

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 2026

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 :

- DR01page 25/26
- DR02page 26/26

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 26 pages, numérotées de 1/26 à 26/26.

BTS ENVELOPPE DES BÂTIMENTS : CONCEPTION ET RÉALISATION		Session 2026
U41 – Analyse des enveloppes	26EB41ANE2	Page 1 sur 26

SOMMAIRE

Présentation du projet.....page 2

Compétences évaluées.....page 2

SUJET.....pages 3 à 6

Questionnaire partie 1.....pages 3 et 4

Questionnaire partie 2.....pages 4 et 5

Questionnaire partie 3.....pages 5 et 6

DOSSIER TECHNIQUE.....pages 7 à 24

DT01 – Repérage des coupes et zones d’étude.....page 7

DT02 – Façades.....page 8

DT03 – Coupe AA.....page 9

DT04 – Coupe DD et repérage du mur rideau.....page 10

DT05 – Extraits du CCTP.....pages 11 et 12

DT06 – Déformée et courbe de Moment Fléchissant aux ELS (RDM 6)page 12

DT07 – Fiche Technique N°45 SNFA.....page 13

DT08 – Documentation INSTALLUX façade rideau UNIVERS 54.....page 14

DT09 – Extrait du DTU 39 P4.....pages 15 et 16

DT10 – Extrait de la norme NF EN 12631.....pages 17 et 18

DT11 – Fiche technique Hacierba.....page 18

DT12 – Extrait avis technique Cladipan.....page 19

DT13 – Fiche technique lame bardage Iroise 300.....page 20

DT14 – Extrait du cahier de pose lames Iroise 300.....page 20

DT15 – Extrait de l’avis technique Sopranature Toundra.....page 21

DT16 – Fiche technique Sopranature Toundra.....page 21

DT17 – Extrait DTU 43.3.....pages 22 et 23

DT18 – Fiche technique Haciercopage 23

DT19 – Extrait du cahier de prescription de pose Flashing et Flashing jardin.....page 24

DT20 – Fiche technique bardage 6.175.25 B.....page 24

DOSSIER RÉPONSE.....pages 25 et 26

DR01 – Croquis de la liaison bardage double peau / mur rideau.....page 25

DR02 – Croquis du relevé sur acrotère et de la bande stérile.....page 26

Présentation du projet support de l’épreuve

L’étude concerne la construction d’un bâtiment à usage de bureaux et d’entrepôts d’environ 1 526 m² de surface de plancher, sur un terrain d’une surface de 3 963 m². Il est situé ZAC de LAMIRAULT à Croissy-Beaubourg (77).

L'ossature principale du bâtiment sera composée d'une charpente métallique constituée de poteaux et d'arbalétriers en profils métalliques du commerce.

La couverture sera réalisée principalement en étanchéité multicouche sur support en TAN. Les autres zones seront accessibles et réalisées en dalles sur plot sur support béton.

Les façades seront réalisées en bardage de type double peau mais également composées de murs rideaux en aluminium.



Le sujet comporte 7 études indépendantes regroupées en 3 parties :

- Partie 1 – Étude du lot menuiseries extérieures
- Partie 2 – Étude du lot bardage
- Partie 3 – Étude de l’étanchéité en toiture terrasse végétalisée

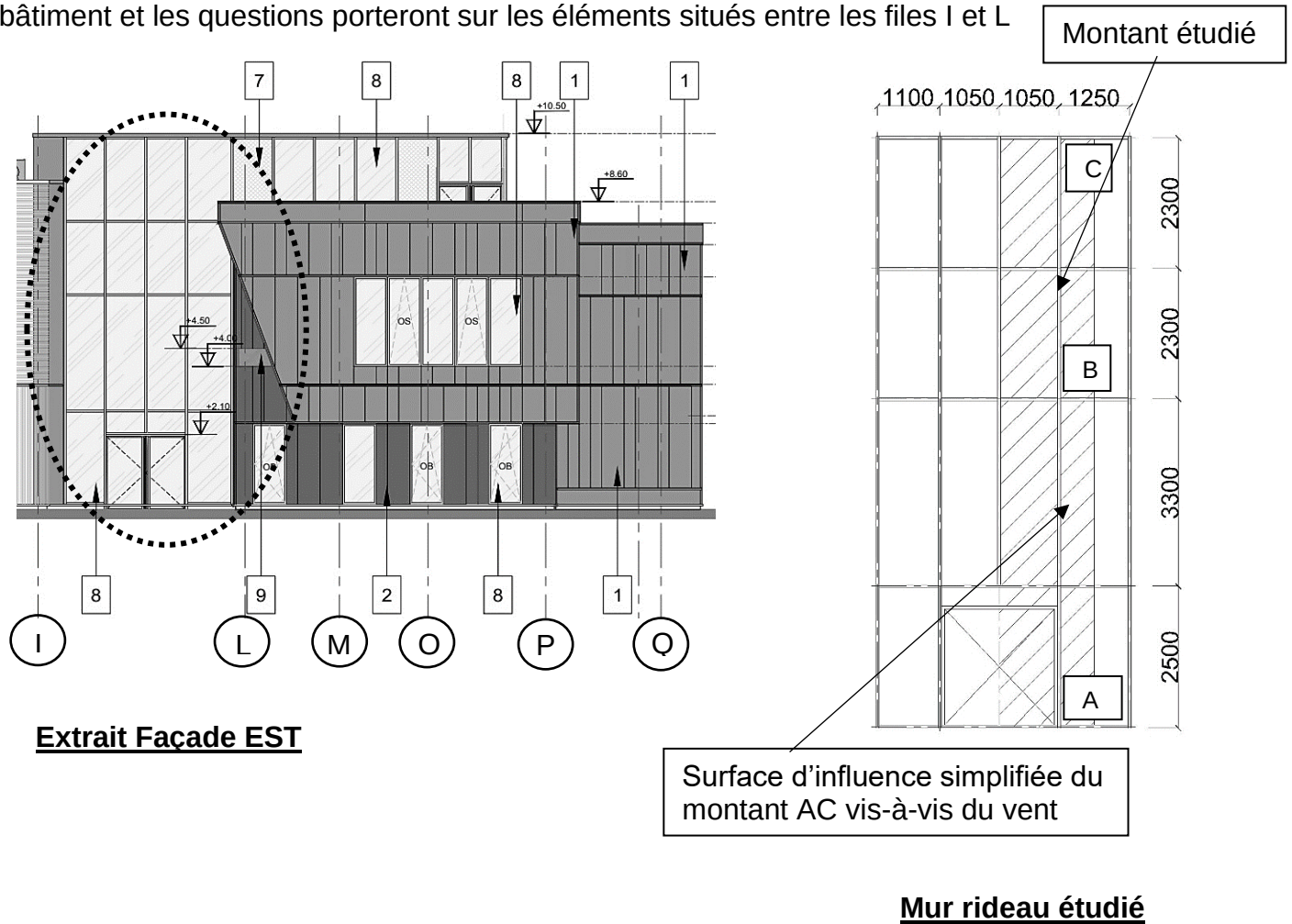
	Durées indicatives
Lecture du sujet	20 mn
Partie 1	90 mn
Étude A	40 mn
Étude B	30 mn
Étude C	20 mn
Partie 2	60 mn
Étude D	20 mn
Étude E	40 mn
Partie 3	70 mn
Étude F	30 mn
Étude G	40 mn

Compétences évaluées :

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

PARTIE 1 : ÉTUDE DU LOT MENUISERIES EXTÉRIEURES

Cette étude porte sur l’analyse technique du mur rideau situé façade Est du bâtiment et les questions porteront sur les éléments situés entre les files I et L



ÉTUDE A : DÉTERMINATION DES MONTANTS DU MUR RIDEAU

- Données :
 - Module élastique de l’aluminium : $E = 70\,000\text{ MPa}$;
 - Contrainte limite élastique de l’aluminium : 170 MPa ;
 - Montant sur trois appuis : appui articulé sur le manchon en pied A, appuis simples sur les sabots intermédiaires B et supérieurs C ;
 - Vent région 2 ;
 - Catégorie de terrain : III b ;
 - $f_{adm} = 15\text{ mm}$ (conformément aux recommandations INSTALLUX) ;
 - Coefficient de pondération aux ELU : 1,5 ;
 - Formule de la contrainte normale σ dans un profilé :
 M_{max} : moment fléchissant pondéré maximum ;
 $I_{xx'}/v$: module de flexion.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{\frac{I_{xx'}}{v}}$$

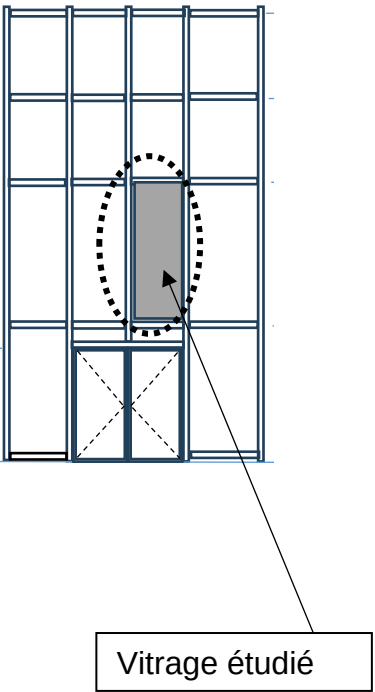
- Documents fournis :
 - DT 06 – Déformée et courbe de Moment Fléchissant aux ELS (RDM 6) ;
 - DT 07 – Fiche Technique N°45 SNFA ;
 - DT 08 – Documentation INSTALLUX façade rideau UNIVERS 54.

- Q1. Citer 3 des éléments influençant le choix d’un profilé de montant d’un point de vue mécanique.
- Q2. Justifier la charge répartie de vent sur le montant AC d’une valeur de 1590 N/m puis réaliser le schéma mécanique de l’ensemble.
- Q3. Déterminer et justifier l’inertie minimum requise pour satisfaire le critère de déformation à partir des résultats issus de la feuille de calcul.
- Q4. Choisir un profilé dans la gamme UNIVERS 54 de chez INSTALLUX qui répond aux critères de déformation.
- Q5. Vérifier le profilé en contrainte à l’ELU et conclure.

ÉTUDE B : VALIDATION DU VITRAGE

- Données :
 - Dimensions du vitrage étudié : $L : 0,97\text{ m} \times H : 3,22\text{ m}$;
 - Vitrage pris en feuillure sur 4 cotés ;
 - Composition du vitrage :
 - 6 PLANISTAR® SUN –12 argon – 4.
 - La valeur du coefficient α sera prise au plus défavorable ;
 - Vent région 2 ;
 - Catégorie de terrain : III b.
- Documents fournis :
 - DT 05 – Extrait du CCTP ;
 - DT 09 – Extrait du DTU 39 P4.

- Q6. Vérifier l’épaisseur du vitrage en résistance.
- Q7. Vérifier la flèche du vitrage et conclure.



ÉTUDE C : ÉTUDE THERMIQUE DU MUR RIDEAU

Cette étude porte sur la vérification de la performance thermique du mur rideau étudié précédemment. Le mur rideau est décomposé en 3 modules comme représenté ci-après.

- Données :
 - Composition du vitrage à faible émissivité : 6 PLANISTAR® SUN–12 argon – 4 ;
 - Intercalaire warm edge (à performance thermique améliorée) ;
 - $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$;
 - $U_m = U_t = 2,2 \text{ W/m}^2.\text{K}$;
 - $d_i = 170 \text{ mm}$.
- Documents fournis :
 - DT 05 – Extrait du CCTP ;
 - DT 08 – Documentation INSTALLUX façade rideau UNIVERS 54 ;
 - DT 10 – Extrait de la norme NF EN ISO 12631.

Les modules sont pris d'axe à axe.

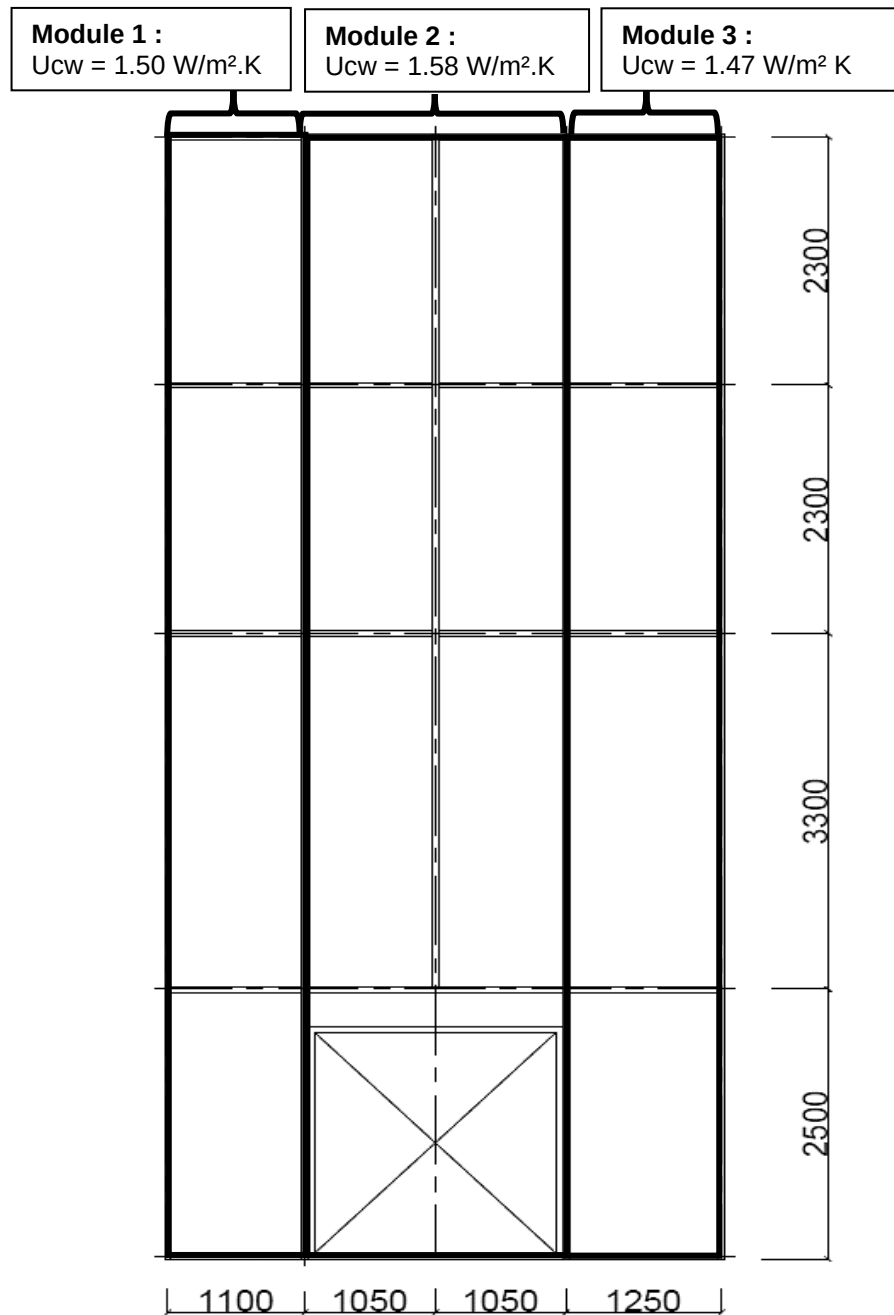


Schéma du mur rideau étudié

Q8. Vérifier en le justifiant la valeur de $1.47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ du coefficient surfacique moyen U_{cw} du module 3.

Q9. Déterminer le coefficient surfacique moyen U_{cw} , tot de la façade.

Q10. Conclure sachant que l'architecte souhaite un U_{cw} d'une performance égale au U_w des menuiseries préconisées dans le CCTP.

PARTIE 2 : ÉTUDE DU LOT BARDAGE

ÉTUDE D : ÉTUDE THERMIQUE DU BARDAGE

Cette étude porte sur le calcul thermique du bardage lames en pose verticale de type Iroise 300. Le but est de vérifier que la solution technique mise en œuvre est conforme aux attentes thermiques du projet.

Données :

- Densité de fixation : 2,5 vis/m².

Documents fournis

- DT 05 – Extrait du CCTP ;
- DT 11 – Fiche technique HACIERBA ;
- DT 12 – Extrait avis technique CLADIPAN .

Q11. Donner la signification des symboles Ψ et χ dans la formule du calcul de la déperdition thermique d'une paroi.

Q12. Vérifier que la solution technique proposée est conforme au CCTP d'un point de vue des performances thermiques.

ÉTUDE E : ÉTUDE DE LA LIAISON MENUISERIE / BARDAGE

L'étude porte sur la définition de la liaison entre le bardage étudié précédemment et le mur rideau situé façade Est.

