

# Avis Technique 2/13-1536

Annule et remplace l'Avis Technique 2/09-1364

Verrière  
Roof glazing  
Glasdach

---

## Texlon Verrière gonflable en film ETFE

---

**Titulaire :** VECTOR FOILTEC France SARL  
88 Rue Robespierre  
FR-93100 Montreuil  
Tél. : 01 43 63 49 37  
Fax : 01 43 63 01 38  
E-mail : fr@vector-foiltec.com  
Internet : www.vector-foiltec.com

**Distributeur :** VECTOR FOILTEC France SARL  
88 Rue Robespierre  
FR-93100 Montreuil

**Usine :** VECTOR FOILTEC GmbH  
Steinacker 3  
DE-28717 Breme

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

**Groupe Spécialisé n° 2**

Constructions, Façades et Cloisons Légères

Vu pour enregistrement le 26 juin 2013



Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

**Le Groupe Spécialisé N° 2 «CONSTRUCTIONS, FACADES ET CLOISONS LEGERES» de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 29 janvier 2013, le procédé Texlon Verrière gonflable en film ETFE, présenté par la société VECTOR FOILTEC. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Verrières composées de coussins gonflables, eux-mêmes composés de 2, 3 ou 4 couches de film en ETFE (Ethylène Tétra Fluor Ethylène). Les coussins sont gonflés avec de l'air à une pression de  $220 \pm 30$  Pa.

Les coussins sont réalisés par un assemblage de lés avec des recouvrements transversaux thermo soudés en usine.

### 1.2 Identification

Les emballages font référence à la marque VECTOR FOILTEC.

## 2. AVIS

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Verrières en coussins gonflables de toiture pour bâtiments d'usage courant (de logement, d'enseignement, de bureaux, d'hôpitaux ...) et utilisables dans les conditions d'exposition pour lesquelles l'action résultante unitaire correspondant à la pression de vent normal est inférieure ou égale à 1200 Pa sauf justification particulière selon la norme NF EN 13830.

Pour le profilé F20 le domaine d'emploi sera limité aux verrières en coussins gonflables pour des bâtiments dont la destination permet d'accepter la possibilité d'infiltration d'eau et que celles-ci ne soient pas préjudiciables.

Le présent Avis ne vise pas les fenêtres intégrées dans la verrière.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### 2.21 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

##### Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire pour ce procédé. Il est rappelé que cette FDES n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

#### 2.22 Aptitude à l'emploi

##### Stabilité

Les verrières ne participent pas, par nature, à la stabilité des bâtiments, laquelle incombe à la structure de ces derniers.

La stabilité propre des verrières sous les charges climatiques peut être convenablement assurée dans le domaine d'emploi accepté.

##### Stabilité en zone sismique

Les coussins en ETFE ne présentent pas par nature de risque particulier vis-à-vis des actions sismiques.

La satisfaction aux exigences parasismiques du système utilisant le procédé Verrière en coussins gonflables doit être appréciée au cas par cas selon les règles PS92 (NF P06-013) chapitre 15 ou Eurocodes dans les mêmes conditions que pour une verrière traditionnelle pour les ossatures et ses fixations.

Un calcul sismique de la structure primaire soutenant la verrière, doit être réalisé indépendamment du système de coussins gonflables.

##### Sécurité en cas d'incendie

La convenance du point de vue de la sécurité en cas d'incendie doit être examinée, cas par cas, en fonction des divers règlements concernant l'habitation, les établissements recevant du public, les immeubles de grande hauteur, les lieux de travail, etc.

##### Sécurité aux chocs

Elle est normalement assurée.

Elle est à vérifier au cas par cas vis-à-vis d'un choc vertical extérieur de 1200J, pour les coussins de dimensions supérieures à 500 x 1000 mm.

##### Sécurité des intervenants

La mise en œuvre, en toiture, fait généralement appel à des dispositifs spécifiques qui doivent être approuvés par les organisations compétentes en prévention des accidents. Elle nécessite en outre le recours à des dispositifs anti-chute selon la réglementation en vigueur.

### Isolation thermique

D'une manière générale, les caractéristiques thermiques des verrières en coussins gonflables jouent un rôle important sur le calcul des déperditions thermiques à travers l'enveloppe en hiver et sur le confort des occupants en été. La vérification du respect de la réglementation thermique s'effectue selon les cas soit à l'échelle du bâtiment (RT 2012), soit à l'échelle de la paroi et du bâtiment (RT 2005).

La RT 2005 (arrêté du 24 mai 2006) fixe une exigence minimale à respecter pour les coefficients  $U_{cw}$  des verrières et des exigences globales à l'échelle du bâtiment complet ( $U_{bat}$ , consommation, Température intérieure de confort  $T_{ic}$ ).

La RT 2012 (Arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012), n'impose pas d'exigences minimales sur les performances thermiques des composants. La transmission thermique surfacique (U), les facteurs solaires (S) et les transmissions lumineuses des façades ( $T_L$ ) doivent néanmoins être déterminées pour chaque orientation pour être utilisées comme donnée d'entrée dans le calcul du besoin bioclimatique (Bbio), de la consommation globale du bâtiment ( $C_{ep}$ ) et de la température intérieure de confort ( $T_{ic}$ ) pour lesquels les Arrêtés fixent une exigence réglementaire.

La vérification du respect de la réglementation thermique s'effectue au cas par cas en utilisant les méthodes de calculs réglementaires (Th-CE, Th-BCE et Th-bât).

- Le calcul du coefficient de transmission surfacique U de la paroi doit être effectué conformément aux règles Th-U.
- Le calcul du facteur solaire S doit être effectué conformément aux règles Th-S.
- Le calcul de la transmission lumineuse doit être effectué conformément aux règles Th-L.

### Etanchéité

L'étanchéité à l'air et à l'eau peut être assurée dans le domaine d'emploi accepté.

### Isolement acoustique

Les performances seront à vérifier au cas par cas en fonction des exigences et règlements.

### 2.3 Durabilité - Entretien

Les essais réalisés après 5000 heures de weatherometer à un éclairage énergétique de  $550 \text{ W/m}^2$  et l'expérience en œuvre ont montré que le film en ETFE ne subissait ni le jaunissement, ni la baisse de transmission lumineuse et ni l'affaiblissement des propriétés mécaniques pendant au moins dix ans.

Le changement d'aspect de la verrière gonflable à moyen et à long terme ne peut être totalement exclu, sous l'action des conditions atmosphériques. Toutefois, Les risques ne devraient avoir que des effets d'aspect (salissures).

Le risque de condensations passagères à l'intérieur des coussins ne peut être totalement exclu, risquant d'entraîner à terme le développement de moisissures nuisibles à l'aspect.

Les risques d'infiltration d'eau sont limités, comme pour les verrières traditionnelles, par un système de drainage à 2 niveaux (calfeutrement externe et profilés drainants).

Le risque de dégonflement des coussins lié à une coupure électrique peut être limité par le raccordement du système de gonflage à un circuit électrique sécurisé.

Le comportement et l'entretien prévisible des profilés extérieurs sont analogues à ceux d'une verrière avec serre en aluminium.

La réparation confère à l'élément de verrière réparé la même durabilité que celle attendue d'un élément d'origine.

### 2.4 Fabrication et contrôle

Les dispositions prises par la Société VECTOR FOILTEC sont propres à assurer la constance de qualité des coussins et des accessoires associés aux profilés.

Les dispositions de fabrication adoptées par les sociétés applicatrices du système, et respectant les prescriptions de la Société VECTOR FOILTEC, permettent de compter sur une constance de qualité suffisante.

## 2.5 Mise en œuvre

La mise en œuvre est réalisée par la société VECTOR FOILTEC ou par des entreprises spécialisées avec l'assistance technique de la Société VECTOR FOILTEC.

Elle fait appel à des dispositifs extérieurs de montage (nacelles, échafaudages ...) et de levage.

Elle nécessite certaines précautions, notamment pour la mise en place de chevauchement des garnitures d'étanchéité au raccordement des profilés pour le serrage des vis de fixation.

## 2.6 Cahier des Prescriptions Techniques

### 2.61 Conditions de conception

Les éléments d'ossature secondaire et leurs fixations seront calculés et vérifiés en utilisant les règles de calculs et les normes en vigueur.

Le dimensionnement des coussins est réalisé par la société VECTOR FOILTEC avec un logiciel propre à la société. Un audit du système de calcul est assuré par le CSTB.

Les contraintes limites données au § 7 correspondent à la limite élastique déterminée par VECTOR FOILTEC suite à une campagne d'essai interne.

Pour l'appréciation du risque de rétention d'eau ou de neige, il devra être tenu compte des éventuelles déformations de l'ossature primaire et des déformations des coussins sous poids propre et charge non pondérée.

### 2.62 Conditions concernant la fabrication

Les coussins sont fabriqués par VECTOR FOILTEC dans leur usine en Allemagne (Brême).

Toutes les opérations de découpe, perçage des garnitures d'étanchéité devront être réalisées avec soin, en atelier, à l'aide de l'outillage spécifique.

### 2.63 Conditions concernant la réparation et la maintenance

La Société VECTOR FOILTEC est tenue de fournir à ses clients une notice de maintenance (examens à effectuer, leur périodicité) et d'entretien détaillée (produits d'entretien ou de nettoyage identifiés par leur nature chimique).

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé Texlon Verrière gonflable en film ETFE, dans le domaine d'emploi proposé, est appréciée favorablement.

### Validité

Jusqu'au 31 janvier 2017.

---

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

---

Cette première révision porte sur les modificatifs suivants :

- Ajout d'un paragraphe sismique.
- Modification de la qualité de l'aluminium des profilés.
- Modification du système à la jonction des profils capots.
- Ajout d'un nouveau profilé.

Les risques de désordre liés à des percements par des oiseaux ne sont pas exclus sur les films sérigraphiés.

Cette technique est soumise à un contrat d'entretien et de maintenance.

Le non contact des films ETFE avec la charpente métallique sera vérifié sous chargement ELU.

La zone d'accessibilité est limitée à 2,50 mètres pour éviter les dégradations volontaires.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 2*  
*Le Président*  
D. ROYER

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 2*  
M. COSSAVELLA

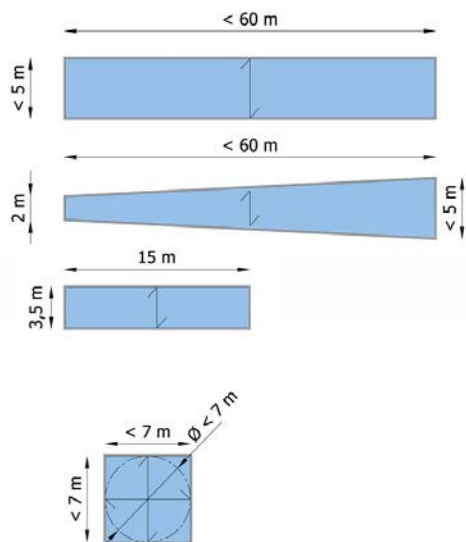
# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Principe

Parois transparentes ou translucides de toiture, ou abri pour tous types de bâtiments, qui sont composées de coussins avec la morphologie suivante :



Les coussins sont composés de 2, 3 ou 4 couches de film en ETFE.

Une pente minimum devrait être respectée pour assurer l'évacuation de l'eau dans le cas du dégonflage du film. La pente minimum est calculée en fonction de la géométrie des coussins.

### 2. Matériaux, Produits et Composants

#### 2.1 Coussins Texlon ETFE

##### Film ETFE

La matière est un copolymère modifié d'Éthylène tétra fluor éthylène extrudé en film. Texlon est le nom de marque du film ETFE de Vector Foiltec.

Coussin réalisé avec un minimum de 2 couches du film jusqu'à 4 couches avec une épaisseur de film de 100-250 microns selon les besoins.

La zone d'accessibilité est limitée à 2.50m pour éviter les dégradations volontaires.

Les finitions disponibles en film :

- Texlon T transparent,
- Texlon W blanc,
- Texlon M avec une surface dépolie,
- Texlon DM avec un motif sérigraphie.

Tableau 1

Épaisseur	90-275	microns	DIN 53 370
Poids	166-460	g/m <sup>2</sup>	DIN 53 352
Contrainte de traction à rupture	>40	M Pa	EN ISO 527-1
Contrainte de traction à 10% à l'état neuf	>18	M Pa	EN ISO 527-1
Contrainte de traction après 5000h UV	>40	M Pa	EN ISO 527-1
Allongement à rupture	>300	%	EN ISO 527-1

Selon les essais réalisés par VECTOR FOILTEC, aucune différence n'a été constatée en propriétés mécaniques entre les films.

Les coussins gonflables en ETFE sont classés au feu B-s1, d0.

##### Ourllet de rive dite «Keder»

La rive des coussins est fermée avec un ourlet en ETFE d'épaisseur 200 microns autour d'une corde de diamètre 8 mm en Polypropylène fabriqué selon la norme DIN 83332.

##### Baguette écarteur du film («thermokeder»)

Une baguette (en option) de silicone transparente tenue dans un ourlet du film ETFE pour écarter le film supérieur et le film intermédiaire au point de pincement.

##### Valve de gonflage en ETFE

La valve des coussins est formée avec deux rondelles à vis mâle et femelle en ETFE moulé qui se vissent sur le film pour permettre la pose de la tétine d'arrivée d'air. Des rondelles étanches assurent l'étanchéité à l'air et à l'eau.

##### Soupape de réglage de surpression en ETFE

Valve avec filtre tétine en métal pour assurer une différence de pression entre les chambres d'air pour étendre le film intermédiaire.

#### 2.2 Profilé aluminium

(Cf. figure)

Le profilé brut F15, F16 ou F20 est réalisé par extrusion en aluminium EN AW-6063 T6 ou EN AW-6060 T66 suivant la norme EN755-2 avec des rainures pour l'insertion des joints EPDM et le vissage du capot serreur.

Trois types de profil existent : F15, F16 ou F20 – UD (pour tenir un coussin chaque côté du profil) et F15, F16 ou F20 – US (pour les rives des verrières pour tenir un coussin d'un seul côté), cf figures 2, 2 bis, 5, 5 bis, 6 et 6 bis.

Le capot serreur est réalisé par extrusion en aluminium T6063 ou T66 suivant la norme EN755-2 avec des rainures pour l'insertion des joints EPDM. Livré pré percée avec des trous de fixation.

Le profil de rive de coussin Keder en aluminium brut est un élément en forme de 'C' pour tenir la rive de coussin et pour la maintenir dans le profil. Réalisé en extrusion en aluminium T6063 ou T66 suivant la norme EN755-2.

Sur demande, les profilés peuvent être anodisés ou laqués sous label Qualicoat ou Qualanod.

