

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION

**SESSION 2022**

**E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet**

**U4**

**Durée : 4h – Coefficient 4**

### Contenu du dossier

Sujet : 13 pages

Dossier technique : 6 pages

Dossier ressources : 19 pages

### Barème indicatif

Partie 1 : 4 points

Partie 2 : 7 points

Partie 3 : 6 points

Partie 4 : 3 points

### Recommandations

Il est vivement recommandé de lire l'ensemble des documents avant de commencer à répondre aux questions. Temps conseillé pour la lecture 20 minutes.

### Calculatrice

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 1 sur 13

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION	
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet		Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4		SUJET N°	Page 2 sur 13

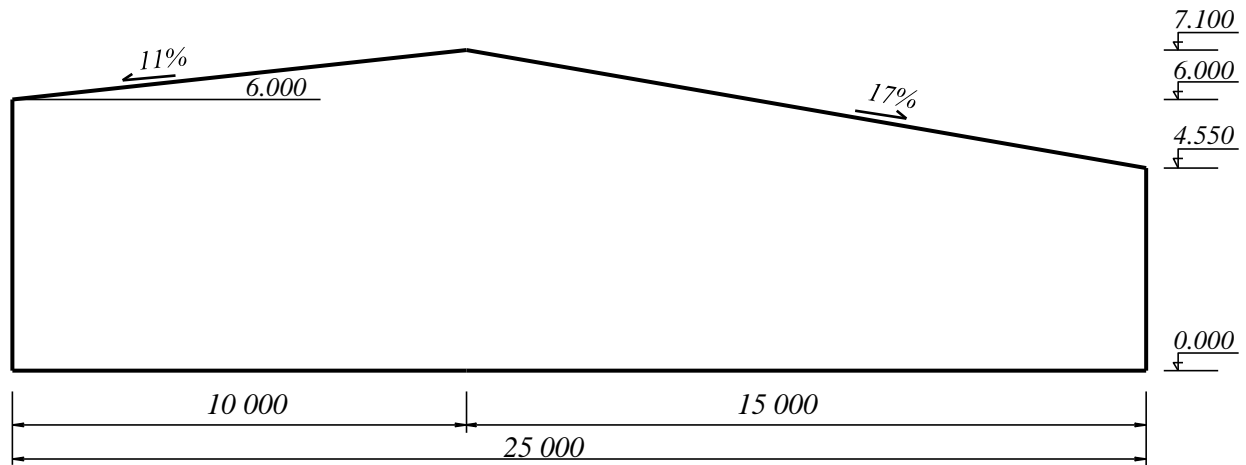


Figure 1 – Modélisation à prendre en compte pour l'étude de neige

- Q3.** Déterminer la charge de neige au sol et la charge de neige exceptionnelle suivant l'EN 1991-1-3.
- Q4.** Déterminer les charges de neige sur la toiture à considérer suivant l'EN 1991-1-3 et compléter le schéma du document réponse DR1 page 9.

### 1.3.2. Vent

L'étude des charges de vent sera effectuée selon l'Eurocode EN 1991-1-4 ; voir l'extrait dans le Dossier ressource 4.

En considérant le schéma adopté sur la Figure 1, page 3 :

- Q5.** Indiquer la valeur de base de la vitesse de référence  $v_{b,0}$  et la valeur de la vitesse de référence  $v_b$  du vent pour ce bâtiment. Vous donnerez les caractéristiques et paramètres intervenants pour justifier vos réponses.
- Q6.** Déterminer la pression dynamique de pointe à considérer en explicitant votre démarche.

### 1.4. Charges sismiques

Dossier ressource 5 à considérer.

- Q7.** Déterminer la valeur de  $a_{gr}$  accélération maximale de référence.
- Q8.** Quelle(s) conclusion(s) peut-on donner à l'étude sur les charges sismiques ?

## 2. Conception et analyse des stabilités

### 2.1. Stabilité de versants :

Dossier technique §4 à considérer.

- Q9.** Comment est réalisée la stabilité des versants ? Quelle autre solution aurait pu être envisagée ?

### 2.2. Stabilités verticales :

Dossier technique §4 à considérer.

Pour un bâtiment non parallélépipédique, la dénomination en stabilité transversale et longitudinale perd son sens, chaque pan vertical devant être stabilisé.

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 3 sur 13

**Q10.** Compléter le document réponse DR2 page 10 en encadrant les zones stabilisées et en nommant le principe adopté.

**Q11.** Au regard des choix architecturaux, quelle est la solution adoptée par le maître d'œuvre pour assurer la stabilité des pans ne présentant pas de principe usuel ?

