

Avis Technique 5/12-2316

Annule et remplace l'Avis technique 5/07-1967

Panneau en polycarbonate alvéolaire

*Couverture translucide
Top lighting system
Natürliches
Deckenlichtverfahren*

Sun Modul®

Titulaire : Akraplast Sistemi SpA
Via Cascina del Sole, 70
IT-20026 Novate Milanese

Tél. : 00 39 02 35 13 91 1
Fax : 00 39 02 35 13 91 50
Internet : www.akraplast.com
E-mail : info@akraplast.com

Usine : Akraplast Sistemi SpA
IT-20026 Novate Milanese

Distributeur : Société Akraplast France SAS
31 avenue de Bruxelles
ZI Les Estroublans
FR-13127 Vitrolles

Tél. : 04 42 89 00 49
Fax : 04 42 75 37 64
Internet : www.akraplast.fr
E-mail : info@akraplast.fr

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 5

Toitures, couvertures, étanchéités

Vu pour enregistrement le 5 juin 2013



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB
84, avenue Jean Jaurès – Champs sur Marne - 77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 85 60 - Fax : 01 64 68 85 65 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 5 « Toitures, couvertures, étanchéités » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 10 décembre 2012, le procédé de couverture translucide SUN MODUL, présenté par la Société AKRAPLAST SISTEMI SpA et distribué en France par la Société AKRAPLAST France SAS. Il a formulé le présent Avis qui annule et remplace l'Avis Technique 5/07-1967. L'Avis Technique formulé n'est valable que si le suivi annuel de la plaque de polycarbonate, visée dans le Dossier Technique est effective. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte du procédé

Système d'éclairage plan, de pente supérieure ou égale à 10 %, de longueur maximale de rampant 8 m, constitué de plaques triple, quadruple ou quintuple paroi en polycarbonate alvéolaire, comportant longitudinalement des rainures permettant l'emboîtement sur un porteur en acier avec une modularité de 500 mm au total.

1.2 Identification des constituants

Les plaques SUN MODUL sont caractérisées par leur géométrie transversale illustrée par les figures 1, 2 et 3 du Dossier Technique.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'emploi de ce système est limité à la réalisation d'éclairage zénithal plan de pente supérieure ou égale à 10 %, pour des longueurs maximales de rampant de 8 m, sans possibilité d'effectuer des ressauts.

L'emploi de ce système est prévu sur des locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

L'emploi de ce procédé en climat de montagne (altitude > 900 m) n'est pas prévu.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

Elle peut être considérée comme normalement assurée dans les conditions d'emplois préconisées par le Dossier Technique.

Sécurité au feu

Les dispositions réglementaires spécifiques à l'emploi de ces systèmes concernent leur implantation et leur dimensionnement.

En ce qui concerne la réaction au feu des plaques SUN MODUL 10 mm et 25 mm, il y a lieu de relever que celles-ci ont fait l'objet du classement B s1, d0.

Le classement au feu de la plaque de 16 mm n'est pas connu.

Sécurité en cas de séisme

Selon la nouvelle réglementation sismique définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- L'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

le procédé peut être mis en œuvre, en respectant les prescriptions du Dossier Technique sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée) et 4 (moyenne), sur des sols de classe A, B, C, D et E.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Ce système impose le respect des règles de sécurité lors de l'accès sur les couvertures en matériaux fragiles. En particulier des dispositifs de répartition de charge prenant appui au droit des pannes devront être systématiquement utilisés, à la pose ou pour l'entretien, afin de ne pas prendre directement appui sur les plaques Sun Modul®.

Lors de la mise en œuvre, les dispositions réglementaires spécifiques aux travaux en hauteur concernent la mise en place de dispositifs s'opposant aux chutes du personnel œuvrant sur les chantiers. Le demandeur ne propose pas de dispositifs permettant de répondre aisément aux exigences de la réglementation.

Le procédé ne dispose pas d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce procédé sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'équipements de protection individuelle (EPI).

Étanchéité à l'eau

Elle paraît devoir être normalement obtenue dans les conditions de pose prévue par le Dossier Technique.

Performances énergétiques

Les réglementations thermiques en vigueur n'exigent pas de performances thermiques minimales pour les couvertures translucides réalisées avec ces procédés.

Les bâtiments équipés de ces procédés doivent faire l'objet d'études énergétiques pour vérifier le respect des réglementations thermiques pour les bâtiments neufs et existants selon le cas.

Ces études doivent tenir compte des caractéristiques énergétiques intrinsèques de ces procédés (coefficient de transmission thermique surfaciques, facteur solaire et transmission lumineuse).

Isolation thermique

Le coefficient de transmission thermique U_p de la couverture, exprimé en $W/(m^2.K)$, se calcule d'après la formule ci-après :

$$U_p = U_c + \frac{\sum \Psi_1 \cdot l_1 + \sum \Psi_2 \cdot l_2 + \sum \Psi_3 \cdot l_3 + N \cdot \chi_{porteur}}{A_p}$$

Où :

U_p Coefficient de transmission thermique totale de la paroi (ponts thermiques intégrés), en $W/(m^2.K)$.

U_c Coefficient de transmission thermique des panneaux en polycarbonate en partie courante, en $W/(m^2.K)$.

Ψ_1 Coefficient de transmission linéique du pont thermique présent au niveau de l'emboîtement de deux panneaux, en $W/(m.K)$.

l_1 Longueur cumulée sur toute la paroi des emboîtements de deux panneaux, en m.

Ψ_2 Coefficient de transmission linéique du pont thermique présent au niveau la jonction en rive de paroi, en $W/(m.K)$.

l_2 Longueur du profil de rive de la paroi, en m.

Ψ_3 Coefficient de transmission linéique du pont thermique présent en about de paroi, en $W/(m.K)$.

l_3 Longueur du profil d'about de la paroi, en m.

N Nombre de porteurs dans la paroi.

$\chi_{porteur}$ Coefficient de transmission ponctuel du pont thermique au niveau de la patte, en W/K .

A_p Surface de la baie recevant la paroi, en m^2 .

Les valeurs U_c de transmission thermique calculées pour les parties courantes sont :

• Panneau d'épaisseur 10 mm, $U_c = 2,91 W/(m^2.K)$;

• Panneau d'épaisseur 16 mm, $U_c = 2,17 W/(m^2.K)$;

• Panneau d'épaisseur 25 mm, $U_c = 1,61 W/(m^2.K)$.

Les valeurs des coefficients linéique Ψ et ponctuel χ calculées sont :

• Ψ_1 porteur égal à 0,12 $W/(m.K)$;

• Ψ_2 profil périphérique en rive égal à 0,38 $W/(m.K)$ pour une pose en tunnel et 0,24 $W/(m.K)$ pour une pose en applique ;

• Ψ_3 profil périphérique en about égal à 0,40 $W/(m.K)$ avec pose en tunnel sans coupure thermique, 0,06 $W/(m.K)$ avec pose en tunnel avec coupure thermique ou en applique avec profil débordant et 0,19 $W/(m.K)$ avec pose en applique avec profil non débordant ;

• $\chi = 0,06 W/K$ pour une patte en aluminium sur profil d'about.

Propriétés solaires

Les propriétés solaires (énergétiques) des différentes plaques de polycarbonate à l'état neuf ont été déterminés selon la norme EN 410 et sont résumés le tableau ci-après.

	Facteur transmission énergétique	Facteur réflexion énergétique	Facteur solaire	coefficient d'ombrage
10 mm incolore	66 %	21 %	69 %	0,80
10 mm opale	59 %	22 %	63 %	0,73
10 mm vert	62 %	19 %	68 %	0,78
16 mm incolore	61 %	27 %	64 %	0,74
16 mm opale	53 %	24 %	58 %	0,67
16 mm vert	57 %	24 %	62 %	0,71
25 mm incolore	56 %	30 %	59 %	0,68
25 mm opale	48 %	28 %	53 %	0,61
25 mm vert	50 %	27 %	55 %	0,64

Propriétés lumineuses

Les tableaux suivants montrent les caractéristiques lumineuses des différentes plaques à l'état neuf.

	Facteur transmission lumineuse	Facteur réflexion lumineuse
10 mm incolore	72 %	23 %
10 mm opale	62 %	24 %
10 mm vert	67 %	20 %
16 mm incolore	65 %	29 %
16 mm opale	56 %	27 %
16 mm vert	62 %	26 %
25 mm incolore	60 %	33 %
25 mm opale	50 %	30 %
25 mm vert	53 %	29 %

En ce qui concerne la transmission lumineuse, une réduction annuelle de l'ordre de 1% est prévisible pour les panneaux exposés au rayonnement solaire avec une réduction globale de la transmission lumineuse après 10 ans de 5% environ.

Acoustique

Cette couverture doit être considérée comme bruyante sous l'effet du vent, de la pluie et des variations rapides de températures (choc thermique).

Précautions contre les risques de condensation

Les condensations en sous-face devraient généralement être évitées dans les locaux à faible ou moyenne hygrométrie, compte tenu de la constitution triple, quadruple ou quintuple parois des plaques SUN MODUL.

Des condensations passagères peuvent se produire à l'intérieur des alvéoles, risquant dans certaines circonstances d'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, par bande micro perforée, haute et basse des alvéoles s'oppose à l'empoussièrement et au développement des moisissures.

Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour ce procédé. Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Emploi en climat de montagne

Ce procédé de couverture n'est pas revendiqué pour une utilisation en climat de montagne (altitude > 900 m).

Emploi dans les régions ultrapériphériques

Ce procédé de couverture n'est pas revendiqué pour une utilisation dans les départements d'outre-mer (DOM).

2.22 Durabilité - Entretien

Durabilité

- Les essais réalisés après 3 000 heures (soit 8,64 GJ/m²) de vieillissement accéléré dans une enceinte "weatherometer" et l'expérience en œuvre de la résine de polycarbonate MAKROLON ET 3227 (BAYER) ont montré que la protection ET UV110 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 de l'érosion due au vent, à la pluie, aux poussières et à l'entretien peut altérer sensiblement l'aspect et la transparence des plaques SUN MODUL ;

- Les chocs de petits corps durs peuvent produire des éclats dans la paroi choquée, sans traverser les plaques, mais en mettant en cause l'intégrité de l'aspect ;
- Le bon comportement dans le temps nécessite que des dispositions aient été prises pour assurer la libre dilatation des plaques, selon l'étude d'adaptation spécifique à chaque cas d'application (cf. § 4.4).

Entretien

L'entretien est rendu nécessaire en raison de l'aspect translucide de cet ouvrage. Il est réalisé selon les dispositions préconisées par le § 5 du Dossier Technique, en prenant les précautions propres à l'accès sur les couvertures en matériaux fragiles.

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des plaques SUN MODUL relève des techniques d'obtention des plaques extrudées en polycarbonate alvéolaire.

La consistance et la fréquence des contrôles annoncés par le fabricant (cf. § 3.2 du Dossier Technique) paraissent à même d'assurer la consistance de qualité des produits fabriqués.

La fabrication fait l'objet d'un suivi par le CSTB.

2.24 Mise en œuvre

La mise en œuvre relève des entreprises de couverture qualifiées, averties des particularités du système. Ceci étant, ce procédé ne présente pas de difficulté particulière de mise en œuvre.