Le raccord étanche en polyuréthane se fait entre les profils avec un patch de SIKA PUR Bond system ou avec du silicone.

Un élément en forme de L ou un plat permet de fixer l'étanchéité à la menuiserie. Il est réalisé par extrusion en aluminium T6063 ou T66 suivant la norme EN755-2.

Le joint EPDM ou silicone est extrudé en forme pour suivre la géométrie du profil. Conforme à la norme EN 12365.

Les boulons d'accrochage des profils F15 et F16 à la charpente sont des boulons M8 à tête plate en inox A2-70 selon la norme DIN 17440 ou galvanisé à chaud qualité 4.6 selon la norme EN ISO 10684. Utilisation de vis inox A4-70 pour les milieux avec forte hygrométrie.

Pour le profil F20 La fixation à la charpente est assurée par deux vis auto-perceuses inox diamètre 5,5 avec rondelles étanche diamètre 16 mm. La valeur Pk de ces vis est de 200 daN/vis suivant la Norme DIN EN 10326.

La disposition des fixations d'accrochage du profil à la charpente se fait suivant 3 cas :

##### Coussin sur un seul côté du profil aluminium

La distance des pattes de support du bord des profils aluminium ne doit pas excéder

$$a = a/n = 0,89 \text{ m}$$

Ou doit être dimensionné individuellement.

##### Coussin des deux côtés du profil aluminium

La distance des pattes de support du bord des profils aluminium ne doit pas excéder

$$a = a/n = 1,00 \text{ m.}$$

## Défaillance exceptionnel d'un coussin sur un seul côté du profil aluminium :

La distance des pattes de support du bord des profils aluminium ne doit pas excéder

$$a = \frac{a/n}{n} = 1,00 \text{ m}$$

Les vis de capot serreur en inox 1.4301 E-X A 6.5 x 30 mm avec rondelle étanche, sont vissées dans la rainure du profilé (4.5+/-0.3 mm).

L'ensemble des câbles anti pigeon sont des câbles en Inox type 1.4401 de diamètre 2 mm avec des ressorts en inox porté par des supports en aluminium.

Couche résiliente néoprène : plaque compressible d'isolation entre le profil et le support de la charpente.

### 2.3 Equipement de gonflage

(Cf. figure).

Le système de gonflage de coussins consiste en un réseau de tuyau et une unité de gonflage.

#### Le réseau d'air

Le réseau de tuyau est en PVC-U avec des raccords flexibles. Il est accroché à un substrat dur du bâtiment (charpente, maçonnerie etc.)

La tétine d'arrivée d'air est un tuyau en PVC-U visé sur la valve de gonflage.

La gaine d'alimentation en air du coussin est un tuyau flexible de 25 mm de diamètre en Vyrac 9000 caoutchouc thermoplastique. Le tuyau est accroché autour de la tétine 3.1 avec un 'serflex' en inox.

Le réseau principal d'alimentation d'air consiste en une série de tube en PVC -U de 63mm de diamètre.

Des raccords de dilatation sont prévus en tuyau flexible de 63 mm de diamètre Vyrac 9000 caoutchouc thermoplastique. Le tuyau est accroché autour de la tétine avec un 'serflex' en inox.

La pression est mesurée à l'intérieur du coussin à travers un tube en polyuréthane de 4mm de diamètre, calibre intérieur lié au pressostat 3.7.

#### L'unité de gonflage

L'unité de gonflage est composée de deux compresseurs chacun avec son système de gestion de pression. Ceci est un pressostat ainsi qu'un relais pour relancer le compresseur. Un compresseur est de service habituel et l'autre est un compresseur de secours. Tous les deux compresseurs sont identiques en spécification.

Le compresseur est abrité dans un boîtier étanche et fermé à clé. L'unité de gonflage est montée en usine. La pompe est fournie avec deux filtres d'air qui sont remplacés au moins une fois par an.

La pompe est alimentée électriquement à travers un pressostat qui mesure la pression atmosphérique et la pression à l'intérieur du coussin.

Un compteur d'heure de service est intégré pour chaque compresseur. Ceci permet de vérifier le bon fonctionnement des unités et également sert à indiquer la rupture d'un coussin.

L'air entrant dans les coussins est séché à travers un compresseur à déshumidificateur. Le système de réglage de pression est identique au système de base.

Un pressostat est utilisé pour mesurer la pression différentielle atmosphérique et à l'intérieur des coussins.

### 2.4 Accessoires

(Fourni par Vector Foiltec).

#### Raccord d'étanchéité

Etanchéité en pvc sous ATE 5/03-1705 renforcé monocouche pour assurer la continuité de l'étanchéité avec les autres corps d'état.

#### Bande butyle

Bande en butyle compressible pour coller l'étanchéité au profil et pour fermer complètement la liaison entre eux.

#### Bavette

Élément en aluminium plié pour couvrir le raccord d'étanchéité avec le profil et pour éviter l'entrée d'eau dans les trous d'évacuation d'eau d'infiltration.

#### Bande de mastic

Bande de mastic à base de polyuréthane pour fermer les joints de dilatation dans le système.

## 3. Fabrication

### Coussins

Descriptif du film : l'éthylène tétra fluor éthylène, est un polymère à la base de la minérale fluorine hydrogène sulfate et trichloro méthane et éthylène. Il est produit en résine ou en forme de poudre.

Pour le transformer en film il est chauffé à 380° C et extrudé à travers des enrouleurs.

ETFE est utilisé pour ses propriétés mécaniques ainsi que pour sa grande transparence. Le film a une très haute résistance à la déchirure (400 N/mm<sup>2</sup>) en raison de sa structure moléculaire. Il est très stable sous l'ultra violet avec des essais indiquant une résistance au delà de 25 ans. Egalement il est autonettoyant sous la pluie.

Les quatre fabricants mondiaux du film Texlon sont :

- Nowofol (film de marque Nowoflon).
- Toray (film de marque Toyoflon).
- Asahi Glass (film de marque Fluon).
- St Gobain (film de marque Norton).

Tableau 2

	Nowofol	Toray	Asahi	St Gobain
Texlon T	X	X	X	X
Texlon DM	X			
Texlon W	X		X	
Texlon M			X	

Vector Foiltec utilise le film de tous ces fabricants pour la fabrication des coussins.

### Phasage dans la fabrication d'un coussin

#### Plans de fabrication

Les plans de fabrication sont réalisés à partir du modèle 3d de la charpente.

Pour chaque coussin, le modèle 3d permet de produire un plan 'patron' qui ensuite définira les découpes du film nécessaires.

#### Confection d'une couche

- Chaque couche est réalisée à partir d'un rouleau de 1530 mm de large en bande perpendiculaire à l'axe le plus long.
- Chaque bande est thermosoudée en usine avec un joint de recouvrement de 16 mm.

#### Réunification des couches

- Des soudures ponctuelles sont faites pour assurer le bon alignement des couches avant soudure définitive.

#### Pose des valves de gonflage

- Un trou est fait dans les films pour faire passer les valves de gonflages.
- La valve de gonflage est visée à travers le trou.

#### Fermeture de coussin

- Ensuite l'ensemble est thermosoudé sur les bords avec l'ourlet keder. Un décalage des soudures transversales de chaque couche évite une sur épaisseur trop importante.

#### Fermeture des ourlets

- Les ourlets sont coupés à 45° et ils sont fermés à l'extrémité pour éviter que la saleté et condensation entre et attaque le cordon de rive.

## 4. Contrôle

Le contrôle de fabrication des coussins est assuré par VECTOR FOILTEC conformément à leur cahier des charges résumé au tableau 1 en fin de dossier.

Chaque fabricant de film contrôle chaque lot de matière première. Les caractéristiques doivent être conformes au tableau du § 2.1.

Un contrôle externe avec des essais de recoupage est assuré par le MPA 2 fois par an.

## 5. Mise en œuvre

### L'équipe de pose

La pose est effectuée sous la responsabilité de Vector Foiltec.

Pour chaque projet, un chef de projet de la société Vector Foiltec est en contact direct avec l'équipe de chantier pour donner une assistance technique.

### Sécurité à la pose

L'installation est faite avec des nacelles et aussi depuis des filets posés entre la charpente métallique. L'équipement de plan de travail en filet à la hauteur des verrières est posé par l'équipe.

Ils posent alors les filets de travail en les accrochant aux profilés de structure de la toiture avec des cordes. Les filets sont fixés tous les 1 m à la charpente métallique par des nœuds de cabestan (un nœud qui se resserre à la charge).

Ces filets sont constitués de deux épaisseurs superposées et tissées ensemble aux rives de chaque filet. La couche inférieure des filets est réalisée avec une micro maille permettant d'empêcher la chute d'objets de petite taille. La couche supérieure est réalisée avec une maille de 60 mm permettant la circulation des intervenants et empêchant la chute de personne et de matériaux lourds.

Il existe un filet par coussin fabriqué sur mesure pour chaque toiture conçue par Vector Foiltec.

Des cordes d'accroches sont ensuite fixées au dessus de la maille 60 mm. Ces cordes fournissent un deuxième dispositif de sécurité à la proximité des rives.

Les intervenants peuvent marcher sur la maille, assurés par des harnais qui sont accrochés par deux points à ces cordes d'accroche.

La pose des profils, le réseau de gonflage et les coussins est faite depuis le filet.

Une fois les coussins installés, ils seront gonflés.

Ensuite pour accéder à la surface extérieure des coussins, les intervenants Vector utiliseront une combinaison des nacelles et équipements, des cordes attachées à la charpente. Ceci donnera une protection contre la chute sur les rives. Les essais ont été faits pour démontrer que les coussins eux mêmes sont résistants à la chute d'une personne.

Avec la même méthodologie seront posés les bavettes, l'étanchéité, les capots serreurs et, finalement, la protection anti pigeon.

### Mise en œuvre des profils en aluminium

#### *Ossature secondaire*

Profilés en alliage d'aluminium extrudé de rampant et de traverses assemblés sur chantier et comportant des gorges de récupération des eaux d'infiltration éventuelles.

#### *A chaque assemblage*

Les profils F15 ou F16 sont extrudés avec des rails en sous face pour permettre la fixation à la charpente avec des boulons à tête plate 2.7. La répartition des fixations est calculée selon les charges imposées sur le profil. Chaque fixation est faite avec deux boulons.

Un intercalaire en néoprène entre la menuiserie et le profilé empêche les actions électrolytiques.

L'écartement typique entre pattes de support pour le profil droit en aluminium est de 1.0 m.

Dans le cas des nœuds l'écartement est inférieur à 380 mm de chaque côté de l'axe pour donner un renfort aux soudures d'aluminium. (cf. figure).

Le profil F20 est extrudé avec une sous face plane, posé sur la charpente. Un intercalaire en néoprène entre la menuiserie et le profilé empêche les actions électrolytiques. La fixation à la charpente est assurée par deux vis auto-perceuses inox 5.5 diamètre 16mm espacées tous les 1 mètre. Dans le cas des nœuds l'écartement est inférieur à 380 mm de chaque côté de l'axe pour donner un renfort aux soudures d'aluminium.

Le cadre de chaque coussin est fait avec des profils simple F15, F16 ou F20-US dans le cas ou un seul coussin est tenu ou avec des profils double F15, F16 ou F20-UD pour tenir un coussin de chaque côté du profil.

Tous les arrêts et nœuds sont fabriqués en usine à partir du profil droit et soudés en aluminium selon la norme EN ISO 13920 - B. Il n'y a que les raccords droits qui sont traités sur chantier.

Les extrémités de chaque élément de cadre sont désignées pour l'application de la pièce d'éclissage 2.4.

Le lien de deux éléments de profil se fait sur une patte de la charpente primaire. Un jeu de 5 mm entre chaque profil assure la dilatation entre chaque pièce. A la jonction des profils capots une bande ETFE sous les 6mm entre le joint colle Cosmoplast MS 460 au-dessus, et le joint de capot du profil en dessous améliore la continuité de l'étanchéité du système.

Les pièces d'éclissage 2.5, en bande de polyuréthane de haute élasticité (longueur 80 mm) ou en silicone, sont appliquées sur les surfaces intérieures des deux profils adjacents pour assurer la continuité de la gorge de drainage.

Les joints d'étanchéité 2.6 en EPDM ou silicone sont glissés dans les rainures. Ils sont continus entre les profils.

Les gorges de drainage communiquant entre elles, sont en communication avec l'extérieur en pied de la pente par des trous de diamètre 18 mm, percés dans la paroi latérale des profils simple F15, F16 ou F20-US. Les trous sont positionnés près de l'axe du profil perpendiculaire. (cf. figure).

### Mise en œuvre de compresseur et le réseau d'air

L'ensemble de l'unité de gonflage avec le système de contrôle et le tableau électrique est monté dans une armoire étanche à l'eau. Sa confection est réalisée dans l'usine Vector Foiltec à Brème.

Sur chantier, il est simplement nécessaire de faire le raccordement électrique avec les attentes fourni par l'électricien.

Le réseau d'air consiste en une série de tubes rigides avec des éléments flexibles pour la dilatation. Les tubes en PVC-U sont collés ensemble et les raccords flexibles sont accrochés aux tubes rigides avec des serflex.

Le tuyau de sonde de pression suit le même chemin que le tuyau de gonflage jusqu'au coussin le plus éloigné de l'unité de gonflage. Ensuite il entre dans la chambre basse du coussin à travers le tuyau flexible d'alimentation d'air pour prendre la mesure de pression. Il est également branché sur les pressostats à l'intérieur de l'unité de gonflage.

Avant que le tuyau soit branché sur un coussin, le système est mis en service pendant 24 heures pour assurer que toute poussière soit dégagée avant la mise en service définitive.

Une fois que le système est branché d'une façon définitive sur tous les coussins, les pressostats sont soumis à une deuxième vérification pour assurer la bonne pression de gonflage.

### Mise en œuvre des coussins

Les coussins arrivent emballés dans un film plastique de protection avec une étiquette de positionnement et, dans le cas des grands coussins, un guide pour le déroulement du coussin.

Il est déroulé sur le filet suspendu à la menuiserie et le profil keder 2.3 en aluminium est glissé sur l'ourlet du coussin 1.2.

Le coussin est ensuite clipsé dans le profil F15, F16 ou F20 en aluminium 2.1 à chaque extrémité du coussin.

La même méthode est appliquée pour l'installation des rives.

Une fois que le coussin est tenu par le profil sur tous ses côtés il est parfaitement maintenu.

La protection des valves d'air 1.4 est enlevée, les tuyaux d'air flexibles 1.5 sont vissés sur le coussin et les chambres d'air de coussins sont mises en gonflage.

