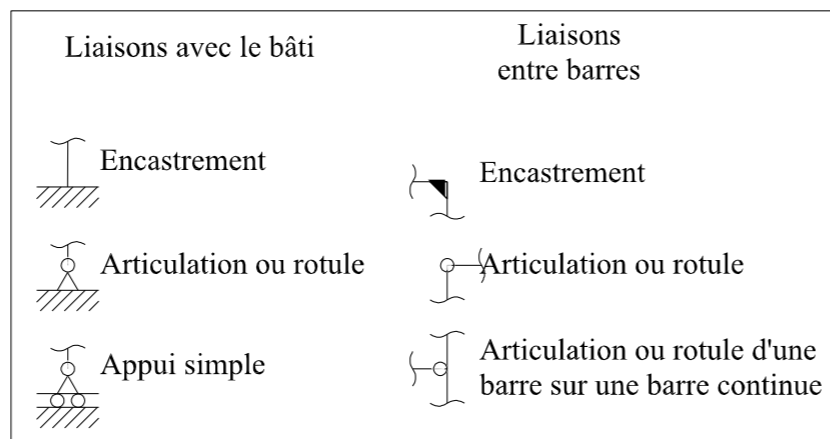
Question 12 - File D



Question 14 - Toiture



Question 7 - File 1 (solution 1)



ouverture

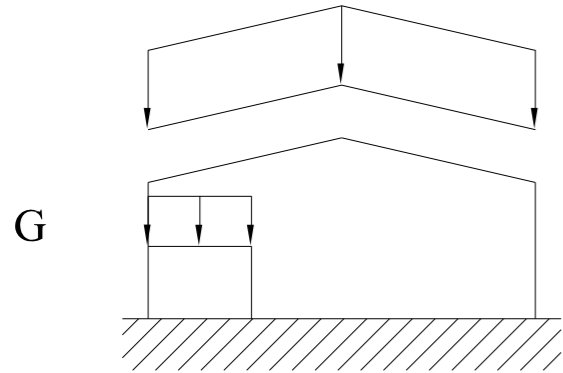
Question 15 - Rôle(s) de la poutre au vent :
 La poutre au vent permet de bloquer les déplacements longitudinaux en tête de potelets de pignon.
 Elle permet également de maintenir la traverse vis-à-vis du déversement.

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 7 / 9

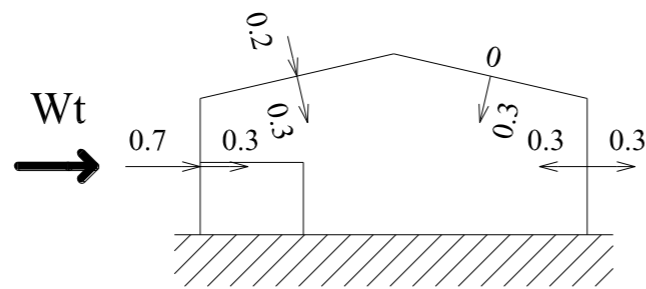
DR3

File 2 étudiée

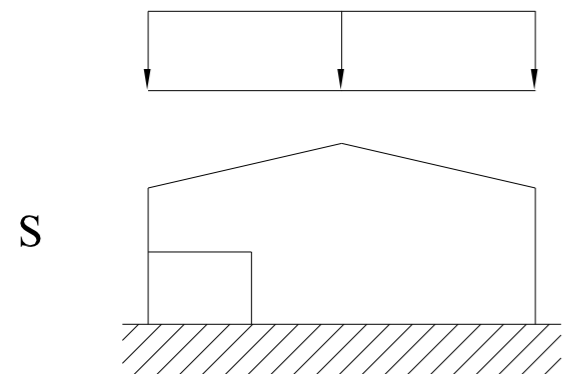
Document Réponse à rendre même non traité
 N° d'anonymat : _____
 Document à agraffer dans la copie par les surveillants