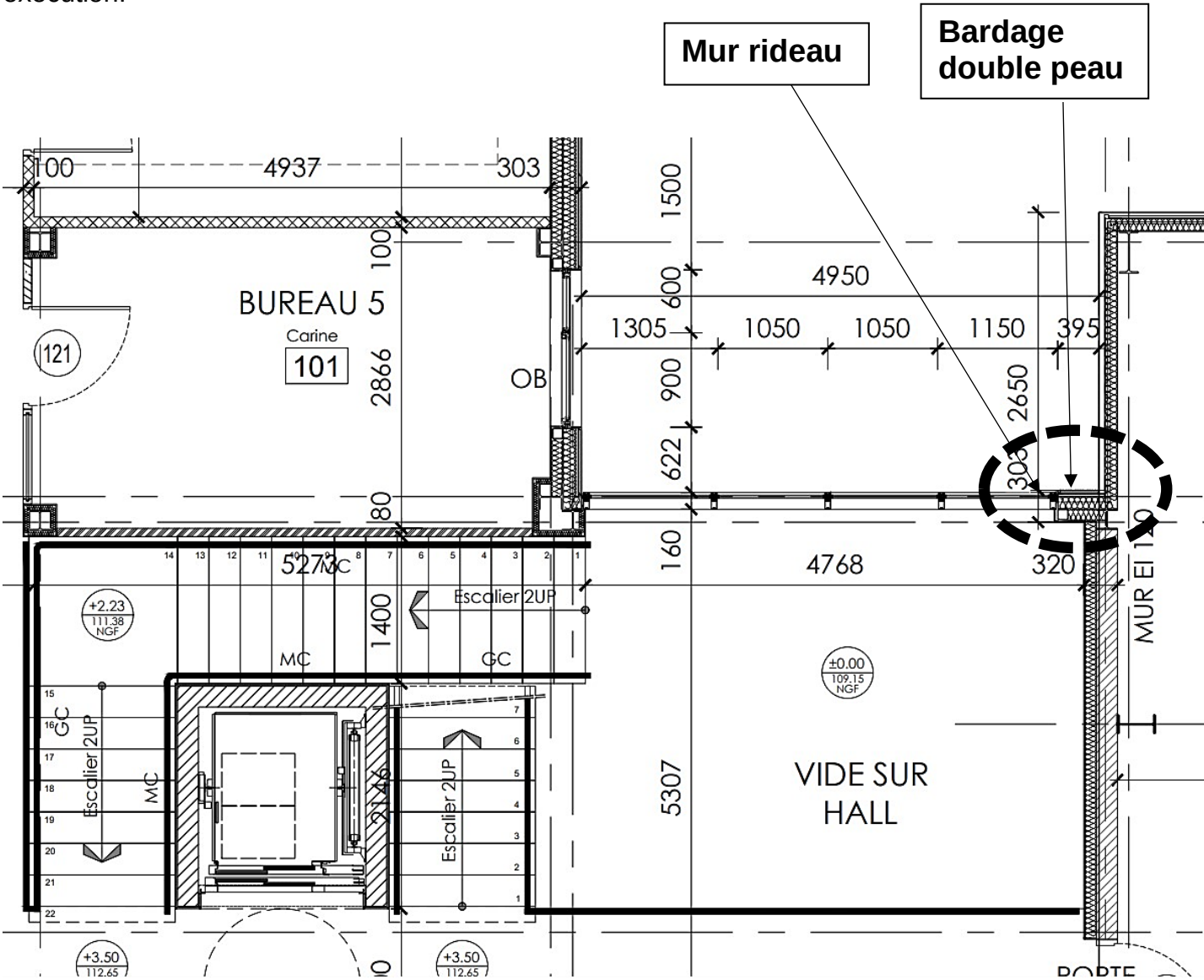
Documents fournis :

- DT 02 – Façades ;
- DT 05 – Extrait du CCTP ;
- DT 08 – Documentation INSTALLUX façade rideau UNIVERS 54 ;
- DT 12 – Extrait avis technique Cladipan
- DT 14 – Extrait du cahier de pose lames Iroise 300

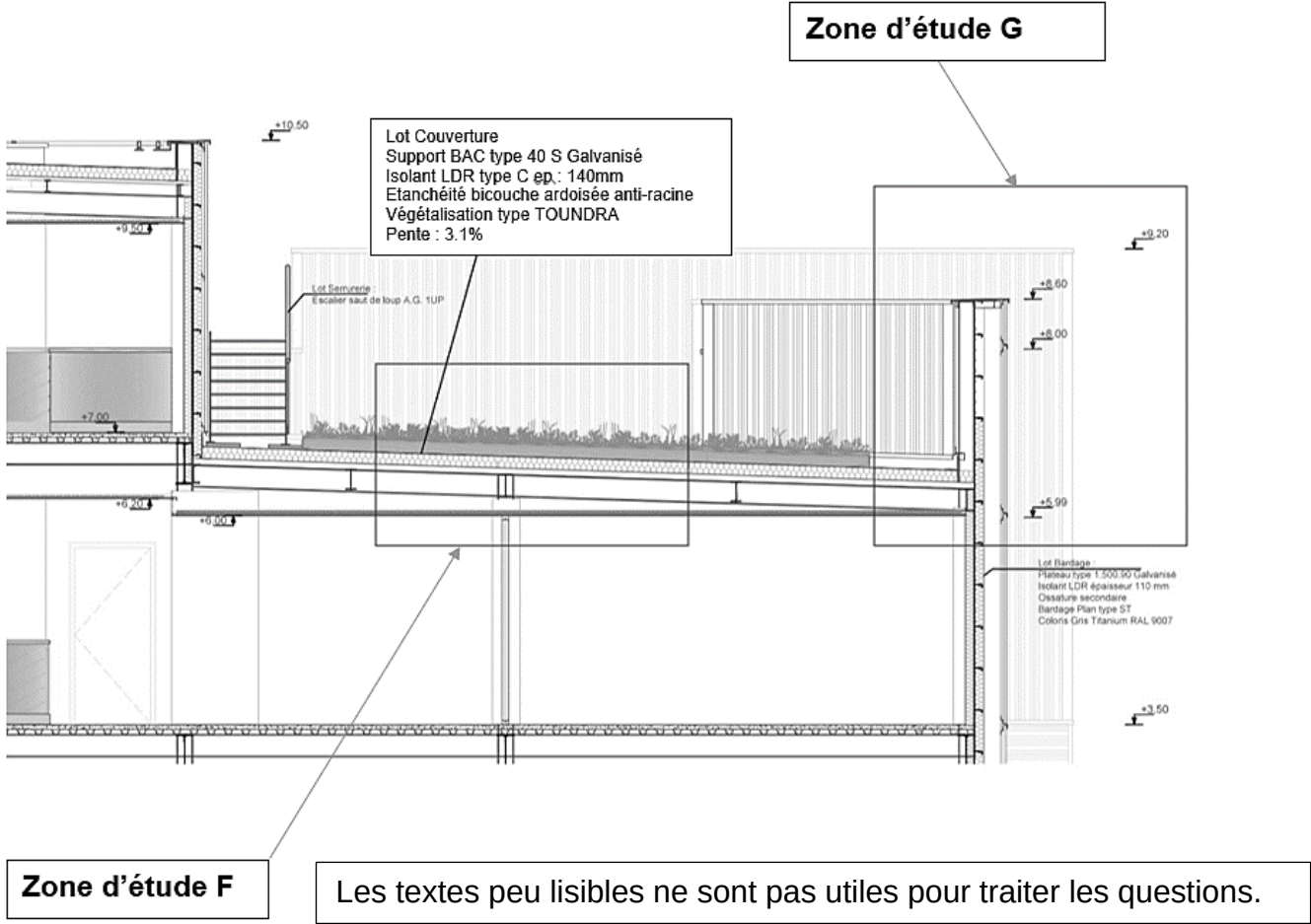
Document à compléter (à rendre avec la copie) :

- **DR 01** – Croquis de la liaison bardage double peau / mur rideau

Q13. Réaliser un schéma à main levée de la jonction entre le bardage et le mur rideau (référence 8507) étudiés précédemment. Le schéma représentera la liaison en coupe horizontale comme sur le schéma de repérage ci-dessous.
Le croquis doit être légendé et comporter l'ensemble des éléments nécessaires à une bonne exécution.



PARTIE 3 : ÉTUDE DE L'ÉTANCHÉITÉ EN TOITURE TERRASSE VÉGÉTALISÉE



ÉTUDE F : DIMENSIONNEMENT DES TAN SUPPORTS D'ÉTANCHÉITÉ POUR LA TOITURE VÉGÉTALISÉE

Données :

- Masse surfacique de l'étanchéité bicouche et du pare vapeur : 12 kg/m² ;
- Masse volumique de l'isolant : 150 kg/m³ ;
- Charges de neige à prendre en compte : 36 daN/m² ;
- Pose sur 3 appuis ;
- Entraxe entre pannes : 1,80 m ;
- La couche filtrante sera réalisée avec Soprafiltre ;
- Charge de végétalisation à prendre en compte.

Documents fournis :

- DT 01 – Repérage des coupes et zones d'étude ;
- DT 03 – Coupe AA ;
- DT 05 – Extrait du CCTP ;
- DT 15 – Extrait de l'avis technique Sopranature Toundra, avec charges à prendre en compte ;
- DT 16 – Fiche technique Sopranature Toundra ;
- DT 18 – Fiche technique Hacierco.

Q14. Calculer, en vue de dimensionner les TAN supports de couverture, les charges permanentes au m² du système de toiture végétalisée.

Q15. Indiquer la charge d'exploitation la plus défavorable.

Q16. Déterminer l'épaisseur du bac HACIERCO 4.250.40 nécessaire pour reprendre les charges.

ÉTUDE G : ÉTUDE DU RELEVÉ D'ACROTÈRE POUR LA PARTIE TOITURE VÉGÉTALISÉE.

Q17. Réaliser un schéma à main levée représentant le relevé sur acrotère de la toiture terrasse végétalisée ainsi que la bande stérile de la toiture. Représenter les relevés, le contre-bardage et la couvertine.

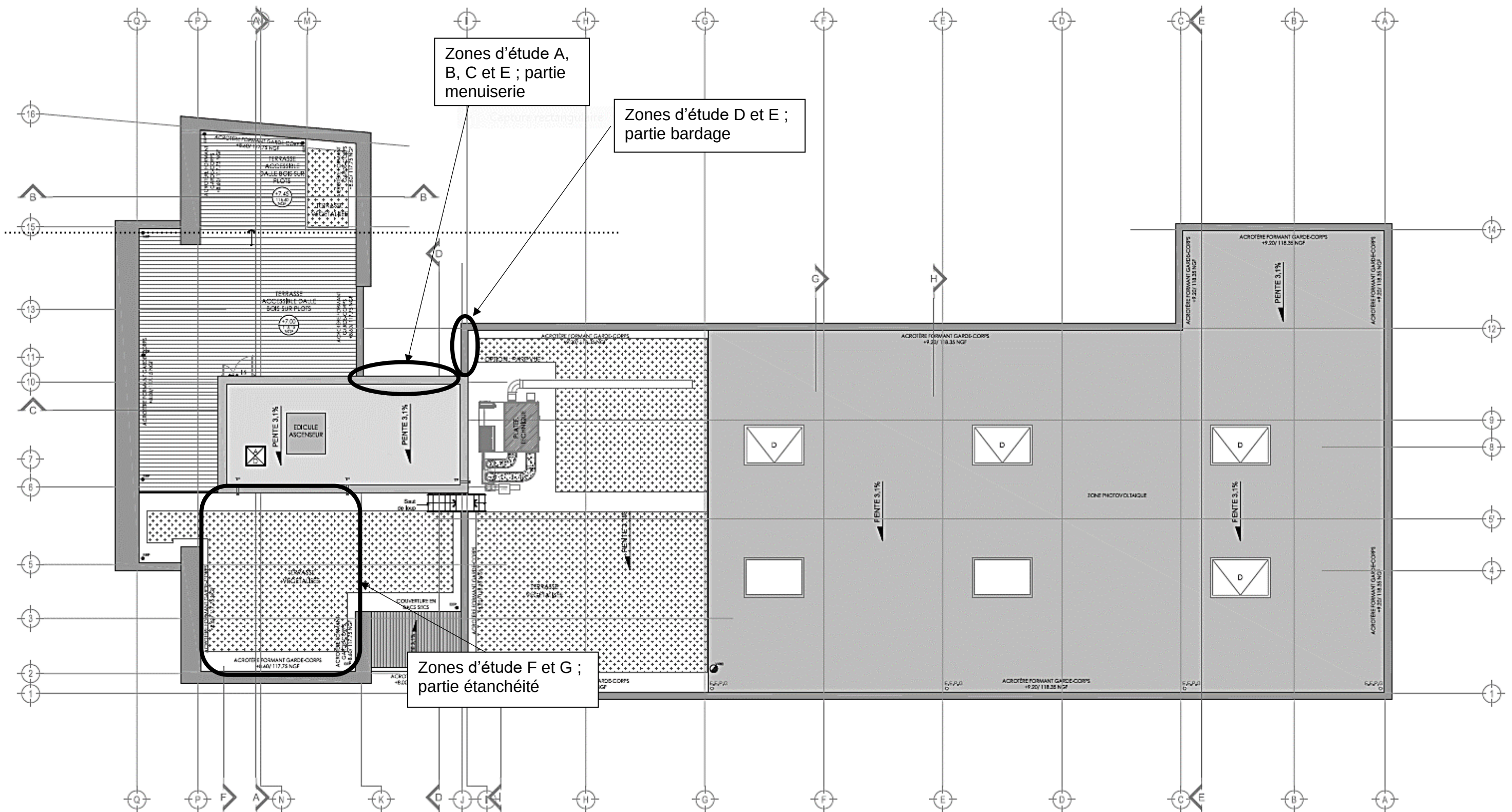
Le croquis doit être légendé et comporter l'ensemble des éléments nécessaires à une bonne exécution

Documents fournis :

- DT 05 – Extrait du CCTP ;
- DT 15 – Extrait de l'avis technique Sopranature Toundra avec charges à prendre en compte ;
- DT 16 – Fiche technique Sopranature Toundra;
- DT 17 – Extrait du DTU 43.3 ;
- DT 18 – Fiche technique Hacierco ;
- DT 19 – Extrait du cahier de prescription de pose Flashing et Flashing jardin ;
- DT 20 – Fiche technique bardage 6.175.25 B

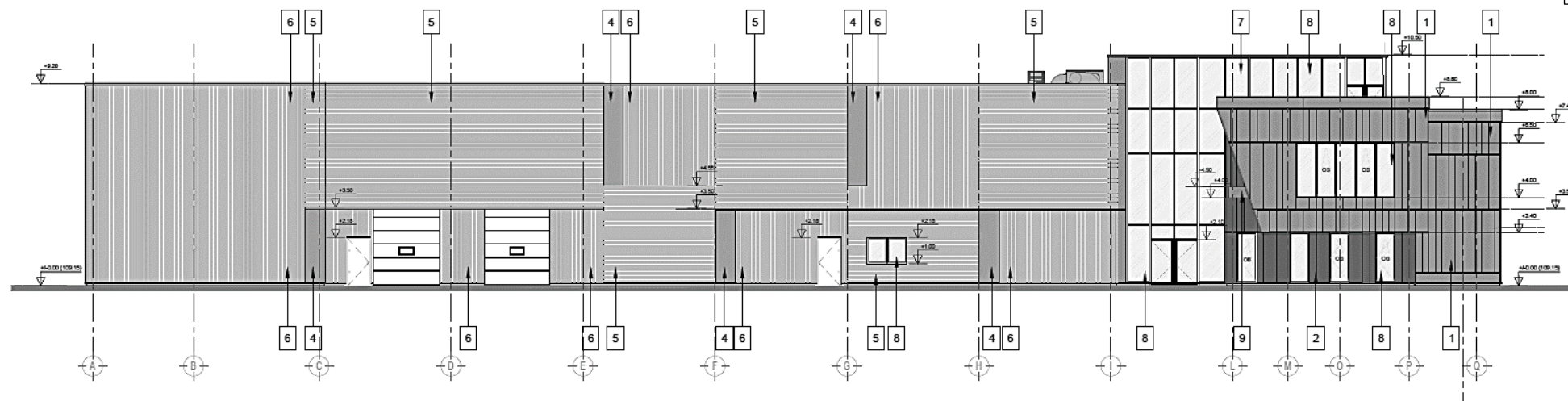
Document à compléter (à rendre avec la copie) :

- **DR 02** – Croquis du relevé sur acrotère et de la bande stérile



DT02 – Façades

FACADE EST

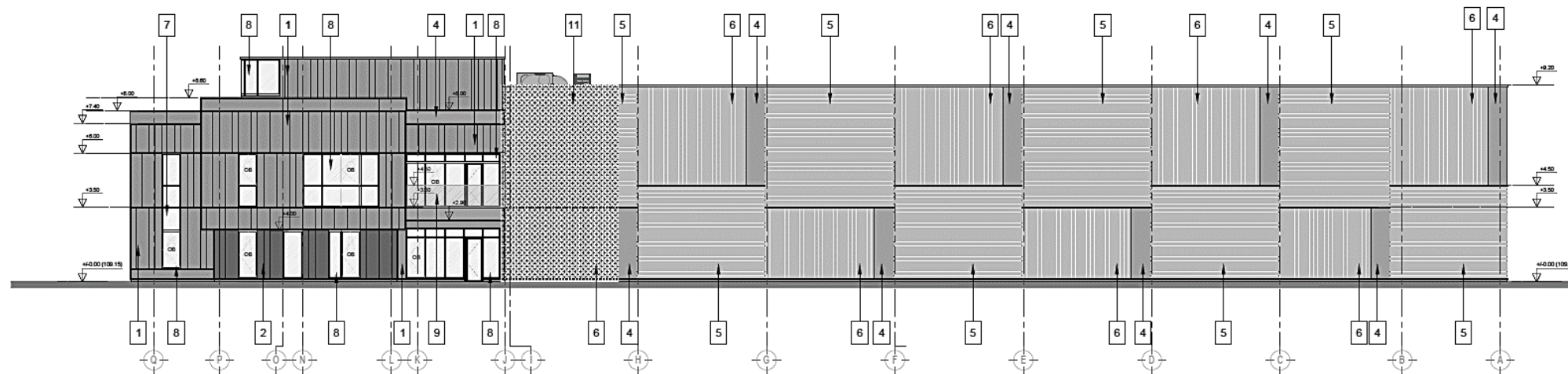


Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions.

