

Sur le procédé

WALL 500/40 XX

Famille de produit/Procédé : Façade translucide organique

Titulaire(s) : Société **POLYWORLD SYSTEMS SRL**

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 2.1 - Produits et procédés de façade légère

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V5	Cette version annule et remplace l'Avis Technique 2.1/15-1677_V4. Il s'agit d'une révision à l'identique.	BOULLON Tamara	VALEM Frédéric
V4	Il s'agit de la prorogation d'un an de l'Avis Technique n° 2.1/15-1677_V3.	MOKRANI Youcef	VALEM Frédéric

Descripteur :

Procédé de façade translucide réalisé à partir de plaques multiparois en polycarbonate, coextrudées avec une couche anti-UV sur le côté extérieur, s'assemblant verticalement par emboîtement de leurs rives longitudinales.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Définition succincte.....	4
1.1.1.	Description succincte.....	4
1.1.2.	Mise sur le marché.....	4
1.1.3.	Identification.....	4
1.2.	AVIS.....	4
1.2.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.2.2.	Appréciation sur le procédé.....	4
1.2.3.	Prescriptions Techniques.....	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	6
2.	Dossier Technique.....	8
2.1.	Données commerciales.....	8
2.2.	Description.....	8
2.3.	Domaine d'emploi.....	8
2.4.	Eléments.....	8
2.4.1.	Plaques de façade.....	8
2.4.2.	Profilés aluminium de jonction au gros-œuvre.....	10
2.4.3.	Pattes d'ancrage.....	10
2.4.4.	Joint d'étanchéité en EPDM.....	10
2.4.5.	Ruban aluminium microperforé.....	10
2.4.6.	Accessoires non fournis.....	10
2.5.	Isolation thermique.....	10
2.6.	Fabrication.....	11
2.6.1.	Processus.....	11
2.6.2.	Identification.....	11
2.7.	Contrôles de fabrication.....	11
2.7.1.	Contrôles sur matières premières.....	11
2.7.2.	Contrôles en cours de fabrication.....	11
2.7.3.	Contrôles sur produits finis.....	12
2.8.	Fourniture et stockage.....	12
2.8.1.	Fourniture.....	12
2.8.2.	Stockage.....	12
2.9.	Mise en œuvre.....	12
2.9.1.	Assistance technique.....	12
2.9.2.	Découpe.....	12
2.9.3.	Principes de mise en œuvre.....	12
2.9.4.	Montage en shed.....	13
2.9.5.	Joint de dilatation.....	13
2.9.6.	Réalisation des angles sortants.....	13
2.9.7.	Portées.....	13
2.10.	Entretien et Remplacement.....	14
2.10.1.	Entretien.....	14
2.10.2.	Remplacement d'un panneau.....	14
2.11.	Résultats expérimentaux.....	14
2.12.	Références.....	14
2.13.	Annexes du Dossier Technique.....	15

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 2.1 - Produits et procédés de façade légère de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 09 juillet 2024, le procédé, présenté par la Société. Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Procédé de façade translucide réalisé à partir de plaques multiparois en polycarbonate, coextrudées avec une couche anti-UV sur le côté extérieur, s'assemblant verticalement par emboîtement de leurs rives longitudinales.

Le remplissage ainsi constitué est maintenu :

- sur son périmètre dans des profils en aluminium solidarités au gros œuvre ;
- pour les éléments comportant plus de 2 appuis, par pattes d'ancrage solidaires de lisses intermédiaires horizontales.

Les plaques de façade translucide ont les dimensions suivantes :

- épaisseur en partie courante : 40 mm ;
- largeur utile : 500 mm ;
- longueur maximale en œuvre : 7 m.

1.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, le produit fait l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par la société Polyworld Systems Srl sur la base de la norme NF EN 16153+A1.

Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

1.1.3. Identification

Les plaques de façade translucide Wall 500/40 XX font l'objet d'un suivi semestriel par le CSTB. Le marquage est conforme au §5.2 du Dossier Technique.

1.2. AVIS

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Le procédé Wall 500/40 XX est destiné aux bâtiments industriels et agricoles relevant du Code du Travail et aux bâtiments commerciaux, scolaires et sportifs à simple rez-de-chaussée considérés comme Etablissements Recevant du Public en locaux de faible à forte hygrométrie situés à une altitude maximale de 900 m, chauffés ou non mais non réfrigérés, dont le domaine d'emploi simplifié en fonction des critères d'étanchéité à l'air et de perméabilité à l'eau est défini au tableau 1 du Dossier Technique. Ce tableau ne peut être utilisé indépendamment du tableau 2 du Dossier Technique concernant les valeurs de charges admissibles.

La longueur maximale de mise en œuvre des plaques est de 7 mètres.

La façade translucide est normalement mise en œuvre selon un plan vertical. Toutefois, est admise une inclinaison de 15° (positive ou négative) par rapport à la verticale. Dans le cas particulier d'un fruit positif, la longueur du rampant est limitée à 6 m.

Le procédé Wall 500/40 XX peut être mis en œuvre en zone de sismicité et catégories d'importance de bâtiments définis au § 2 du Dossier Technique.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Aptitude à l'emploi

Stabilité

La façade ne participe pas à la stabilité générale des bâtiments, laquelle incombe à l'ouvrage qui le supporte.

L'espacement entre lisses horizontales, déterminé au cas par cas en fonction des efforts de vent appliqués, et en application des prescriptions techniques correspondantes, permet d'assurer convenablement la stabilité propre du bardage.

Sécurité en cas d'incendie

Les vérifications à effectuer (*notamment quant à la règle dite du "C+D", y compris pour les bâtiments en service*) doivent prendre en compte le classement au feu : B-s1, d0 (cf. § B).

La masse combustible des plaques Wall 500/40 XX est de 121,9 MJ/m².

Pour les ERP du 1^{er} groupe comportant des ouvertures (baies) intégrées à la façade, le traitement de la jonction façade/plancher doit être conforme à l'IT 249 ou faire l'objet d'une appréciation de laboratoire agréé.

Pour les ERP du 1^{er} groupe ne comportant pas d'ouvertures, seule la pose en simple rez-de-chaussée est possible.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée.

Sécurité aux chutes des personnes

La sécurité aux chutes ne peut être assurée par la façade translucide seule.

Aussi l'utilisation de la façade translucide à un niveau directement accessible aux personnes, tant de l'intérieur que de l'extérieur (rez-de-chaussée, plancher intermédiaire...), n'est possible que lorsque la sécurité aux chutes est assurée par un ouvrage complémentaire constituant garde-corps conforme à la NF P 01-012.

Pose en zones sismiques

Le procédé de façade translucide Wall 500/40 XX peut être mise en œuvre en zones sismiques et bâtiments définis au § 2 du Dossier Technique.

Isolation thermique

Le système permet de satisfaire aux exigences minimales de la réglementation thermique en vigueur, applicable aux constructions neuves.

La satisfaction aux exigences est à vérifier au cas par cas.

Éléments de calcul thermique

Le coefficient de transmission thermique surfacique U_p d'une paroi intégrant un système de façade translucide se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

Avec :

U_c est le coefficient de transmission thermique surfacique en partie courante, en $W/(m^2.K)$.

ψ_i est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré i , en $W/(m.K)$.

E_i est l'entraxe du pont thermique linéique i , en m.

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par m^2 de paroi.

χ_j est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré j , en W/K .

Les coefficients ψ et χ sont déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule 5 selon rapport CSTB réf. DER/HTO 2014-051-BB/LS (cf. § 5 du Dossier Technique).

Au droit des points singuliers, il convient de tenir compte, en outre, des déperditions par les profilés d'habillage.

Étanchéité des parois à l'eau et à l'air

Elle peut être considérée comme normalement assurée pour le domaine d'emploi accepté.

Isolement acoustique

Les plaques Wall 500/40 XX ont un affaiblissement acoustique au bruit aérien R_w (C ;Ctr) valant 19 (-2 ; -3) dB (cf. § 3.14).

Données environnementales

Le procédé Wall 500/40 XX ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

Prévention des risques de condensation

Des condensations passagères risquent dans les locaux non chauffés de se produire à l'intérieur des alvéoles, pouvant dans certaines circonstances entraîner le développement de moisissures nuisibles à l'aspect et à la transmission lumineuse.

Cependant la mise en communication de l'air présent dans les alvéoles avec l'ambiance extérieure limite les phénomènes de condensation, et l'obturation haute et basse des alvéoles par un filtre s'oppose à l'empoussièrement et au développement des moisissures.

Dans le cas de locaux non chauffés, les phénomènes de condensation sont inévitables.

Performances aux chocs

Concernant la résistance aux chocs vis-à-vis de la conservation des performances, et en considérant les plaques Wall 500/40 XX comme facilement remplaçables, les classements selon la norme P08-302 sont les suivants :

- Chocs extérieurs : Q4.
- Chocs intérieurs : O3.

Certaines activités sportives (*ballons, tennis, hockey sur glace, handball,*...) peuvent occasionner des sollicitations de chocs intérieurs particulières, non prises en compte dans les classements ci-dessus.

Pour ce type de sollicitations, une analyse au cas par cas à l'instigation du Maître d'Ouvrage, après consultation du Maître d'œuvre, devra être faite pour d'éventuelles protections complémentaires.

1.2.2.2. Durabilité-Entretien

Les essais après 3200 heures (*dose d'ensoleillement total reçu = 10GJ/m² selon NFENISO 4892 part. 1 et 2*) de Weatherometer et l'expérience en œuvre du polycarbonate ont montré que la protection réalisée par coextrusion fortement chargée en anti-UV était à même de limiter le jaunissement, la baisse de transmission lumineuse et l'affaiblissement des propriétés mécaniques dans de bonnes conditions pendant au moins dix ans.

L'action due au vent, aux poussières et à l'entretien peut altérer sensiblement l'aspect et la transparence des plaques Wall 500/40 XX.

1.2.2.3. Fabrication

Systèmes de matières premières polycarbonate acceptés

Les matières premières polycarbonate décrites dans le § 3 du Dossier Technique selon l'assemblage défini par le fabricant, composent un ou plusieurs systèmes de matières polycarbonate entrant dans la fabrication des systèmes de bardage translucide désigné.

Un code unique est associé à chaque système de matières selon le § 3.1 du Dossier Technique.

Conditions de fabrication

Le fabricant est tenu d'exercer sur la fabrication des plaques Wall 500/40 XX un contrôle permanent dont les résultats sont consignés sur un registre conservé à l'usine.

La régularité, l'efficacité et les conclusions de ce contrôle interne sont vérifiées semestriellement par le CSTB.

Les dispositions de fabrication mises en place par la société Polyworld Systems Srl et les autocontrôles réalisés permettent de compter sur une suffisante constance de la qualité.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

L'implantation du gros-œuvre doit normalement être modulée, c'est-à-dire conçue et réalisée de façon telle que la façade puisse être montée à l'aide d'un nombre entier de plaques, sans nécessiter de découpe sur chantier.

Si cette découpe est indispensable, elle doit être exécutée à l'arase d'une cloison d'alvéole.

Pour la détermination de la hauteur nominale de la façade translucide, on doit prendre en compte l'appui minimal en traverses haute et basse tel que défini (*selon les types de pose*) en tant qu'appui minimal résiduel, eu égard aux variations dimensionnelles des plaques, à savoir : coefficient de dilatation thermique : $6,5 \cdot 10^{-5} \text{m/m.K}$.

Toutes dispositions (*telles que local dont la température intérieure est supérieure à la normale, présence d'un rideau intérieur d'occultation, proximité d'un corps de chauffe, ...*) susceptibles de créer dans la façade translucide un échauffement supplémentaire à celui résultant du rayonnement solaire, sont à rejeter.