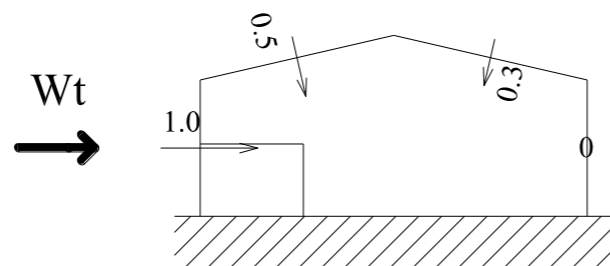
Question 16



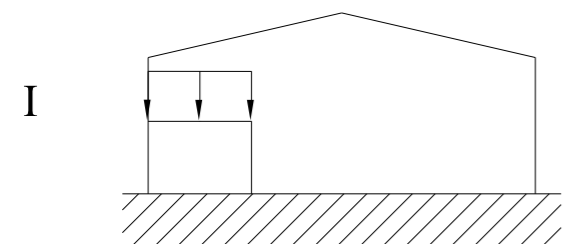
Question 19 - Cpe et Cpi



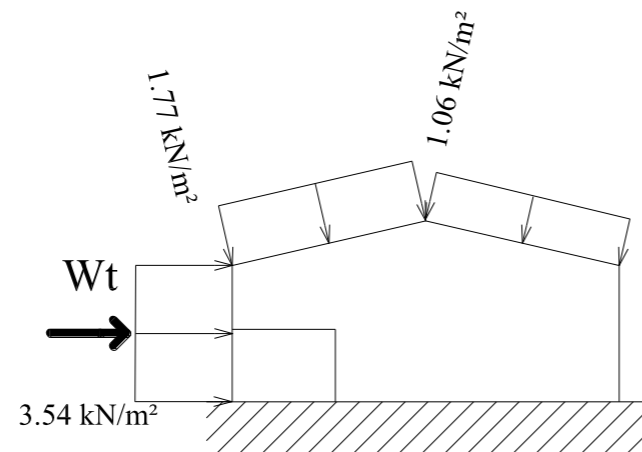
Question 17



Question 19 - Cpnet



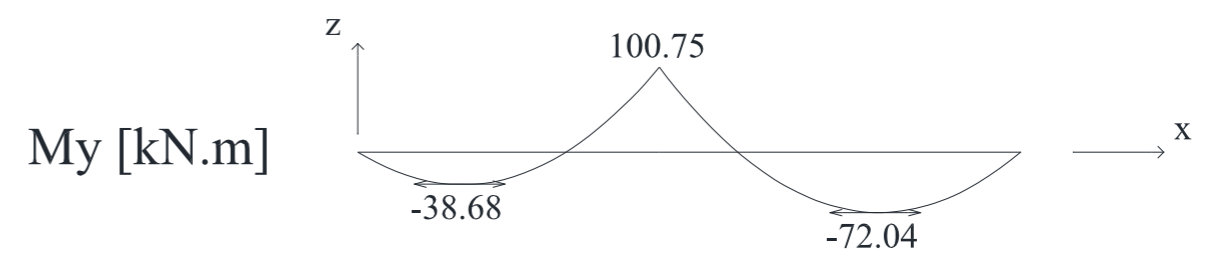
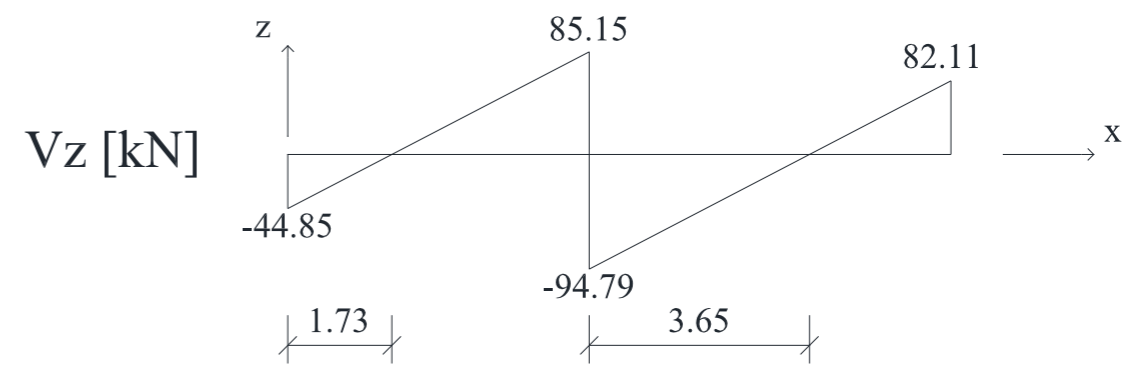
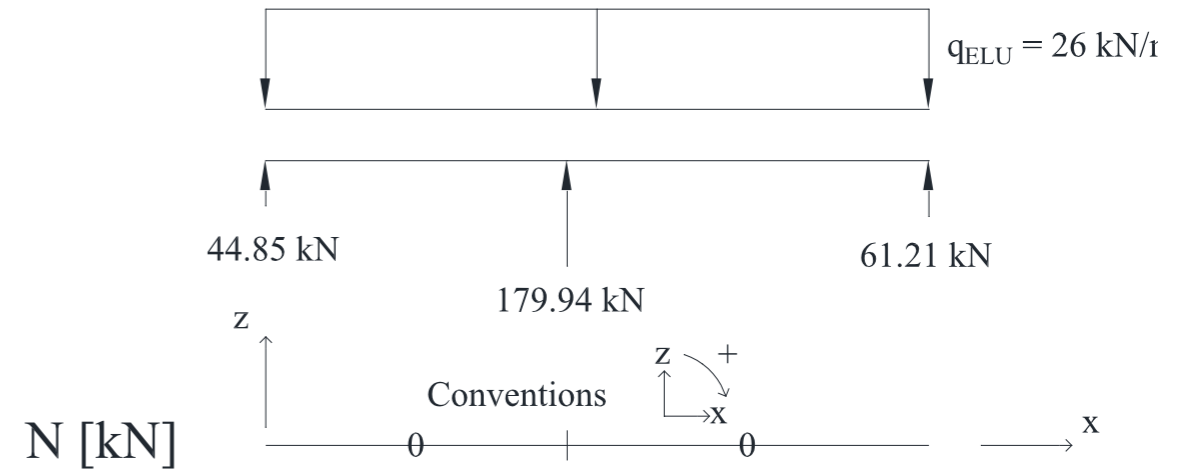
Question 18