Elle est effectuée avec l'assistance technique de la Société AKRAPLAST France SAS.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

Charpente bois

Elle est dimensionnée conformément à la norme NF EN 1995-1-1/NA en prenant en compte les valeurs limites de la colonne « Bâtiments courants » du tableau 7.2 de la clause 7.2 (2).

Charpente métallique

Elle est dimensionnée conformément à la norme NF EN 1995-1-1/NA en prenant en compte les valeurs limites de la ligne « Toitures en général » du tableau 1 de la clause 7.2.1 (1) B.

Systèmes de matières premières polycarbonate acceptés

Les matières premières polycarbonate décrites dans le § 2.12 du Dossier Technique selon l'assemblage défini par le fabricant, composent un système de matières polycarbonate entrant dans la fabrication d'éclairage zénithal plan SUN MODUL.

Étude d'adaptation

Dans le cadre de son assistance technique, la Société AKRAPLAST France SAS participe à l'étude d'adaptation des éléments dans chaque cas d'application. Cette étude doit notamment comporter la vérification de l'absence de contraintes dues aux dilatations/retraits des plaques, en fonction des principes de fixations retenues, des charges admissibles et des détails d'étanchéité.

Lorsque la couverture se trouve en contrebas immédiat d'une façade avec baies ouvrantes, elle doit être protégée par un grillage en légère surélévation et suffisamment fin pour éviter aux plaques en PC le contact des "mégots" allumés jetés des fenêtres des locaux en surplomb.

Mise en œuvre

Lorsque les plaques SUN MODUL sont posées sur des toitures comportant un revêtement d'étanchéité, elles doivent être mises en œuvre après la réalisation des relevés d'étanchéité ou leur protection devra être assurée dans le cas contraire.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé SUN MODUL dans le domaine d'emploi accepté (cf. § 2.1) et complété par le Cahier des Prescriptions Techniques, est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31/12/2017

Pour le Groupe Spécialisé n° 5
Le Président
François MICHEL

3. Remarques complémentaires du groupe spécialisé

Dans le cadre de la présente révision, aucune modification technique n'a été apportée sur le procédé. Cependant, en tenant compte de l'expérience acquise par la société AKRAPLAST, les pentes de couverture ont été abaissées de 20 à 10%.

Le procédé comporte la particularité d'intégrer un système de drainage, pouvant évacuer les éventuelles condensations ou eaux de pluie, dans son profil porteur en acier.

Pour certaines références de plaques SUN MODUL, le dossier ne définit qu'une seule valeur de résistance au vent et/ou aux charges de neige.

Les performances annoncées peuvent ne pas être suffisantes en rives de couverture mais utilisables seulement en partie courante.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 5,
Stéphane GILLIOT

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Généralités

1.1 Principe

SUN MODUL est un système d'éclairage zénithal plan, extrudé à partir de polycarbonate MAKROLON. Il est constitué de :

- Plaques en polycarbonate extrudé à structure alvéolaire multi parois en plusieurs épaisseurs (10, 16 et 25 mm) ;
- Capots anti-déclipage en polycarbonate extrudé ;
- Porteurs profilés en acier galvanisé et plastifié ;
- Profils d'encadrement en aluminium avec accessoires.

1.2. Domaine d'emploi

Le système est destiné à la réalisation d'éclairage zénithal plan de pente $\geq 10\%$ et de longueur de rampant maximale de 8 m, sur des bâtiments de toutes destinations hors habitations, en faible ou moyenne hygrométrie. Bien que les habitations ne soient pas visées, les couvertures de terrasses, les patios, les pergolas, les vérandas, etc. sont visées.

Dans le cas d'atmosphères extérieures mixtes ou particulières ou d'atmosphères extérieures industrielles ou urbaines sévères, le titulaire devra être consulté pour donner ou non son accord.

2. Description des éléments

2.1 Plaques SUN MODUL (cf. fig. 1, 2 et 3)

2.1.1 Caractéristiques dimensionnelles

Les plaques SUN MODUL ont une largeur de 480 mm pour une modularité du système de 500 mm. Elles comportent sur les cotés une rainure de forme spécifique directement issue d'extrusion lui permettant de se positionner sur le porteur acier.

Les plaques existent en épaisseur 10 mm, 16 mm et 25 mm.

Elles sont livrées en longueur maximale de 13,5 m due aux limites de transport.

- La plaque de 10 mm (cf. fig. 1) est constituée de trois parois à alvéoles rectangulaires d'une largeur de 12,2 mm ;
- La plaque de 16 mm (cf. fig. 2) est constituée de quatre parois à alvéoles rectangulaires d'une largeur de 22,5 mm ;
- La plaque de 25 mm (cf. fig. 3) est constituée de cinq parois à alvéoles rectangulaires d'une largeur de 25 mm.

La paroi supérieure des plaques SUN MODUL est d'une épaisseur moyenne de 0,7 mm protégée des rayonnements solaires par une protection anti-UV directement coextrudée d'une épaisseur moyenne de 50 μm .

La paroi inférieure des plaques SUN MODUL est d'une épaisseur moyenne de 0,6 mm.

2.1.2 Matière première

Les plaques et capots SUN MODUL sont extrudées à partir de résine polycarbonate référencée MAKROLON ET 3227 fournies par BAYER complété par une coextrusion de résine polycarbonate de protection anti-UV ET UV110 fournie par la société BAYER.

Les principales caractéristiques physiques sont :

Désignation	Normes	Unités	Valeur
Masse volumique	ISO 1183	kg/m ³	1190
Résistance au choc CHARPY à 23 °C	ISO 179-1	kJ/m ²	Non rompu
Résistance au choc après entaille IZOD 23 °C	ISO 180-4A	kJ/m ²	60
Module traction	ISO 527	MPa	2400
Coefficient de dilatation thermique linéaire	ASTM E 831	10 ⁻⁴ /K	0,7

2.1.3 Masse surfacique

	Plaque seule
SUN MODUL 10 mm	1800 g/m ²
SUN MODUL 16 mm	2400 g/m ²
SUN MODUL 25 mm	2800 g/m ²

Nota : pour connaître la masse surfacique de l'ensemble du système compris porteur et capot se reporter au chapitre 2.62.

2.1.4 Tolérances

- Épaisseur : 10, 16 ou 25 mm ± 1 mm ;
- Largeur : 480 mm ± 2 mm ;
- Épaisseur parois supérieures : 0,7 $\pm 0,15$ mm ;
- Épaisseur parois inférieures : 0,6 $\pm 0,15$ mm ;
- Épaisseur couche coextrusion : 50 ± 10 μm ;
- Masse surfacique : $\pm 5\%$.

2.1.5 Couleur

Les plaques SUN MODUL sont proposées en translucide incolore et translucide opale.

2.1.6 Réaction au feu

Les plaques SUN MODUL font l'objet d'un classement au feu réalisé au centre CSI SpA en Italie (Épaisseur de 10 et 25 mm) :

- SUN MODUL 10 et 25 mm - incolore et opale : classement B s1, d0, PV CSI SpA 0679/DC/REA/10_3 et DC01/CL/024F08.

2.1.7 Transmission et réflexion lumineuse

Se reporter au chapitre 2.21 de la partie Avis.

2.1.8 Vieillessement

Les plaques ont subi un essai de vieillissement accéléré, mettant en évidence le caractère ductile de la plaque SUN MODUL après une exposition prolongée de 3 000 heures (PV CSTB n° ED/02-0010 du 11/09/02).

2.1.9 Caractéristiques solaires

Se reporter au chapitre 2.21 de la partie Avis.

2.2.0 Caractéristiques thermiques

Se reporter au chapitre 2.21 de la partie Avis.

2.2 Capots anti-déclipage (cf. fig. 4)

Les capots de liaison sont communs à toutes les plaques et à tous les porteurs. Ils sont extrudés en structure alvéolaire et munis d'un système harpon lui permettant de se clipper en interne dans le porteur et assurant ainsi l'anti-déclipage des plaques.

Les capots sont livrés à la même longueur que les plaques SUN MODUL soit une longueur maximale de 13,5 m due aux limites de transport.

La face extérieure du capot est d'une épaisseur moyenne de 0,8 mm protégée des rayonnements solaires par une protection anti-UV directement coextrudée d'une épaisseur moyenne de $50 \pm 10 \mu\text{m}$.

La matière première utilisée pour l'extrusion et pour la protection anti-UV des capots est identique à celle des plaques (cf. § 2.12).

Les capots anti-déclipage sont proposés dans les mêmes couleurs que les plaques (cf. § 2.15).

2.3 Porteurs acier (cf. fig. 5 et 6)

2.3.1 Caractéristiques dimensionnelles

Suivant l'application les porteurs en acier galvanisé et plastifié peuvent être :

- Porteur standard (cf. fig. 5) de largeur à la base de 36 mm et de hauteur 34 mm pour une épaisseur acier 10/10 mm ;
- Porteur maxi (cf. fig. 6) de largeur à la base de 57 mm et de hauteur 54 mm pour une épaisseur acier 10/10 mm.

Les deux porteurs sont aptes à recevoir toutes les plaques SUN MODUL ainsi que le capot anti-déclipage.

Les porteurs sont livrés en longueur maximale de 13,5 m due à la limite de transport.

2.3.2 Matière

Les porteurs sont obtenus par profilage à partir d'une tôle en acier traité type DX51D Z100 (limite élastique au moins égale à 270 MPa) suivant norme NF EN 10346 avec revêtement par film en PVC d'épaisseur 120 μm minimum de catégorie V par référence à la norme XP P 34-301, sur la face extérieure.

2.3.3 Masse linéaire

	Masse du porteur seul
Porteur standard	1050 g/ml
Porteur maxi	1700 g/ml

Nota : pour connaître la masse surfacique de l'ensemble du système compris plaque et capot se reporter au chapitre 2.62.

2.3.4 Tolérances

- Tolérances de largeur $\pm 0,5 \text{ mm}$;
- Tolérances de hauteur $\pm 0,5 \text{ mm}$.

2.3.5 Couleurs

Les porteurs sont proposés en plastifié gris et plastifié blanc/crème. Autres couleurs possibles sur demande et quantité minimum.

2.4 Fixations

Le choix des fixations est fonction de la nature des pannes.

La fixation sera complétée par interposition d'une rondelle d'étanchéité type Vulca de diamètre 16 mm minimum.

Fixation sur support métal (cf. fig. 26 et 29)

Vis autotaraudeuse ou autoperceuse de diamètre 6,3 mm de longueur tel que le filetage de la vis soit visible sous le support après la pose, conformes au DTU 40.35.

Protection : conforme à l'annexe K du DTU 40.35.

Fixation sur support bois (cf. fig. 27 et 30)

Vis autotaraudeuse ou autoperceuse de diamètre 6,5 mm avec un ancrage minimum de 50 mm, conformes au DTU 40.35.

Protection : conforme à l'annexe K du DTU 40.35.

Fixation sur support béton avec insert métallique (cf. fig. 28 et 31)

Idem à la fixation sur support acier dans l'insert métallique.

2.5 Accessoires

Le poseur peut dans le respect des règles de l'art concevoir les raccordements au gros œuvre et les finitions.

Toutefois il existe des profils et des accessoires spécifiques au système SUN MODUL décrits ci dessous.

