

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
ENVELOPPE DES BÂTIMENTS : CONCEPTION ET  
RÉALISATION

ÉTUDE D'UN PROJET D'ENVELOPPE EN PHASE DE  
CONSULTATION

U41- Analyse des enveloppes

SESSION 2025

**Durée : 4 heures**  
**Coefficient : 3**

**Matériel autorisé :**

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

**Documents à rendre avec la copie :**

- DR01.....page 20/22
- DR02.....page 21/22
- DR03.....page 20/22
- DR04.....page 22/22

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 22 pages, numérotées de 1/22 à 22/22.

BTS ENVELOPPE DES BÂTIMENTS : CONCEPTION ET RÉALISATION		Session 2025
U41 – Analyse des enveloppes	25EB41ANE1	Page 1 sur 22

SOMMAIRE

Présentation du projet..... page 2

Compétences évaluées..... page 2

**SUJET** ..... pages 3 à 5

Questionnaire partie 1..... page 3

Questionnaire partie 2..... page 4

Questionnaire partie 3..... page 5

**DOSSIER TECHNIQUE** ..... pages 6 à 19

DT01 – Plan de Masse et Toiture ..... page 6

DT02 – Plan RdC..... page 6

DT03 – Façades ..... page 7

DT04 – Coupes longitudinale et transversale ..... page 8

DT05 – Détails Verrière et Acrotère ..... page 9

DT06 – Extraits CCTP étanchéité ..... page 9

DT07 – Extraits Fiche 45 C du SNFA ..... page 10

DT08 – Extraits Fiche 56 du SNFA ..... page 10

DT09 – Extraits gamme de profilés INSTALLUX UNIVERS 54..... pages 10 et 11

DT10 – Extraits documentation technique du bardage en lame CLADEO..... page 12

DT11 – Extraits Eurocode 1 : action de la neige sur les toitures..... page 13

DT12 – Extraits documentation technique Hacierco 4-258-34..... page 14

DT13 – Classement F.I.T ..... page 14

DT14 – Extraits DTU 43.3..... pages 15 et 16

DT15 – Durée de réverbération ..... page 17

DT16 – Extraits DTU 43.3 et documentation technique support d’étanchéité perforé... page 17

DT17 – Extraits DTU 39 – P4..... pages 18 et 19

**DOSSIER RÉPONSE** ..... pages 20 à 22

DR01 – Plan du mur rideau façade Est..... page 20

DR02 – Coupe horizontale de la liaison mur rideau - bardage..... page 21

DR03 – Graphe de charges de neige ..... page 20

DR04 – Complexe d’étanchéité ..... page 22

Présentation du projet support de l’épreuve

L’étude porte sur un bâtiment à usage commercial (type restauration). Il se situe au sud de Lille (59) près de Douai.

Le bâtiment est de forme rectangulaire de plain-pied. Il a une emprise au sol de 24,34 m x 19,41 m, et une hauteur de 5,20 m (avec une émergence jusqu’à 7 m).

Le bâtiment est un ERP pouvant accueillir 284 personnes.

- La structure et l’enveloppe sont ainsi définies :
- Structure métallique ;
  - Façades en bardage métallique double peau et parement de briques sur maçonnerie ;
  - Menuiseries, verrière et murs rideaux en aluminium ;
  - Étanchéité bitume bicouche auto-protégée sur bacs acier.

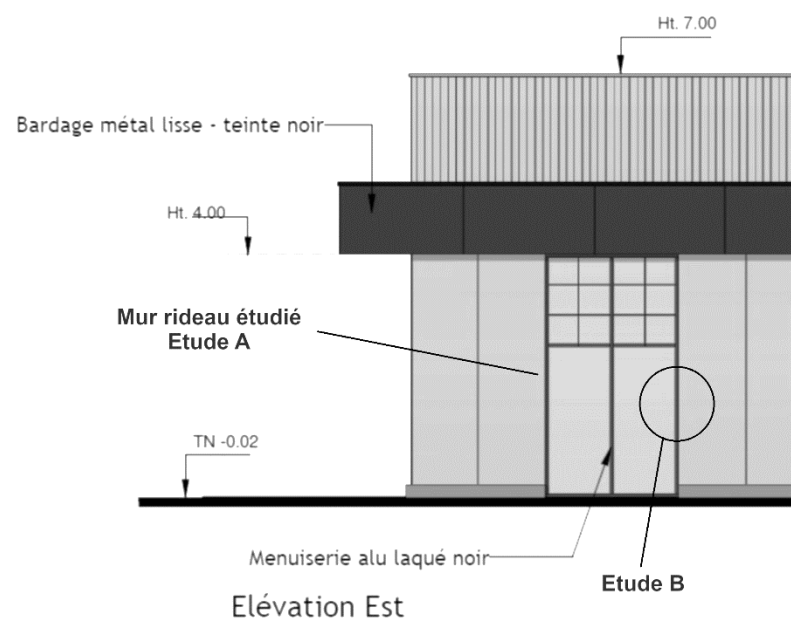
**Le sujet comporte 7 études indépendantes regroupées en 3 parties :**

- Partie 1 – Étude d’un mur rideau
- Partie 2 – Étude de l’étanchéité
- Partie 3 – Étude de la verrière

	Durées indicatives
Lecture du sujet	20 mn
<b>Partie 1</b>	<b>55 mn</b>
Étude A	20 mn
Étude B	35 mn
<b>Partie 2</b>	<b>80 mn</b>
Étude C	25 mn
Étude D	15 mn
Étude E	40 mn
<b>Partie 3</b>	<b>85 mn</b>
Étude F	35 mn
Étude G	50 mn

<b><u>Compétences évaluées :</u></b>	
<b>C2.2</b>	Représenter à la main tout ou partie d’un système d’enveloppe
<b>C4</b>	Analyser une information, un contexte, un résultat
<b>C7.1</b>	Définir les hypothèses de l’étude et du calcul
<b>C7.2</b>	Proposer une modélisation de tout ou partie de l’enveloppe
<b>C7.3</b>	Réaliser manuellement une note de calculs de prédimensionnement, de dimensionnement
<b>C7.6</b>	Contrôler un résultat ou une note de calcul en lien avec un contexte, une exigence
<b>C8.1</b>	Valider une solution technique

PARTIE 1 : ÉTUDE D’UN MUR RIDEAU



ÉTUDE A : ÉTUDE DES MONTANTS

Documents fournis :

- DT03 – Façades ;
- DT07 – Extraits de la fiche 45 C du SNFA ;
- DT08 – Extraits Fiche 56 du SNFA ;
- DT09 – Extraits de la gamme de profilés INSTALLUX UNIVERS 54 ;
- DR01 – Plan du mur rideau façade Est.

Données :

- SIN LE NOBLE (canton de Douai) – région 2 ;
- Catégorie de terrain : IIIb ;
- Hauteur du bâtiment : 7 m ;
- Liaison articulée en bas et liaison simple en partie haute ;
- Le poids propre du profilé est négligé ;
- Les croisillons ne sont pas pris en compte ;
- Profilé utilisé pour la simulation avec un moment quadratique  $I = 1 \text{ cm}^4$  ;
- Flèche admissible selon l’Eurocode.

Q1. Déterminer la pression de vent sur cette façade.

Q2. Sur le DR01, schématiser les surfaces de répartition réelles de la pression de vent sur le mur rideau étudié.

Réaliser le schéma mécanique réel du montant AB en précisant toutes les valeurs.

Q3. La simulation mécanique du montant AB avec une inertie de  $1 \text{ cm}^4$  et un chargement réel, à l’aide d’un logiciel de calculs, a donné une flèche maximale de 3 634 mm.

Calculer la flèche admissible puis le moment quadratique minimum du montant AB.

Q4. À partir du moment quadratique minimum calculé précédemment, choisir le profilé sans renfort dans la gamme INSTALLUX UNIVERS 54 (Donner la référence et le moment quadratique du profilé choisi).

ÉTUDE B : LIAISON MUR RIDEAU / BARDAGE

Documents fournis :

- DT09 – Extraits gamme de profilés INSTALLUX UNIVERS 54 ;
- DT10 – Extraits documentation technique du bardage en lame CLADEO ;
- DR02 – Coupe horizontale de la liaison mur rideau – bardage.

Q5. Définir la liaison latérale du mur rideau avec le bardage en lames CLADEO sur plateaux, en complétant le document DR02 à main levée, et en respectant les proportions. Le croquis doit être légendé et doit comporter l’ensemble des éléments nécessaires à une bonne exécution.

PARTIE 2 : ÉTUDE DE L'ÉTANCHÉITÉ

ÉTUDE C : ÉTUDE DE L'ACTION DE LA NEIGE SUR LA TOITURE

Documents fournis :

- DT03 – Façades ;
- DT04 – Coupes longitudinale et transversale ;
- DT06 – Extraits CCTP étanchéité ;
- DT11 – Extraits Eurocode 1 : Action de la neige sur les toitures ;
- DT12 – Extraits documentation technique Hacierco 4-258-34 ;
- DT14 – Extraits DTU 43.3 ;
- DR03 – Graphe de charges de neige.

Données :

- SIN LE NOBLE (canton de Douai) – région A1 ;
- Altitude < 200 m ;
- Coefficient d'exposition Ce = 1 ;
- Coefficient thermique Ct = 1 ;
- Entraxe des pannes 1,75 m ;
- Charge d'entretien (à définir à partir de DT 14) ;
- Tôles sur 3 appuis minimum ;
- Complexe d'étanchéité :
  - Isolant : Rock acier C Nu soudable épaisseur 200 mm (masse volumique 145 kg/m³) ;
  - 1ère couche : TOPFIX PY FMP grésé (rouleau de 10 \* 1 m d'une masse de 30 kg) ;
  - 2ème couche : TOPAZ 25 (rouleau de 10 \* 1 m d'une masse de 38 kg).

Q6. Afin de déterminer l'épaisseur des tôles d'acier nervurées, déterminer l'action de la charge de neige sur la toiture, du côté gauche de l'émergence. Les calculs de charges et le tracé seront réalisés sur le document DR03.

Q7. En déduire la charge d'exploitation, la plus défavorable.

Q8. Déterminer les charges permanentes.

Q9. Déterminer l'épaisseur des tôles d'acier nervurées correspondantes à cette étude.

ÉTUDE D : ÉTUDE F.I.T.

Documents fournis :

- Coupes longitudinale et transversale ;
- DT06 – Extraits CCTP étanchéité ;
- DT13 – Classement F.I.T..

Q10. Donner le classement réglementaire du système d'étanchéité de cette toiture.

Q11. Comparer ce classement avec celui du système préconisé dans le CCTP et conclure.

Q12. Que signifie la lettre I de l'acronyme F.I.T. ?

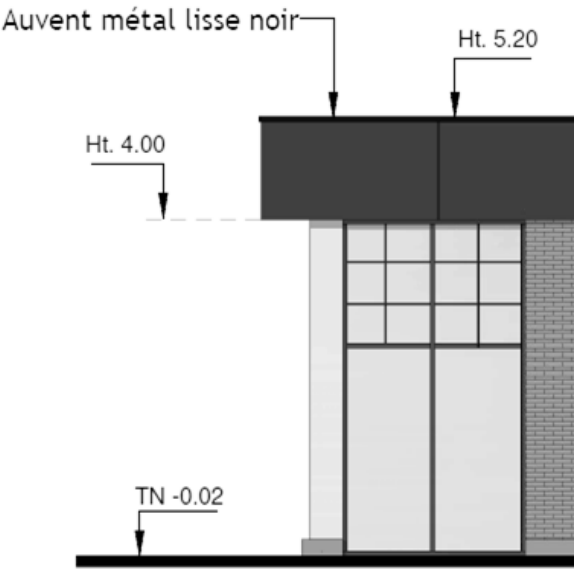
ÉTUDE E : ÉTUDE DU RELEVÉ AVEC L'ACROTÈRE

Documents fournis :

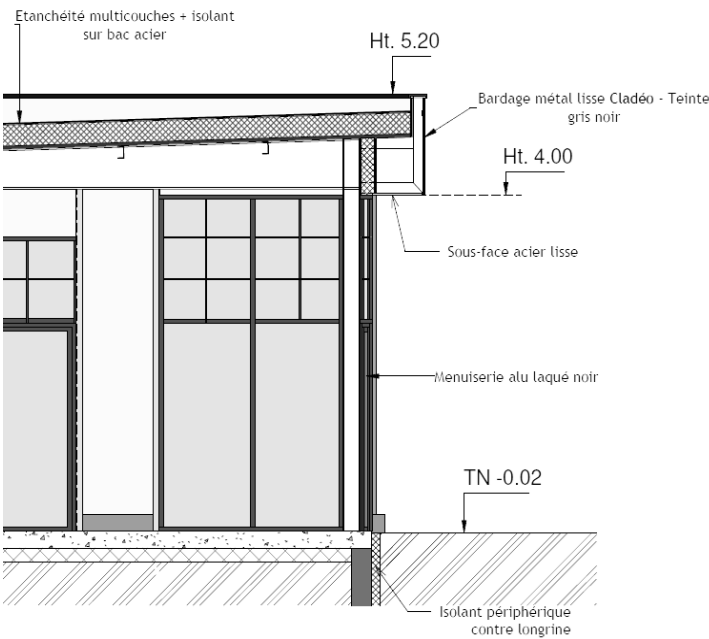
- DT05 – Détails verrière et acrotère ;
- DT06 – Extraits CCTP étanchéité ;
- DT14 – Extraits DTU 43.3 ;
- DR04 – Complexe étanchéité.

Q13. Dessiner le détail de l'acrotère en partie courante, en complétant le document DR04 à main levée en respectant les proportions.

