



**MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE,  
DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

## **Concours externe BAC + 3 du CAPET**

Cafep-Capet

Section : Sciences industrielles de l'ingénieur

Option : ingénierie des constructions

- 1) Exemple de sujet pour la seconde épreuve d'admissibilité
- 2) Attendus de l'épreuve
- 3) Extrait de l'arrêté du 17 avril 2025

Les épreuves du concours externe du Capet et Cafep-Capet BAC+ 3 sont déterminées dans [l'arrêté du 17 avril 2025 fixant les modalités d'organisation du concours externe du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique](#), publié au Journal Officiel du 19 avril 2025, qui fixe les modalités d'organisation du concours et décrit le schéma des épreuves.

# 1) Exemple de sujet pour la seconde épreuve d'admissibilité

## CAPET BAC + 3 Sujet 0

### Sommaire

	Page
<b>Sommaire.....</b>	<b>2</b>
<b>Présentation du support .....</b>	<b>3</b>
<b>Partie A (à traiter obligatoirement) .....</b>	<b>4</b>
<b>Partie B (choix 1) .....</b>	<b>6</b>
<b>Partie C (choix 2) .....</b>	<b>8</b>

La partie A est obligatoire, une partie devra être traitée sur les deux suivantes proposées (partie B ou C).

## Présentation du support

### Gymnase de Villeparisis

Le gymnase, se situe dans la ville de Villeparisis (environ 26 000 habitants), au nord-ouest du département Seine et Marne (Région Île de France). La parcelle se situe sur l'axe est-ouest principal de la ville, à proximité de la N3/D603.

Le projet est concentré sur une volumétrie générale la plus simple possible. Le travail de façade se situe principalement sur la façade Sud sur rue et sur son retournement en façade Ouest sur le reste du site. Le travail en volume (ombre et lumière) et texture des matériaux offre une façade généreuse.



Le sujet comporte trois études indépendantes :

Partie A : étude technique du bardage

Partie B : vérification des éléments de contreventement retenus

Partie C : réseaux d'eau chaude sanitaire (ECS) et chauffage

La partie A est obligatoire, une partie devra être traitée sur les deux suivantes proposées (partie B ou C).

## Partie A (à traiter obligatoirement)

### Étude technique du bardage

La maîtrise d'œuvre s'interroge sur les opportunités d'une alternative au bardage double peau comprenant un panneau sandwich dans le cadre de la RE2020.

**Objectif :** comparer la solution retenue par la maîtrise d'œuvre pour le bardage avec une alternative.

#### Analyse de la solution initiale : bardage double peau

<b>Question A1</b> DT1, DT-A1	Définir les axes de la RE2020 qui sont en relation avec le choix d'un système de bardage. Définir l'indicateur environnemental étudié à travers la RE2020. Traduire ses axes en critères de performances attendus du système.
<b>Question A2</b> DT2	À l'aide des plans, présenter les différents types de bardages utilisés en façade du projet.
<b>Question A3</b> DT-A1, DT-A3	Expliquer l'intérêt de la certification de l'ACERMI. À partir du CCTP, en négligeant les ponts thermiques localisés, identifier la valeur de résistance thermique requise pour la partie courante du bardage double peau. Comparer cette valeur aux épaisseurs d'isolant proposées par la maîtrise d'œuvre.
<b>Question A4</b> DT-A1, DT-A4 DR-A1	Établir le Déboursé Sec (DS) de 1 m <sup>2</sup> de bardage double peau à partir des données fournies (hors bavettes départ et arrivée). En déduire le prix de vente.
<b>Question A5</b> DT-A1, DT-A2	Vérifier la limite réglementaire de l'isolation acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A,tr}$ de la façade du bâtiment selon les normes. Comparer la valeur à celle proposée par le CCTP.
<b>Question A6</b> DT-A2	D'un point de vue acoustique, la façade est aussi performante que l'ensemble de ses parties. On néglige la forme complexe, l'étude se fait sur la base de la surface uniquement. Calculer la valeur requise pour l'isolation acoustique du bardage métallique à partir de la contrainte réglementaire et de l'isolation des autres éléments de façade du pignon.

#### Analyse d'une alternative : bardage panneau sandwich

<b>Question A7</b> DT-A1, DT-A5	Proposer l'épaisseur du panneau sandwich pour respecter les performances du CCTP (on négligera les ponts thermiques localisés).
<b>Question A8</b> DT-A4, DT-A5	À partir des données fournies, estimer le prix du panneau sandwich comme si l'étude avait lieu en mars 2025.

**Question A9**

Sur la base connaissances personnelles et de l'ensemble des questions précédentes, établir un comparatif des deux alternatives pour le bardage prenant en compte les performances thermiques et acoustiques ainsi que le coût et les problématiques de mise en oeuvre. Justifier l'alternative à retenir pour le projet.

*Toute trace de recherche sera prise en compte dans l'évaluation.*

## Partie B (choix 1)

### Vérification des éléments de contreventement retenus

Une structure primaire en acier a été retenue pour ce projet avec une enveloppe dont les détails figurent dans les documents techniques.

La stabilité de long pan permet de reprendre les efforts du vent de pignon.

Originellement les pannes sont en IPE 200 et les stabilités en cornières de 70×7. Le démontage d'un bâtiment proche permettrait de récupérer des tubes carrés de 120×4 et de 100×3. Il s'agit de remplacer deux cornières de 70×7 par un seul tube de 120×4.

**Objectif :** étudier la possibilité de réemploi de profils tubulaires pour le contreventement du vent de pignon initialement en croix de Saint-André sur le long pan.

#### Analyse des éléments de conception

<b>Question B1</b> DT1	Définir l'axe de la RE2020 en jeu dans cette étude et l'indicateur en question.
<b>Question B2</b> DT2	Dans le cadre de la RE2020, indiquer quel avantage présente l'emploi des tubes carré de 120×4.
<b>Question B3</b> DT2	Comparer qualitativement la solution en tube carré de 120×4 à celle en cornière de 70×7 en termes d'avantages et d'inconvénients pour le contreventement de long pan file G.
<b>Question B4</b> DT2, DT-B2	Donner les vérifications nécessaires pour valider le dimensionnement du tube à l'État limite ultime (ELU).
<b>Question B5</b> DT2, DT-B3	Donner le type de liaison à réaliser entre le tube et le reste de la structure. Citer les vérifications nécessaires pour valider le dimensionnement de ce type de liaison en phase EXE.

#### Mise en œuvre de solution constructive

L'effort maximal calculé dans la diagonale en phase EXE est de  $N_{ED} = 92 \text{ kN}$  à l'ELU. Le bureau d'étude a prévu en pré-étude des plats de 10 en S275 et une attache comprenant 4 boulons ordinaires au minimum de type HM20,8.8 travaillant au simple cisaillement.

<b>Question B6</b> DT-B1, DT-B2	Réaliser une vérification complète du tube à l'ELU. Donner les taux travail maximaux en résistance de section et en instabilité (rapport entre l'effort de conception et l'effort résistant).
------------------------------------	---

**Question B7**

DT2, DT-B1, DT-B3, DR-B1

Compléter le dessin à main levée légendé sur le DR-B1 afin de définir la liaison entre les tubes de contreventement (buton de  $100 \times 100 \times 4$  et diagonale en tube carré de  $120 \times 120 \times 4$  et le poteau en HEA400) :

- représenter et repérer l'ensemble des éléments,
- représenter la fixation des différents éléments,
- indiquer la cotation d'exécution (pas, pince, points d'épures-trous jeux fonctionnels).

*Toute trace de recherche sera prise en compte dans l'évaluation.*

**Question B8**

DT2, DT-B1, DT-B3

Réaliser les vérifications du gousset ou des plats critiques au cisaillement de bloc et en pression diamétrale ainsi que les boulons au cisaillement. Indiquer le taux de travail maximal de la liaison associé à ces vérifications. Proposer éventuellement des modifications.

*Toute trace de recherche sera prise en compte dans l'évaluation.*

## Partie C (choix 2)

### Réseaux d'eau chaude sanitaire (ECS) et chauffage

La génération d'Eau chaude sanitaire (ECS) et de chauffage est assurée par deux chaudières gaz. Cette étude vise à dimensionner certains éléments du réseau de chauffage et d'ECS ainsi que d'étudier des alternatives possibles pour arrêter un choix technique.

**Objectif :** dimensionner les éléments de l'installation ECS et étudier une alternative à la solution retenue par la maîtrise d'œuvre.

#### Conception du réseau

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Question C1</b><br>DT-C1 | Le réseau d'ECS présente un bouclage. Expliquer le principe de ce système. Présenter les avantages et inconvénients d'un tel système. Un adoucisseur est prévu dans le réseau, expliquer son utilité. |
| <b>Question C2</b><br>DT-C2 | Un circuit d'eau chaude part vers une batterie chaude. Présenter le système auquel cette dernière est reliée et expliquer son fonctionnement.   |
| <b>Question C3</b><br>DT-C1 | Expliciter le fonctionnement de la zone d'étude entourée en tête du réseau de chauffage.  |

#### Étude du réseau EFS/ECS

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Question C4</b><br>DT-C2, DT-C3 | Déterminer La puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les pertes du bouclage si on considère que l'on limite à 14°C la perte de température sur la boucle et que la température du gymnase est à 16°C. |
| <b>Question C5</b><br>DT-C2, DT-C3 | Nommer le type de système de production d'ECS proposé. Vérifier le couple échangeur ballon proposé par la maîtrise d'œuvre.   |
| <b>Question C6</b>                 | Présenter des options alternatives permettant de réduire la consommation en énergie primaire et l'impact carbone d'une installation d'ECS et de chauffage.  |

#### Étude des chaudières

La maîtrise d'œuvre d'interroge sur le bien-fondé d'utiliser uniquement des chaudières gaz. Elle propose l'étude d'une solution alternative dans laquelle une chaudière gaz serait remplacée par une pompe à chaleur (PAC). L'objectif est de comparer les deux alternatives dans le cadre de la RE2020.

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Question C7</b><br>DT-C2, DT-C3 | Vérifier que la puissance installée en chaufferie est suffisante pour le projet. Les puissances maximales requises en chauffage et pour la batterie sont les suivantes :<br>Chauffage : 92,7 kW<br>Batterie : 31,0 kW |
|------------------------------------|---|

<b>Question C8</b> DT-C2, DT-C3, DR-C1	<p>Tracer pour les trois PAC proposées dans le DT-C2 les courbes de puissance produite en fonction de la température.</p> <p>Tracer Les besoins de puissance entre -15°C et 16°C en estimant qu'ils sont linéaires et que la consommation maximum de chauffage est pour une température de -15°C.</p> <p>On souhaite un démarrage du complément gaz à une température de -3°C.</p> <p>Choisir une PAC pour remplacer une des chaudières gaz. Justifier la pertinence de garder au moins une chaudière gaz.</p> <p>Présenter les dispositions, contraintes et vérifications nécessaires pour utiliser une PAC à la place d'une chaudière gaz.</p> <p><i>Toute trace de recherche sera prise en compte dans l'évaluation.</i></p>
<b>Question C9</b> DT-C3	<p>Calculer la consommation en énergie primaire pour les deux alternatives étudiées et le <math>I_{C\text{énergie}}</math>.</p> <p>Recommander, en justifiant, un mode de chauffage à la maîtrise d'œuvre.</p> <p><i>Toute trace de recherche sera prise en compte dans l'évaluation.</i></p>

## DOCUMENT TECHNIQUE DT1

### Grands principes de la RE2020 et réemploi

En 2022, la France est passée d'une réglementation thermique à une réglementation environnementale, la RE2020, plus ambitieuse et exigeante pour la filière construction.

Son objectif est de poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et du confort des constructions, tout en diminuant leur impact carbone. Elle s'articule autour de trois principaux axes :

- poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et la baisse des consommations des bâtiments neufs.
- diminuer l'impact sur le climat des bâtiments neufs en prenant en compte l'ensemble des émissions du bâtiment sur son cycle de vie, de la phase de construction à la fin de vie (matériaux de construction, équipements), en passant par la phase d'exploitation (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage...), via une Analyse en Cycle de Vie.
- permettre aux occupants de vivre dans un lieu de vie et de travail adapté aux conditions climatiques futures en poursuivant l'objectif de confort en été. Les bâtiments devront mieux résister aux épisodes de canicule, qui seront plus fréquents et intenses du fait du changement climatique.

La RE2020 repose sur une transformation progressive des techniques de construction, des filières industrielles et des solutions énergétiques, afin de maîtriser les coûts de construction et de garantir la montée en compétence des professionnels.

Source : Observatoire de la RE 2020

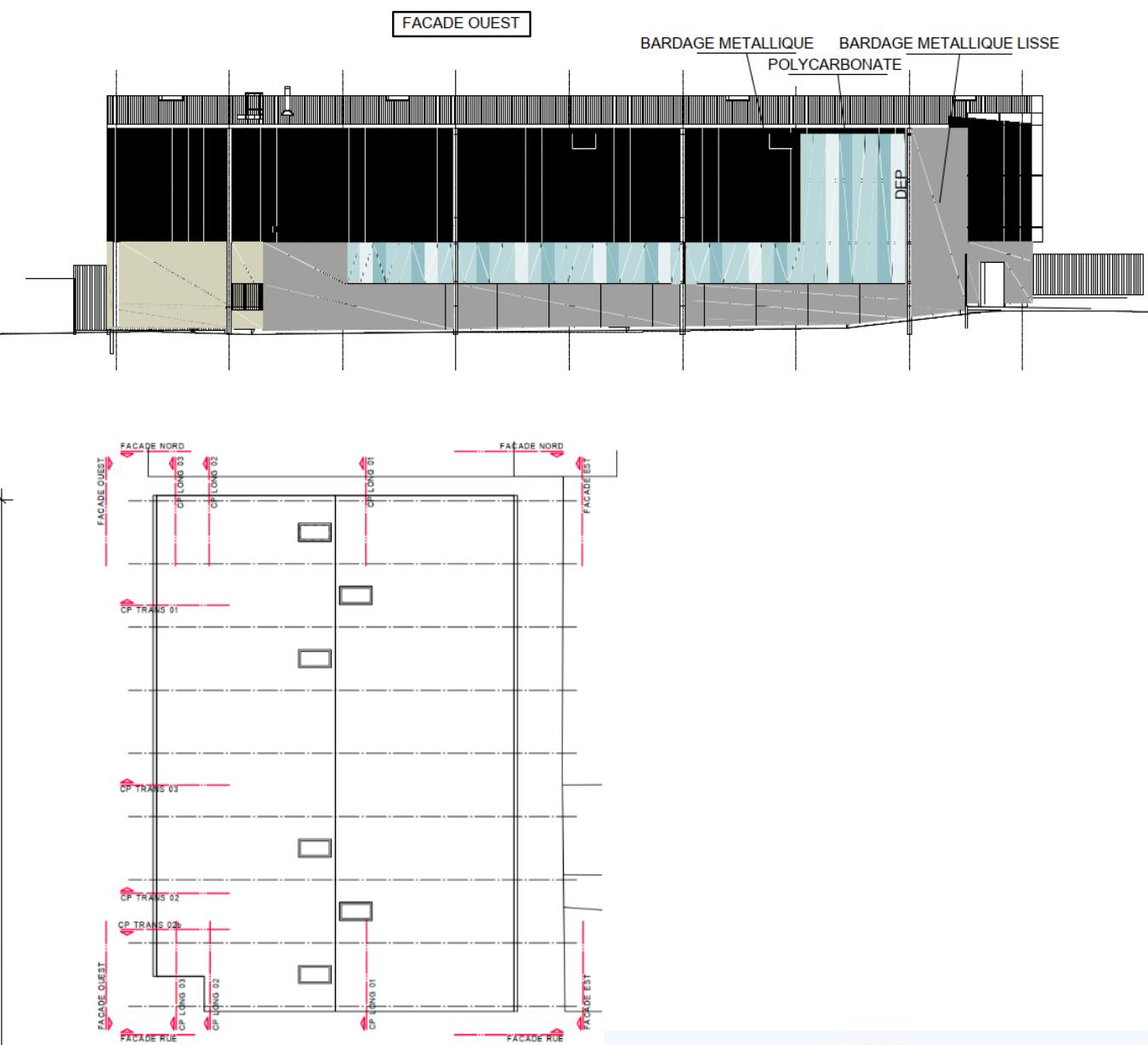
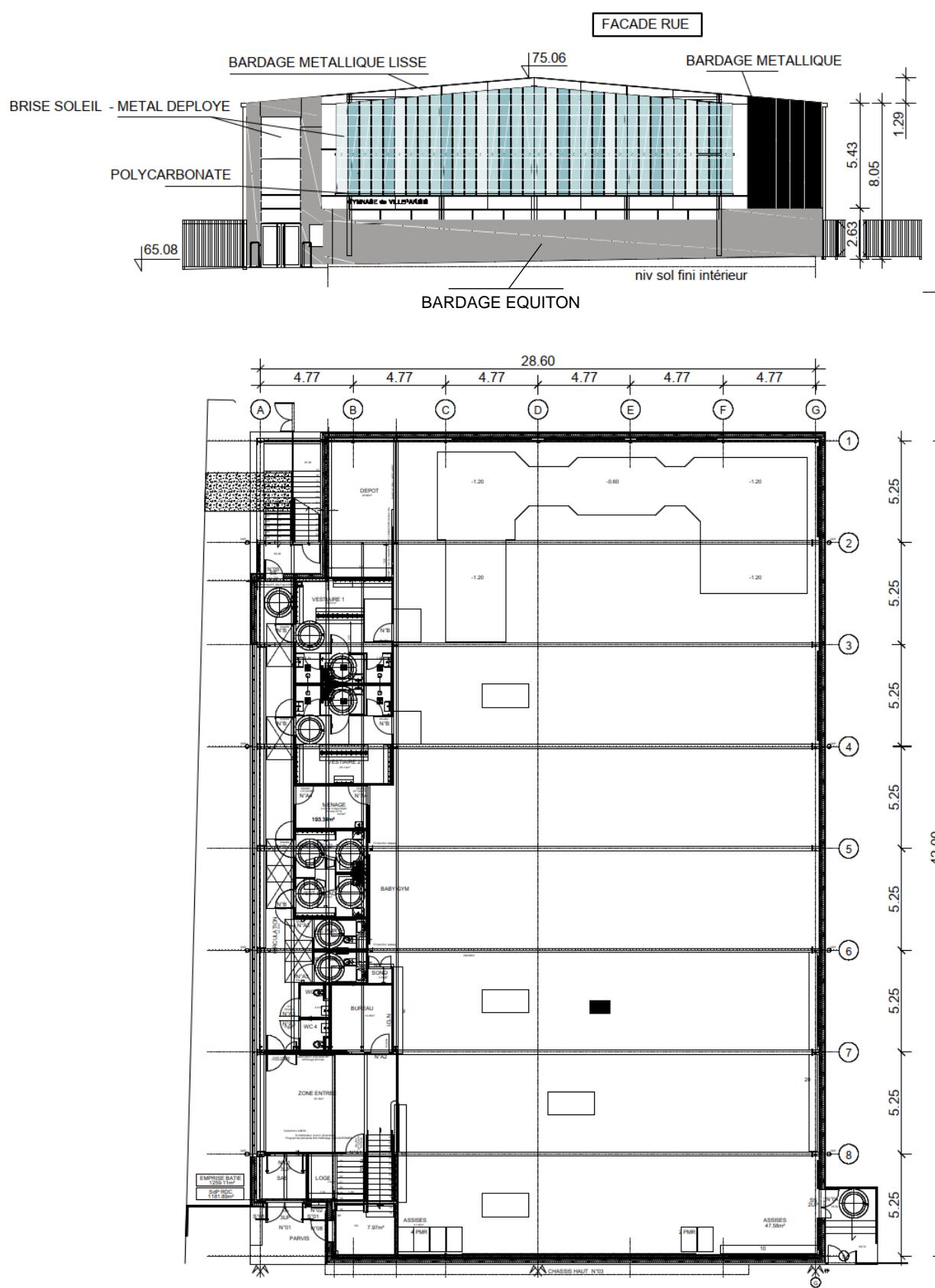
La loi AGEC relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire a fixé le cadre juridique pour le réemploi et la réutilisation des produits et composants issus de la déconstruction. La réglementation environnementale (RE2020), quant à elle, considère que les produits et équipements issus du réemploi ou d'une opération de réutilisation n'ont aucun impact dans le calcul de la performance environnementale.