2.5.1 Profils aluminium périphériques (cf. fig. 7, 8, 9 et 10)

Les différents profils aluminium de finition sont réalisés par extrusion d'alliage aluminium EN AW 6060 T5, soit en finition brute, soit anodisés classe AA20, soit laqués qualité extérieure, en longueur maximale de 6 m.

Finition partie haute de la toiture

- Profil M652 (cf. fig. 7) pour système SUN MODUL avec porteur standard ;
- Profil M675 (cf. fig. 8) pour système SUN MODUL avec porteur maxi.

Finition partie rive de la toiture en appuis sur structure

- Profil M635 (cf. fig. 9) pour système SUN MODUL avec porteur standard ;
- Profil M671 (cf. fig. 10) pour système SUN MODUL avec porteur maxi.

Finition partie basse de la toiture

- Profil M652 (cf. fig. 7) pour système SUN MODUL avec porteur standard ;
- Profil M675 (cf. fig. 8) pour système SUN MODUL avec porteur maxi.

2.5.2 Joints compensateurs pour profils aluminium (cf. fig. 11, 12 et 13)

Les profils en aluminium de rive M635 et M671 sont complétés par un joint en EPDM de type FORPRENE vulcanisé dynamiquement, adapté à l'épaisseur de la plaque utilisée. Ce joint EPDM est caractérisé par une dureté Shore de 66 et par une densité de 0,92 g/cm³.

Épaisseur plaque	Références joints	Figure
SUN MODUL 10 mm	M732	fig. 11
SUN MODUL 16 mm	M734	fig. 12
SUN MODUL 25 mm	M736	fig. 13

2.5.3 Closoirs

Les closoirs sont réalisés en mousse de polyéthylène (PE) prédécoupée.

Closoirs en partie haute de la toiture (cf. fig. 14 et 15)

Épaisseur plaque	Références closoir pour porteur standard (fig. 14)	Références closoir pour porteur maxi (fig. 15)
SUN MODUL 10 mm	M710	M770
SUN MODUL 16 mm	M716	M773
SUN MODUL 25 mm	M725	M776

Closoirs en partie basse de la toiture (cf. fig. 16 et 17)

Épaisseur plaque	Références closoir pour porteur standard (fig. 16)	Références closoir pour porteur maxi (fig. 17)
SUN MODUL 10 mm	M714	M772
SUN MODUL 16 mm	M720	M775
SUN MODUL 25 mm	M729	M778

2.5.4 Film perforé

Les plaques SUN MODUL seront obturées en partie haute et basse par un ruban adhésif micro perforé permettant la ventilation des alvéoles, de type Sellotape, Varitape ou similaire.

2.6 Caractéristiques générales du système

2.6.1 Caractéristiques dimensionnelles du système

Systeme complet plaque, capot, porteur	Épaisseur (hauteur) hors tout avec porteur standard, fig. 18	Épaisseur (hauteur) hors tout avec porteur maxi, fig. 19
SUN MODUL 10 mm	40 mm	60 mm
SUN MODUL 16 mm		
SUN MODUL 25 mm		

2.6.2 Masse surfacique du système

Systeme complet plaque, capot, porteur	Poids total avec porteur standard, fig.18	Poids total avec porteur maxi, fig.19
SUN MODUL 10 mm	4,1 kg /m ²	5,4 kg /m ²
SUN MODUL16 mm	4,7 kg /m ²	6,0 kg /m ²
SUN MODUL 25 mm	5,1 kg /m ²	6,4 kg /m ²

3. Fabrication – Contrôles – Marquage

3.1 Fabrication

La production des plaques SUN MODUL est réalisée en Italie par la Société AKRAPLAST SISTEMI SpA (Novate Milanese/Milano). Elle se fait en continu par extrusion de granulé polycarbonate vierge, rendu liquide à haute température. Une couche de polycarbonate anti-UV est coextrudée en surface extérieure simultanément. La plaque est ensuite refroidie dans le calibre, deux films de protection sont appliqués automatiquement à la sortie du calibre avant la découpe à la mesure. Le conditionnement, l'emballage et le marquage complètent les opérations de fabrication.

3.2 Contrôles

Contrôles matières premières

Chaque lot de granulé polycarbonate livré en emballage d'origine bénéficie d'un certificat matière établi par BAYER suivant norme NF EN 10204 confirmant la conformité des paramètres de viscosité et de anti-UV.

Le contrôle de la limite d'élasticité de l'acier DX51D est effectué deux fois par an sur deux prélèvements.

Contrôles en cours de fabrication et produit fini

Toutes les 4 heures :

- Masse surfacique ;
- Épaisseurs de la plaque et des parois extérieures ;
- Dimensions ;
- Planéité ;
- Transparence ;
- Essai d'emboîtement sur porteur acier.

Toutes les 8 heures :

- Contrôle de l'épaisseur de la couche de protection anti-UV

3.3 Marquage - traçabilité

Chaque chantier fait l'objet d'un suivi individuel permettant la traçabilité de la fabrication à la livraison.

4. Mise en œuvre

4.1 Pente

La pente minimale de la couverture est de 10 %.

4.2 Portées et charges admissibles

Elles sont indiquées en charges climatiques normales et respectent les critères suivants.

- Les flèches admissibles prises en considération sont de 1/100^{ème} de la portée pour les porteurs et de 1/50^{ème} de la portée pour les plaques en polycarbonate, limité à 50 mm.

- Un coefficient de sécurité vis-à-vis de la ruine au minimum de 3 (la résistance caractéristique des fixations quelque soit le support doit être au minimum de 240 daN) est vérifié.
- Les résistances caractéristiques minimales au déboutonnage (en utilisant une vis diamètre 6,3 mm avec interposition d'une rondelle d'étanchéité type Vulca de diamètre 16 mm) des porteurs prises en compte sont égales à 418 daN pour le standard et 442 daN pour le maxi.

4.2.1 Charges admissibles en pression (charges descendantes) – neige normale, selon Règles NV 65 modifiées

Porteur standard M50 / plaque 25 mm sur 2 appuis

Distance entre appuis (portée)
1,80 m
108 daN/m ²

Porteur standard M50 / plaque 25mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)		
1,50 m	1,80 m	2,25 m
160 daN/m ²	128 daN/m ²	80 daN/m ²

Porteur standard M50 / plaque 16mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)
2,25 m
80 daN/m ²

Porteur standard M50 / plaque 10mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)
2,25 m
80 daN/m ²

Porteur maxi M53 / plaque 25 mm sur 2 appuis

Distance entre appuis (portée)	
2,40 m	3,20 m
150 daN/m ²	74 daN/m ²

Porteur maxi M53 / plaque 25mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)	
2,40 m	3,20 m
154 daN/m ²	74 daN/m ²

Porteur maxi M53 / plaque 16mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)
3,20 m
74 daN/m ²

Porteur maxi M53 / plaque 10mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)
3,20 m
65 daN/m ²

En ce qui concerne les effets de la Neige, on peut considérer par une approche simplifiée que la notion de charge accidentelle est implicitement vérifiée lorsque la charge normale de Neige «Pn» est supérieure ou égale à :

- 50 daN/m² pour les zones A2 et B1 ;
- 70 daN/m² pour les zones B2 et C2 ;
- 90 daN/m² pour la zone D.

4.22 Charges admissibles en dépression (charges ascendantes) – vent normal, selon Règles NV 65 modifiées

Porteur standard M50 / plaque 25 mm sur 2 appuis

Distance entre appuis (portée)	
1,80 m	
125 daN/m ²	

Porteur standard M50 / plaque 25 mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)		
1,50 m	1,80 m	2,25 m
169 daN/m ²	128 daN/m ²	80 daN/m ²

Porteur standard M50 / plaque 16 mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)	
2,25 m	
80 daN/m ²	

Porteur standard M50 / plaque 10 mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)	
2,25 m	
40 daN/m ²	

Porteur maxi M53 / plaque 25 mm sur 2 appuis

Distance entre appuis (portée)	
2,40 m	3,20 m
108 daN/m ²	74 daN/m ²

Porteur maxi M53 / plaque 25 mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)	
2,40 m	3,20 m
118 daN/m ²	74 daN/m ²

Porteur maxi M53 / plaque 16 mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)	
3,20 m	
74 daN/m ²	

Porteur maxi M53 / plaque 10 mm sur 3 appuis (ou plus)

Distance entre appuis (portée)	
3,20 m	
55 daN/m ²	

Calculs réalisés compte tenu d'une résistance à l'arrachement Pk des fixations égale à 225 daN selon la norme NF P30-310 et d'un coefficient de sécurité de 2,35

4.4 Pose

Au moment du calepinage préalable, il est nécessaire de tenir compte des dilatations thermiques des éléments en polycarbonate (plaques et capots) sur la base du coefficient de dilatation de 0,07 mm/m.K.

Le cumul des jeux de dilatation en partie haute (X dans les figures) et partie basse (Y dans les figures) devra être de 4 mm/ml pour le panneau et le capot, avec un minimum de 20 mm.

Les plaques sont obturées en sortie de fabrication par un ruban adhésif micro perforé. Dans le cas de découpe des plaques, l'obturation des alvéoles devra être refaite au moyen du film perforé (cf. § 2.54).

4.41 Principe de montage (cf. fig. 20)

La pose du système s'effectue par l'extérieur à l'avancement. La séquence de pose de la partie courante se déroule de la manière suivante :

- Présenter et emboîter la première plaque sur le premier porteur par pression manuelle ;
- Équarrer l'ensemble par rapport à l'ossature ;
- Fixer le porteur sur l'ossature à chaque support ;

- Présenter le porteur suivant ;
- Positionner par emboîtement la plaque suivante sur ses porteurs ;
- Clipper le capot par pression manuelle ou à l'aide d'un maillet en caoutchouc.

Les closoirs viennent s'installer au fur et à mesure de l'avancement.

4.42 Pose en faitage mono pente (cf. fig. 21)

Le support de faitage présentera une largeur d'appui minimale de 80 mm et sera conçu pour reprendre la pente prévue pour l'ouvrage.

- Fixer le profil M652 pour le porteur standard ou le profil M675 pour le porteur maxi sur le support de faitage (cf. § 2.4) ;
- Après avoir posé les profils de rive (cf. § 4.44) et la partie courante (cf. § 4.47) l'étanchéité est assurée par la pose d'une couverture en tôle avec joint mousse. Cette couverture devra être de dimension suffisante pour permettre au joint mousse de poser correctement sur la surface de la toiture (plaques et capots). Elle sera fixée à l'aide de vis autoforeuses avec rondelles étanches aluminium / EPDM type Vulca.

4.43 Pose en faitage double pente (cf. fig. 22)

Les supports présenteront une largeur d'appui minimale de 80 mm et seront conçus pour reprendre les pentes prévues pour l'ouvrage.

- Fixer de chaque côté le profil M652 pour le porteur standard ou le profil M675 pour le porteur maxi sur les supports ;
- Après avoir posé les profils de rives (cf. § 4.44) et les parties courantes (cf. § 4.47), l'étanchéité est assurée par la pose d'une couverture en tôle avec joints mousse. Cette couverture devra être de dimension suffisante pour permettre aux joints mousse de poser correctement sur les surfaces de la toiture (plaques et capots). Elle sera fixée à l'aide de vis autoforeuses avec rondelles étanches aluminium / EPDM type Vulca.