Le croquis doit être légendé et doit comporter l'ensemble des éléments nécessaires à une bonne exécution.



Élévation Nord



Coupe AA

PARTIE 3 : ÉTUDE DE LA VERRIÈRE

ÉTUDE F : ÉTUDE ACOUSTIQUE DE LA SALLE

Documents fournis :

- DT02 – Plan RdC ;
- DT15 – Durée de réverbération ;
- DT16 – Extraits DTU 43.3 et documentation technique support d’étanchéité perforé.

Données :

- La durée de réverbération :  $Tr = \frac{0,161 \times V}{A}$  (V = volume de la pièce ; A = aire d’absorption équivalente) ;
- $A = \sum_i S_i \times \alpha_i$  (S = surface de la paroi par matériau) ;
- $\alpha_i$  valeur prise pour une fréquence de 1 000 Hz ;
- Hauteur sous plafond 4,07 m.

Désignation de la paroi	Surface de la paroi (m²)	Matériau de la paroi	Coefficient α
Sol	438	carrelage	0,03
Murs	261	acier	0,05
Parois verticales vitrées sur châssis	87	verre	0,12
Verrière sur châssis	14	verre	0,12
Joues de verrière (les 4 faces)	16	acier	0,05
Plafond	424	acier	0,05

- Q14. Déterminer le volume du bâtiment puis déterminer le temps de réverbération de cette pièce.
- Q15. Comparer votre résultat aux normes acoustiques dans une salle de restauration et conclure en proposant des solutions possibles si les valeurs ne sont pas cohérentes.
- Q16. L’architecte fait le choix de mettre en œuvre, des tôles d’acier nervurés support d’étanchéité perforés. Faire le choix, dans les tôles d’acier nervurés proposées, du type de perforations afin de respecter la durée de réverbération.

ÉTUDE G : ÉTUDE DES VITRAGES DE LA VERRIÈRE

Documents fournis :

- DT01 – Plan de masse et Toiture ;
- DT02 – Plan RdC ;
- DT05 – Détail verrière et acrotère ;
- DT17 – Extraits DTU 39 – P4.

Données :

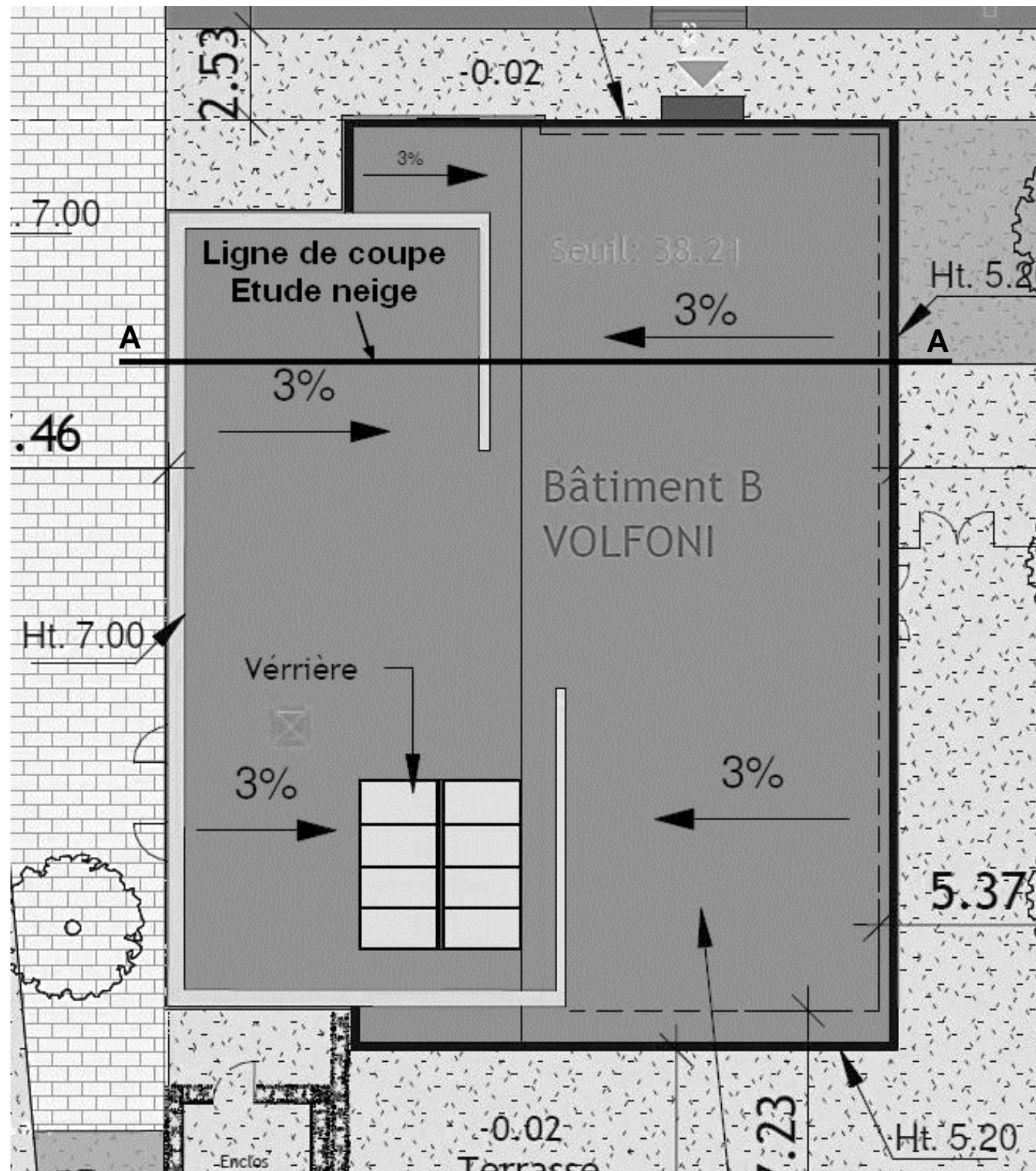
- La verrière comporte 8 vitrages de 1,15 m par 1,90 m en appui sur 4 côtés ;
- Double vitrage isolant, avec face intérieure en verre feuilleté, 8/12/44.2 ;
- Charge normale de neige en toiture :  $S_1 = 360$  Pa ;
- Charge exceptionnelle de neige en toiture :  $S_2 = 0$  Pa ;
- Pression de vent au droit de la verrière :  $P_{vent} = 1\,050$  Pa.

Cette étude consiste à valider le vitrage de la verrière en appliquant le DTU 39 – P4.

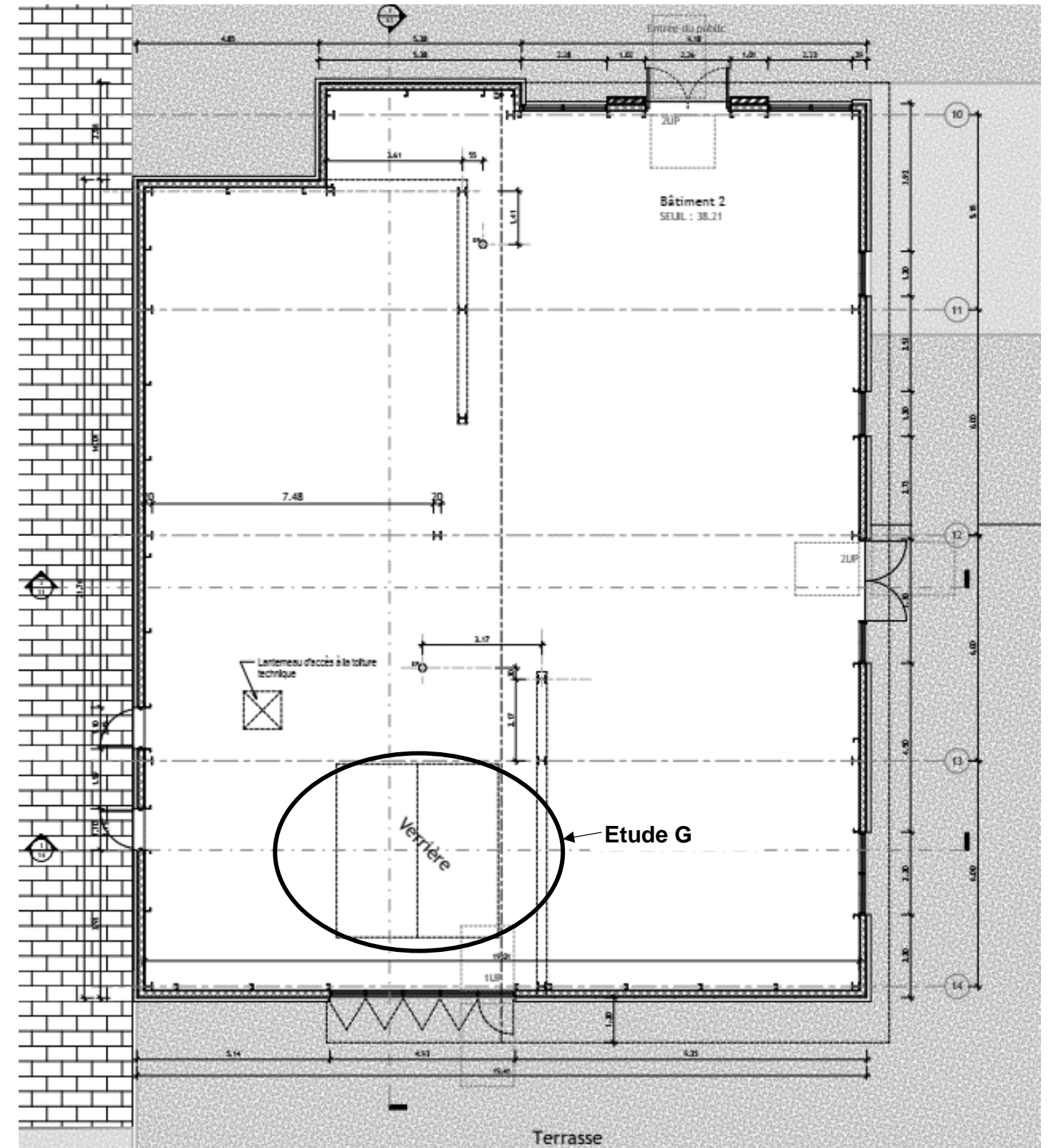
- Q17. Calculer la combinaison de charges la plus défavorable.
- Q18. Vérifier la résistance mécanique du vitrage et justifier.
- Q19. Vérifier le vitrage en déformation et justifier.