Les composants et produits en acier se prêtent bien au réemploi et à la réutilisation, dû notamment aux qualités intrinsèques du matériau.

Source : CICTM

## DOCUMENT TECHNIQUE DT2

## Vues et plans du bâtiment



**PERSPECTIVE ISO-  
STRUCTURE METALLIQUE APS**

**SISMIQUE**

Zone sismique : 1 - Très faible  
Classe de l'ouvrage : III

**MATERIAUX**

Acier : nuance S275 sauf indication contraire

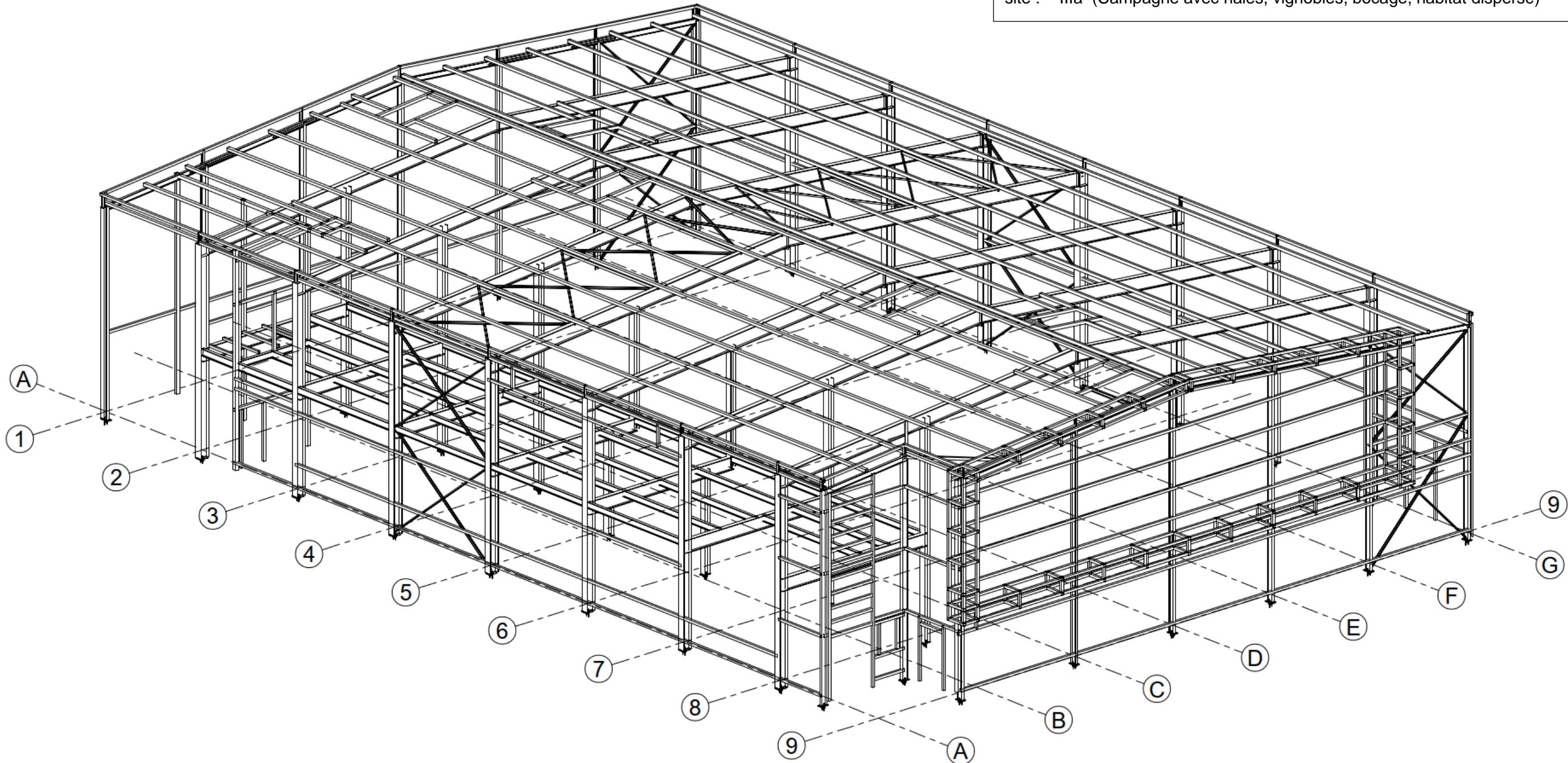
**CHARGES CLIMATIQUES**

**NEIGE :**

RÉGION : A1 Normale :  $S_n = 45 \text{ daN} \cdot \text{m}^{-2}$   
ALTITUDE : 111 m Accidentelle :  $S_{ad} = \text{Sans objet.}$

**VENT :**

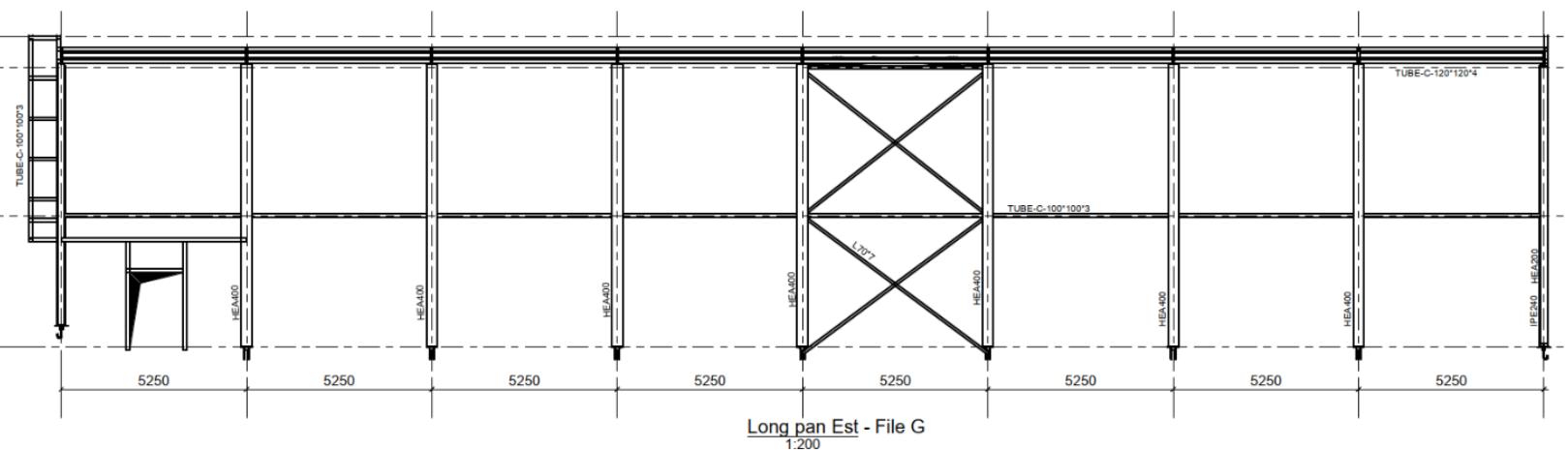
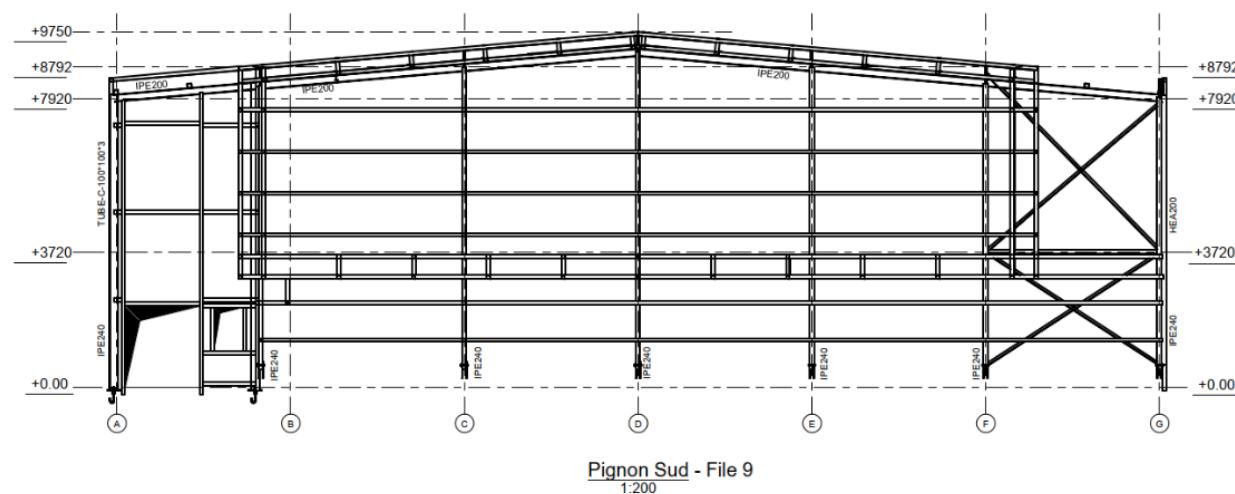
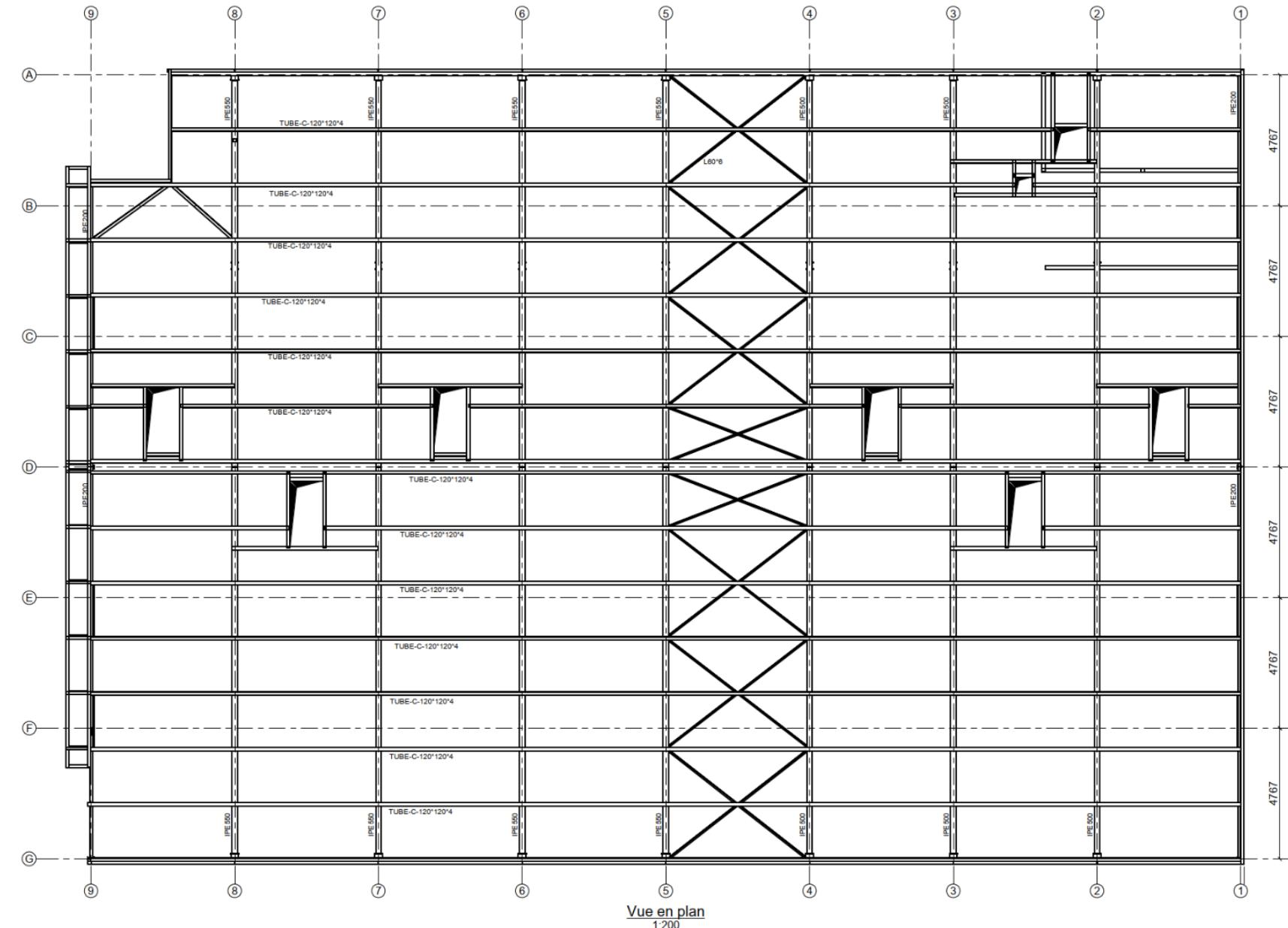
Zone : 2  
H du Bâtiment : 10 m ;  $C_{dir} = C_{season} = 1$   
site : IIIa (Campagne avec haies, vignobles, bocage, habitat dispersé)



## PROFILS APS :

POTEAUX : HEA  
PANNES : PANNES IPE 200 ou TUBES  
C120x4

STABILITÉS : L70×7 ou C100×4



## DOCUMENT TECHNIQUE DT-A1

### Données et montage du bardage double peau

#### Extrait du CCTP du lot 03 – Couverture – Bardage – Etanchéité :

##### 03.3.2.1 – Bardage métallique double peau : première peau et isolation

Fourniture et pose d'un bardage extérieur à double peau, dont la première peau et l'isolation comprendra les éléments suivants :

- Un plateau support de bardage en acier laqué perforé de type Hacierba d'Arcelor Mittal ou équivalent, fixé sur la structure de la façade, adapté à l'épaisseur de l'isolant. Hauteur 400mm. Référence suivant portée entre poteaux épaisseur de l'isolant.
- Une bavette en aluminium thermolaqué en parties haute et basse,
- Une isolation en 2 couches croisées de laine de verre de type Isobardage 32 de 12 cm d'une part et Clapidan 32 de 13 cm d'autre part, ou similaires respectant les résultats de l'étude thermique,
- Un pare-pluie rigide non-tissé, sous forme de membrane bicouche, de chez DÖRKEN ou équivalent, constitué d'un géotextile polyester très résistance à la rupture et à l'abrasion, associé à une résine polyacrylique noire perméable à la vapeur d'eau. Le produit sera conforme aux Critères Généraux de choix des Matériaux du D.T.U. 31.2. et présentant un coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur Mu et une résistance mécanique conformes à la réglementation.

Resistance thermique du complexe d'isolation :  $R_{th} \geq 8,02 \text{ m}^2\text{Kw}^{-1}$

Etanchéité W1 (EN 13859-2 et EN 1928).

Réaction au feu : M1 (ou Euroclasse B).

Isolation acoustique :  $Rw+Ctr \geq 31 \text{ dB}$  pour les locaux courants.

