

Sur le procédé

Texlon® Verrière gonflable en film ETFE

Famille de produit/Procédé : Verrière gonflable en film ETFE

Titulaire(s) : **Société VECTOR FOILTEC France SARL**
Internet : www.vector-foiltec.com

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Lors de précédente révision, les éléments suivants ont été intégrés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modification de la méthodologie de calcul. • Ajout d'un paragraphe concernant les moyens de prévention des attaques de volatiles. 	Aurélie BAREILLE	Frédéric VALEM
V3	<p>3^e révision de l'Avis 2/13-1536_V2 Cette révision intègre les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajout de morphologies des coussins • Ajout d'un système pare-soleil • Mise en application de la nouvelle trame 	Youcef MOKRANI	Frédéric VALEM

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique.....	4
1.1.2.	Ouvrages visés	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	5
1.2.3.	Fabrication et contrôle	5
1.2.4.	Mise en œuvre	5
1.2.5.	Impacts environnementaux	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Coordonnées	7
2.2.	Description	7
2.2.1.	Principe.....	7
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	7
2.3.	Disposition de conception	10
2.3.1.	Dimensionnement	10
2.3.2.	Thermique.....	10
2.3.3.	Sismique.....	11
2.4.	Disposition de mise en œuvre	11
2.4.1.	Sécurité à la pose.....	11
2.4.2.	Mise en œuvre des profilés en aluminium	11
2.4.3.	Mise en œuvre de compresseur et le réseau d'air	12
2.4.4.	Mise en œuvre des coussins	12
2.4.5.	Mise en œuvre des profilés de fermeture.....	12
2.4.6.	Pose des accessoires.....	12
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé.....	12
2.5.1.	Réparation	12
2.5.2.	Entretien	13
2.6.	Traitement en fin de vie	13
2.7.	Assistance technique	13
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	13
2.8.1.	Coussins	13
2.8.2.	Phasage de la fabrication d'un coussin	13
2.8.3.	Contrôle	14
2.9.	Mention des justificatifs	14
2.9.1.	Résultats Expérimentaux.....	14
2.9.2.	Références chantiers.....	14
2.10.	Annexe du Dossier Technique	15

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Les verrières en coussins gonflables sont utilisables dans toutes conditions d'exposition. Les dimensions des coussins sont adaptées en fonction de la pression de vent du site, conformément au paragraphe Dimensionnement.

1.1.2. Ouvrages visés

Verrières en coussins gonflables pour des bâtiments d'usage courant (logement, enseignement, bureaux, hôpitaux ...). Le présent avis exclut la formation de poche d'eau sous combinaison de charge ELU (contrainte) et sous cas accidentel si un coussin est dégonflé (due à la géométrie).

La pente minimale pour ce type de couverture est limitée, fonction de la géométrie du coussin, à la pente permettant la non-formation de poche d'eau sous Charge de neige ELU en cas de dégonflement du coussin.

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.

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

Le présent Avis ne vise pas les éléments intégrés dans la verrière, comme les ouvrants.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. 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.

1.2.1.2. 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.

1.2.1.3. 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.

1.2.1.4. 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.

1.2.1.5. 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 à l'échelle du bâtiment (RT 2012).

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 (TL) doivent néanmoins être déterminés pour chaque orientation pour être utilisés comme donnée d'entrée dans le calcul du besoin bioclimatique (Bbio), de la consommation globale du bâtiment (Cep) et de la température intérieure de confort (Tic) 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.

1.2.1.6. Etanchéité

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

1.2.1.7. Informations complémentaires

- Sécurité aux chocs
Elle est normalement assurée.
- Isolement acoustique
Les performances seront à vérifier au cas par cas en fonction des exigences et règlements.

1.2.2. Durabilité

L'expérience de mise en œuvre a montré que le film en ETFE ne subissait ni jaunissement, ni baisse de transmission lumineuse et ni 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 (cf. paragraphe 10.1 du DTED].

1.2.3. 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 confiance de qualité suffisante conformément au §2.8.

1.2.4. 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, conformément au §2.4.

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. Fabrication et contrôle

1.2.5. Impacts environnementaux

1.2.5.1. Données environnementales

Le produit TEXLON® Verrière gonflable en film ETFE ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

1.2.5.2. Aspects sanitaires

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Comme pour tous les systèmes de verrières gonflables, une pente minimum, fonction de la géométrie du coussin, doit être respectée. La formation de poche d'eau n'est pas admise sous charge de neige ELU en considérant un coussin dégonflé.

Afin de limiter les risques de désordres liés à des percements et des attaques de volatiles, il y a lieu de faire une analyse de risque d'endommagement et de prévoir des dispositifs permettant l'effarouchement des volatiles.

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.

Une étude thermique dans les lames d'air, utilisant le système Vario, doit être réalisée au cas par cas en fonction des couleurs et du taux de remplissage. La température des lames d'air doit être limitée à 40°C.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

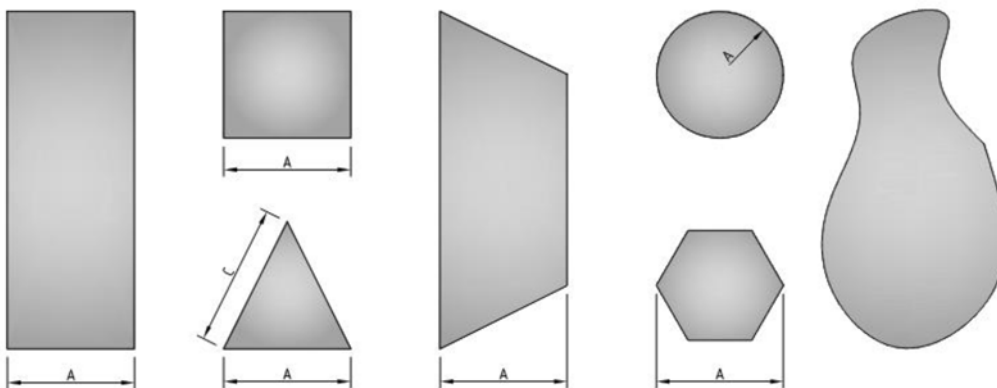
Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : Vector Foiltec France SARL
153 boulevard Haussmann
75008 Paris
Tél.: +33 (0) 1 43 63 49 37
Email: fr@vector-foiltec.com
Internet: www.vector-foiltec.com

2.2. Description

2.2.1. Principe

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



Les dimensions A et C des coussins sont déterminées dans le paragraphe de dimensionnement (cf. §2.3.1). Les coussins sont composés de 2 à 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 sous charge de neige ELU.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Coussins TEXLON® ETFE

2.2.2.1.1. Film ETFE

La matière est un copolymère modifié d'Ethylène 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 80 à 500 microns selon les besoins (Figure 11 à Figure 13).

Les finitions disponibles en film :

- TEXLON® T transparent,
- TEXLON® C coloré,
- TEXLON® M mat, avec une surface dépolie,
- TEXLON® P avec un motif sérigraphié.

Tableau 1 - Epaisseur de films

Epaisseur en μm	Poids (g/m^2)
100	175
150	262,5
200	350
250	437,5
300	525
500	875

Tableau 2 - Caractéristiques de l'ETFE

Caractéristique		Valeur	Unité	Norme
Contrainte de traction à rupture	Fu,d(f)	>40	MPa	EN ISO 527-1 / -3
Contrainte de traction à rupture de la soudure	Fy,d,(ws)	> 30	MPa	EN ISO 527-1 / -3
Contrainte de traction à 10% à l'état neuf	-	> 18	MPa	EN ISO 527-1 / -3
Contrainte de traction après 5000h UV	-	>40	MPa	EN ISO 527-1 / -3
Allongement à rupture	-	>300	%	EN ISO 527-1 / -3
Module Young	E	750-1000	N/mm ²	-

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

2.2.2.1.2. Ourlet de rive dite «Keder»

Le bord des coussins est fermé par un ourlet en ETFE autour d'un cordon Keder d'un diamètre de 8 mm. L'épaisseur de l'ourlet est dimensionnée de façon statique et le cordon Keder est adapté aux exigences du projet considéré. La production des cordons en polypropylène est réalisée conformément à la norme DIN 83332.

Il est également possible d'utiliser des cordons passepoilés de 4 mm pour les couches décoratives ultérieures du coussin (par exemple, des feuilles avec des motifs ombrés sur des coussins auparavant transparents).

2.2.2.1.3. 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 peut être utilisée.

2.2.2.1.4. Valve de gonflage

Les valves sont composées de 2 brides qui sont vissées ou connectées à l'aide de vis à tête fraisée. Elles sont le plus souvent fabriquées en ETFE ou en aluminium.

2.2.2.1.5. 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.

2.2.2.1.6. Valve de mesure de pression

Cette valve est reliée au moteur de gonflage par un tuyau de retour de pression. La pression interne des coussins est ainsi contrôlée et réajustée en permanence.

2.2.2.2. Profilé aluminium

Les profilés TEXTLON® de type F se composent généralement de trois éléments distincts : profil de base, profil de fermeture et rail Keder. Tous sont fabriqués sous forme de profilés extrudés en aluminium EN AW-6063 T6 ou EN AW-6060 T66, conformément à la norme EN755-2, spécialement pour VECTOR FOILTEC.