DT01 – Plan de Masse et Toiture

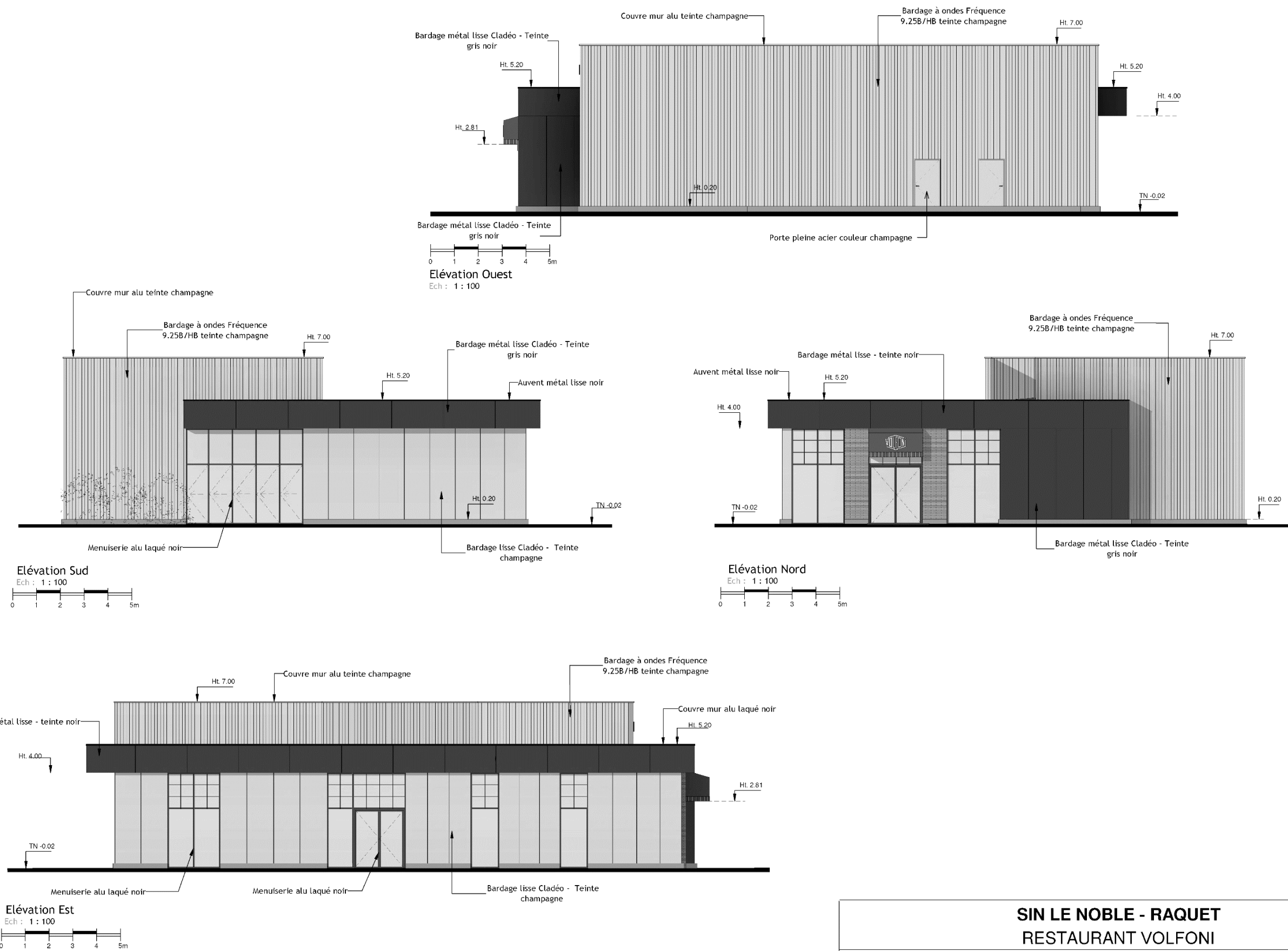


DT02 – Plan RdC

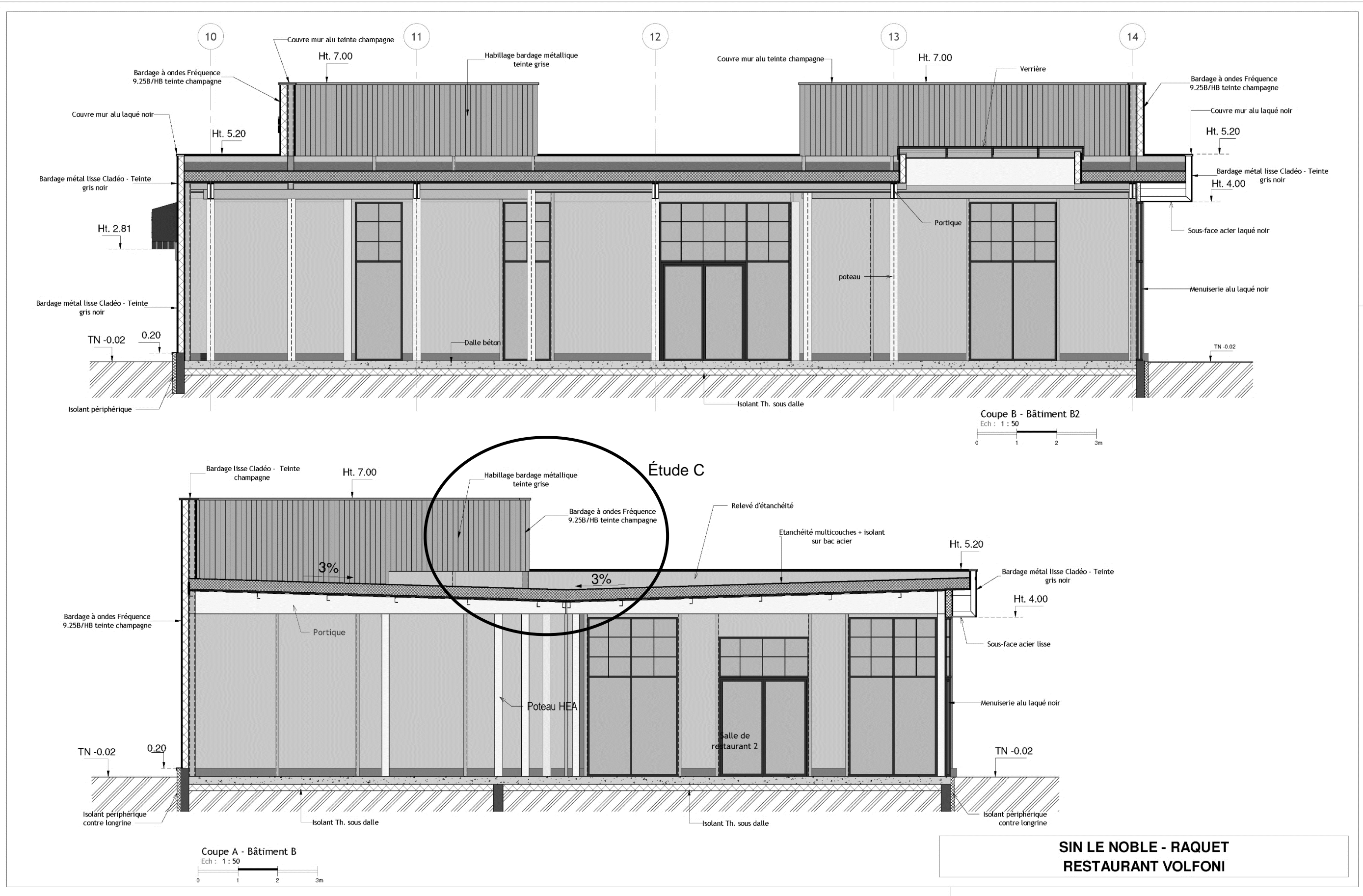


Les cotations ne sont pas nécessaires.

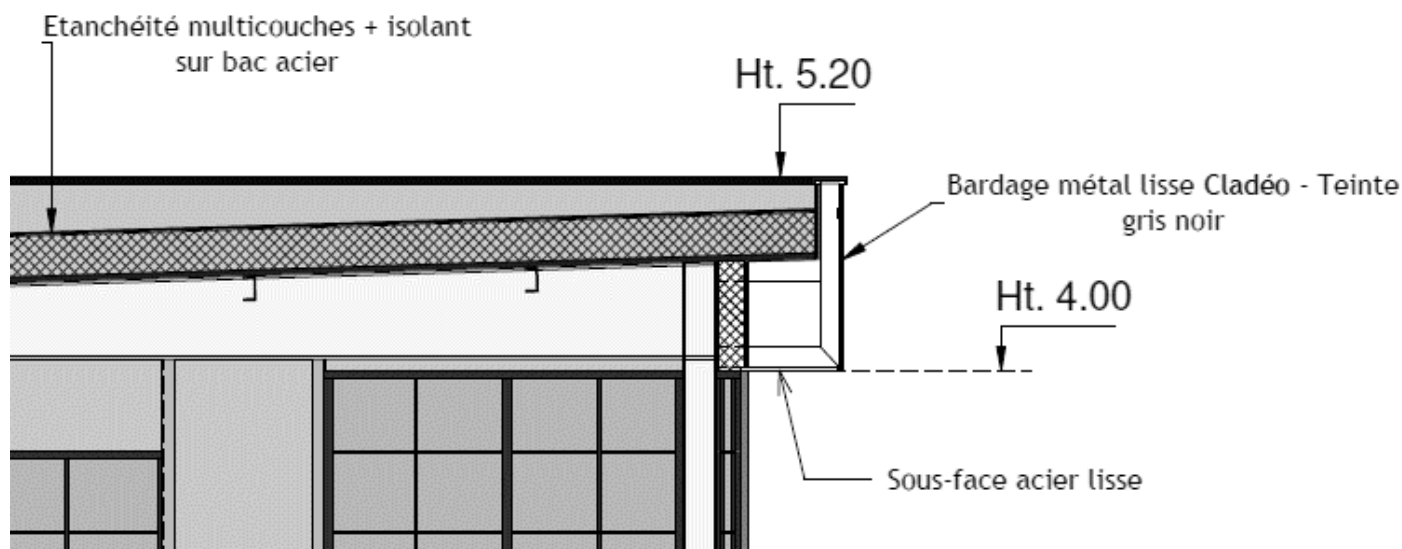
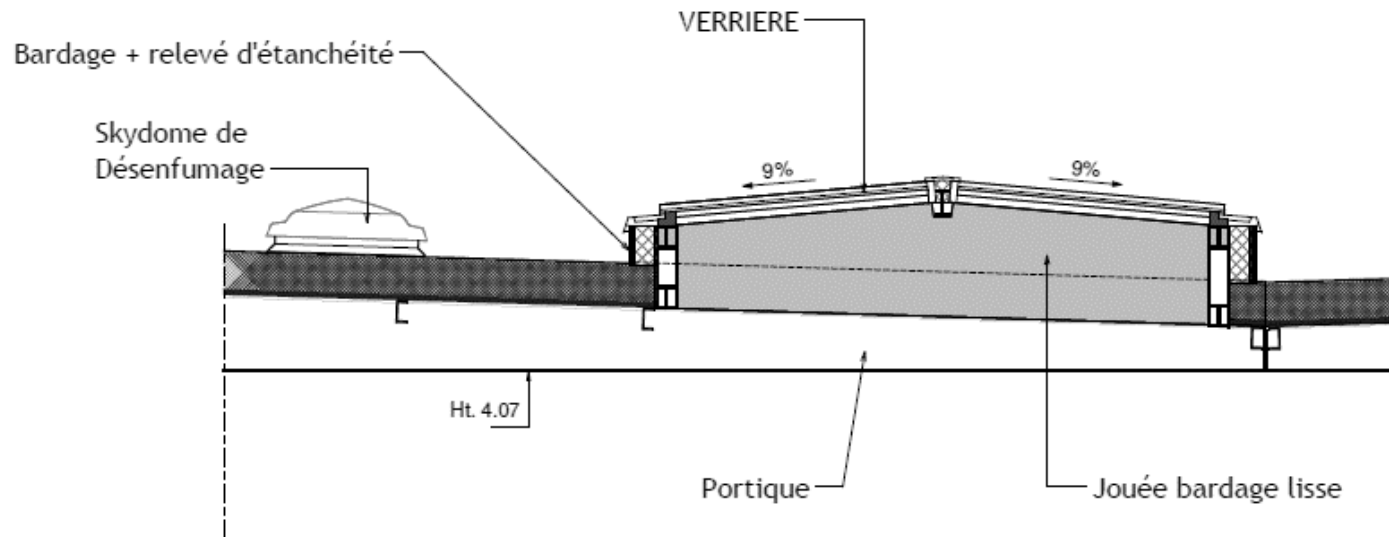




SIN LE NOBLE - RAQUET  
RESTAURANT VOLFONI







4.2.1 DESCRIPTION DES OUVRAGES

4.2.1.1 ÉTANCHÉITE - BAC ACIER

- Toiture technique avec bac acier, tôle galvanisée nervurée 75/100 :
- La couverture du bâtiment sera du type étanchéité sur bac acier conforme au DTU 43.3 ;
  - Le support sera en tôle d'acier galvanisé 2 faces ép. 75/100 fixée mécaniquement sur la charpente métallique ;
  - L'isolation sera assurée par deux couches de panneau de laine de roche de forte densité en 100mm, la 2eme couche comprendra un bitume et film thermo fusible, support direct de revêtement d'étanchéité de type Rock acier C Nu soudable de marque Rockwool R= 2,50 m².K/W ;
  - L'étanchéité sera du type bicouche auto protégée en gamme AXTER ou équivalent (FIT: I5) :
    - 1<sup>ère</sup> couche : TOPFIX PY FMP grésé fixé mécaniquement
    - 2<sup>ème</sup> couche : TOPAZ 25
  - Équerre de renfort avec un développé de 250 mm ;
  - Relevés auto-protégés périphériques sur costières métalliques ;
  - Évacuation EP, y compris naissances tronconiques, crapaudines ;
  - Couronnement d'acrotère tôle acier galvanisée laquée 75/100.

**Localisation :** Totalité du bâtiment, suivant plans et coupes.

4.2.1.2 COSTIÈRES ET RELEVÉS D'ÉTANCHÉITÉ

- À prévoir:
- Des costières carrées support de tourelles CTA galva ép.20/10<sup>ème</sup> ;
  - Des costières carrées pour le passage des gaines, galva ép.20/10<sup>ème</sup> ;
  - Crosse électrique diam.50 ;
  - Boîte galva ép 20/10<sup>ème</sup> (300\*300) avec chapeau mobile (pour passage des liaisons frigo) ;
  - Relevé d'étanchéité sur potelet ;
  - Relevé d'étanchéité sur lanterneaux 1.20\*1.20 ;
  - Étanchéité pérenne de tous les potelets, relevés + plateaux horizontaux.

Pour le restaurant VOLFONI – constitution d'une verrière en toiture, dimensions d'environ selon l'empannage 4.20\*4.80m.

Le présent lot devra aussi prévoir des costières réhaussées sur la partie salle de restauration, auvent pour éviter le contre-bardage.

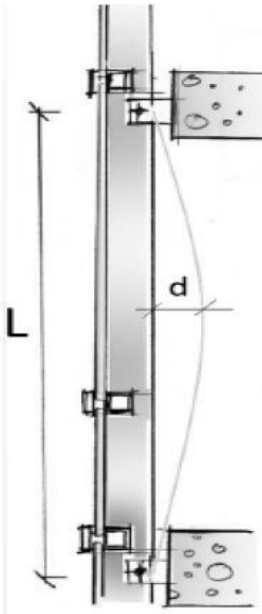
**Localisation :** Suivant plan de toiture par restaurant

	Catégorie de Terrain	Pressions sur l'élément de façade à l'ELS (Pa)				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
France Métropolitaine						
Région 1	IV	574	626	758	945	1 190
	IIIb	599	797	935	1 129	1 380
	IIIa	786	990	1 130	1 325	1 576
	II	1 014	1 214	1 350	1 538	1 777
	0	1 264	1 446	1 569	1 736	1 947
Région 2	IV	684	745	902	1 124	1 416
	IIIb	713	949	1 113	1 344	1 643
	IIIa	936	1 179	1 345	1 577	1 875
	II	1 206	1 445	1 607	1 831	2 115
	0	1 504 (*)	1 721 (*)	1 867 (*)	2 066 (*)	2 317 (*)
Région 3	IV	802	874	1 058	1 320	1 662
	IIIb	836	1 114	1 306	1 577	1 928
	IIIa	1 098	1 383	1 579	1 851	2 201
	II	1 416	1 696	1 886	2 149	2 483
	0	1 765 (*)	2 020 (*)	2 191 (*)	2 425 (*)	2 719 (*)
Région 4	IV	930	1 014	1 227	1 530	1 928
	IIIb	970	1 292	1 515	1 829	2 236
	IIIa	1 274	1 604	1 831	2 147	2 552
	II	1 642	1 967	2 187	2 492	2 879
	0	2 047	2 343	2 541	2 812	3 153

(\*) Nota : Bassin méditerranéen (Hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacée par la ( II ).