Les ossatures porteuses de la façade translucide doivent également, de ce fait, être revêtues de peinture claire.

En cas d'utilisation de lisses intermédiaires, on doit s'assurer de la résistance de cette ossature secondaire (*flèche admissible sous vent normal < 1/200^{ème} dans la limite de 20 mm*) et de ses fixations à l'ossature principale.

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) définissent le critère de flèche. A défaut, la flèche maximale admise est le 1/50^{ème} de la portée dans la limite de 50 mm.

1.2.3.2. Conditions de mise en œuvre

La société Polyworld Systems Srl est tenue d'apporter, à l'entreprise de pose, son assistance technique lors de l'étude préalable et de la réalisation de l'ouvrage.

Sur chantier, les plaques Wall 500/40 XX stockées en pile, même conservées dans leur emballage, doivent être tenues à l'abri d'une exposition solaire directe.

La fixation des pattes d'ancrage sur appui s'effectuera en 2 points (dans les 2 trous d'extrémité) sur les supports en bois et en 3 points dans les autres cas.

L'entreprise de pose vérifiera que les trous de drainage ont bien été exécutés dans le cadre de son autocontrôle.

1.2.3.3. Conditions d'entretien

Les solvants organiques ou les éléments abrasifs ou alcalins sont à exclure. Seul le rinçage à l'eau additionnée de détergent neutre et le nettoyage à la raclette sont à employer.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Tout en conservant une marge de sécurité importante vis-à-vis de la rupture sous les effets de pression, dépression du vent normal selon les Règles NV 65 modifiées, les plaques Wall 500/40 XX présentent une déformabilité importante. Il est habituel que pour ce genre de procédé et le type de bâtiments dans lesquels il est appliqué, la déformabilité admissible soit plus importante que pour les produits opaques. On peut en effet accepter une déformation de 1/50^{ème} de la portée si cette déformation ne dépasse pas 50 mm. Cependant, compte tenu de ce que dans certains cas une telle déformation peut entraîner un sentiment d'inconfort, le Dossier Technique indique également les charges admissibles pour une déformation de 1/100^{ème} de la portée.

Les performances du système sur 3 appuis sont limitées à 500 Pa.

Le tableau 1 est déterminé en fonction des résultats d'essais de perméabilité à l'air en pression et en dépression, et d'étanchéité à l'eau, en considérant que les critères d'étanchéité à l'eau et de perméabilité à l'air sont définis au quart de la pression normale.

Pour chaque palier de pression de 50 Pa, les critères sont les suivants :

- pour l'eau : étanchéité (en pression) ;
- pour l'air : perméabilité $\leq 2\text{m}^3/\text{h.m}$ en pression et en dépression.

Concernant la sécurité aux chocs vis-à-vis de la conservation des performances, et après analyse, la reprise des effets dynamiques des balles, ballons ou autres palets peut se faire éventuellement par un filet à mailles fines.

Le stockage des panneaux sur chantier ne peut se faire par un bâchage en extérieur.

Cet Avis Technique est assujéti à un suivi annuel du CSTB des plaques Wall 500/40 XX.

2. Dossier Technique

2.1. Données commerciales

Titulaire(s) : Polyworld Systems Srl
 Via Lugano, 4C
 IT 21050 Cantello (VA) - Italie
 Tél. : (+39) 0331 820 046
 Fax : (+39) 0331 820 064
 Internet : www.polyworldsys.com
 E-mail : technical@polyworldsys.com

2.2. Description

Procédé de façade translucide réalisé à partir de plaques multiparois de polycarbonate coextrudés avec une couche anti-UV sur le côté extérieur s'assemblant verticalement par emboîtement de leurs rives longitudinales.

La plaque multiparois a une structure interne avec des alvéoles en forme de double X (cf. fig. 1).

Le remplissage ainsi constitué est maintenu :

- sur son périmètre dans des profils en aluminium solidarisés au gros œuvre ;
- pour les éléments comportant trois ou plusieurs appuis, par des pattes d'ancrage en aluminium fixées sur les lisses intermédiaires horizontales.

2.3. Domaine d'emploi

Le procédé Wall 500/40 XX est destiné aux bâtiments industriels et agricoles relevant du Code du Travail et aux bâtiments commerciaux, scolaires et sportifs à simple rez-de-chaussée considérés comme Établissements Recevant du Public en locaux de faible à forte hygrométrie situés à une altitude maximale de 900 m, chauffés ou non mais non réfrigérés, dont le domaine d'emploi simplifié en fonction des critères d'étanchéité à l'air et de perméabilité à l'eau est défini au tableau 1 du Dossier Technique. Ce tableau ne peut être utilisé indépendamment du tableau 2 du Dossier Technique concernant les valeurs de charges admissibles.

La longueur maximale de mise en œuvre des plaques est de 7 mètres.

La façade translucide est normalement mise en œuvre selon un plan vertical. Toutefois, est admise une inclinaison de 15° (positive ou négative) par rapport à la verticale. Dans le cas particulier d'un fruit positif, la longueur du rampant est limitée à 6 m.

Le procédé Wall 500/40 XX peut être mis en œuvre en zones et bâtiments suivant le tableau ci-dessous (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs) :

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	X	X	X	X
2	X	X	X	
3	X	X	X	
4	X	X	X	
X	Pose autorisée			
	Pose non autorisée sauf pour une hauteur d'ouvrage inférieure à 3,50 m (cf. Guide ENS)			

2.4. Éléments

2.4.1. Plaques de façade

Les plaques de façade, d'appellation commerciale Wall 500/40 XX, sont conformes à la norme NF EN 16153+A1 et sont identifiées par le marquage CE. Elles font l'objet d'une déclaration de performance (DDP) établie par la société Polyworld Systems Srl.

Ces plaques répondent aux spécifications suivantes :

Désignation	Valeurs ou classement	Performances indiquées dans la DDP
Coefficient de transmission thermique	U = 1,1 W/m ² .K	-
Dilatation thermique linéique	6,5.10 ⁻⁵ m/m.K	-
Réaction au feu	B-s 1, d0	X

Les plaques Wall 500/40 XX, sont fabriquées à partir d'une résine polycarbonate (référence Q1 pour le cristal et Q1 opale pour l'opale).

A chaque résine de base, est associé un mélange maître base polycarbonate chargé en absorbeurs UV (référence Q1 UV) utilisé pour la coextrusion de la couche de protection au rayonnement ultra-violet sur la face externe. La couche de protection au rayonnement ultra-violet est coextrudée simultanément sur la face externe du panneau. L'épaisseur de la couche de coextrusion est au minimum de 50 microns. Possibilité de traitement anti UV sur les deux côtés sur demande.

L'une des rives longitudinale (mâle) comporte un tenon tandis que l'autre (femelle) présente une cannelure ouverte vers l'extérieur.

2.4.1.1. Dimensions et tolérances :

- Épaisseur de la plaque : 40 mm \pm 0,8 mm,
 - Épaisseur de la paroi externe : 0,9 mm (-0,1 / + 0,15 mm),
 - Épaisseur de la paroi interne : 0,8 mm (-0,1 / + 0,15 mm),
 - Épaisseur des cloisons internes verticales : 0,2 mm \pm 0,05 mm,
 - Largeur : 529 mm (-2 / + 6 mm),
 - Largeur utile : 500 mm (-2 / + 6 mm),
 - Longueur maximale : 7 000 mm,
 - Tolérance sur la longueur de la plaque :
- De 0 mm à + 12 mm pour plaque de longueur \leq 3000 mm,
 - De 0 mm à + 0,40 % pour plaque de longueur > 3000 mm,
- Masse surfacique : 4,0 kg/m² \pm 5%.

2.4.1.2. Transmission lumineuse

	Transmission Lumineuse $T_{v\ nh}$	Facteur Solaire (g)
Plaque translucide cristal	49 %	49 %
Plaque translucide opale	38 %	37 %

A noter : Valeurs déterminées selon les normes NF EN 410 et NF EN 14500 pour la transmission lumineuse et valeurs calculées en application du modèle simplifié proposé dans la norme NF EN 16153 +A 1.

Avec :

- $T_{v\ nh}$ = facteur de transmission lumineuse normal-hémisphérique

g = facteur de transmission de l'énergie solaire totale. Les conditions pour le calcul du confort thermique et de dimensionnement en refroidissement ont été les suivantes : $h_e = 13,5$ W/(m²K) ; $h_i = 8$ W/(m²K) $T_{ext} = T_{int} = 25^\circ\text{C}$ (conditions d'été) et les conditions pour le calcul des consommations d'énergie ont été les suivantes : $h_e = 25$ W/(m²K) ; $h_i = 7,7$ W/(m²K) $T_{ext} = 5^\circ\text{C}$; $T_{int} = 20^\circ\text{C}$ (conditions d'hiver).

2.4.1.3. Caractéristiques physiques

Désignation	Méthode d'essai	Unité	Valeur
Densité	ISO 1183	g/cm ³	1,20
Résistance à la traction à 23 °C	ISO 527	MPa	60
Allongement à la température à 23 °C	ISO 527	%	90
Module en flexion	ISO 178	MPa	2300
Coefficient de dilatation à 20 °C	ISO 179	m/m.K	$6,5 \times 10^{-5}$
Point Vicat	ISO 306 (Méthode B)	°C	150

2.4.1.4. Caractéristiques acoustiques

Les plaques Wall 500/40 XX possèdent les caractéristiques acoustiques suivantes :

Plaque	Indice d'affaiblissement acoustique R_w (C ; Ctr) au bruit aérien
Wall 500/40 XX	19 (-2 ; -3) dB

2.4.1.5. Coloris

Les plaques sont proposées dans les versions suivantes :

- translucide cristal ;
- translucide blanc opale.

2.4.2. Profilés aluminium de jonction au gros-œuvre

Les différents profilés d'épaisseur 15/10^{ème} sont réalisés en alliage d'aluminium EN AW6060 T5 conformément à la norme NF EN 755-2, anodisé classe AA15 selon EN ISO 7599, et livrés en longueur de 6m.

2.4.2.1. Profils bas (cf. fig. 2)

Deux types de profilés inférieurs sont disponibles – avec bavette (PABAN3040X) ou sans bavette (PAINF3040X). Tous les profilés inférieurs ont une réservation basse pour le drainage et la ventilation. Ils sont pré-perçés en usine avec des trous 30x5 mm tous les 50 cm.

2.4.2.2. Profil intermédiaire

Le profilé intermédiaire (PAINT3040X), en forme de H, est dissymétrique dans la partie inférieure. Il reprend une plaque dans la partie supérieure et une autre plaque dans celle inférieure, en permettant une interruption en cas de bardages de grande hauteur (hauteur supérieure à 7 mètres).

2.4.2.3. Profil haut

Le profilé supérieur (PASUP3040X) présente une rainure en U dissymétrique qui permet un recouvrement minimum de 20 mm entre la plaque et le côté le plus court du profilé (cf. fig. 2 et 7).

2.4.2.4. Profil latéral

Le profilé latéral est composé de deux parties : profil PALAT3040X, en forme de L, qui se fixe au gros œuvre et profil PASCA1640X, en forme de I, qui se clipse et se visse à l'autre depuis l'extérieur après l'installation des plaques (cf. §8.31).

2.4.2.5. Éclisse de liaison

L'éclisse de liaison a une forme de L et une longueur de 200 mm et recouvre sur 100mm chacun des deux profilés inférieurs (cf. fig. 3). Elle est fournie sur demande.