### 2.3. Descente de charges en pan de fer

On s'intéresse au pan de fer de la file O (Figure 2) pour un vent Est-Ouest, dont on adopte le modèle mécanique sous charges de vent pondérées (Figure 3) et celui simplifié de la travée stabilisée seule, en document réponse DR2 page10 :

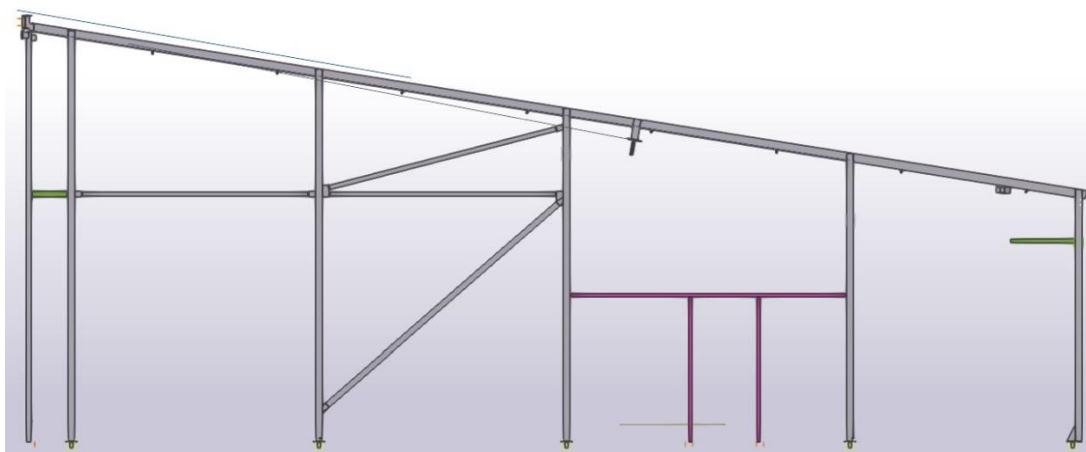


Figure 2 – Pan de fer file O

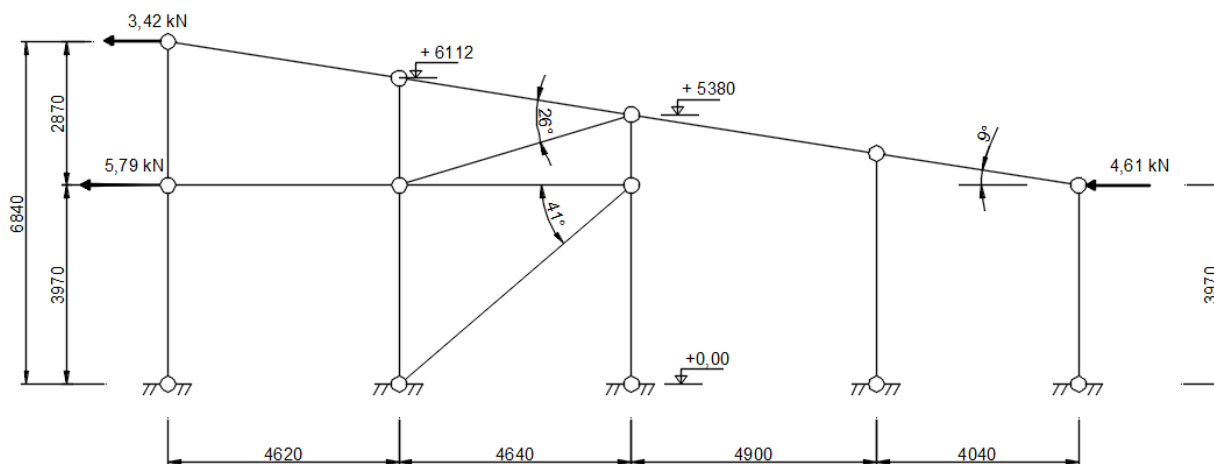


Figure 3 – Modèle mécanique

**Q12.** Démontrer l'isostatisme de cette structure.

**Q13.** Représenter par des flèches, dans les seules barres chargées et pour la seule travée stabilisée, sur le modèle mécanique du document réponse DR2 page 10, l'évolution des efforts issus du vent jusqu'en pieds de poteaux.

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 4 sur 13

**Q14.** À quelle sollicitation sont soumis les boutons de stabilité ?

**Q15.** Déterminer, à partir du modèle simplifié de la travée stabilisée du document réponse DR2 les efforts dans les boutons.

**2.4.** Étude de la stabilité au flambement du bouton dans le plan du pan de fer :

Se référer au Dossier ressource 6

La solution d'attache représentée est supposée identique aux deux extrémités.