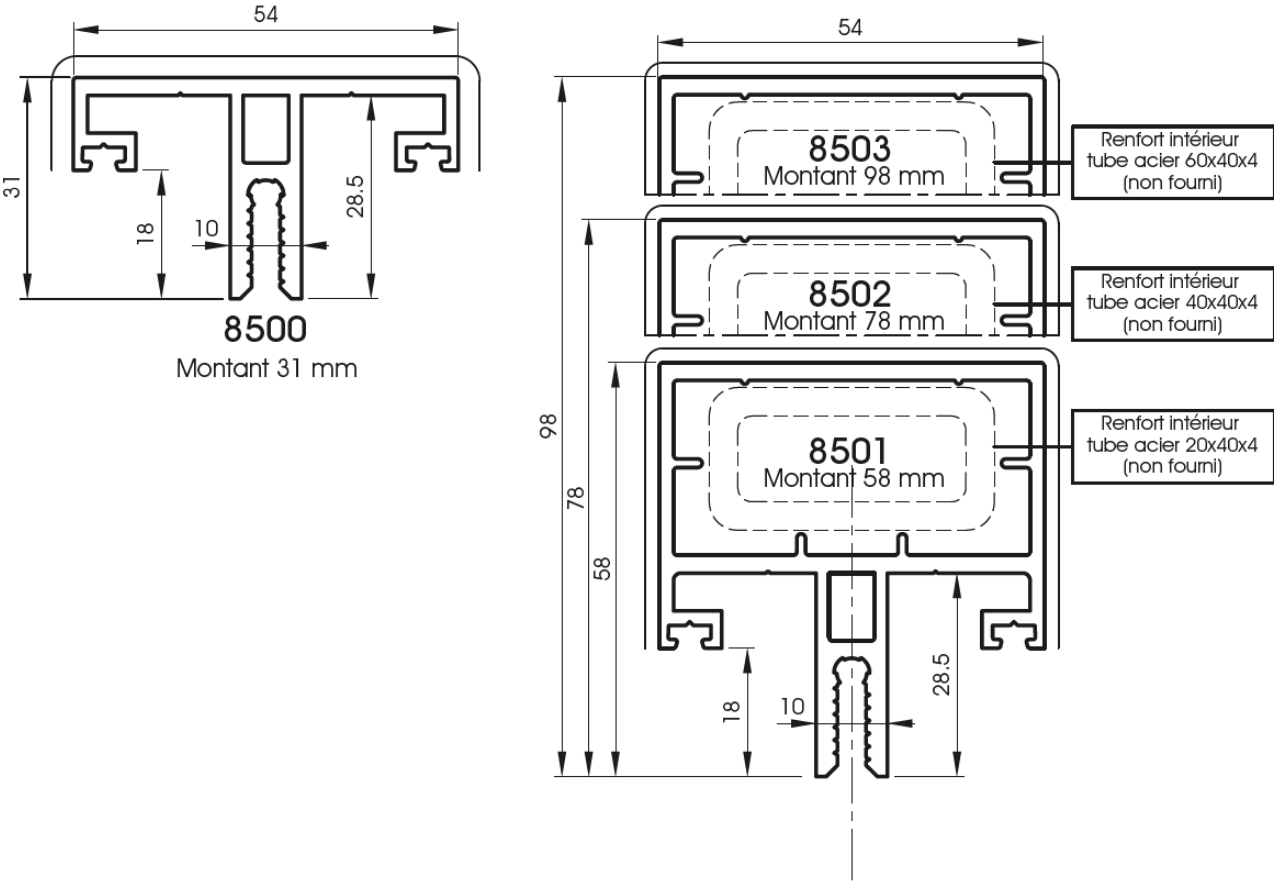
Critères de déformation des ossatures sous action du vent.  
La déformation maximale (d) sous l'action des combinaisons les plus défavorables des charges du vent ELS (Eurocodes) doit être limitée en fonction de la portée libre entre appuis (L) à :

- $d \leq L/200$ , si  $L \leq 3\,000\text{ mm}$  ;
- $d \leq 5\text{ mm} + L/300$ , si  $3\,000\text{ mm} < L < 7\,500\text{ mm}$  ;
- $d \leq L/250$ , si  $L \geq 7\,500\text{ mm}$ .



UNIVERS® 54 Façade rideau 54 mm — PROFILS —

Référence	Poids (kg)	Pér. ext. (mm)	Ixx (cm4)	Iyy (cm4)
8500	0,992	299	2,88	7,92
8501	1,669	353	17,18	18,41
8501 + □20x40x4			23,45	39,30
8502	1,911	393	40,62	24,33
8502 + □40x40x4			77,10	60,85
8503	2,127	433	77,56	29,74
8503 + □60x40x4			178,25	81,90

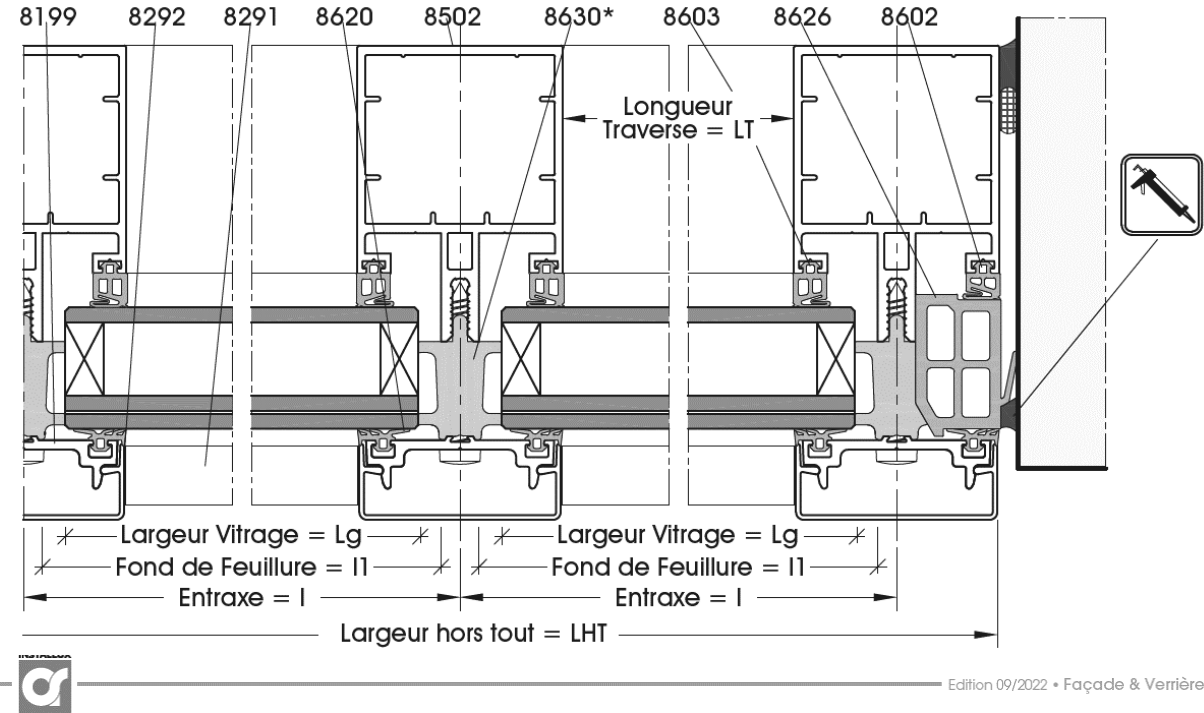
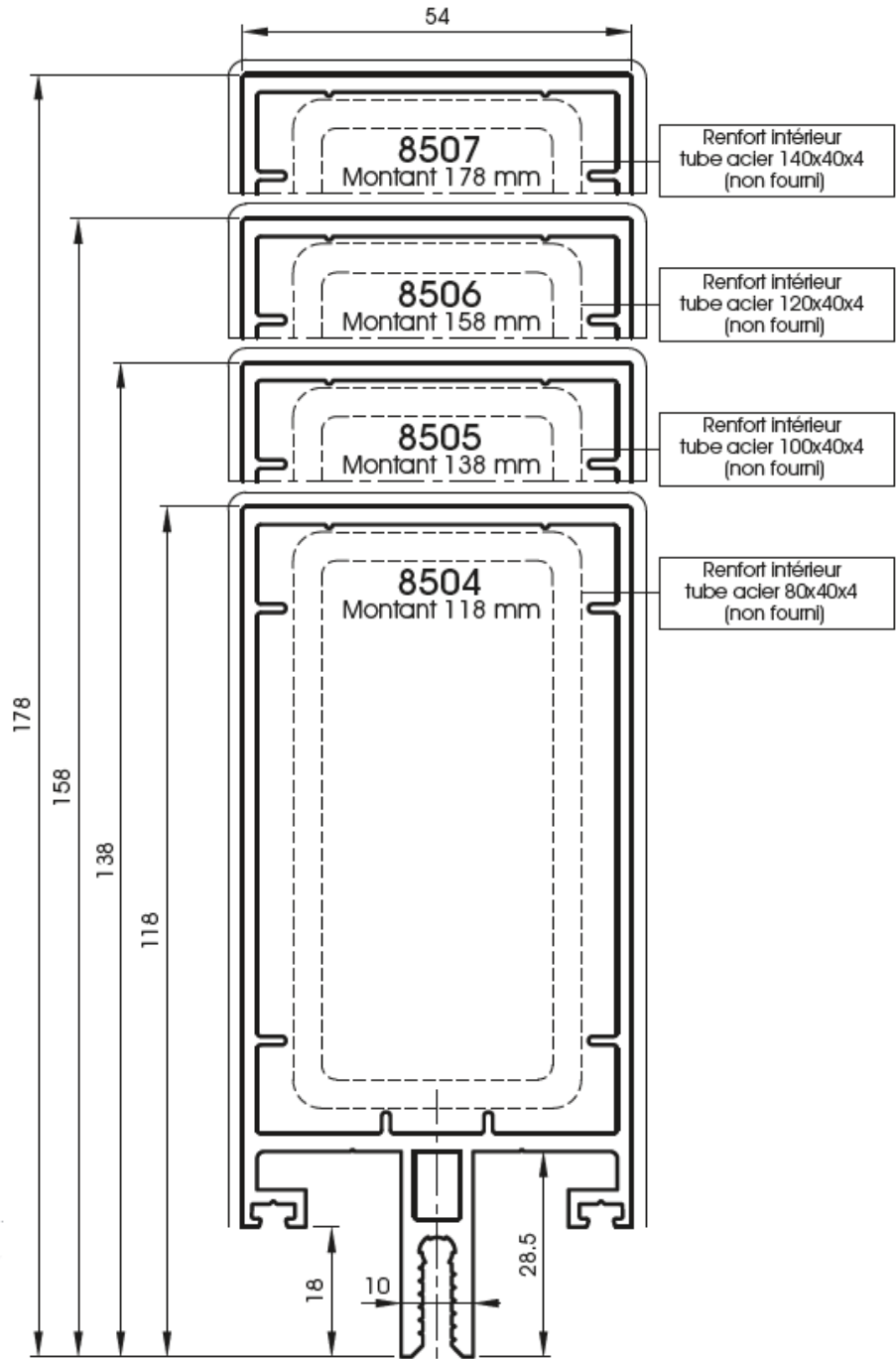


— Faces vues  
- - - Faces visibles

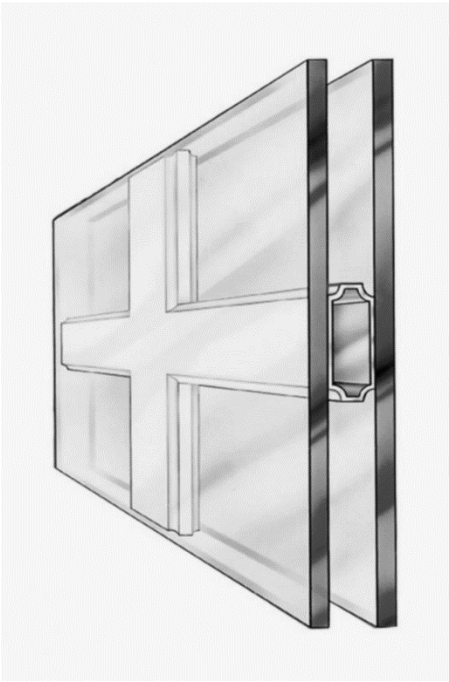


Edition 09/2022 • Façade & Verrière

Référence	Poids (kg)	Pér. ext. (mm)	lxx (cm4)	lyy (cm4)
8504	2,343	473	129,83	35,15
8504 + □80x40x4			338,25	102,90
8505	2,559	513	199,15	40,56
8505 + □100x40x4			568,40	123,95
8506	2,775	553	287,18	45,97
8506 + □120x40x4			880,00	144,95
8507	2,991	593	395,59	51,38
8507 + □140x40x4			1234,35	166,00



Croisillons viennois intégrés au double vitrage



## MONTAGE VERTICAL

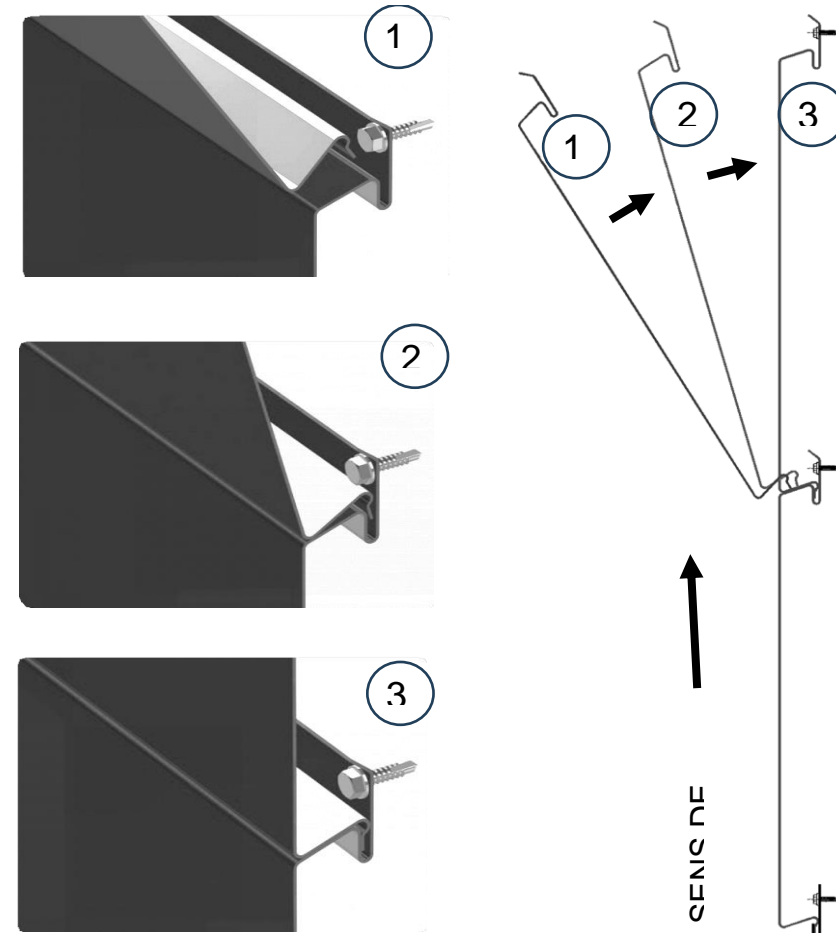
La planéité de l'ossature secondaire est **indispensable** pour obtenir un rendu de façade irréprochable.