2.4.2.6. Profil d'angle

Le profil d'angle (PA40482MR) a une forme de L et une longueur de 48 mm. Il est utilisé pour les applications en applique (cf. fig. 4 et 10).

2.4.3. Pattes d'ancrage

Les pattes d'ancrage, en acier inoxydable d'épaisseur 8/10^{ème}, sont utilisées pour la fixation des profils sur la lisse intermédiaire. Elles ont trois trous \varnothing 6 mm pour fixer la patte sur la lisse par des vis inox A2 \varnothing 5,5 mm (cf. fig. 4).

2.4.4. Joint d'étanchéité en EPDM

Le joint d'étanchéité en caoutchouc vulcanisé EPDM (cf. fig. 4) est à positionner entre la plaque et les profils aluminium inférieurs et supérieurs sur le côté extérieur.

2.4.5. Ruban aluminium microperforé

Les plaques sont livrées avec un ruban en aluminium microperforé (réf. NAMPH60X50) appliqué en haut et en bas afin que les alvéoles soient ventilées tout en permettant l'évacuation des éventuelles eaux de condensation.

2.4.6. Accessoires non fournis

Pour effectuer l'installation, il est nécessaire d'utiliser des accessoires complémentaires qui ne sont pas fournis par la Société Polyworld Systems Srl :

- Visserie

La visserie est en acier inoxydable A2.

Pour la fixation des pattes d'ancrage dans le cas de 3 appuis ou plus, la visserie devra être adaptée à la nature du support et présenter une résistance caractéristique minimum à l'arrachement suivant NF P30-310 de 85 daN.

- sur ossature métallique : vis autoperceuse de diamètre \varnothing 5,5 mm et de longueur 38mm, à tête hexagonale de 8mm,
- sur ossature bois : vis à bois de diamètre \varnothing 5 mm et de longueur 45 mm, à tête fraisée de diamètre 9,7 mm.

Pour la fixation des profils PASCA1640X sur PALAT3040X : vis autoperceuses de diamètre \varnothing 5,5 mm et de longueur 38 mm, à tête hexagonale de 8 mm, espacées de 0,50 m au maximum, avec une résistance aux efforts de cisaillement de 784 daN et la résistance à la traction minimale de 470 daN.

- Silicone de catégorie 25E ayant fait l'objet d'essai de compatibilité avec les plaques Wall 500/40 XX suivant le DTU 44.1.

2.5. Isolation thermique

Les valeurs (Ut) de transmission thermique calculées pour les parties courantes ainsi que les coefficients de transmission thermique à prendre en compte sont :

U_t (W/m ² .K)			1,1
ψ_{rive} (W/m.K)	En applique	Profil PALAT3040X + PASCA1640X	0,3 (par défaut)
	En tableau	Profil PALAT3040X + PASCA1640X	0,346
ψ_{about} (W/m.K)	En applique	PA INF3040X	0,066
		PA SUP3040X	0,06
	En tableau	PA INF3040X	0,255
		PA SUP3040X	0,334
		PA BAN3040X	0,391
ψ_f (W/m.K)		PA INT3040X	0,291
χ_{patte} (W/k)			0,005 (par défaut)

2.6. Fabrication

Les plaques de polycarbonate sont extrudées par la Société Polyworld Systems Srl dans son usine à Cantello (VA), Italie.

2.6.1. Processus

La production des plaques de polycarbonate est faite par une extrudeuse dans laquelle le polymère est fondu. La matière plastique sort à haute température (260 à 280 °C) à travers une filière qui lui donne sa forme et ses dimensions.

Une seconde extrudeuse, couplée à la principale, assure la coextrusion d'une couche d'absorbants anti-UV sur la face externe des panneaux avec une résine spécifique.

Un système de calibration sous vide donne au produit à la sortie de la filière les dimensions finales et en même temps, du fait du refroidissement interne du calibre, baisse la température du polymère jusqu'à atteindre un profilé solide et stable.

Le tirage des panneaux est fait par un rouleau motorisé et la coupe transversale est effectuée par une scie circulaire ou par la méthode "lame chaude".

2.6.2. Identification

2.6.2.1. Marquage

Lors de l'extrusion, un marquage est effectué sur un côté latéral de la face externe du panneau tous les 0,50 m environ indiquant l'année, le jour depuis le début de l'année et l'heure de production, le côté protégé contre les rayons UV, le logo CE.

Exemple : 19022 14:18 UV side CE. 19022 signifie le 22^{ème} jour de l'année 2019, 14:18 est l'heure de production.

Les plaques Wall 500/40 XX possèdent un marquage CE conforme à la norme NF EN 16153 + A1.

2.6.2.2. Film protecteur pelable

Les vitrages organiques multiparois « WALL 500/40 XX » peuvent être identifiés par la présence du film protecteur pelable déposé sur les faces du vitrage.

Chaque vitrage organique multiparois reçoit sur les 2 cotés définissant la largeur, aux bords de coupe, un ruban adhésif protecteur de coloris incolore afin d'éviter la pénétration d'éventuelles poussières lors du transport et des manutentions.

La face de la plaque ayant reçu le traitement de résistance au rayonnement ultraviolet est repérée à l'aide du film protecteur comprenant un élément visuel distinctif (type « UV-side » ou logo « soleil ») qui est reproduit :

- tous les 1m (au minimum) dans le sens de la longueur du vitrage,
- et, tous les 50cm (au minimum) dans le sens de la largeur.

2.7. Contrôles de fabrication

2.7.1. Contrôles sur matières premières

Les contrôles de la composition de chaque lot de matière première et de l'indice de viscosité sont réalisés par les fournisseurs (ceux-ci disposant d'un système de qualité ISO 9001). Un certificat de contrôle est livré avec chaque lot.

2.7.2. Contrôles en cours de fabrication

Les contrôles en usine sont effectués conformément au § 6.3 de la norme NF EN 16153+A1.

Sont notamment réalisés sur éprouvettes de profilés Wall 500/40 XX :

- Contrôle en usine pendant le processus 3 fois par équipe (environ 3h) : dimensions du panneau (épaisseur du panneau, longueur, largeur, parallèle diagonale, aspect esthétique, présence UV, marquage, vérification emboîtement) ;
- Au moins une fois par équipe, en plus des contrôles indiqués : poids, épaisseur des parois, contrôle épaisseur UV.

2.7.3. Contrôles sur produits finis

En phase d'emballage, dans le cas où aucune anomalie n'a été détectée pendant le processus en autocontrôle, l'opérateur effectuera des contrôles visuels. Il vérifiera notamment la correspondance entre la quantité produite et la quantité demandée dans la commande.

2.8. Fourniture et stockage

2.8.1. Fourniture

Les éléments fournis par la Société Polyworld Systems Srl comprennent les panneaux de polycarbonate Wall 500/40 XX avec le ruban aluminium microperforé en haut et en bas, les profilés aluminium d'encadrement, les pattes d'ancrage et les joints d'étanchéité.

Tous les autres éléments sont directement approvisionnés par le poseur, en conformité avec les préconisations du présent Dossier Technique.

2.8.2. Stockage

2.8.2.1. Stockage en usine ou chez les distributeurs

Les panneaux doivent être stockés à l'abri de la pluie et du soleil sur une surface plane dans un local couvert et en zone éloignée de toute source de chaleur pour éviter un collage des films de protection ou l'introduction d'humidité dans les alvéoles.

2.8.2.2. Stockage sur chantier

Sur chantier, les panneaux sont stockés en pile. Même conservés dans leur emballage, ils doivent être tenus à l'abri d'une exposition solaire directe.

Dans le cas où les panneaux seraient exposés au soleil ou à une source directe de chaleur, des déformations irréversibles se produiraient et rendraient les panneaux inutilisables.

2.9. Mise en œuvre

2.9.1. Assistance technique

La société Polyworld Systems Srl n'assure pas la pose. Elle distribue et livre les éléments du système Wall 500/40 XX à des entreprises de pose.

La Société Polyworld Systems Srl dispose d'un service technique qui peut apporter, à la demande du poseur, une assistance technique tant au niveau de l'étude d'un projet qu'au stade de son exécution.

2.9.2. Découpe

La découpe des panneaux se fait à l'aide d'une scie manuelle ou électrique en éliminant soigneusement les éventuelles bavures des lignes de coupe qui peuvent entraîner des difficultés lors de la mise en œuvre.

2.9.3. Principes de mise en œuvre

Tout chantier doit faire l'objet d'un calepinage préalable. Les longueurs des panneaux commandées doivent prendre en compte les différences dimensionnelles dues notamment aux dilatations ainsi que le jeu nécessaire au montage (*cf. fig. 11, 11bis et 11ter*).

2.9.3.1. Pose de l'encadrement

L'encadrement aluminium est fixé à la périphérie de la baie à obturer en utilisant les systèmes de fixation appropriés au support en interposant une bande de mousse imprégnée.

L'entraxe des fixations sera au maximum de 0,5m et le diamètre du trou sera supérieur à celui du dispositif de fixation pour permettre la dilatation de l'aluminium (trou de \varnothing 10mm pour fixation de \varnothing 5,5 mm).

La fixation est faite par une vis zinguée \varnothing 5,5 mm x 38 mm munie d'une rondelle cuvette vulcanisée \varnothing 6,3 x 16 mm.

Pour assurer l'étanchéité des points de fixation, il est nécessaire d'appliquer sur la tête de la vis une petite quantité de silicone neutre ou une rondelle d'étanchéité.

La jonction entre les profils est à effectuer par éclissage complété par un masticage, en laissant un jeu de dilatation de 5mm entre deux profils.

Le mastic élastomère sera du type neutre, non acétique, compatible avec le polycarbonate et de catégorie 25^F.

Le profil latéral PALAT3040X en forme de "L" rentre à l'intérieur des profilés inférieur et supérieur puis le profil PASCA1640X en forme de "I" se clipse dans le profil PALAT3040X (*cf. fig. 6*). La solidarisation entre les profils PALAT3040X et PASCA1640X se fait par des vis (*cf. §3.6*) espacées au maximum de 0,50 mètre.

Les orifices de drainage, de dimensions 30x5 mm tous les 50 cm, sont pré-perçés en usine dans les profils inférieurs PAINF3040X et PABAN3040X.

2.9.3.2. Pose des plaques

Les plaques en polycarbonate sont livrées sur chantier, coupées à la dimension demandée par le client, et ne nécessitent aucune retouche.

Cette fourniture à longueur tient compte d'une insertion minimale de 20 mm dans le profil supérieur lors du retrait maximal.

L'entreprise de pose vérifiera que le recouvrement « R » en mm entre le profil supérieur et la plaque de polycarbonate respecte la valeur donnée dans le tableau ci-après en fonction de la température de pose et de la longueur de la plaque (en mètre) à installer.

T° de pose	Longueur des panneaux en m						
	1	2	3	4	5	6	7
0°C	21	22	23	24	25	26	27
15°C	22	24	26	28	30	32	34
30°C	23	26	29	32	35	38	40

Pour les hauteurs de façades supérieures à 7 m, une interruption de la façade est nécessaire avec utilisation du profil aluminium intermédiaire PAINT3040X.

Les panneaux sont toujours placés avec la face avec gorge (pour éventuelle insertion de la patte d'ancrage) vers l'intérieur du bâtiment. La face des plaques traitée aux UV (indiquée par marquage) doit toujours être exposée vers l'extérieur.

Le film de protection doit toujours être enlevé juste après la mise en place de chaque plaque.

Les plaques sont posées en vertical avec les alvéoles dans le sens d'écoulement de l'eau.