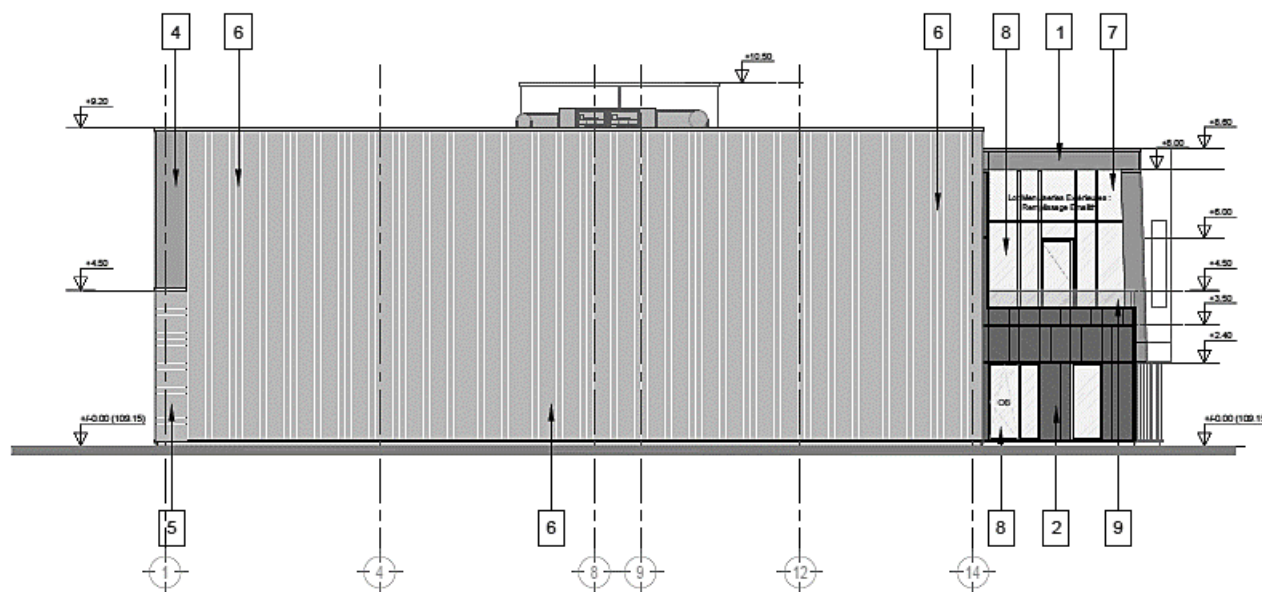
LEGENDE FACADES

- 1 Bardage lames type SPO ou similaire - Gris TITANIUM Réf. 4959
- 2 Bardage lames type SPO ou similaire - Gris GRAPHIT Réf. 4702
- 3 Bardage lames type SPO ou similaire - Gris MOUSE Réf. 4752
- 4 Bardage lames type SPO ou similaire - Cuivre Réf. 1968
- 5 Bardage nervuré horizontal - Gris MOUSSE Réf. 4752
- 6 Bardage nervuré vertical - Gris MOUSE Réf. 4752
- 7 Vitrage émaillé - Menuiserie gris GRAPHIT Réf. 4702
- 8 Vitrage clair - Menuiserie gris GRAPHIT Réf. 4702
- 9 Garde-corps en verre clair
- 10 Porte/portillon métallique - Gris MOUSE Réf. 4752
- 11 Plantes grimpantes sur treillis métallique

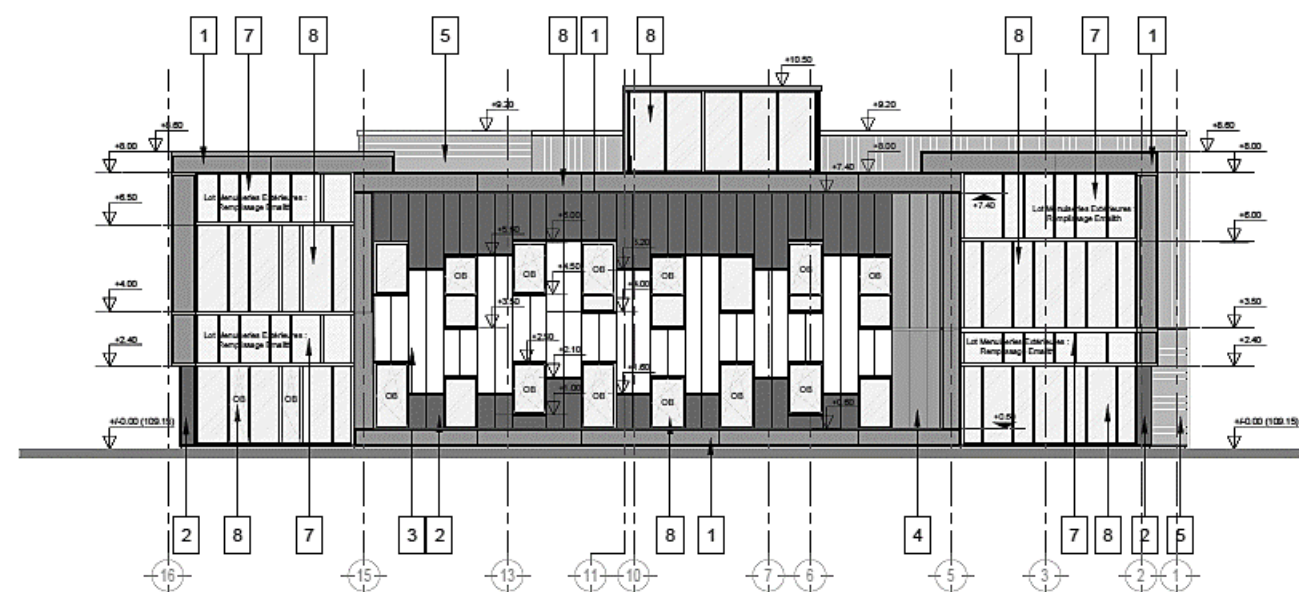
FACADE OUEST

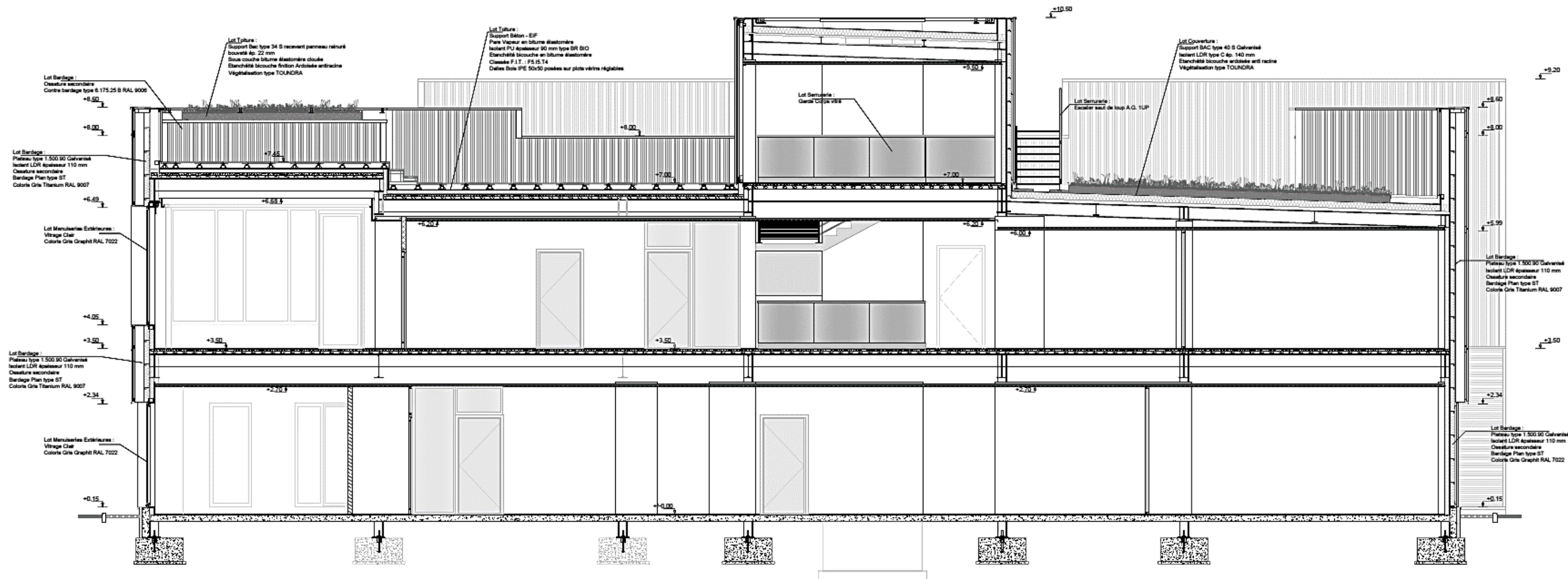


FACADE SUD



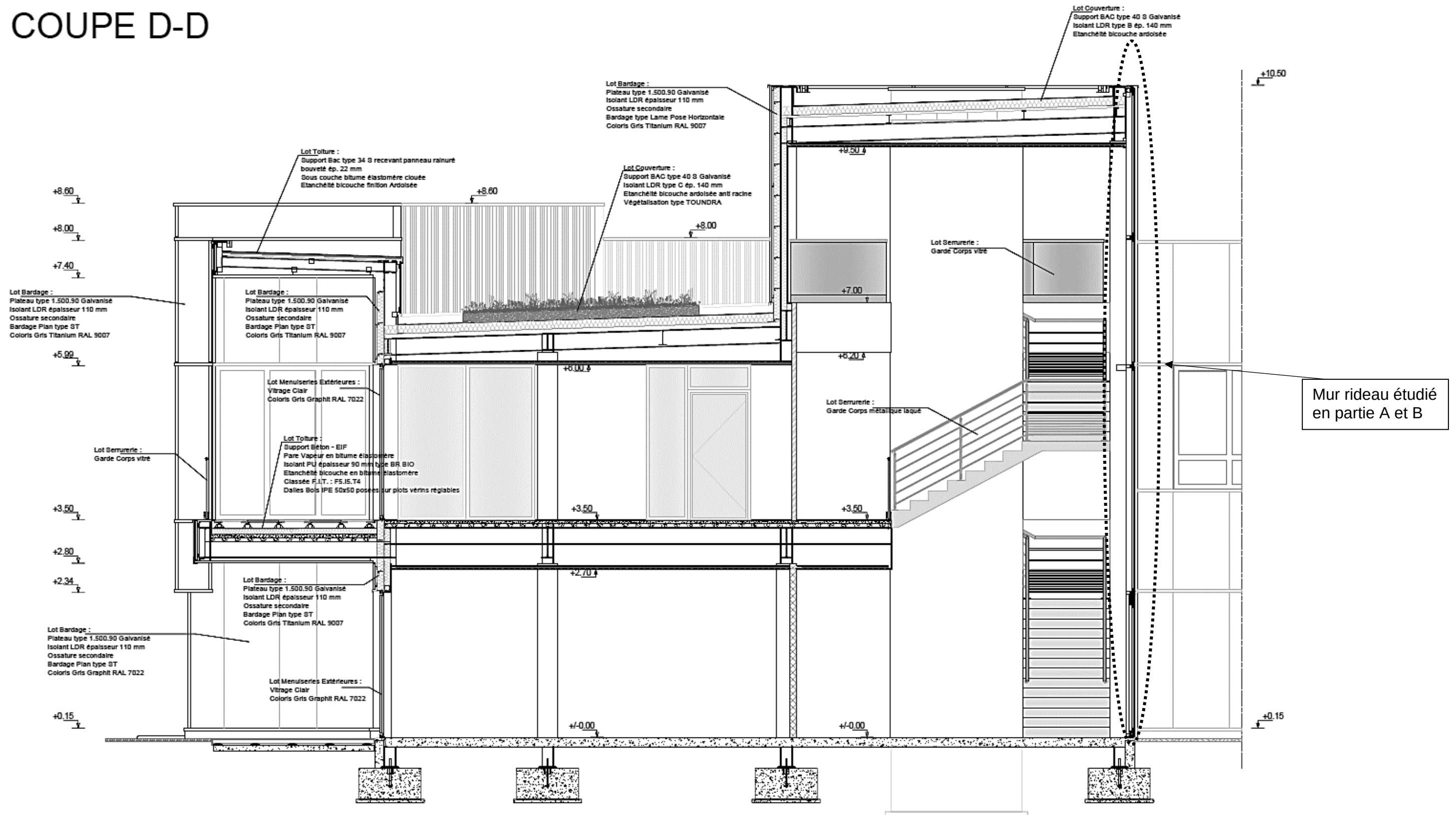
FACADE NORD





Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions.

COUPE D-D



Extrait du CCTP lot bardage

BARDAGE DOUBLE PEAU MÉTALLIQUE

Bardage métallique double peau à lames planes

Mise en œuvre de plateaux intérieurs métalliques profilés posés sur la structure, d’un isolant thermique, d’une peau extérieure en bacs métalliques plans.

Les plateaux intérieurs sont réalisés en tôles d'acier profilées fixées sur l'ossature sans recouvrement :

- Pose : horizontale,
- Plateau en acier galvanisé 1.500.90 plein,
- Revêtement intérieur : pré-laqué,
- L’aspect intérieur sera lisse ou très légèrement nervuré,
- La fixation sur la structure sera réalisée par vis auto-taraudeuse.

L’isolation thermique sera réalisée par laine de verre de type CLADIPAN32 d’ISOVER dans les plateaux pour un Up=0,38 W/m²°C.
Épaisseur : 130 mm et/ou selon étude thermique

La peau extérieure est réalisée à partir de lames rigides sans ondulation de type lame ST :

- En acier galvanisé,
- Profil : normal et courant pour répondre aux conditions climatiques et d'exploitation,
- Pose : verticale sur écarteurs,
- Revêtement extérieur laquage normal, polyester 25 µm,
- Largeur imposée : 300, 500 et 600 mm,
- Teinte : selon plans guide SALINI et PC,
- Référence : lames pliées épaisseur 20/10 ou suivant la préconisation du fabricant en fonction des longueurs.

Nota : Le nu extérieur du bardage plan est en alignement avec le bardage horizontal.

Localisation : selon plans des façades

CONTRE BARDAGE

Contre bardage par bardage simple peau

Habillage des relevés d’acrotère au droit des longs pans et pignons par contre bardage en tôle d'acier prélaqué de type 6.175.25 B.

- Sujétions de fourniture et mise en œuvre :
- Contre bardage en tôle d'acier galvanisée et prélaquée,
 - Lisses haute et basse en acier galvanisé 15/10 chevillées mécaniquement sur les ouvrages maçonnés ou sur ossature du charpentier,
 - Recouvrement minimum de 100 mm entre le dessus de la costière et le bas des tôles de contre bardage.

Localisation : en périphérie des toitures, des toitures-terrasse

Extrait du CCTP lot étanchéité

COUVERTURE MULTICOUCHE ÉTANCHÉE

Végétalisation 15cm

Complexe d’étanchéité sur support en tôle d’acier galvanisé conforme au DTU 43.

- Fourniture et mise en œuvre d’un complexe multicouche étanchée, comprenant :
- Bacs aciers pré-laqué blanc, M0, vis apparente,
 - Pare vapeur,
 - Isolation thermique par panneaux de laine de roche de 140mm ou sans isolant en fonction des zones,
 - Complexe bicouche élastomère antiracine adapté à recevoir un complexe de végétalisation avec finition auto protégé, coloris au choix,
 - Végétalisation en semi-intensif de type TOUNDRA de chez SOPREMA ou équivalent comprenant :
 - Sopralithe
 - Soprafiltre
 - Végétation TOUNDRA
 - Relevés en périphéries sur costières, relevés périphériques et toutes sorties toiture réalisés en flashing,
 - Zone stérile de 40 cm et d’épaisseur 8 cm et bandes séparatives et acier galvanisé,
 - Ensemble des renforts d’étanchéité au droit des noues, faitages et des cheminements de circulation.