Le pare-pluie devra impérativement être continu sur toute la surface de l'enveloppe des bâtiments, compris liaisons sur soubassements et toutes sujétions de raccords aux niveaux des ouvertures en façades.

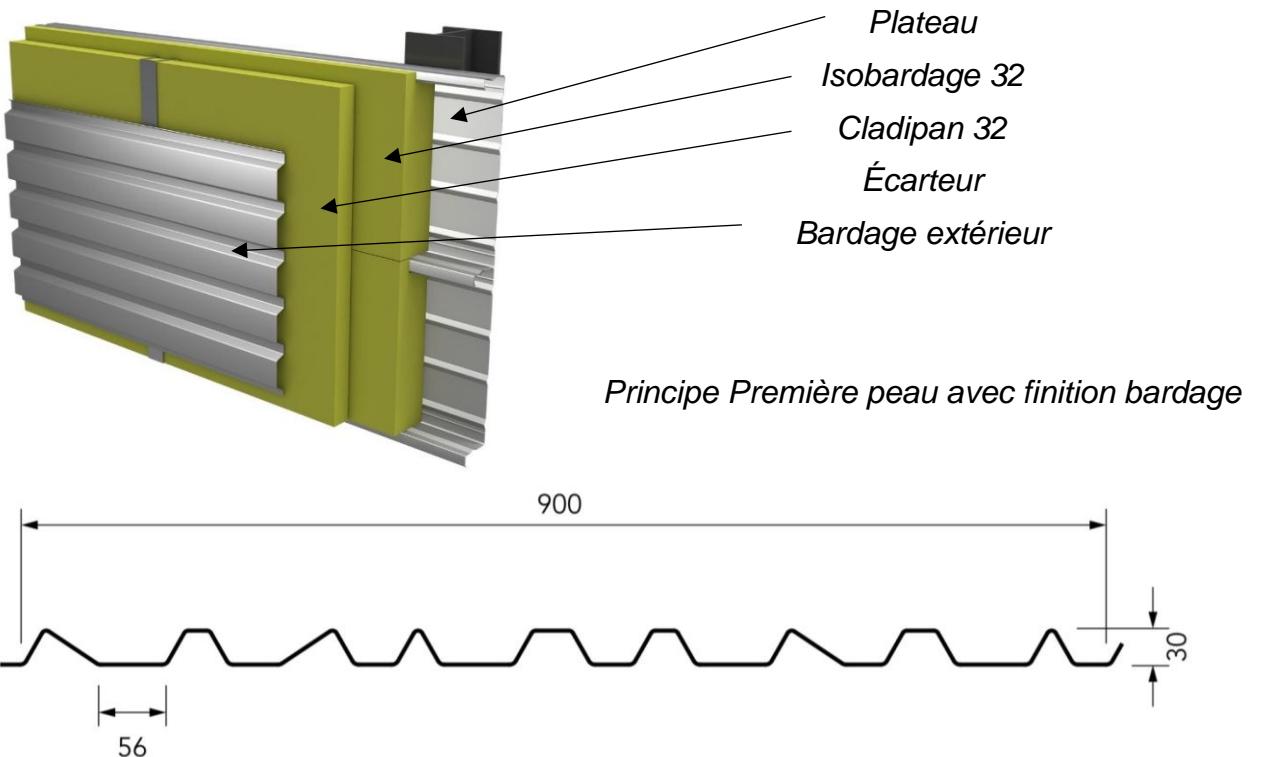
##### 03.3.4.1 - Bardage métallique en bacs acier laqué

Fourniture et pose d'un bardage métallique type Trapeza ou Eclectic en acier laqué de chez Arcelor Mittal ou similaire.

Référence et couleur au choix de l'architecte dans la gamme du fabricant.

Mise en œuvre du bardage par vissage sur une ossature verticale

**Quantité de bardage à mettre en œuvre : 824.97 m<sup>2</sup>**



Principe Première peau avec finition bardage

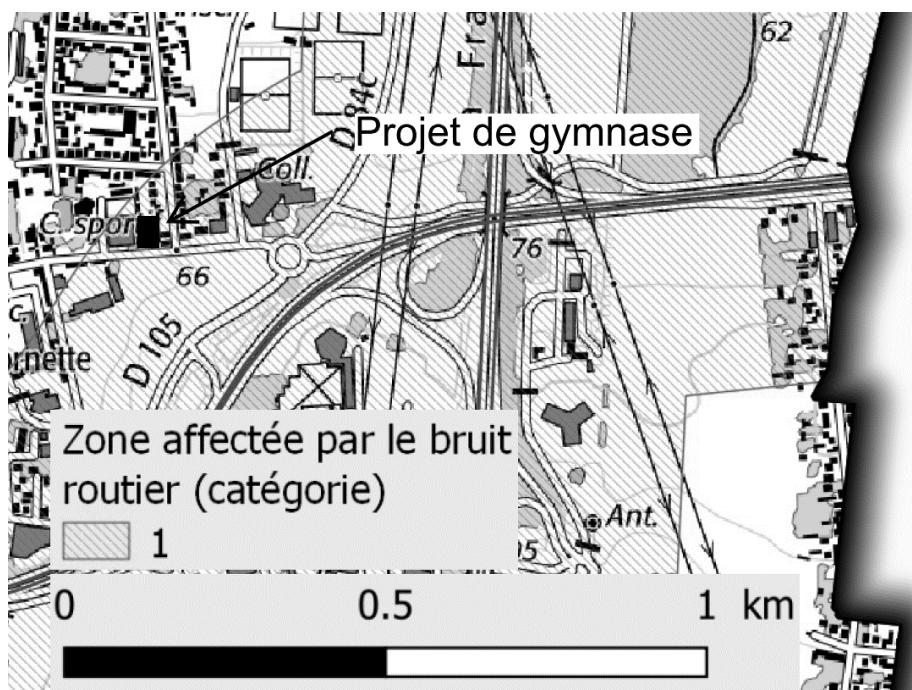
#### Données techniques complémentaires :

- Dimensions des plateaux : hauteur : 400 mm, profondeur : 90 mm
- Entraxe des écarteurs « Z » : 1 m
- Masse linéique des écarteurs Z : 2.15 kg/m
- Vissage : une fixation par croisement plateau/ossature Z et une fixation par croisement onde/écarteur
- Valeur estimée des ponts thermiques localisés :

## DOCUMENT TECHNIQUE DT-A2

### Données acoustiques

#### Zonage des bruits routiers de Villeparisis



Arrêté du 23 juillet 2013 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique  $D_{nT,A,tr}$  des bâtiments dans les secteurs affectés par le bruit :

Distance (m)	10	15	20	25	30	40	50	65	80	100	125	160	200	250	300	
CATÉGORIE	1	45	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
	2	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	
	3	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30					
	4	35	33	32	31	30										
	5	30														

La valeur requise est modulée selon les situations suivantes :

Angle de vue de l'axe  $\alpha$  depuis la façade étudiée du bâtiment :

ANGLE DE VUE	CORRECTION
$\alpha < 135^\circ$	- 0 dB
$110^\circ < \alpha \leq 135^\circ$	- 1 dB
$90^\circ < \alpha \leq 110^\circ$	- 2 dB
$60^\circ < \alpha \leq 90^\circ$	- 3 dB
$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	- 4 dB
$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	- 5 dB
$0^\circ < \alpha \leq 15^\circ$	- 6 dB
$\alpha = 0^\circ$ (façade arrière)	- 9 dB

Protection des façades du bâtiment considéré par des écrans acoustiques ou des merlons continus en bordure de l'infrastructure

PROTECTION	CORRECTION
Pièce en zone de façade non protégée	- 0 dB
Pièce en zone de façade peu protégée	- 3 dB
Pièce en zone de façade très protégée	- 6 dB

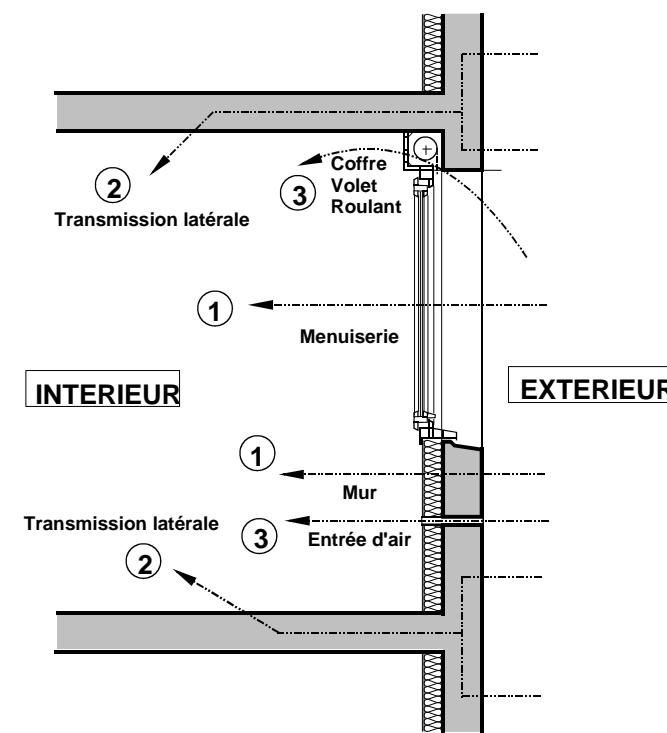
#### Données complémentaires sur les performances acoustique des bardages du projet

Bardage Polycarbonate  
Paroi verre Emalit  
Bardage Equiton  
Bardage métallique  
Volume espace sportif

$R_w + C_{tr} = 31$  dB  
 $R_w + C_{tr} = 29$  dB  
 $R_w + C_{tr} = 33$  dB  
à déterminer

Surface = 105,86 m<sup>2</sup>  
Surface = 59,92 m<sup>2</sup>  
Surface = 78,27 m<sup>2</sup>  
Surface = 21,58 m<sup>2</sup>  
Volume = 7 212 m<sup>3</sup>

## TRANSMISSION DU BRUIT AU TRAVERS D'UNE FAÇADE



La puissance acoustique dans le local de réception provient des transmissions :

**(1) Transmission directe au travers de l'élément façade :** (puissance  $X_1$ )  
Mur de façade ; menuiserie extérieure, ...

**(2) Transmissions latérales par les parois liées à la façade :** (puissance  $X_2$ )

**(2) Transmission par les équipements situés en façade :** (puissance  $X_3$ )  
Entrée d'air, coffre de volet roulant, ...

**La puissance acoustique totale** dans le local de réception sera :

$$X_4 = X_1 + X_2 + X_3$$

Nota : Le niveau de bruit perçu dans le local de réception dépend, aussi, de sa durée de réverbération

Pour chaque partie de l'élément de façade, la puissance acoustique :  
 $X_1$  en  $\mu\text{W}$  est :

$$X_1 = S \cdot 10^{6 - \frac{[R_w + C_{tr}]}{10}}$$



$$[R_w + C_{tr}] \geq 60 - 10 \cdot \log \left[ \frac{X_1}{S} \right]$$

Si la paroi comporte plusieurs parties, la puissance totale est :  $X_1 \text{ totale} = \sum X_1 \text{ élément}$ .

### TRANSMISSIONS LATÉRALES (Puissance $X_2$ )

On les négligera aujourd'hui

### TRANSMISSION PAR LES EQUIPEMENTS (Puissance $X_3$ )

On négligera ces valeurs aujourd'hui

## EXPRESSION DE L'ISOLEMENT ACOUSTIQUE DE LA FAÇADE (AE 2)

En considérant une durée de réverbération de référence de 0,5 sec. , l'isolement,  $D_{nT,A,tr}$  en dB, de l'élément de façade étudiée a pour expression :

### EN VÉRIFICATION

$$D_{nT,A,tr} = 10 \cdot \log \left[ \frac{0,32 \cdot V}{X_4} \cdot 10^6 \right] \geq D_{nT,A,tr} \text{ exig.}$$

### EN DÉTERMINATION

$$X_4 \leq 0,32 \cdot V \cdot 10^{6 - \frac{D_{nT,A,tr} \text{ exig.}}{10}}$$

$V$  = volume du local de réception en  $\text{m}^3$ .

$X_4 = X_1 + X_2 + X_3$  = puissance acoustique totale en  $\mu\text{W}$

### TRANSMISSIONS DIRECTES PAR LES PAROIS (Puissance $X_1$ )

Chaque partie de paroi est caractérisée par :

$[R_w + C_{tr}]$  = son indice d'affaiblissement acoustique en dB.

$S$  = sa surface en  $\text{m}^2$ .

## DOCUMENT TECHNIQUE DT-A3

### Données sur les isolants thermiques

#### Isobardage 32



#### ASSOCIATION POUR LA CERTIFICATION DES MATERIAUX ISOLANTS

ASSOCIATION DECLARÉE (LOI DU 1ER JUILLET 1901) ORGANISME CERTIFICATEUR DECLARÉ (LOI 94-442 DU 3 JUIN 1994)

CSTB - LNE



ACCREDITATION  
N°S-0019  
PORTEE  
DISPONIBLE SUR  
WWW.COFRAC.FR

Édition 17

#### CERTIFICAT ACERMI

N° 08/018/544

Licence n° 08/018/544

#### CARACTÉRISTIQUES CERTIFIÉES

Certified properties

**CONDUCTIVITÉ THERMIQUE CERTIFIÉE :  $\lambda_b = 0.032 \text{ W/(m.K)}$**

*Certified thermal conductivity:*

Épaisseur (mm)	Résistance thermique - Thermal resistance										
	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
R (m <sup>2</sup> .K/W)	<b>1,85</b>	<b>2,00</b>	<b>2,15</b>	<b>2,30</b>	<b>2,50</b>	<b>2,65</b>	<b>2,80</b>	<b>2,95</b>	<b>3,10</b>	<b>3,25</b>	<b>3,40</b>
Épaisseur (mm)	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
R (m <sup>2</sup> .K/W)	<b>3,55</b>	<b>3,75</b>	<b>3,90</b>	<b>4,05</b>	<b>4,20</b>	<b>4,35</b>	<b>4,50</b>	<b>4,65</b>	<b>4,80</b>	<b>5,00</b>	<b>5,15</b>
Épaisseur (mm)	170	175	180	185	190	195	200	-	-	-	-
R (m <sup>2</sup> .K/W)	<b>5,30</b>	<b>5,45</b>	<b>5,60</b>	<b>5,75</b>	<b>5,90</b>	<b>6,05</b>	<b>6,25</b>	-	-	-	-

#### Cladipan 32



#### ASSOCIATION POUR LA CERTIFICATION DES MATERIAUX ISOLANTS

ASSOCIATION DECLARÉE (LOI DU 1ER JUILLET 1901) ORGANISME CERTIFICATEUR DECLARÉ (LOI 94-442 DU 3 JUIN 1994)

CSTB - LNE



ACCREDITATION  
N°S-0019  
PORTEE  
DISPONIBLE SUR  
WWW.COFRAC.FR

Édition 13

#### CERTIFICAT ACERMI

N° 06/018/428

Licence n° 06/018/428

#### CARACTÉRISTIQUES CERTIFIÉES

Certified properties

**CONDUCTIVITÉ THERMIQUE CERTIFIÉE :  $\lambda_b = 0.032 \text{ W/(m.K)}$**

*Certified thermal conductivity:*

Épaisseur (mm)	Résistance thermique - Thermal resistance									
	90	100	110	120	130	140	150	-	-	-
R (m <sup>2</sup> .K/W)	<b>2,80</b>	<b>3,15</b>	<b>3,45</b>	<b>3,75</b>	<b>4,10</b>	<b>4,40</b>	<b>4,70</b>	-	-	-

## DOCUMENT TECHNIQUE DT-A4

### Données économiques et hypothèses

#### Prix fournisseurs :

Plateau de Bardage Hacierba 1.400.90BS longueur 6 m	82,30 € TTC
Panneaux Eclectic® Arcelormittal longueur 6 m	135,32 € TTC
Profil écarteur Zed Arcelormittal longeur 5m	84,50 € TTC
Vis fixation bardage sur écarteurs, boîte de 100 pièces	90,90 € TTC
Vis fixation plateau sur ossature, boîte de 100 pièces	91,20 € TTC
Vis fixation écarteur sur plateaux, boîte de 100 pièces	76,80 € TTC
Panneau Cladipan ep.130 mm, 1,50 m x 0,51 m	89,71 € TTC
Rouleau Isobardage ep.120 mm, 1,50 m x 0,51 m	32,58 € TTC
Pare pluie, rouleau de 50 m x 1,75 m	459,95 € TTC

#### Temps unitaires :

Montage plateau	0,40 h/m <sup>2</sup>
Montage Peau extérieure	0,32 h/m <sup>2</sup>
Pose isolant (y compris panneau et rouleau et pare pluie)	0,20 h/m <sup>2</sup>

#### Location de matériel :

Location nacelle élévatrice	211,60 € HT/jour
-----------------------------	------------------

#### Prise en compte des pertes et recouvrements estimés :

Sur les plateaux et bardages (y compris recouvrement) :	10%
Sur les profilés :	5%
Sur la visserie :	10%
Sur les isolants et pare pluie	15%

#### Main d'œuvre :

DHMO productif de l'équipe : 31,59 €/h

#### Données pour calcul du coefficient de vente

Les frais de chantier prévisionnels s'élèvent à	6,00% De DS
Les frais d'opération prévisionnels s'élèvent à	3,00% De DS
Les frais généraux prévisionnels s'élèvent à	24,00% Du CR du chantier
La marge bénéficiaire escomptée sur cette opération est de	2,50% De PVHT