Veillez à **ne pas déformer les lames** lors de leur fixation

Lors de la mise en œuvre d'une isolation, prévoir impérativement **une lame d'air de 20 mm minimum** entre l'isolant et la lame Cladéo (ventilation). Pour assurer l'horizontalité de l'ensemble, **soignez la verticalité des premières pièces posées**.

**Attention** : les lames et les accessoires étant issus de bobines d'épaisseurs et de bords différents, des nuances dans les teintes sont possibles

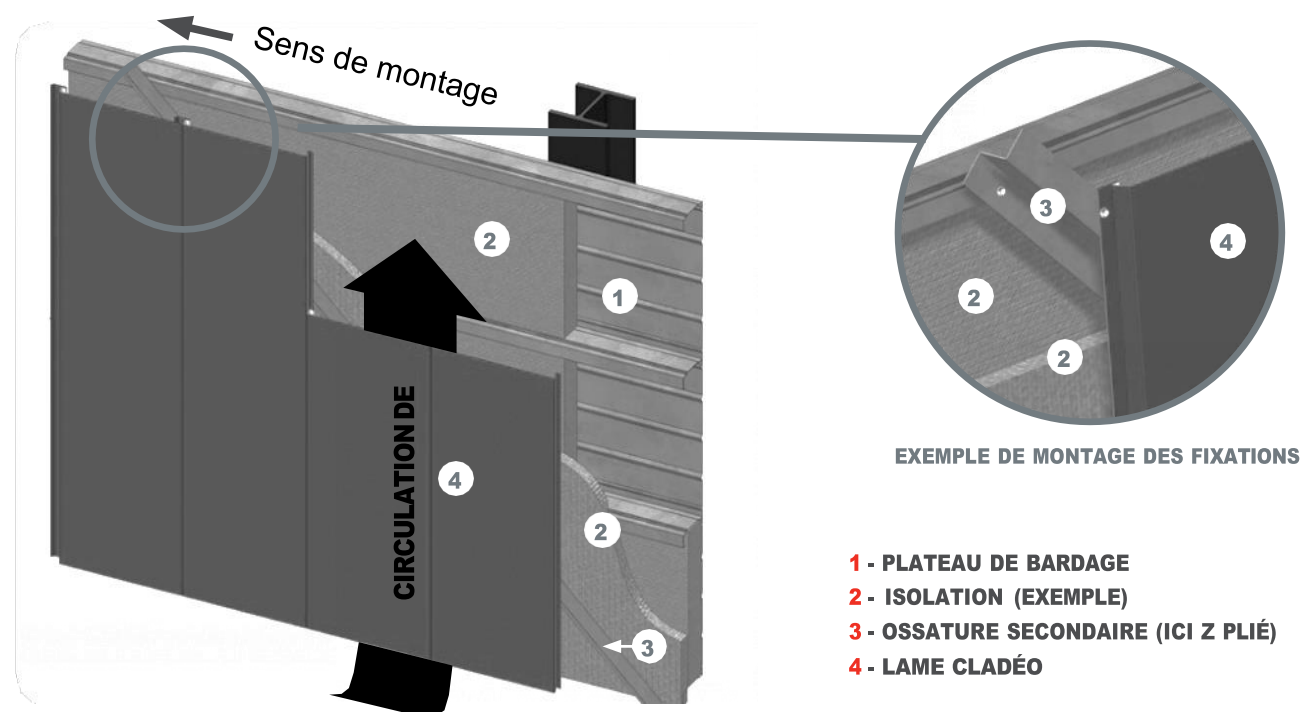
### Système d'emboîtement



### Fixation de la lame Cladéo

Une fixation par lame et par appui  
Vis auto perceuse inox à tête hexagonale à collerette  
(6 pans de 8 mm)  $\phi$  5.5 x 22

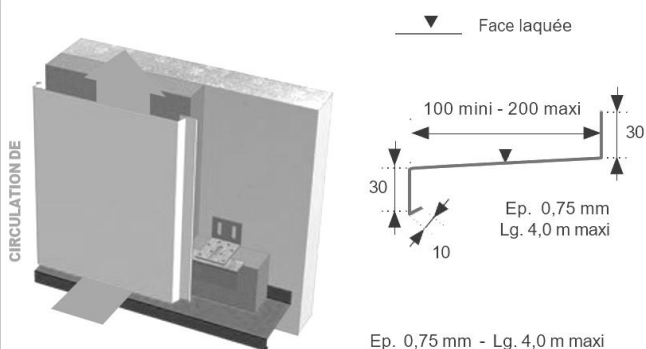
### Montage sur plateaux



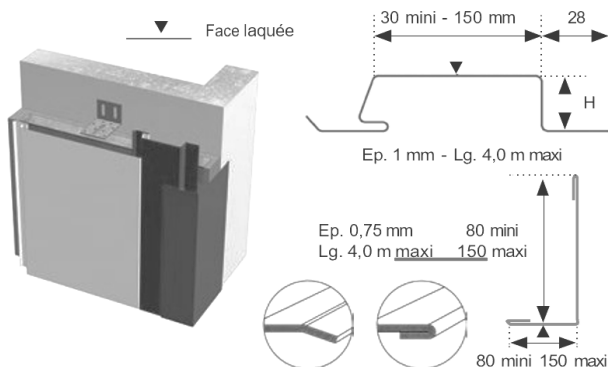
- 1 - PLATEAU DE BARDAGE
- 2 - ISOLATION (EXEMPLE)
- 3 - OSSATURE SECONDAIRE (ICI Z PLIÉ)
- 4 - LAME CLADÉO

**Traiter les points singuliers** H correspond à la hauteur de la lame Cladéo considérée, cette valeur est exprimée en mm

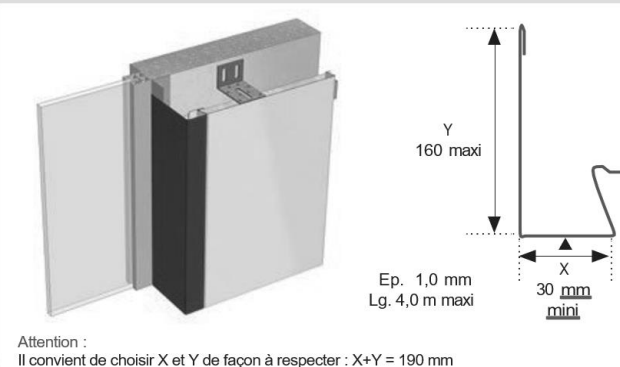
#### Bas de bardage à larmier



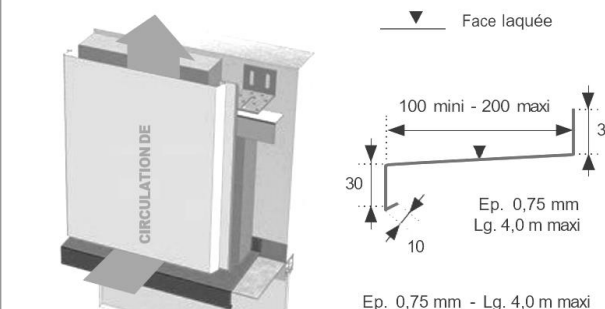
#### Jonction à un mur existant



#### Ouvertures / Jambage enclipsé



#### Ouvertures / Appui de rive et linteau vertical





6 - Effets locaux

6.2 - Accumulation au droit de saillies et d'obstacles

En cas de vent, une accumulation de la neige peut se produire sur toute la toiture présentant des obstacles. Il convient d'adopter les valeurs suivantes pour les coefficients de forme et les longueurs d'accumulation, pour des toitures quasi horizontales :

$\mu_1 = 0,8$        $\mu_2 = \gamma h / s_k$       avec la limitation suivante:  $0,8 \leq \mu_2 \leq 2$

$\gamma$  est le poids volumique de la neige       $\gamma = 2\text{kN/m}^3$

$l_s = 2h$       avec la limitation       $5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$

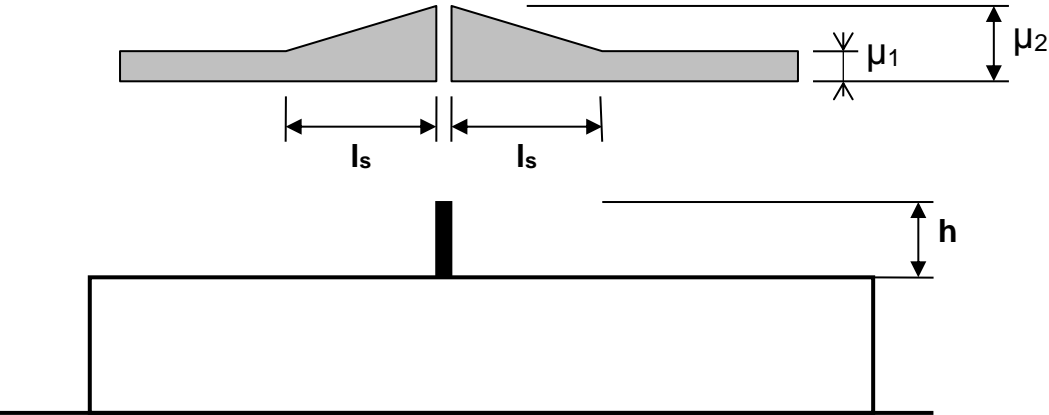
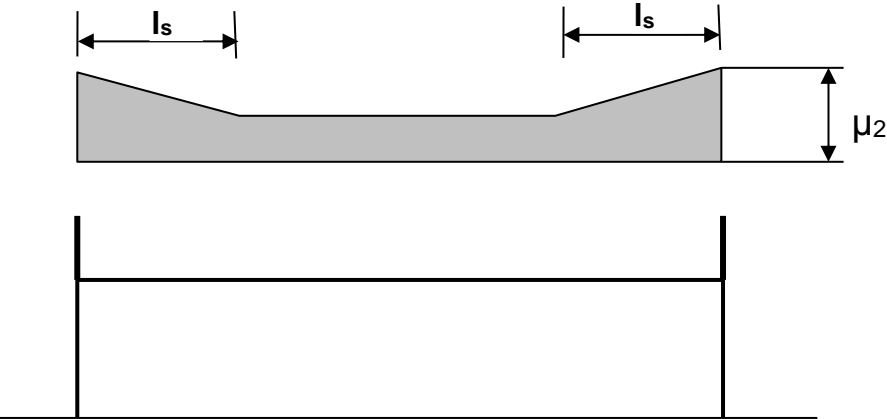


Figure 6.1- Coefficient de forme pour charge de neige aux saillies et obstacles

Dans le cas de deux acrotères, la figure 6-1 devient la suivante avec  $\mu_2 \leq 1,6$



1. CHARGES DE NEIGE SUR LE SOL

4.1 - Valeurs caractéristiques

La charge de neige sur le sol **S<sub>k</sub>** par unité de surface est fonction de la localisation géographique et de l'altitude du lieu considéré :

**S<sub>k</sub> = S<sub>k,0</sub> + Δ S<sub>i</sub>**

**Δ S<sub>i</sub>** ( i = 1 ou 2 ) est la valeur caractérisant l'influence de l'altitude.  
**Δ S<sub>2</sub>** s'applique à la seule zone E, **Δ S<sub>1</sub>** s'applique à toutes les autres zones.

La charge accidentelle **S<sub>Ad</sub>** n'est pas modifiée par l'altitude.