### Mise en œuvre des capots serreurs

Un joint en EPDM ou silicone 2.5 est glissé dans les rainures du profil de capot.

Les capots serreurs en aluminium 2.2 sont vissés avec des vis en inox 2.8 avec une rondelle étanche au pas de 200 mm.

Un jeu de 5mm entre chaque longueur (maxi 6m) de capot permet la dilatation libre du système. Le joint est rempli avec une bande de mastic flexible en polyuréthane.

Les joints du profil bas et ceux du capot serreur sont décalés l'un par rapport l'autre.

En même temps sont fixés les supports de câble anti volatile avec les vis inox 2.8.

### Pose des accessoires

#### *Pose d'étanchéité (4.1)*

La continuité de l'étanchéité avec les autres corps d'état se fait avec un film en polyuréthane renforcé doublement fixé mécaniquement et collé au profil en aluminium.

Le profil simple F15, F16 ou F20-US comprend une languette d'appui filante pour la pose d'étanchéité de 21mm de large.

D'abord la languette est nettoyée, ensuite une bande de butyle(4.2) est collée dessus. L'étanchéité (4.1) est collée sur la bande butyle, puis une platine en aluminium (2.5) est vissée ou rivetée à travers l'étanchéité et la bande butyle dans la languette du profil. L'ensemble est terminé avec une bande de mastic polyuréthane (4.5) entre la platine et le profil.

L'étanchéité est fixée à l'autre corps d'état selon les consignes du fabricant.

#### Pose de bavette (4.4)

Les bavettes en aluminium sont pincées entre le capot serreur et le profil. Elles sont également rivetées au profil bas pour les tenir en place quand le capot serreur est enlevé dans le cadre d'une réparation.

## 6. Thermique

### Calcul du coefficient de transmission surfacique, U

Le coefficient de transmission surfacique de la verrière se calcule conformément aux règles Th-U, comme étant une moyenne pondérée des coefficients surfaciques et linéiques des éléments par les surfaces correspondantes.

Le coefficient de transmission surfacique d'un élément de verrière  $U_{cwi}$  se calcule d'après la formule ci-après :

$$U_{cwi} = \frac{\sum UA + \sum \psi \ell}{A_{cwi}}$$

où :

- U = Coefficient surfacique des constituants : remplissage et profilé de verrière, en  $W/(m^2.K)$ .
- A = Surface correspondante en  $m^2$ .
- $\Psi$  = Coefficient linéique périphérique, en  $W/(m.K)$ .
- $\ell$  = Longueur du linéaire situé à l'interface entre le remplissage et le profil, en m.
- $A_{cwi}$  = Surface de la trame répétitive.

### Calcul du facteur solaire, S

Le facteur solaire d'un coussin gonflable pourra être calculé au cas par cas par le demandeur suivant les normes NF EN 673 et ISO 15099.

### Autres informations techniques

Les coefficients de transmission thermique  $U_f$  et  $\chi$  calculées par le CSTB sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3- coefficients de transmission  $U_f$

Dénomination	$X_{vis}$ (capot)	inox	$U_{cf}$ ( $W/(m^2.K)$ )	$U_f$ ( $W/(m^2/K)$ )	$b_f$ (mm)
	Horizontal ou vertical				
F15-DS	0.005		9.4	9.6	119
F16-DS	0.007		7.2	7.5	117
F20-DS	0.005		6.3	6.5	117

Tableau 4- coefficients de transmission  $U_g$  (émissivité normale 0.89)

Nombre de couches	$U_g$ ( $W/(m^2.K)$ )	
	Paroi horizontale	Paroi verticale
2 parois	3.5	3.1
3 parois	2.3	2.1
4 parois	1.7	1.6

Tableau 5- coefficient  $\psi_g$  de ponts thermiques périphériques

	$\psi_g$ ( $W/(m^2.K)$ )	
	Horizontal ou vertical	
	Portée 3.5 à 60 mètres	
Double parois	0.20	
Triple parois		
Quadruple parois		

## 7. Dimensionnement

Méthodologie de calcul de la résistance des coussins.

La méthode de calcul des coussins est similaire à celle utilisée par les autres types d'habillage d'enveloppe :

1. Calcul des hypothèses des charges climatiques.
2. Calcul de la résistance des coussins par rapport à ces hypothèses.
3. La fourniture d'une descente de charges au charpentier sous la responsabilité de VECTOR FOILTEC.

### Calcul des hypothèses de charges climatiques

Les hypothèses sont basées soit sur les règles NV 65 soit sur l'Eurocode.

Ces hypothèses seront fournies par :

- soit le bureau d'étude du maître d'œuvre,
- soit l'entreprise charpente responsable des supports sur lesquels sont posés les cadres des coussins,
- soit le bureau d'étude missionné par Vector Foiltec.

Les calculs sont faits avec les hypothèses sous combinaisons de charges normales et extrêmes.

La vérification de la résistance des coussins est faite avec les charges climatiques extrêmes.

Les différentes combinaisons de charges sont :

- le poids propre, la précontrainte et la pression de gonflage
- le poids propre, la précontrainte, la pression de gonflage et le vent
- le poids propre, la précontrainte, la pression de gonflage et la neige
- le poids propre, la précontrainte et la stagnation de l'eau
- le poids propre, la précontrainte, la pression de gonflage, la neige et le vent.

### Calcul de la résistance des coussins par rapport à ces hypothèses

Tous les calculs pour la résistance des coussins sont réalisés par la société Vector Foiltec avec un logiciel propre à la société sur la base de Rstab, Tensys.

Le dimensionnement des verrières est effectué par simulation numérique par éléments finis. Les coussins sont évalués sous les différents cas de charges et de combinaison de charges. Les contraintes mesurées dans les films ne doivent pas dépasser les limites déterminées expérimentalement

Sous charge de vent extrême, la résistance maximale de chaque couche est de 18 N/mm<sup>2</sup>.

Sous charge de neige extrême, la résistance maximale de chaque couche est de 12 N/mm<sup>2</sup>.

Le dimensionnement de la structure aluminium est réalisé à l'aide des réactions d'appuis mesurées aux bords des coussins gonflables. Les efforts enregistrés ne doivent pas dépasser les résistances admissibles pour les alliages d'aluminium.

## 8. Sismique

Compte tenu du faible poids (600g/m<sup>2</sup>) et de la souplesse des membranes, les transmissions vibratoires des membranes sont trop faibles pour avoir une incidence sur la structure.

Les profils aluminium sont fixés sur la structure acier et sont solidaires de celle-ci. La transmission vibratoire est absorbée par la souplesse du coussin ETFE.

### L'exposition sismique et les réactions sur le système de coussins gonflables en ETFE Texlon

En raison des caractéristiques du matériau spécifique du système de coussin d'ETFE Texlon et de profils aluminium, une considération d'influences sismiques n'est pas nécessaire pour l'analyse structurelle.

Il n'est pas utile de considérer une charge due à l'accélération sismique pour l'analyse structurelle.

### Le poids faible des films ETFE

Les films ETFE ont un poids propre très bas d'approximativement 500g/m<sup>2</sup> (dépendant de l'épaisseur). Les accélérations horizontales qui surviennent pendant l'exposition sismique produisent seulement de très petites tensions supplémentaires dans les films Texlon ETFE des coussins et leurs fixations.

### Module bas d'élasticité

En raison du module très bas d'élasticité en association avec le degré de précontrainte des coussins, les films en ETFE se soustraient aux accélérations et évitent donc n'importe quelles forces de tensions supplémentaires.



### Degré élevé de ductilité

En raison du degré de ductilité des films en ETFE et des profils de fixation aluminium, les coussins atteignent un haut degré de sécurité contre la défaillance d'un coussin.

### Panne d'un ventilateur (unité de gonflage)

En cas de panne du ventilateur (unité de gonflage) suite à une réaction sismique les coussins dégonflés sont dimensionnés pour conserver leur capacité de résistance sous les charges externes climatiques de la région concernée.

### Retombées éventuels de parties du coussin

Toutes les rives des coussins sont connectées en continu avec les profils de fixation aluminium. De plus, ces profils de fixation sont fixés avec des vis en continu sur la structure primaire séparés par de très courtes distances (environ 20cm).

Donc, les retombées éventuelles de parti du coussin sont pratiquement impossibles même si les coussins peuvent subir la retombée d'autres objets sur les coussins eux-mêmes.

### Remarque

La nécessité d'un calcul sismique de la structure primaire soutenant le coussin doit être analysé indépendamment du système de coussins en texlon ETFE.

---

## 9. Réparation et entretien

---

### 9.1 Réparation

Une analyse de dommage est faite pour définir le type de réparation à faire.

Dans le cas d'un trou ou une coupure de moins de 300 mm de longueur une réparation par rustine ETFE est possible. Au delà de cette taille, le coussin devrait être remplacé.

Avant de poser la rustine, il faut nettoyer la surface du coussin avec un solvant MEK. Toute boursoufflure doit être enlevée pour assurer une surface lisse avant de coller la rustine en ETFE autocollante.

#### Méthodologie de remplacement d'un coussin :

Elle est basée sur le principe de ne jamais laisser un trou entre le coussin en train d'être remplacé et le coussin de remplacement.

- Tout d'abord la zone en dessous du coussin endommagé est évacuée et signalée.
- Des cordes sont fixées sur les points d'accrochage et servent comme deuxième dispositif de protection pour la dépose et pose du coussin. L'accès aux points d'accrochage se fera par un échafaudage monté sur place.
- Ensuite le capot serreur est enlevé à chaque extrémité du coussin endommagé depuis des nacelles ou une tour d'échafaudage. Le coussin est clipsé dans le profil en aluminium et le capot serreur sert pour assurer la bonne évacuation d'eau uniquement.
- Le coussin endommagé est enlevé du profil à chaque extrémité. Ce coussin est toujours tenu en place par les profils latéraux.

- Le coussin neuf est ensuite fixé dans le profil à chaque extrémité.
- Au fur et à mesure les capots serreurs sont enlevés. Le coussin endommagé est enlevé également. Le coussin de remplacement est fixé directement derrière.
- Ce procédé est continu jusqu'au bout du coussin. Le coussin endommagé est emballé avec des cordes et il est descendu au sol.
- Ensuite les capots serreurs sont reposés.
- Le coussin est gonflé. Le remplacement est complet.

### 9.2 Entretien

Compte tenu des propriétés naturelles anti-adhérentes du film Texlon les coussins n'ont pas besoin de nettoyage sur leur côté extérieur. Ainsi la maintenance à effectuer sur un coussin consiste uniquement en interventions dans le cas de dommage accidentel et donc nécessite une intervention par les équipes spécialisées de Vector Foiltec. Toutefois, le coussin est résistant aux chutes d'un corps mou (voir section B) et donc ne pose aucun souci dans le cas d'une intervention non sanctionnée.

A la livraison de chaque projet le dossier d'ouvrage exécuté comprend une notice d'emploi pour les coussins. Le nettoyage est fait avec de l'eau et les chiffons Microtex selon la notice jointe.

Dans le cadre d'un projet, un contrat de maintenance annuelle est préconisé. Cette maintenance, tous les 6 mois, est effectuée par des équipes de Vector Foiltec et il vérifie le bon fonctionnement des unités de gonflage y compris le remplacement des filtres d'air et une inspection visuelle de l'installation des coussins, la menuiserie et raccords.

## B. Résultats expérimentaux

- Essais AEV (PV N° CLC08-26014432).
- Essais de durabilité 5000 heures UV-CSTB – PV n° CPM 08/260-15813.
- Essais de traction (Université DUISING ESSEN, et essais en interne VECTOR FOILTEC).
- Rapport d'étude sur l'analyse de la méthode de dimensionnement : N° DER/CLC-09-148.
- Etude thermique : DER/HTO 2012-292-FL/LS, N° affaire 12-060.

## C. Références

### C.1 Données environnementales et Sanitaires<sup>1</sup>

Le produit Texlon Verrière gonflable en film ETFE ne fait pas l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES).

Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits visés sont susceptible d'être intégrés.

### C.2 Autres références

Depuis 2009 l'ensemble des références relatives au procédé Verrière en coussins gonflables ETFE réalisées en France : 22 000 m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Tableau 6 - Contrôle de fabrication

<b>CONTROLE COUSSIN – FABRICATION ASSUREE PAR VECTOR FOILTEC</b>			
1.	CONTROLE DE LIVRAISON DU FILM	Tous les fabricants des films ont un suivi de contrôle de qualité interne. Chaque lot de film est livré avec un certificat de conformité aux propriétés mécaniques selon tableau § 2.1.	
		Vérification de certificat de conformité.	
		Vérification du film avec prélèvements et essais : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Epaisseur.</li> <li>• Essai de traction à 10 % d'élongation.</li> <li>• Essai de traction à rupture.</li> </ul>	EN ISO 527-3 EN ISO 527-3
		Film enregistré en usine si conforme. Film renvoyé au fabricant si non-conforme.	
2.	CONTROLE DE FABRICATION D'UN COUSSIN	<p>Une fiche de suivi accompagne chaque coussin pendant sa fabrication. Les contrôles suivants sont enregistrés pour chaque coussin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification de la soudure transversale de chaque couche.</li> <li>• Vérification de la soudure latérale de chaque couche.</li> <li>• Vérification de la conformité des dimensions avec le plan de fabrication.</li> <li>• Vérification de pose de valve de gonflage.</li> <li>• Vérification de la soudure de l'ensemble de toutes les couches.</li> <li>• Vérification de la conformité des dimensions finies de coussins avec le plan de fabrication.</li> </ul>	
3.	PRELEVEMENT PENDANT FABRICATION	<p>Des échantillons de coussin sont fabriqués en même temps que les coussins avec les mêmes machines et spécifications. Ces échantillons sont soumis aux essais suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Essai de traction à 10% d'élongation.</li> <li>• Essai de traction à rupture.</li> </ul> <p>Production de coussin validée si conforme et archivage des résultats et des échantillons. Reprise des contrôles de la machine si non-conforme.</p>	EN ISO 527-3 EN ISO 527-3
4.	VERIFICATION EXTERNE DES ECHANTILLONS	Un organisme externe MPA (Hannover) effectue un audit de la fabrication et prélève des échantillons d'une façon aléatoire tous les 6 mois pour faire des essais de recouplement.	
<b>CONTROLE AUTRE COMPOSANTS (FABRICANT AVEC CERTIFICATION ISO9001)</b>			
1.		Vérification de certificat de conformité livré avec chaque lot.	
<b>CONTROLE AUTRE COMPOSANTS (FABRICANT SANS CERTIFICATION ISO9001)</b>			
1.		Vérification de certificat de conformité livré avec chaque lot.	
2.		Prélèvement aléatoire par Vector Foiltec et essai interne en usine.	