## DOCUMENT TECHNIQUE DT-A5

### Données techniques du panneau sandwich

#### Prix de vente, issus de devis de octobre 2023, pour Promisol (avec pose comprise)

100 mm	120 mm	140 mm	160 mm	170 mm	180 mm	200 mm
150,51 €	160,91 €	171,31 €	181,71 €	186,91 €	192,11 €	202,51 €

### Données thermiques pour Promisol



**ASSOCIATION POUR LA CERTIFICATION DES MATERIAUX ISOLANTS**

ASSOCIATION DECLARÉE (LOI DU 1ER JUILLET 1901) ORGANISME CERTIFICATEUR DECLARÉ (LOI 94-442 DU 3 JUIN 1994)

CSTB - LNE



ACCREDITATION  
N°6-019  
PORTEE  
DISPONIBLE SUR  
WWW.COFRAC.FR

Édition 5

#### **CERTIFICAT ACERMI**

**N° 16/193/1152**

*Licence n° 16/193/1152*

#### **CARACTÉRISTIQUES CERTIFIÉES**

*Certified properties*

**CONDUCTIVITÉ THERMIQUE CERTIFIÉE :  $\lambda_d = 0.023 \text{ W/(m.K)}$**

*Certified thermal conductivity:*

Épaisseur (mm)	Résistance thermique - Thermal resistance										
	40	50	60	80	100	120	140	160	170	180	200
R (m <sup>2</sup> .K/W)	1,65	2,10	2,55	3,40	4,30	5,15	6,00	6,90	7,30	7,75	8,65

**RÉACTION AU FEU :** Euroclasse B-s1,d0 - Promisol V AMC 01 - de 40 à 200 mm

*Reaction to fire:* Euroclasse B-s2,d0 - Frigotherm AMC 01 - de 40 à 50 mm

Euroclasse B-s1,d0 - Frigotherm AMC 01 - de 60 à 200 mm

### Données Acoustiques pour Promisol

Référence	Indice d'affaiblissement			R(dB) par octave (Hz) (Conversion d'essai en 1/3 d'octave)					
	Rw (c ;Ctr) dB	RA dB	RA,Tr dB	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Ondatherm T Promisaol V et Promisol S	25(-1 ;-3)	24	22	13	21	22	21	29	38

### Indice d'actualisation des prix

Période	2025-06	2025-05	2025-04	2025-03	2025-02	2025-01	2024-12	2024-11	2024-10	2024-09
BT49	142,3	141,3	141,2	144,2	144,2	143,6	143,1	142,9	142,5	141,6
2024-08	2024-07	2024-06	2024-05	2024-04	2024-03	2024-02	2024-01	2023-12	2023-11	
143,4	143,1	142,9	142,8	142,7	142,4	142,1	141,9	147,2	143,2	
2023-10	2023-09	2023-08	2023-07	2023-06	2023-05	2023-04	2023-03	2023-02	2023-01	
143,7	145,4	149,8	148,9	145,2	145,0	147,8	145,8	145,7	147,4	

## Caractéristiques des profils

# Tubes et profils creux



## PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

### SECTIONS CARRÉES FORMÉES À FROID

DIAMÈTRE DE FLEXION mm	ÉPAISSEUR mm	MASSE LINÉIQUE kg/m	AIRE DE SECTION TRANSVERSALE cm <sup>2</sup>	MOMENT D'INERTIE DE FLEXION cm <sup>4</sup>	RAYON DE Giration cm	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR mm	ÉPAISSEUR mm	Module de flexion élastique cm <sup>3</sup>	Module de flexion plastique cm <sup>3</sup>	Moment d'inertie de torsion cm <sup>4</sup>	Module de torsion cm <sup>3</sup>	Surface superficielle par m de long. m <sup>2</sup> /m	Longueur nominale par tonne m
<b>60 x 60</b>	<b>4</b>	6,71	8,55	43,55	2,26	<b>60 x 60</b>	<b>4</b>	14,52	17,64	72,64	21,97	0,235	149
	<b>5</b>	8,13	10,36	50,5	2,21		<b>5</b>	16,83	20,88	86,42	25,61	0,235	123
<b>70 x 70</b>	<b>2</b>	4,19	5,34	40,7	2,76	<b>70 x 70</b>	<b>2</b>	11,6	13,5	64	17,5	0,273	239
	<b>3</b>	6,13	7,81	57,52	2,71		<b>3</b>	16,44	19,41	92,42	24,74	0,275	163
<b>70 x 70</b>	<b>4</b>	7,97	10,15	72,12	2,67	<b>70 x 70</b>	<b>4</b>	20,6	24,75	118,52	31,11	0,275	126
	<b>5</b>	9,7	12,36	84,63	2,62		<b>5</b>	24,18	29,55	142,21	36,65	0,275	103
<b>80 x 80</b>	<b>2</b>	4,82	6,14	61,7	3,17	<b>80 x 80</b>	<b>2</b>	15,4	17,8	96,3	23,2	0,313	208
	<b>3</b>	7,07	9,01	87,84	3,12		<b>3</b>	21,96	25,78	139,93	33,02	0,315	141
<b>80 x 80</b>	<b>3,5</b>	8,16	10,4	99,8	3,1	<b>80 x 80</b>	<b>3,5</b>	25	29,5	161	37,6	0,308	123
	<b>4</b>	9,22	11,75	111,04	3,07		<b>4</b>	27,76	33,07	180,44	41,84	0,315	108
<b>80 x 80</b>	<b>5</b>	11,27	14,36	131,44	3,03	<b>80 x 80</b>	<b>5</b>	32,86	39,73	217,83	49,68	0,315	89
	<b>6</b>	13,21	16,83	149,18	2,98		<b>6</b>	37,29	45,78	252,07	56,59	0,315	76
<b>90 x 90</b>	<b>3</b>	8,01	10,21	127,28	3,53	<b>90 x 90</b>	<b>3</b>	28,28	33,04	201,42	42,51	0,355	125
	<b>4</b>	10,48	13,35	161,91	3,48		<b>4</b>	35,98	42,58	260,8	54,17	0,355	95
<b>90 x 90</b>	<b>5</b>	12,84	16,36	192,92	3,43	<b>90 x 90</b>	<b>5</b>	42,87	51,41	316,26	64,7	0,355	78
	<b>6</b>	15,1	19,23	220,47	3,39		<b>6</b>	48,99	59,54	367,76	74,16	0,355	66
<b>100 x 100</b>	<b>3</b>	8,96	11,41	177,04	3,94	<b>100 x 100</b>	<b>3</b>	35,41	41,21	278,68	53,19	0,395	112
	<b>4</b>	11,73	14,95	226,34	3,89		<b>4</b>	45,27	53,3	362,01	68,1	0,395	85
<b>100 x 100</b>	<b>5</b>	14,41	18,36	271,09	3,84	<b>100 x 100</b>	<b>5</b>	54,22	64,59	440,52	81,72	0,395	69
	<b>6</b>	16,98	21,63	311,46	3,79		<b>6</b>	62,29	75,09	514,16	94,12	0,395	59
<b>100 x 100</b>	<b>7</b>	19,1	24,4	337	3,72	<b>100 x 100</b>	<b>7</b>	67,4	82,7	583	105	0,370	52,3
	<b>3</b>	10,84	13,81	312,33	4,76		<b>3</b>	52,06	60,23	487,72	78,15	0,475	92
<b>120 x 120</b>	<b>4</b>	14,25	18,15	402,26	4,71	<b>120 x 120</b>	<b>4</b>	67,04	78,32	636,57	100,75	0,475	70
	<b>5</b>	17,55	22,36	485,45	4,66		<b>5</b>	80,91	95,44	778,5	121,75	0,475	57

## DOCUMENT TECHNIQUE DT-B2

### Eurocode 0 et Eurocode 3 – Résistance des sections et des barres

Le tableau suivant donne un aperçu des combinaisons d'actions à envisager pour un **bâtiment en acier** situé en France métropolitaine dans le cadre restrictif suivant :

- Les vérifications ELU ne concernent que la résistance des éléments structuraux en situation de projet durable (ou transitoire).
- Les vérifications ELS ne concernent que les déformations de la structure sous combinaisons caractéristiques.
- Le bâtiment est soumis aux actions suivantes :
  - Actions permanentes  $G_k$  limitée à une seule valeur notée  $G$  (Gravity load)
  - Actions variables  $Q_k$  limitées aux seules actions :
    - Charges d'exploitation notées  $I$  (Imposed load)
    - Charges climatiques :
      - Actions dues à la neige notées  $S$  (Snow load)
      - Actions dues au vent notées  $W$  (Wind load)
- La seule action accidentelle envisagée est  $S_A$

Remarque :

L'Annexe A1 notifie que selon l'utilisation du bâtiment, sa forme et son emplacement, les combinaisons d'actions peuvent être fondées sur 2 actions variables au plus.

L'Annexe Nationale précise que la prise en compte de plus de 2 actions variables est spécifiée, lorsqu'il y a lieu, pour le projet individuel.

	ELU	ELS	
	Combinaisons fondamentales	Combinaisons accidentelles	
G + 1 action variable	1,35 G + 1,5 I 1,35 G + 1,5 S 1,35 G + 1,5 W G + 1,5 W (si soulèvement)	G + S <sub>A</sub>	G + I G + S G + W
G + 2 actions variables	1,35 G + 1,5 I + 1,5 $\psi_{0S}$ S 1,35 G + 1,5 I + 1,5 $\psi_{0W}$ W 1,35 G + 1,5 S + 1,5 $\psi_{0I}$ I 1,35 G + 1,5 S + 1,5 $\psi_{0W}$ W 1,35 G + 1,5 W + 1,5 $\psi_{0I}$ I 1,35 G + 1,5 W + 1,5 $\psi_{0S}$ S		G + I + $\psi_{0S}$ S G + I + $\psi_{0W}$ W G + S + $\psi_{0I}$ I G + S + $\psi_{0W}$ W G + W + $\psi_{0I}$ I G + W + $\psi_{0S}$ S
G + 3 actions variables (si mentionné dans le projet)	1,35 G + 1,5 I + 1,5 $\psi_{0S}$ S + 1,5 $\psi_{0W}$ W 1,35 G + 1,5 S + 1,5 $\psi_{0I}$ I + 1,5 $\psi_{0W}$ W 1,35 G + 1,5 W + 1,5 $\psi_{0I}$ I + 1,5 $\psi_{0S}$ S	G + S <sub>A</sub> + $\psi_{0I}$ I + $\psi_{0W}$ W	G + I + $\psi_{0S}$ S + $\psi_{0W}$ W G + S + $\psi_{0I}$ I + $\psi_{0W}$ W G + W + $\psi_{0I}$ I + $\psi_{0S}$ S

Avec  $\psi_{0I}$  et  $\psi_{0W}$  dont les valeurs dépendent de la catégorie «d'exploitation», voir tableau A1.1

$\psi_{0S} = 0,7$  si altitude A > 1000 m ;  $\psi_{0S} = 0,5$  si altitude A ≤ 1000 m

$\psi_{0W} = 0,6$  ;  $\psi_{0W} = 0$

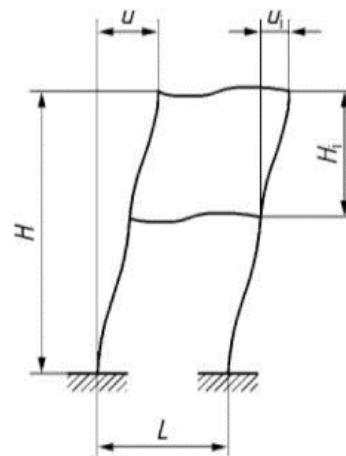
Tableau 2 — Valeurs limites maximales recommandées pour les flèches horizontales

Conditions	Limites (voir Figure 2)
Bâtiments industriels à niveau unique sans pont roulant, avec parois non fragiles <sup>a) c) d)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>— déplacement en tête de poteaux</li> <li>— déplacement différentiel en tête entre 2 portiques consécutifs</li> </ul>	$H / 150$ $L_i / 150$
Eléments supports de bardage métallique (hors encadrements de baies) : <ul style="list-style-type: none"> <li>— lisses</li> <li>— montants (flèche propre)</li> </ul>	$L_i / 150$ $H_i / 150$
Autres bâtiments à niveau unique, sans pont roulant <sup>b) d)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>— déplacement en tête de poteaux</li> <li>— déplacement différentiel en tête entre 2 portiques consécutifs</li> </ul>	$H_i / 250$ $L_i / 200$
Bâtiments industriels à plusieurs niveaux, sans pont roulant, avec parois non fragiles <sup>c) d)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>— entre chaque étage</li> <li>— pour la structure dans son ensemble                     <ul style="list-style-type: none"> <li>si <math>H \leq 20</math> m</li> <li>20 m &lt; <math>H \leq 40</math> m</li> <li>si <math>H &gt; 40</math> m</li> </ul> </li> </ul>	$H_i / 200$ $H / 200$ $H / (100 + 5H)$ $H / 300$
Autres bâtiments à plusieurs niveaux, sans ponts roulants <sup>d)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>— entre chaque étage</li> <li>— pour la structure dans son ensemble                     <ul style="list-style-type: none"> <li>si <math>H \leq 10</math> m</li> <li>si 10 m &lt; <math>H \leq 30</math> m</li> <li>si <math>H &gt; 30</math> m</li> </ul> </li> </ul>	$H_i / 300$ $H / 300$ $H / (200 + 10H)$ $H / 500$
Où $H_i$ est la hauteur du poteau ou de l'étage ou du montant de bardage $H$ est la hauteur totale de la structure $L_i$ est la distance entre deux portiques consécutifs ou la longueur d'une lisse	
Notes :	
a) Bâtiments sans pont roulant : cas des bâtiments avec portiques simples ou à travées multiples, à un niveau, sans exigence particulièrement restrictive en matière de déformation. Pour les portiques avec pont(s) roulant(s), voir la NF EN 1993-6/NA.	
b) Autres bâtiments à niveau unique : ce sont des bâtiments ayant des exigences particulières en matière de déformations (ex. : étanchéité, fragilité des parois, aspect, confort, utilisation). Ils peuvent être simples ou à travées multiples.	
c) On entend par parois fragiles tout système d'enveloppe ou élément de remplissage ayant des exigences plus sévères en termes de déformation ou de compatibilité avec les éléments support.	
d) Dans le cas de parois fragiles, la valeur limite de flèche horizontale peut être supérieure lorsque des dispositions constructives adoptées pour les liaisons des parois à l'ossature le permettent.	

## Clause 7.2.2(1B)

Les valeurs limites recommandées données ci-après sont destinées à être comparées aux résultats des calculs et n'ont pas à être interprétées comme étant des critères de performance. Il convient de leur comparer les valeurs calculées à partir des combinaisons caractéristiques.

Pour les bâtiments, les valeurs limites recommandées des flèches horizontales sont données au Tableau 2.



### Légende

$u$  Déplacement horizontal général sur la hauteur du bâtiment  $H$

$u_i$  Déplacement horizontal sur la hauteur d'un étage  $H_i$

Figure 2 — Définition des déplacements horizontaux

Tableau 3.1 — Valeurs nominales de limite d'élasticité  $f_y$  et de résistance à la traction  $f_u$  pour les aciers de construction laminés à chaud

Norme et nuance d'acier	Épaisseur nominale $t$ de l'élément [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>EN 10025-2</b>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550

Valeurs des coefficients partiels pour le matériau acier de construction :

$$\gamma_{M0} = 1 ; \gamma_{M1} = 1 ; \gamma_{M2} = 1,25.$$

## 6.2 Résistance des sections transversales

### 6.2.1 Généralités

(1)P Dans chaque section transversale, la valeur de calcul d'une sollicitation ne doit pas excéder la résistance de calcul correspondante, et si plusieurs sollicitations agissent simultanément, leurs effets combinés ne doivent pas excéder la résistance pour cette combinaison.

### 6.2.3 Traction

(1)P La valeur de calcul de l'effort de traction  $N_{Ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad \dots (6.5)$$

(2) Pour les sections comportant des trous, il convient de prendre la valeur de calcul  $N_{t,Rd}$  de la résistance à la traction égale à la plus petite des valeurs suivantes :

a) la valeur de calcul de la résistance plastique de la section transversale brute :

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots (6.6)$$

b) la valeur de calcul de la résistance ultime de la section transversale nette au droit des trous de fixation :

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9A_{net}f_u}{\gamma_{M2}} \quad \dots (6.7)$$

(3) Lorsqu'un dimensionnement en capacité est exigé, voir l'EN 1998, il est recommandé que la valeur de calcul  $N_{pl,Rd}$  de la résistance plastique (telle que donnée en 6.2.3(2) a)) soit inférieure à la valeur de calcul  $N_{u,Rd}$  de la résistance ultime de la section nette au droit des trous de fixation (telle que donnée en 6.2.3(2)b)).

(4) Dans les assemblages de catégorie C (voir l'EN 1993-1-8, 3.10.3.1(1)), il convient que la valeur de calcul  $N_{t,Rd}$  de la résistance à la traction de la section nette au droit des trous de fixation telle que définie en 6.2.3(1) soit prise égale à  $N_{net,Rd}$  où :

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net}f_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots (6.8)$$

(5) Pour les cornières assemblées par une seule aile, voir également l'EN 1993-1-8, 3.10.3. Il convient de traiter de façon similaire les autres types de sections assemblées par des parois en console.