Les profils de base et de fermeture sont disponibles en 2 versions :

- UD: version symétrique pour tenir un coussin chaque côte du profil (cf. figure 2 et 3 : profilé F16 et F20)
- US: version asymétrique pour les rives des verrières pour tenir un coussin d'un seul côté (cf. figure 2 et 3 : profilé FE14 et FE15).

Sur demande, les profilés peuvent être anodisés ou laqués sous label QUALICOAT ou QUALANOD.

Le profilé de base combine plusieurs fonctions. Il s'agit de l'élément porteur du système et sert de système d'évacuation d'eau résiduelle, ainsi que de liaison entre le système TEXTLON® et la structure principale du bâtiment. Soit il comporte des rainures continues sur la face inférieure pour accueillir des vis à tête marteau (profilés de type FE : FE 13 et FE 14), soit il est plat et se fixe à l'aide de vis auto taraudeuses (profilés de type F : F16 et F20). Ces dernières sont équipées d'une rondelle d'étanchéité. Les vis sont en acier inoxydable A2 (1.4301), A4 (1.4401 ou 1.4404), A5 (1.4529) ou galvanisées à chaud. La qualité et les dimensions des vis sont adaptées aux exigences atmosphériques et statiques de chaque projet.

Le profilé de fermeture est un profilé plat qui est fourni avec des trous de fixation pré-perçés.

Si les exigences thermiques du projet nécessitent une isolation supplémentaire, il est possible de fournir le profilé de fermeture dans une isolation thermique intégrée.

Le rail keder est un profilé en C relativement petit qui maintient le bord du coussin et, en raison de sa géométrie, se verrouille dans le profilé de base.

La variante du profilé TEXTLON® de type F est le profilé de type FE. Dans ce profilé, le profilé de base et le rail keder sont combinés en un seul profilé, car le profilé maintient non seulement le bord du coussin, mais relie également le système TEXTLON® à la structure primaire (Figure 3 et Figure 6).

2.2.2.3. Joints d'étanchéité

Le système d'étanchéité TEXLON® se compose de 3 éléments pour les profils F : joint de base, joint de couverture et joint de dilatation. Il s'agit de profilés spécialement conçus pour Vector Foiltec (cf. Figure 8).

Le joint de base est un élément continu installé dans des rainures spécialement conçues sur les côtés du profilé de base.

Le joint de couverture est également continu et installé au centre du profilé de base. Sa largeur correspond à celle du profilé de fermeture et fait office de première barrière d'étanchéité.

L'étanchéité des joints de dilatation entre les profilés de base est réalisée à l'aide de joints d'étanchéité (patches) ajustés entre deux profilés. Ils ont une largeur d'environ 100 mm et sont installés aux extrémités de deux profilés de base adjacents pour créer une connexion flexible et étanche.

L'étanchéité entre deux profilés de fermeture est assurée par un joint mastic élastique.

2.2.2.4. T / équerre de fixation

Il existe deux types de support pour le système :

- Ponctuel, en forme de T, qui soutient le profilé TEXLON® à intervalles réguliers (au moins 750-1000mm) (cf. Figure 6).
- Linéaire, en forme d'équerre, qui supporte le profil TEXLON® de façon continue (cf. Figure 6).

Quel que soit le type utilisé, la résistance de la vis, ses dimensions et son nombre doivent être dimensionnés par calcul pour chaque projet.

Les supports et le profilé de base sont séparés thermiquement les uns des autres par une couche d'EPDM de 2 mm d'épaisseur.

2.2.2.5. Equipement de gonflage

Le système de gonflage de coussins consiste en un réseau de tuyau et une unité de gonflage (cf. Figure 7).

2.2.2.5.1. Le réseau d'air

Le réseau d'air est fixé à la structure porteuse (intervalle maximum d'environ 1m).

Le diamètre et le nombre de tuyaux dépendent de la taille du système, de la taille des coussins, du type de coussins (2, 3 ou 4 couches, système pare-soleil intégré) et de la distance entre le moteur de ventilation et les coussins.

Le matériau (PVC, acier galvanisé ou aluminium) est choisi en fonction des exigences atmosphériques et/ou visuelles.

Les joints de dilatation des tuyaux sont pontés avec des tuyaux flexibles dans les diamètres appropriés.

Des buses de ventilation sont fixées aux valves de gonflage situées sur les coussins et au tuyau de ventilation principal, de sorte que les coussins individuels puissent être alimentés par des tuyaux flexibles (généralement de 25 à 50 mm de diamètre). Le tuyau flexible est fixé par des colliers en acier inoxydable aux deux buses.

2.2.2.5.2. L'unité de ventilation

Le choix de l'unité de ventilation dépend du projet et de ses spécificités. La taille totale, le nombre de couches de film ETFE, le nombre de coussins, la distance entre l'unité et le toit et, le cas échéant, les systèmes pare-soleil sont ici les variables du système.

Version standard :

L'unité de gonflage est composée de deux compresseurs, chacun avec son système de gestion de pression. Un relai électrique relié aux pressostats commande le démarrage et l'arrêt des moteurs. L'un des deux moteurs agit en tant que moteur principal, l'autre est un moteur de secours en cas de défaillance du moteur principal.

Les moteurs sont installés dans un boîtier étanche et fermé à clé. L'unité de gonflage est montée en usine. L'unité est fournie avec deux filtres à air qui sont remplacés au moins une fois par an.

Un compteur d'heure est intégré pour chaque compresseur. Ceci permet de vérifier le bon fonctionnement des unités et sert également à informer de la défaillance 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 différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur des coussins et, si nécessaire, commande la mise en route des moteurs pour regonfler les coussins.

Variante sans déshumidificateur :

Si le système de coussins entoure un espace ouvert et non chauffé (comme un auvent de parking), une variante d'unité de ventilation sans déshumidificateur est suffisante. Le boîtier, le compresseur et la mesure de la pression restent similaires dans leur composition.

Variante pour le système pare-soleil :

Le boîtier de cette variante correspond également au standard (boîtier, compresseur, déshumidificateur et mesure de la pression), mais peut gonfler alternativement deux chambres de ventilation par coussin. Chaque système ne ventile qu'une seule chambre. Ainsi, lorsque la chambre inférieure se remplit, le film du milieu s'aligne avec le film supérieur. Lorsque la chambre supérieure se remplit, la feuille du milieu s'aligne avec le film inférieur. Grâce à un motif d'impression décalé sur les films du milieu et supérieur, la lumière naturelle peut être bloquée ou non (cf. Figure 14 et Figure 15).

Le moment où le boîtier du ventilateur commence à s'inverser peut-être choisi en fonction du projet.

Il existe deux variantes de base :

- Manuel : par exemple, un interrupteur est installé dans un local technique et peut être actionné manuellement si nécessaire.
- Automatique : le caisson de ventilation peut être équipé de divers capteurs afin de réagir et de basculer automatiquement en cas de dépassement de certaines valeurs de luminosité ou de température.

2.2.2.6. Moyens de protection anti volatile

Afin d'assurer une durée de vie d'une verrière ETFE compatible avec la vie de l'ouvrage, la maîtrise d'ouvrage devra intégrer à son projet une analyse de risques d'endommagement vis à vis des volatiles ; le but de cette analyse étant de limiter la possibilité

pour les oiseaux de se poser sur les ossatures ou les coussins par la mise en place de dispositif d'éloignement physique ou d'effarouchement, tels que décrits dans les exemples suivants :

- Fixation sur les profilés de couvertures de protection en acier inoxydable avec support en forme de V (espacement d'environ 1,5m), qui maintiennent en place 2 à 3 fils (diamètre = 2mm) ; la tension du fil est créée au moyen d'un ressort, qui est fixé à l'extrémité de chaque dispositif.
- Mise en place de filets adaptés (résistants aux intempéries, aux UV, aux insectes et oiseaux, à la pollution etc.).
- Installation de systèmes d'effarouchement de type : envoi d'ultrasons ou de sons spécifiques aux nuisibles, menace mobile, laser invisible pour l'œil humain, détection à reconnaissance de forme, détection à reconnaissance vocale, fauconniers, drones, etc.).

2.2.2.7. Raccordement aux ouvrages adjacents

Il existe plusieurs façons de relier les profilés TEXTLON® aux ouvrages adjacents.

En règle générale, une membrane et/ou un solin sont serrés entre le joint de base et le joint de couverture et fixés à l'aide de rivets aveugles.

Il est également possible de fixer ces éléments sur le côté du profilé de base TEXTLON® unilatéral (US), en utilisant une bande de recouvrement (cf. §2.4.2).

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Dimensionnement

Les coussins en film ETFE sont en principe dimensionnés de la même manière que les autres composants de l'enveloppe d'un bâtiment et la procédure suivante est appliquée :

1. Définition des hypothèses des charges climatiques.
2. Calcul de la résistance des coussins par rapport à ces hypothèses.
La fourniture d'une descente de charges au charpentier sous la responsabilité de VECTOR FOILTEC.
3. Le transfert des forces du bord du coussin à l'ingénieur structure de la structure primaire est effectué sous la responsabilité de VECTOR FOILTEC.

Cas de charge pour le calcul des coussins en ETFE

Les couches de film ETFE sont dimensionnées pour les cas de charge suivants :

- Poids propre ;
- Pression de gonflage ;
- Vent ;
- Neige ;
- Neige + vent ;
- Absence de formation de poche d'eau coussins dégonflés et sous charges de neige (ELU) ».