Respect du point sur terrasses et toitures végétalisées (e-Cahiers du CSTB, Cahier 3603, juin 2007).
Tous les matériaux utilisés bénéficieront d’un avis technique du CSTB en cours de validité.

Localisation : selon plans

Extrait du CCTP lot Menuiseries extérieures

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES GÉNÉRALES

CLASSEMENT AEV

Le classement des menuiseries exigé est : A2 E4 VA2.

QUALITÉ DES MENUISERIES ALUMINIUM

Les profils aluminium seront réalisés par extrusion en alliage 60 x 60 AGS T5 selon les normes les concernant.
Les tolérances de filage seront en conformité avec les normes les concernant.
Tous les joints devront répondre à la norme les concernant.
Les angles de joints de vitrage seront réalisés par colle cyanoacrylate.
Les joints centraux d'étanchéité entre dormant et vantaux seront assemblés et collés avec des angles de joints préformés.
Les couvre-joints extérieurs ou intérieurs seront, soit intégrés dans le profilé, soit rapportés en applique. Dans ce dernier cas, ils seront étanchés et isolés si besoin est.
Pour la visserie de l'assemblage et la pose, il ne sera employé que des vis en acier inoxydable asthénique ou chrome nickel, selon la norme AFNOR.
Les pièces d'habillage sur appuis de baies intégrées dans des surfaces de bardage, seront réalisées par l'entreprise de bardage et formeront des rejingots ; l'étanchéité des châssis sur ces pièces sera réalisée par l'entreprise du présent lot.
Les accessoires des menuiseries aluminium tels que grilles de ventilation, pièces extérieures des condensats, etc..., seront de même teinte que les profils les recevant.
Les ensembles aluminium recevront le traitement suivant : thermo-laquage réalisé par pulvérisation sous haute tension, d'une poudre pigmentée à base de polyester, d'une épaisseur moyenne de 60 à 80 microns.

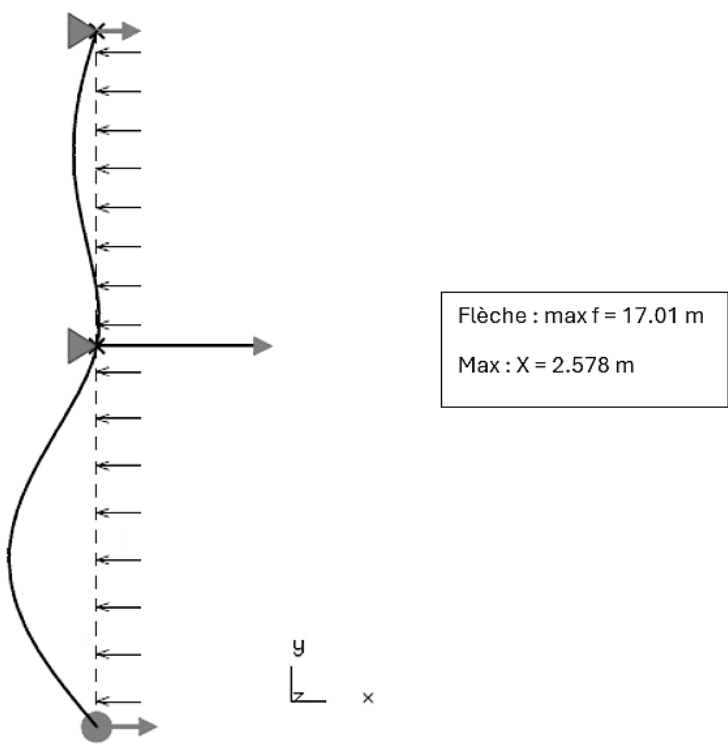
VITRERIE

Suivant leur exposition, les vitrages réfléchissants/teintés de faible émissivité équipant les châssis, devront obligatoirement être trempés pour éviter les chocs thermiques.
Tous les vitrages seront de type double vitrage 6-12-4 avec vitrage de sécurité en partie rez-de-chaussée.

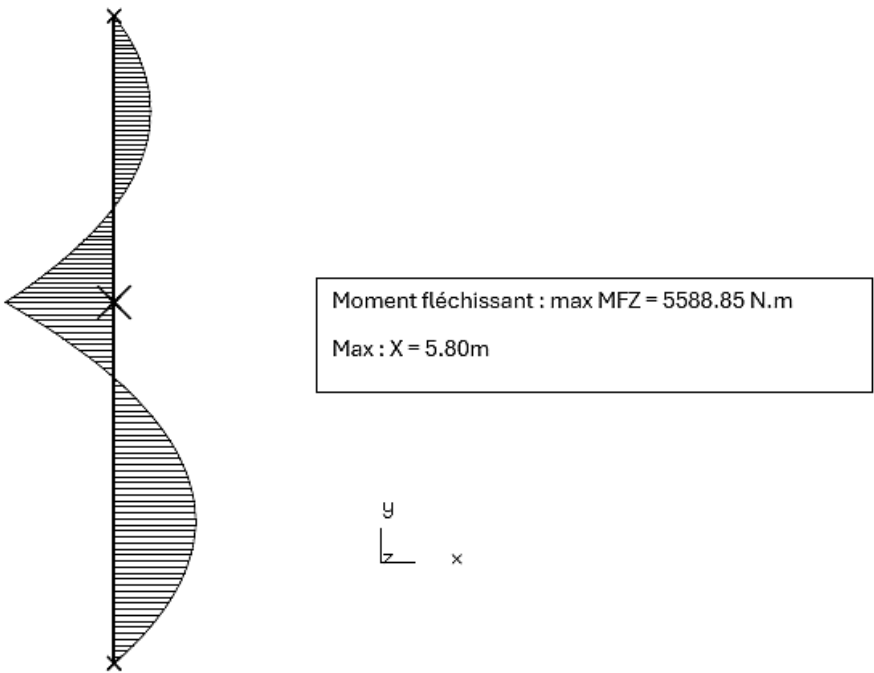
AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE ET CARACTÉRISTIQUES

Vitrage et menuiserie avec un affaiblissement acoustique minimum de 30 dba.
Toutes les menuiseries aluminium seront à rupture de pont thermique classement TH10,
 $U_w = 1,60 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ou suivant étude RT2012
Facteur solaire $sw = 0,40$
Facteur de transmission lumineuse $TL = 0,64$, ces valeurs sont des minimales.
Vitrage $U_g = 1,10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Flèche obtenue pour une inertie $I_{xx'} = 1 \text{ cm}^4$



Moment fléchissant



Fiche Technique N°45 – C

Départements d’Outre Mer

La Guyane, la Guadeloupe, la Martinique, Mayotte et la Réunion constituent chacune une Région au sens de la NF EN 1991-1-4 NA. A défaut de charges définies dans les DPM, les pressions de vent des Tableaux ci-après s’appliquent.

Catégorie de terrain à considérer

Les catégories de terrain à considérer sont détaillées en annexe, elles correspondent aux cas suivants : On distingue cinq catégories de terrain :

0. : Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d’eau parcourus par le vent sur une distance d’au moins 5 km.

II. : Rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.

IIIa. : Campagnes avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé

IIIb. : Zones urbanisées ou industrielles, bocages denses, vergers

IV. : Zones urbaines dont au moins 15% de la surface sont recouverts de bâtiment dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts ;

Note : Concernant le littoral du bassin méditerranéen les vents forts viennent de l’intérieur des terres (région 2 et 3 (hors Corse)), les façades sont alors considérées comme en catégorie de terrain II, et non 0.

Rayon R dans lequel la rugosité du terrain est à qualifier

Le choix de la catégorie de terrain à appliquer est à réaliser en prenant en compte la rugosité la plus défavorable sur une distance égale au rayon R autour du bâtiment définie dans le tableau ci-après

Définition du Rayon de la zone de catégorie de terrain

Hauteur H du Bâtiment	$H \leq 9 \text{ m}$	$9 < H \leq 18 \text{ m}$	$18 < H \leq 28 \text{ m}$	$28 < H \leq 50 \text{ m}$	$50 < H \leq 100 \text{ m}$
Rayon R	R = 320 m	R = 750 m	R = 1250 m	R = 2500 m	R = 5800

Hauteur H du bâtiment

C’est la hauteur H du bâtiment au dessus du sol qui détermine la pression du vent pour tous les éléments de façade de ce bâtiment (et non la hauteur d’implantation de l’élément à dimensionner) .

On distingue 5 classes de hauteur de bâtiment :

- $H \leq 9 \text{ m}$;
- $9 < H \leq 18 \text{ m}$;
- $18 < H \leq 28 \text{ m}$;
- $28 < H \leq 50 \text{ m}$;
- $50 < H \leq 100 \text{ m}$.

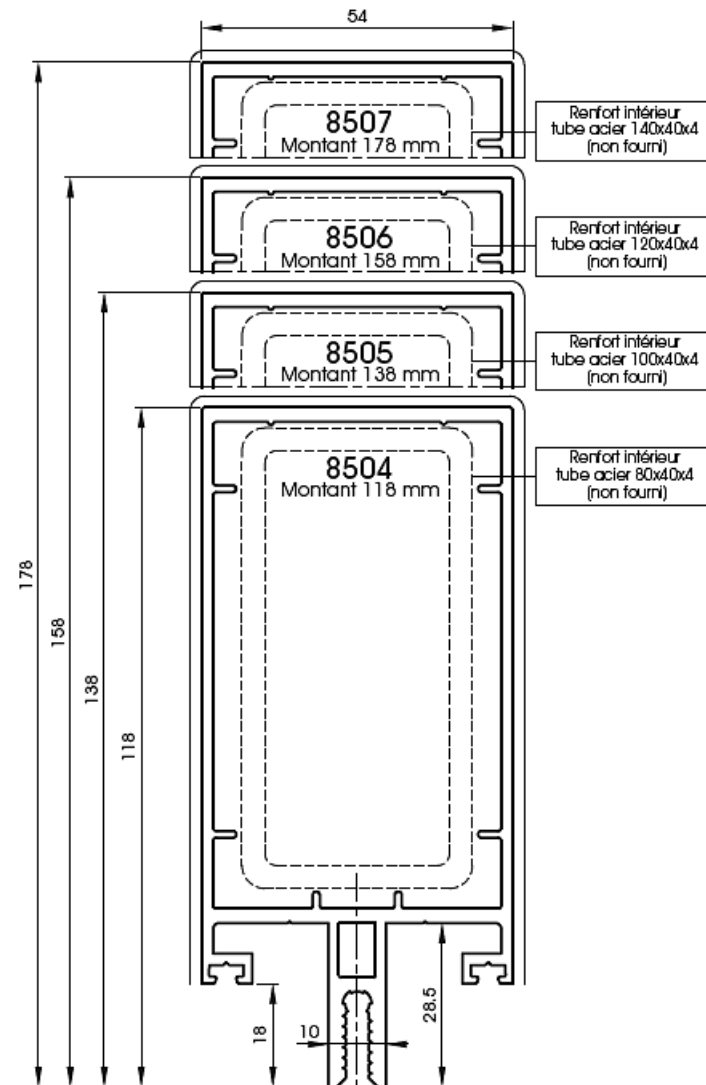
Pressions de vent (Pa) caractéristiques (ELS) à considérer pour les calculs de performances vis-à-vis des déformations

Tableau 2

	Catégorie de Terrain	Pressions sur l'élément de façade à l'ELS				
		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

Montants de façade rideau

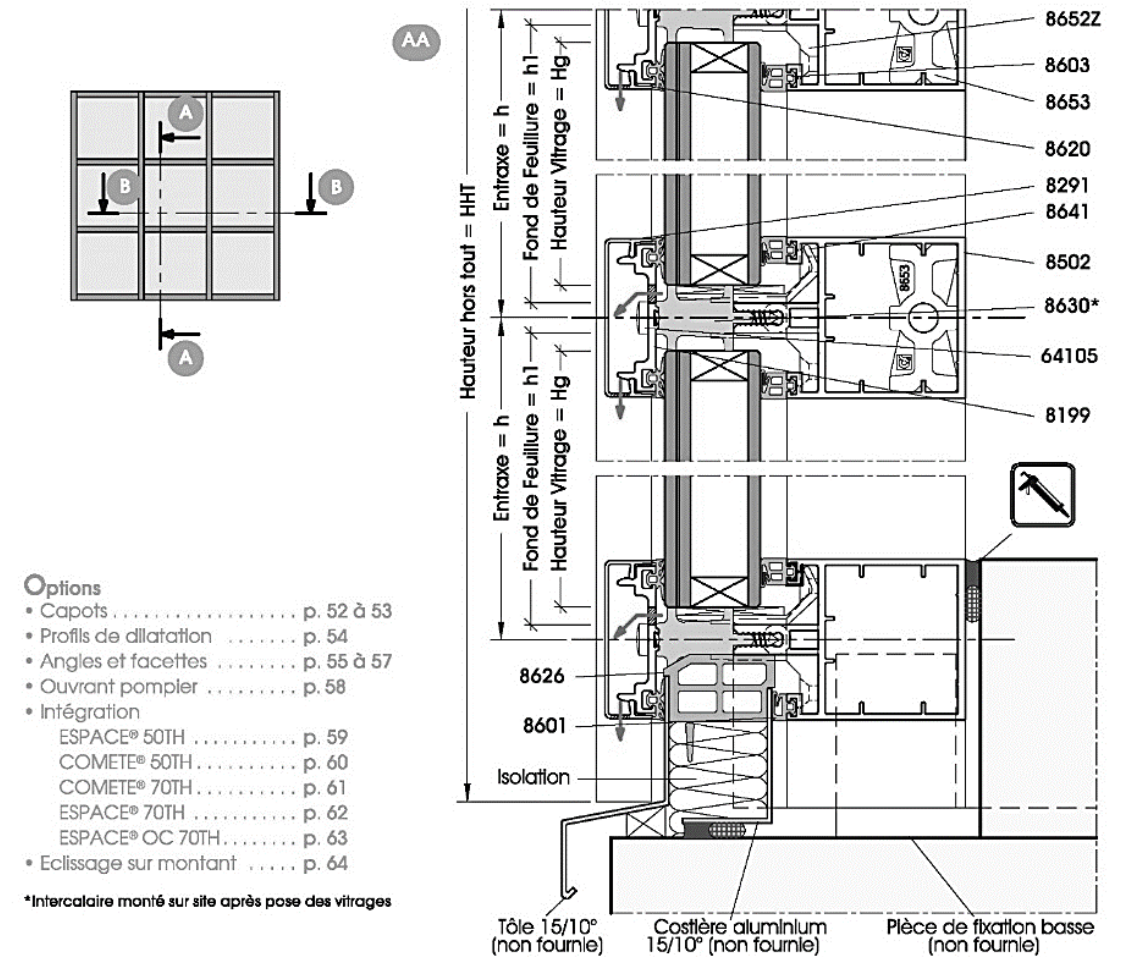
Réf	Poids (kg)	Inertie
8504	2.343	129.83cm ⁴ 27.23cm ³
8504 + 80x40x4		338.25 cm ⁴ 73.78 cm ³
8505	2.559	199.15 cm ⁴ 36.59 cm ³
8505 + 100x40x4		568.4 cm ⁴ 104.77 cm ³
8506	2.775	287.18 cm ⁴ 49.44 cm ³
8506 + 120x40x4		880.00 cm ⁴ 116.76 cm ³
8507	2.991	395.59 cm ⁴ 59.60 cm ³
8507 + 140x40x4		1234.25 cm ⁴ 168.39 cm ³



COUPES DE PRINCIPE

Façade rideau 54 mm UNIVERS® 54

GRILLE - MODE PERCUTANT - Ech. 1/2



Symboles

- P pression de calcul en pascals (Pa) ;
- ε_1 facteur d'équivalence des vitrages isolants ;
- ε_2 facteur d'équivalence des vitrages feuilletés ;
- ε_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) ;
- I largeur en mètres (m) ;
- S surface réelle calculée au moyen des dimensions précitées exprimée à deux décimales, en mètres carrés (m²) ;
- f flèche en millimètres (mm) ;
- α coefficient de déformation fonction du rapport L/I .

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 ε 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.

Combinaisons de charges.**Vitrages verticaux.**

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

Vitrages inclinés.

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

$$P = \max[P_{vent}; P_2; P_3]$$

- 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)

Vitrage en appuis sur toute la périphérie.

a) Vitrage dont le rapport L/I est inférieur ou égal à 2,5 :

$$e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}}$$

b) Vitrage dont le rapport L/I est supérieur à 2,5 :

$$e_1 = \frac{I \times \sqrt{P}}{6,3}$$

- ☛ I désigne la longueur du petit côté [m]
- ☛ P désigne la pression de charge conventionnelle [Pa]
- ☛ S désigne la surface du vitrage [m²]

Facteurs d'équivalence ε .

Les facteurs d'équivalence ε_1 et ε_2 tiennent compte de l'assemblage entre composants. Le facteur d'équivalence ε_3 tient compte de la nature des composants.