Zones	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Charges de neige sur le sol <b>S<sub>k,0</sub></b> (kN /m²)	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Charges de neige accidentelle <b>S<sub>Ad</sub></b> (kN /m²)	-	1,00	1,00	1,35	-	1,35	1,80	-

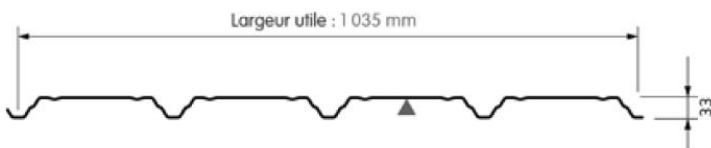
Altitude du lieu A en m	Influence de l'altitude <b>Δ S<sub>1</sub></b>	Influence de l'altitude <b>Δ S<sub>2</sub></b>
A ≤ 200 m	0	0
200 m < A ≤ 500 m	(0,10A – 20)/100	(0,15A – 30)/100
500 m < A ≤ 1000 m	(0,15A – 45)/100	(0,35A – 130)/100
1000 m < A ≤ 2000 m	(0,35A – 245)/100	(0,70A – 480)/100

Charge de neige sur toiture :

**s = μ<sub>i</sub> × C<sub>e</sub> × C<sub>t</sub> × S<sub>k</sub>**

- **μ<sub>i</sub>** : coefficient de toiture
- **C<sub>e</sub>** = 1, coefficient d'exposition
- **C<sub>t</sub>** = 1, coefficient thermique

Supports d'étanchéité  
Hacierco® 4.258.34



Caractéristiques expérimentales

Caractéristiques expérimentales					Epaisseur (mm)				
					0,75	0,88	1,00	1,25	
Action des charges descendantes	Masse surfacique (kg/m²)				6,74	7,91	8,99	11,23	
	Moments d'inertie (cm⁴/ml)	Travée simple		I2	15,14	17,77	20,19	25,24	
		Deux travées égales		I3	12,59	14,77	16,79	20,99	
		Continuité		Im	13,87	16,27	18,49	23,11	
	Moments de flexion (m.daN/ml)	En travée	Système élastique		Md2T	160,98	188,89	214,64	268,30
			Système élasto-plastique		Md3T	216,69	254,25	288,92	361,15
		Sur appui		Md3A	160,75	188,62	214,34	267,92	
		Sous charge concentrée		Mc	143,75	168,32	191,27	239,09	

Tableau d'utilisation pour travées égales avec charges exprimées en daN/m²

Hacierco® 34SR - Selon PV SOCOTEC KM 7730

Charges d'exploitation	Charges permanentes	Total des charges descendantes	2 appuis				3 appuis				4 appuis			
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
100	10	110	2,10	2,25	2,35	2,55	2,55	2,75	2,95	3,25	2,55	2,70	2,85	3,05
100	15	115	2,10	2,25	2,35	2,55	2,55	2,75	2,95	3,25	2,55	2,70	2,85	3,05
100	20	120	2,10	2,25	2,35	2,50	2,55	2,75	2,95	3,20	2,55	2,70	2,80	3,00
100	25	125	2,10	2,20	2,30	2,45	2,55	2,75	2,95	3,15	2,55	2,65	2,80	3,00
100	30	130	2,10	2,20	2,25	2,45	2,55	2,75	2,90	3,10	2,50	2,65	2,75	2,95
100	35	135	2,05	2,15	2,25	2,40	2,55	2,75	2,85	3,05	2,50	2,60	2,70	2,90
100	100	200	1,80	1,90	2,00	2,15	2,30	2,45	2,55	2,70	2,20	2,30	2,40	2,55
100	150	250	1,70	1,75	1,85	2,00	1,85	2,15	2,35	2,55	2,00	2,15	2,25	2,40
125	25	150	2,00	2,10	2,15	2,35	2,55	2,65	2,75	2,95	2,40	2,50	2,65	2,80
150	25	175	1,85	1,95	2,05	2,20	2,40	2,50	2,60	2,85	2,25	2,40	2,50	2,70
175	25	200	1,80	1,85	1,95	2,10	2,25	2,40	2,50	2,70	2,15	2,25	2,35	2,55
200	25	225	1,70	1,80	1,85	2,00	2,05	2,30	2,40	2,55	2,05	2,15	2,25	2,45

Classement exigé des revêtements de toiture en fonction de la mise en œuvre (selon la NF P 84-354)

Mise en œuvre du revêtement d'étanchéité	Type de classement exigé	Classement exigé selon la destination de la toiture N° du tableau de référence
Indépendance	I	8
Semi-indépendance (excepté fixé mécaniquement)	FIT	10
Fixé mécaniquement	I	11
En adhérence	FIT	10

Tableau 6 Revêtement d'étanchéité – classements exigés selon leur mise en œuvre

Support direct du revêtement	Pente %	Exploitation et usage de la toiture et type de protection				
		Inaccessible			Technique	
		Apparent <sup>a</sup>	Protection meuble <sup>a</sup> (gravillons)	Toiture Terrasse Végétalisée	Apparent	Protection dure <sup>a</sup> (dalles sur désolidarisation)
Isolant thermique	Nulle (<1 %)	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	1 à 5 %, limites incluses	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	>5 %	I <sub>3</sub>		I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	
Béton	Nulle (<1 %)	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	1 à 5 %, limites incluses	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	>5 %	I <sub>3</sub>		I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	
Béton + isolant inversé	Nulle (<1 %)					
	1 à 5 %, limites incluses					
	>5 %					
Béton cellulaire	1 à 5 %, limites incluses	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	>5 %	I <sub>3</sub>		I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	
Bois et panneaux à base de bois	1 à 5 %, limites incluses	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	>5 %	I <sub>3</sub>		I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	
Ancien revêtement	Nulle (<1 %)	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	1 à 5 %, limites incluses	I <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>
	>5 %	I <sub>3</sub>		I <sub>5</sub>	I <sub>4</sub>	
A Indice I portée à I <sub>4</sub> pour les revêtements monocouches						

Tableau 11 Classement FIT – Domaine d'emploi et classes I associées – Systèmes fixés mécaniquement

6.2.2.1 - Cas des charges descendantes

6.2.2.1.1 - Charges à prendre en compte

6.2.2.1.1.1 - Situation de montage

Le poids propre des tôles d'acier nervurées est successivement combiné avec chaque charge de montage.

Les portées limites indiquées dans les fiches techniques prennent en compte cette situation.

6.2.2.1.1.2 - Situation d'exploitation

La charge descendante de calcul est définie en combinant les charges permanentes avec la charge d'exploitation la plus élevée entre :

- la charge d'entretien (voir paragraphe C.3.1.3) ;
- la charge climatique de neige

C.3.1.3 - Charges d'entretien

Sauf indication contraire précisée dans les Documents Particuliers du Marché quant à des charges supérieures, les charges à prendre en compte sont :

- 1 kN/m² pour les toitures inaccessibles et les aires ou chemins de circulation ;
- 1,5 kN/m² pour les zones techniques.

7.5- Reliefs

7.5.1- Généralités

Les reliefs doivent être solidaires de l'élément porteur en tôle d'acier nervurée. Ils sont constitués de costières éventuellement revêtues de panneaux isolants.

7.5.2- Hauteur des reliefs

Voir figure 17 avec, dans tous les cas  $d \geq 0,04$  m.

La hauteur H des reliefs doit permettre une hauteur minimale h des relevés d'étanchéité de 0,15 m au-dessus de la protection des parties courantes.

Cette hauteur est plus importante dans le cas de noues de rive ; elle est définie au paragraphe.

7.2.1.3. La hauteur maximale des costières support de relevé d'étanchéité est définie au paragraphe

7.5.4.2. Dans le cas de partie verticale de hauteur supérieure on procédera alors à la mise en œuvre d'un contre-bardage.

7.5.3- Forme des reliefs

Ils doivent comporter, à leur partie supérieure, un dispositif qui écarte l'eau ruisselant sur les éléments placés au-dessus d'eux, afin d'éviter l'introduction d'eau derrière le relevé d'étanchéité. La partie du dispositif faisant larmier doit présenter un recouvrement d'au moins 0,04 m et être en saillie de 0,04 m minimum par rapport au support d'étanchéité, à l'exclusion des bandes de solin et des couronnements d'acrotère pour lesquels la saillie peut être limitée à 0,01 m (voir **figure 17**).

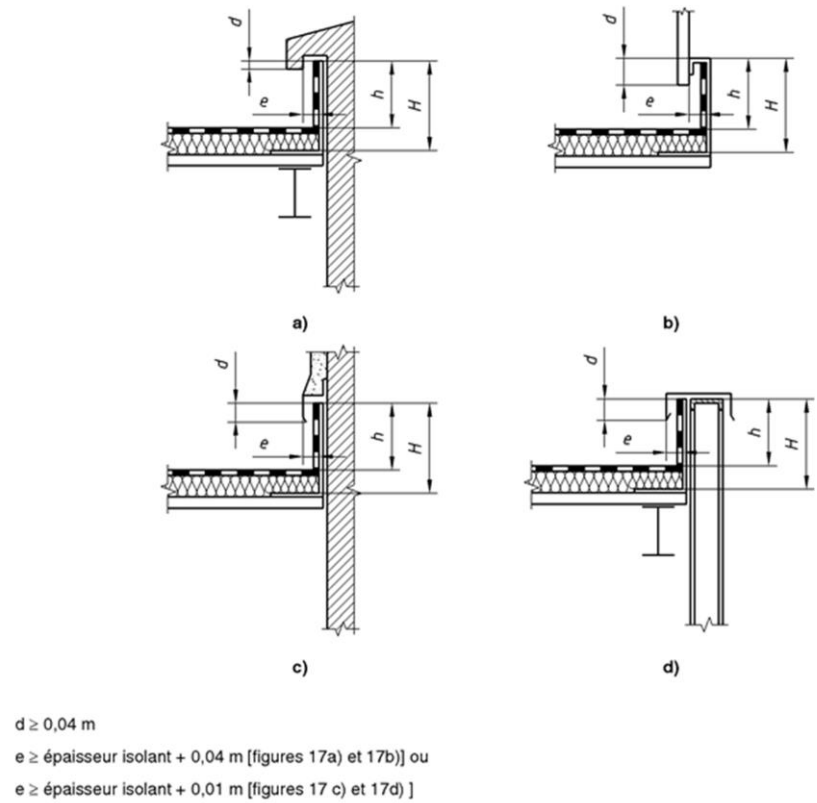


Figure 17 Reliefs — Hauteur et forme de la partie supérieure

7.5.4- Costières

7.5.4.1- Généralités

Les costières (éventuellement revêtues de panneaux isolants) faisant office de support de relevé d'étanchéité sont en tôles d'acier galvanisé ou protégé contre la corrosion. Des costières préfabriquées en matériaux différents peuvent être utilisées (voir la norme NF DTU 43.3 P1-2).

Les costières doivent être solidaires des tôles d'acier nervurées.

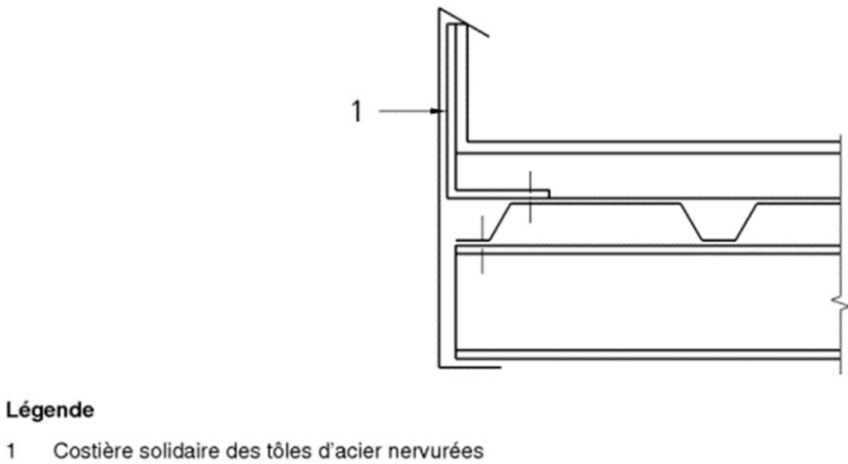


Figure 18 Doublage d'une costière non solidaire des tôles d'acier nervurées

Cette exigence peut être satisfaite :  
En rapportant une costière sur les tôles d'acier nervurées de partie courante (cas général, figure19). Les costières doivent se recouvrir entre elles de 0,04 m au moins.



Figure 19 Costière fixée directement à la tôle d'acier nervurée

Les fixations aux tôles d'acier nervurées (voir figure 20) s'effectuent en quinconce, au moins tous les 0,50 m dont une au droit des recouvrements.

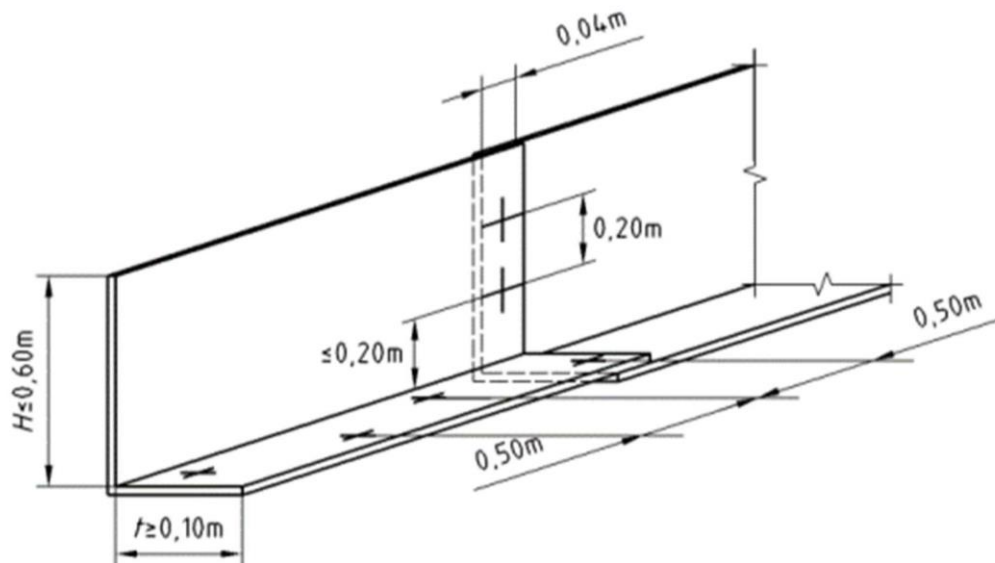


Figure 20 Costières fixées sur les tôles d'acier nervurées  
Recouvrement et fixations

Les recouvrements des ailes verticales sont couturés à raison d'une fixation au moins tous les 0,20m. Lorsque les costières atteignent ou dépassent une hauteur de 0,30 m au-dessus du niveau supérieur des tôles d'acier nervurées, une fixation en tête de ces costières est obligatoire tous les mètres.  
La fixation en tête n'est pas exigée lorsque la costière jouxte un ouvrage en maçonnerie.