4.44 Rives (cf. fig. 23)

La finition latérale de la partie courante se fera par la pose du profil de rive M635 pour le porteur standard ou du profil de rive M671 pour le porteur maxi.

Les profils de rive seront équipés du joint triple lèvres adapté à l'épaisseur de la plaque utilisée (cf. § 2.52).

Pour des longueurs de panneaux supérieures à 6 ml, la jonction des profils de rive se fera suivant la figure 32.

4.45 Pose sur sablière (cf. fig. 24 et 24-bis)

Après avoir posé les profils de rives (cf. § 4.44) et la partie courante (cf. § 4.47), le profil M652 pour le porteur standard ou le profil M675 pour le porteur maxi sera posé pour effectuer la finition du débordement de la toiture pour les pentes > 10 % (cf. fig. 24). Pour un rampant supérieur à 4 m, une équerre sera utilisée pour cette finition (cf. fig. 24 bis). Cette équerre en aluminium sera au minimum de : 80 x 40 x 4 mm pour le porteur standard et de 80 x 60 x 4 mm pour le porteur maxi. Le débordement des porteurs par rapport à la sablière devra être d'au moins 50 mm.

Il sera nécessaire de faire un trou de drainage de 8 mm à l'aplomb de chaque porteur.

4.46 Pose sur costière (cf. fig. 25 et 25-bis)

La pose sur costière reprend en partie haute le principe de la pose en faitage mono pente avec couverture adaptée, en partie basse le principe de la pose sur sablière et latéralement celui de la rive. La couverture sera fixée à l'aide de vis autoforeuses avec rondelles étanches aluminium / EPDM type Vulca.

La résistance mécanique de la costière doit être étudiée au cas par cas par la Société AKRAPLAST (qui pourra au besoin faire appel à un bureau d'étude structure).

4.47 Joint de dilatation (cf. fig. 33)

Le joint de dilatation sera mis en œuvre suivant la figure 33.

5. Entretien et Remplacement

Les éléments du système SUN MODUL ne nécessitent pas d'entretien particulier. Toutefois en cas de dépoussiérage, il est conseillé d'effectuer un nettoyage à l'eau claire froide additionnée de détergent liquide.

En aucun cas, il ne faut utiliser de produits à base de solvant ou alcalin.

Le remplacement d'une ou plusieurs plaques du système SUN MODUL suite à une détérioration peut être facilement réalisé par le découpage et la dépose des capots polycarbonates adjacents aux plaques endommagées.

La plaque peut ensuite être declippée de ses porteurs.

La plaque et les capots neufs peuvent ensuite être remis en place, les closoirs seront remis par l'intérieur ensuite.

B. Résultats expérimentaux

Essai de durabilité

Évolution de la transmission lumineuse et de la résistance au choc après vieillissement (3 000 heures d'exposition ; 8,64 GJ/m²) sur SUN MODUL 10 mm :

- Origine : PV N° ED/02-0010 du 11 sept. 2002 du CSTB.

Suivi de l'Avis Technique 1^{er} semestre ;

- Origine : PV N° CPM12/8123215-A1 du CSTB.

Essai d'étanchéité

Essai perméabilité à l'air suivant NF EN 1026 :

- Origine : PV N° CLC09-26019532 du 16 mars 2009 du CSTB.

Essai étanchéité à l'eau suivant NF EN 1027 ;

- Origine : PV N° CLC09-26019532 du 16 mars 2009 du CSTB.

Essai résistance au vent suivant NF EN 12211 ;

- Origine : PV N° CLC09-26019532 du 16 mars 2009 du CSTB.

Caractéristiques thermiques

Calcul des coefficients de transmission thermique surfaciques, linéaires et ponctuels :

- Origine : PV N° DER/HTO 2012-053-FL/LS du 05/03/2012 du CSTB ;
- Origine : PV N° DER/HTO 2011-231-FL/LS du 03/10/2011 du CSTB.

Caractéristiques lumineuse

- Origine : SUN MODUL 10, 16 et 25 mm, PV N° 171329 du 30 avril 2003 ISTITUTO GIORDANO - CENTRO POLITECNICO DI RICERCA.

Caractéristiques solaires

- Origine : PV N° 171329 du 30 avril 2003 ISTITUTO GIORDANO - CENTRO POLITECNICO DI RICERCA.

Réaction au feu

- Origine : PV N°0679/DC/REA/10-3 du 25 octobre 2010.

Caractéristiques mécaniques

Essais sous charges ascendantes et descendantes SUN MODUL 10, 16 et 25 mm :

- Origine : PV N° 174369 du 08 août 2003 ISTITUTO GIORDANO - CENTRO POLITECNICO DI RICERCA.

Essai d'arrachement fixation dans le support et de déboutonnage dans le porteur :

- Origine : PV N° 30712 du 11 juillet 2003 L R ETANCO ;
- Origine : PV N° 30713 du 11 juillet 2003 L R ETANCO.

C. Références

C1. Données environnementales et sanitaires

Le produit (ou procédé) SUN MODUL ne fait pas l'objet de déclaration environnementale de type III au sens de la norme EN/ISO 14025 : Fiches(s) de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) conforme à la norme NF P 01-010 ou autres.

Les données issues des déclarations environnementales ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Références de chantiers

Depuis la commercialisation du système SUN MODUL en 1994 les surfaces réalisées en couverture représentent plus de 450 000 m².

Figures du Dossier Technique

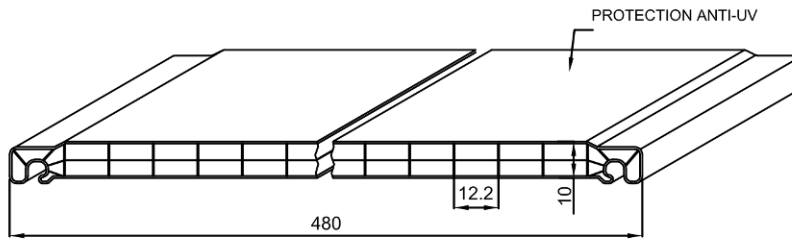


Fig. 1 - SUN MODUL 10 mm

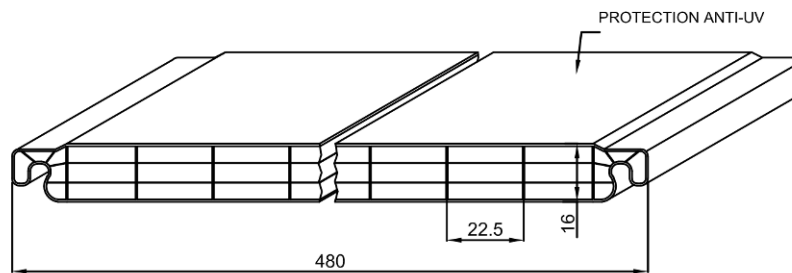


Fig. 2 - SUN MODUL 16 mm

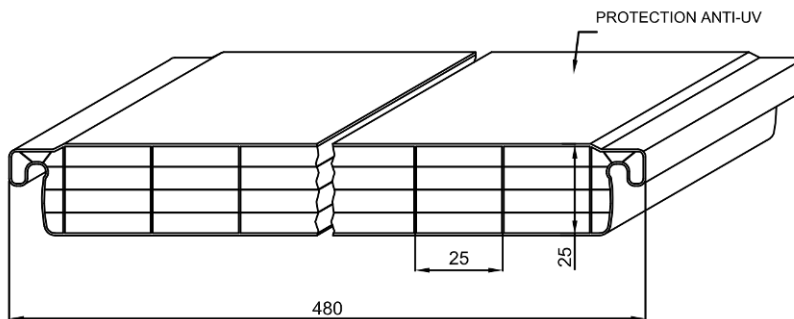


Fig. 3 - SUN MODUL 25 mm

CARACTERISTIQUES	EPAISSEURS (mm)		
	10	16	25
Poids/m ²	1,8 kg/m ²	2,4 kg/m ²	2,8 kg/m ²
Largeur	480 mm ± 2mm		
Epaisseur paroi sup.	0,7 mm ± 0,15 mm		
Epaisseur paroi inf.	0,6 mm ± 0,15 mm		
Epaisseur totale	10 ± 1	16 ± 1	25 ± 1
Epaisseur coextrusion	50µ ± 10µ		