## Annexe - Méthodologie de dimensionnement des coussins gonflables en ETFE

### Charges prise en compte

Les coussins sont conçus pour reprendre les charges suivantes :

Poids propre : le poids propre de l'ETFE est négligeable : approximativement 0.01 kN/m<sup>2</sup>. Les profilés aluminium : approximativement 0.08 kN/m.

Vent

Neige : accumulation d'eau dans les coussins dégonflés.

### Coefficients de pondération à l'ELS et à l'ELU

Poids propre : facteur de sécurité de 1.35.

Neige : facteur de sécurité de 1.5.

Neige + accumulation d'eau (le cas échéant) : facteur de sécurité de 1.5.

Vent : facteur de sécurité de 1.5.

ELS : tous les cas de charge avec un facteur de 1.0.

### Combinaison de charges

Neige : facteur de combinaison pris en compte 0.5.

Neige + accumulation d'eau (le cas échéant) : facteur de combinaison pris en compte 0.5.

### Les charges de vent

Il faut examiner deux scénarios principaux avec le vent : le soulèvement dû au vent et la pression du vent.

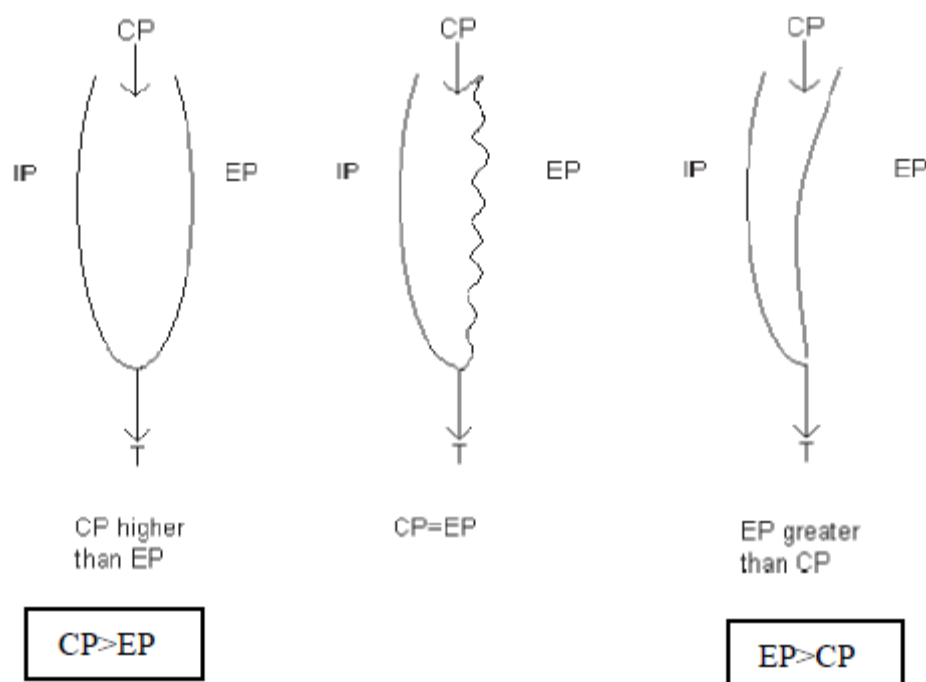
#### Pression du vent

Lorsque le coussin est en équilibre, c'est-à-dire lorsque le vent ne souffle pas, la pression interne exerce des forces dans les membranes, qui à leur tour sont transférées par le film sur les extrusions du périmètre. Les forces exercées par chaque membrane sont les mêmes et, par conséquent, la force sur l'extrusion est dans le plan du coussin.

Lorsque le vent souffle sur la face du coussin, la pression du vent induit une différence de pression à travers chaque film, qui à son tour est transférée à l'extrusion par le film. Le processus conduisant à ce phénomène est assez complexe puisque le coussin constitue un système semi-fermé (en raison de la petite taille du clapet de régulation). Les tableaux ci-dessous envisagent deux scénarios : dans le premier, le coussin est un «système ouvert», c'est-à-dire que l'on considère que le clapet a une taille infinie, tandis que dans le second, on considère que le coussin est scellé à 100%.

#### Scénario du «coussin ouvert»

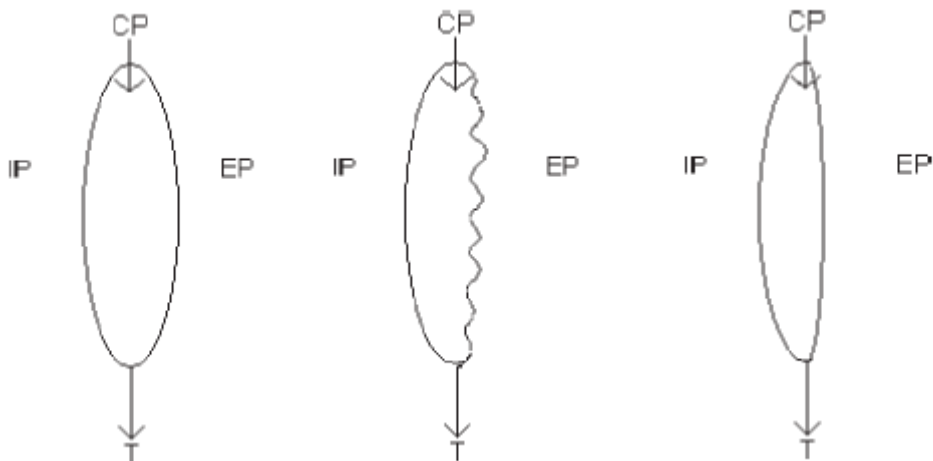
Le coussin est gonflé à une pression constante CP de 200 Pa. La pression interne du bâtiment est appelée IP, et le vent exerce une pression externe appelée EP. La différence de pression est Pdi pour la couche intérieure et Pdo pour la couche extérieure. La somme de Pdi et de Pdo occasionne une tension dans les membranes, qui à son tour exerce une force T sur l'extrusion. Comme on considère que le coussin est un système ouvert, c'est-à-dire qu'il est muni d'un clapet d'échappement infiniment grand, la pression du vent n'agit que sur le film extérieur, le film intérieur restant soumis uniquement à la pression du coussin.



IP	EP	CP	Pdi (diff CP, IP)	Pdo (diff EP, CP)	Pression occasionnant T
0	0	200	200	200	400
0	100	200	200	100	300
0	200	200	200	0	200
0	300	200	200	100	300
0	400	200	200	200	400
0	500	200	200	300	500

Par conséquent, la Pression Occasionnant T diminue lorsque EP augmente jusqu'à ce qu'EP soit égale à CP. Passé ce point, la Pression Occasionnant T est égale à EP.

#### Scénario du «cousin fermé»



Le coussin est gonflé à une pression constante CP de 200 Pa. La pression interne du bâtiment est appelée IP, et le vent exerce une pression externe appelée EP. La différence de pression est Pdi pour la couche intérieure et Pdo pour la couche extérieure. La somme de Pdi et de Pdo occasionne une tension dans les membranes qui à son tour exerce une force T sur l'extrusion. Ici, on considère que le coussin est un «système fermé», c'est-à-dire qu'il est muni d'un clapet d'échappement. Par conséquent, lorsque la pression du vent augmente, une fois que la pression externe a dépassé la pression du coussin, la pression externe conduira à une augmentation de la pression du coussin, transférant la charge sur le film intérieur.

IP	EP	CP	Pdi Diff CP, IP	Pdo Diff CP, EP	Pression occasionnant T
0	0	200	200	200	400
0	100	200	200	100	300
0	200	200	200	0	200
0	300	300	300	0	300
0	400	400	400	0	400
0	500	500	500	0	500
0	600	600	600	0	600

Comme on peut le voir dans les tableaux ci-dessus, la Pression Occasionnant T est la même, que le coussin soit considéré comme un système «ouvert» ou bien «fermé». Toutefois, dans le cas où le coussin est considéré comme un système «fermé», le film intérieur doit être conçu pour supporter la totalité de la pression du vent.

En pratique, le coussin agit comme un système amorti puisque la prise d'air est petite par rapport au volume interne. Cela limite le flux d'air à l'intérieur et à l'extérieur du coussin. Plus la force du vent agit vite, plus le coussin se comporte comme un système «fermé». Comme c'est le scénario le plus compliqué des deux, c'est lui qui sert de base pour les calculs.

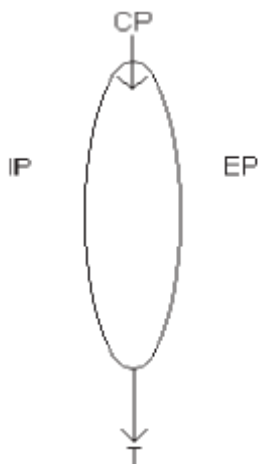
Les deux exemples ci-dessus ne tiennent pas compte de l'élasticité du film, et considèrent celui-ci comme une membrane non élastique. Si l'on tient compte de l'élasticité du film, les charges sur les extrusions sont légèrement inférieures puisque la section du coussin augmente en rayon sous des charges élevées, réduisant ainsi la force horizontale sur les extrusions.

Les exemples ci-dessus partent également du principe que l'air contenu dans un coussin a une densité homogène. Ces facteurs peuvent être mis de côté sans inconvénient, sauf si l'on travaille sur des coussins très grands avec lesquels les pressions externes différentielles et les dynamiques des fluides internes de l'air doivent être prises en compte.

Noter aussi que les deux scénarios considèrent que la valeur d'IP est celle de l'atmosphère, ce qui est généralement exact si l'unité de gonflage est située à l'intérieur du bâtiment. Si ce facteur n'est pas pris en compte, alors une augmentation de la valeur d'IP occasionnera la réduction de la valeur Pdi et donc celle de T, alors que la diminution de la valeur d'IP fera augmenter la valeur de Pdi et donc celle de T. La valeur de Pdo n'est pas affectée.

### Soulèvement du vent

Le calcul du soulèvement du vent est plus simple à comprendre que celui de la pression du vent.



Pdi est calculé comme la différence entre la Pression du Coussin CP et la Pression Interne IP. Pdo est calculé comme la différence entre EP et CP. Autrement dit :

IP	EP	CP	Pdi (Diff CP, IP)	Pdo (Diff CP, EP)	Pression occasionnant T
0	0	200	200	200	400
0	-100	200	200	300	500
0	-200	200	200	400	600
0	-300	200	200	500	700

En pratique, l'élasticité du film fait que l'aspiration du vent sur la membrane extérieure augmente sa longueur, et donc la force en plan appliquée à l'extrusion du bord diminue. De plus, si l'aspiration du vent est momentanée, l'élasticité du film augmente le volume du coussin, diminuant sa pression interne et, par conséquent, la valeur de Pdo. Pour des petits coussins, il n'est pas nécessaire d'en tenir compte dans les calculs, mais pour des grands coussins (c'est-à-dire de plus de 2.5 m en courte portée) ces effets revêtent de l'importance.

Si l'on tient compte d'IP, alors une valeur IP positive fera diminuer la valeur de Pdi et par conséquent celle de T. A l'inverse, une valeur IP négative fera augmenter la valeur de Pdi et par conséquent celle de T.