Pour éviter toute pénétration de saillures et/ou la formation de condensation permanente à certaines températures, entraînant un dépôt verdâtre dans les alvéoles, une bande adhésive microperforée est placée en usine aux extrémités haute et basse des panneaux afin que les alvéoles soient ventilées tout en permettant l'évacuation des éventuelles eaux de condensation (cf. fig. 5). Dans le cas où il est nécessaire de découper les plaques sur chantier, la bande adhésive devra également être appliquée sur les chants de la plaque.

Le premier panneau Wall 500/40 XX est disposé dans le profil aluminium latéral. Le sens de l'emboîtement mâle dans femelle est choisi en sens contraire des vents de pluie dominants. Chaque panneau est mis en place par insertion en butée en traverse haute, puis redescendu dans la lisse basse avant d'être emboîté dans le profil précédent.

Les panneaux sont clipsés entre eux en ayant soin de fixer, le cas échéant, les pattes d'ancrage sur les lisses intermédiaires par l'intermédiaire de 2 vis dans les trous extrêmes pour le bois (distance entre vis de 30 mm) et 3 vis dans les autres cas (cf. § 3.6). Pour faciliter l'emboîtement sur les panneaux de grande longueur, il suffit de mouiller l'emboîtement avec une éponge et de l'eau claire.

La largeur du dernier panneau peut éventuellement être rectifiée le long de sa rive mâle ou d'une cloison verticale d'alvéole.

Après mise en place du dernier panneau, clipser le profil latéral PASCA1640X dans le profil latéral PALAT3040X.

Le joint néoprène extérieur est ensuite mis en place dans les profilés aluminium supérieur et inférieur. Le joint sera coupé à la longueur voulue avant sa mise en place afin d'éviter un étirement à la pose et un éventuel retrait ultérieur.

2.9.3.3. Traverses intermédiaires

La face intérieure des panneaux vient s'accrocher sur les traverses horizontales d'ossature du bâtiment à travers pattes d'ancrage s'insérant dans les gorges des panneaux prévues à cet effet, à raison d'une patte pour chaque panneau.

Les pattes doivent être fixées sur chaque lisse intermédiaire par des vis en acier inoxydable, respectant les indications du § 3.6, associées à une rondelle (Ø int. 6,5 mm et Ø ext. 12,5 mm) : fixation par 2 vis dans les 2 trous extrêmes pour les supports en bois et 3 vis dans les autres cas.

2.9.4. Montage en shed

Le procédé de montage en shed est le même que celui pour le bardage vertical extérieur, sauf que dans ce cas le bardage a une inclinaison maximale de 15° par rapport à la verticale.

Les profilés aluminium utilisés sont les mêmes que ceux du bardage vertical.

Une bavette est à prévoir entre mur et profil inférieur pour éviter le rejet d'eau de drainage contre la façade du bâtiment (cf. fig. 8).

2.9.5. Joint de dilatation

En présence d'un joint de dilatation structurel, il est nécessaire d'interrompre la façade Wall 500/40 XX.

Une tôle pliée de 1 mm d'épaisseur, fixée tous les 0,50 m d'un seul côté du joint de dilatation, sera mise en place (cf. fig. 12).

2.9.6. Réalisation des angles sortants

Les angles sortants seront réalisés à l'aide d'une tôle en aluminium laqué de 1 mm d'épaisseur (cf. fig. 12).

La largeur maximum des panneaux recoupés au droit de l'angle est de 300 mm.

2.9.7. Portées

L'espacement entre lisses ou appuis horizontaux est déterminé en fonction des critères suivants :

- Flèche maximale admissible sous vent normal au sens des règles NV65 modifiées : 1/100^{ème} ou 1/50^{ème} de la portée (suivant Document Particulier du Marché) avec une valeur absolue inférieure à 50 mm ;

- Coefficient de sécurité à la ruine en dépression : 3 pour le déboîtement entre plaques ou déclippage entre plaques et pattes d'ancrage.

Le tableau 2 indique les charges admissibles sous vent normal au sens des règles NV65 modifiées, qui satisfont ces critères, dans les limites du domaine d'emploi du tableau 1.

2.10. Entretien et Remplacement

2.10.1. Entretien

Les panneaux Wall 500/40 XX ne nécessitent pas d'entretien particulier. Toutefois, en cas de dépoussiérage, il est préconisé un nettoyage avec eau claire froide et détergent liquide non abrasif et non alcalin. L'emploi d'alcool ou de solvant type chlore ou acétone est interdit. L'entretien doit comporter la surveillance et la maintenance des joints, ainsi que la surveillance des trous d'évacuation des eaux d'infiltration qui ne doivent pas être obturés.

2.10.2. Remplacement d'un panneau

L'éventuelle réparation d'un panneau s'effectue de la manière suivante :

- Enlèvement du joint extérieur des profils haut et bas ;
- Enlèvement du profil latéral PASCA1640X d'un côté ;
- Déboîtement et enlèvement du premier panneau ;
- Enlèvement de patte d'ancrage (si en place) et de panneau jusqu'au panneau à remplacer ;
- Insertion et emboîtement du nouveau panneau de remplacement ;
- Emboîtement des panneaux enlevés avant et fixation des pattes d'ancrage jusqu'au remplissage complet du bardage ;
- Re-fixation du profil latéral PASCA1640X précédemment enlevé et remise en place du joint dans les profils haut et bas.

2.11. Résultats expérimentaux

- **Essai de réaction au feu**

Rapport d'essai de réaction au feu n°3294T17-6.R1 du 06/04/2018 établi par AFITI LICOF : classement B-s1, d0.

- **Essai optique**

Rapport d'essai n°292672 des performances optiques établies par l'institut GIORDANO le 26/03/2012.

- **Étude thermique**

Rapport d'étude DIR/HTO 2014-051-BB/LS établi le 04/03/2014 par le CSTB.

Rapport d'étude n°346597 établi le 31/10/2017 par Istituto Giordano (Italy).

- **Essai AEV et de résistance à la charge due au vent**

Essais de résistance aux effets de pression et dépression du vent simulé, étanchéité à l'eau, résistance aux chocs extérieurs (étanchéité à l'eau) rapport d'essais du CSTB n° CLC12-26035249-2, n° CLC 13-26045169-1 et n°CLC13-26046451.

- **Essais de durabilité**

Rapport d'essais de vieillissement simulé d'une durée de 1300h et 3200h n° CPM 11/260-35523 établi par le CSTB.

- **Étude acoustique**

Détermination de l'affaiblissement acoustique au bruit aérien selon rapport d'essai CSI n°0011/DC/ACU/12.

2.12. Références

Depuis 2009, environ 200 000m² ont été réalisés dont 15 000m² pour la France.

2.13. Annexes du Dossier Technique

Tableaux et figures du Dossier Technique

H(m)	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Normal 1,00	Exposé 1,35	Normal 1,00	Exposé 1,30	Normal 1,00	Exposé 1,25	Normal 1,00	Exposé 1,20
10	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	-
20	OK	OK	OK	-	OK	-	-	-
30	OK	OK	OK	-	-	-	-	-
40	OK	-	OK	-	-	-	-	-
50	OK	-	-	-	-	-	-	-

Établi à partir des résultats d'essais d'étanchéité à l'eau et de perméabilité à l'air pour une pression et dépression normale selon NV 65 modifiées de 1200 Pa en considérant que les critères d'étanchéité à l'eau et de perméabilité à l'air sont définis au quart de la pression normale.

Tableau 1 – Domaine d'emploi simplifié en fonction des critères d'étanchéité à l'air et de perméabilité à l'eau (sous réserve de la vérification du dimensionnement au vent suivant les tableaux de charges

Déformation 1/50^{ème} de la portée, limitée à 50 mm

Nombre d'appuis	Effets du Vent (Pa)	Portée (m)			
		1.2	1.5	1.8	2
2 appuis	Pression	1 200*	1 200*	803	678
	Dépression	1 200*	1 122	775	580
3 appuis	Pression	1 200*	-	-	-
	Dépression	497	-	-	-

Déformation 1/100^{ème} de la portée

Nombre d'appuis	Effets du Vent (Pa)	Portée (m)			
		1.2	1.5	1.8	2
2 appuis	Pression	1 190	648	-	-
	Dépression	1 190	540	-	-
3 appuis	Pression	1 200*	-	-	-
	Dépression	497	-	-	-

* Limitation des charges admissibles à 1200 Pa par corrélation avec le tableau 1 concernant les performances d'étanchéité à l'air et de perméabilité à l'eau.

Tableau 2 – Charges admissibles correspondants à des pressions / dépressions sous vent normal selon règles NV65 modifiées

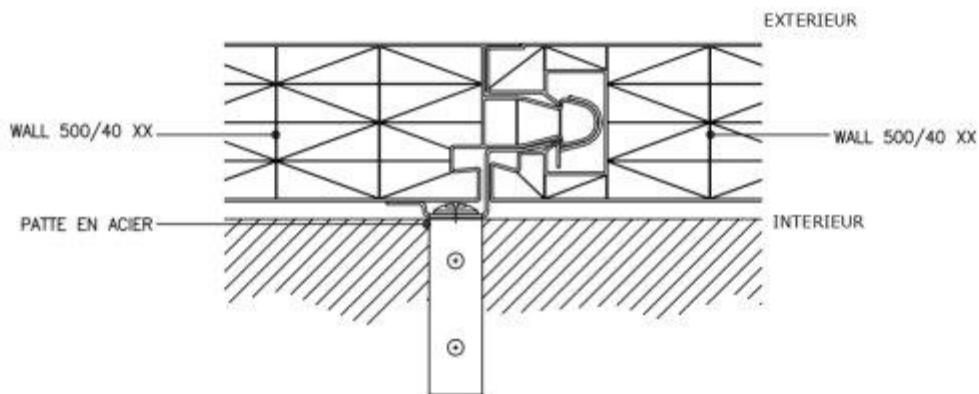
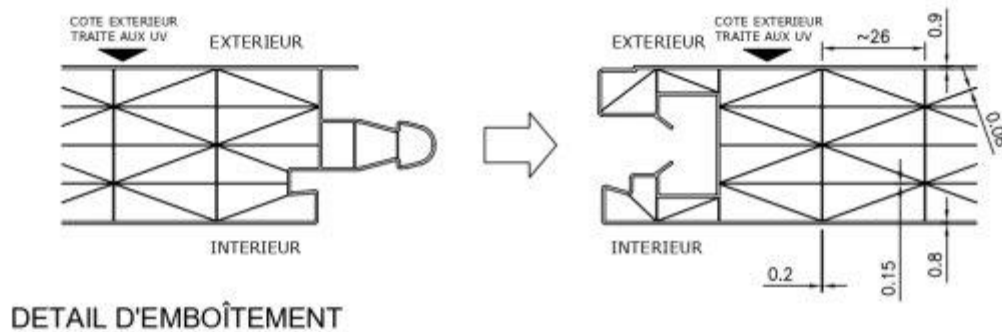
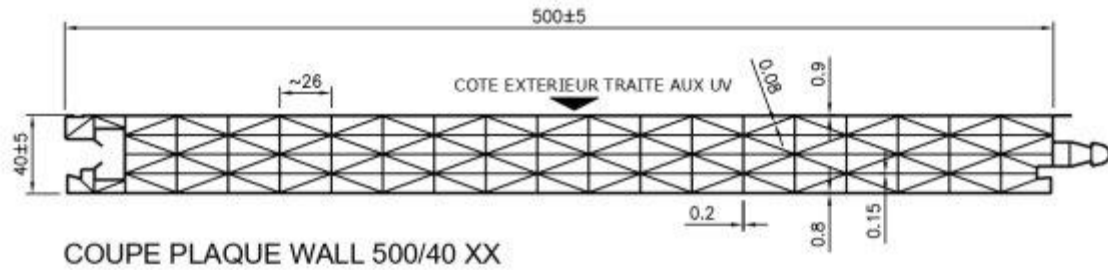
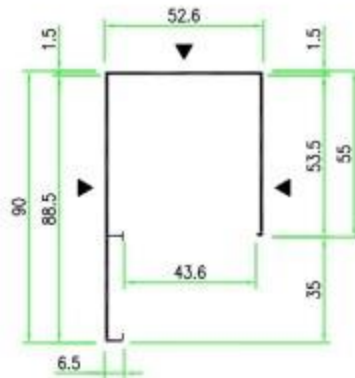