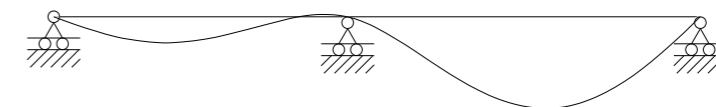
Question 19 - Charges

DR4

Question 27 – Diagrammes N, Vz et My
 Pas d'échelle de tracé imposée, il est simplement demandé de respecter les proportions des diagrammes.



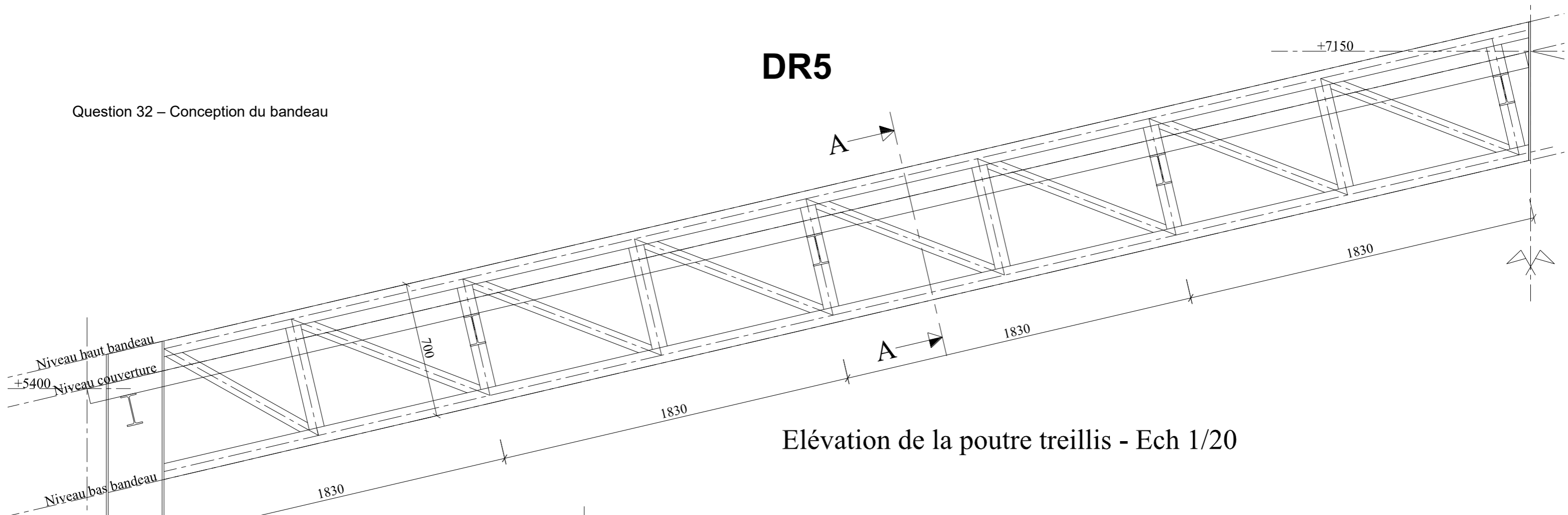
Question 28 – Allure de la déformée sous une combinaison G + I