Type de vitrage		ε_1
Vitrage isolant NF EN 1279	Comportant deux produits verriers (double vitrage)	1,60
	Comportant trois produits verriers (triple vitrage)	2,00

Type de vitrage		ε_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

Type de vitrage		ε_3
Vitrage recuit NF EN 572-2		1
Vitrage recuit armé NF EN 572-3		1,2
Vitrage trempé NF EN 12510 ou NF EN 14179		0,61

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 ε_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 :

- ☛ $c = 0,9$ 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

Vérification de la flèche.

Dans tous les cas, la flèche des vitrages doit être vérifiée :

$$\text{Calcul de flèche } f = \alpha \times \frac{P}{1,5} \times \frac{b^4}{e_F^3}$$

- ☛ α selon tableau ci-après;
- ☛ b est :
 - soit le petit côté I dans le cas de vitrages pris en feuillure sur 4 côtés
 - soit le bord libre L ou I dans le cas de vitrages pris sur 2 ou 3 côtés

Critères admissibles

Dans le cas des vitrages extérieurs en appui sur leur périphérie, verticaux ou inclinés, la flèche maximale au centre doit être inférieure au 1/60e 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	$e_R = \frac{e}{\epsilon_3}$	$e_F = e$
Vitrage simple feuilleté	$e_R = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{0,9 \times \epsilon_2 \times \text{MAX}(\epsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{\epsilon_2}$
Vitrage isolant double 2 composants monolithiques	$e_R = \frac{e_i + e_j}{0,9 \times \epsilon_1 \times \text{MAX}(\epsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_i + e_j}{\epsilon_1}$
Vitrage isolant double 1 composant feuilleté	$e_R = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{0,9 \times \epsilon_2}}{0,9 \times \epsilon_1 \times \text{MAX}(\epsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{\epsilon_2}}{\epsilon_1}$
Vitrage isolant double 2 composants feuilletés	$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0,9 \times \epsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0,9 \times \epsilon_2}}{0,9 \times \epsilon_1 \times \text{MAX}(\epsilon_3)}$	$e_F = \frac{\frac{e_i + e_j}{\epsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{\epsilon_2}}{\epsilon_1}$

Vitrage en appui sur 4 côtés

Valeurs de α pour calcul de la flèche

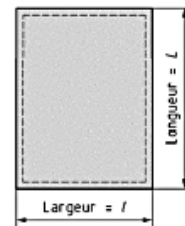


Tableau D.1 — Appui sur 4 côtés

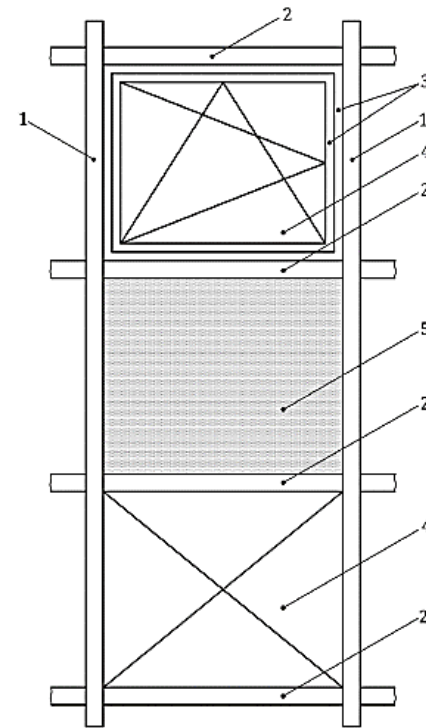
Valeurs du coefficient α	
Rapport largeur/Longueur (l/L)	α
1	0,6571
0,9	0,8000
0,8	0,9714
0,7	1,1857
0,6	1,4143
0,5	1,6429
0,4	1,8714
0,3	2,1000
0,2	2,1000
0,1	2,1143
< 0,1	2,1143

Tableau 2 — Pressions de vent P_{vent} en (Pa) – France Métropolitaine

Catégorie de Terrain		Hauteur du bâtiment				
		$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
Région 1	IV	850	950	1 150	1 400	1 800
	IIIb	900	1 200	1 400	1 700	2 050
	IIIa	1 200	1 500	1 700	2 000	2 350
	II	1 500	1 800	2 050	2 300	2 650
	0	1 900	2 150	2 350	2 600	2 900
Région 2	IV	1 050	1 100	1 350	1 700	2 100
	IIIb	1 050	1 400	1 650	2 000	2 450
	IIIa	1 400	1 750	2 000	2 350	2 800
	II	1 800	2 150	2 400	2 750	3 150
	0	2 250	2 600	2 800	3 100	3 500
Région 3	IV	1 200	1 300	1 600	2 000	2 500
	IIIb	1 250	1 650	1 950	2 350	2 900
	IIIa	1 650	2 050	2 350	2 800	3 300
	II	2 100	2 550	2 850	3 200	3 700
	0	2 650	3 050	3 300	3 650	4 100
Région 4	IV	1 400	1 500	1 850	2 300	2 900
	IIIb	1 450	1 950	2 250	2 750	3 350
	IIIa	1 900	2 400	2 750	3 200	3 850
	II	2 450	2 950	3 300	3 750	4 300
	0	3 050	3 500	3 800	4 200	4 750

5.3.3.3 Aires d'une façade-rideau

L'élément de référence représentatif est divisé en aires ayant des propriétés thermiques différentes (châssis, encadrement, meneau, traverse, vitrages et panneaux), comme illustré à la Figure 5.

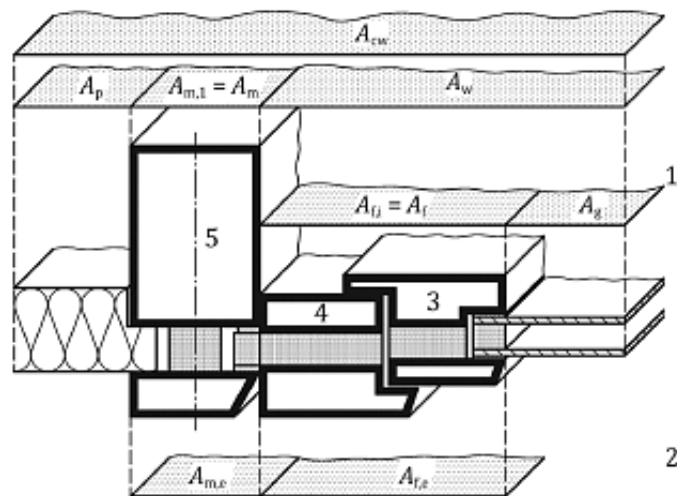


Légende
1 meneau
2 traverse
3 châssis et encadrement
4 vitrage
5 panneau

Figure 5

8.3.1.1 Aire vitrée, aire des panneaux opaques

L'aire vitrée, A_g , ou l'aire des panneaux opaques, A_p , d'un composant est la plus petite des aires visibles des deux côtés (voir Figures 14 et 15). Tout recouvrement de l'aire vitrée par les joints d'étanchéité est ignoré.



Légende
1 intérieur
2 extérieur
3 châssis (mobile)
4 encadrement (fixe)
5 meneau/traverse
 A_{cw} façade-rideau
 A_p aire du panneau
 $A_{m,i}$ aire du meneau intérieur
 A_m meneau
 $A_{f,e}$ aire de l'encadrement extérieur
 A_f aire de l'encadrement
 A_g aire du vitrage
 $A_{m,e}$ aire du meneau extérieur

Figure 14 Illustration des différentes aires sur des profilés de meneau ou de traverse, des panneaux et un vitrage

Nom	Symbole	Unité
Données géométriques		
Aire vitrée	A_g	m^2
Aire de l'encadrement	A_f	m^2
Aire du meneau	A_m	m^2
Aire de la traverse	A_t	m^2
Aire des panneaux opaques	A_p	m^2
Longueur totale de l'interface encadrement/vitrage	$l_{t,g}$	m
Longueur totale de l'interface meneau/vitrage	$l_{m,g}$	m
Longueur totale de l'interface traverse/vitrage	$l_{t,g}$	m
Longueur totale de l'interface meneau/encadrement	$l_{t,f}$	m
Longueur totale de l'interface traverse/encadrement	$l_{t,f}$	m
Longueur totale de l'interface meneau/panneau	$l_{t,p}$	m
Longueur totale de l'interface traverse/panneau	$l_{t,p}$	m

8.4.2 Calcul du coefficient de transmission thermique

8.4.2.1 Élément unique

Le coefficient de transmission thermique d'un seul élément d'une façade-rideau, U_{cw} , doit être calculé à l'aide de la Formule (12) :

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t + \sum l_{m,g} \psi_{m,g} + \sum l_{t,g} \psi_{t,g}}{A_{cw}}$$

où

- A_{cw} est l'aire de la façade-rideau ;
- $\sum A_g$ est l'aire totale du vitrage ;
- $\sum A_p$ est l'aire totale des panneaux ;
- $\sum A_f$ est l'aire totale des encadrements ;
- $\sum A_m$ est l'aire totale des meneaux ;
- $\sum A_t$ est l'aire totale des traverses.

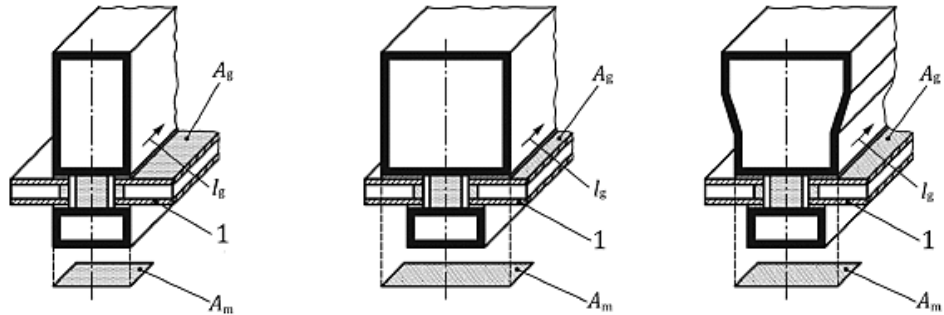
8.4.2.2 Coefficient de transmission thermique d'une façade-rideau constituée de différents éléments

La valeur de $U_{cw,tot}$ de la façade-rideau globale constituée d'éléments de différentes tailles ou conception doit être calculée comme le coefficient de transmission thermique moyen pondéré en fonction de l'aire de tous les modules, conformément à la Formule (14) :

$$U_{cw,tot} = \frac{\sum (U_{cw,j} A_{cw,j})}{\sum A_{cw,j}}$$

où

- $\sum U_{cw,j} A_{cw,j}$ est la somme des produits des coefficients de transmission thermique et des aires correspondantes des différents modules ;
- $\sum A_{cw,j}$ est la somme des aires des différents modules.



Légende
1 vitrage

Figure 13 Illustration de l'aire et du périmètre d'un vitrage

Coefficient de transmission thermique linéique des jonctions

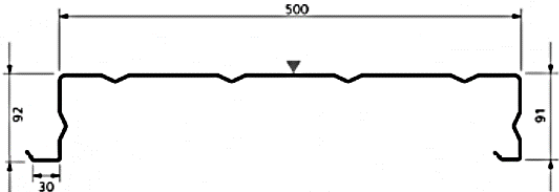
Type de meneau ou traverse	Type de vitrage	
Type de meneau ou traverse	Vitrage double ou triple — verre non revêtu — avec lame d'air ou de gaz W/(m·K)	Vitrage double ou triple — verre basse emissivité * 1 carreau revêtu pour double vitrage * 2 carreaux revêtus pour triple vitrage — avec lame d'air ou de gaz W/(m·K)
Bois-métal	0,06	0,08
Métal avec coupure thermique	$d_i \leq 100 \text{ mm}$: 0,09 $d_i \leq 200 \text{ mm}$: 0,10	$d_i \leq 100 \text{ mm}$: 0,12 $d_i \leq 200 \text{ mm}$: 0,13

d_i est l'épaisseur intérieure du meneau ou de la traverse (voir aussi Figure 3).

Tableau D.2 Valeurs du coefficient de transmission thermique linéique, $\Psi_{m,g}$ et $\Psi_{t,g}$, en W/(m·K), pour des types d'intercalaires de vitrage à performance thermique améliorée utilisés dans les vitrages installés dans des traverses/meneaux

Hacierba® 1.500.90

Plateau pour bardage double peau
Systèmes Globalwall® & Eccorisol



Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1,00	1,25
Masse (kg/m²)	8,50	10,00	11,30	14,20



Longueur minimale 1 800 mm / Longueur maximale 16 000 mm

Tableau d'utilisation
Charges normales admissibles en daN/m² en fonction des portées d'utilisation pour des travées égales
PV SOCOTEC BM 7367

	2 appuis 				Portée (m)	3 appuis 					
	Epaisseur (mm)						Epaisseur (mm)				
	0,75	0,88	1,00	1,25			0,75	0,88	1,00	1,25	
Pression	122	143			4,00	148				Pression	
Dépression	88	104				132				Dépression	
Pression	107	126	143		4,25	134				Pression	
Dépression	77	90	102			115				Dépression	
Pression	95	111	126		4,50	122	144			Pression	
Dépression	67	78	89			101	118			Dépression	
Pression	81	95	108	135	4,75	112	132			Pression	
Dépression	59	69	78	98		89	104			Dépression	
Pression	69	81	92	115	5,00	101	118	135		Pression	
Dépression	52	61	69	87		79	92	105		Dépression	
Pression	59	69	79	98	5,25	91	107	122		Pression	
Dépression	46	54	62	77		72	85	96		Dépression	
Pression	51	60	68	85	5,50	83	97	110	138	Pression	
Dépression	42	49	56	69		66	78	88	110	Dépression	
Pression	44	52	59	74	5,75	75	89	101	126	Pression	
Dépression	38	44	50	63		61	72	82	102	Dépression	
Pression		45	52	65	6,00	69	81	92	115	Pression	
Dépression		40	45	57		55	65	74	92	Dépression	
Pression			45	57	6,25	63	74	84	106	Pression	
Dépression			41	52		50	59	67	83	Dépression	
Pression			40	50	6,50	58	68	78	97	Pression	
Dépression			38	47		45	53	61	76	Dépression	
Pression				44	6,75	52	61	69	86	Pression	
Dépression				43		41	49	55	69	Dépression	
Pression				39	7,00	45	53	60	75	Pression	
Dépression				40		38	45	51	63	Dépression	
Pression					7,25		46	52	66	Pression	
Dépression							41	46	58	Dépression	
Pression					7,50		40	46	57	Pression	
Dépression							38	43	54	Dépression	
Pression					7,75			40	50	Pression	
Dépression									40	50	Dépression
Pression					8,00				44	Pression	
Dépression										46	Dépression

A. Description

1. Principe

1.1 Définition

Le procédé CLADISOL est un système d'isolation thermique pour les bardages double peau mis en œuvre sur une structure porteuse. Le bardage double peau CLADISOL est constitué des éléments suivants :

- Plateaux métalliques,
- Isolant Cladirol 35, Cladipan 32, Cladipan 32 GF et optionnellement Isobardage 32 et Cladacoustic,
- Vis à double filet jouant le rôle d'une entretoise de 40 mm, 60 mm ou 80 mm entre la peau extérieure ou les écarteurs d'ossature secondaire et les lèvres de plateaux de bardage SDRT2, SDC2-S, SDRT22 (SFS Intec) ou FASTOP-COLORSTOP, S-TET STOP, CAPINOX STOP (ETANCO),
- Bardage en tôles d'acier nervuré,
- Ossature secondaire dans le cas du bardage horizontal,
- Profil de reprise de charge limitant le déplacement vertical de la peau, lorsque le poids de la peau et de l'éventuelle ossature secondaire le nécessitent.

La vis entretoise est mise en œuvre avec des panneaux ou panneaux roulés isolants en laine de verre comportant une feuillure en rive. La vis entretoise assure la double fonction de fixation et d'écarteur en maintenant une distance constante entre les lèvres des plateaux intérieurs et la peau extérieure.

Le procédé CLADISOL permet de réaliser une paroi isolée continue et régulière sans compression de l'isolant. Il est compatible avec les formes de plateaux intérieurs horizontaux ainsi qu'avec les peaux extérieures, qu'elles soient mises en œuvre verticalement ou horizontalement (cf. fig.1 et 2).

Le bardage double peau associé au procédé CLADISOL ne participe pas à la stabilité globale de l'ouvrage, laquelle incombe à la structure porteuse.

Tableau 1 – Compatibilité épaisseur d'isolant / plateau et entretoise pour les isolants Cladirol 35, Cladipan 32 et Cladipan 32 GF

Profondeur du plateau	Type de plateau	Epaisseur de l'isolant	Entretoise de la vis
70 mm	Plein	110 mm	40 mm
		130 mm	60 mm
		150 mm	80 mm
	Perforé ou crevé	90 mm + 20 mm Cladacoustic*	40 mm
		110 mm + 20 mm Cladacoustic*	60 mm
		130 mm + 20 mm Cladacoustic*	80 mm
90 mm	Plein	130 mm	40 mm
		150 mm	60 mm
	Perforé ou crevé	110 mm + 20 mm Cladacoustic*	40 mm
		130 mm + 20 mm Cladacoustic*	60 mm
		150 mm + 20 mm Cladacoustic*	80 mm

Performances thermiques en fonction de différentes configurations

Les performances thermiques du procédé CLADISOL varient en fonction de la configuration mécanique système (largeur des plateaux, entretoise des vis, nature et épaisseur d'isolant ...). En conséquence, il appartient au poseur de définir préalablement cette configuration, conformément aux principes de dimensionnement de l'Avis Technique CLADISOL, avant tout calcul des performances thermiques.