7.5.4.2- Dimensionnement des costières

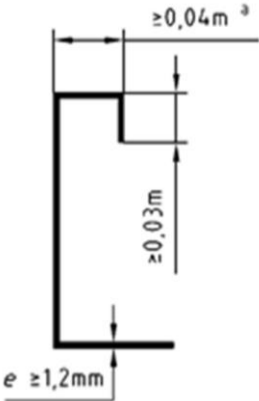
Type de costière	Épaisseur (mm)	Hauteur H <sup>a)</sup> (m)	Talon (m)	Profil en partie haute (m)
Rapportée courante	0,75	≤ 0,25	≥ 0,10	—
	1,0	≤ 0,40	≥ 0,10	
	≥ 1,2	≤ 0,60	≥ 0,10	
Support de contre-bardage	≥ 1,2	≤ 0,60	≥ 0,10	Conforme à la figure 24 : — Aile horizontale ≥ 0,04 — Retombée verticale ≥ 0,03
Support de lanterneau ponctuel selon DTA	≥ 1,2	≤ 0,60	≥ 0,09	Conforme à son Document Technique d'Application (DTA) <sup>15)</sup>
Support de système d'éclairage en bandes translucides selon DTA	≥ 2,0	≤ 0,60	≥ 0,09	Conforme aux figures 25 ou à son Document Technique d'Application (DTA) <sup>15)</sup>
Support d'équipement (exutoires de fumées, aérateurs, ...)	Fonction de l'équipement <sup>b)</sup>		≥ 0,10	Fonction de l'équipement

a) Voir figure 20.  
b) S'il s'agit de costière autoportante, le dimensionnement (épaisseur, hauteur) est fonction de la charge transmise par l'élément porté et par les tôles d'acier nervurées qui se trouvent en appui sur cette costière.

15) Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

Tableau 14 Dimensionnement des costières

Les costières présentent les caractéristiques suivantes :



Légende  
a aux 0,04 m, il convient d'ajouter l'épaisseur de l'isolant éventuel

Figure 24 Costières support de contre-bardage



DT15 – Durée de réverbération

Tableau 8 Durée de réverbération

Les valeurs des durées de réverbération (en secondes) correspondent à la moyenne arithmétique des durées de réverbération dans les intervalles d'octave centrés sur 500, 1 000, et 2 000 Hz et pour des locaux normalement meublés et non occupés.

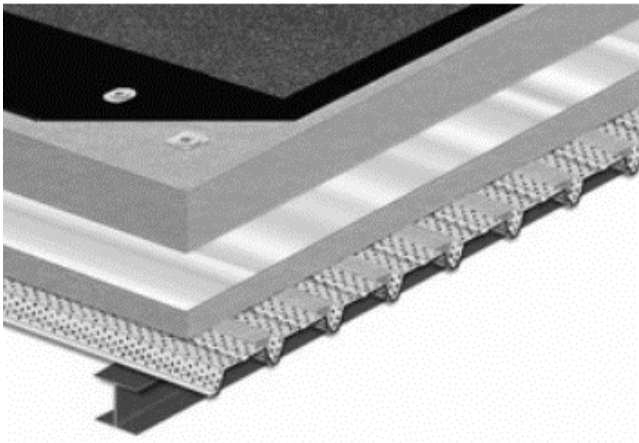
Locaux meublés non occupés	Durée de réverbération moyenne (en s)
Salles des écoles maternelles, locaux d'enseignement de musique, d'étude, d'activités pratiques, salle de restauration et salle polyvalente < 250 m <sup>3</sup> , local médical ou social, infirmerie, sanitaires, administration, foyer, salle de réunion, bibliothèque, CDI.	0.4 s ≤ Tr ≤ 0.8 s
Local d'enseignement de musique, d'études ou d'activités pratiques d'un volume >250 m <sup>3</sup> , sauf atelier bruyant	0.6 s ≤ Tr ≤ 1.2 s
Salle de restauration d'un volume > 250 m <sup>3</sup>	Tr ≤ 1.2 s
Salle polyvalente d'un volume > 250 m <sup>3</sup>	0.6 s ≤ Tr ≤ 1.2 s et étude particulière obligatoire
Salle de sport	Définie dans l'arrêté relatif à la limitation du bruit dans les établissements de loisirs et de sports pris en application de l'art. L 111-11-1 du code de la construction et de l'habitation.

DT16 – Extraits DTU 43.3 et documentation technique support d'étanchéité perforé

E.1.7 - tôles perforées ou crevées (Extrait du DTU 43.3)

La perforation associée à un absorbant sur tout ou partie du profil permet d'obtenir une correction acoustique du local couvert.  
Une désignation spécifique est attachée à chaque géométrie de perforation.

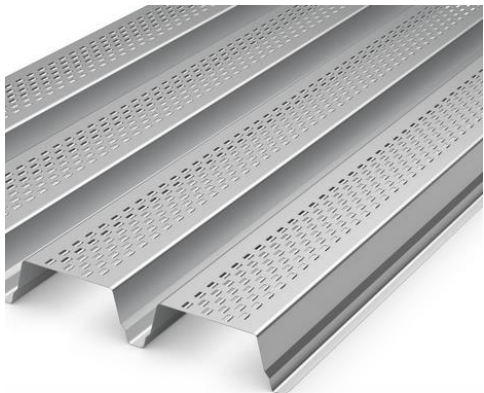
NOTE :  
La perforation constitue un affaiblissement de la tenue mécanique des tôles. Il en est tenu compte dans les tableaux de charge. L'appréciation de l'absorption acoustique obtenue peut être définie pour chaque complexe de couverture par un rapport d'essai. Le rapport d'essai définit notamment le coefficient d'absorption « Sabine » en fonction des fréquences des sons émis ainsi que la constitution de la maquette essayée.



**Perforation totale :**  
  
Absorption acoustique de α=0,95.  
Mise en œuvre de l'isolant avec des fixations traversantes.



**Perforation en plage :**  
  
Absorption acoustique de α=0,80.  
Mise en œuvre de l'isolant avec des fixations traversantes.



**Perforation en âmes :**  
  
Absorption acoustique de α=0,65.  
Mise en œuvre de l'isolant par collage.



## 4 - Symboles

- $P$  pression de calcul en pascals (Pa) ;
- $\varepsilon_1$  facteur d'équivalence des vitrages isolants ;
- $\varepsilon_2$  facteur d'équivalence des vitrages feuilletés ;
- $\varepsilon_3$  facteur d'équivalence des vitrages simples monolithiques ;
- $e_1$  épaisseur calculée en millimètres (mm) ;
- $e_F$  épaisseur équivalente pour le calcul de la flèche en millimètres (mm) ;
- $e_R$  épaisseur équivalente pour le calcul de la résistance en millimètres (mm) ;
- $L$  grand côté en mètres (m) ;
- $l$  largeur en mètres (m) ;
- $S$  surface réelle calculée au moyen des dimensions précitées exprimée à deux décimales, en mètres carrés ( $m^2$ ) ;
- $f$  flèche en millimètres (mm) ;
- $\alpha$  coefficient de déformation fonction du rapport  $L/l$ .

## 6 - Combinaisons de charges.

## 6.1 - Vitrages verticaux.

La pression de calcul  $P$  est égale à la pression de vent  **$P_{vent}$** .

## 6.2 - Vitrages inclinés.

Les vitrages inclinés sont calculés pour résister à la plus défavorable des charges

suivantes :  $P = \text{MAX}[P_{vent} ; P_2 ; P_3]$

-  $P_{vent}$

-  $P_2 = 3,75 (S_1 + P_p)$  ;

-  $P_3 = 2,2 (S_2 + P_p)$ . où  $P_p = 25 \times \text{ép.}$  (ép : exprimée en mm)

## 7- Méthodes de calcul

## 7.1 - Principe

La pression de calcul selon l'Article 6 est utilisée dans les formules ci-après pour déterminer une épaisseur  $e_1$ .

Un facteur de réduction  $c$  lié à la situation du châssis est appliqué suivant 7.3.

L'épaisseur  $e_R$  définie à l'Article 8 intègre les facteurs d'équivalence  $\varepsilon$  du vitrage. Elle doit être au moins égale au produit ( $e_1 \times c$ ).

$$e_R \geq e_1 \times c \quad \dots (4)$$

Dans tous les cas, on calcule ensuite une épaisseur  $e_F$  suivant l'Article 9 pour vérifier que la flèche respecte les critères fixés. Si la flèche dépasse la valeur admissible, l'épaisseur des composants doit être augmentée jusqu'au respect de l'ensemble des exigences.

7.2 - Calcul de l'épaisseur  $e_1$ .

## 7.2.1 - Vitrages en appui sur toute la périphérie.

a) Vitrage dont le rapport  $L/l$  est inférieur ou égal à 2,5 :  $e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}}$  en mm

b) Vitrage dont le rapport  $L/l$  est supérieur à 2,5 :  $e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3}$  en mm

☞  $l$  désigne la longueur du petit côté [m]

☞  $P$  désigne la pression de charge conventionnelle [Pa]

☞  $S$  désigne la surface du vitrage [ $m^2$ ]

7.3 - Facteur de réduction  $c$ .

$c = 0,9$  pour les vitrages extérieurs en rez-de-chaussée et dont la partie supérieure est à moins de 6 m du sol

$c = 1$  dans tous les autres cas

7.4 - Facteurs d'équivalence  $\varepsilon$ .

Les facteurs d'équivalence  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  tiennent compte de l'assemblage entre composants. Le facteur d'équivalence  $\varepsilon_3$  tient compte de la nature des composants.

## 7.4.1- vitrages isolants

Type de vitrage		$\varepsilon_1$
Vitrage isolant NF EN 1279	Comportant deux produits verriers (double vitrage)	1,60
	Comportant trois produits verriers (triple vitrage)	2,00

## 7.4.2 - vitrages feuilletés

Type de vitrage		$\varepsilon_2$
Vitrage feuilleté de sécurité NF EN ISO 12543-2	Deux composants	1,3
	Trois composants	2,5
	Quatre composants et plus	1,6
Vitrage feuilleté NF EN ISO 12543-3	Deux composants	1,6
	Trois composants et plus	2,0

## 7.4.3 - vitrages simples monolithiques

Type de vitrage	$\varepsilon_3$
Vitrage recuit NF EN 57 2-2	1
Vitrage recuit armé NF EN 57 2-3	1,2
Vitrage trempé NF EN 12510 ou NF 14179	0,61

8. Vérification de la résistance.

$e_R$  est l'épaisseur équivalente pour le calcul de résistance.  
La résistance d'un vitrage dépend de son épaisseur et de sa nature (recuit, trempé, imprimé, etc.). Dans le cas d'un assemblage associant des composants de nature différente, seule la valeur maximale des coefficients  $\varepsilon_3$ ,  $MAX(\varepsilon_3)$ , est à prendre en compte.  
Lorsque l'épaisseur  $e_R$  est inférieure à l'épaisseur nominale du composant le plus épais,  $e_R$  est pris égal à l'épaisseur de ce seul composant.

Il faut vérifier que :  $e_R \geq e_1 \times c$

9 - Vérification de la flèche  
Dans tous les cas, la flèche des vitrages doit être vérifiée.

9.1 - Calcul de flèche

$$f = \alpha \times \frac{P}{1,5} \times \frac{b^4}{e_f^3}$$

- $\alpha$  selon tableau Annexe D;  
 $b$  est :
- soit le petit côté  $l$  dans le cas de vitrages pris en feuillure sur 4 côtés
  - soit le bord libre  $L$  ou  $l$  dans le cas de vitrages pris sur 2 ou 3 côtés

9.2 - Critères admissibles

Dans le cas des vitrages extérieurs en appui sur leur périphérie, verticaux ou inclinés, la flèche maximale ou centre doit être inférieure au 1/60<sup>e</sup> du petit côté, et limitée à 30 mm.  
Les vitrages présentant un bord libre doivent avoir une flèche maximale inférieure aux valeurs suivantes :

- simple Vitrage :  $f \leq 1/100e$  du bord libre, soit  $f \leq b \times 10$ , limitée à 50 mm ;
- double Vitrage :  $f \leq 1/150e$  du bord libre, soit  $f \leq b \times 6,67$ , limitée à 50 mm.

Calculs de  $e_R$  et  $e_F$ .

Les calculs des épaisseurs équivalentes  $e_R$  et  $e_F$  servant aux vérifications des vitrages sont donnés ci-dessous en fonction des différentes situations possibles.  
 $e_i$ ,  $e_j$ ,  $e_k$  et  $e_l$  sont les épaisseurs nominales de chaque produit verrier composant le vitrage étudié.