Figure 1 – Plaque Wall 500/40 XX

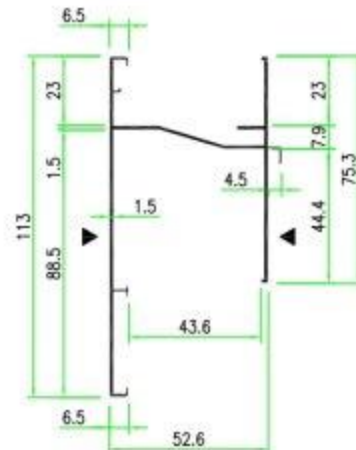
COUPES PROFILS EN ALUMINIUM

MATERIEL: ALUMINIUM ALLIAGE 6060
 FINITION: ALUMINIUM ANODISE

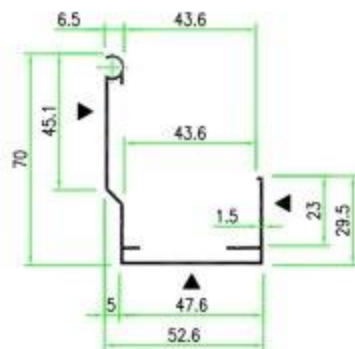
(▼ COTE ANODISE)



① Profil SUPERIEUR
Code: PASUP3040X



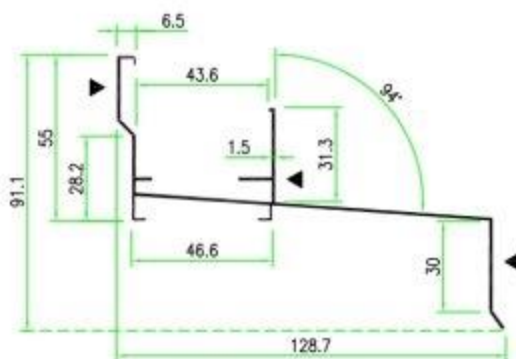
④ Profil INTERMEDIAIRE
Code: PAINT3040X



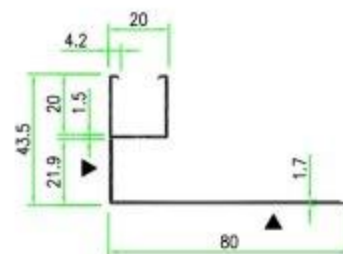
② Profil INFERIEUR
Code: PAINF3040X



⑤ Profil LATERAL CLIPSABLE
Code: PASCA1640X



③ Profil INFERIEUR avec COUVRE MUR
Code: PABAN3040X



⑥ Profil LATERAL
Code: PALAT3040X

Figure 2 – Profilés de jonction au gros œuvre

ECLISSAGE PROFILS EN ALUMINIUM

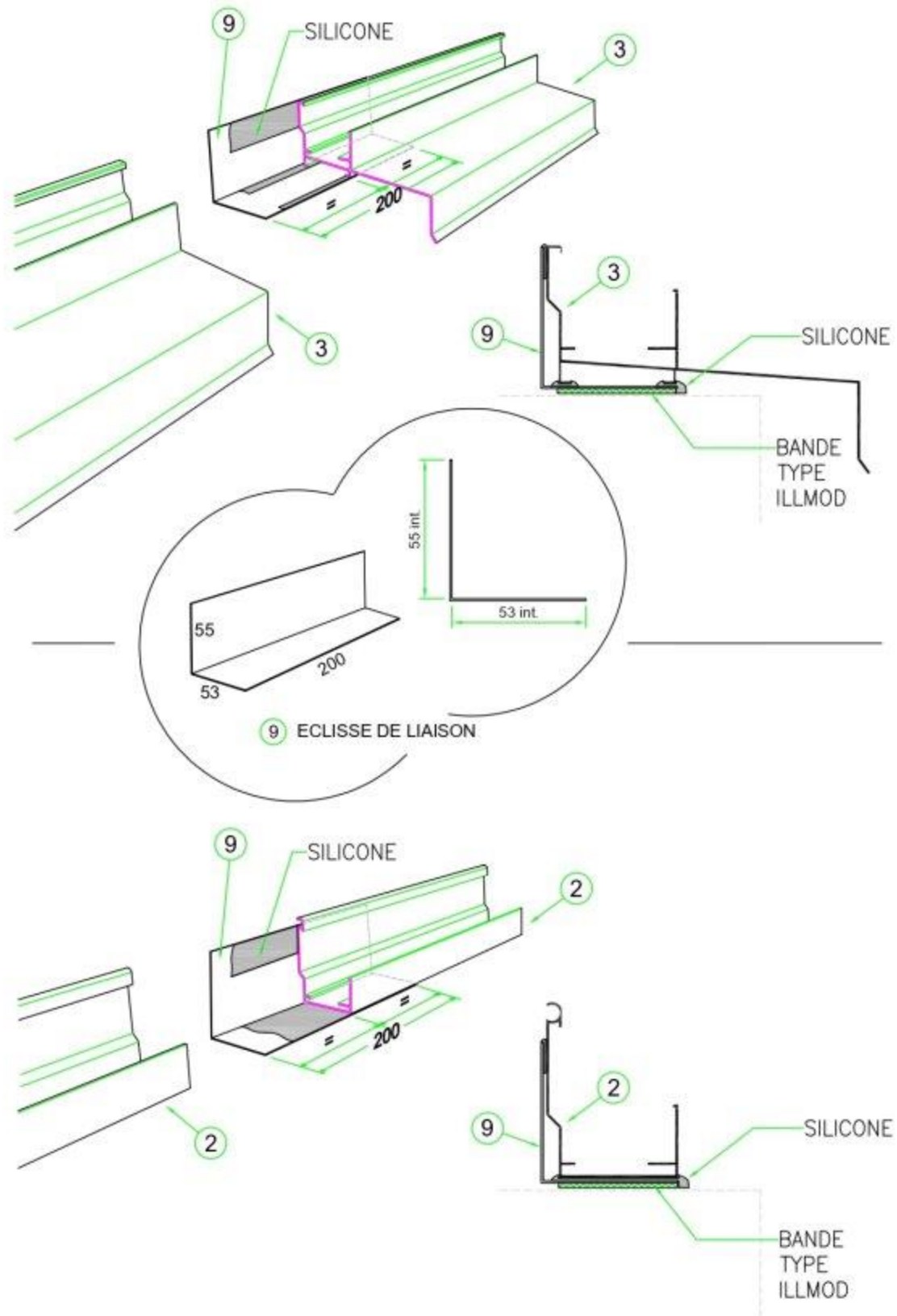
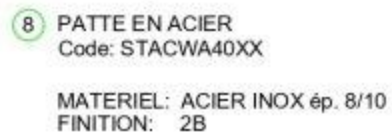
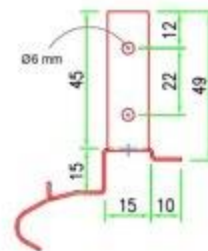
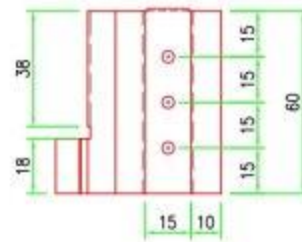
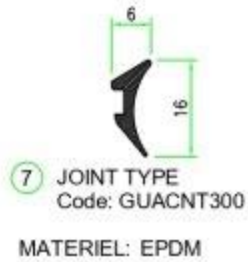
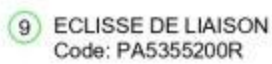
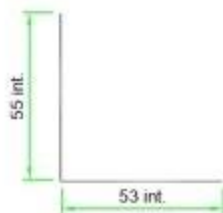


Figure 3 – Détail jonction de deux profils avec éclissage

COUPES JOINT ET PATTE



ECLISSE DE LIAISON



PROFIL D'ANGLE

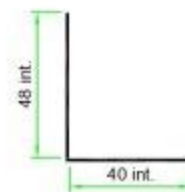
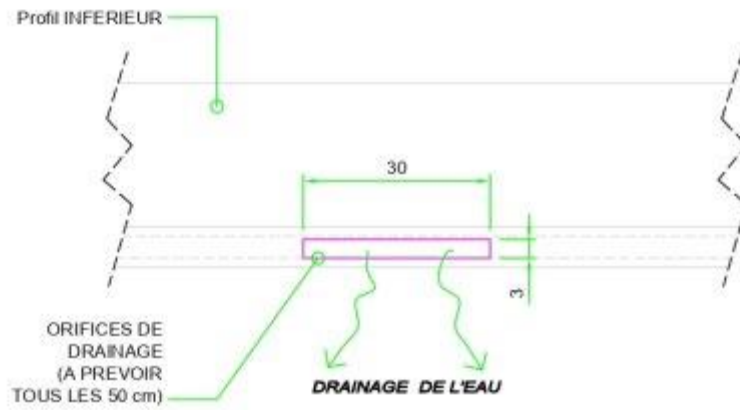