A1. Méthode de Calcul

Dans le cas des configurations 1 (CLADISOL avec isolation en une couche) et 2 (CLADISOL ACOUSTIC avec isolation en une couche), le calcul du coefficient de transmission surfacique globale de la paroi U_p , ponts thermiques intégrés pris en compte, se fait de la façon suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\Psi_1}{E_1} + n \cdot \chi_1 \quad \text{en } \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Avec :

- U_c : coefficient de transmission thermique en partie courante, en $W/(m^2 \cdot K)$,
- Ψ_1 : coefficient de transmission linéique du pont thermique intégré linéique lié à une aile de plateau, en $W/(m \cdot K)$,
- E_1 : entraxe des ailes de plateaux, en m,
- Ψ_2 : coefficient de transmission linéique du pont thermique intégré linéique lié à une ossature secondaire, lorsqu'elle est présente, en $W/(m \cdot K)$,
- E_2 : entraxe de l'ossature secondaire, en m,
- χ_1 : coefficient de transmission ponctuel lié à une fixation entretoise, en W/K ,
- n : densité de fixations entretoises ponctuelles, en m⁻²,

A2. Performances thermiques – Isolation en une couche

Tableau A2.1 – Exemples de calcul avec isolation en une couche

Configuration 1.1 / 1.2 / 1.3 : CLADISOL avec isolation en une couche – finition tôle de bardage en pose verticale / tôle de bardage en pose horizontale / bardage de Type XIII											
Isolant entre plateaux	Profondeur de plateau mm	Entretoise mm	U_c W/(m².K)	Ψ_1 W/(m.K)	χ_1 W/K	Exemple de calcul de coefficient Up en W/(m².K)					
						Largeur de plateau en mm					
						400	400	500	500	600	600
						densité de fixation par m²					
						2,5	5	2	4	1,67	3,33
CLADIPAN 32	70	40	0,270	0,031	0,013	0,38	0,41	0,38	0,38	0,34	0,36
		60	0,231	0,021	0,011	0,31	0,34	0,30	0,32	0,28	0,30
		80	0,202	0,015	0,009	0,26	0,29	0,25	0,27	0,24	0,26
	90	40	0,231	0,035	0,012	0,35	0,38	0,33	0,35	0,31	0,33
		60	0,202	0,025	0,010	0,29	0,31	0,27	0,29	0,26	0,28
		80	0,179	0,019	0,008	0,25	0,27	0,23	0,25	0,22	0,24
	100	40	0,216	0,037	0,011	0,34	0,37	0,31	0,34	0,30	0,32
		60	0,190	0,027	0,010	0,28	0,30	0,26	0,28	0,25	0,27
		80	0,170	0,020	0,008	0,24	0,26	0,23	0,24	0,22	0,23
	110	40	0,202	0,039	0,011	0,33	0,36	0,30	0,33	0,29	0,30
		60	0,179	0,028	0,009	0,27	0,30	0,25	0,27	0,24	0,26
		80	0,161	0,022	0,008	0,24	0,26	0,22	0,24	0,21	0,22
	150	40	0,161	0,045	0,010	0,30	0,32	0,27	0,29	0,25	0,27
		60	0,147	0,034	0,009	0,25	0,27	0,23	0,25	0,22	0,23
		80	0,134	0,027	0,008	0,22	0,24	0,20	0,22	0,19	0,20
	160	40	0,154	0,048	0,010	0,29	0,32	0,26	0,28	0,25	0,26
		60	0,140	0,035	0,008	0,25	0,27	0,23	0,24	0,21	0,23
		80	0,129	0,028	0,007	0,22	0,23	0,20	0,21	0,19	0,20

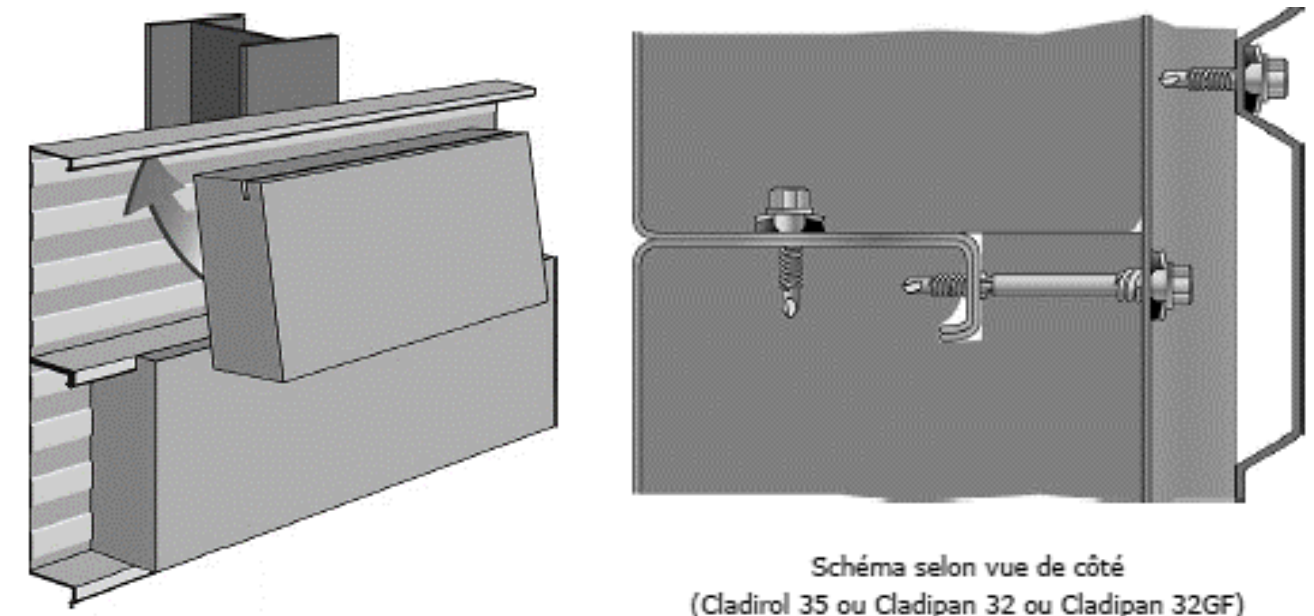


Figure 14 – Principe de mise en œuvre de l'isolant à l'intérieur du plateau

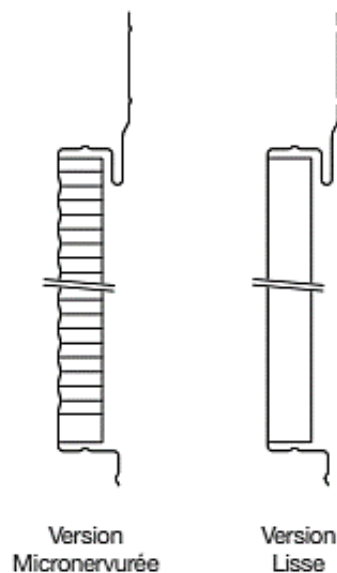
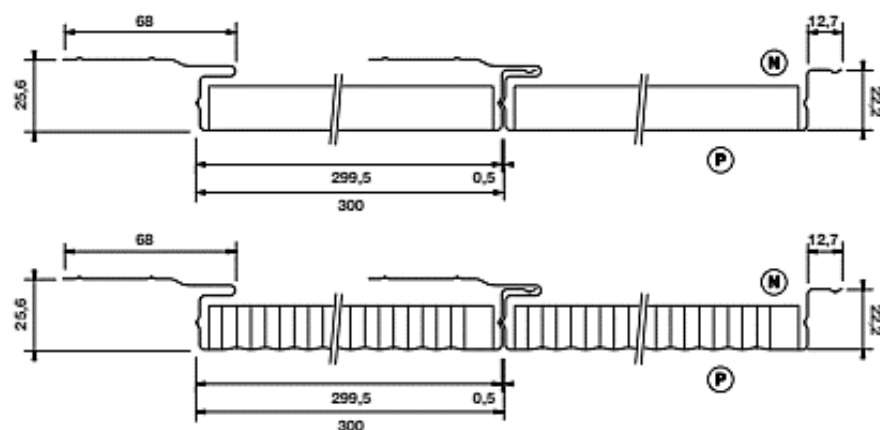
Fiche produit



Iroise 300

Emboîtement joints serrés

■ CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES



Nota : nous préciser la face prélaquée (N) ou (P) et en cas de laquage 2 faces, la teinte propre à chacune d'elles.

Masse

Épaisseur en mm	0,88	1,00
Masse (kg/m ²)	9,67	10,99

Options

- Lame bordée ou lame non bordée.

Revêtements

- Prélaqué 0,88 mm revêtement THD 35 µm biface.
- Prélaqué 1,00 mm revêtement THD 35 µm biface.

Autres revêtements, nous consulter.

Teintes

- Nuancier Artéface.
- Autres couleurs, nous consulter.

Parachèvement

- Longueurs standards de 500 à 8 500 mm.
- Longueurs de 200 à 500 mm : Lames non bordées uniquement.

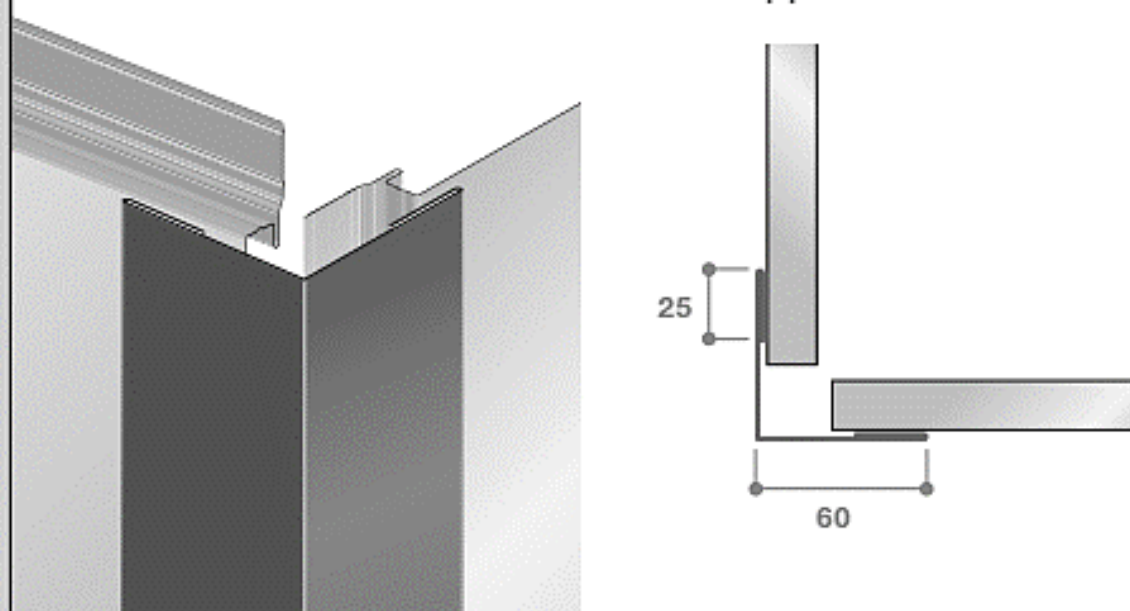
- Longueurs supérieures à 8 500 mm : Nous consulter.

Identification de l'acier

Nuance S 320 GD.

■ I11

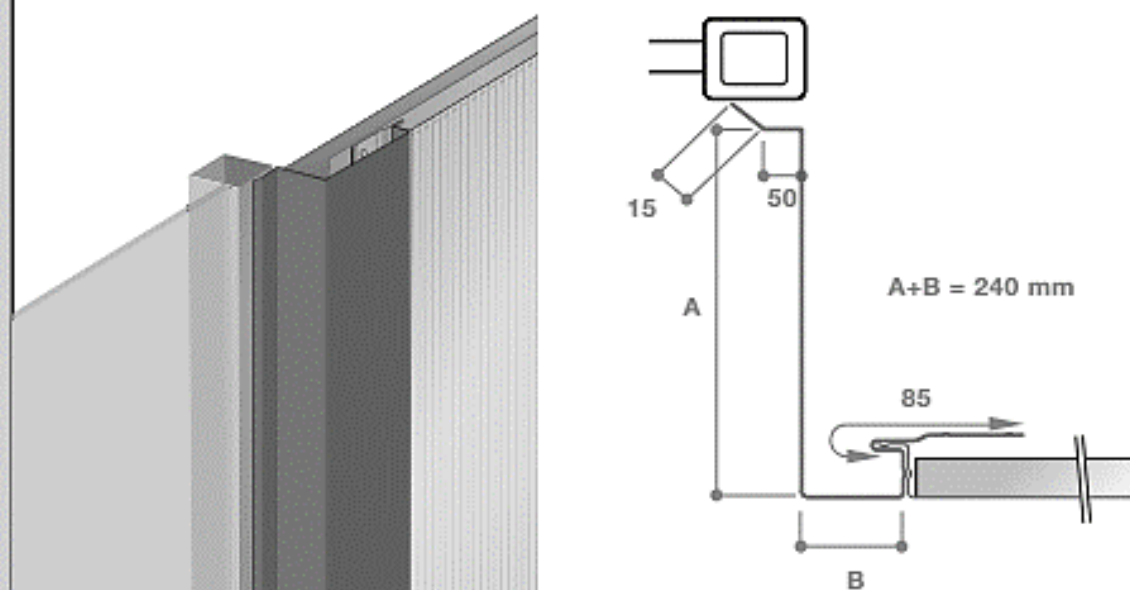
Développé : 170 mm



Angle sortant pinces pose horizontale & verticale

■ I11.1

Développé : 416 mm



Jambage pose verticale

2.9.1.3. Éléments porteurs et charges à prendre en compte

Conformément aux RP TTV de 2018, les charges de calcul à prendre en compte, quel que soit l’élément porteur (maçonnerie, béton cellulaire autoclavé armé, tôles d’acier nervurées, bois, panneaux à base de bois et CLT) sont les suivantes :

- Les charges permanentes, qui correspondent à la somme :
 - du poids du complexe isolation - étanchéité (pare-vapeur, isolant, revêtement étanchéité),
 - du poids du complexe de végétalisation à capacité maximale en eau (couche drainante, couche filtrante, substrat, végétaux),
 - d’une charge de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m². Lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan, une charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² (soit 100 daN/m² au total) sera ajoutée pour le dimensionnement des seuls éléments porteurs à base de bois (bois massif et panneaux à base de bois hors CLT), pour tenir compte de leur fluage naturel.

Note : Cette charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² n’est pas à prendre en compte pour le calcul de la structure.

- Les charges d’exploitation sont les charges dites d’« exploitation », y compris les charges climatiques selon les règles NV65 modifiées. La plus élevée de la charge d’entretien (100 daN/m²) ou de la charge climatique est retenue.

La charge de calcul non pondérée est la somme de la charge permanente et de la charge d’exploitation.

Tableau 3a – Description des systèmes SOPRANATURE TOUNDRA – Semis plantation TOUNDRA

Végétation	Pente (%)	Type de support	Zone géographique Française cf figure 6	Nature du drainage et épaisseur nominale (cm)	Couche filtrante	Nature du substrat et épaisseur nominale (cm)	Épaisseur rouleaux (cm)	C.M.E. totale indicative du complexe (l/m²)	EIM (2) totale indicative du complexe (mm)	Poids maximum du complexe à C.M.E (kn/m²)	Poids total du complexe avec charge forfaitaire (kg/m²)	Poids minimum du complexe à sec (kg/m²)
TOUNDRA par semis (1) et semis Hydro	0 à 20	maçonnerie (4)	toutes zones	SL Z 4	(6)	SF X 4		23	80	99	114	54*
	1 à 20	béton cellulaire	toutes zones	SL Z 4	(6)	SF X 4		23	80	99	114	54*
	3 à 20	TAN et BPD (5)	toutes zones	SL Z 4	(6)	SF X 4		23	80	99	114 (3)	54*
TOUNDRA par mixte (1) "semis et plantation"	3 à 20	maçonnerie, TAN, BPD et béton cellulaire	toutes zones		(6)	SF M 8		23	80	105	120 (3)	56*
	0 à 20	maçonnerie (4)	toutes zones	SPD 25	SOPRAFILTRE	SF X 7		32	95	90	105	47*
TOUNDRA par plantation	1 à 20	béton cellulaire	toutes zones	SPD 25	SOPRAFILTRE	SF X 7		32	95	90	105	47*
	3 à 20	TAN et BPD	toutes zones	SPD 25	SOPRAFILTRE	SF X 7		32	95	90	105 (3)	47*
	0	maçonnerie (5)	toutes zones	SPD	SOPRAFILTRE	SF X 7		25	106	90	105	46*
TOUNDRA par semis Hydro	20 à 35	maçonnerie, TAN, BPD et béton cellulaire	toutes zones		SOPRATEx 650	SF X 9		37	100	113	128 (3)	60*

Légende : **SL Z** : SOPRALITHE Z **SF X** : SOPRAFLOR X **SF M** : SOPRAFLOR M **SPD 25** : SOPRADRAIN DUO 25 **SPD** : SOPRADRAIN
(1) Semis manuel et mixte "semis-plantation" exclus en Zone SUD (Cf. carte zone sud SOPRANATURE) et exclus en montagne
(2) EIM = Épaisseur indicative à la mise en œuvre.