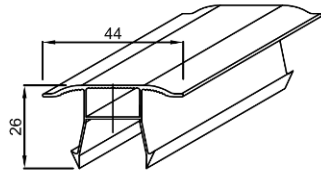


Fig. 4 - CAPOT M40

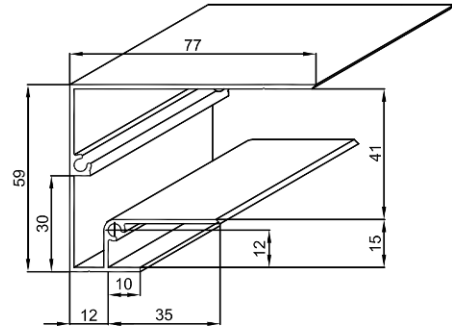


Fig. 7 - PROFIL M652

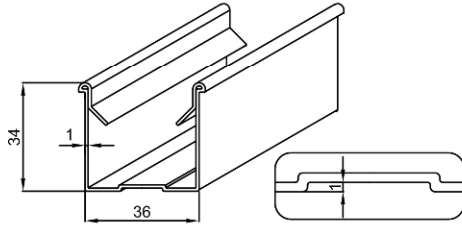


Fig. 5 - PORTEUR STANDARD M50

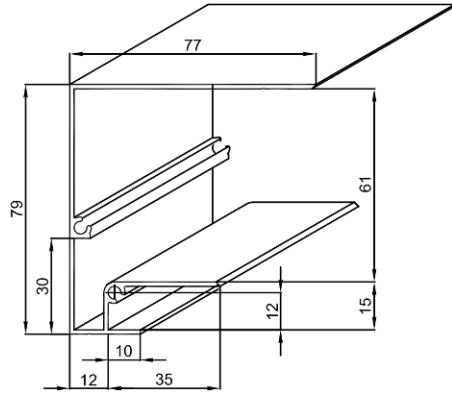


Fig. 8 - PROFIL M675

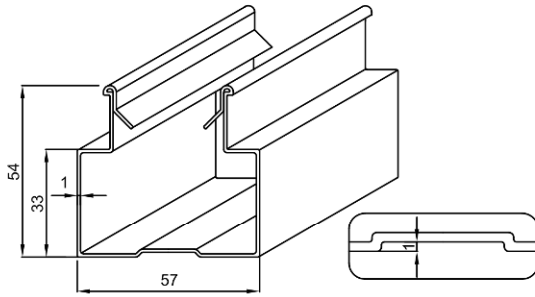


Fig. 6 - PORTEUR MAXI M53

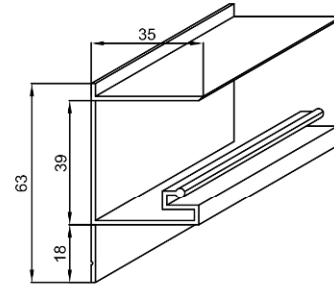


Fig. 9 - PROFIL M635

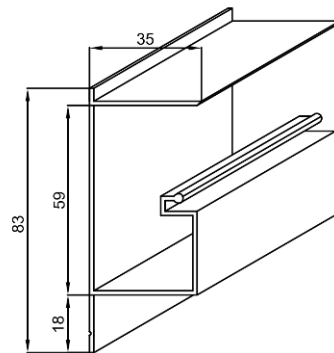


Fig. 10 - PROFIL M671

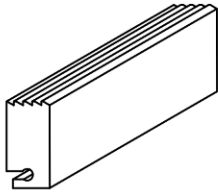


Fig. 11 - JOINT M732

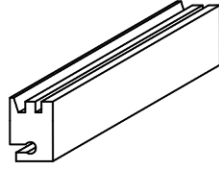


Fig. 12 - JOINT M734

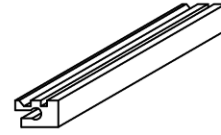


Fig. 13 - JOINT M736

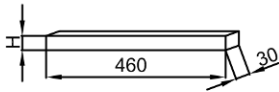


Fig. 14 - CLOSOIR STANDARD

REF.	PANNEAU	H
M710	10	36
M716	16	30
M725	25	21

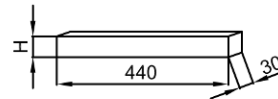


Fig. 15 - CLOSOIR MAXI

REF.	PANNEAU	H
M770	10	56
M773	16	50
M776	25	41

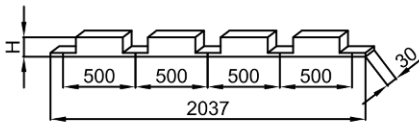


Fig. 16 - CLOSOIR NERVURE STANDARD

REF.	PANNEAU	H
M714	10	36
M720	16	30
M729	25	21

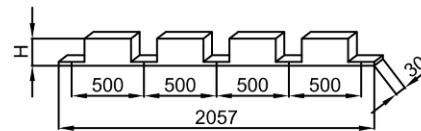


Fig. 17 - CLOSOIR NERVURE MAXI

REF.	PANNEAU	H
M772	10	56
M775	16	50
M778	25	41

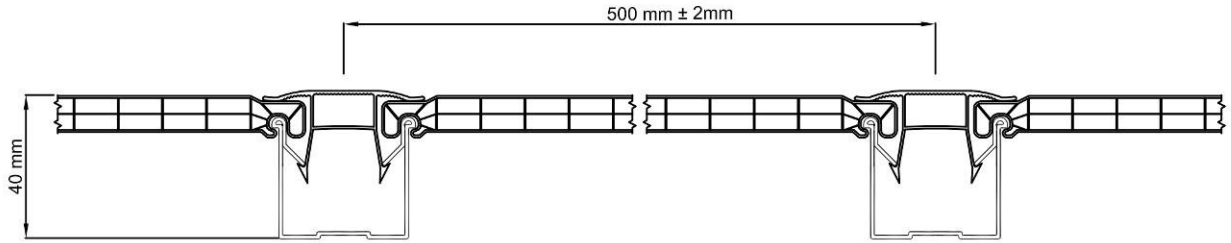


Fig. 18 - SYSTEME AVEC PORTEUR STANDARD

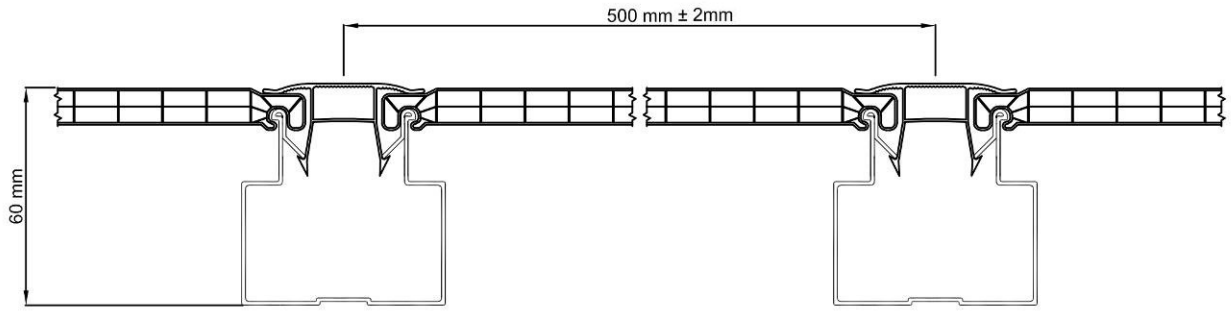
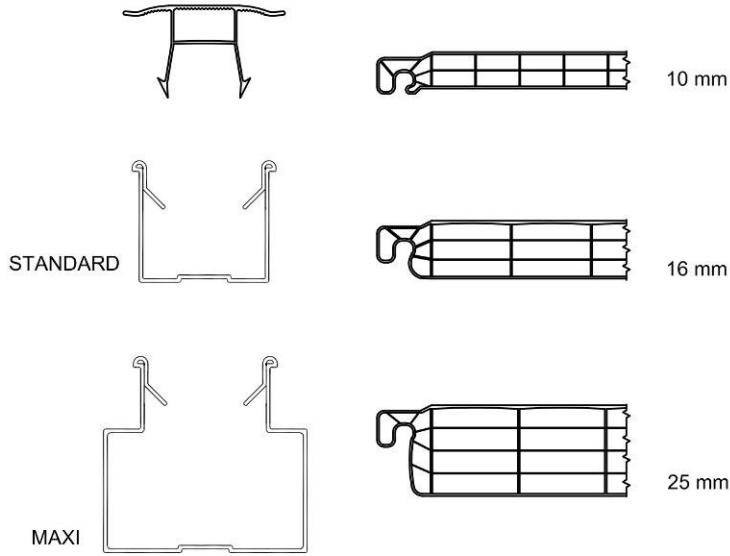


Fig. 19 - SYSTEME AVEC PORTEUR MAXI



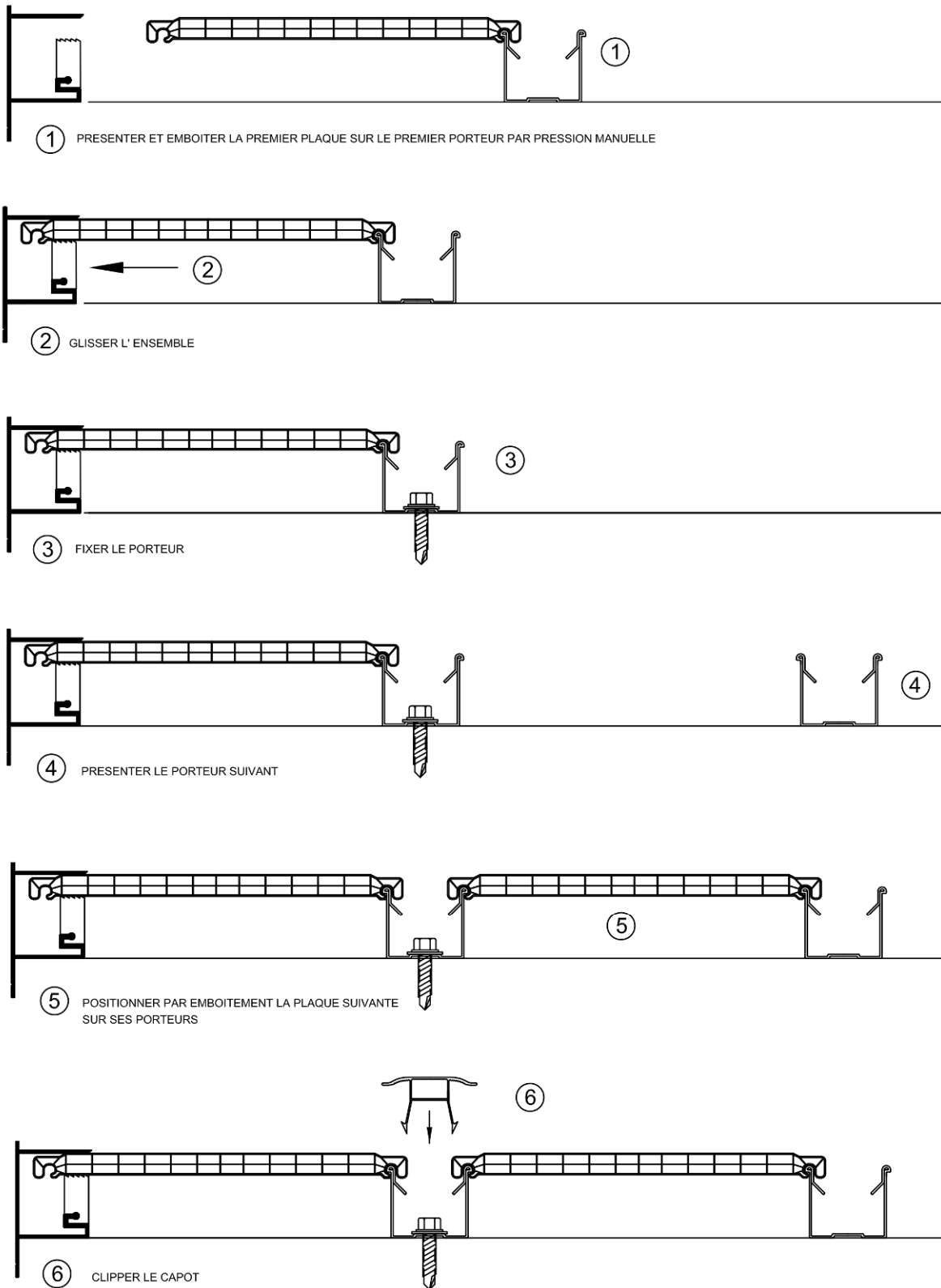


Fig. 20 - SEQUENCE DE POSE DE LA PARTIE COURANTE
 (POUR LE SYSTEME AVEC PORTEUR MAXI UTILISER LES ACCESSOIRES ADAPTES)

Recouvrement de la
couvertine sur le pan-
neau en polycarbonate
de 55 mm minimum.

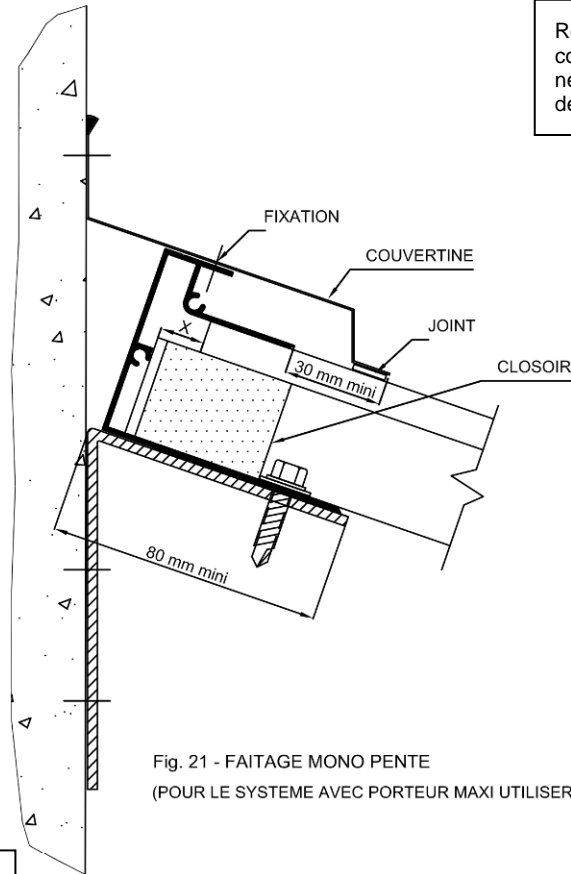


Fig. 21 - FAITAGE MONO PENTE
(POUR LE SYSTEME AVEC PORTEUR MAXI UTILISER LES ACCESSOIRES ADAPTES)

Recouvrement de la
couvertine sur le pan-
neau en polycarbonate
de 55 mm minimum.