Calcul de la résistance des coussins par rapport à ces hypothèses

La géométrie des différentes couches des coussins en film ETFE est déterminée sur la base de méthodes numériques reconnues pour la détermination de l'équilibre des structures de surface précontraintes.

En raison du comportement de déformation spécifique des films ETFE, des systèmes d'équations non linéaires basés sur les éléments finis sont nécessaires pour le calcul statique, de sorte que le comportement non linéaire du système, incluant les déformations résultantes des couches ETFE sous différents effets de charge, puisse être pris en compte dans le calcul.

La détermination de la forme et l'analyse statique des coussins en ETFE sont réalisées par Vector Foiltec à l'aide du logiciel Easy de Technet GmbH. Les contraintes des films résultant des différentes combinaisons de charges sont évaluées par rapport aux valeurs limites spécifiées dans la méthodologie de conception en annexe. En plus des contraintes, les déformations qui en résultent sont également examinées afin d'exclure d'éventuelles conditions problématiques.

Pour les charges de vent ou de neige relativement élevées, les coussins de feuilles peuvent être renforcés soit par un système de cordes, soit par des couches de feuilles complémentaires supportant la charge en tant que système spécifique de "partage de la charge".

Le calcul des profilés en aluminium et leur fixation est effectué sur la base des forces déterminées sur le bord du coussin. Les normes européennes actuelles pour l'aluminium, l'acier et les assemblages boulonnés sont utilisées pour la vérification mathématique. Les profilés en aluminium sont vérifiés selon l'Eurocode 9 : Conception des structures en aluminium.

2.3.2. Thermique

Calcul du coefficient de transmission thermique U

Le coefficient de transmission thermique U_{ce} d'un élément constitué par un profil et un coussin gonflable en film ETFE se calcule conformément aux règles Th-U, comme étant une moyenne pondérée des coefficients thermiques des constituants par les surfaces correspondantes. D'après la formule ci-après :

$$U_{ce} = \frac{\sum UA + \sum \psi l}{\sum A_{ce}}$$

U_{ce} = Coefficient de transmission thermique d'un coussin gonflable avec son châssis en W/(m² K) – anglais: cushion element

U = Coefficient surfacique de transmission thermique des constituants : remplissage (U_c , anglais : cushion) et profil

(U_f , anglais : frame), en $W/(m^2 K)$

A = Surface correspondante, en m^2

ψ = Coefficient linéique de transmission thermique, en $W/(m K)$

l = Longueur du bord entre le remplissage et le profil, en m

A_{ce} = Surface d'un coussin avec son châssis, en m^2

Calcul du coefficient global de transmission d'énergie g

Le coefficient global de transmission d'énergie g [-] 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

Des exemples de coefficients de transmission thermique U_f calculée par le CSTB sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3 - Exemples de coefficients de transmission thermique pour le profil U_f

Dénomination	U_f ($W/(m^2/K)$)	b_f (mm)
	Horizontal ou vertical	
F15-DS	9.6	119
F16-DS	7.5	117
F20-DS	6.5	117

Tableau 4 - Exemples de coefficients de transmission thermique pour le coussin gonflable U_c (émissivité normale 0.89)

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

Valeur de Ψ_g

La valeur du pont thermique périphérique qui tient compte de la réduction d'épaisseur des lames d'air à la périphérie du système est fixée par défaut à $0,2 W/(m.K)$.

2.3.3. Sismique

En raison des propriétés spécifiques du matériau Texlon® ETFE, la prise en compte des influences sismiques n'est pas nécessaire pour le calcul statique des coussins en film ETFE.

Avec un poids propre d'environ $500 g/m^2$ à $1000 g/m^2$ (selon l'épaisseur et le nombre de films), les coussins en ETFE sont très légers et présentent des propriétés d'allongement très favorables en raison du module d'élasticité relativement faible. En outre, le volume d'air, qui génère la précontrainte pneumatique des feuilles, permet d'amortir les contraintes en cas d'apparition de charges sismiques. Par conséquent, les transmissions de vibrations par les membranes sont trop faibles pour avoir une influence sur la structure.

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.

2.4. Disposition de mise en œuvre

2.4.1. Sécurité à la pose

Pour minimiser les risques, chaque installation est spécifiquement adaptée au projet considéré.

L'installation s'effectue soit à l'aide d'une nacelle élévatrice, soit à l'aide de filets de protection. Pour les géométries de bâtiment plus exigeantes, ou ni nacelle élévatrice ni filet de sécurité ne sont envisageables, il est possible de faire appel à des alpinistes du bâtiment spécialement formés.

Dans tous les cas, chaque installateur est équipé de matériel de protection individuelle et de protection contre les chutes, en fonction de son activité.

2.4.2. Mise en œuvre des profilés en aluminium

Avant de commencer l'installation des profilés de base, les T et équerres de fixation sont recouverts d'une couche autocollante d'EPDM. Les profilés de base sont ensuite répartis sur le toit en fonction de leur implantation. La découpe des longueurs droites et la soudure des nœuds d'angle sont effectuées en usine.

La répartition des fixations est calculée selon les charges imposées sur le profil. En règle générale, en chaque point de fixation, les profilés sont installés avec 4 vis.

La distance entre deux points de fixation adjacents est dimensionnée par calcul, elle ne dépasse pas 1m.

Dans le cas des profilés l'écartement entre deux points de fixation est inférieur à 380mm de chaque côté de l'axe pour minimiser les contraintes sur les soudures.

L'assemblage de deux éléments de profilés est réalisé à l'aide de joints d'étanchéité spécifiques (patches). Un jeu de 6mm entre chaque profil assure la dilatation entre chaque pièce.

Les patches, en bande de polyuréthane de haute élasticité ou en silicone (environ 100 mm de long), sont appliquées sur les surfaces intérieures des deux profilés adjacents pour assurer la continuité de la gorge de drainage.

Les joints d'étanchéité (cf. Figure 8) en EPDM ou silicone sont glissés dans les rainures. Ils sont continus entre les profils.

Les profilés de base servent également de système d'évacuation d'eau résiduelle. Cette eau résiduelle est, selon la conception du toit, évacuée vers l'extérieur soit par un trou de drainage sur la paroi latérale extérieure du profilé, soit par un tube de drainage (qui peut être prolongé si nécessaire à l'aide d'un tuyau flexible) (cf. Figure 7).

2.4.3. Mise en œuvre de compresseur et le réseau d'air

L'unité de gonflage ainsi que le système de contrôle et le tableau électrique est montée dans une armoire étanche à l'eau. Elle est fabriquée en usine VECTOR FOILTEC à Brème.

Sur chantier, il est simplement nécessaire de faire le raccordement électrique avec les attentes fournies 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 ou assemblés les uns aux autres et les raccords flexibles sont fixés aux tubes rigides à l'aide de colliers.

Le tuyau de sonde de pression suit le même chemin que le tuyau de gonflage jusqu'au coussin. Sa position est déterminée lors des études techniques du projet. Le capteur mesure la pression de la plus petite chambre et est 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.

2.4.4. Mise en œuvre des coussins

(cf. figures 1,2,7,8)

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

Il est déroulé sur le filet de sécurité suspendu à la structure primaire. Le profil keder en aluminium est ensuite glissé sur l'ourlet du coussin.

Le coussin est ensuite clipsé dans le profil de base TEXTLON® à chaque extrémité.

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 est enlevée, les tuyaux d'air flexibles sont vissés sur le coussin et les chambres d'air de coussins.

2.4.5. Mise en œuvre des profilés de fermeture

(cf. figures 1, 7,8,16,17,18)

La première barrière d'étanchéité est créée à l'aide du joint de couverture, qui est placé de façon continue au centre du profil de base.

Les capots serreurs en aluminium sont vissés avec des vis en inox avec une rondelle étanche au pas d'environ 200 mm.

Un jeu d'environ 6mm entre chaque longueur (maxi 6m) de capot permet la dilatation libre du système. Le joint est rempli d'un mastic souple élastique.

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

Le dispositif anti-volatiles est fixé en même temps que les profils de couverture par des vis en acier inoxydable.

2.4.6. Pose des accessoires

Il existe plusieurs façons de connecter les profilés TEXTLON® aux ouvrages adjacents (cf. figures 16,17,18).

En règle générale, une membrane et/ou un solin sont serrés entre le joint de base et le joint de couverture et fixés à l'aide de rivets aveugles.

Il est également possible de fixer ces éléments sur le côté du profilé de base TEXTLON® unilatéral (US), en utilisant une bande de recouvrement.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

2.5.1. Réparation

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 de dégraissage. Toure 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 projection 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.

2.5.2. Entretien

Compte tenu des propriétés naturelles antiadhérentes du film TEXTLON® 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, les coussins TEXTLON® sont résistants aux chutes d'un corps mou et donc ne posent aucun souci dans le cas d'une intervention non sanctionnée (essai au choc 1200J, en analogie avec la méthode d'essai de choc sur verrière du cahier CSTB N° 3228).

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 microfibre selon la notice jointe.

2.6. Traitement en fin de vie

Pas d'information apportée.

2.7. Assistance technique

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

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Coussins

Descriptif du film : l'éthylène tétra fluor éthylène (ETFE) est un polymère à la base de la minérale fluorine hydrogène sulfate et trichlo 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.