## Figures du Dossier Technique

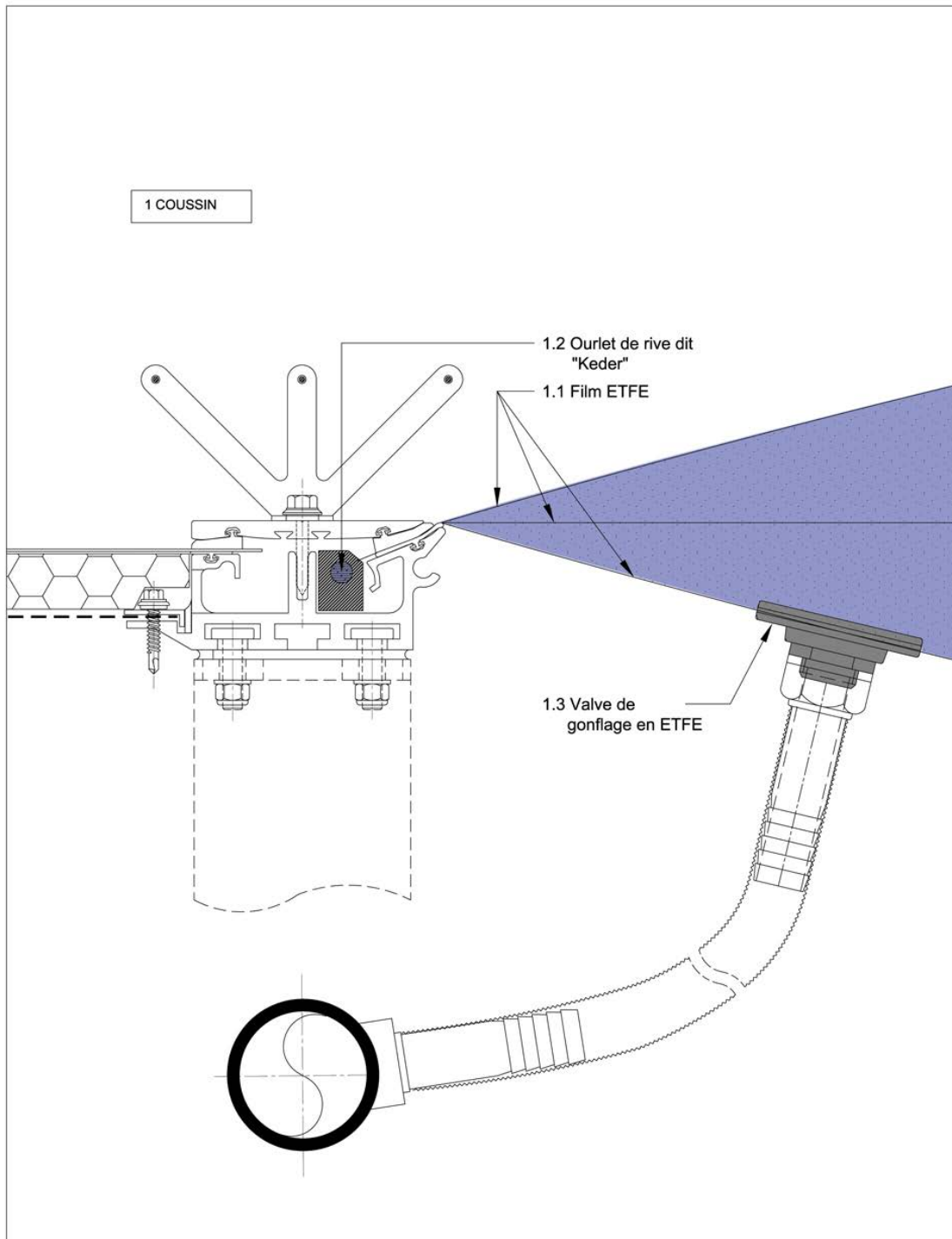


Figure 1 - Détail des éléments de coussins

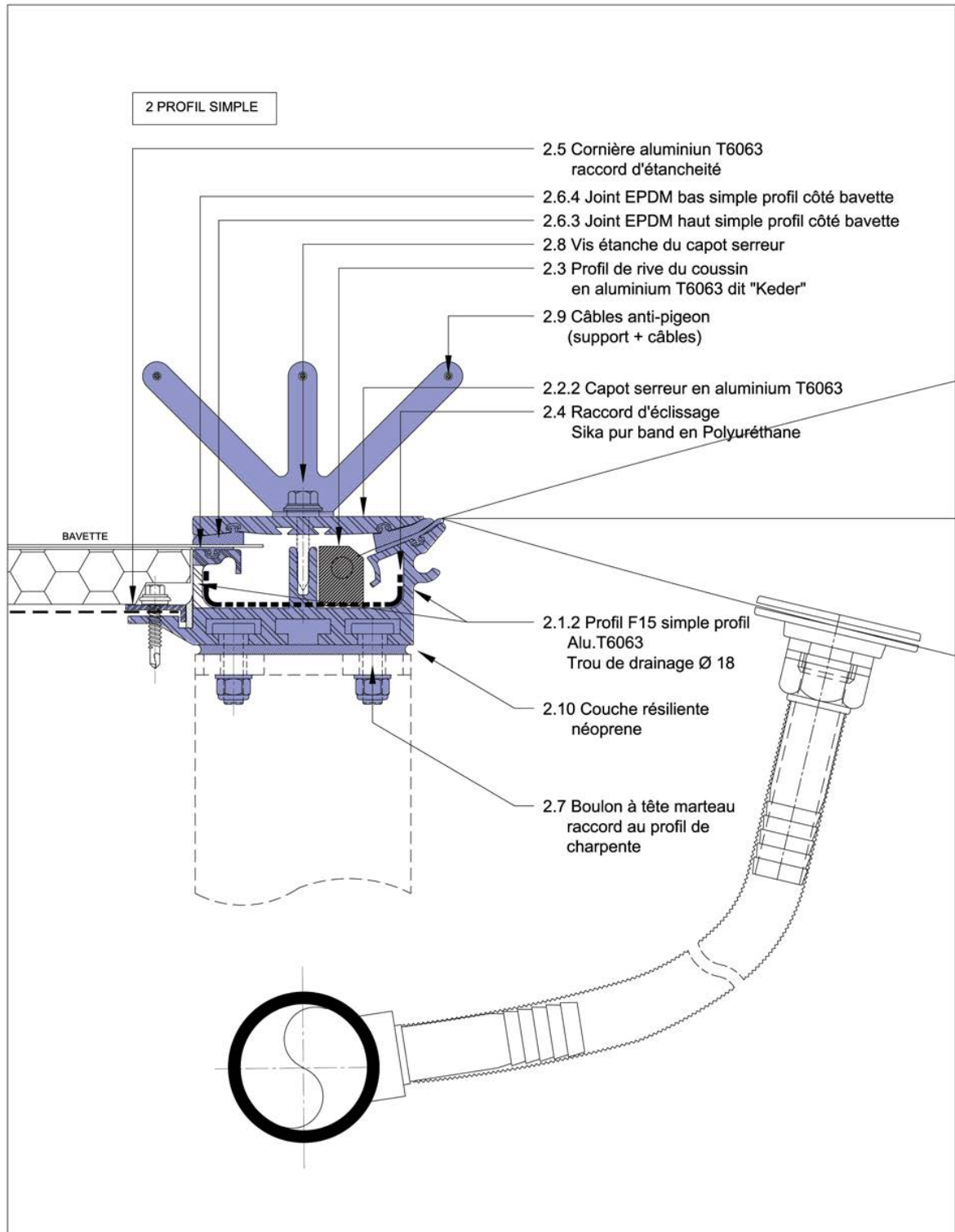


Figure 2 - Détail des éléments de la menuiserie aluminium profil simple – F15 US

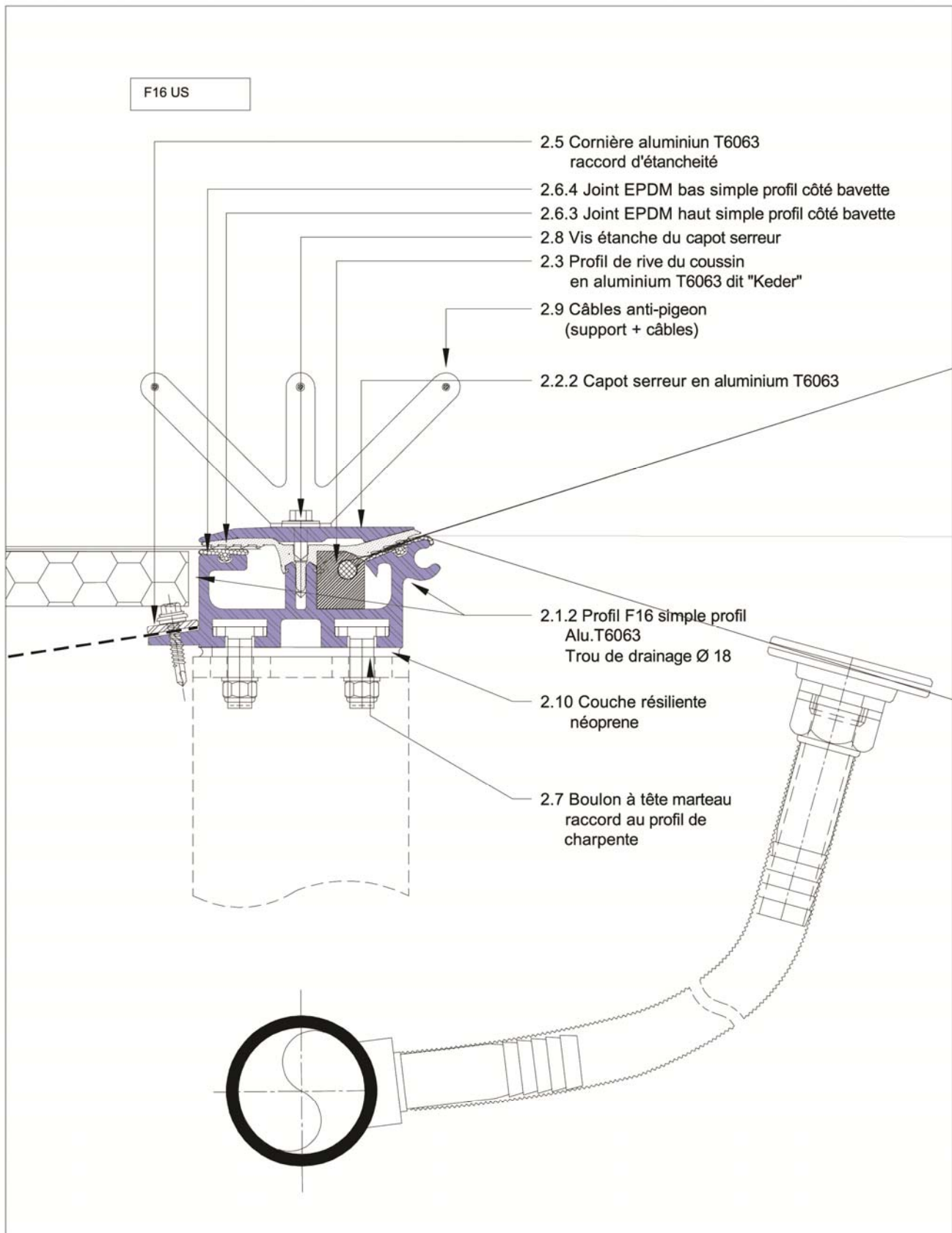


Figure 2 bis – Détail des éléments de la menuiserie aluminium profil simple F16 – US