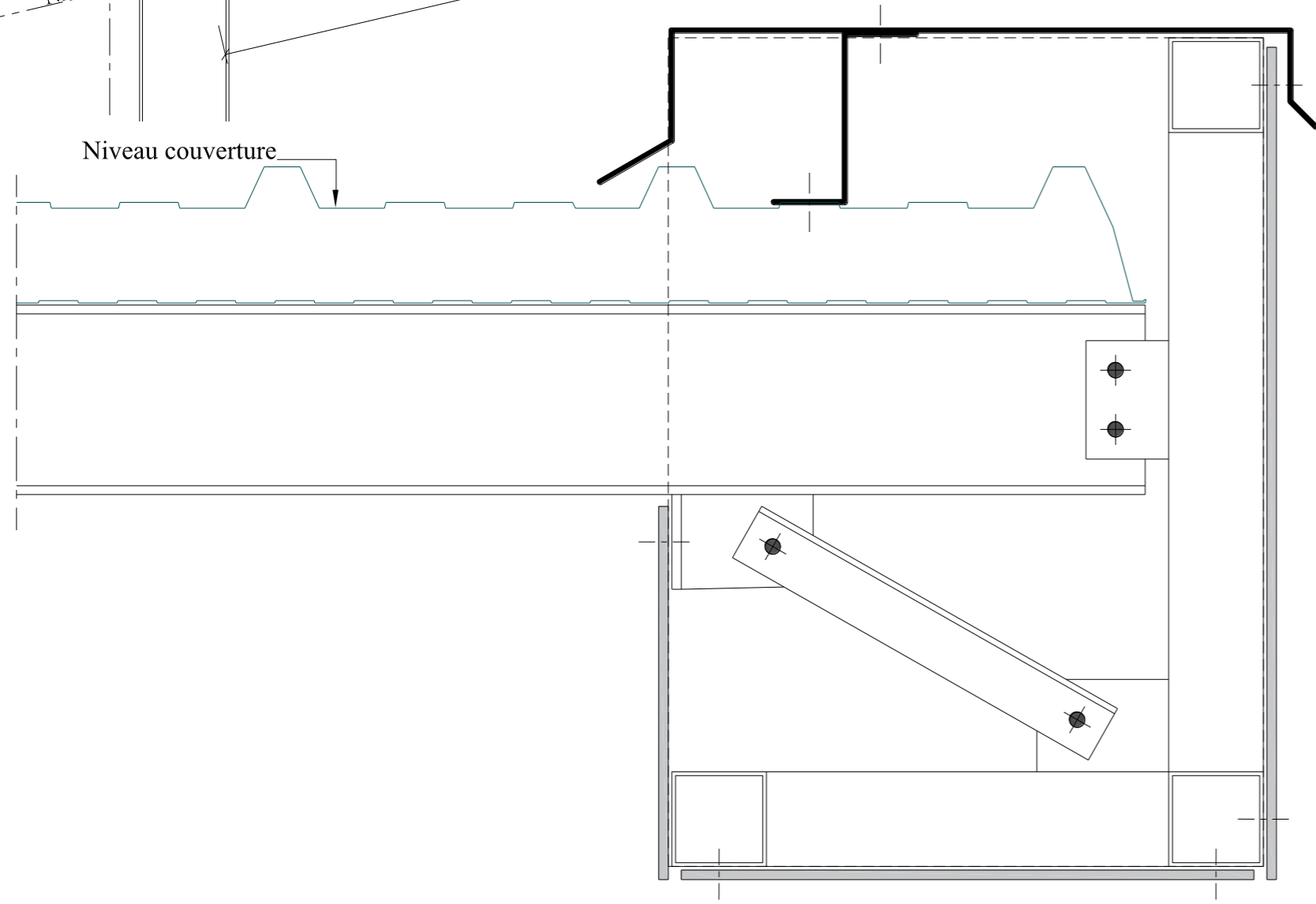
CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 8 / 9

DR5

Question 32 – Conception du bandeau



Elévation de la poutre treillis - Ech 1/20



Coupe A-A - Ech 1/5

----- Encombrement caisson

Document Réponse à rendre même non traité
 N° d'anonymat : _____
 Document à agraffer dans la copie par les surveillants

CODE ÉPREUVE :	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2021	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page : 9 / 9