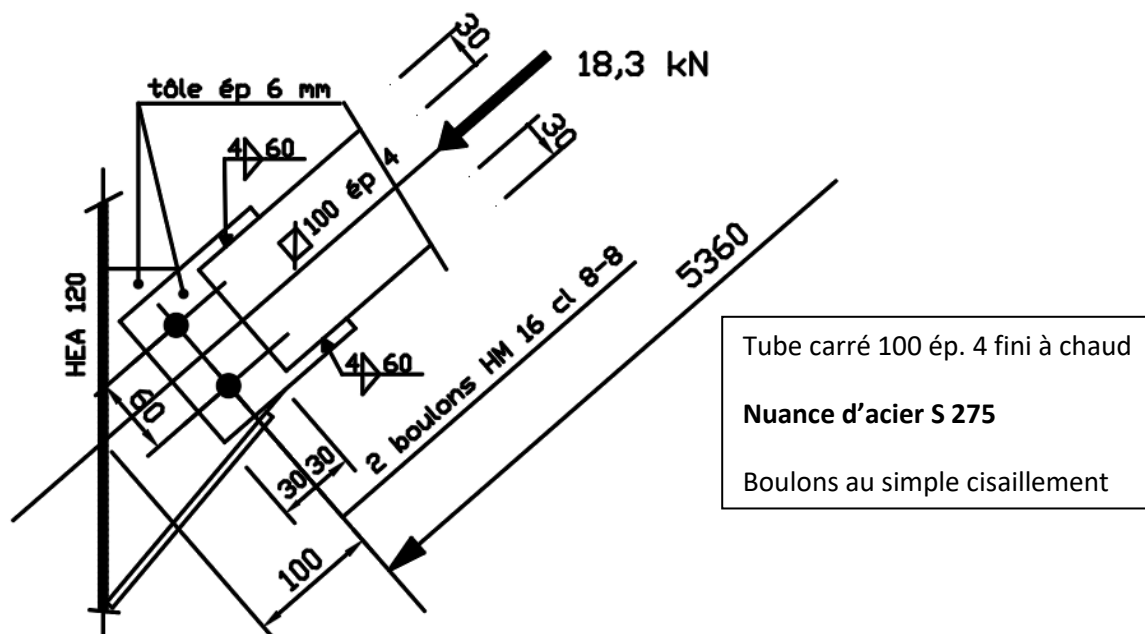


Figure 4 – Solution d'attache

**Q16.** Justifier que cette solution d'attache correspond au modèle mécanique proposé en Figure 3.

**Q17.** Donner en la justifiant la longueur de flambement du bouton.

**Q18.** Démontrer que l'effort critique de flambement  $N_{cr}$  a pour valeur 169 kN. La vérification au flambement peut-elle être négligée ?

Démontrer que l'élancement réduit  $\bar{\lambda}$  a pour valeur 1,57. La vérification au flambement peut-elle être négligée ?

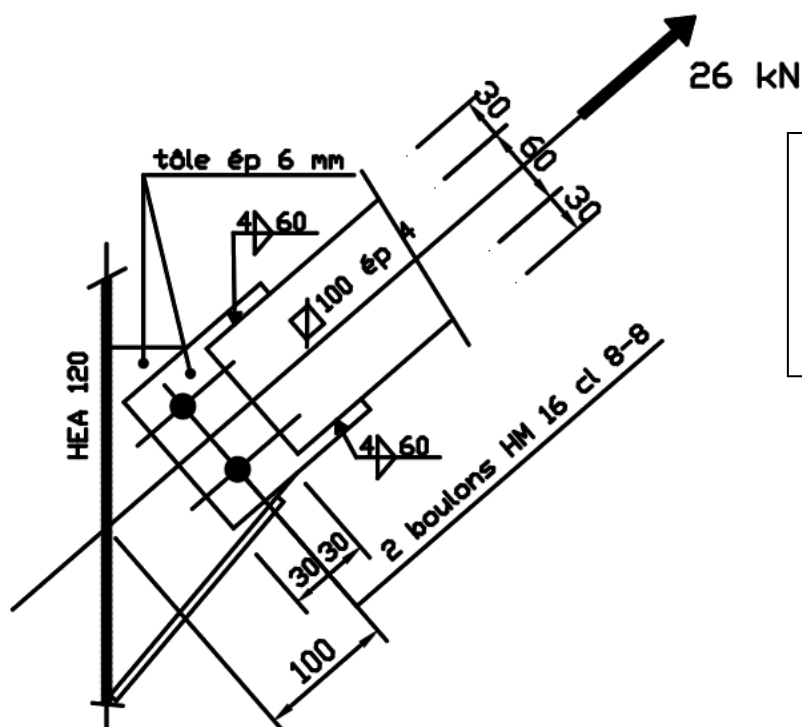
**Q19.** Démontrer que le coefficient de réduction au flambement  $\chi$  a pour valeur 0,344.

**Q20.** Calculer la valeur de résistance au flambement  $N_{b,Rd}$ .  
Effectuer la vérification pour  $N_{Ed} = 18,3$  kN. Conclure.