### 6.2.4 Compression

(1)P La valeur de calcul de l'effort de compression  $N_{Ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad \dots (6.9)$$

(2) Il convient de déterminer la valeur de calcul  $N_{c,Rd}$  de la résistance de la section transversale à la compression uniforme de la façon suivante :

$$N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{pour les sections transversales de Classe 1, 2 ou 3} \quad \dots (6.10)$$

### 6.3 Résistance des barres aux instabilités

#### 6.3.1 Barres uniformes comprimées

##### 6.3.1.1 Résistance au flambement

(1) Il convient de vérifier une barre comprimée vis-à-vis du flambement de la façon suivante :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \dots (6.46)$$

où :

$N_{Ed}$  est la valeur de calcul de l'effort de compression ;

$N_{b,Rd}$  est la résistance de calcul de la barre comprimée au flambement.

(2) Dans le cas de barres comportant des sections asymétriques de Classe 4, il convient de prendre en compte le moment additionnel  $\Delta M_{Ed}$  provoqué par l'excentrement de l'axe neutre de la section efficace, voir également 6.2.2.5 (4), et de vérifier l'interaction selon 6.3.4 ou 6.3.3.

(3) Il convient de prendre la résistance de calcul d'une barre comprimée au flambement égale à :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma M_1} \quad \text{pour les sections transversales de Classes 1, 2 et 3} \quad \dots (6.47)$$

##### 6.3.1.2 Courbes de flambement

(1) Dans le cas de barres axialement comprimées, il convient de déterminer, pour l'élancement réduit  $\bar{\lambda}$  approprié, la valeur de  $\chi$  à partir de la courbe de flambement concernée, en appliquant :

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{mais } \chi \leq 1,0 \quad \dots (6.49)$$

où :

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad \text{pour les sections transversales de Classes 1, 2 et 3 ;}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad \text{pour les sections transversales de Classe 4 ;}$$

$\alpha$  est un facteur d'imperfection ;

$N_{cr}$  est l'effort normal critique de flambement élastique pour le mode de flambement approprié, basé sur les propriétés de section transversale brute.

(2) Il convient de prendre dans le Tableau 6.1 le facteur d'imperfection  $\alpha$  correspondant à la courbe de flambement appropriée tirée du Tableau 6.2.

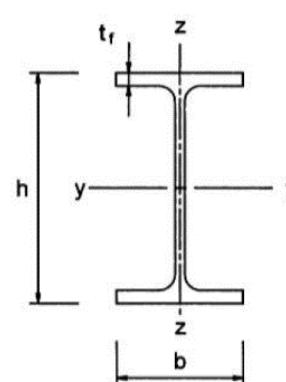
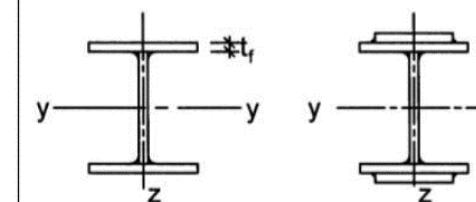
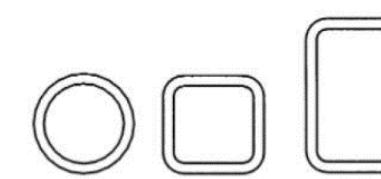
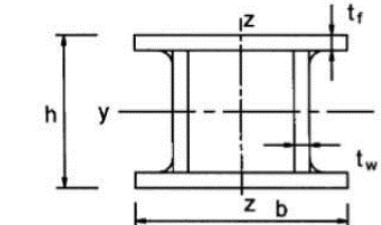
Tableau 6.1 — Facteurs d'imperfection pour les courbes de flambement

Courbe de flambement	$a_0$	$a$	$b$	$c$	$d$
Facteur d'imperfection $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

(3) Les valeurs du coefficient de réduction  $\chi$  pour l'élancement réduit  $\bar{\lambda}$  approprié peuvent être tirées de la Figure 6.4.

(4) Pour un élancement  $\bar{\lambda} \leq 0,2$  ou pour  $\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$ , les effets du flambement peuvent être négligés et seules les vérifications de sections transversales s'appliquent.

Tableau 6.2 — Choix de la courbe de flambement pour une section transversale

Section transversale	Limites	Flambement Selon l'axe	Courbe de flambement	
			S 235	S 460
	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	$y-y$	$a$
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	$y-y$	$a_0$
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	$z-z$	$a$
		$t_f > 100 \text{ mm}$	$y-y$	$a$
	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	$y-y$	$b$	$b$
		$z-z$	$c$	$c$
	$t_f > 40 \text{ mm}$	$y-y$	$c$	$c$
		$z-z$	$d$	$d$
	Finies à chaud	Quelconque	$a$	$a_0$
		Formées à froid	Quelconque	$c$
	En général (sauf comme indiqué ci-dessous)	Quelconque	$b$	$b$
		Soud. épaissees : $a > 0,5 t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Quelconque	$c$
			Quelconque	$c$

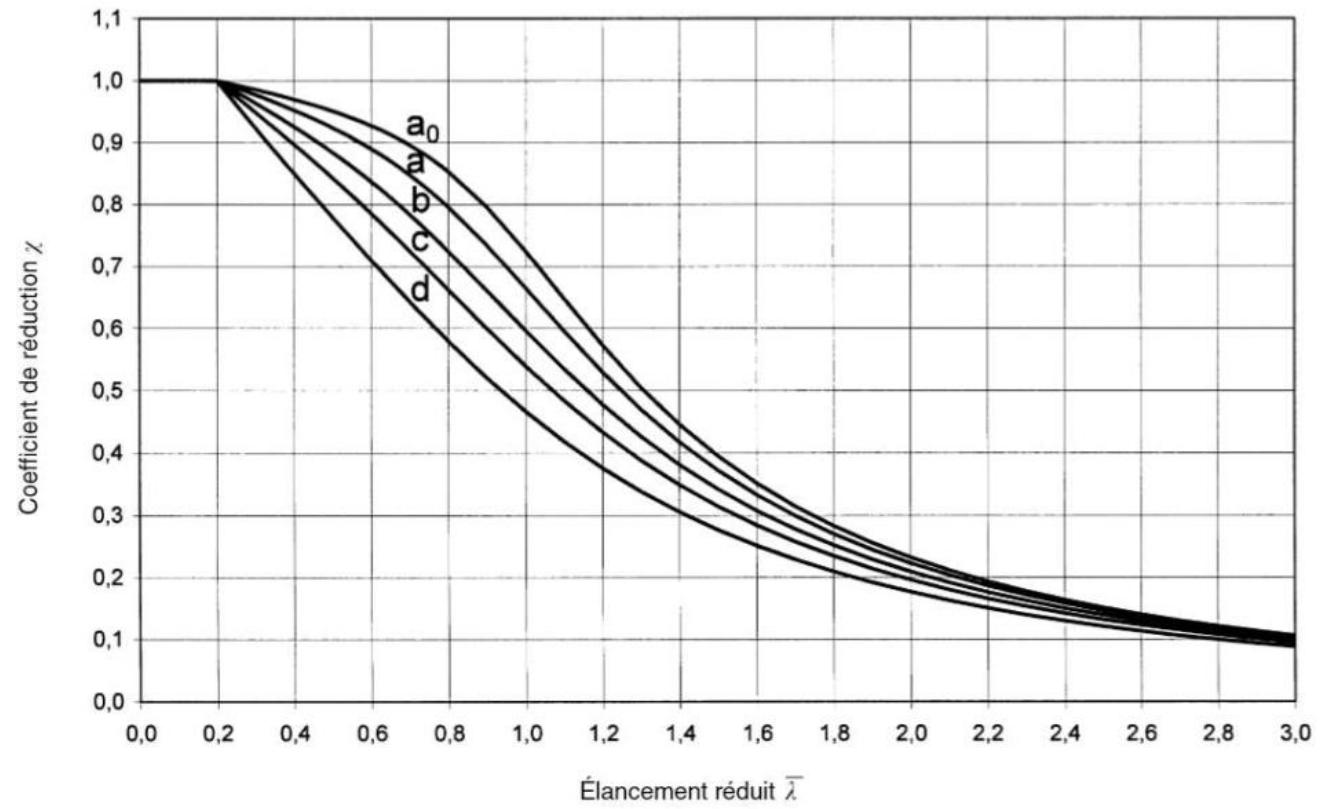


Figure 6.4 — Courbes de flambement

#### 6.3.1.3 Élancement pour le flambement par flexion

(1) L'élancement réduit  $\bar{\lambda}$  est donné par les expressions suivantes :

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad \text{pour les sections transversales de Classes 1, 2 et 3} \quad \dots (6.50)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \sqrt{\frac{A_{eff}}{\lambda_1}} \quad \text{pour les sections transversales de Classe 4} \quad \dots (6.51)$$

où :

$L_{cr}$  est la longueur de flambement dans le plan de flambement considéré ;

$i$  est le rayon de giration par rapport à l'axe approprié, déterminé en utilisant les propriétés de section transversale brute

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ en N/mm}^2)$$

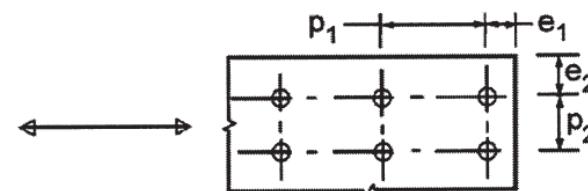
## DOCUMENT TECHNIQUE DT-B3

### Eurocode 3 – Assemblages. NF EN 1993-1-8

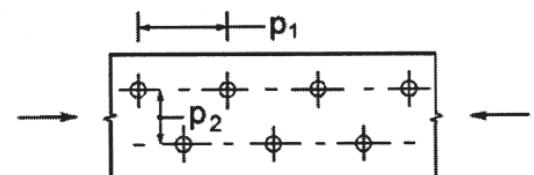
Tableau 3.3 — Pinces longitudinales et transversales, entraxes minimum et maximum

Distances et entraxes voir Figure 3.1	Minimum	Maximum 1) 2) 3)		
		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025 à l'exception des aciers conformes à l'EN 10025-5		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025-5
		Aacier exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Aacier non exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Aacier utilisé sans protection
Pince longitudinale $e_1$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Maximum de $8t$ ou 125 mm
Pince transversale $e_2$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Maximum de $8t$ ou 125 mm
Distance $e_3$ pour les trous oblongs	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Distance $e_4$ pour les trous oblongs	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Entraxe $p_1$	$2,2d_0$	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t_{\min}$ ou 175 mm
Entraxe $p_{1,0}$		Minimum de $14t$ ou 200 mm		
Entraxe $p_{1,i}$		Minimum de $28t$ ou 400 mm		
Entraxe $p_2$ <sup>5)</sup>	$2,4d_0$	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t_{\min}$ ou 175 mm

- Il n'y a pas de valeurs maximales d'entraxe, de pinces longitudinale et transversale, sauf dans les cas suivants :
  - pour les barres comprimées afin d'éviter le vollement local et prévenir la corrosion dans les barres exposées (les valeurs limites sont données dans le Tableau) et ;
  - pour les barres tendues exposées afin de prévenir la corrosion (les valeurs limites sont données dans le Tableau).
- Il convient de calculer la résistance au vollement local de la plaque comprimée entre les fixations conformément à l'EN 1993-1-1 en utilisant  $0,6 p_i$  comme longueur de flambelement. Il est inutile de vérifier le vollement local entre les fixations si  $p_i/t$  est inférieur à 9%. Il convient que la pince transversale n'excède pas les exigences concernant le vollement local pour un élément en console dans les barres comprimées, voir l'EN 1993-1-1. La pince longitudinale n'est pas affectée par cette exigence.
- $t$  est l'épaisseur de la pièce attachée extérieure la plus mince.
- Les limites dimensionnelles des trous oblongs sont données en 1.2, Normes de Référence : Groupe 7.
- Pour les rangées de fixations en quinconce, un écartement minimum entre rangées  $p_2 = 1,2d_0$  peut être utilisé, à condition que la distance minimum,  $L$ , entre deux fixations quelconques soit supérieure ou égale à  $2,4d_0$ , voir Figure 3.1 (b).

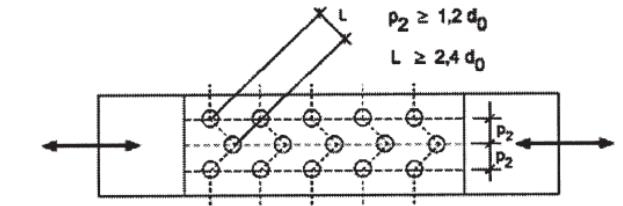


a) Symboles pour les entraxes des fixations



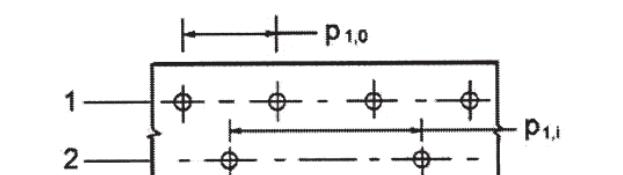
$p_1 \leq 14t$  et  $\leq 200$  mm       $p_2 \leq 14t$  et  $\leq 200$  mm

c) Écartement en quinconce — dans les barres comprimées



Rangées de fixations en quinconce

b) Symboles pour disposition en quinconce



$p_{1,0} \leq 14t$  et  $\leq 200$  mm       $p_{1,i} \leq 28t$  et  $\leq 400$  mm

1 Rangée extérieure      2 Rangée intérieure

d) Écartement en quinconce — dans les barres tendues

### Clause 2.2(2)

Les valeurs à utiliser sont les suivantes :

$$\gamma_{M2} = 1,25 ; \gamma_{M3} = 1,1 ; \gamma_{M3,ser} = 1,25 ; \gamma_{M4} = 1,0 ; \gamma_{M5} = 1,0 ; \gamma_{M6,ser} = 1,0 ; \gamma_{M7} = 1,1 .$$

NOTE Dans l'état actuel de l'EN 1993-1-8:2005 et de son corrigendum AC :2005, le coefficient  $\gamma_{M7}$  n'est pas directement utilisé dans les formules de dimensionnement des assemblages.

**Tableau 3.4 — Résistance de calcul individuelle pour les fixations sollicitées au cisaillement et/ou à la traction**

Mode de ruine	Boulons	Rivets
Résistance au cisaillement par plan de cisaillement	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>lorsque le plan de cisaillement passe par la partie filetée du boulon (<math>A</math> est l'aire de la section résistante en traction du boulon <math>A_s</math>):           <ul style="list-style-type: none"> <li>pour les classes 4.6, 5.6 et 8.8 : <math>\alpha_v = 0,6</math></li> <li>pour les classes 4.8, 5.8, 6.8 et 10.9 : <math>\alpha_v = 0,5</math></li> </ul> </li> <li>lorsque le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon (<math>A</math> est l'aire de la section brute du boulon) : <math>\alpha_v = 0,6</math></li> </ul>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Résistance en pression diamétrale <sup>1), 2), 3)</sup>	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ <p>où <math>\alpha_b</math> est la plus petite des valeurs de <math>\alpha_d</math> ; <math>\frac{f_{ub}}{f_u}</math> ou 1,0 ; dans la direction des efforts :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>pour boulons de rive : <math>\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}</math> ; pour boulons intérieurs <math>\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}</math> perpendiculairement à la direction des efforts :</li> <li>pour boulons de rive : <math>k_1</math> est la plus petite valeur de <math>(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7)</math>, <math>(1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7)</math> et 2,5</li> <li>pour boulons intérieurs : <math>k_1</math> est la plus petite valeur de <math>(1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7)</math> et 2,5</li> </ul>	
Résistance à la traction <sup>2)</sup>	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>où <math>k_2 = 0,63</math> pour un boulon à tête fraisée, sinon <math>k_2 = 0,9</math>.</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Résistance au poinçonnement	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Vérification sans objet
Cisaillement et traction combinés	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$	
<p>1) La résistance en pression diamétrale <math>F_{b,Rd}</math> pour les boulons utilisés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>dans des trous surdimensionnés, est 0,8 fois la résistance en pression diamétrale des boulons utilisés dans des trous normaux.</li> <li>dans des trous oblongs, lorsque l'axe longitudinal du trou oblong est perpendiculaire à la direction des efforts, est 0,6 fois la résistance en pression diamétrale des boulons utilisés dans des trous circulaires normaux.</li> </ul> <p>2) Pour les boulons à tête fraisée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>il convient de calculer la résistance en pression diamétrale <math>F_{b,Rd}</math> avec une épaisseur de plaque <math>t</math> égale à l'épaisseur de la plaque attachée diminuée de la moitié de la profondeur de fraisage.</li> <li>pour la détermination de la résistance à la traction <math>F_{t,Rd}</math> il convient que l'angle et la profondeur de fraisage soient conformes aux dispositions données en 1.2.4, Normes de Référence: Groupe 4, sinon il convient d'adapter la résistance à la traction <math>F_{t,Rd}</math> en conséquence.</li> </ul> <p>3) Lorsque la charge appliquée sur un boulon n'est pas parallèle au bord de la pièce, la résistance en pression diamétrale peut être vérifiée séparément pour les composants de l'effort appliquée au boulon parallèlement et perpendiculairement au bord.</p>		

**Tableau 3.1 — Valeurs nominales de limite d'élasticité  $f_{yb}$  et de résistance ultime à la traction  $f_{ub}$  pour les boulons**

Classe de boulon	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1 000

NOTE L'Annexe Nationale peut exclure certaines classes de boulons.

### 3.10.2 Calcul du cisaillement de bloc

(1) Le cisaillement de bloc consiste en une ruine par cisaillement au niveau de la rangée de boulons le long de la partie cisaillée du contour du groupe de trous, accompagnée d'une rupture par traction le long de la file de trous de boulons sur la partie tendue du contour du groupe de boulons. La Figure 3.8 donne un exemple de cisaillement de bloc.