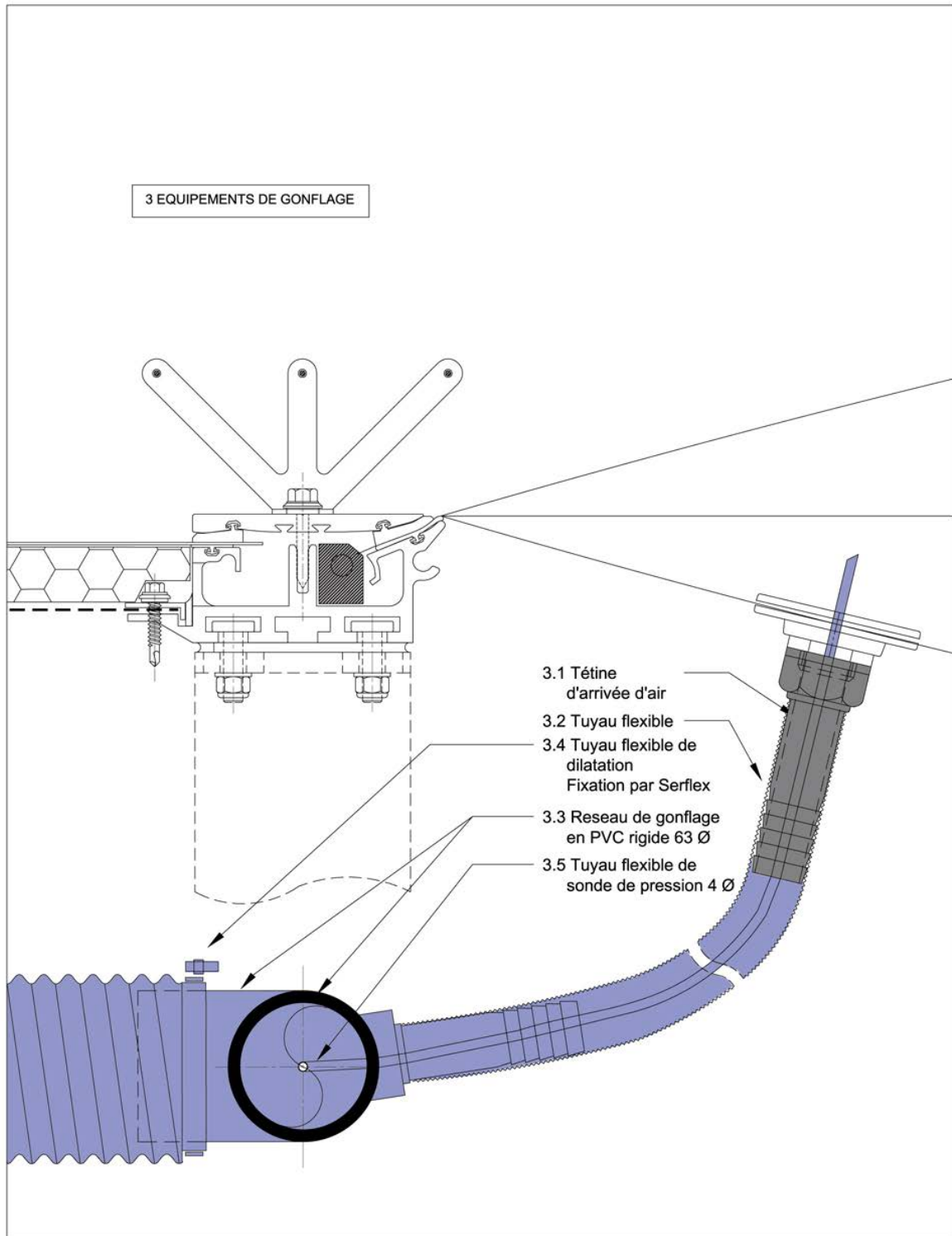


Figure 3 - Détail des éléments du système de gonflage

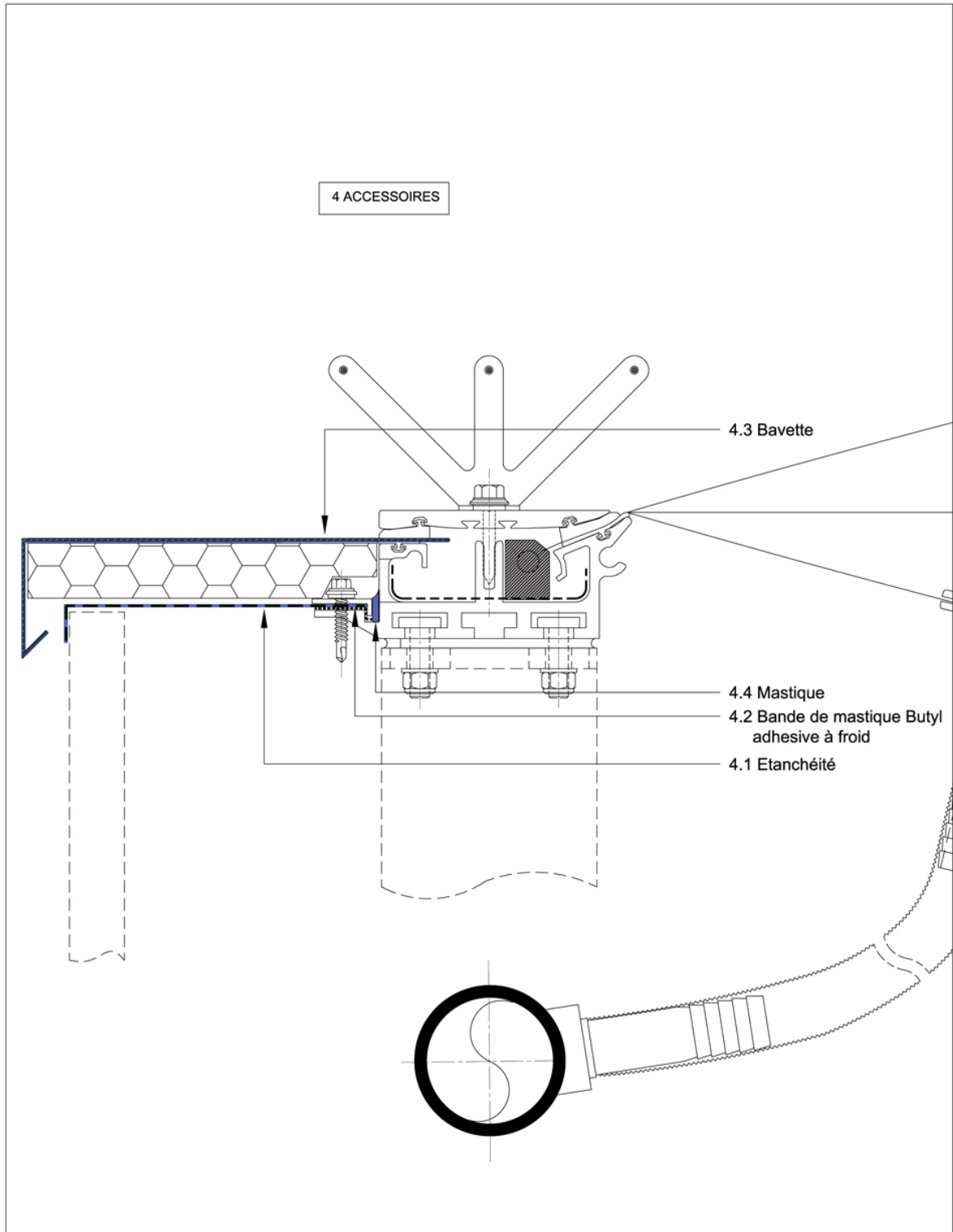


Figure 4 - Accessoires

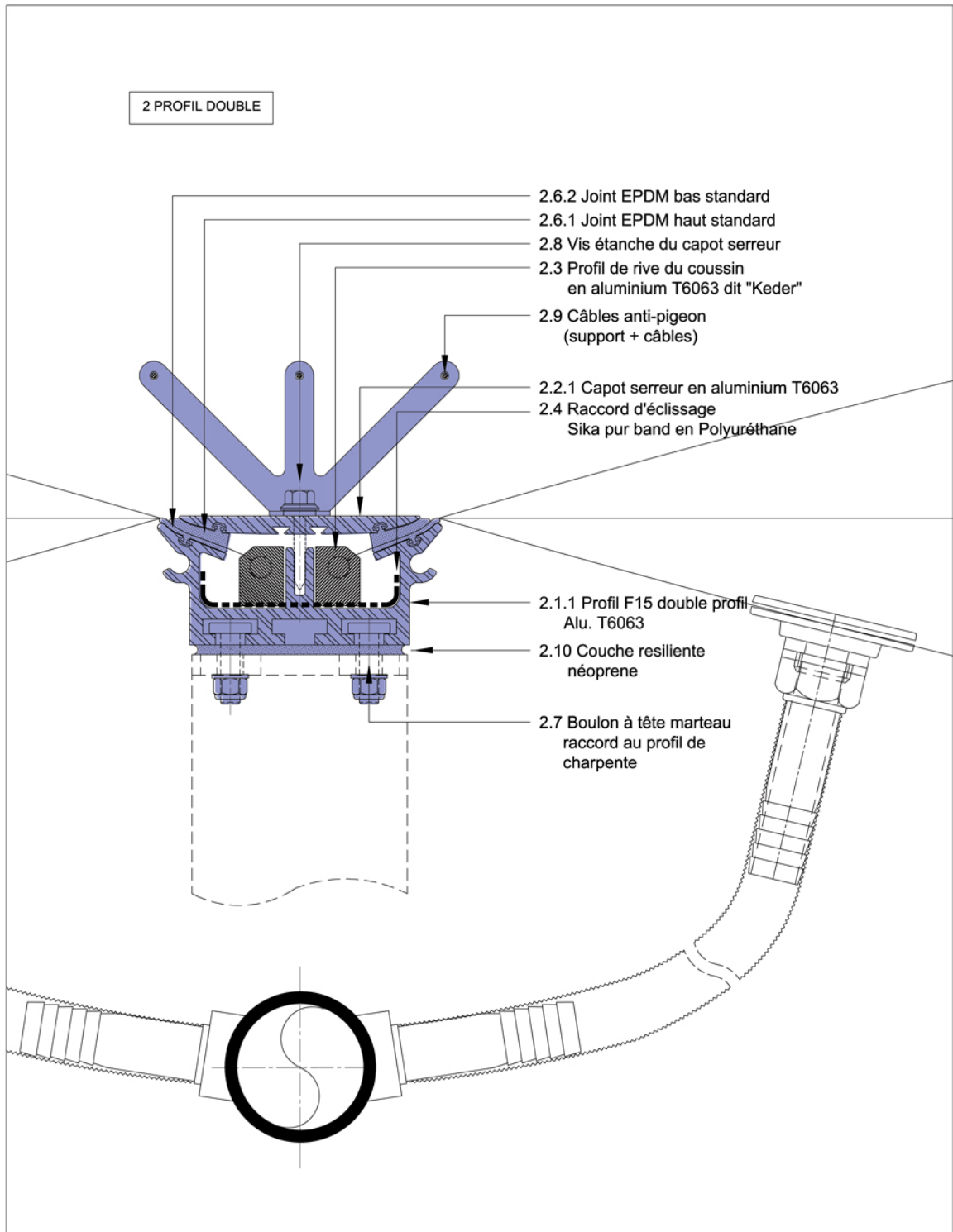


Figure 5 - Profil F15 – UD

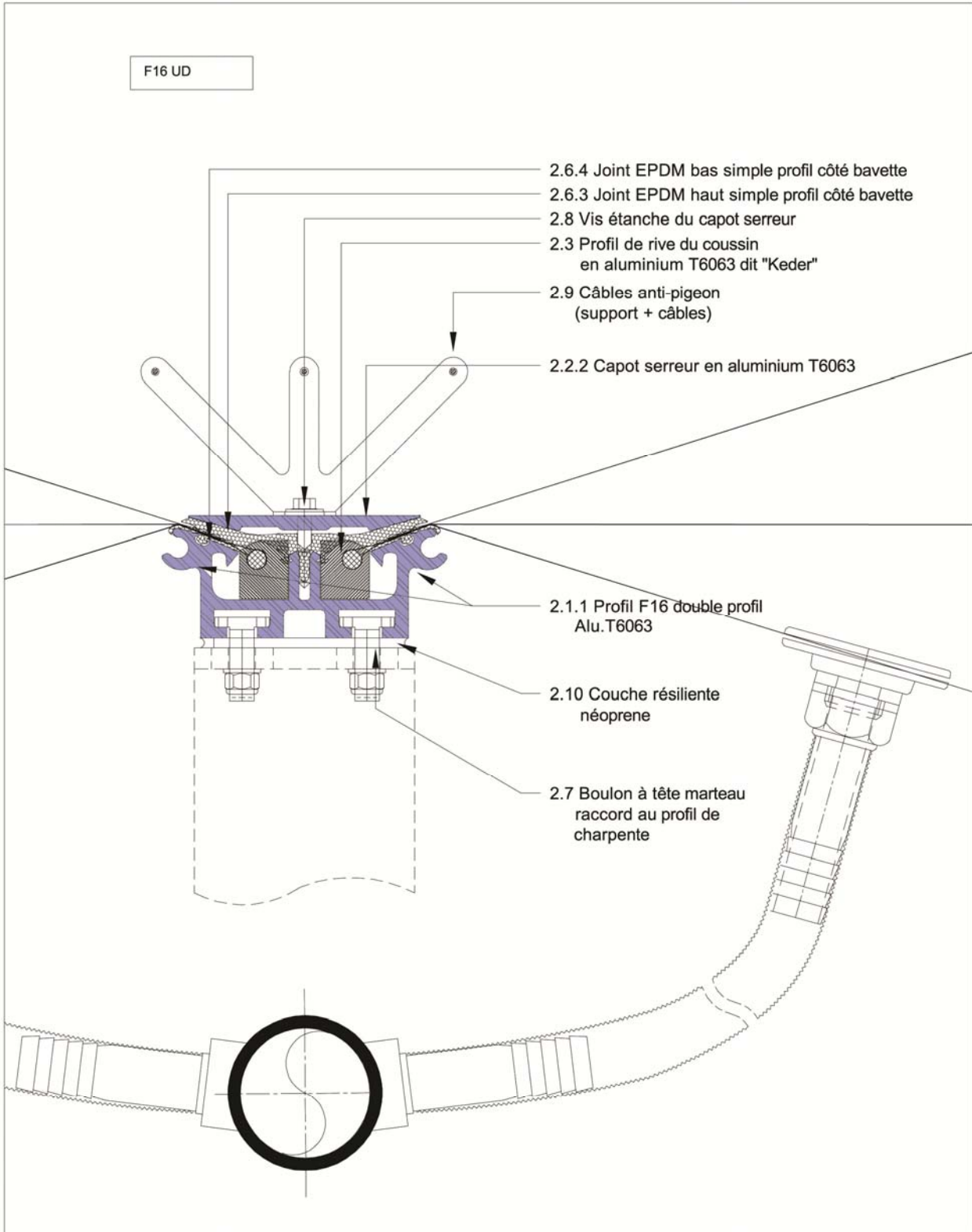


Figure 5 bis – Profil F16 – UD

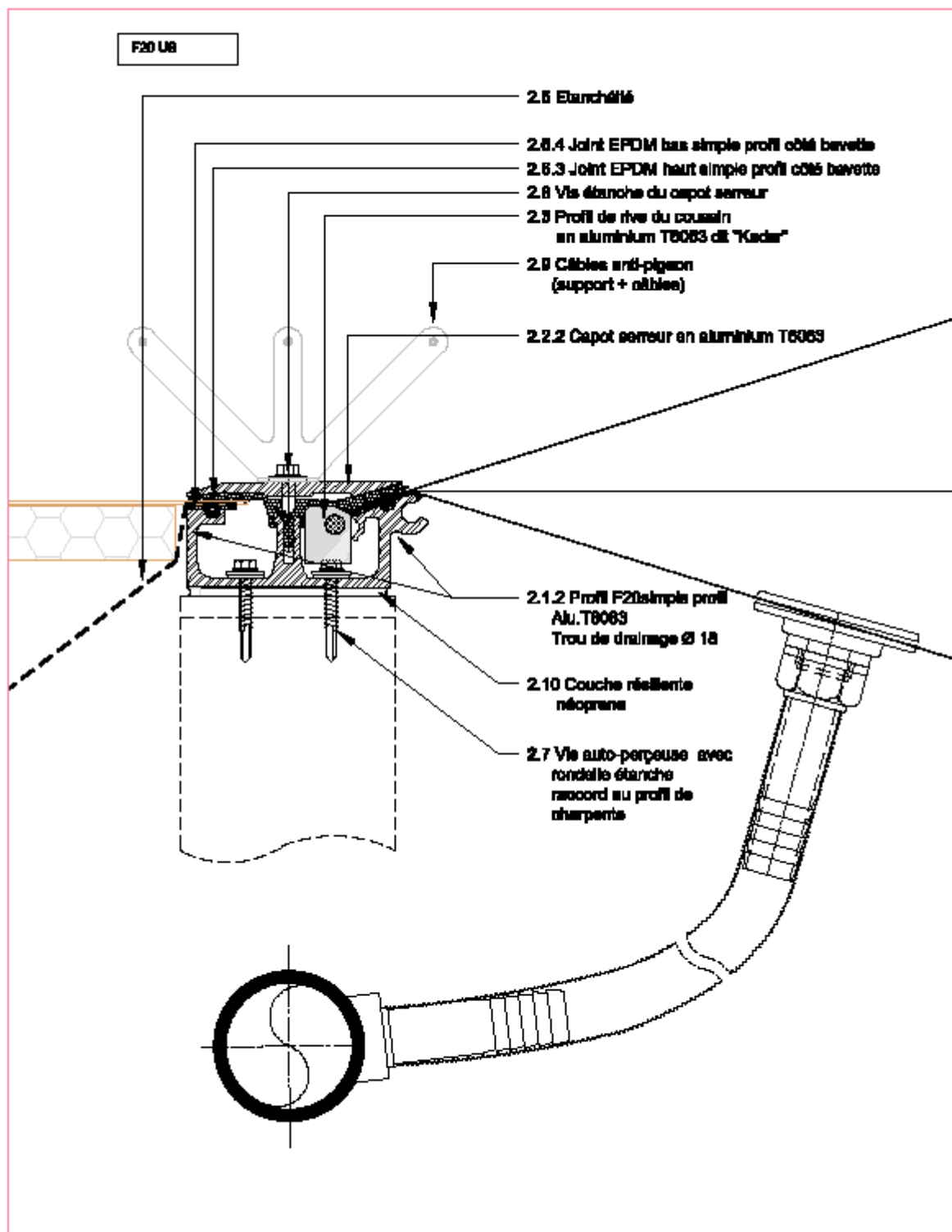