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 5 sur 13

## 2.5. Étude de l'attache boulonnée pour le cas de vent Ouest-Est :

Les boutons sont alors tendus,  $N_{Ed} = 26 \text{ kN}$ , et leur résistance largement assurée pour cette sollicitation :  
Se référer au Dossier ressource 6.



Pas d'exposition aux intempéries,  
ni influences corrosives.

**Nuance S 235 pour les tôles et  
plats.**

**Q21.** Vérifier les pas et pinces.

**Q22.** Vérifier en résistance le plat de bouton. Représenter sur le document DR3 page 11 la section concernée.

**Q23.** Vérifier la résistance des boulons au cisaillement.

**Q24.** Vérifier la résistance en pression diamétrale.

**Q25.** Résistance au cisaillement de bloc du plat de fixation.

Représenter en les surlignant  $A_{nt}$  et  $A_{nv}$ , sur la vue du document DR3. Calculer leur valeur respective.

Représenter en la hachurant la surface susceptible d'être arrachée.

Vérifier la résistance et conclure.

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 6 sur 13

### 3. Plancher

Dossier technique §5 à considérer.

#### 3.1. Conception du plancher

Se référer Dossier ressource 7.

La dalle de béton est coulée sur bac acier collaborant *Cofraplus* 60 d'épaisseur 0,88 mm

Le plancher est soumis à une charge d'exploitation surfacique  $l = 5,00 \text{ kN/m}^2$

**Q26.** En utilisant la documentation technique fournie dans le Dossier ressource, déterminer l'épaisseur minimale  $d$  de la dalle de béton pour supporter la charge d'exploitation.

**Q27.** Est-il nécessaire de prévoir des étais lors du coulage du béton ?

**Q28.** On retient finalement une épaisseur de dalle  $d = 12 \text{ cm}$ . Donner les valeurs des poids surfaciques du bac acier ép.0,88 et de la dalle de béton en  $\text{kN/m}^2$ . En déduire le poids propre de la dalle mixte.

**Q29.** Compléter le document réponse DR4 page 12 en représentant :

- l'attache de la solive IPE300 sur la poutre de rive IPE360 par double cornière à ailes égales  $80 \times 8$  et une file de 2 boulons HM16 8.8 sur chaque aile de cornière ;
- le bac acier collaborant ;
- la costière (la dalle présente un débord de 120 mm par rapport à la poutre de rive) ;
- la dalle de béton ;
- les armatures éventuelles.

Les différents éléments seront repérés, désignés et cotés.

#### 3.2. Vérification de la section de la solive IPE300 la plus sollicitée

Dossier technique §5 à considérer.

Compte-tenu des compléments de charges (chape de finition, traitement de la sous-face du plancher et divers), on retient une charge permanente surfacique  $G = 3,00 \text{ kN/m}^2$ .

**Q30.** Après avoir déterminé la largeur d'influence de la solive la plus sollicitée, calculer les charges linéiques permanentes  $g$  et variable  $i$  s'exerçant sur celle-ci. Le poids propre de la solive sera pris en compte. Le coefficient de continuité de la dalle au droit des solives sera pris égal à 1,00.

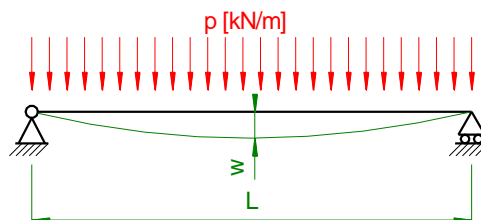
Dans les questions suivantes, on retiendra les valeurs  $g = 8,00 \text{ kN/m}$  et  $i = 12,00 \text{ kN/m}$

**Q31.** En utilisant l'extrait du document Eurocode page 15 du dossier ressources, calculer les flèches admissibles  $w_3$  et  $w_{\max}$  des solives IPE300 en mm.

**Q32.** Calculer les flèches sous charges variables seules et sous charges totales de la solive IPE300 la plus sollicitée. Cette solive est-elle vérifiée à l'ELS ?

On rappelle l'expression de la flèche d'une poutre sur deux appuis soumise à une charge uniformément répartie :

$$w = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$



CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 7 sur 13

## 4. Toiture

### 4.1. Conception

Dossier technique §2.3 à considérer.

Charges variables retenues pour le dimensionnement des pannes et des bacs acier :

- Charge d'entretien 0,80 kN/m<sup>2</sup> (charge centrée répartie sur 5 m des 15 m de versant)
- Charge de vent ascendante 0,40 kN/m<sup>2</sup>
- Charge de vent descendante 0,17 kN/m<sup>2</sup>
- Charge de neige normale 0,36 kN/m<sup>2</sup>
- Charge de neige accidentelle 0,80 kN/m<sup>2</sup>

**Q33.** Quel intérêt présentent les pannes en profil formé à froid par rapport aux pannes laminées de type IPE ?

**Q34.** Peut-on calculer ces pannes de la même façon que des pannes de type IPE ? Justifier.

**Q35.** Quel intérêt présentent les bacs acier perforés par rapport aux bacs acier pleins ? Pourquoi nécessitent-ils la mise en place d'un pare-vapeur ?