L'ETFE est utilisé pour ses propriétés mécaniques ainsi que pour sa grande transparence. Le film a une très haute résistance à la déchirure en raison de sa structure moléculaire. Il est très stable sous l'ultraviolet avec des essais indiquant une résistance au-delà de 25 ans. Également il est autonettoyant sous la pluie.

Les trois fabricants mondiaux du film TEXTLON® sont :

- Nowofol (film de marque Nowoflon),
- ETFEct (film de marque P.A.T.I),
- Asahi Glass (film de marque Fluon),

Tableau 5 - Fournisseurs de films

	Nowofol	ETFEct	Asahi
TEXTLON® T (transparent)	X	X	X
TEXTLON® P (imprimé)	X	X	X
TEXTLON® C (coloré)	X	X	X
TEXTLON® M (mat)	X	Non	X

VECTOR FOILTEC utilise le film de tous ces fabricants pour la fabrication des coussins.

2.8.2. Phasage de 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 principalement 1550 mm de large en bande perpendiculaire à l'axe le plus long.

Chaque bande est thermosoudée en usine avec un joint de recouvrement.

Connexion 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 ainsi réalisé.

Fermeture de coussin

L'ensemble est ensuite 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 sont fermés à l'extrémité pour éviter que des saletés et de la condensation n'entre et ne détériore le cordon de rive.

2.8.3. Contrôle

Le contrôle de fabrication des coussins est assuré par VECTOR FOILTEC conformément à leur cahier des charges résumé au Tableau 9 en fin de dossier.

Chaque fabricant de film contrôle chaque lot de matière première. Les caractéristiques doivent être conformes au Tableau 2.

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

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats Expérimentaux

- Essais AEV - PV N° CLC08-26014432
(2008, étanchéité, profil TEXLON® F15, système d'étanchéité EPDM, coussin 2 couches, selon EN 12152 et EN 12153)
- Essais de durabilité 5000 heures UV-CSTB - PV N° CPM 08/260-15813 (2009, films de Novofol en 100µm et 150µm)
- Essais de traction (régulièrement effectués par l'université DUISBURG ESSEN et Dekra Automobil GmbH, ainsi que des essais de traction quotidiens dans le cadre des tests de qualité internes de VECTOR FOILTEC).
- Rapport d'étude sur l'analyse de la méthode de dimensionnement - N° DER/CLC-09- 048.
(Méthode de calcul de la valeur U/g)
- Etude thermique : DER/HTO 2012-292-FL/LS, N° affaire 12-060.
- Etude thermique : DER/HTO 2015-048-FL/LS, N° affaire 14-052.
(Calcul des valeurs U par le CSTB selon la norme NF EN 673 ainsi que selon la norme NF EN ISO 6946 pour les verticaux et les horizontaux, coussin 3 plis avec 80-250µm, sans cadre).
- Certificat d'essai de comportement au feu selon la norme DIN 4102-1 - P-BWU03-I-16.5.107
(Novofol, film en transparent, blanc, imprimé ou coloré, >50µm, 1-5 couches)
- Test d'impact MPA Hannover - 200985
(2020, selon NFP 08-302 et ISO 7892, montage d'essai : 3,6x7,2m, F15, coussin 3 plis avec 200-100-150µm)

2.9.2. Références chantiers

Depuis 2018 Vector Foiltec a réalisé des projets ETFE en France pour une surface totale de plus de 1 060m².

2.10. Annexe du Dossier Technique

Annexe 1 : Hypothèses de charge pour les coussins en ETFE

Les coussins sont conçus pour reprendre les charges suivantes :

- Poids propre des films ETFE (env. 0,01 kN/m², donc négligeable)
- Pression interne du coussin pour la précontrainte des films (Pression nominale minimale de 250 Pa) Vent (pression et soulèvement)
- Neige

Les conditions exceptionnelles suivantes sont prises en compte :

- Dégonflement d'un coussin (Défaillance des deux moteurs de gonflage en raison d'un dommage : dégonflement d'un coussin).
- Absence de formation de poche d'eau coussins dégonflés et sous charges de neige (ELU)

Les charges climatiques (vent, neige) sont déterminées sur la base de la norme européenne harmonisée NF EN 1991 et des annexes nationales correspondantes.

Annexe 2 : Dimensionnement du film ETFE

La conception des films d'ETFE est actuellement basée sur la méthode de calcul décrite par Karsten Moritz, publiée dans la thèse "ETFE-Folie als Tragelement", Université technique de Munich, octobre 2007. Le Tableau 6 montre les résistances à la traction et les limites d'élasticité minimales déterminées mono-axialement décrites par Moritz, qui sont utilisées comme valeurs initiales pour la conception des feuilles.

Tableau 6 - Résistance à la traction mono-axiale et limite d'élasticité (contrainte en N/mm²)

-	3°C	23°C	40°C ^(1.)
Résistance à la rupture minimale fu (Résistance ultime à la traction de la feuille)	50	47 ^(2.)	39,2
Résistance minimale de la soudure (résistance minimale de soudage)	33	30 ^(3.)	25
Limite d'élasticité fy (l'ilm & soudure)	25	21 ^(4.)	17,5

(1.) Si des températures supérieures à 40°C sont prévisibles pour un projet, les résistances doivent être vérifiées par des essais de traction appropriés.

(2.) La résistance à la traction mono-axiale du matériau ETFE à la température de 23°C est spécifiée par le certificat d'analyse du fournisseur de la feuille et vérifiée par Vector Foiltec suivant les procédures de contrôle de la qualité décrites dans le document "Vector Foiltec - Guide de gestion de la qualité 2019".

(3.) La résistance de la soudure du système Texlon® de Vector Foiltec à une température de 23°C est ≥ 33 N/mm². Cette valeur est constamment contrôlée par le processus interne de contrôle de la qualité de la fabrication qui suit strictement le guide "Vector Foiltec - Guide de gestion de la qualité 2019". Elle est également certifiée deux fois par an dans le cadre d'un contrôle externe de la production de Vector Foiltec par le MPA de Hanovre, conformément à la norme DIN 18200:2000.

(4.) La performance spécifique de la feuille ETFE en matière de contrainte et de déformation est caractérisée par un comportement de déformation spécifique en fonction du niveau de contrainte de la feuille et du scénario de chargement spécifique. Les essais de traction de la feuille ETFE montrent typiquement un comportement complètement élastique de la feuille à de faibles contraintes. À un niveau de contrainte moyen, le comportement élastique n'est observé que pour des charges de courte durée. Pour un chargement cyclique à un niveau de contrainte élevé, on peut observer une saturation des déformations plastiques permanentes ou une déformation convergeant vers une valeur seuil.

Le Tableau 7 présente le résumé des facteurs de réduction déterminés par Moritz, qui prennent en compte les différents paramètres de conception tels que la durée d'application de la charge, la température, les conditions de contrainte biaxiale et les facteurs de sécurité pour le matériau et la fabrication.

Tableau 7 - Coefficients de réduction

			ELS	ELU
Coefficient de matériau		YM	1,0	1,1
Coefficient bi-axial		A0	1,4	1,2
Coefficient de durée	Vent	A1,v	1,0	1,0
	Neige	A1,n	1,3	1,3
	Précontrainte	A1,p	1,8	1,8
Coefficient d'environnement		A2	1,0	1,1
Coefficient thermique	3°C	A3,3°	1,0	1,0
	23°C	A3,23°	1,0	1,0
	40°C	A3,40°	1,2	1,2
Coefficient de fabrication		A4	1,0	1,0
Coefficient de soudure		A5	1,0	1,57 ^(5.)

=(5.) Ce facteur est basé sur une résistance minimale du cordon de soudure de 30N/mm² à une température de 23°C. Si des résistances de soudure plus élevées peuvent être démontrées, le facteur peut être ajusté en conséquence.

YM= Coeff. de réduction pour les incertitudes des propriétés du film.
A0= Coeff. de réduction appliqué sur les valeurs obtenues par essais mono-axiaux pour déterminer les valeurs sous contrainte bi-axiale.
A1= Coefficient de réduction en fonction de la durée de la charge appliquée afin d'éviter le risque de fluage du matériau.
Vent : courte durée (rafales)
Neige : Longue durée (plusieurs jours)
Précontrainte : charge permanente (pression de gonflage)
A2= Coefficient de réduction prenant en compte le vieillissement.
A3= Coefficient de réduction en fonction de la température du film.
A4= Coefficient de réduction visant les variations de qualité de fabrication.
A5= Coefficient de réduction de la résistance des soudures comparée à celle du film non traité.

Les limites de contrainte de conception de l'ELS pour les différents cas de charge sont évaluées avec l'équation suivante :

$$R_{d,ELS} = f_{Y,23^{\circ}C} / YM * \Sigma A_{ELS}$$

Les limites des contraintes de conception de l'ELU pour les différents cas de charge sont évaluées à l'aide de l'équation suivante :

$$R_{d,ELU} = f_{U,23^{\circ}C} / YM * \Sigma A_{ELU}$$

Annexe 3 : Sollicitation des films

En fonction du cas de charge, les charges sont reprises par le film supérieur ou inférieur ou par les deux à la fois.