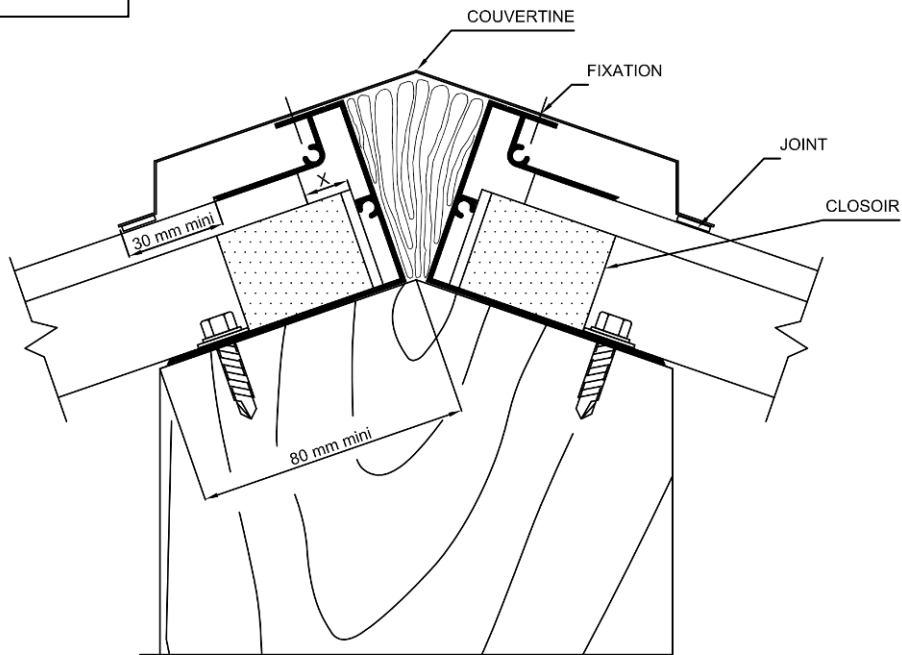


Fig. 22 - FAITAGE DOUBLE PENTE
(POUR LE SYSTEME AVEC PORTEUR MAXI UTILISER LES ACCESSOIRES ADAPTES)

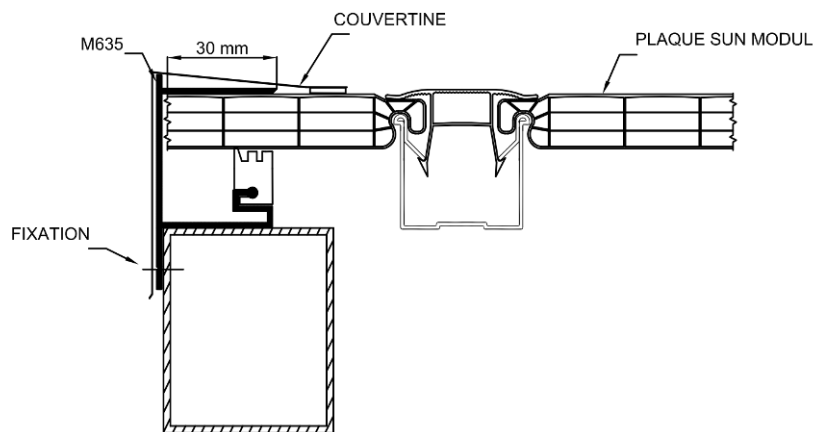


Fig. 23 - RIVE
(POUR LE SYSTEME AVEC PORTEUR MAXI UTILISER LES ACCESSOIRES ADAPTES)

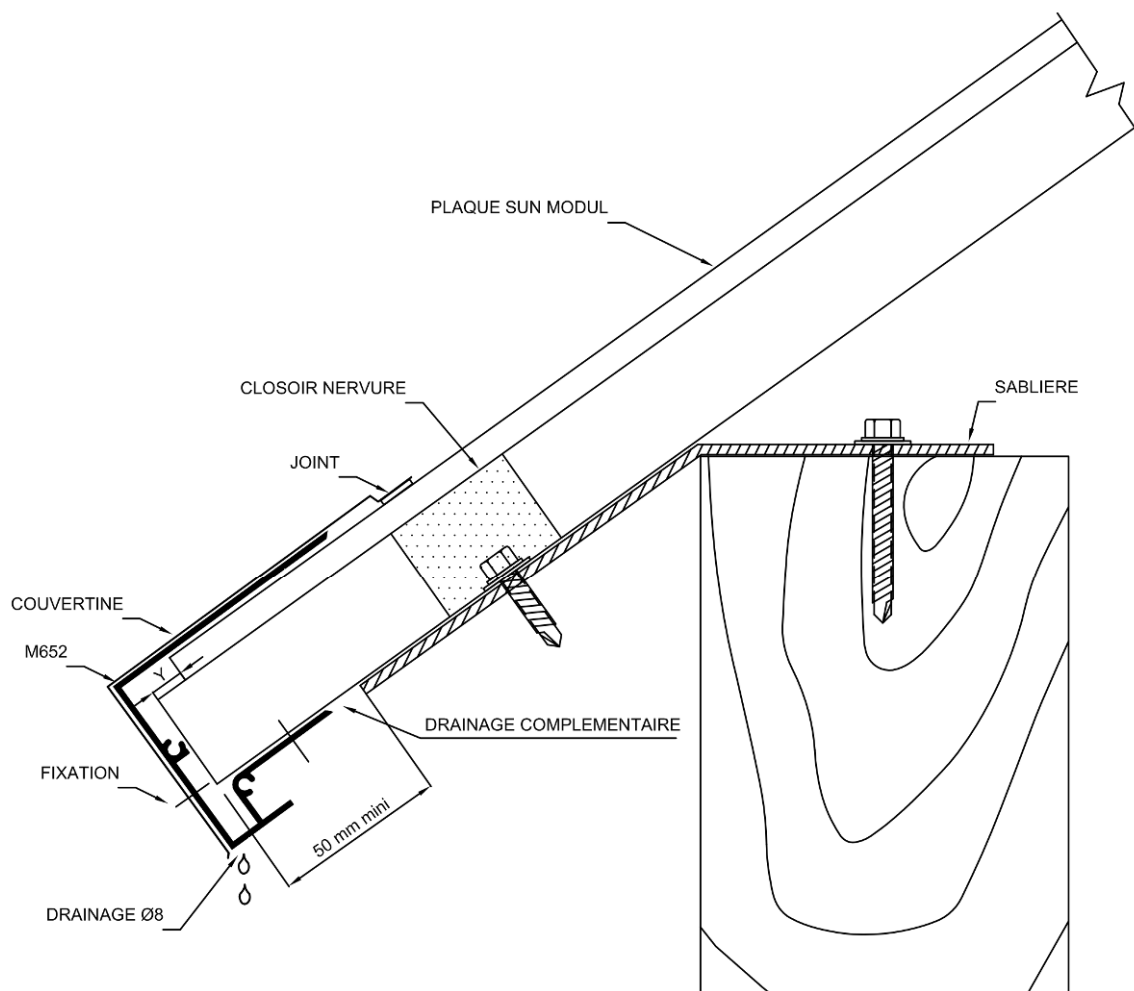


Fig. 24 - Sablière - Mode de pose pour longueur de rampant ≤ 4 m
(pour le système avec porteur maxi utiliser les accessoires adaptés)