**Q36.** Sur le document réponse DR5 page 13, représenter les charges surfaciques s'exerçant sur le versant ouest de toiture en indiquant leurs valeurs en kN/m<sup>2</sup> :

- charge permanente  $g = 0,53 \text{ kN/m}^2$
- charge d'exploitation  $i$
- charge de neige  $s$  cas (i)
- charges de vent (ascendante  $w^-$  et descendante  $w^+$ )

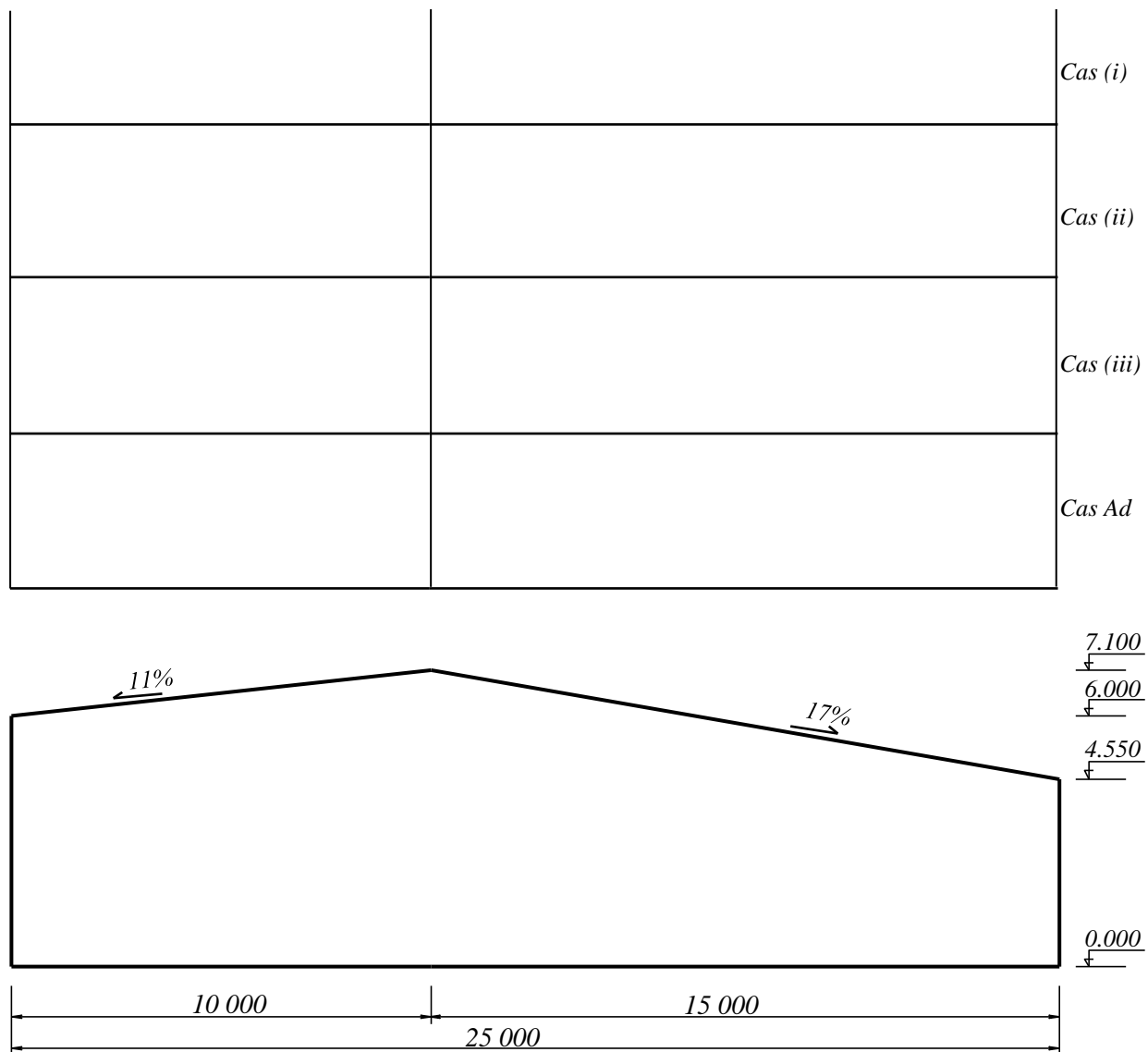
**Q37.** Citer les combinaisons de charges fondamentales à considérer pour un dimensionnement des pannes à l'ELU.