Tableau 8 - Sollicitation des films

Cas de charge	Film supérieur	Film inférieur/intérieur
Pression interne du coussin	Oui	Oui
Vent en pression	Non	Oui
Vent en soulèvement	Oui	Non
Neige (charge inférieure à la pression du coussin)	Non	Oui
Neige (Cas coussin dégonflé)	Oui ^{*)}	Oui ^{*)}

^{*)} VECTOR FOILTEC conçoit des films supérieurs et inférieurs d'une géométrie symétrique dans le plan du coussin. Ainsi, dans le cas d'un affaissement, plusieurs films se superposent pour reprendre les efforts.
La température des films sollicités est prise en compte.

Annexe 4 : Combinaisons de Charges

La combinaison des cas de charge pour ELS et ELU est réalisée selon les spécifications de l'Eurocode NF EN 1990, avec la déformation à l'ELU.

Tableau 9 - Contrôle de fabrication

CONTROLE COUSSIN - FABRCATION ASSUREE PAR VECTOR FOILTEC		
1. CONTROLE DE LIVRAISON DU FILM		
	Tous les fabricants des films ont un suivi de contrôle de qualité Interne. Chaque lot 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 : - Epaisseur - Essai de traction à 10% d'élongation - Essai de traction à rupture	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		
	Une fiche de suivi accompagne chaque coussin pendant sa fabrication. Les contrôles suivants sont enregistrés pour chaque coussin : - Vérification de la soudure transversale de chaque couche - Vérification de la soudure latérale de chaque couche - Vérification de la conformité des dimensions avec le plan de fabrication. - Vérification de pose de valve de gonflage. - Vérification de la soudure de l'ensemble de toutes les couches - Vérification de la conformité des dimensions finies de coussins avec le plan de fabrication	
3. PRELEVEMENT PENDANT FABRICATION		
	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 : - Essai de traction à 10% d'élongation - Essai de traction à rupture Production de coussin validée si conforme et archivage des résultats et des échantillons. Repose des contrôles de la machine si non-conforme.	EN ISO 527-3 EN ISO 527-3
4. VERIFICATION EXTERNE DE ECHANTILLONS		
	Un organisme externe MPA (Hanover) effectue un audit de la fabrication et prélève des échantillons d'une façon aléatoire tous les 6 mois pour faire des essais recoupement	
CONTROLE AUTRE COMPOSANTS (FABRICANT AVEC CERTIFICATION ISO 9001)		
1.	Vérification de certificat de conformité livré avec chaque lot.	
CONTROLE AUTRE COMPOSANTS (FABRICANT SANS CERTIFICATION ISO 9001)		
1.	Vérification de certificat de conformité livré avec chaque lot.	
2.	Prélèvement aléatoire par VECTOR FOILTEC et essai Interne en usine.	

Figure 1 - Profil F16

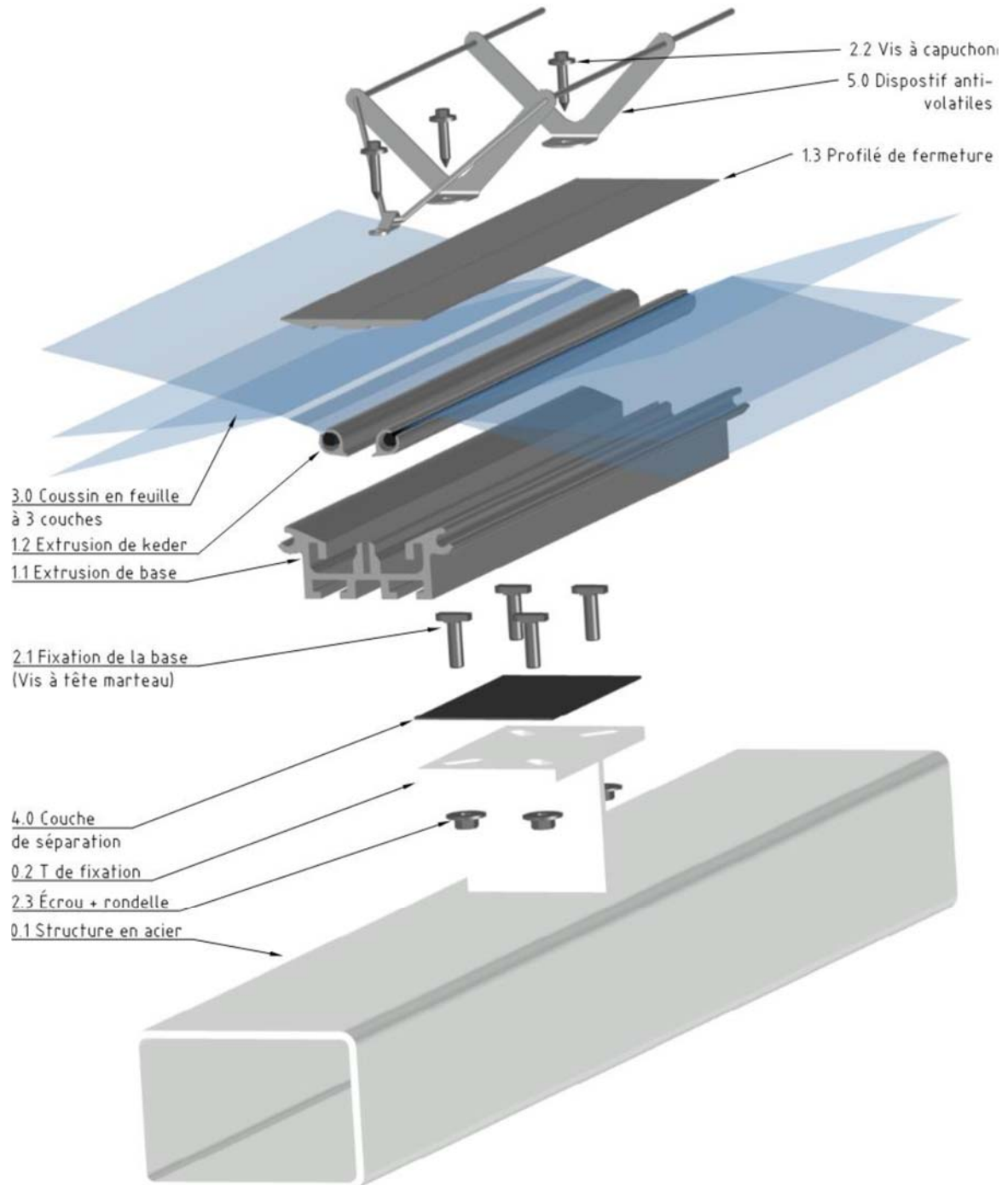


Figure 2 - Schéma Baguette écarteur du film («thermokeder»)

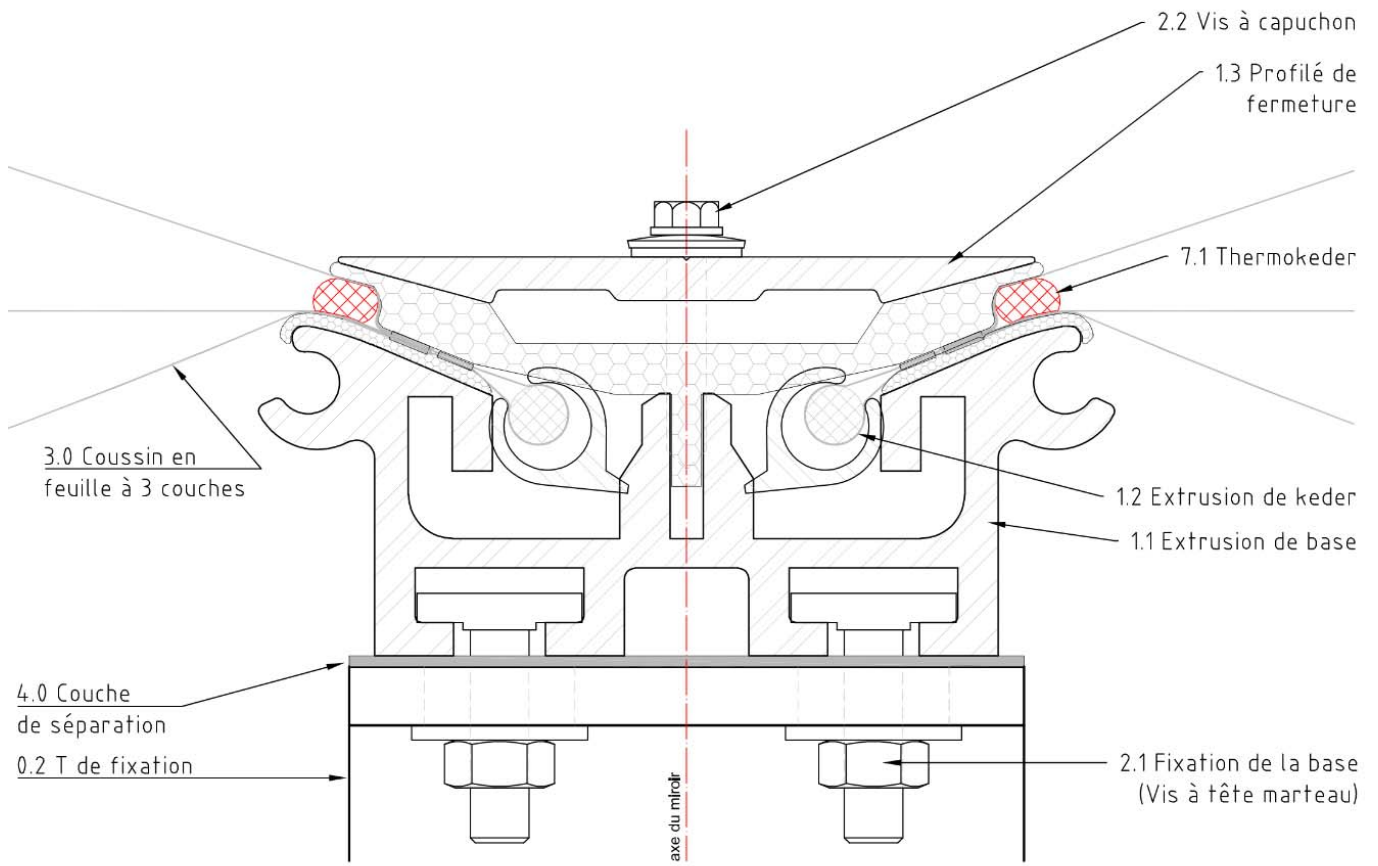


Figure 3 - Profilé Texlon type F, sans rainures F16

US (version asymétrique)