Figure 4 – Coupes accessoires de finition

ORIFICES DE DRAINAGE PROFILS EN ALUMINIUM



OBTURATION EXTREMITES DE LA PLAQUE

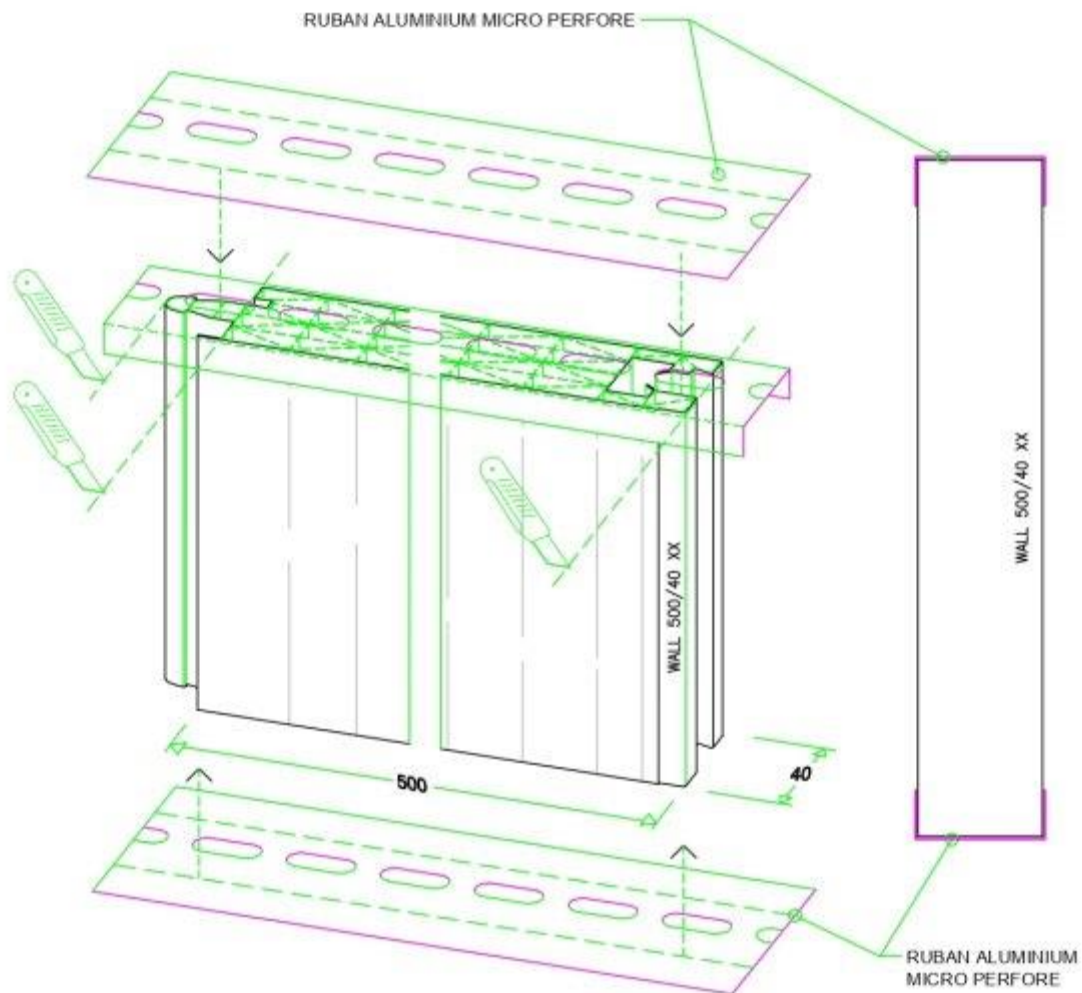


Figure 5 – Orifices de drainage profilés en aluminium

LIAISON ENTRE PROFILS

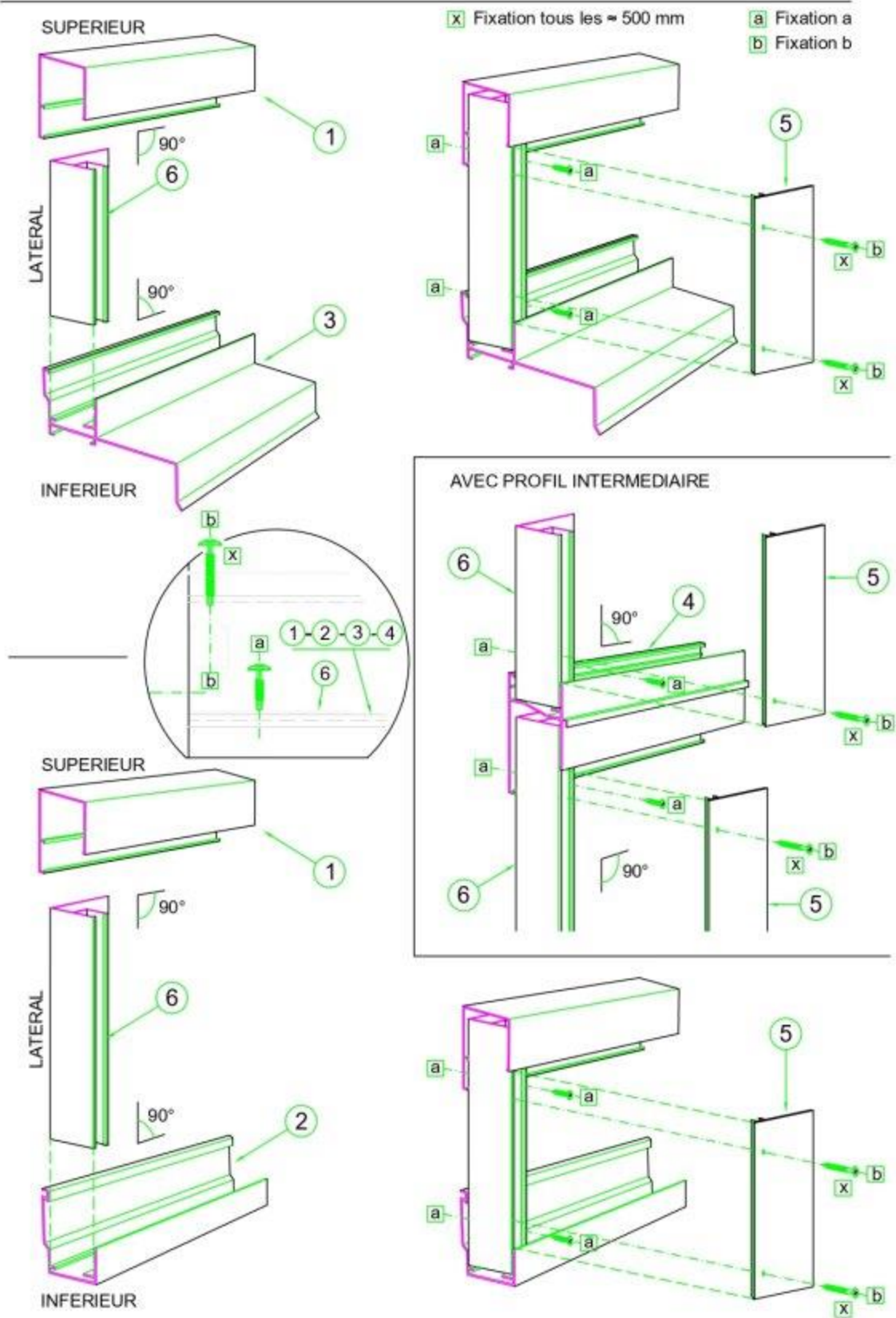


Figure 6 – Liaison entre profils

APPLICATIONS - COUPE LATÉRALE

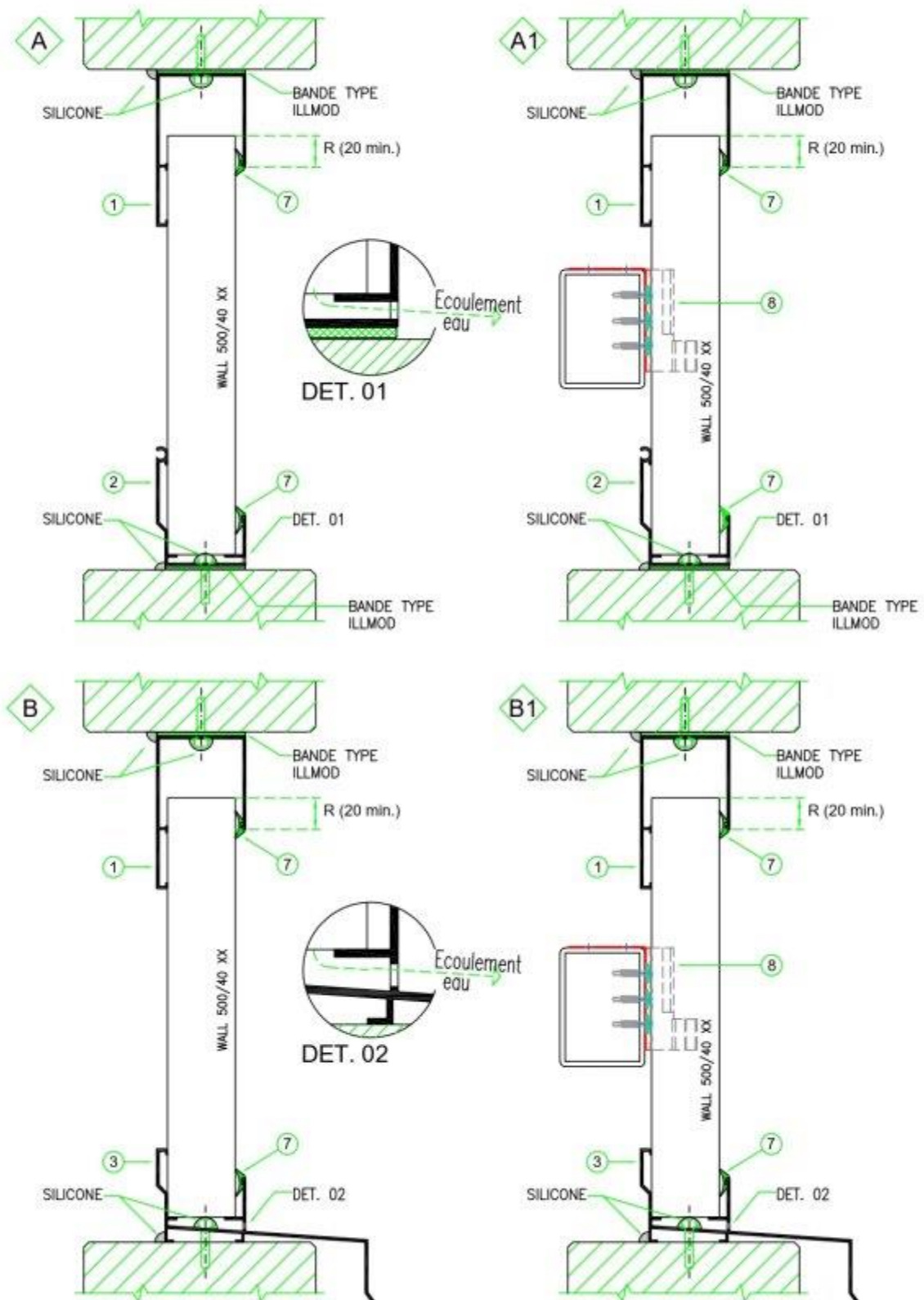


Figure 7 – Application verticale

APPLICATIONS - COUPE LATÉRALE

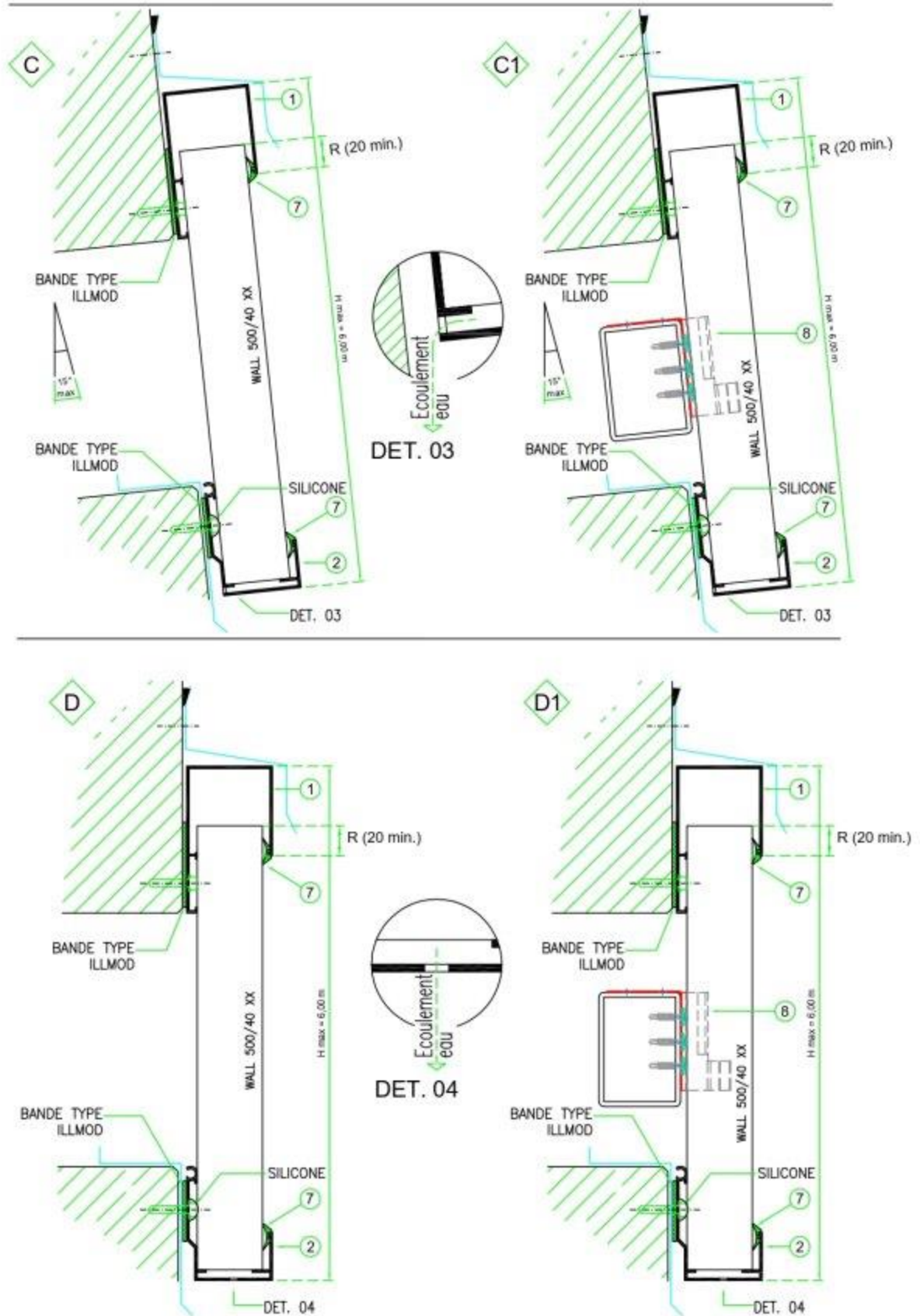