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 8 sur 13



# DR1

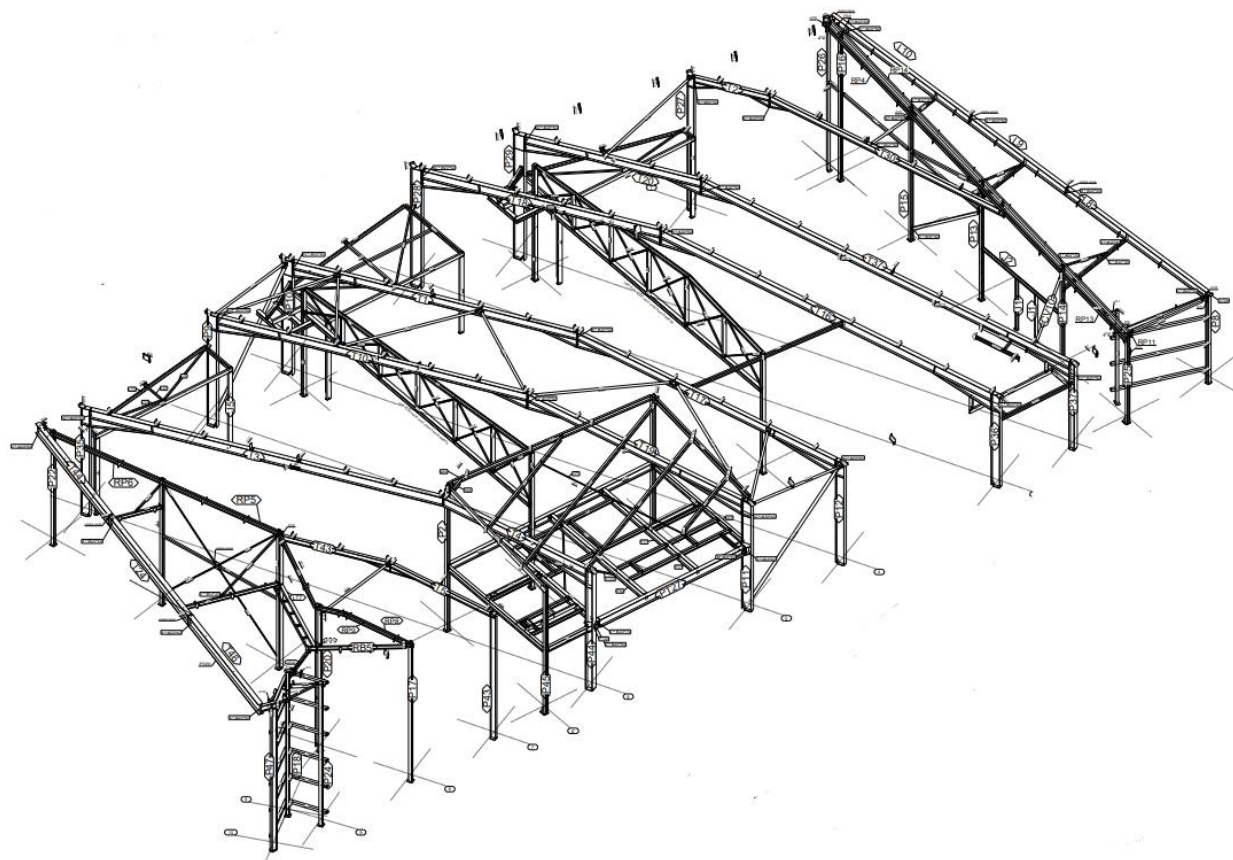
Charges de neige sur la zone du portique de la file 3



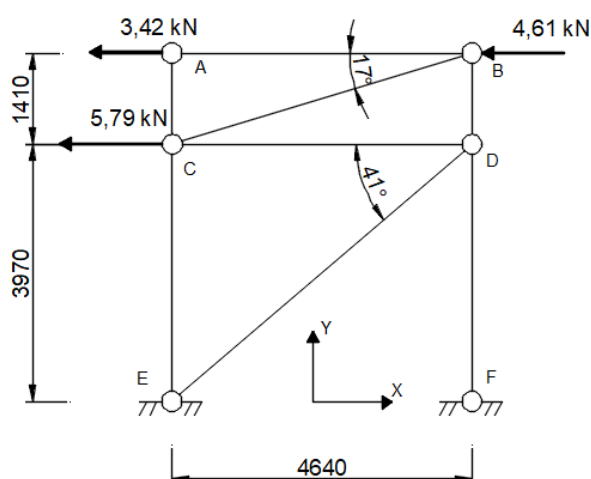
CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 9 sur 13