UD (version symétrique)

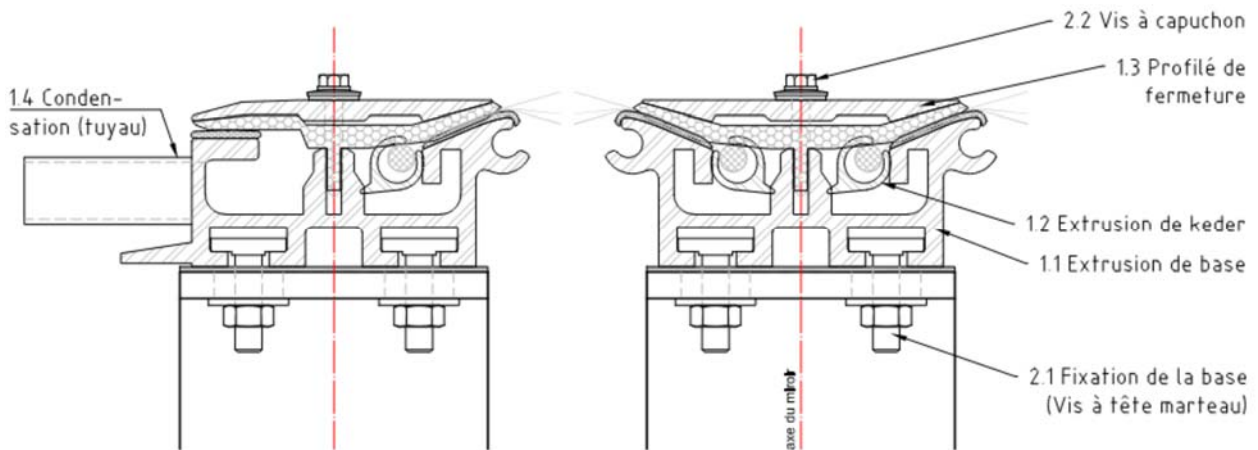


Figure 4 - Profilé Texlon type F, sans rainures F20

US (version asymétrique)

UD (version symétrique)

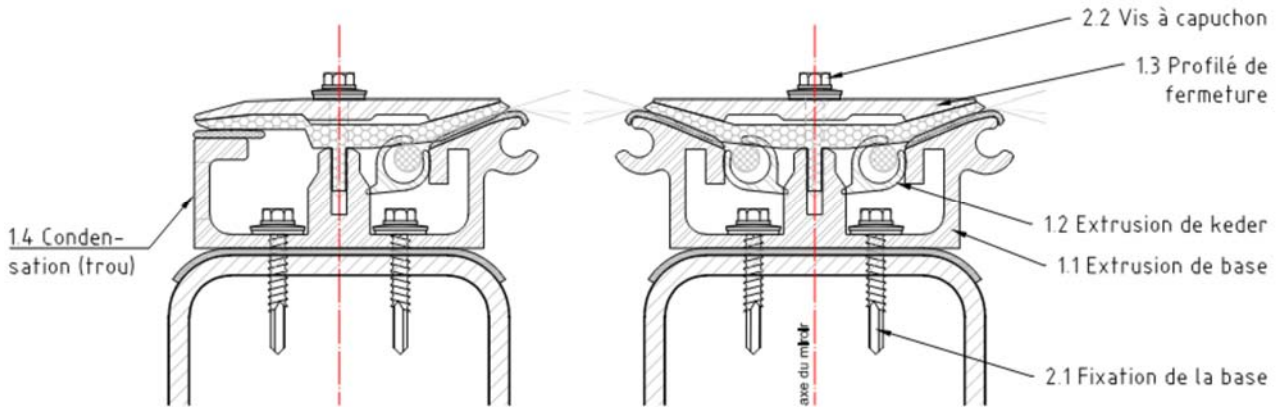


Figure 5 - Profilé à visser FE13

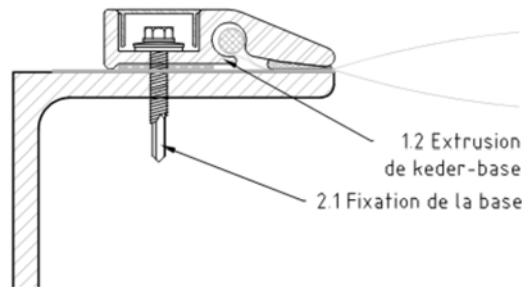


Figure 6 - Profilé de serrage de gouttière FE14

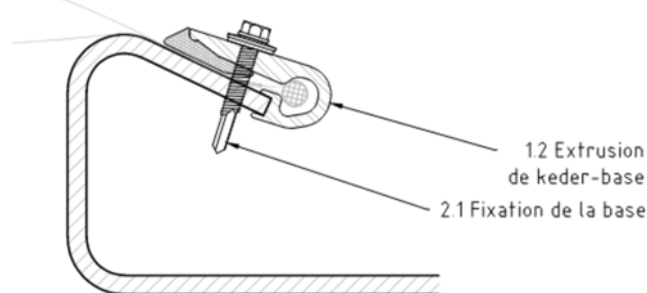
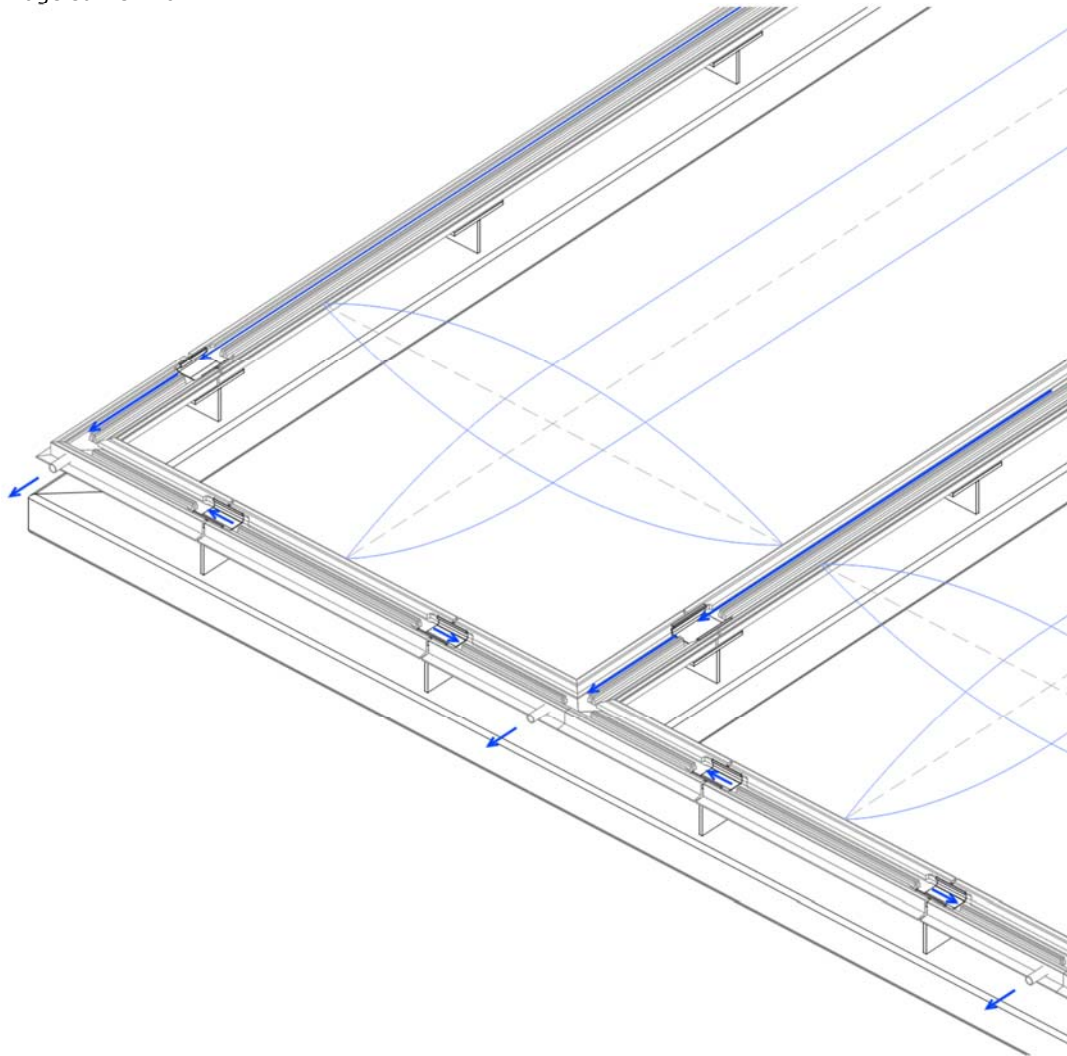