TAN = Tôle d’acier nervurée.

BPD = bois, panneaux à base de bois et CLT.

(3) Cas du bois et panneaux à base de bois : ajouter 85 daN/m2 sur pente comprise entre 3 et 7 %.
(4) Pente minimale de 1 % en montagne
(5) Exclu en montagne
(6) Filtre nécessaire au niveau des EP et des reliefs

* La pose sur membrane d’étanchéité en indépendance est exclue.

Étanchéité sous végétation Sopranature®

ÉLÉMENT PORTEUR EN TÔLE D’ACIER NERVURÉE SANS FIXATIONS VISIBLES

PENTE 3 à 35%, avec Isolant thermique soudable et étanchéité adhérente.

TECHNIQUE

ÉLÉMENT PORTEUR

- › Tôle d’acier conforme à la NF DTU 43.3.
- › Bac grande portée conforme au CPT n°3537_V2 de janvier 2009.
- › Pente de 3% à 40% si collage à l'EAC.
- › Protection des tôles en fonction de l'hygrométrie et de l'agressivité de l'ambiance intérieure à faire valider par le fabricant de tôles.
- › L'élément porteur doit être déterminé en tenant compte des charges réglementaires et de celles apportées par le système de végétalisation Sopranature®. Se reporter au CPP Sopranature® et à l'étude particulière réalisée par SOPREMA.

PARE-VAPEUR

- › En locaux de faible à très forte hygrométrie : Sopravap® Stick Alu S16.
- › En cas de forte et très forte hygrométrie, la continuité du pare-vapeur Sopravap® Stick Alu S16 doit être assurée avec les émergences (relevés) et les pénétrations : se référer aux Cahier de Prescription de Pose Nofix® Acier.

ISOLANT THERMIQUE

- Isolant admis en DTA/Avis Technique et conforme aux règles professionnelles sur les «isolants sous protection lourde» pour un emploi en TTV :
- › Collé par plots de Sopracolle 300 N (pente < 20%), collé en plein avec un EAC exempt de bitume oxydé en plein (pente ≤ 40%) :
 - Laine minérale soudable de classe C.

ÉTANCHÉITÉ ANTIRACINE

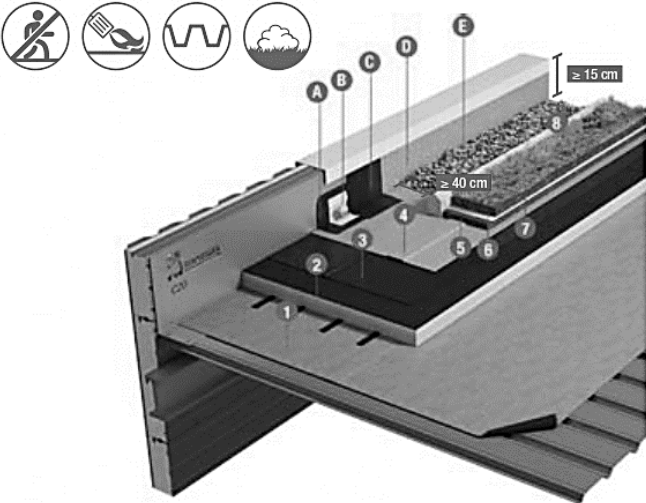
- › Le procédé Nofix® Acier prescrit les revêtements d’étanchéité bicouches antiracines, soudables ou semi-indépendants par auto-adhésivité, applicables avec le procédé Sopranature®.
- › Sopralène® Flam Jardin a subi avec succès les essais de pénétration aux racines (pendant 4 ans selon la procédure FLL, et pendant 2 ans selon la norme NF EN 13948).

PROTECTION SOPRANATURE®

- › Couche drainante : Sopralithe.
- › Couche filtrante : Soprafiltre.
- › Substrat : Sopraflor.
- › Végétation : Sopranature® est proposée en :
 - 4 aspects de végétation extensive : Toundra, Toundra Flore, Pampa, Garrigue.
 - 2 aspects de végétation semi-intensive : Green, Landes.
- › La protection Sopranature® est aussi proposée en caissette pré-cultivée : Toundra'Box.

CLASSEMENT INCENDIE

- Classement B Roof (t3) pour la végétalisation Sopranature® suivante :
- Drainage : Sopralithe Z ép. ≥ 60 mm.
 - Végétalisation : Sopranature® Toundra en rouleaux.



- 1 Pare-vapeur Sopravap® Stick Alu S
- 2 Isolant laine minérale soudable de classe C collé par Sopracolle 300 N
- 3 Elastophène® Flam 180-25
- 4 Sopralène® Flam Jardin CAP
- 5 Drain Sopralithe
- 6 Filtre Soprafiltre
- 7 Substrat Sopraflor
- 8 Végétation Sopranature®
- A Alsan® Flashing Jardin
- B Voile Flashing
- C Alsan® Flashing Jardin (2 couches)
- D Finition optionnelle par paillettes d'ardoise
- E Bande stérile avec gravillons, 40 cm de larg minimum (facultative en solution Toundra)

SYSTÈME BICOUCHE

ATEX + CPP + Avis Technique	Nofix® Acier / Sopranature® 3 à 35%		
	Système Base	Système Optimal	Système Renforcé
2 ^{ème} couche	Sopranature® AR	Sopralène® Flam Jardin CAP	Sopralène® Flam jardin CAP
1 ^{ère} couche	Elastophène® Flam 70-25	Elastophène® Flam 180-25	Sopralène® Base
Pare-vapeur	Sopravap® Stick Alu S 16		
Performance	I 5*	F5I5T4	F5I5T4

* Par analogie au classement FT

CONSEILS

- › Chaque projet fait l'objet d'une étude qui détermine la ou les meilleures solutions techniques et économiques selon les contraintes propres de l'ouvrage (climat, pente, surcharge admissible). Transmettre le questionnaire ci-après au service Sopranature® pour étude.
- › La végétalisation de toiture apporte également des avantages phoniques et thermiques : consulter SOPREMA.
- › Sopranature® répond aux Règles Professionnelles des toitures végétalisées.
- › Sopranature® permet de faire de la rétention d’eau : nous consulter.
- › Sopranature® bénéficie d'un Avis Technique du CSTB jusqu'à 35% de pente en système Toundra par rouleaux pré-cultivés et jusqu'à 100% de pente conformément au CPP visé par un contrôleur technique dans toutes les techniques de végétalisation.
- › Le procédé Nofix® présente 3 avantages principaux :
 - Le pare-vapeur Sopravap® Stick Alu S16 admet les locaux à très forte hygrométrie,
 - L'isolant est collé (sans fixations mécaniques autres que le couturage des TAN),
 - Les locaux sont protégés dès la pose de Sopravap® Stick Alu S16.
- › Le procédé Nofix® est recommandé pour les bâtiments à ossatures métalliques Basse Consommation :
 - Le pare-vapeur Sopravap® Stick Alu S16 permet d'obtenir de très faibles perméabilités à l'air du bâti (en association avec Sopratec III en bardage),
 - L'absence de fixations mécaniques, grâce à la suppression des ponts thermiques, améliore la performance thermique de la toiture.

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.

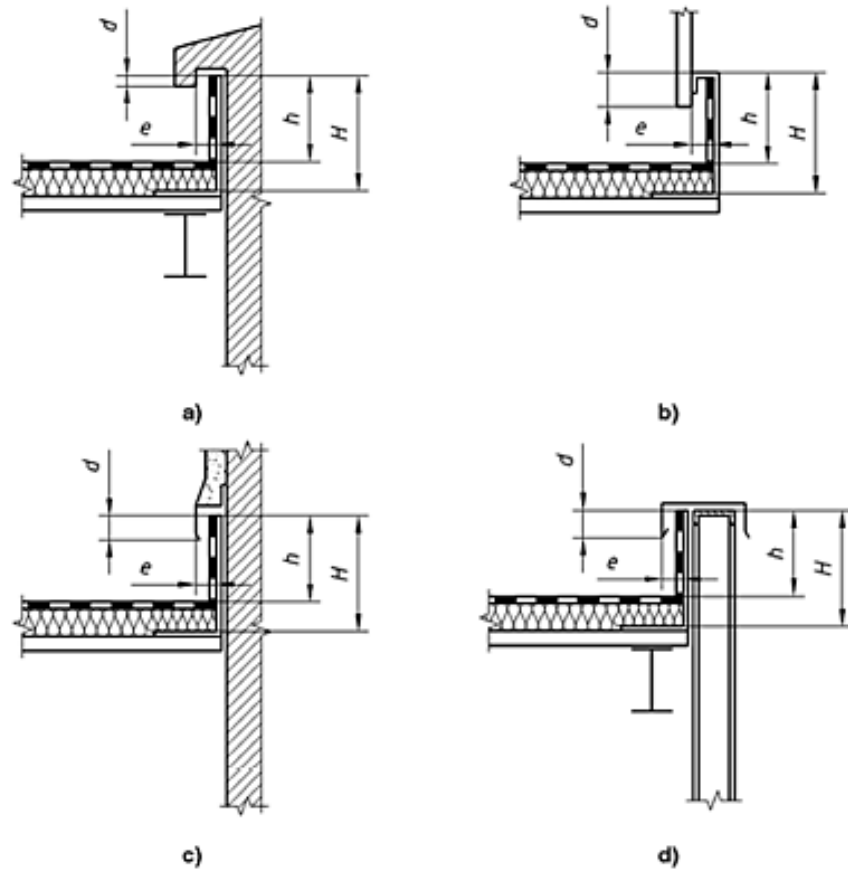
7.5.2 Hauteur des reliefs

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.



$d \geq 0,04$ m
 $e \geq \text{épaisseur isolant} + 0,04$ m [figures 17a) et 17b)] ou
 $e \geq \text{épaisseur isolant} + 0,01$ m [figures 17 c) et 17d)]

Figure 17 Reliefs — Hauteur et forme de la partie supérieure

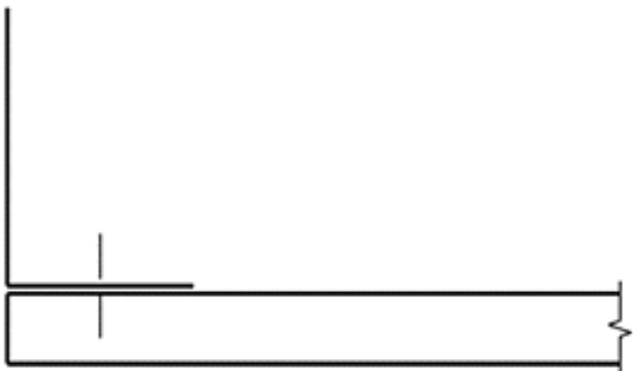


Figure 19 Costière fixée directement à la tôle d'acier nervurée

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.

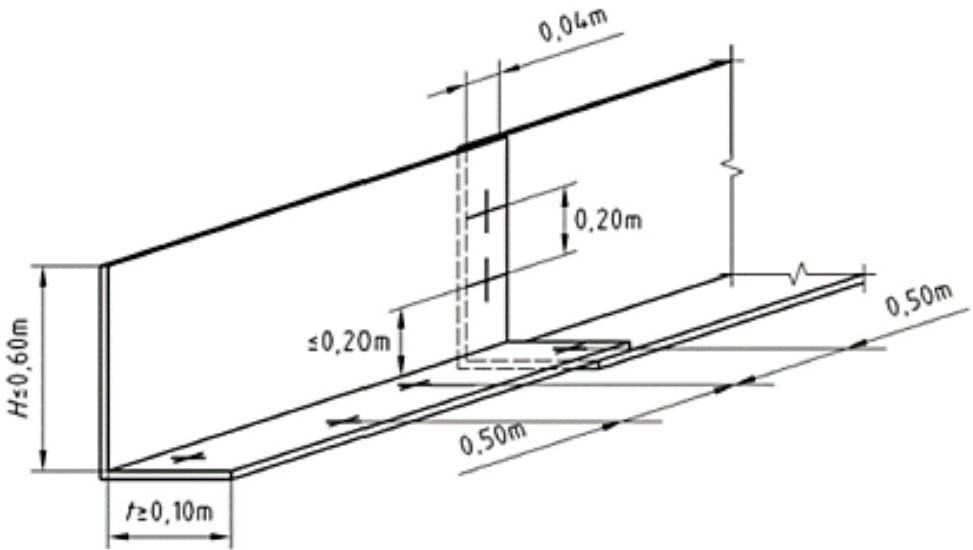


Figure 20 Costières fixées sur les tôles d'acier nervurées — Recouvrement et fixations

Les recouvrements des ailes verticales sont couturés à raison d'une fixation au moins tous les 0,20 m.

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.

DT17 – Extrait DTU 43.3 (suite)

7.5.4.2 Dimensionnement des costières

Les costières présentent les caractéristiques suivantes :

Type de costière	Épaisseur (mm)	Hauteur H ^{a)} (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) ¹⁵⁾
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) ¹⁵⁾
Support d'équipement (exutoires de fumées, aérateurs, ...)	Fonction de l'équipement ^{b)}		≥ 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.

Annexe C (normative)

C.2.3.3 Dispositions au droit des rives et émergences

C.2.3.3.3 Acrotères et émergences avec contre-bardage (figure C 17)

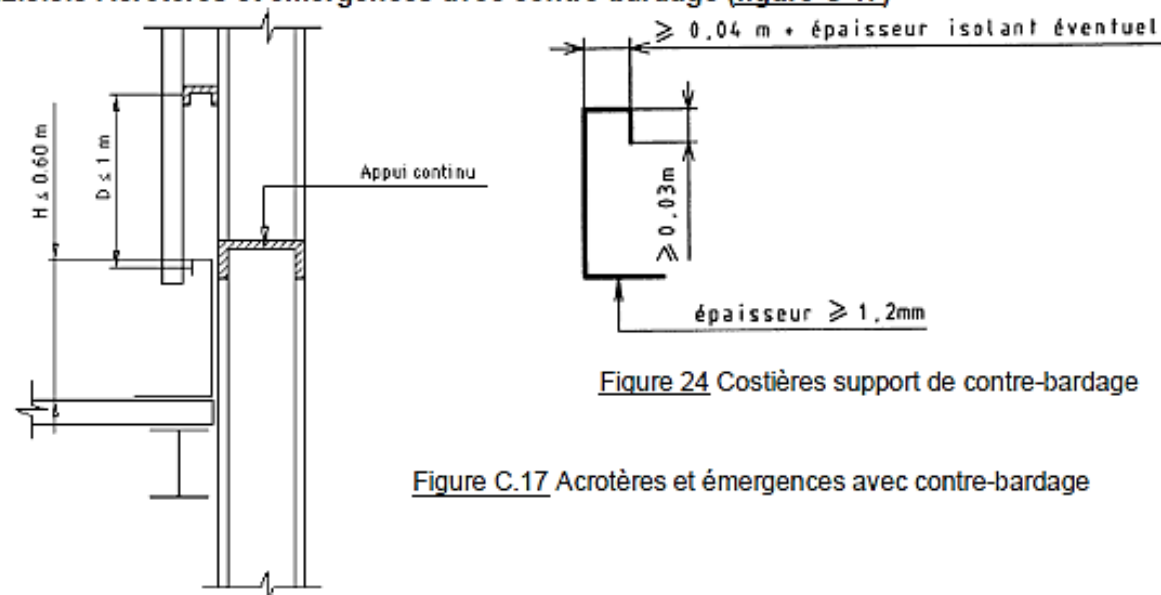


Figure 24 Costières support de contre-bardage

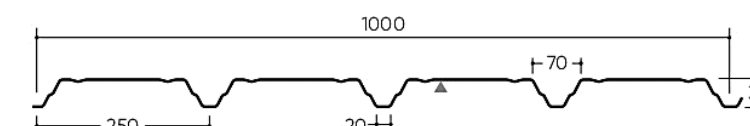
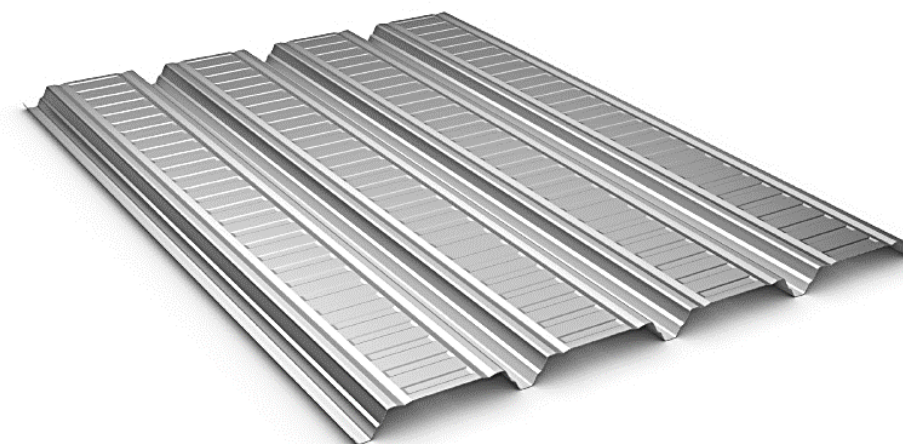
Figure C.17 Acrotères et émergences avec contre-bardage

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.