Figure 6 – Profil F20 – US

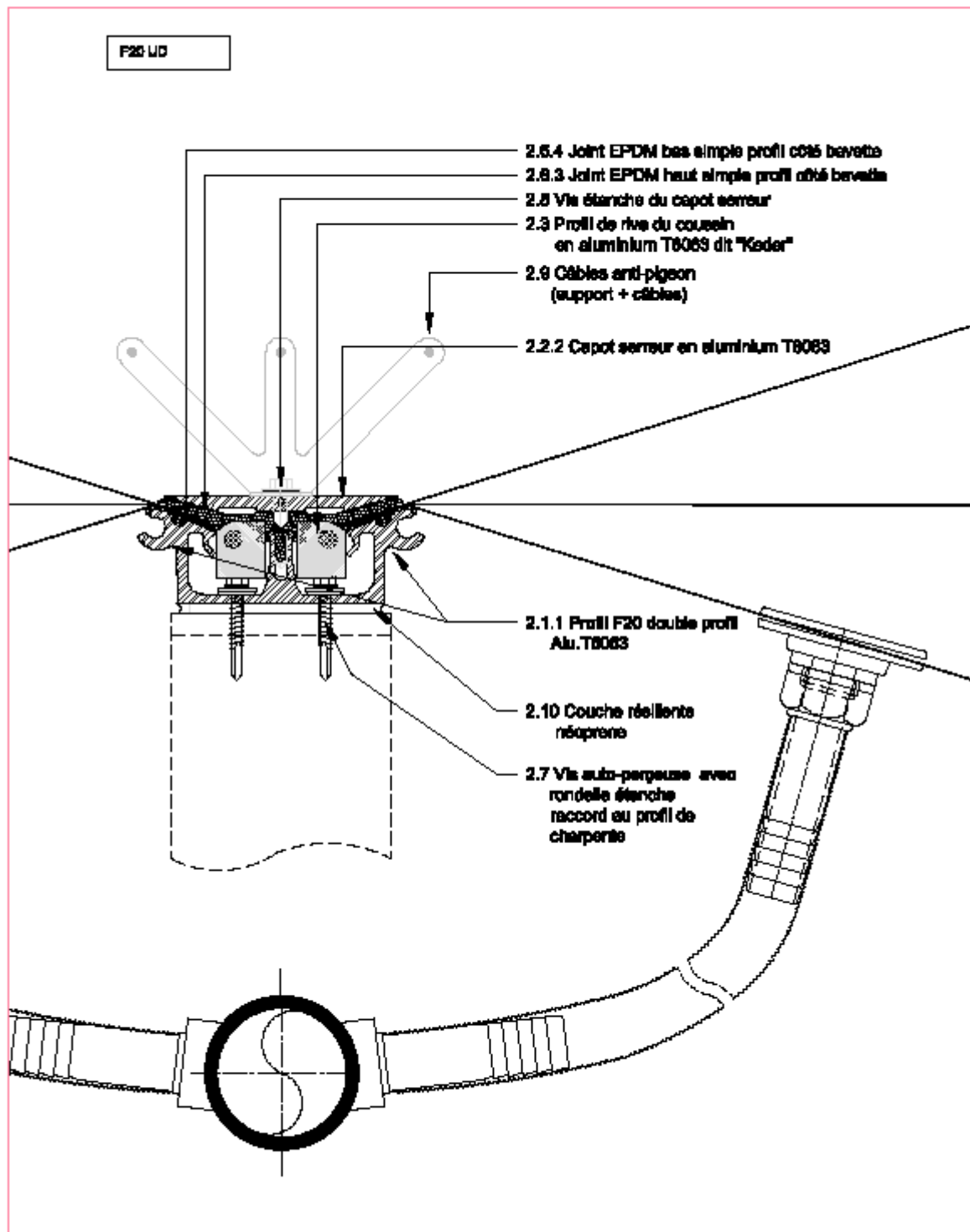


Figure 6 bis – Profil F20 – UD

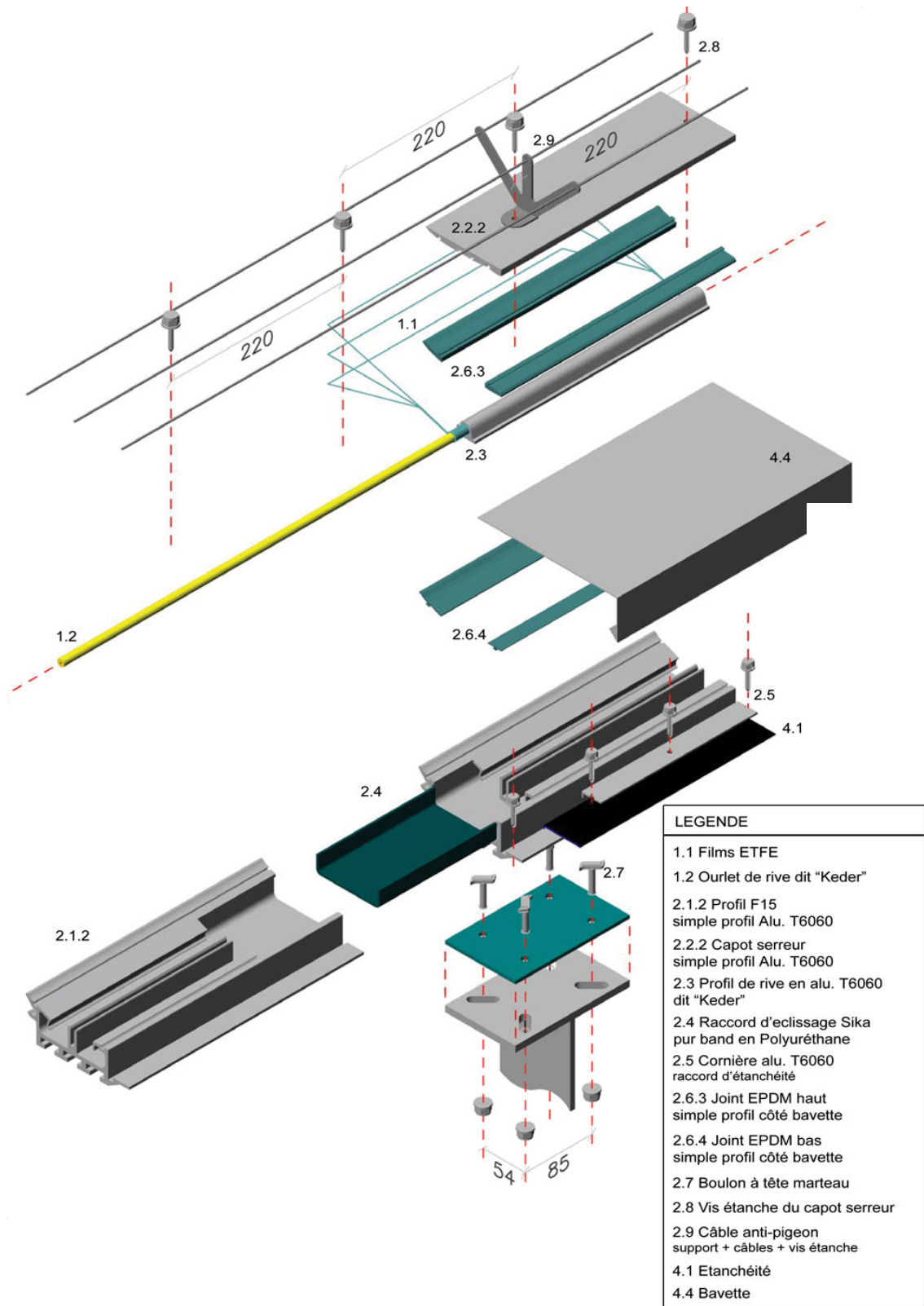


Figure 7

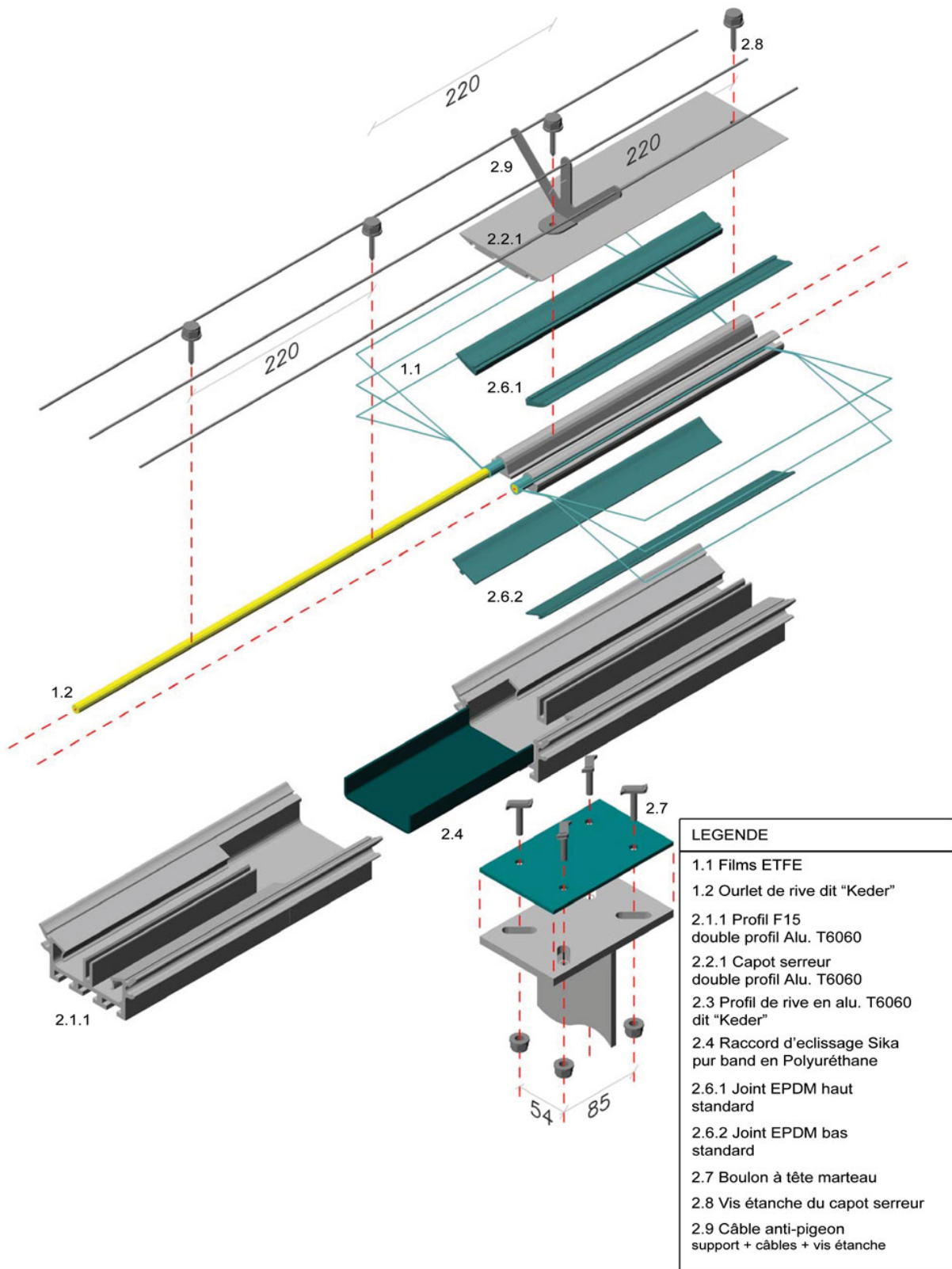


Figure 8



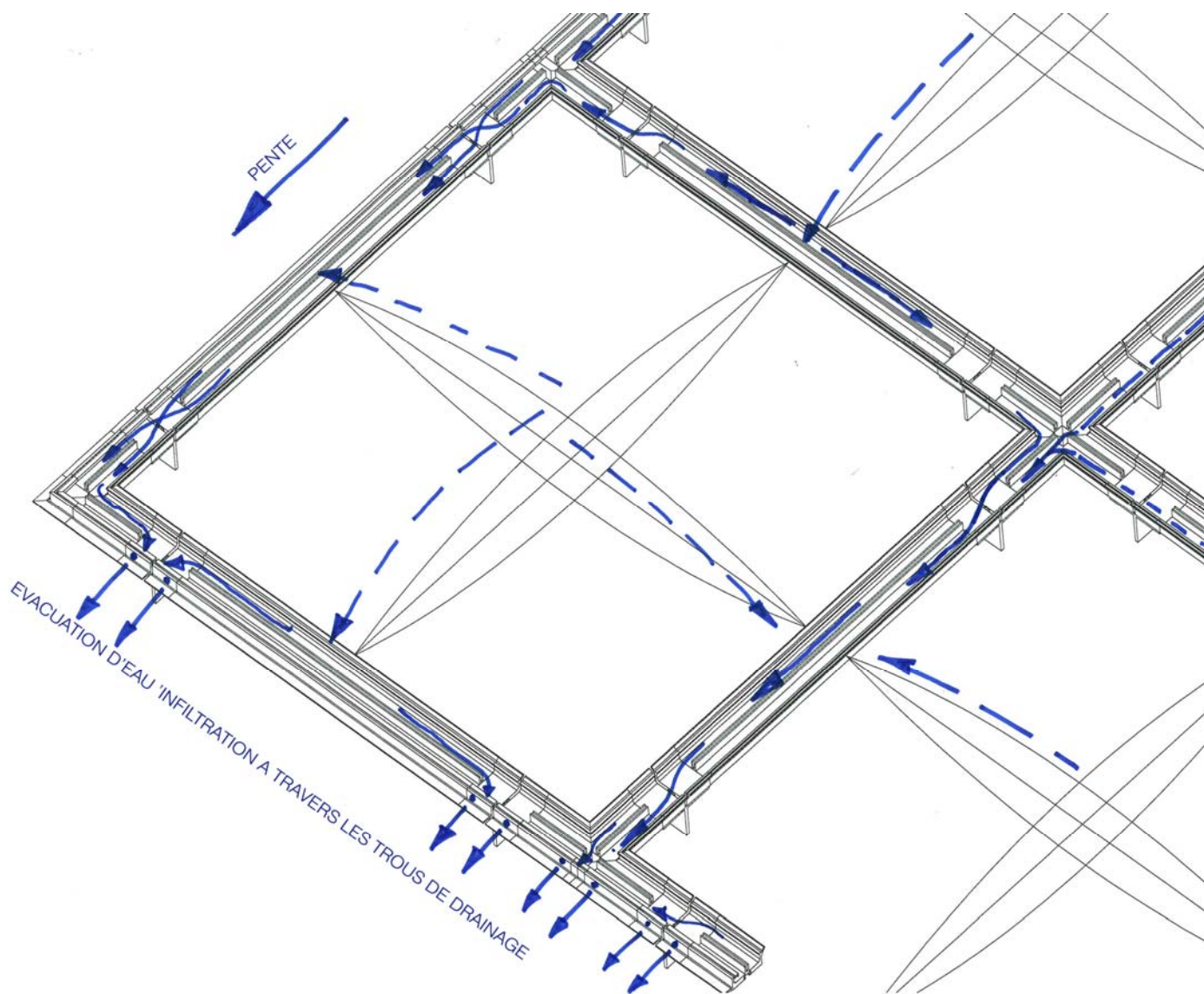
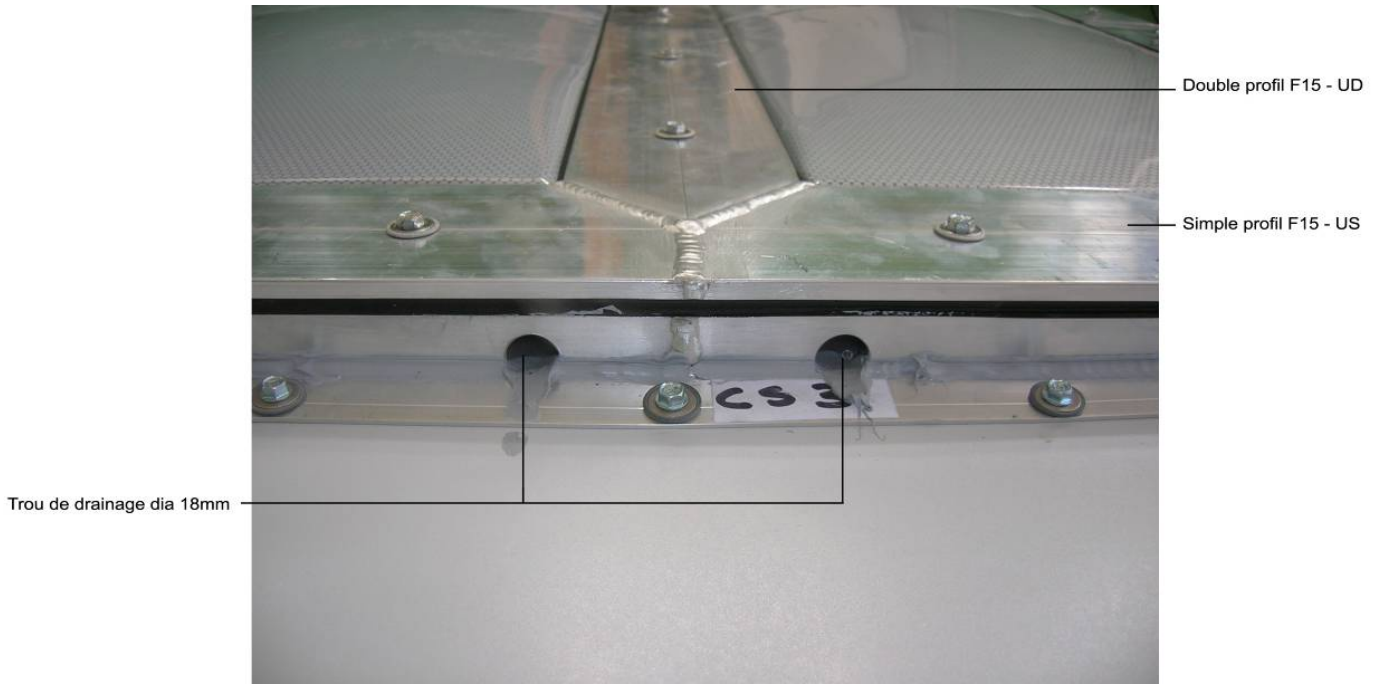
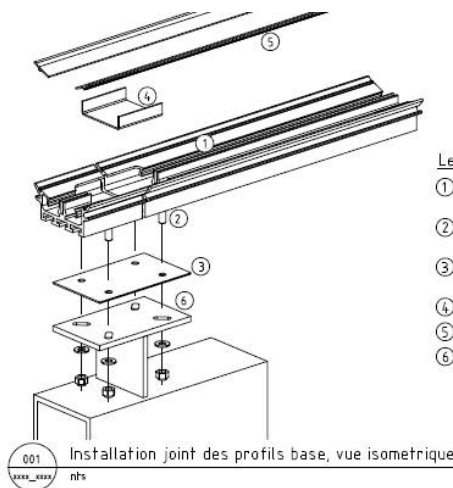