Figure 7 – Drainage avec profilés TEXTLON et tuyau de condensation

Tuyau de drainage sur le F16



Tuyau de drainage sur le F15



Figure 8 - Système d'étanchéité

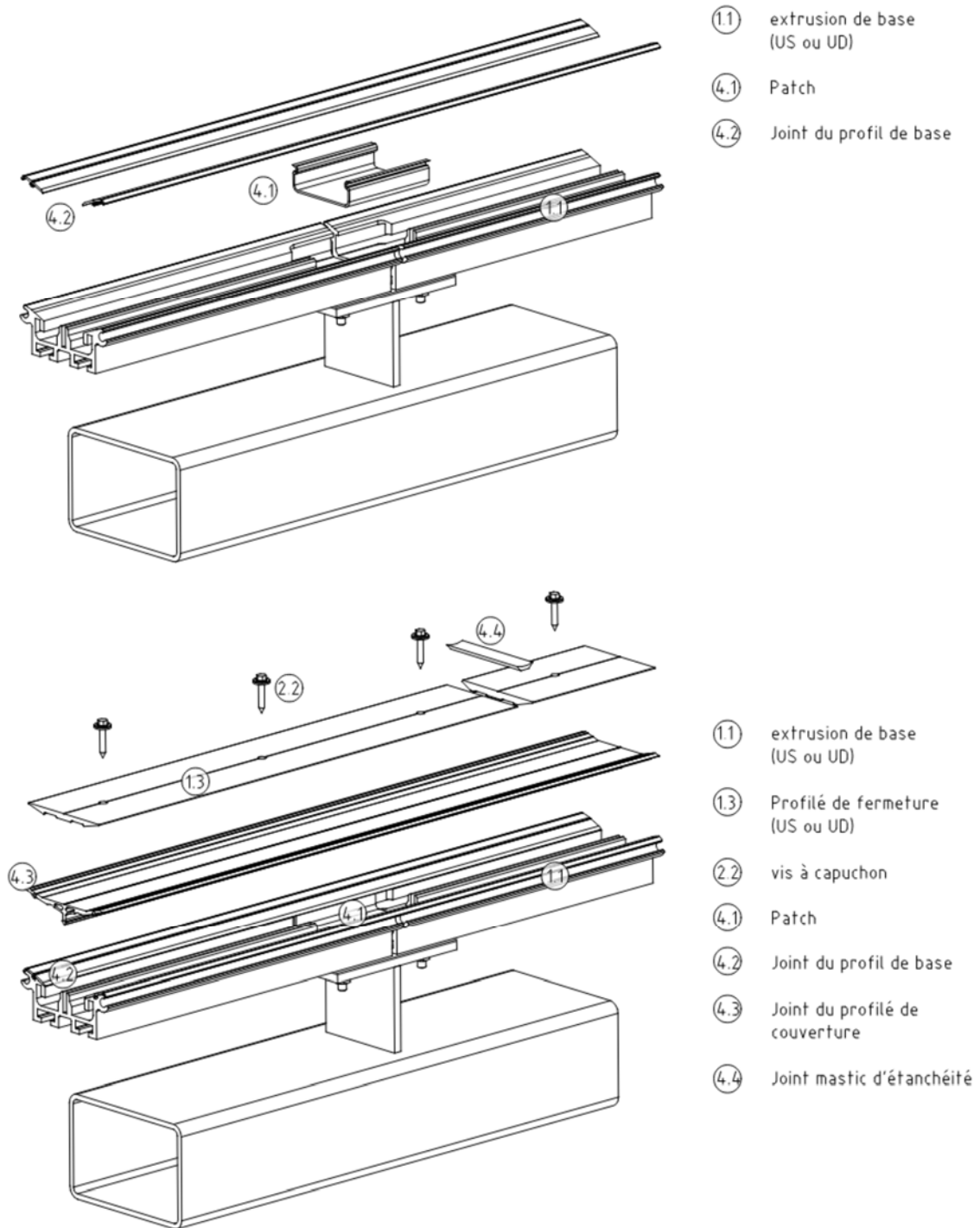


Figure 9 - Entretoise - Exemple de T de fixation ponctuel

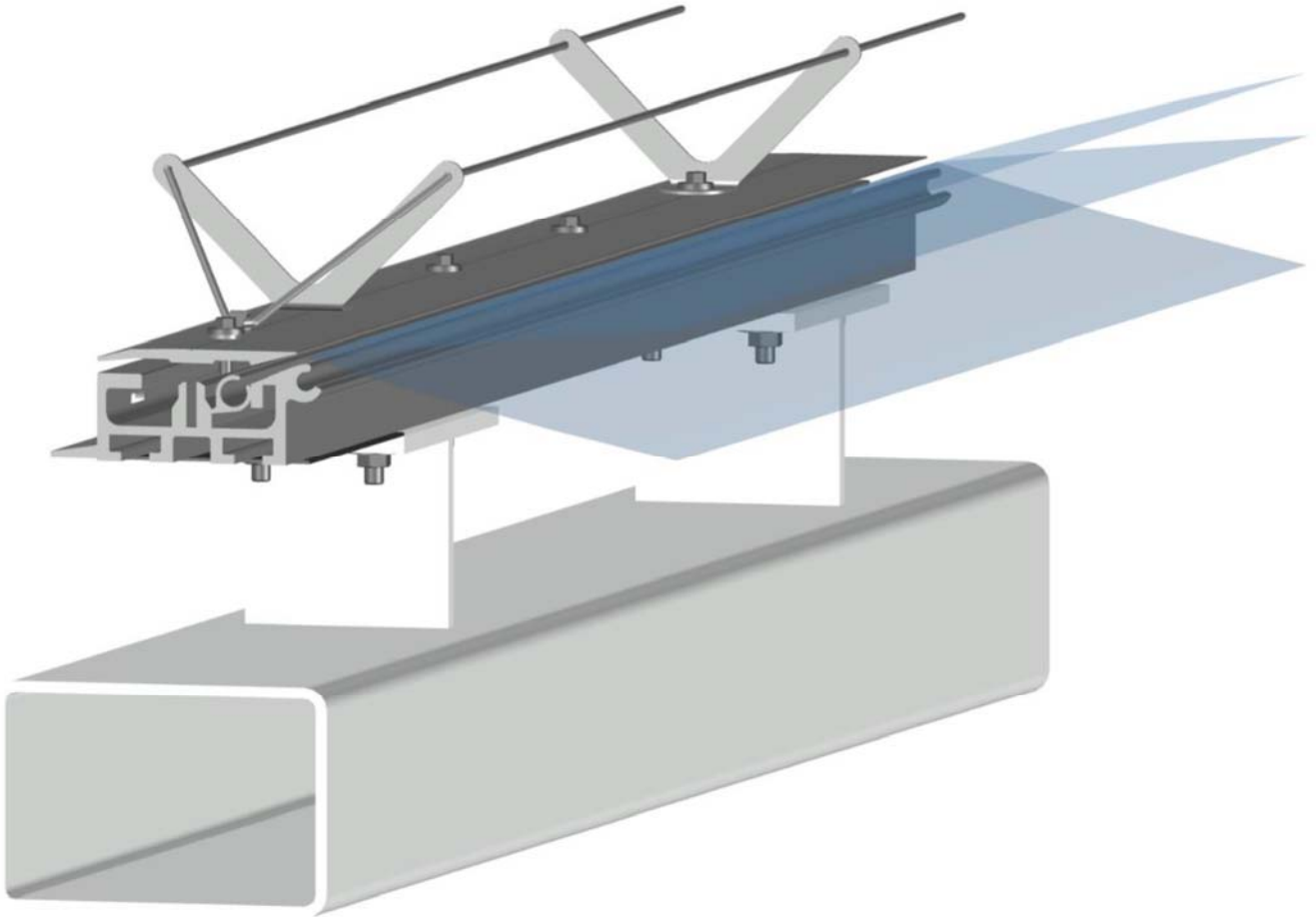


Figure 9 bis - Entretoise – Exemple d'équerre de fixation continue

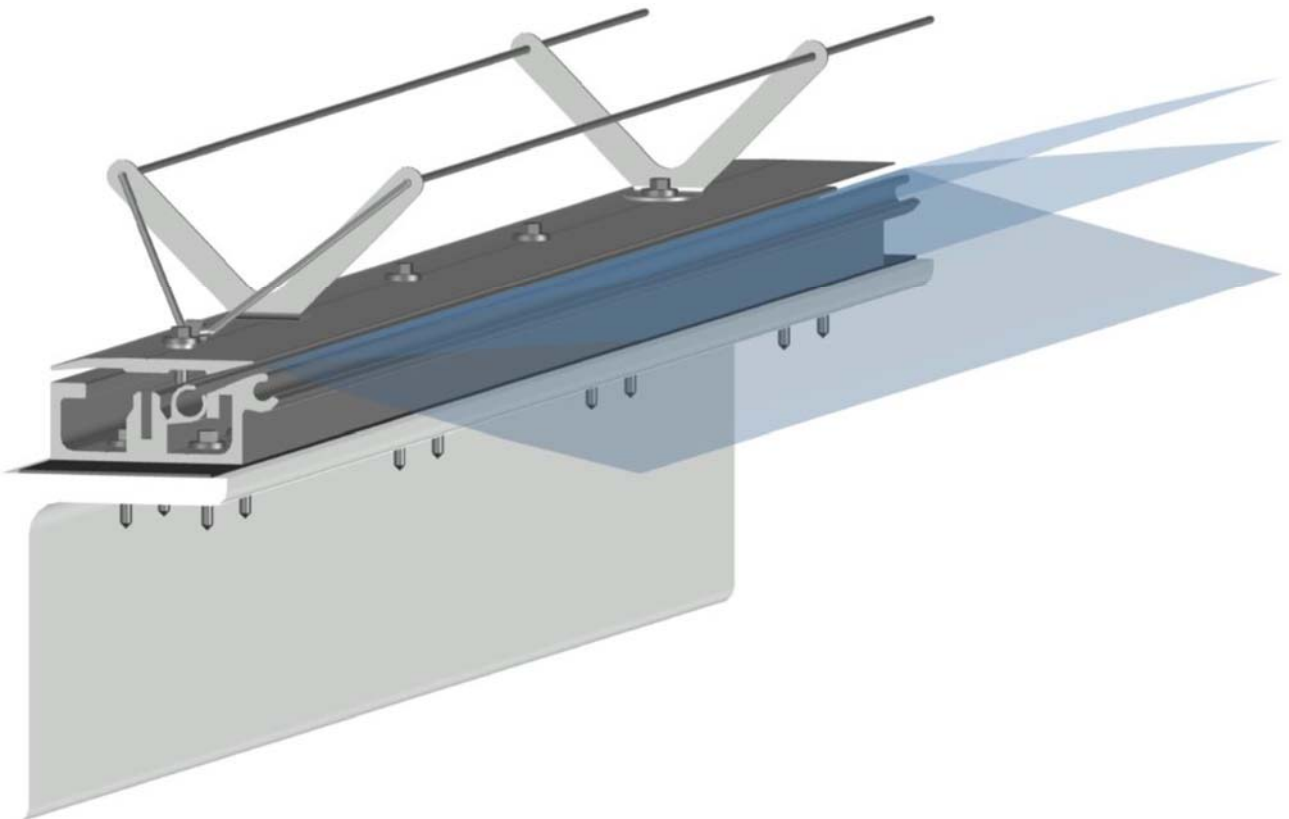