## DR2

### Q10. Palées stabilisées :



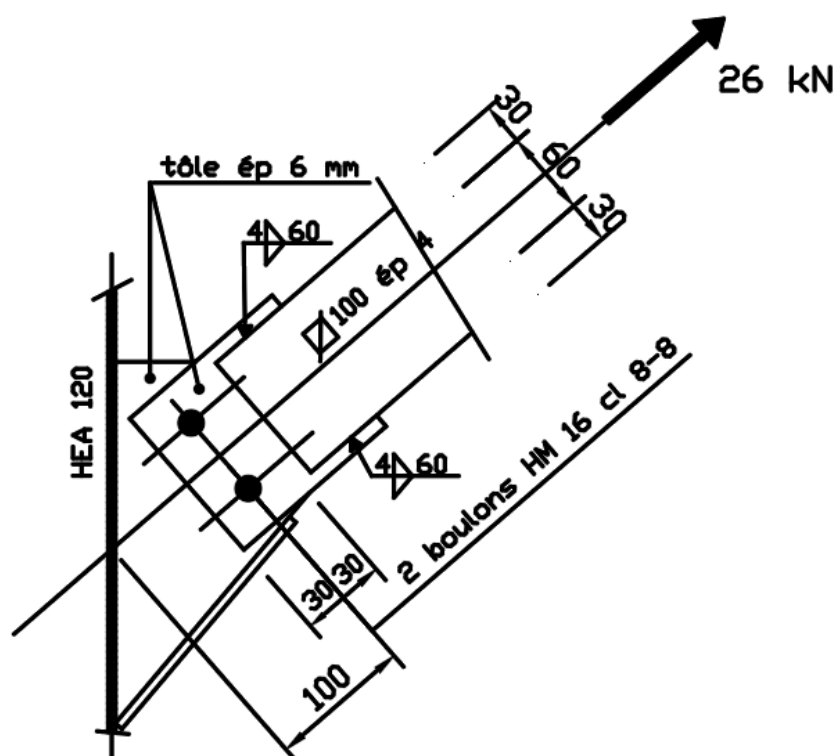
### Q13 et Q15. Descente de charges de vent en palée de stabilité :



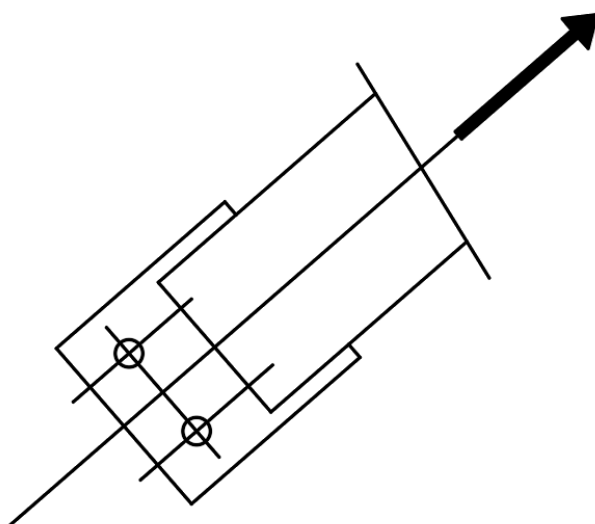
CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 10 sur 13

## DR3

Q 22. Résistance du plat de bouton :