(2) Pour un groupe de boulons symétrique soumis à un chargement centré, la résistance de calcul au cisaillement de bloc,  $V_{eff,1,Rd}$  est donnée par :

$$V_{eff,1,Rd} = f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) f_y A_{nv} / \gamma_{M0} \quad \dots (3.9)$$

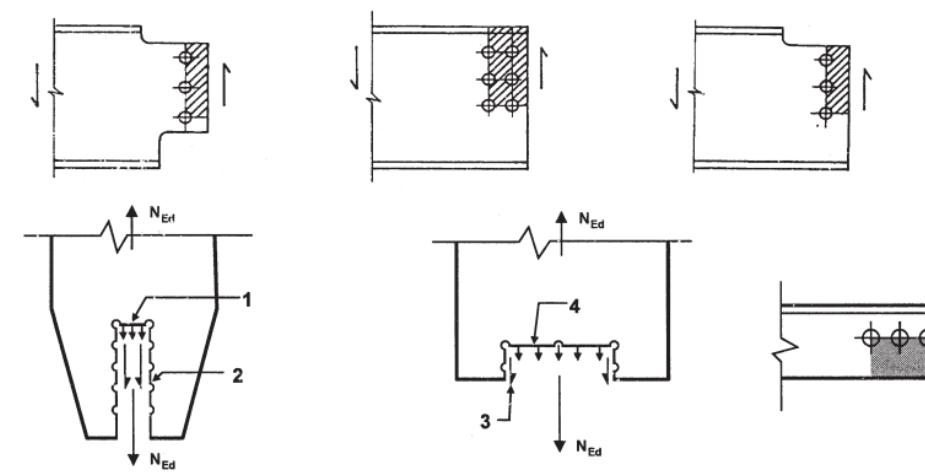
où :

$A_{nt}$  aire nette soumise à la traction ;

$A_{nv}$  aire nette soumise au cisaillement.

(3) Pour un groupe de boulons soumis à un chargement excentré, la résistance de calcul au cisaillement de bloc  $V_{eff,2,Rd}$  est donnée par :

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) f_y A_{nv} / \gamma_{M0} \quad \dots (3.10)$$



#### Légende

- 1 Effort de traction faible
- 2 Effort tranchant fort
- 3 Effort tranchant faible
- 4 Effort de traction fort

**Figure 3.8 — Cisaillement de bloc**

#### Principales caractéristiques géométriques des boulons

Désignations	Caractéristiques géométriques (mm, mm <sup>2</sup> )							
	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
d	10	12	14	16	18	20	22	24
$d_0$ trou normal	11	13	15	18	20	22	24	30
A	78,5	113	154	201	254	314	380	452
$A_s$	58	84,3	115	157	192	245	303	353
Φ rondelle	20	24	27	30	34	37	40	50
$d_m$	17,24	19,39	22,63	25,86	29,09	32,32	36,63	38,79

d diamètre nominal du boulon (celui de la partie non filetée).

$d_0$  diamètre du trou normal

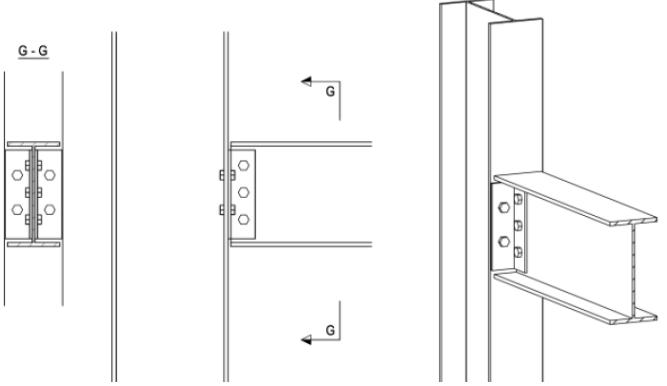
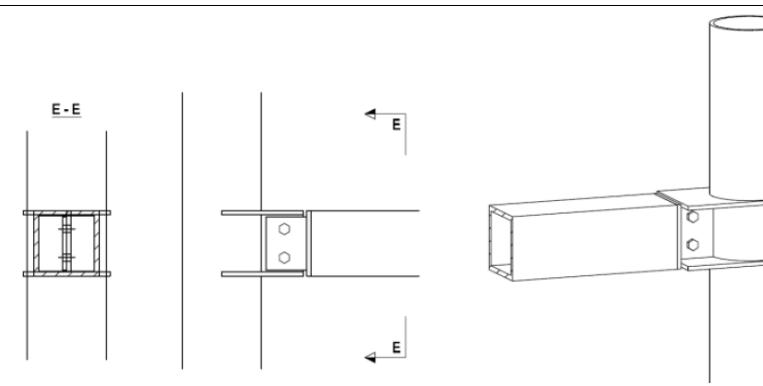
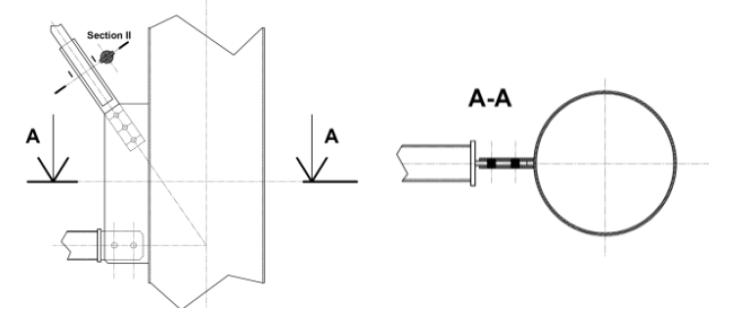
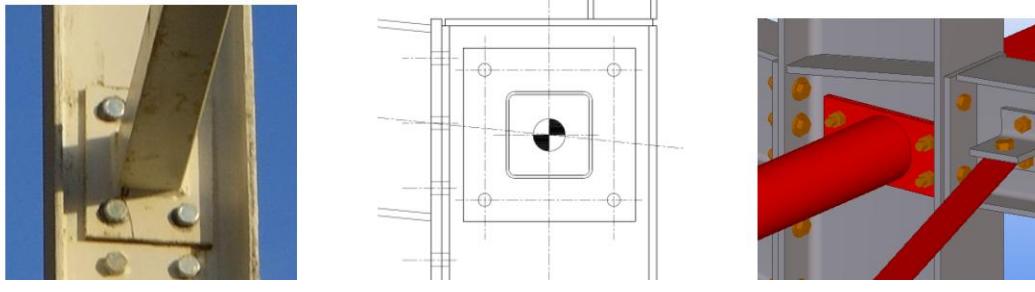
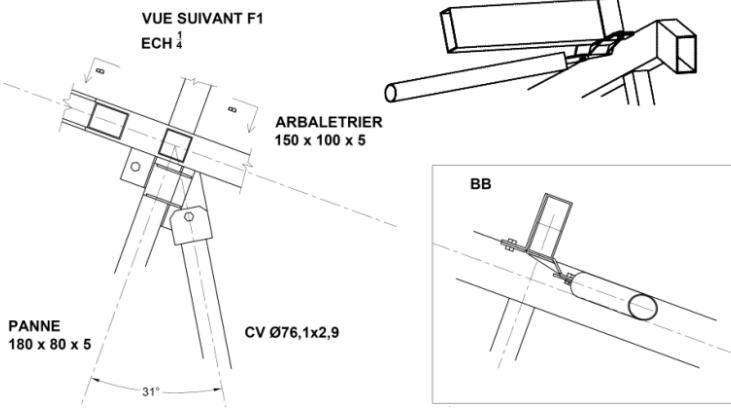
A aire de la section de la tige lisse du boulon

$A_s$  section résistante de la partie filetée

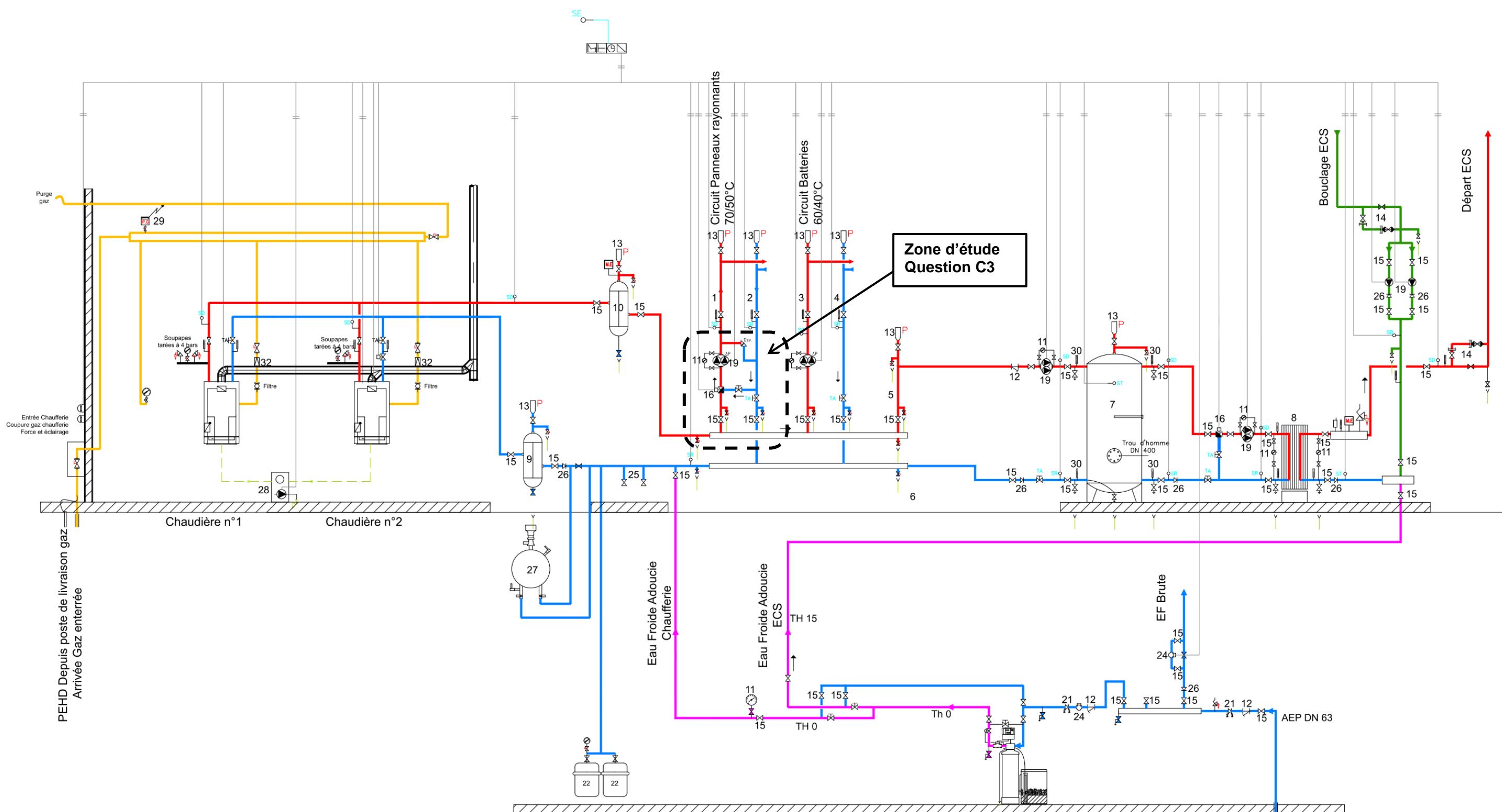
$d_m$  moyenne entre surangle et surplat pour le calcul de  $B_{p,Rd}$  (valeurs pour les boulons HM uniquement).

## Typologie de liaisons en construction métallique- liaisons articulées- non exhaustif.

(Les dimensions constructives doivent respecter les normes et les règles professionnelles en vigueur)

<p><b>IPE-IPE</b> (Prévoir un jeu entre les profils)</p>		<p><b>Bracon en tube sur chape</b> <b>Attaches stabilité en tête de poteau</b></p>	
<p><b>Tube rond-Tube carré.</b></p>		<p><b>Reprise de stabilité sur poteau en tube rond.</b></p>	
<p><b>IPE- Tube (Buton)</b> - tube carré - tube rond</p>		<p><b>Stabilité de versant en tube</b> <b>(Respect du plan des pannes)</b></p>	

Principe de chaufferie



## DOCUMENT TECHNIQUE DT-C2

### Détails sur l'installation du bâtiment

#### Extrait CCTP :

##### 09.06.10 Principe de la production de chaleur

Il est prévu la réalisation d'une production de chaleur centralisée, fonctionnant au gaz naturel et installée dans un local spécifique « Chaufferie » situé au R+1. Chacun des deux générateurs sera capable de couvrir 70 % des besoins d'énergie (Chauffage et ECS seulement)

Le puisage d'EFS est considéré à 10°C. L'eau chaude mitigée consommée est estimée à 40°C.

##### 09.07.05 Capacité sur primaire échangeur

Echangeur à plaques démontables en acier inoxydable 316L et joints nitrile,

- Vanne primaire motorisée,
- 2 circulateurs primaires simples,
- Clapets anti-retours,
- Soupape de sécurité 10 bar,
- Sonde de régulation,
- Coque isolante.
- Puissance appelée estimée : 120 kW
- Température du primaire : 70°C.
- Température de sortie estimée : 65°C
- Température de retour bouclage estimée : 51°C

##### 09.07.05 Capacité sur primaire échangeur

Ballon(s) de stockage 1000 L, Perte de température max en utilisation : 15°C

Le ballon doit pouvoir assurer des pics de production de 10 min.

Le ballon sera remis en température par les chaudières en ½ heure maximum.

#### Équipements de plomberie installer sur le réseau :

Lavabos :	12 unités
Douches :	8 unités
WC :	4 unités

#### Longueur des réseaux ECS estimée

Nom	Type	Diamètre	Longueur totale Estimée	Calorifugeage
Adduction générale ECS	Multicouche	40x1 mm	36 m	Classe 2, lambda à 0,03 W/mK
Branchements bouclage/appareil Visibles	Cuivre	14x1 mm	24 m	Aucun
Branchement bouclage/appareil Cachés	PER	14x1 mm	42 m	Aucun
Retour BECS	Multicouche	40x1 mm	36 m	Classe 2, lambda à 0,03 W/mK

#### Données sur les chaudières gaz proposées (pour une chaudière)

Rendement théorique	109 %
Puissance nominale	95,7 kW
Puissance nominale en condensation	104,5 kW
Débit gaz	9,15 m <sup>3</sup> /h
Irrigation de la chaudière	4,10 m <sup>3</sup> /h
Température de condensation	104 °C
Conductivité thermique tube échangeur	46 w/mK ; diamètre 16/14 ; longueur 1 m
Température du retour	55 °C

#### Données sur les PAC air- eau proposées

Modèle	Puissance nominale (kW)	Température eau sortie (20°C)	Température eau sortie (-10°C)	COP saisonnier
PAC 85 L	83,7			
PAC 110 L	109,4	70°C	49°C	
PAC 120 L	120			4,2

#### Profil de production en fonction de la température extérieure :

Température extérieure (°C)	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
Ratio de Puissance fournis	0%	70%	78%	86%	93%	100%	100%	100%

#### Profil de consommation d'eau chaude présupposé pour le gymnase α<sub>i</sub>

Consommation journalière estimée : 6 000 L/j

#### Consommation énergétique annuelle envisagée selon les situations :

##### Cas 1 = Deux chaudière gaz (basé sur puissance maximum nominale installée)

- Consommation gaz : 140 jours de chauffe, 5h par jour en moyenne
- Consommation gaz : 225 jours de chauffe, 1h par jour en moyenne

##### Cas 2 = Une chaudière gaz et une PAC (basé sur puissance maximum nominale installée)

- Consommation gaz : 50 jours de chauffe, 2h par jour en moyenne
- Consommation électricité : 140 jours de chauffe, 5h par jour en moyenne
- Consommation gaz : 225 jours de chauffe, 1h par jour en moyenne
- Consommation électricité : 315 jours de chauffe, 1h par jour en moyenne

## DOCUMENT TECHNIQUE DT-C3

### Méthodes, Normes et calculs de chaufferie

#### Déperdition thermique dans les tubes isolés

Diamètre extérieur du conduit (sans isolant) (mm)	Classe1				Classe2			
	Coefficient de perte UI (W/m.K)	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m.K)			Coefficient de perte UI (W/m.K)	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m.K)		
		0.03	0.04	0.05	0.06	0.03	0.04	0.05
10	0.25	1	3	6	11	0.23	2	5
20	0.29	5	7	11	16	0.25	7	12
30	0.32	8	12	17	23	0.28	11	17
40	0.35	10	14	20	28	0.3	14	21
60	0.42	12	18	26	37	0.36	17	26
80	0.48	14	22	31	41	0.41	20	29
100	0.55	15	23	32	44	0.46	22	32
200	0.88	19	26	35	56	0.72	27	37
300	1.21	21	29	39	50	0.98	28	39
plan	(1.17)	22	30	37	45	(0.88)	31	41
							51	62

#### Données RE2020 et consommation d'énergie

Coefficient de consommation d'énergie primaire électrique CEP = 2.3

Indicateurs de réchauffement climatique =

- $Ic_{\text{Électricité}} = 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ kg CO}_2 \text{ eq.CO}_2 / \text{kWh}$  en énergie primaire
- $Ic_{\text{Gaz}} = 7,27 \cdot 10^{-1} \text{ kg CO}_2 \text{ eq.CO}_2 / \text{kWh}$  en énergie primaire

#### Éléments pour les calculs de Génération ECS

##### Débits normalisés

Appareils	Débit (l/s)
Lavabos	0,2
Douches	0,2
WC	0,12
Lave main	0,1

##### Coefficient de simultanéité

$$y = \frac{1}{\sqrt{Nb \text{ appareil}-1}}$$

##### Puissance instantanée requise pour les appareils :

$$P_{\text{appareils}} = \text{Débit}_{\text{probable}} \cdot C_m \cdot (\theta_{\text{EC}} - \theta_{\text{Ef}})$$

Avec  $\theta_{\text{EC}}$ , température de l'eau chaude consommée, et  $\theta_{\text{Ef}}$ , température de l'eau froide puisée

$C_m$ , capacité massique de l'eau =  $4,185 \text{ J/kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

##### Volume de ballon requis :

$$\text{Volume} = \frac{\text{Puissance}_{\text{requise}} \cdot \text{Durée}_{\text{Consommation}}}{C_m \cdot \Delta\theta}$$

Avec,  $\Delta\theta$ , Variation de température pendant la durée d'utilisation.