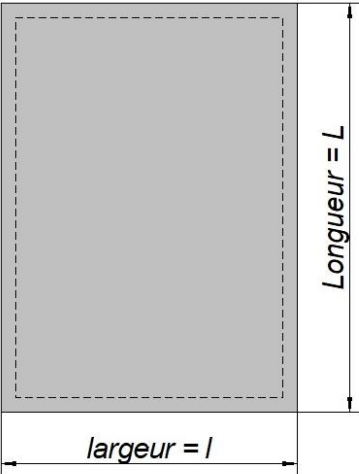
Type vitrage	$e_R$	$e_F$
Vitrage simple monolithique	$e_R = \frac{e}{\varepsilon_3}$	$e_F = e$
Vitrage simple feuilleté	$e_R = \frac{e_i + e_j + \dots + e_n}{0,9 \times \varepsilon_2 \times MAX(\varepsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_i + e_j + \dots + e_n}{\varepsilon_2}$
Vitrage isolant double 2 composants monolithiques	$e_R = \frac{e_i + e_j}{0,9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_i + e_j}{\varepsilon_1}$
Vitrage isolant double 1 composant feuilleté	$e_R = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{0,9 \times \varepsilon_2}}{0,9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1}$
Vitrage isolant double 2 composants feuilletés	$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0,9 \times \varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0,9 \times \varepsilon_2}}{0,9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$	$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1}$

Annexe D

D.1 Vitrage en appui sur 4 côtés.

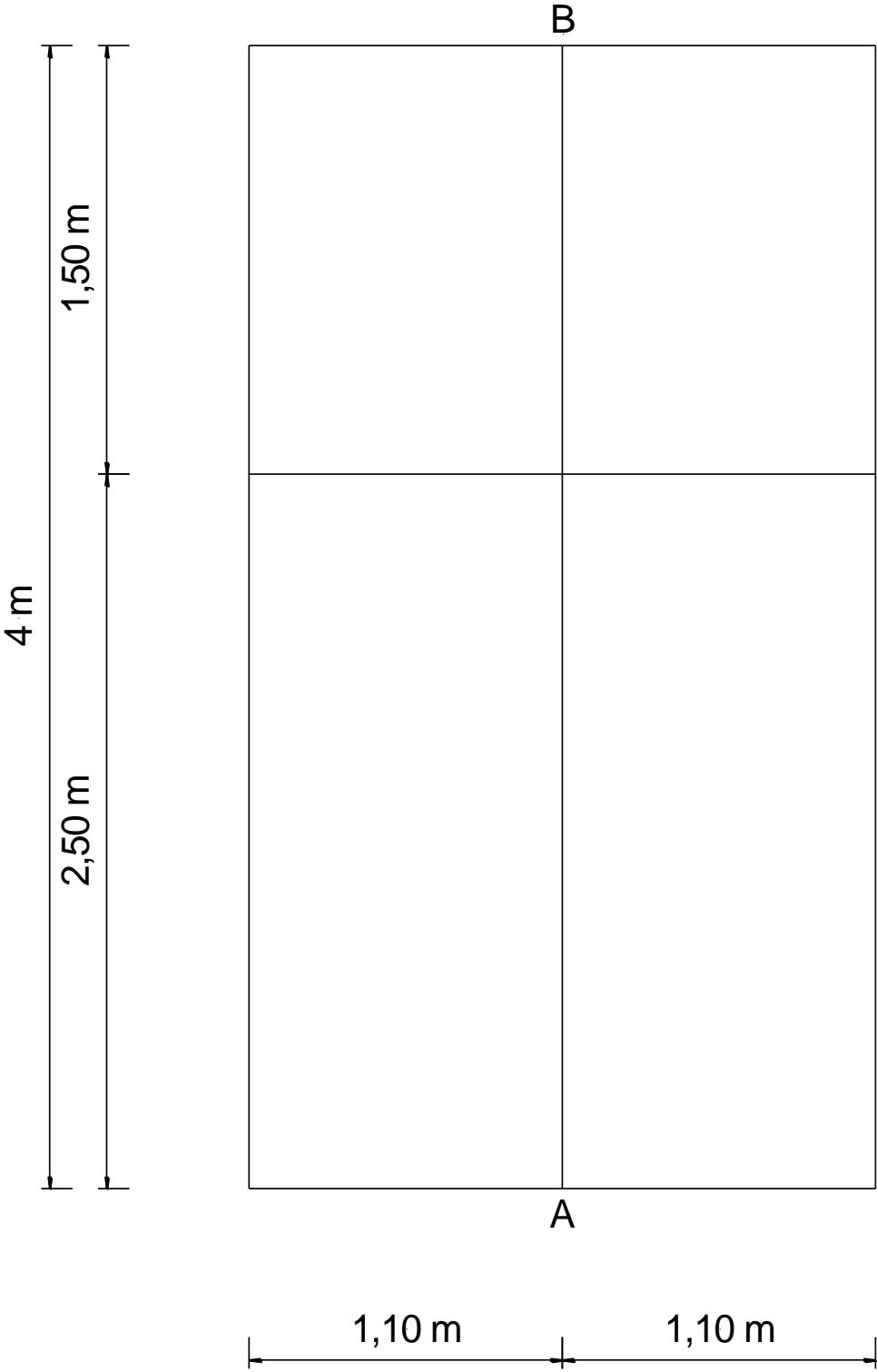
Valeurs de  $\alpha$  pour le calcul de la flèche

Tableau D.1 – Appui sur 4 côtés	
Rapport Largeur/Longueur (l/L)	$\alpha$
1	0,6571
0,9	0,8000
0,8	0,9714
0,7	1,1857
0,6	1,4143
0,5	1,6429
0,4	1,8714
0,3	2,1000
0,2	2,1000
0,1	2,1143
< 0,1	2,1143



Page blanche laissée intentionnellement.  
Ne rien inscrire dessus.





Calculs :

Modèle CCYC : ©DNE  
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

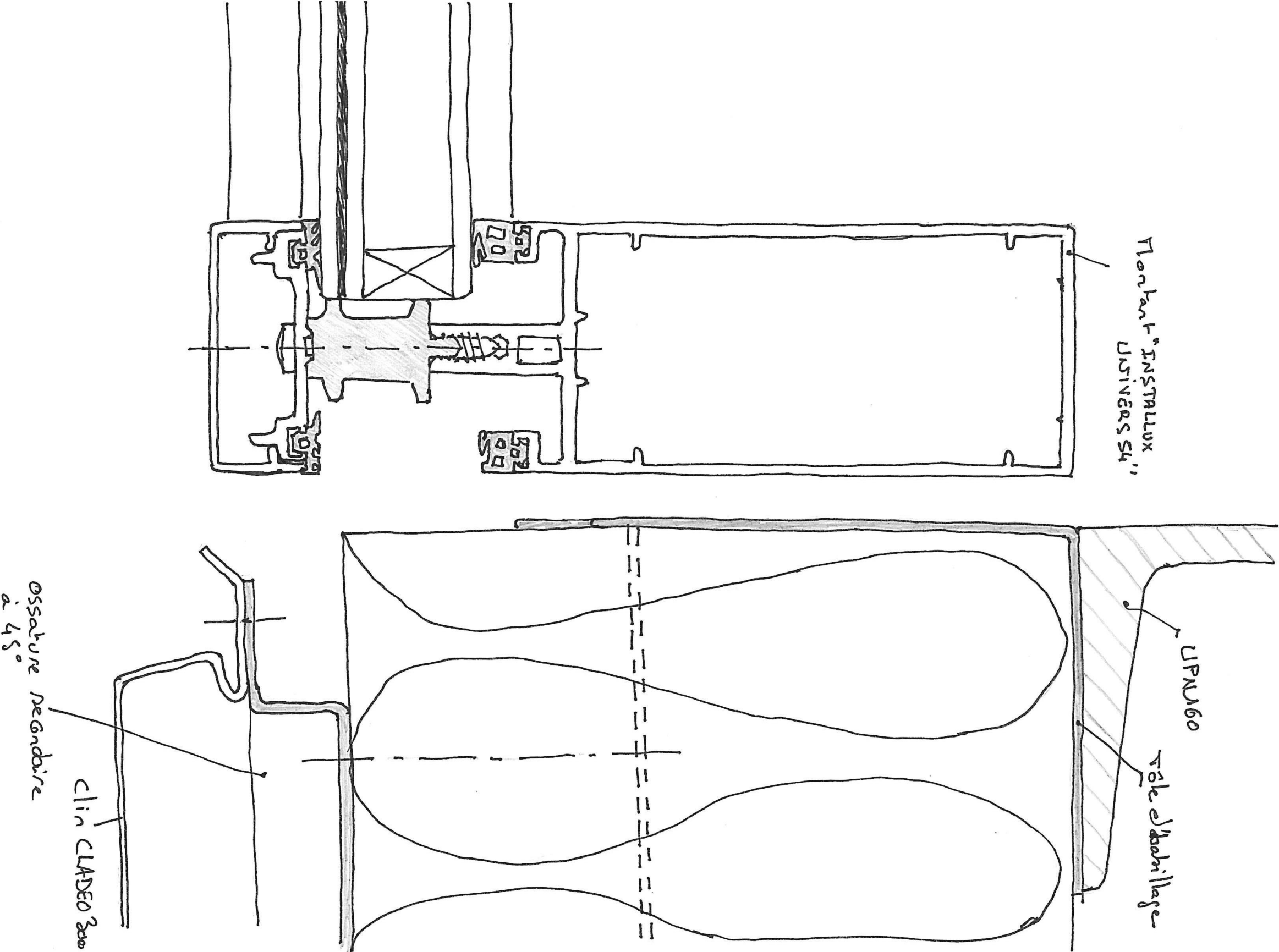
N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)



Modèle CCYC : ©DNE  
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

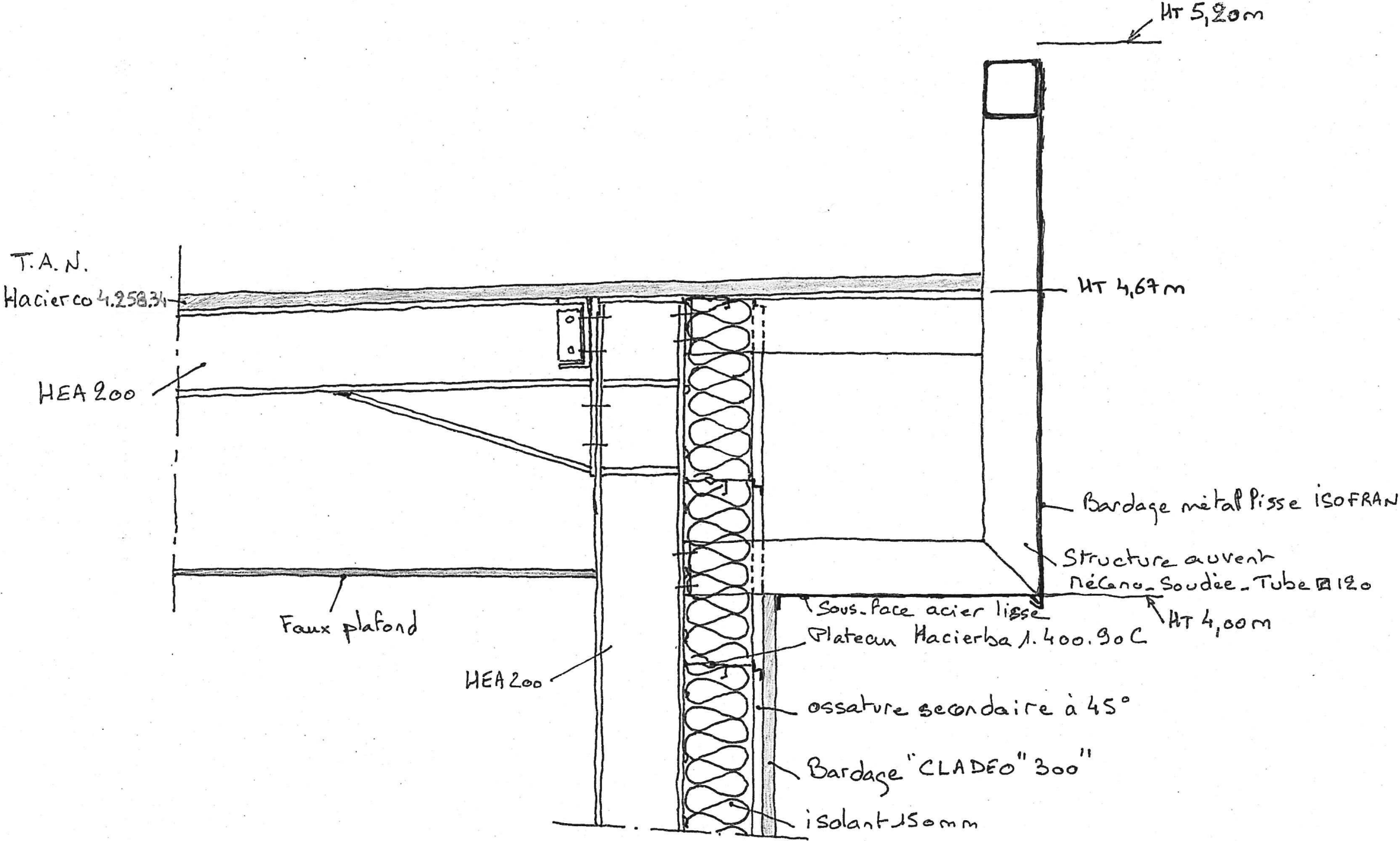


Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)





**NOM DE FAMILLE :**  
(en majuscules)

[illegible]

**PRENOM :**  
(en majuscules)

[illegible]

**N° candidat :**

[illegible]

**N° d'inscription :**

--	--	--

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Né(e) le :