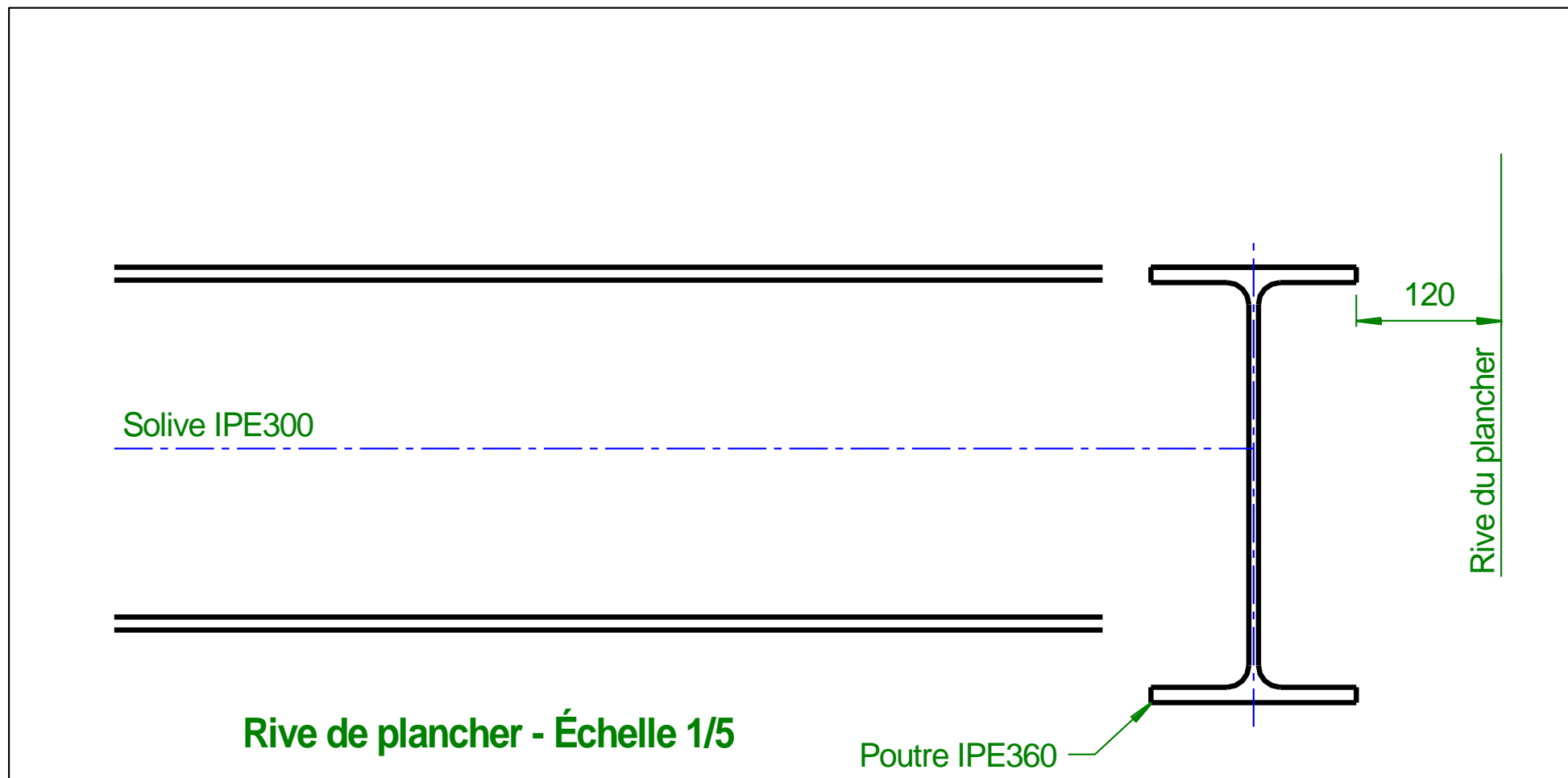
Q25. Cisaillement de bloc :



CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 11 sur 13

DR4

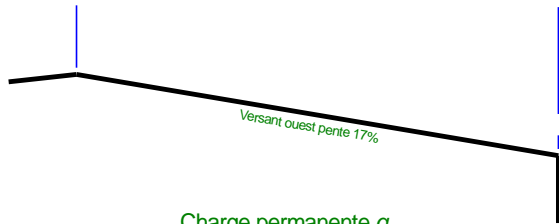
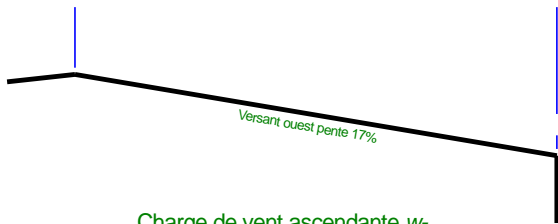
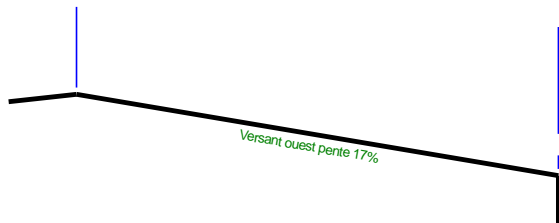
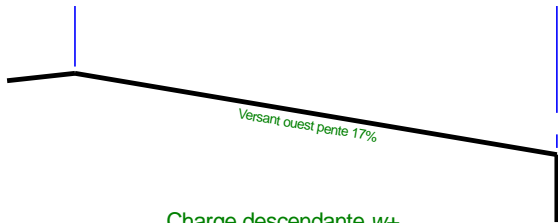
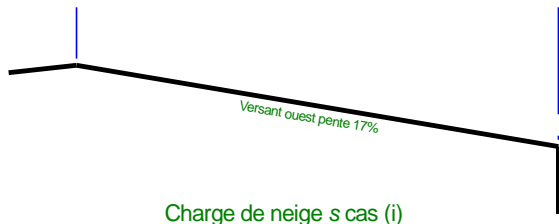
Q 30. Dessin de conception de la rive du plancher :



CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 12 sur 13

# DR5

## Q 37. Charges surfaciques sur toiture

 <p>Charge permanente <math>g</math></p>	 <p>Charge de vent ascendante <math>w^-</math></p>
 <p>Charge d'exploitation <math>i</math></p>	 <p>Charge descendante <math>w^+</math></p>
 <p>Charge de neige <math>s</math> cas (i)</p>	<p>Charges surfaciques sur versant ouest</p>

CODE ÉPREUVE : 22AMCRU4	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION
SESSION 2022	SUJET	ÉPREUVE : E4 : Analyse, prescription, conception d'un projet	Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 4	SUJET N°	Page 13 sur 13