##### Calcul de la puissance du réchauffeur

$$P_{\text{réchauffeur}} = \frac{\rho \cdot V_{\text{ballon}} \cdot \Delta\theta}{0,9 \cdot \text{Durée}_{\text{chauffe}}}$$

Avec,  $\Delta\theta$ , Variation de température pendant la durée de réchauffage du ballon.

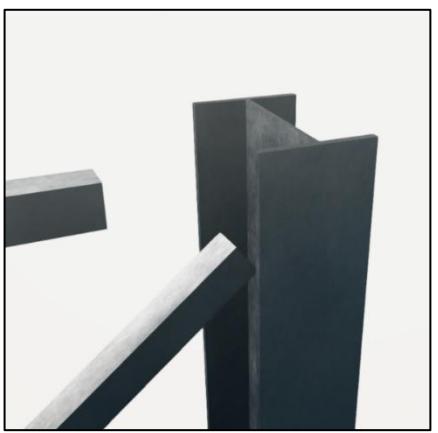
## DOCUMENT RÉPONSE DR-A1 (Question A4)

## Pressions saturantes aux interfaces des matériaux

Qt : Quantité, PU : Prix unitaire, MTX : déboursé matériel, MAT : Déboursé matériel,  
MOE : déboursé main d'œuvre, DS : déboursé sec

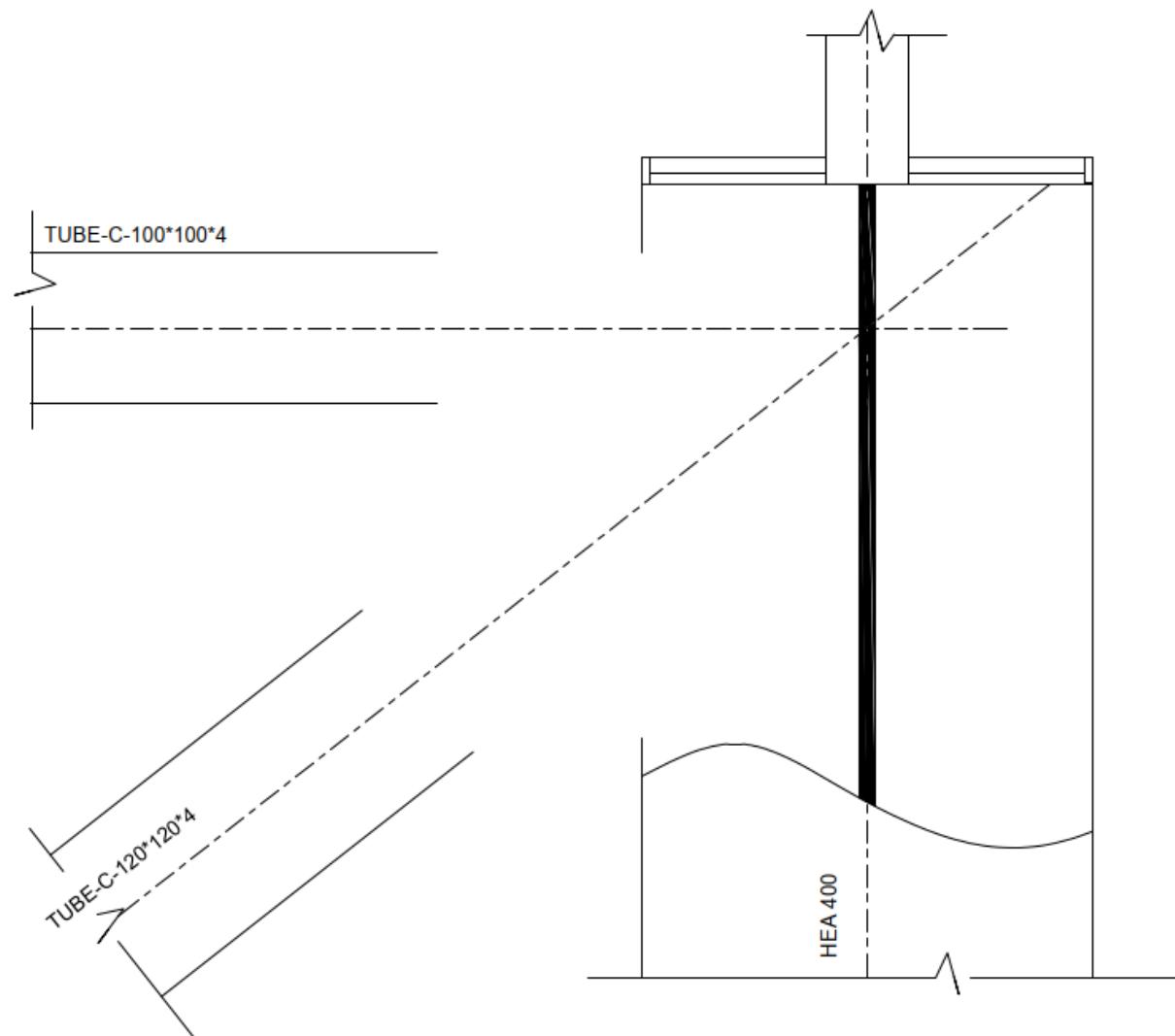
Total DS:

Liaison Contreventement Poteau

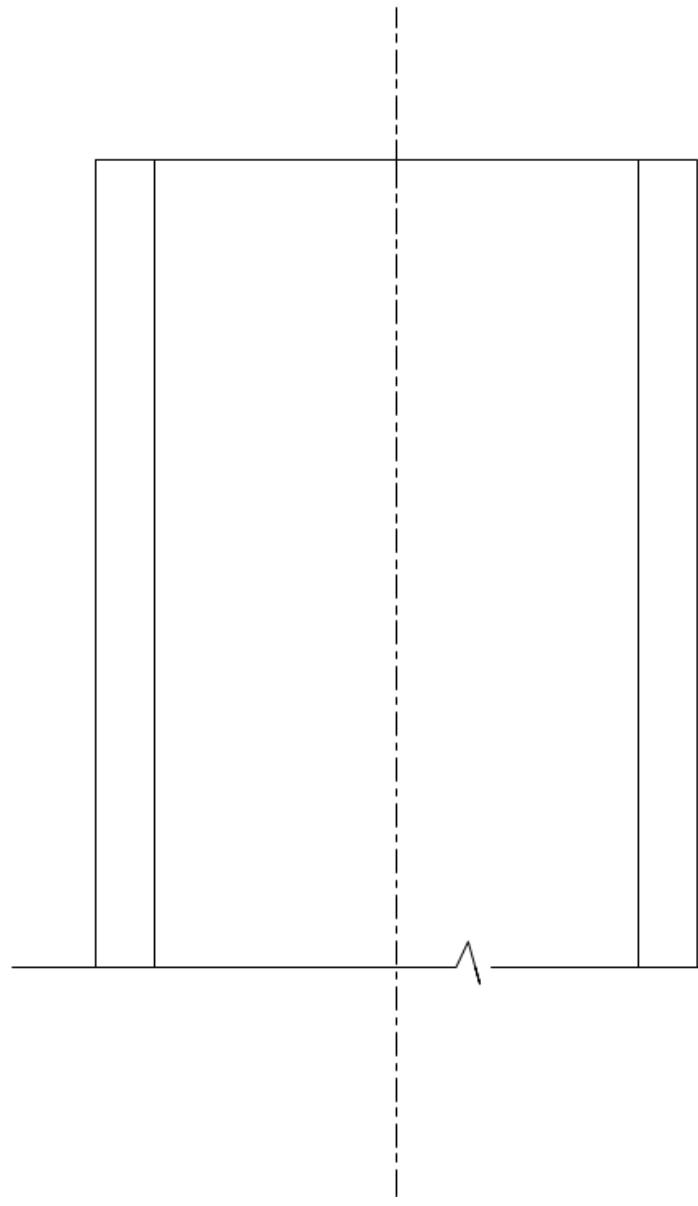


Échelle 1:5

FILE 4

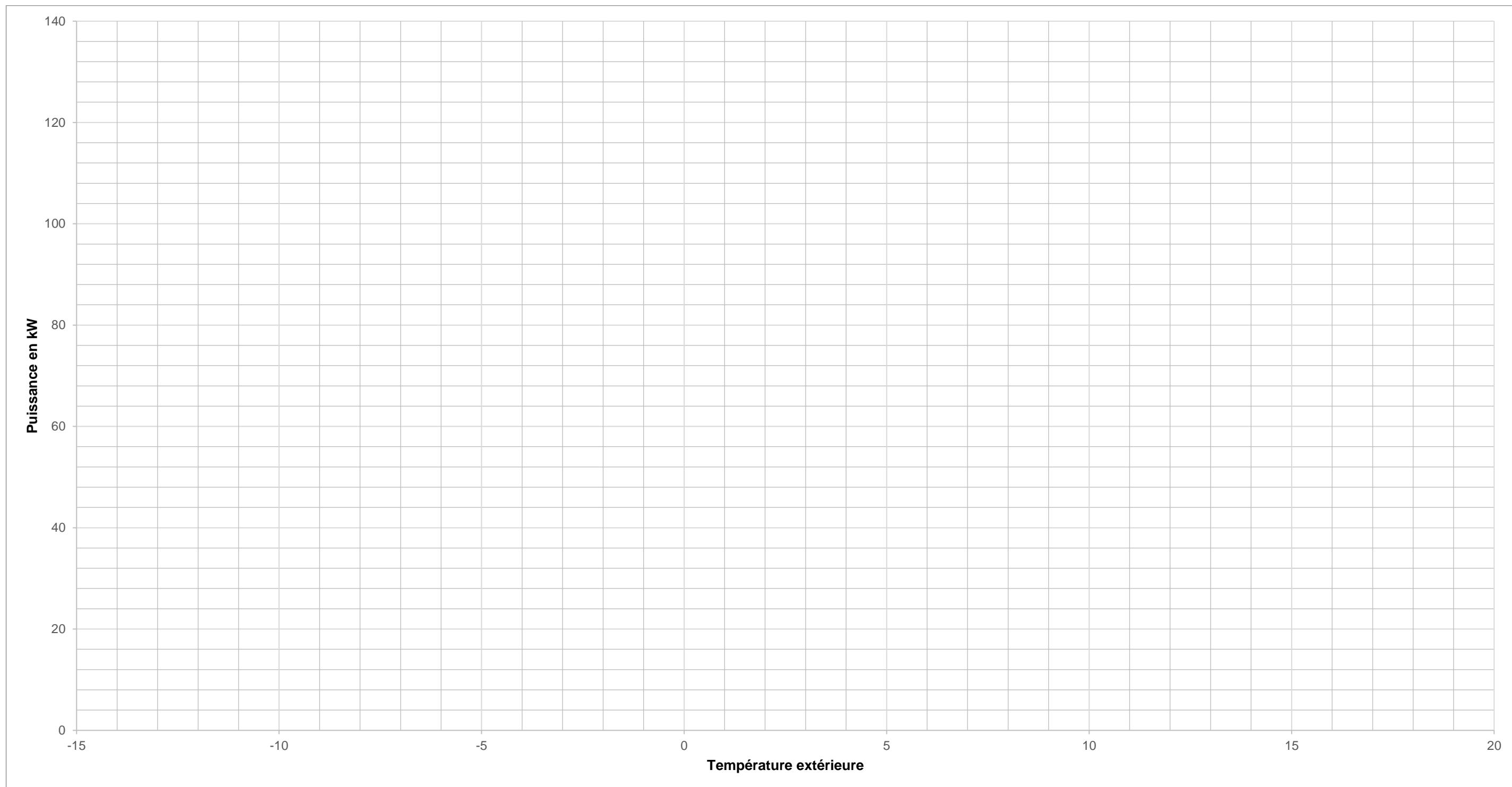


FILE G



## DOCUMENT RÉPONSE DR-C1 (Question C8)

### Études graphiques de la chaufferie – Dimensionnement de la PAC



## 2) Attendus de l'épreuve (éléments de corrigé)

### Conseils aux candidats

Il est demandé aux candidats :

- de rédiger les réponses aux différents exercices sur des feuilles de copie séparées et clairement repérées ;
- de numérotter chaque feuille de copie et indiquer le numéro de la question traitée ;
- de rendre tous les documents réponses, même non complétés ;
- d'utiliser exclusivement les notations indiquées dans le sujet lors de la rédaction des réponses ;
- de justifier clairement les réponses ;
- d'encadrer ou souligner les résultats ;
- de présenter lisiblement les applications numériques, sans omettre les unités, après avoir explicité les expressions littérales des calculs ;
- de formuler les hypothèses nécessaires à la résolution des problèmes posés si celles-ci ne sont pas indiquées dans le sujet.

### Correction Partie A

#### Question A1

La RE2020 s'inscrit dans les axes du développement durable. L'objectif est de créer des bâtiments consommant peu d'énergie pour le chauffage, avec un confort d'été suffisant et ayant un impact environnemental moindre.

L'indicateur environnemental étudié dans la RE2020 est le celui du changement climatique. Exprimé en kg eq CO<sub>2</sub> ramener au m<sup>2</sup> de construction.

Le bardage est relié aux enjeux de la RE2020 par les critères de performances suivants :

- Le bilan carbone de l'ouvrage avec la mesure Ic<sub>construction</sub>
- Le bilan thermique du bâtiment par la mesure Cep et Bbio

#### Question A2

Le projet prévoit des bardages de plusieurs types :

- bardage métallique,
- bardage métallique lisse,
- polycarbonate,
- equiton.

#### Question A3

L'ACERMI donne une garantie quant à la qualité et aux performances des produit d'isolation. Sans ce label les valeurs d'isolation ne sont pas garanties en France.

$$R_{Moe} = 8,02 \cdot K \cdot W^{-1}$$

$$R_{isolants} = 3,75 + 4,1 = 7,85 \text{ m}^2 \cdot K \cdot W^{-1}$$

La valeur est plus faible, mais nous n'avons pas pris en compte les Rsi et Rse.

**Question A4**

Le déboursé sec de 1 m<sup>2</sup> de bardage est établi grâce au tableau infra. Le pris de vente HT est donc de  $266,08\text{€} \times 1,3863 = 368,86\text{€}$

Désignation	Qt	Unité	Pertes	Qt + pertes	PU	MTX	MAT	MOE
Plateaux Hacierba	2,50	m/m <sup>2</sup>	10%	2,75	11,43 €	31,43 €		
Panneaux Eclectic	1,11	m/m <sup>2</sup>	10%	1,22	18,79 €	22,97 €		
Isobardage	1,31	u/m <sup>2</sup>	15%	1,50	74,76 €	112,38 €		
Cladipan	1,31	u/m <sup>2</sup>	15%	1,50	27,15 €	40,81 €		
Ecarteur Z	1	m/m <sup>2</sup>	5%	1,05	14,08 €	14,79 €		
Vis plateau / poteau	0,57	u/m <sup>2</sup>	10%	0,6	0,76 €	0,48 €		
Vis plateau / écarteur	2,5	u/m <sup>2</sup>	10%	2,75	0,64 €	1,76 €		
Vis 2e peau	10	u/m <sup>2</sup>	10%	11	0,76 €	8,36 €		
Pare pluie	1,00	1m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	15%	0,15	5,11 €	0,66 €		
Location nacelle	0,018	J/m <sup>2</sup>	0%	0,018	211,60 €		3,84 €	
Pose isolant	0,20	h/m <sup>2</sup>	0%	0,20	31,59 €			6,32 €
Pose plateaux	0,40	h/m <sup>2</sup>	0%	0,40	31,59 €			12,64 €
Pose 2e peau	0,32	h/m <sup>2</sup>	0%	0,32	31,59 €			10,11 €
						233,65 €	3,84 €	29,24 €
								<b>Total DS: 266,08 €</b>

**Question A5**

Route Catégorie 1, 300 m de distance :  $D_{nT,A,tr} = 32 \text{ dB}$

Correction d'angle : -1 dB, façade non protégée -0 dB :  $D_{nT,A,tr} = 31 \text{ dB}$

Le CCTP propose 31 dB minimum, la valeur fournie au CCTP est cohérente

**Question A6**

Pour atteindre  $R_w + Ctr = 31 \text{ dB}$ , la puissance X1 acoustique transmise équivalente est de 210 997 mW pour l'intégralité du complexe de bardage. En calculant les puissances transmises pour chaque élément dont on connaît le  $R_w + Ctr$  on obtient les valeurs suivantes :

	<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rw+Ctr (dB)</b>	<b>X1 (mW)</b>
Bardage Polycarbonate	105,86	31	84 087,59
Paroi verre Emalit	59,92	29	75 434,81
Bardage Equiton	78,27	33	39 227,92

Le bardage métallique peut donc transmettre :

$$X1 = 210 997 - 84 087 - 75 434 - 39 228 = 12 247 \text{ mW}$$

On en déduit donc un  $R_w + Ctr = 32 \text{ dB}$ .