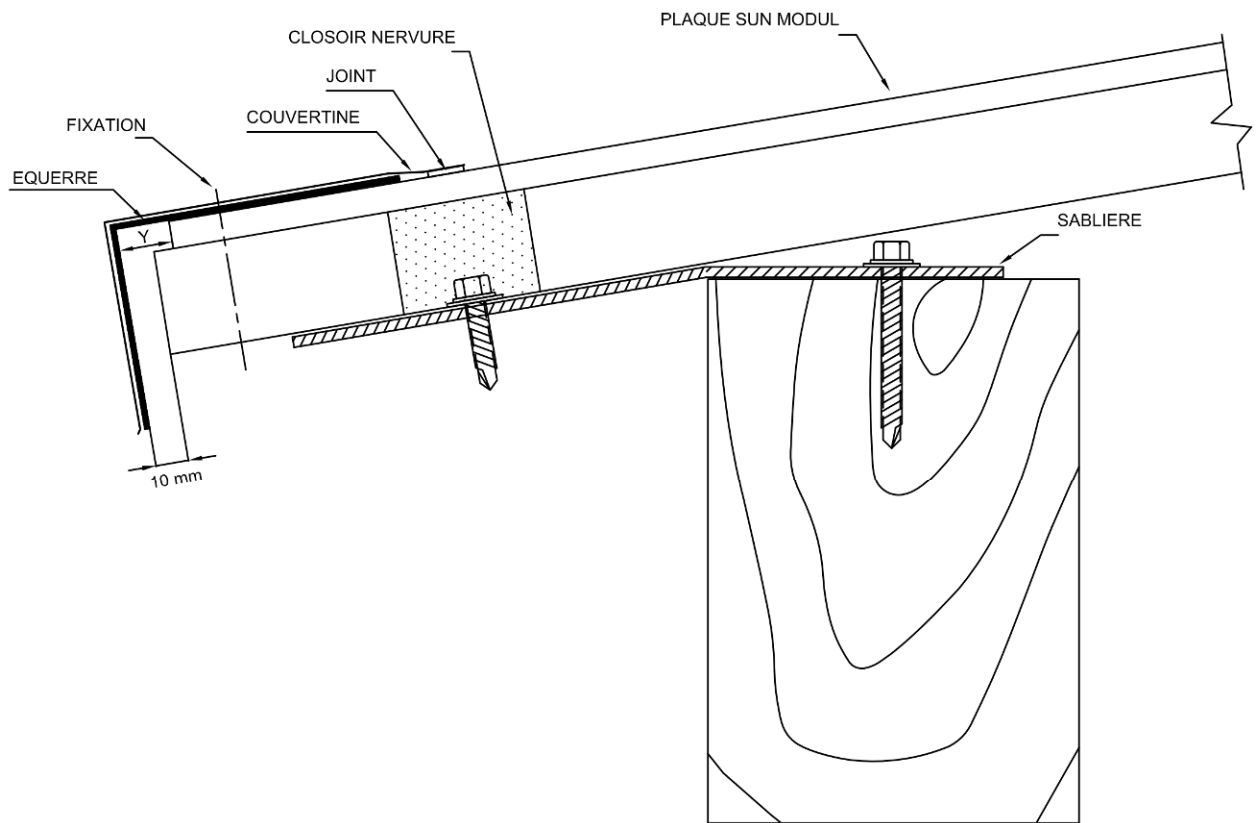
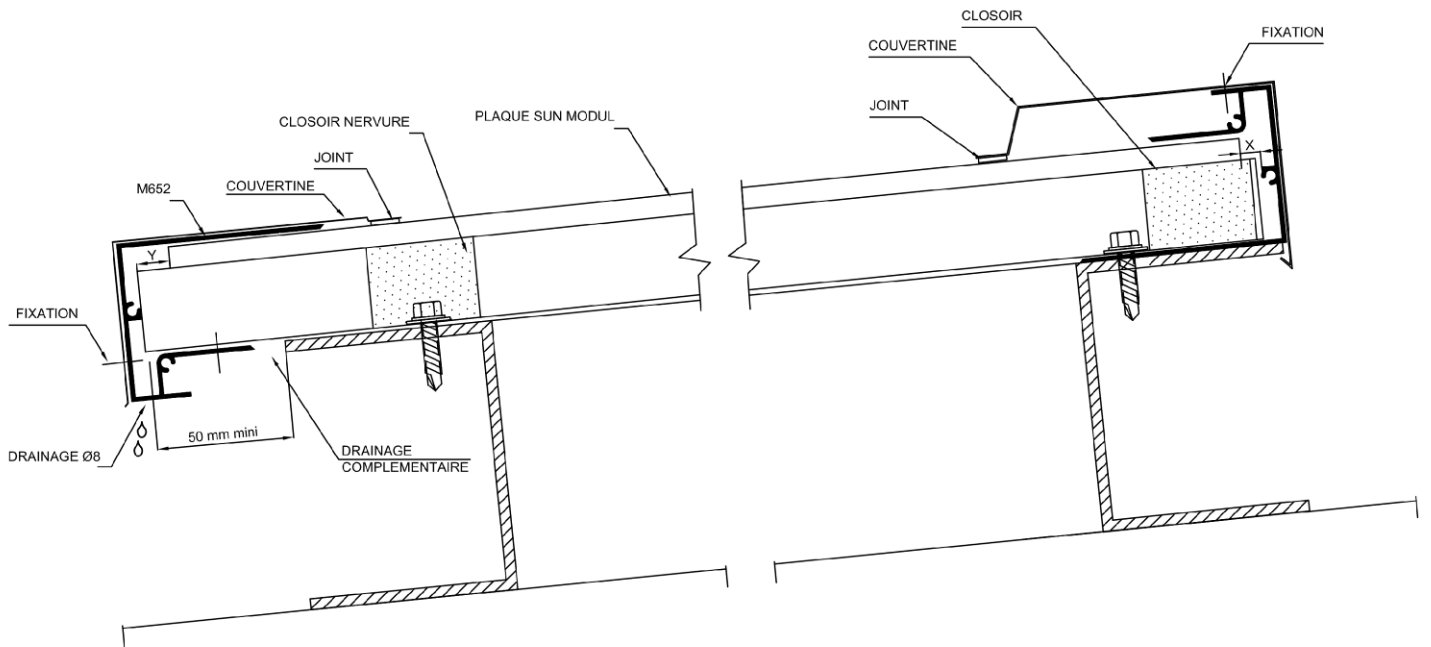
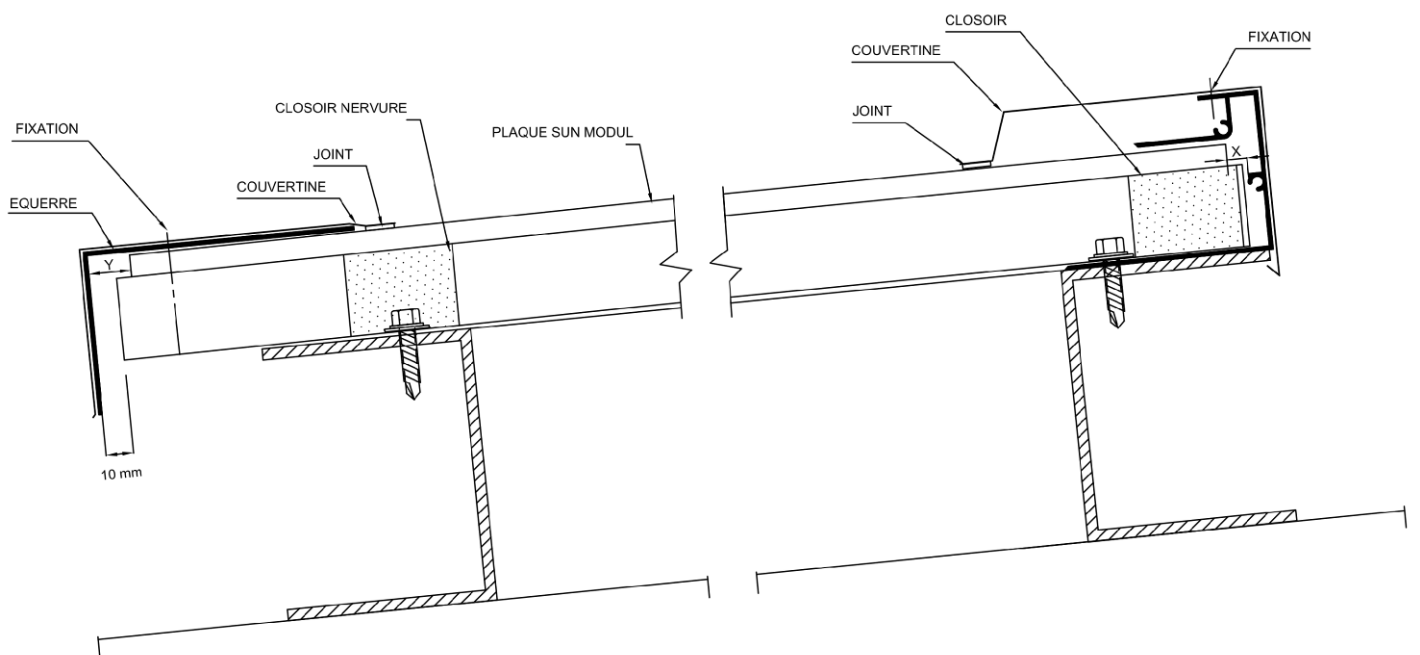


Fig. 24-bis - Sablière - Mode de pose pour rampant > 4 m
 (pour le système avec porteur maxi utiliser les accessoires adaptés)



**Figure 25 – Costière - Mode de pose pour longueur de rampant ≤ 4 m
(pour le système avec porteur maxi utiliser les accessoires adaptés)**



**Figure 25 bis – Costière – Mode de pose pour rampant de 4 m à 8 m (pente minimum 10 %)
(pour le système avec porteur maxi utiliser les accessoires adaptés)**

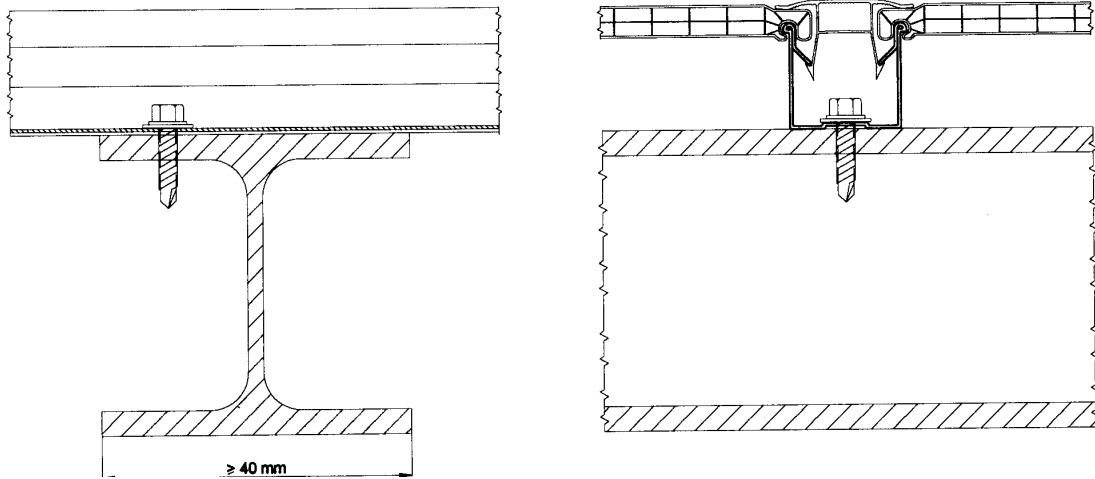


Figure 26 – Fixation d'extrémité ou intermédiaire du porteur standard sur support acier d'épaisseur $\geq 1,5$ mm

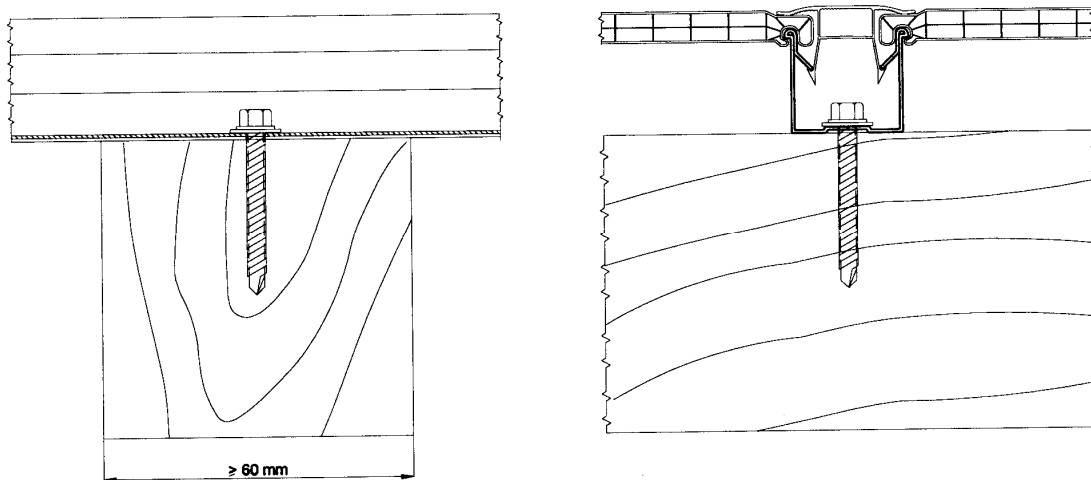


Figure 27 - Fixation d'extrémité ou intermédiaire du porteur standard sur support bois

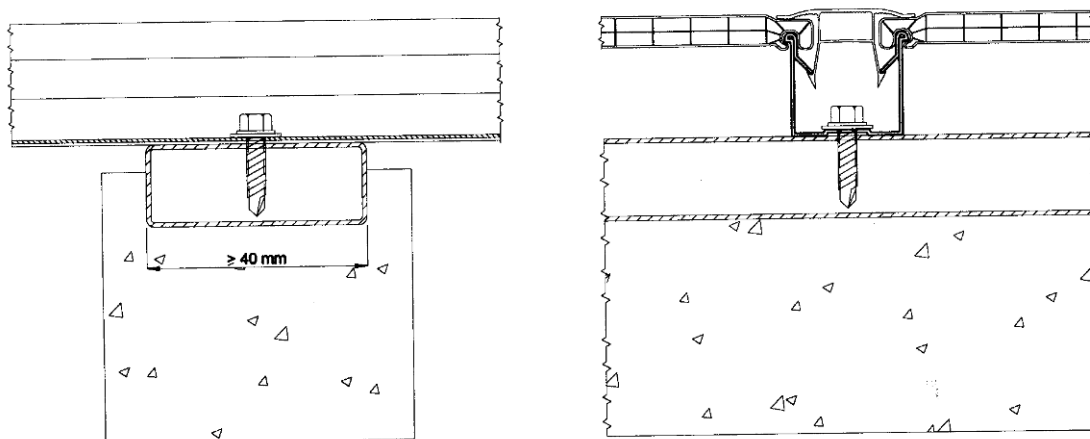


Figure 28 - Fixation d'extrémité ou intermédiaire du porteur standard sur support béton avec insert métallique d'épaisseur $\geq 1,5$ mm