DT18 – Fiche technique Hacierco

Hacierco® 4.250.40

Supports d'étanchéité



Longueur de profilage : Minimale 1 800 mm / Maximale 15 000 mm

Caractéristiques expérimentales

		Epaisseur (mm)			
		0,75	0,88	1,00	1,25
Action des charges descendantes	Masse surfacique (kg/m²)	6,98	8,19	9,30	11,63
	Travée simple I2	22,72	26,65	30,29	37,86
	Deux travées égales I3	20,30	23,82	27,06	33,83
	Continuité Im	21,51	25,24	28,68	35,85
	En travée	Système élastique Md2T	201,01	235,85	268,01
			260,90	306,12	347,86
	Sur appui	Système élasto-plastique Md3T	197,47	231,70	263,30
			173,70	203,80	231,59
	Sous charge concentrée Mc				289,49

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

Hacierco® 4.250.40 - Selon PV SOCOTEC LG 3644

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	2,45	2,60	2,70	2,90	3,20	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
100	15	115	2,45	2,60	2,70	2,90	3,20	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
100	20	120	2,45	2,55	2,65	2,85	3,20	3,35	3,50	3,75	3,00	3,15	3,25	3,50
100	25	125	2,40	2,55	2,65	2,80	3,15	3,30	3,45	3,70	2,95	3,10	3,20	3,45
100	30	130	2,40	2,50	2,60	2,80	3,10	3,25	3,40	3,65	2,90	3,05	3,20	3,40
100	35	135	2,35	2,45	2,55	2,75	3,05	3,25	3,35	3,60	2,85	3,00	3,15	3,35
100	100	200	2,05	2,20	2,25	2,45	2,50	2,70	2,90	3,20	2,55	2,65	2,75	3,00
100	150	250	1,95	2,05	2,10	2,25	2,00	2,35	2,60	2,90	2,15	2,50	2,60	2,75
125	25	150	2,25	2,40	2,50	2,65	2,90	3,10	3,25	3,50	2,75	2,90	3,05	3,25
150	25	175	2,15	2,25	2,35	2,55	2,70	2,90	3,10	3,30	2,60	2,75	2,90	3,10
175	25	200	2,05	2,15	2,25	2,40	2,50	2,70	2,90	3,15	2,50	2,60	2,75	2,95
200	25	225	1,95	2,05	2,15	2,30	2,25	2,55	2,75	3,00	2,35	2,50	2,60	2,80

6.4.2 Mise en œuvre de la résine FLASHING

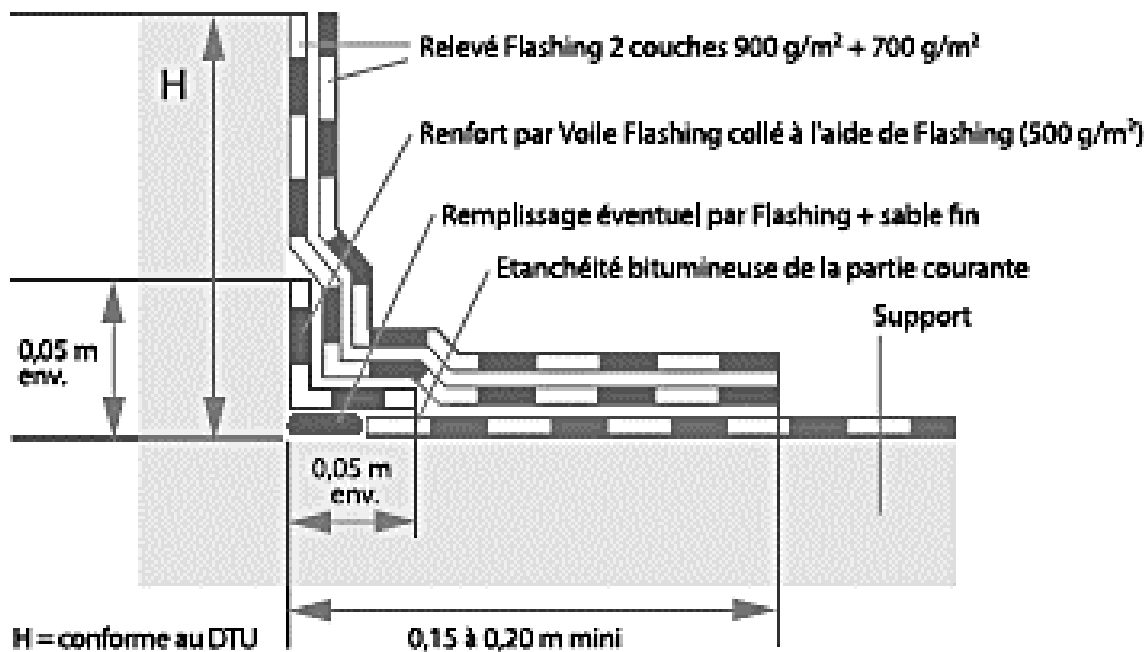
La résine FLASHING est prête à l'emploi. Elle s'applique au rouleau ou à la brosse.

S'il y a lieu, l'intervalle entre la partie verticale et le revêtement bitumineux de la partie courante qui ne doit pas dépasser 2 cm est obturé par de la résine FLASHING mélangée à une charge de sable fin de manière à réaliser un mastic de remplissage (fig.4).

Une armature de renfort en VOILE FLASHING (de développé 0,10 m) est collée dans l'angle avec le FLASHING ou FLASHING JARDIN (environ 500 g/m²).

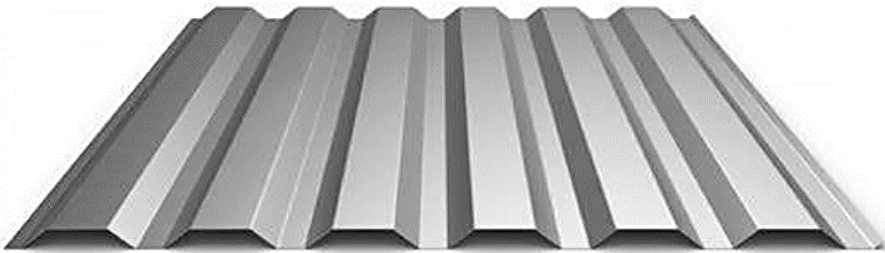
Le relevé d'étanchéité est réalisé par la mise en œuvre de deux couches de FLASHING ou FLASHING JARDIN (900 g/m² + 700 g/m²) avec un talon supérieur ou égal à 0,15 m (Fig. 4).

Pour obtenir un aspect couleur aluminium, la deuxième couche peut être réalisée à l'aide de ALSAN FLASHING SILVER (0,700kg/m²).

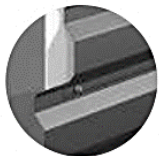


Trapéza® 6.175.25

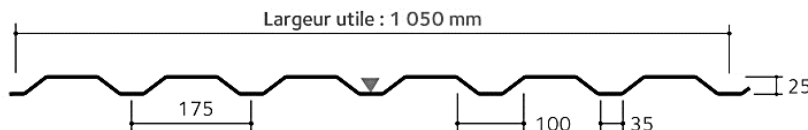
Plaque nervurée pour bardage simple et double peau



Pose verticale & horizontale



Recouvrement



Longueur minimale 1 800 mm / Longueur maximale 13 000 mm
Longueur maximale conseillée en pose horizontale : 8 000 mm
Épaisseur minimale en pose horizontale : 0,75 mm

Masse surfacique

Épaisseur (mm)	0,63	0,75	0,88	1,00
Masse (kg/m²)	5,58	6,64	7,80	8,86

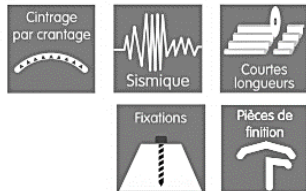
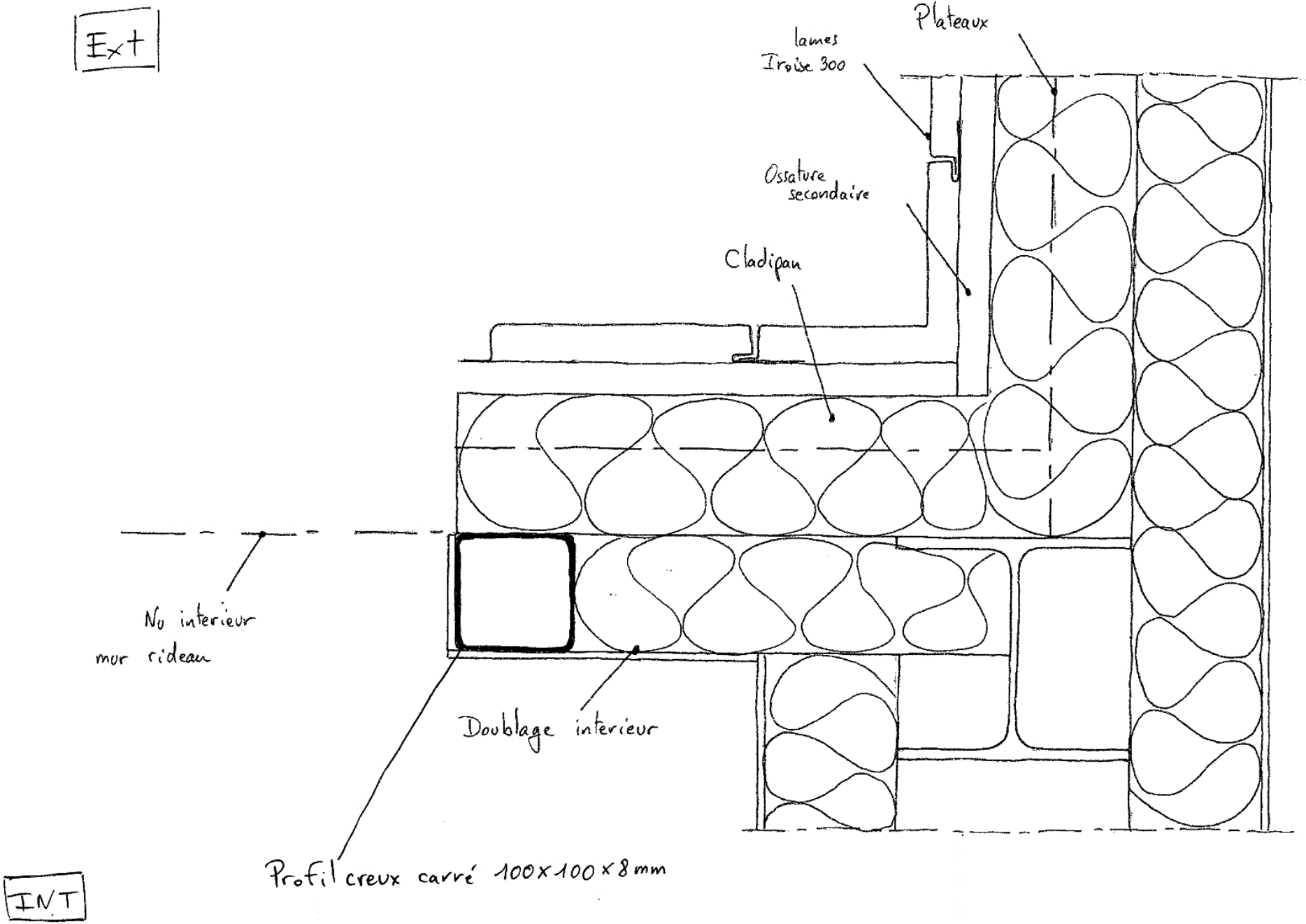


Tableau des charges maximales admissibles en daN/m² en fonction des portées d'utilisation

Pour une pose en simple peau horizontale, la portée est limitée à 2,5 m.

Selon PV Socotec DM 7163		2 appuis 		Portée (m)	3 appuis 		
		Épaisseur (mm)			Épaisseur (mm)		
		0,63	0,75		0,63	0,75	
Simple & double peau	Pression	136	148	≤ 1,70	200	200	Pression
	Dépression	118	131		200	200	Dépression
	Pression	118	128		1,80	200	200
	Dépression	103	114	200		200	Dépression
	Pression	103	111	1,90	197	200	Pression
	Dépression	91	100		181	200	Dépression
	Pression	91	98	2,00	175	200	Pression
	Dépression	80	88		160	200	Dépression
Simple peau	Pression	71	77	2,20	141	162	Pression
	Dépression	64	69		128	124	Dépression
	Pression	57	62	2,40	115	123	Pression
	Dépression	52	56		104	106	Dépression
	Pression	47	51	2,60	94	96	Pression
	Dépression	43	46		83	87	Dépression
	Pression		45	2,80	73	75	Pression
	Dépression		43		67	70	Dépression
	Pression			3,00	58	60	Pression
	Dépression				55	57	Dépression
	Pression			3,20	46	48	Pression
	Dépression				45	48	Dépression



Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

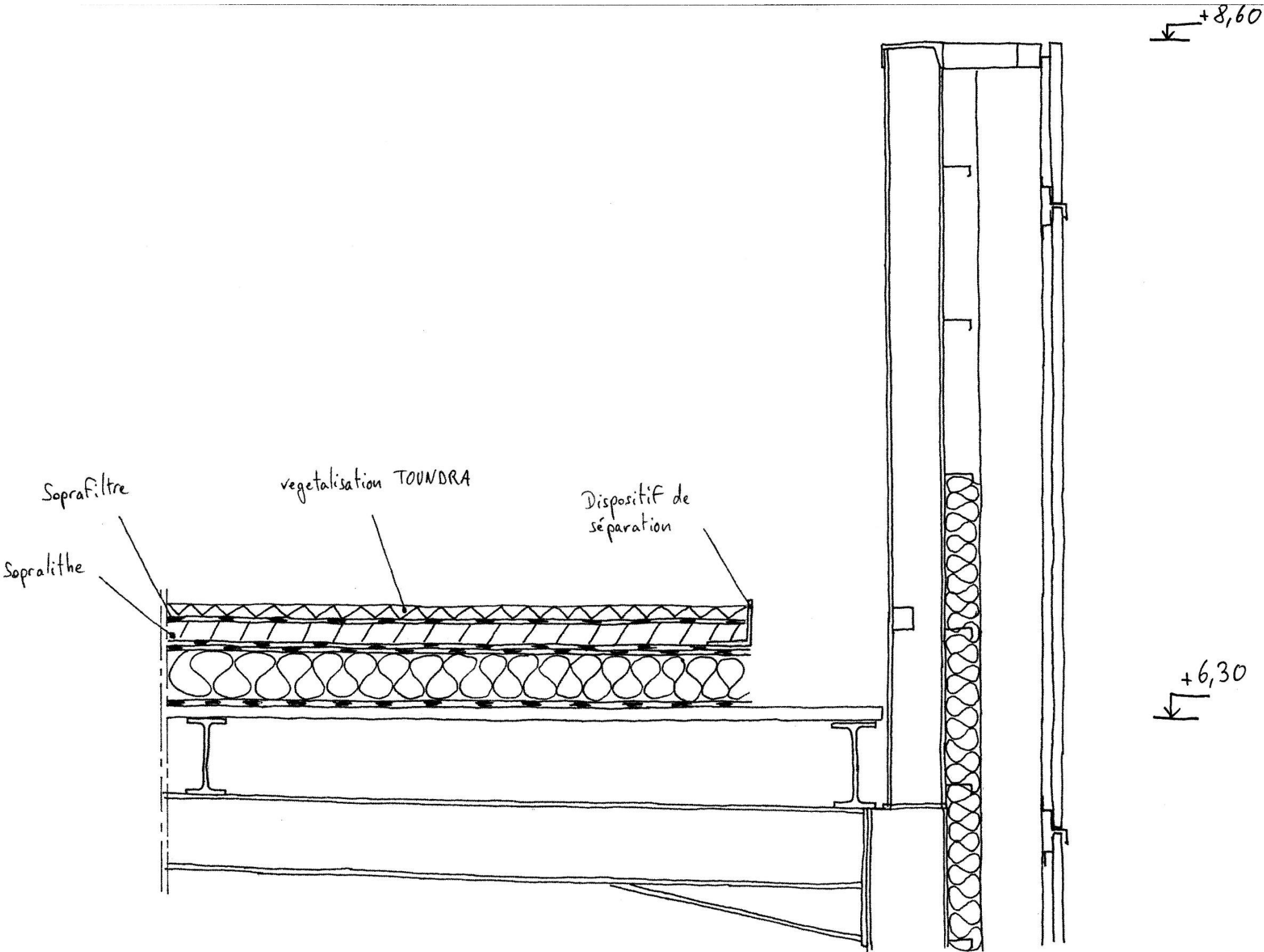
N° d'inscription :



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.)