Figure 8 – Application en shed et en applique (longueur limitée à 6 mètres)

APPLICATIONS - COUPE LATÉRALE

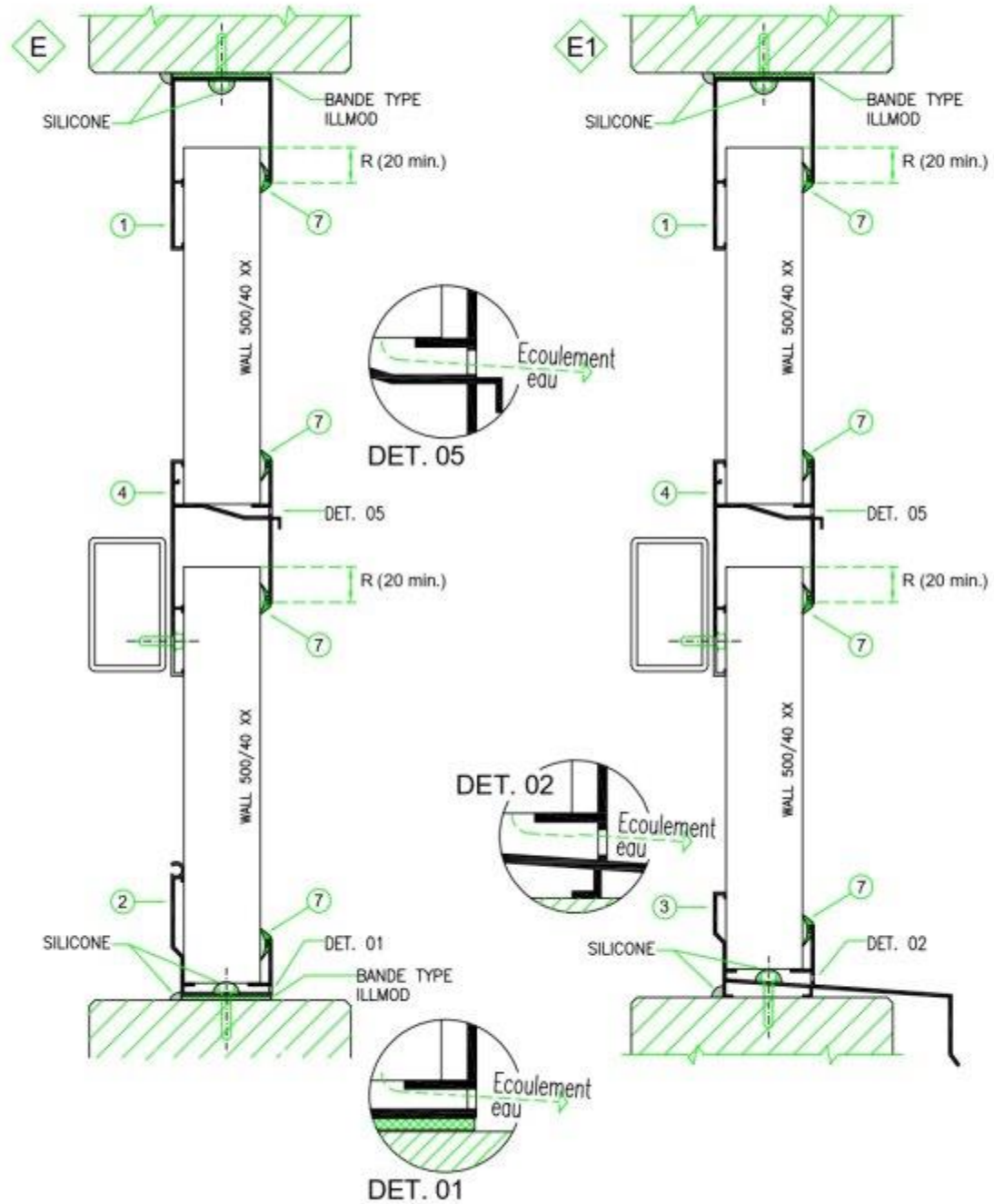


Figure 9 – Application verticale de deux modules superposés

APPLICATIONS - VUE DE DESSUS

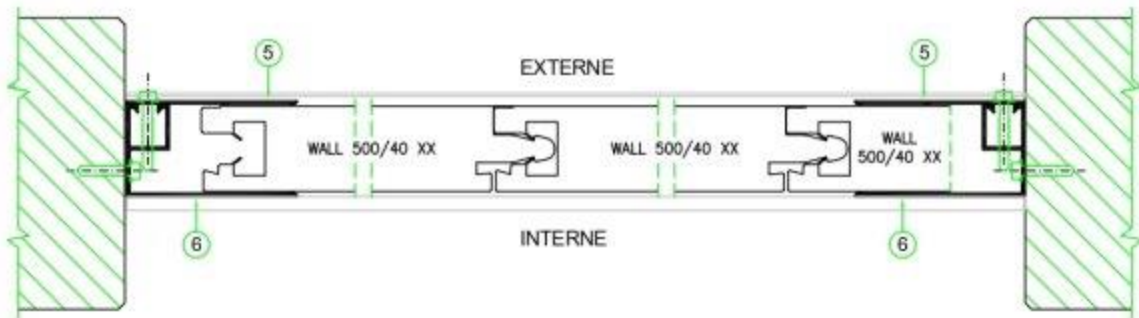
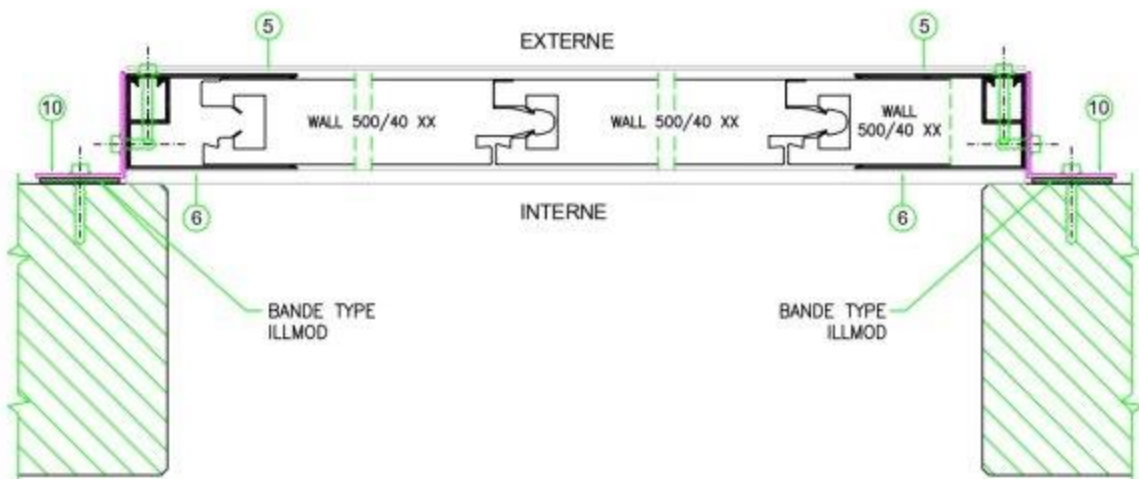
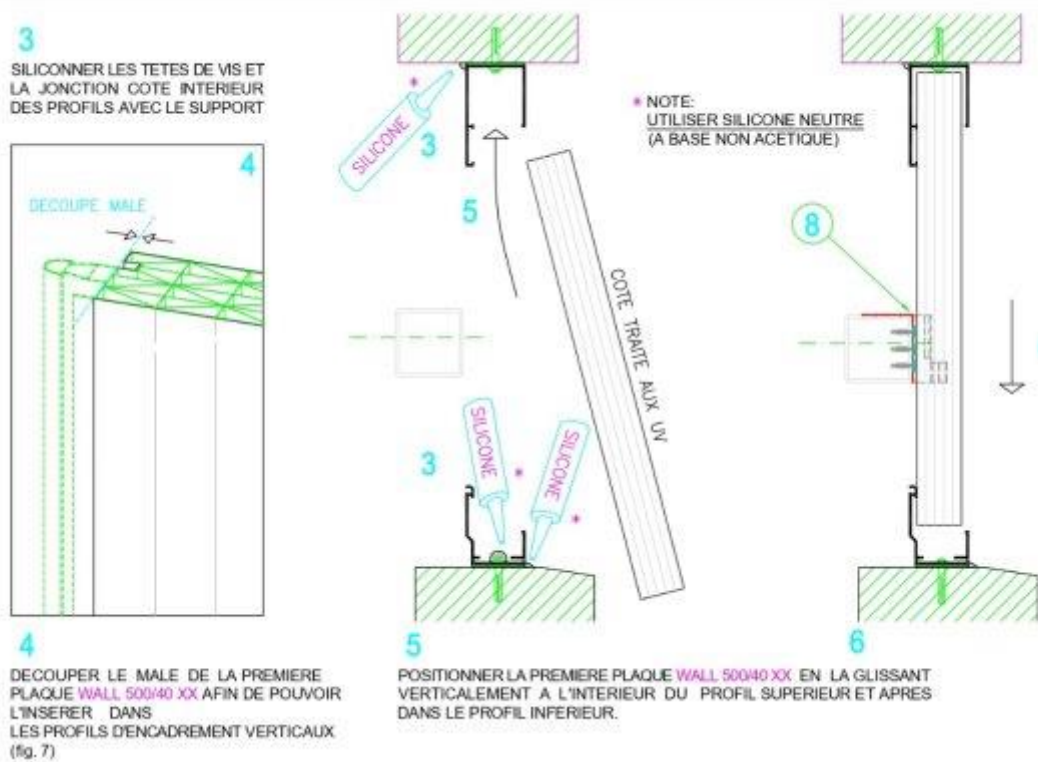
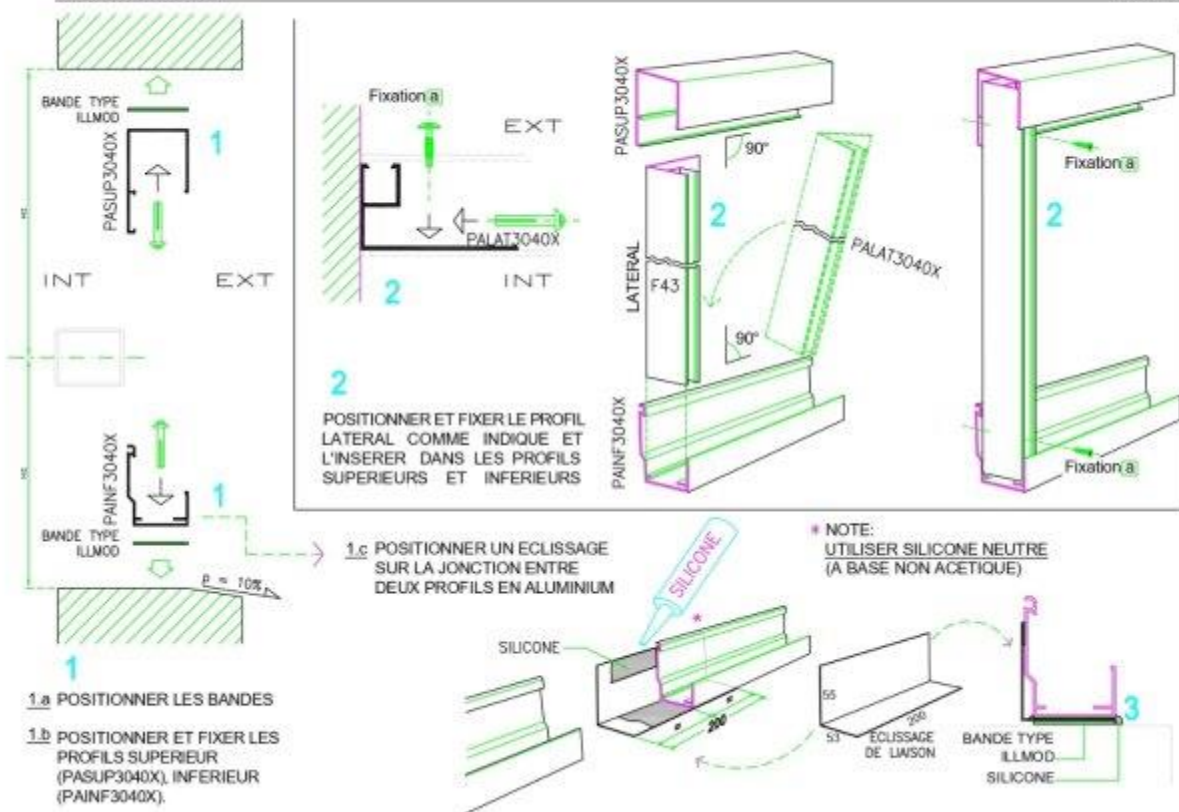
COUPE TRANSVERSALE APPLICATIONS: **A** **B** **E** EN TABLEAUCOUPE TRANSVERSALE APPLICATIONS: **C** **D** EN APPLIQUE