**Question A7**

Épaisseur pour résistance thermique équivalente : 20 cm

**Question A8**

$$PVHT = PV \cdot \frac{BT_{2025-03}}{BT_{2023-10}} = 202,51 \cdot \frac{144,2}{143,7} = 203,21\text{€}$$

**Question A9**

	<b>Double peau</b>	<b>Sandwich Permisol</b>
<b>Épaisseur</b>	ep = 25 cm	ep = 20 cm
<b>Thermique</b>	$R = 7,85 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	$R = 8,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
<b>Acoustique</b>	$R_w+C_{tr} = 32 \text{ dB}$	$R_w+C_{tr} = 22 \text{ dB}$
<b>Coût</b>	DS = 273,50 €	DS = 203,21 €

Le prix et la thermique sont de bons points pour le panneau sandwich. Néanmoins, l'acoustique des panneaux est insuffisante pour remplir le critère visé par le projet. Un autre problème rencontré est la présence de plusieurs types de bardage sur le projet. Une trop grande variation d'épaisseur de bardage (20 contre 25 cm) pourrait entraîner des difficultés techniques pour garantir la bonne étanchéité de la façade.

## Correction Partie B

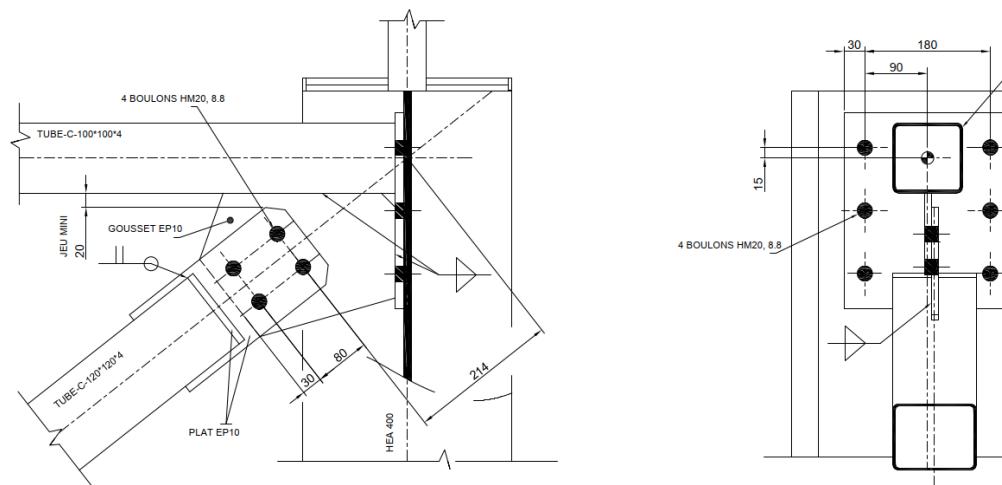
<b>Question B1</b>	L'axe en question est la diminution d'impact sur le climat dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique, l'indicateur en question est l'impact carbone composant Ic. Il représente l'équivalent des émissions de gaz à effet de serre nécessaires tout au long du cycle de vie d'un composant en kg de CO <sub>2</sub> .									
<b>Question B2</b>	Dans ce cas, les tubes sont issus du réemploi, ce qui permet d'associer le projet à une démarche d'économie circulaire. La RE2020 permet de considérer comme nul l'impact de ces composants, soit Ic = 0 sur l'ensemble de leur cycle de vie.									
<b>Question B3</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"></th><th style="text-align: center;"><b>Avantages</b></th><th style="text-align: center;"><b>Inconvénients</b></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Tube</b></td><td>Travaille en traction et compression- propriétés de stabilité avantageuse.</td><td>Profilé plus cher au poids. Protection des surfaces intérieures plus délicate. Liaisons plus complexes.</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Cornière</b></td><td>Economiquement avantageux. Boulonnage sur aile possible.</td><td>Travaille plutôt en traction- nécessite un montage en croix.</td></tr> </tbody> </table>		<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	<b>Tube</b>	Travaille en traction et compression- propriétés de stabilité avantageuse.	Profilé plus cher au poids. Protection des surfaces intérieures plus délicate. Liaisons plus complexes.	<b>Cornière</b>	Economiquement avantageux. Boulonnage sur aile possible.	Travaille plutôt en traction- nécessite un montage en croix.
	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>								
<b>Tube</b>	Travaille en traction et compression- propriétés de stabilité avantageuse.	Profilé plus cher au poids. Protection des surfaces intérieures plus délicate. Liaisons plus complexes.								
<b>Cornière</b>	Economiquement avantageux. Boulonnage sur aile possible.	Travaille plutôt en traction- nécessite un montage en croix.								
<b>Question B4</b>	Vérification en section brute en compression. Vérification de la barre en instabilité au flambement.									
<b>Question B5</b>	La liaison à réaliser est une articulation, selon les solutions constructives, il faudra vérifier : <ul style="list-style-type: none"> <li>- la section nette des différents éléments,</li> <li>- la résistance des sections en configurations d'arrachement de blocs,</li> <li>- les éléments de fixations (boulons) au cisaillement et en traction éventuellement,</li> <li>- la résistance en pression superficielle des éléments supports,</li> <li>- la résistance des soudures.</li> </ul>									
<b>Question B6</b>	<p>Résistance de section :</p> <p>Section du tube S235JRH : 120×4  <math>A = 18,25 \text{ cm}^2</math>  <math>iy = iz = 4,71 \text{ cm}</math>  <math>ly = lz = 402,26 \text{ cm}^4</math>  <math>\gamma_{M0} = 1</math>  <math>f_y = 235 \text{ MPa}</math>  <math>N_{C,Rd} = 426,5 \text{ kN}</math></p> <p>Taux de travail <math>N_{ED}/N_{C,Rd} = 22\% &lt; 100\%</math>, le tube est vérifié en résistance</p> <p>Résistance en instabilité au flambement :</p> <p>Longueur critique <math>L_{CR} = 6,43 \text{ m}</math> ; <math>l_1 = 93,9</math>      Courbe de flambement c      Facteur d'imperfection <math>\alpha = 0,49</math>  <math>\Phi = 1,87</math>  <math>X = 0,33</math></p>									

$$N_{b,Rd} = 140,6 \text{ kN}$$

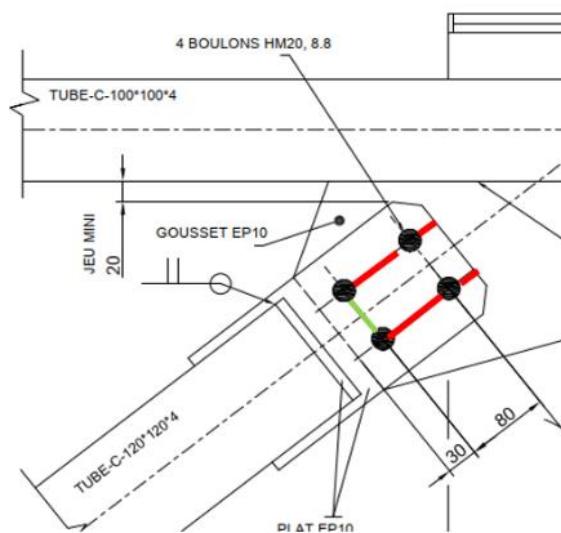
Taux de travail  $N_{ED}/N_{b,Rd} = 65,4\% < 100\%$ , le tube est vérifié au flambement.

Le tube 120×4 est donc vérifié.

### Question B7



### Question B8



Cisaillement de bloc : l'élément critique pour le cisaillement de bloc est ici le plat.

En rouge, la section cisaillée  $A_{nv} = 1540 \text{ mm}^2$

En vert, la section tendue  $A_{nt} = 820 \text{ mm}^2$

À l'aide du DT-B3, on applique :  $V_{eff,1,Rd} = f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) f_y A_{nv} / \gamma_{M0}$

Avec :

- $f_u = 430 \text{ MPa}$
- $f_y = 275 \text{ MPa}$
- $\gamma_{M0} = 1$
- $\gamma_{M2} = 1,25$
- $V_{eff,1,Rd} = 526,6 \text{ kN}$

Ici  $V_{ED} = 92 \text{ kN}$  donc  $V_{ED}/V_{eff,Rd} = 17\%$

Pression diamétrale :

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{ub}/f_u = 1,86$$

$$\text{rive : } e_1/3d_0 = 0,45 \Rightarrow \alpha_b = 0,45$$

$$\text{intérieurs : } p_1/(3 \cdot d_0) - 1/4 = 0,96 \Rightarrow \alpha_b = 0,96$$

rive :

$$2,8 \cdot e_1/d_0 - 1,8 = 2,12$$

$$1,4 \cdot p_2/d_0 - 1,7 = 3,39$$

$$\Rightarrow k_1 = 2,12$$

Intérieurs :

$$1,4 \cdot p_2/d_0 - 1,7 = 3,39$$

$$2,5$$

$$\Rightarrow k_1 = 2,5$$

$F_{b,Rd}$  est minimal pour les boulons de rive dans les deux sens.

$$F_{b,Rd} = 65,64 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 23 \text{ kN}$$

$$\text{Donc } F_{Ed}/F_{b,Rd} = 35\%, \text{ la liaison travaille donc à } 35\%$$

Il est possible de diminuer la taille ou le nombre de boulons et de diminuer l'épaisseur des plats pour avoir une solution plus optimale économiquement et environnementalement.

## Correction Partie C

<b>Question C1</b>	<p>Le bouclage permet de faire circuler de l'eau chaude en permanence. L'eau chaude arrive immédiatement au puisage. Pour les ERP, surtout à public fragile, cela permet une protection contre la légionellose</p> <p>L'inconvénient de ce système est l'augmentation des pertes de chaleur sur le réseau car la température constamment élevée du réseau, couplée à la circulation du fluide, favorisera les déperditions.</p> <p>L'adoucisseur a pour but de diminuer la quantité de calcaire dans le réseau. Il y aura donc moins de lit possible pour la légionellose et cela offrira une protection des équipements du réseau (ballon et échangeur particulièrement sensibles).</p>
<b>Question C2</b>	<p>La batterie chaude est intégrée au système de VMC double flux. Elle permet de préchauffer l'air injecté dans le gymnase. Elle permet un accès plus rapide à un confort satisfaisant.</p>
<b>Question C3</b>	<p>Il s'agit du système bouclage avec vanne trois voies en tête de l'installation de chauffages rayonnants. Elle va permettre de réguler le chauffage en modulant la température d'eau chaude envoyée aux radiateurs par la réinjection plus ou moins importante du fluide de retour de chauffage.</p>
<b>Question C4</b>	<p>Température moyenne du réseau : <math>\frac{65+51}{2} = 58^\circ\text{C}</math></p> $P_{\text{sup}} = \text{longueur} \cdot \text{déperdition} \cdot \Delta\theta = 72 \cdot (58 - 16) \cdot 0,3 = 907,2 \text{ W}$
<b>Question C5</b>	<p>Il s'agit d'un système en production d'ECS instantané avec un stockage au primaire. Il combine un échangeur à plaque avec un ballon comme source chaude. Le ballon de fluide primaire est maintenu en température par les chaudières.</p> <p><u>Débit cumulé :</u></p> $\text{Débit}_{\text{Base}} = 0,2 \cdot 8 + 0,2 \cdot 12 = 4 \text{ l/s}$ $y = \frac{1}{\sqrt{\text{Nb appareil}-1}} = \frac{1}{\sqrt{20-1}} = 0,23 \text{ et } \text{Débit}_{\text{probable}} = 4 \cdot 0,23 = 0,92 \text{ l/s}$ <p><u>Puissance requise :</u></p> $P_{\text{appareils}} = \text{Débit}_{\text{probable}} \cdot C_m \cdot (\theta_{\text{EC}} - \theta_{\text{Ef}}) = 0,92 \cdot 4,185 \cdot (40-10) = 115,4 \text{ kW}$ $P_{\text{tot}} = P_{\text{appareils}} + P_{\text{sup}} = 116,3 \text{ kW}$ <p>La puissance proposée pour l'échangeur est adéquate (120 kW)</p> <p><u>Volume du ballon :</u></p> $\text{Volume} = \frac{\text{Puissance}_{\text{requise}} \cdot \text{Durée}_{\text{Consommation}}}{C_m \cdot \Delta\theta} = \frac{116,3 \cdot 10 \cdot 60}{4,185 \cdot 15} = 1112,9 \text{ l}$

Un ballon de taille plus importante sera nécessaire.

**Question C6** Un appoint en eau chaude solaire pourrait être envisageable, plus particulièrement car la consommation d'eau chaude sanitaire se fait en journée. Remplacer les chaudières gaz par d'autres systèmes (PAC, bois énergie) pourrait présenter un avantage du point de vue bilan carbone.

**Question C7** Selon le CCTP, chaque chaudière doit couvrir 70% des besoins maximum.

Puissance réchauffage

$$P_{\text{réchauffeur}} = \frac{\rho \cdot V_{\text{ballon}} \cdot C_m \cdot \Delta\theta}{0,9 \cdot \text{Durée}_{\text{chauffe}}} = \frac{1 \cdot 1112,9 \cdot 4,145 \cdot 15}{0,9 \cdot 30 \cdot 60} = 42,7 \text{ kW}$$

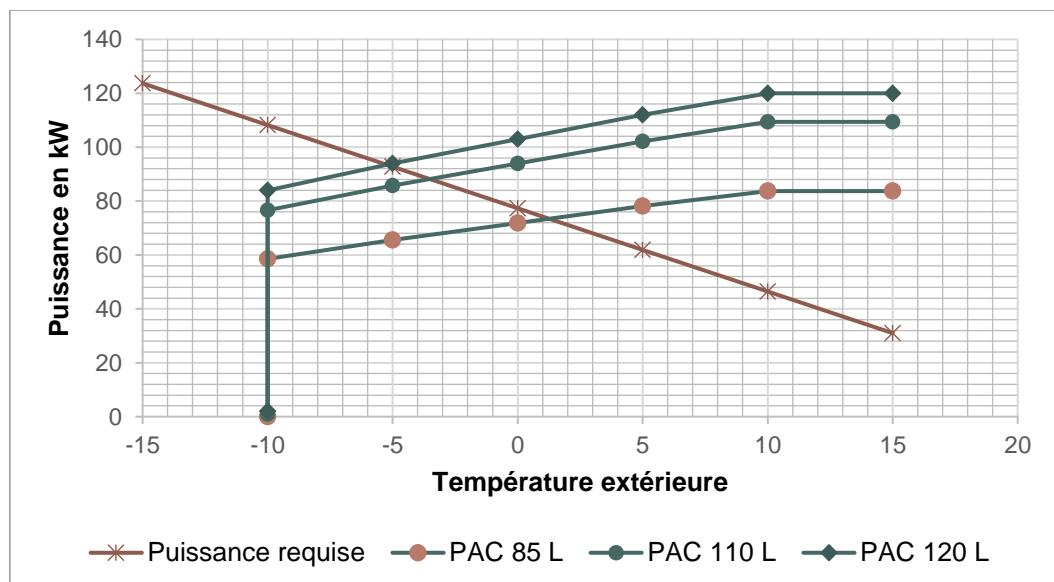
Puissance nécessaire

$$92,7 + 42,7 = 135,4 \text{ kW}$$

$$0,7 \cdot 135,4 = 94,8 \text{ kW}$$

Les Vanfree 100 ont une puissance nominale en condensation de 104,5 kW, elles couvrent donc le besoin.

**Question C8**



Il faut une PAC 110 L pour un déclenchement du complément à la température de -3°C. Il est d'usage de garder une chaudière gaz car la PAC ne fonctionne plus sous certaine température. La chaudière gaz permet de limiter les défauts de chauffage. Elle est aussi utile en cas de panne car elle peut prendre le relais. Les PAC produisent en revanche une eau à plus faible température que les chaudières à combustion. Il sera donc bon de vérifier la compatibilité du système ECS/Chauffage avec ce nouvel équipement.

**Question C9**

	Type	COP	Jour	Temps	Puissance	Consommation	lc	En. Primaire
<b>Cas 1</b>	(-)	(-)	(j)	(h)	(kW)	(kWh)	(Kg eq CO <sub>2</sub> )	(kWh)
	gaz	1	140	5	95,7	66 990	48 702	66 990
	gaz	1	225	1	95,7	21 532,5	15 654	21 533
	<b>Total</b>						<b>64 356</b>	<b>88 523</b>
<b>Cas 2</b>	gaz	1	50	5	95,7	23 925	17 393	23 925
	Électricité	1	140	5	109, 4	18 233	1 440	41 937
	gaz	1	225	1	95,7	21 533	15 654	21 533
	Électricité	1	315	1	109, 4	8 205	648	18 872
	<b>Total</b>						<b>35 136</b>	<b>106 266</b>

D'un point de vue environnemental, l'utilisation d'une PAC est plus intéressante, même si dans l'ensemble elle consommera plus d'énergie primaire car elle consomme de l'électricité. La maîtrise d'œuvre devrait probablement se diriger vers le cas 2, mais cela impliquera des modifications sur le projet.

### 3) Extrait de l'arrêté du 17 avril 2025

Extrait de l'annexe de l'arrêté du 17 avril 2025 fixant les modalités d'organisation du concours externe du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique, publié au Journal Officiel du 19 avril 2025

#### A. - Epreuves d'admissibilité

2° Seconde épreuve d'admissibilité.

L'épreuve consiste en une résolution de problème.

L'épreuve vise à apprécier la capacité du candidat, à partir de l'exploitation de ressources et documents techniques, à résoudre un problème technique posé et à établir des éléments de conception préliminaire.

Durée : quatre heures.

Coefficient 2.

L'épreuve est notée sur 20. Une note globale égale ou inférieure à 5 est éliminatoire.