Figure 9 - Drainage



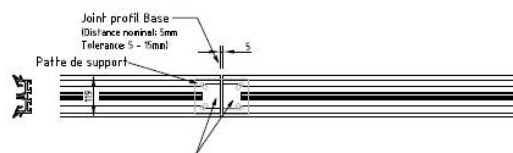
*Figure 10 – Drainage*



001 Installation joint des profils base, vue isométrique  
nfs

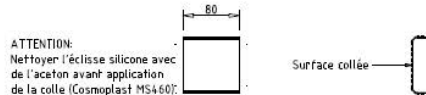
**Legende**

- ① Profil aluminium droit ou cintré type F15 base (DS or SS) installé sur pattes de support
- ② 4x vis tête marteau avec revêtement Polyamide M8x30, 4x rondelles M8, 4x écrous M8
- ③ Membrane EPDM, même taille que la platine supérieure de la patte de support.
- ④ Raccord joint silicone F15 (voir détail 004)
- ⑤ 2x Joint pour Base F15 (coté film ou coté profil)
- ⑥ Patte de support en "T"

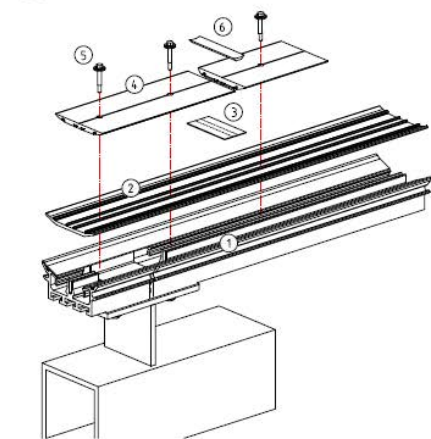


Nettoyage de la surface du profil aluminium avec de l'acétone avant application de la colle.

003 Installation joint profil base, et dimensions  
nfs



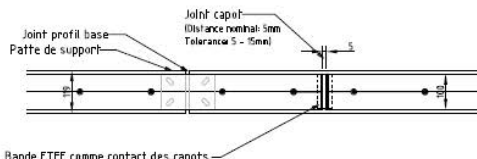
004 Dimensions éclisse joint silicone F15  
nfs



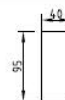
002 Installation joint capot, vue isométrique  
nfs

**Legende**

- ① Profil aluminium droit ou cintré type F15 base (DS or SS) installé sur pattes de support voir Détail 001
- ② Joint de Capot F15 (DS or SS) continue pour une étanchéité accrue
- ③ Bande ETFE pour séparation entre Cosmoplast et Joint de capot (voir détail 006)
- ④ Profil droit ou cintré type capot F15 (DS or SS)
- ⑤ Vis de Capot E-X 16A 6.5x32
- ⑥ Joint pour éclissage capot, Cosmoplast MS460



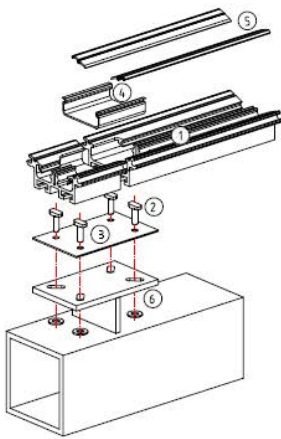
005 Installation joint capot, et dimensions  
nfs



006 Dimensions pour bande ETFE  
nfs

Date	Rev	Rev-Nom	Revison	Status
		vector foltec fr 38 Rue de la République 93000 St-Denis T +33 (0) 1 43 63 49 37 F +33 (0) 1 43 63 01 38 P@vector-foltec.com	Titre Détail Installation Joints des profils aluminium F15	CONSTRUCTION
Dessiné par : LL	Date 16.05.2012	Vérifié par : XX	Projet Avis technic	Echelle/ Unit NTS Format A3 Dessin numéro 0 Rev

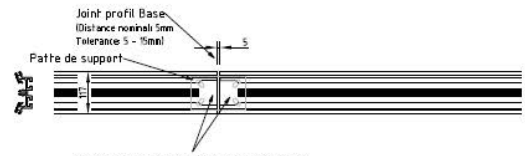
Figure 11 – Détail installation joints des profilés F15



001 Installation joint des profils base, vue isométrique  
NTS

**Legende**

- ① Profil aluminium droit ou cintré type F16.2 base (DS or SS) installé sur pattes de support
- ② 4x vis tête marteau avec revêtement Polyamide M8x30, 4x rondelles M8, 4x écrous M8
- ③ Membrane EPDM, même taille que la platine supérieur de la patte de support.
- ④ Raccord joint silicone F16.2 (voir détail 004)
- ⑤ 2x Joint pour Base F16.2 (coté film ou coté profil)
- ⑥ Patte de support en "T"



003 Installation joint profil base, et dimensions  
NTS

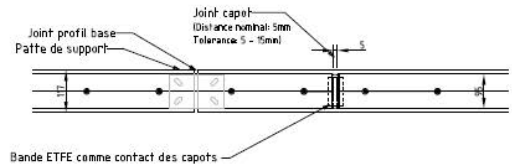
Nettoyage de la surface du profil aluminium avec de l'acétone avant application de la colle.

ATTENTION: Nettoyer l'éclisse silicone avec de l'acétone avant application de la colle (Cosmoplast MS460).



Surface collée

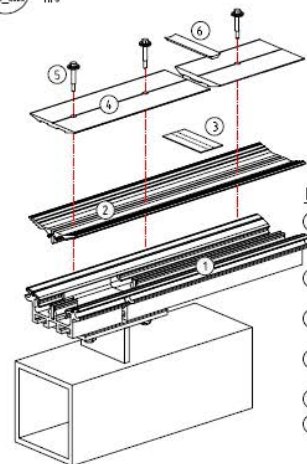
004 Dimensions éclisse joint silicone F16.2  
NTS



005 Installation joint capot, et dimensions  
NTS



006 Dimensions pour bande ETFE  
NTS



002 Installation joint capot, vue isométrique  
NTS

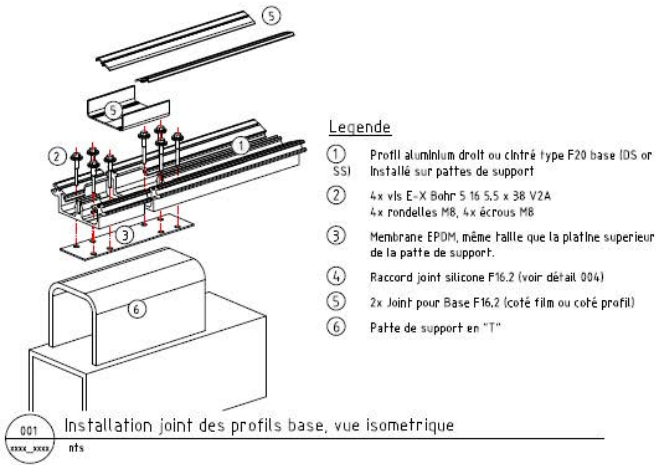
**Legende**

- ① Profil aluminium droit ou cintré type F16.2 base (DS or SS) installé sur pattes de support voir Détail 001
- ② Joint de Capot F16 (DS or SS) continue pour une étanchéité accrue
- ③ Bande ETFE pour séparation entre Cosmoplast et Joint de capot (voir détail 006)
- ④ Profil droit ou cintré type capot F16 (DS or SS)
- ⑤ Vis de Capot E-X 16A 6,5x32
- ⑥ Joint pour éclissage capot, Cosmoplast MS460

Date	Rev	Rev. Nom	Revison	Status
		vector folitec fr Société en Partiel 22 Rue Robinson 93100 Montreuil T +33 (0) 1 43 63 49 37 F +33 (0) 1 43 63 01 38 fr@vector-folitec.com	Titre Détail Installation Joints des profils aluminium F16,2	CONSTRUCTIO Echelle/ Unit NTS
LL	16.05.2012	XX	Projet Avis technic	Dessin numéro 0

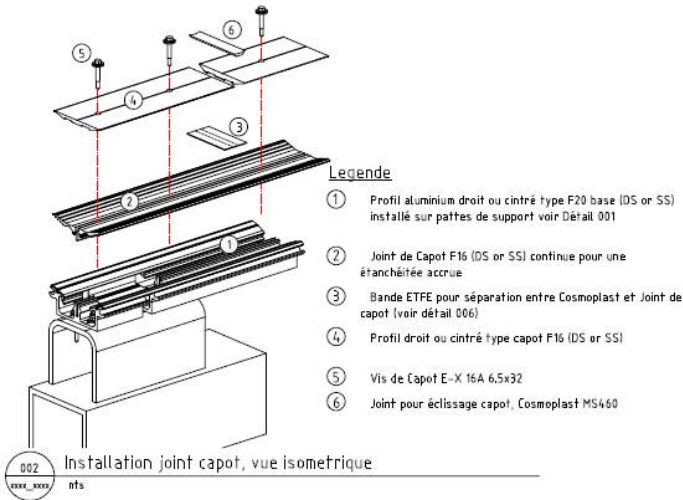
001:PARTAGE@vectorbase 003:NTS Technic@Avis technique renouveau 1205:FP 16\_2:01 Installation Extérieur Joints F16,2 Date d'impression: F1, 04 Jan 2013 16:16  
 002:PARTAGE@vectorbase 003:NTS Technic@Avis technique renouveau 1205:FP 16\_2:01 Installation Extérieur Joints F16,2 Date d'impression: F1, 04 Jan 2013 16:16

Figure 12 – Détail installation joints des profilés F16



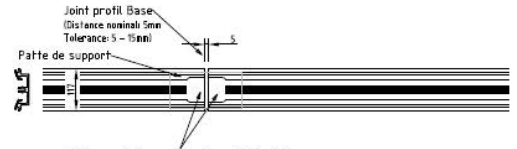
- Legende**
- ① Profil aluminium droit ou cintré type F20 base (DS or SS) installé sur pattes de support
  - ② 4x vis E-X Bohr 5 16 5,5 x 38 V24  
4x rondelles M8, 4x écrous M8
  - ③ Membrane EPDM, même taille que la platine supérieur de la patte de support.
  - ④ Raccord joint silicone F16.2 (voir détail 004)
  - ⑤ 2x Joint pour Base F16.2 (coté film ou coté profil)
  - ⑥ Patte de support en "T"

001 Installation joint des profils base, vue isométrique  
xxxx\_xxxx nts



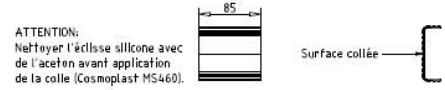
- Legende**
- ① Profil aluminium droit ou cintré type F20 base (DS or SS) installé sur pattes de support voir Détail 001
  - ② Joint de Capot F16 (DS or SS) continue pour une échançurée accrue
  - ③ Bande ETFE pour séparation entre Cosmoplast et Joint de capot (voir détail 006)
  - ④ Profil droit ou cintré type capot F16 (DS or SS)
  - ⑤ Vis de Capot E-X 16A 6,5x32
  - ⑥ Joint pour éclissage capot, Cosmoplast MS460

002 Installation joint capot, vue isométrique  
xxxx\_xxxx nts

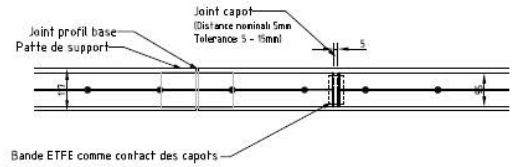


Nettoyage de la surface du profil aluminium avec de l'acétone avant application de la colle.

003 Installation joint profil base, et dimensions  
xxxx\_xxxx nts



004 Dimensions éclisse joint silicone F20  
xxxx\_xxxx nts



005 Installation joint capot, et dimensions  
xxxx\_xxxx nts



006 Dimensions pour bande ETFE  
xxxx\_xxxx nts

Date	Rev	Rev.-Nom	Revision	Status
		vector foiltec fr Erdling, Est. Parkside Bâtiment B 88 Rue Hochepierre 92100 Montrouge T +33 (0) 1 43 63 49 37 F +33 (0) 1 43 63 01 38 fr@vectorfoiltec.com	Titre Détail Installation Joints des profils aluminium F20	CONSTRUCTIO Eche/El/ Unit NTS A1
Dessiné par:	Date:	Vérifié par:	Projet:	Dessin numero
LL	16.05.2012	XX	Avls technic	xxxx_xxxx

Figure 13 – Détail installation joints des profilés F20