Figure 10 – Vue de dessus – application en tableau ou en applique



11 - Mise en œuvre 1/3
Figure 11 bis - Mise en œuvre 2/3

Figure

MISE EN ŒUVRE

Page 3/3

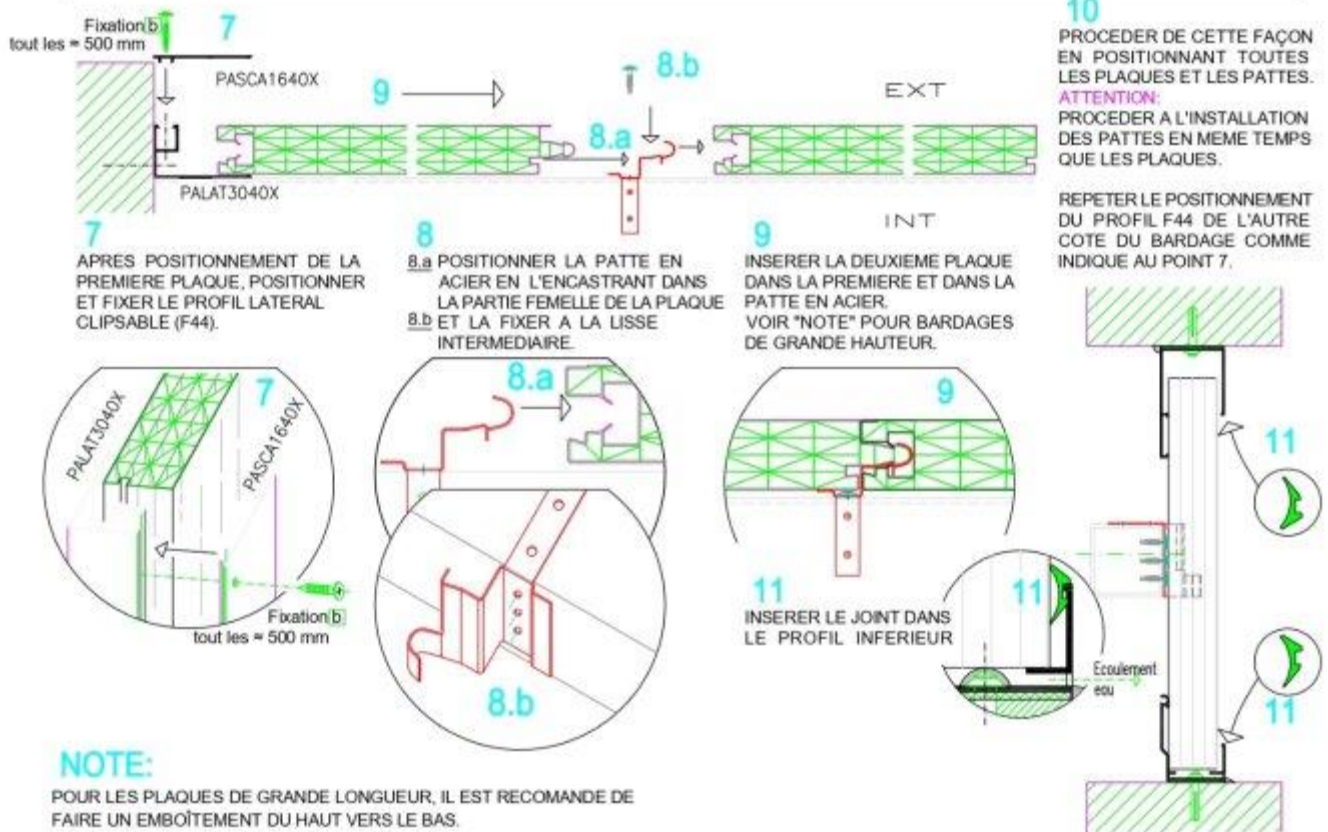
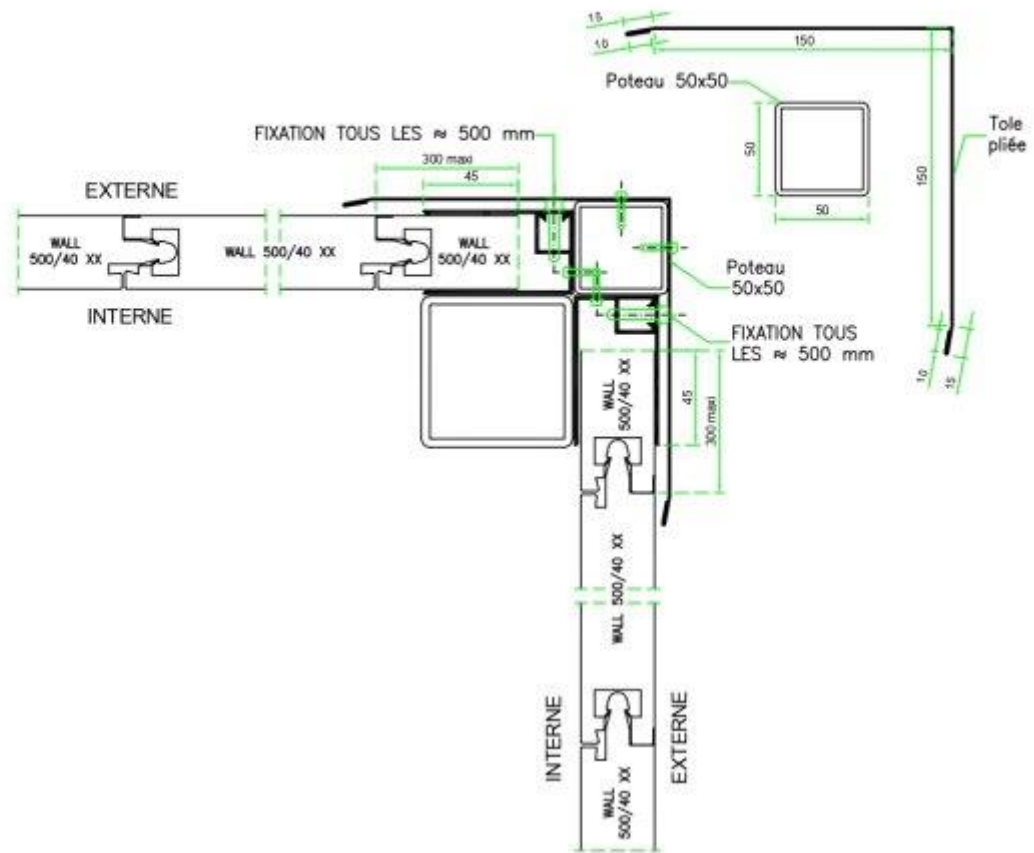


Figure 11 ter – Mise en œuvre 3/3

APPLICATIONS - COUPE SUR ANGLE (avec profilés)



APPLICATIONS - JOINT DE DILATATION (avec profilés)

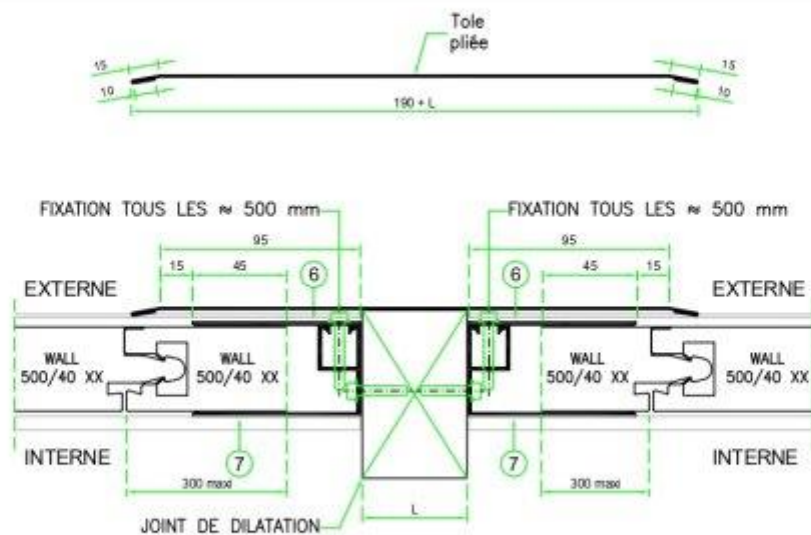


Figure 12 – Coupe sur angle et joint de dilatation