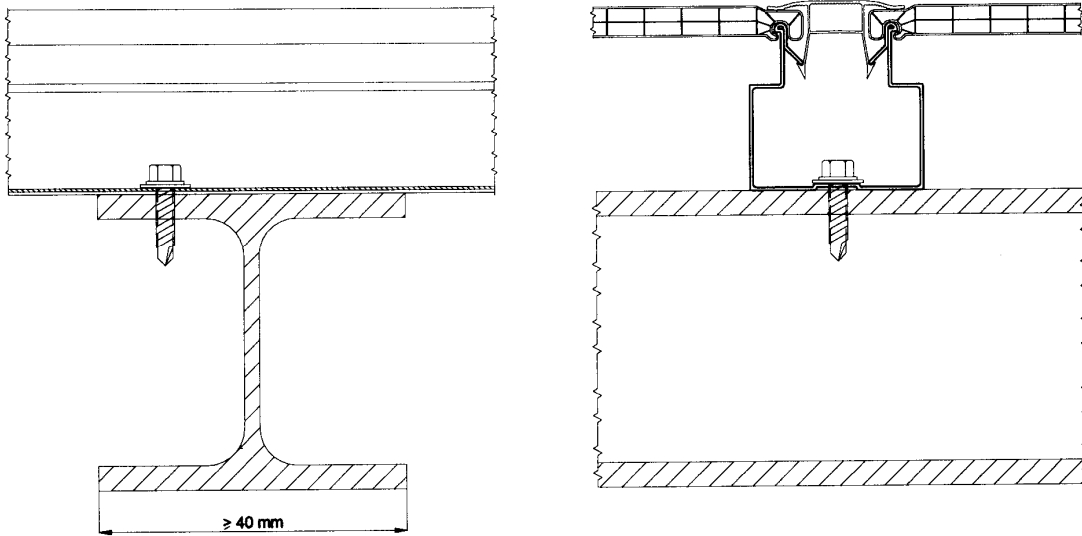


Figure 29 - Fixation d'extrémité ou intermédiaire du porteur maxi sur support acier d'épaisseur $\geq 1,5$ mm

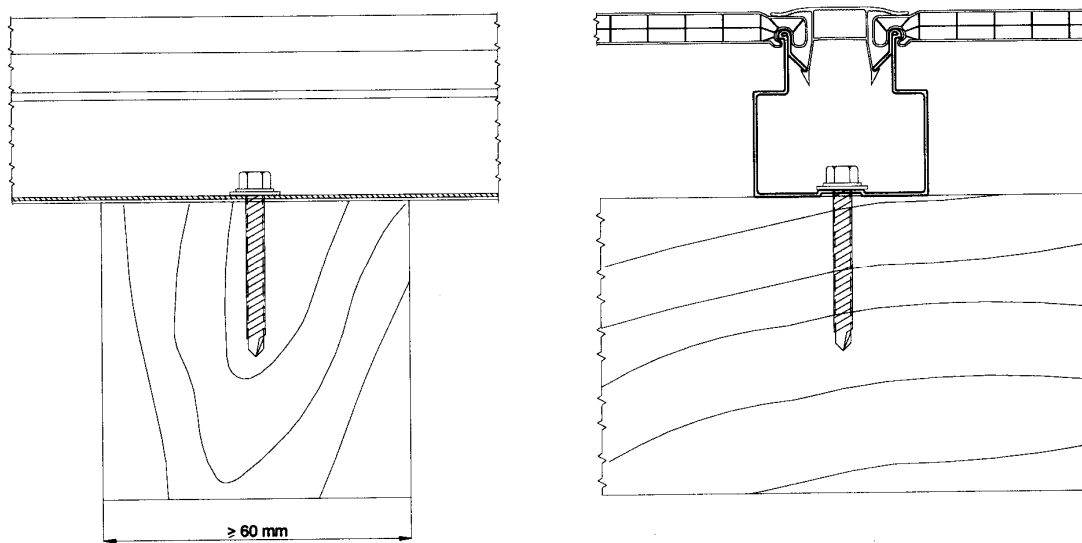


Figure 30 - Fixation d'extrémité ou intermédiaire du porteur maxi sur support bois

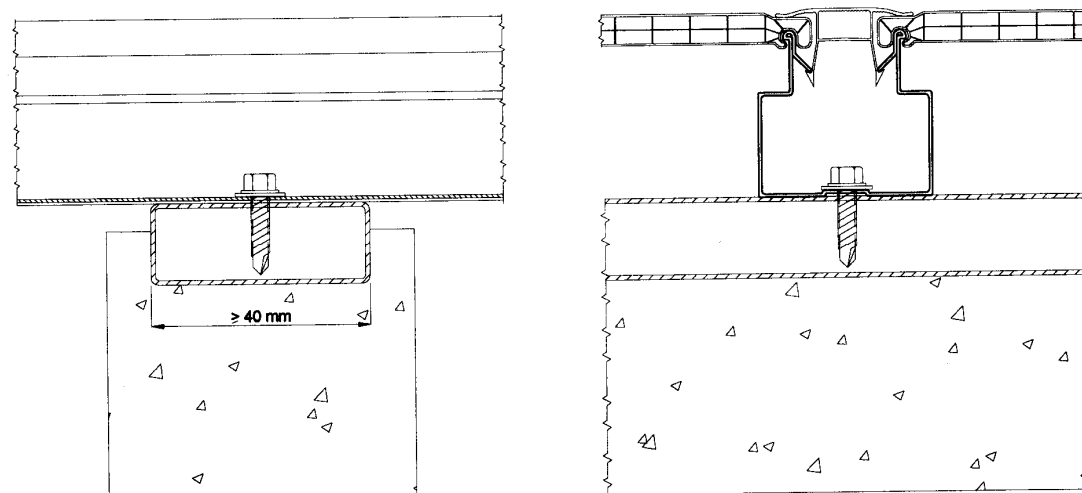


Figure 31 - Fixation d'extrémité ou intermédiaire du porteur maxi sur support béton avec insert métallique d'épaisseur $\geq 1,5$ mm

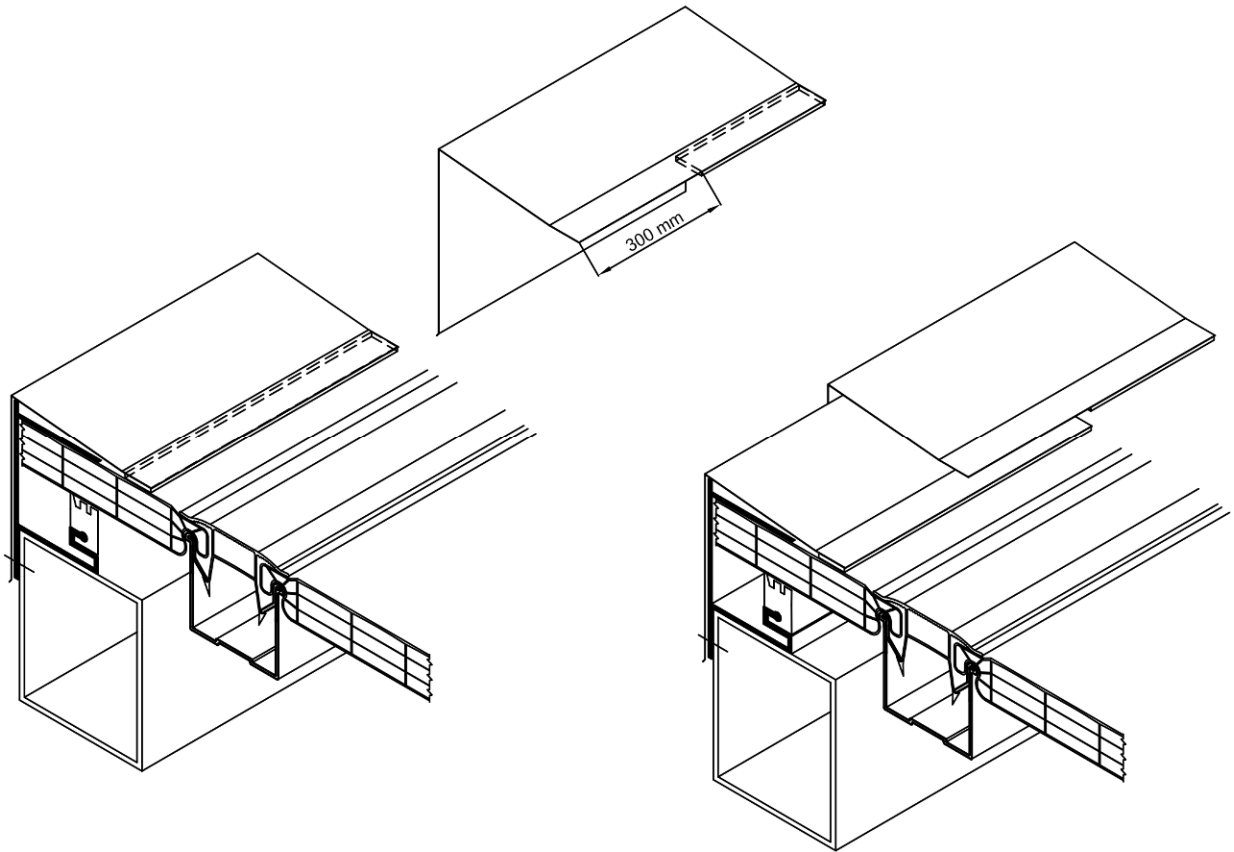


Figure 32 – Jonction des profils de rive (longueur de rampant supérieure à 6 ml)

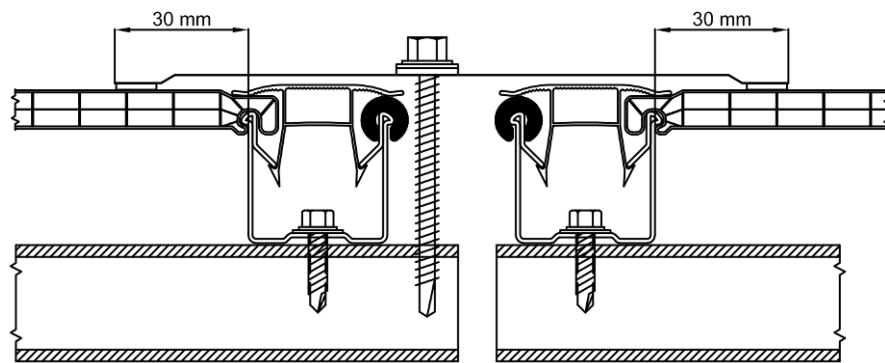


Figure 33 – Joint de dilatation