Figure 10 - Alimentation en air (F16, vanne ETFE, tuyau PVC)

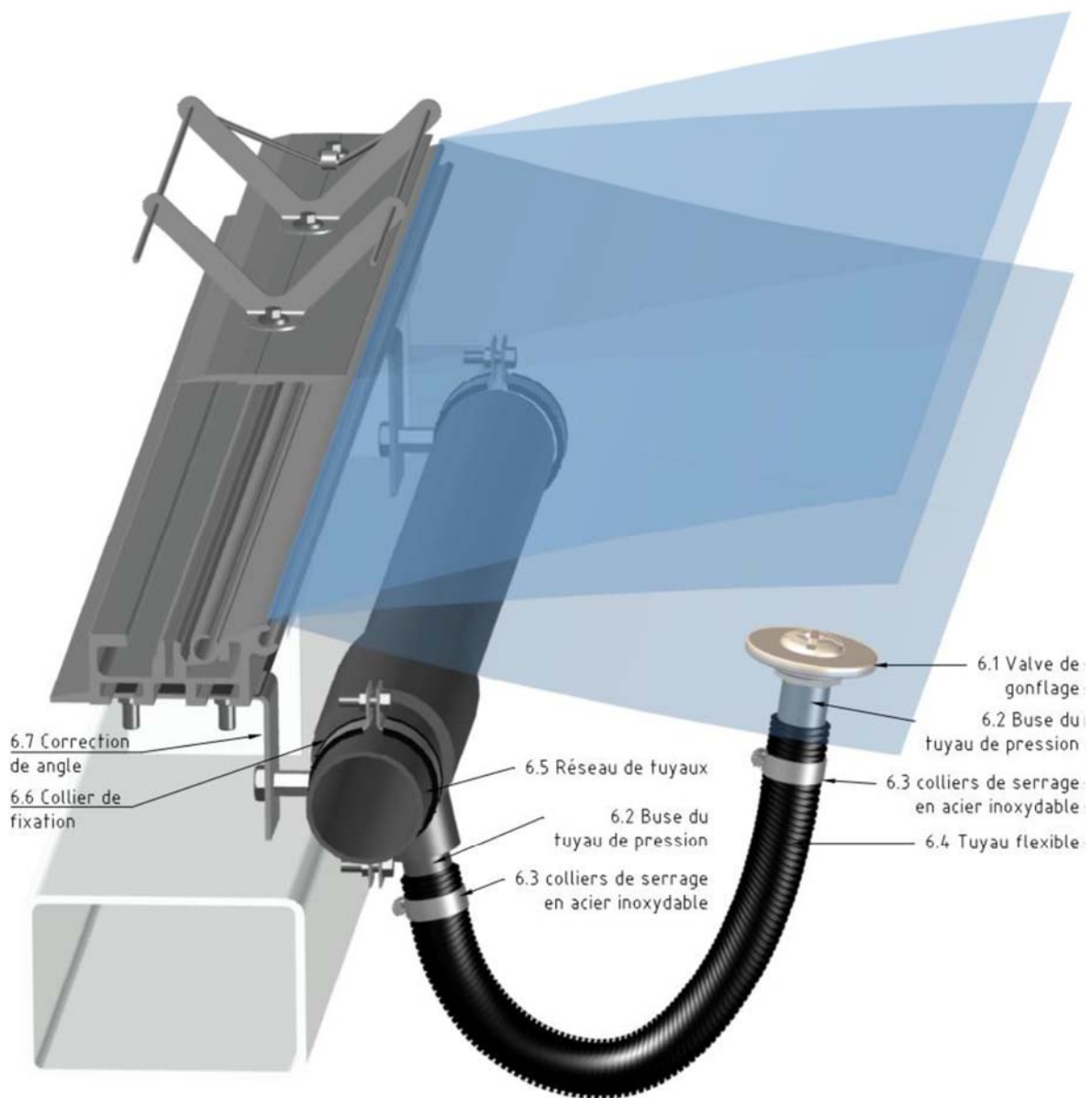
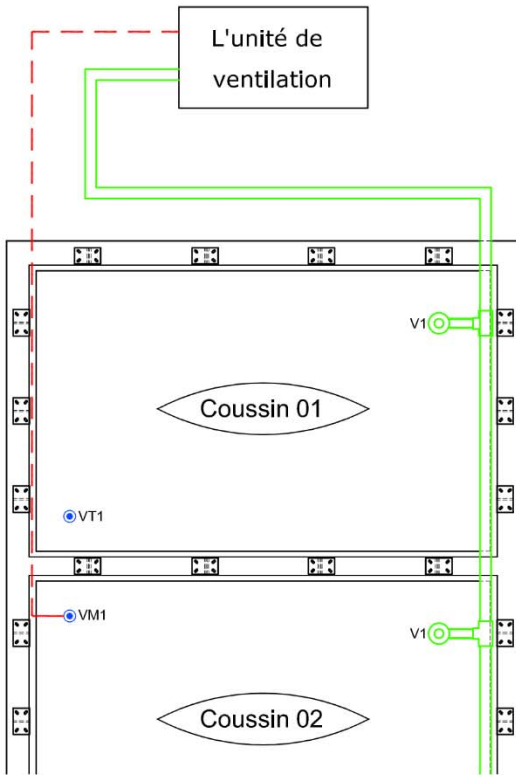
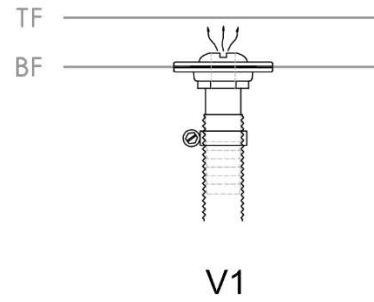


Figure 11 - Coussin à 2 couches – Schéma d'approvisionnement

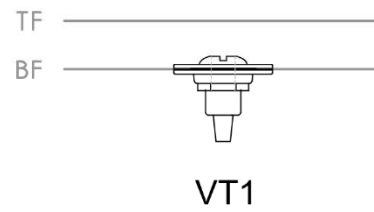
Schéma d'approvisionnement



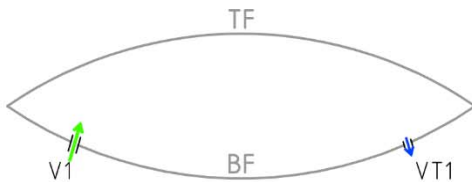
Valve de gonflage



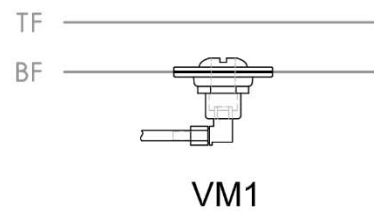
Valve de contrôle de la surpression



Coussin



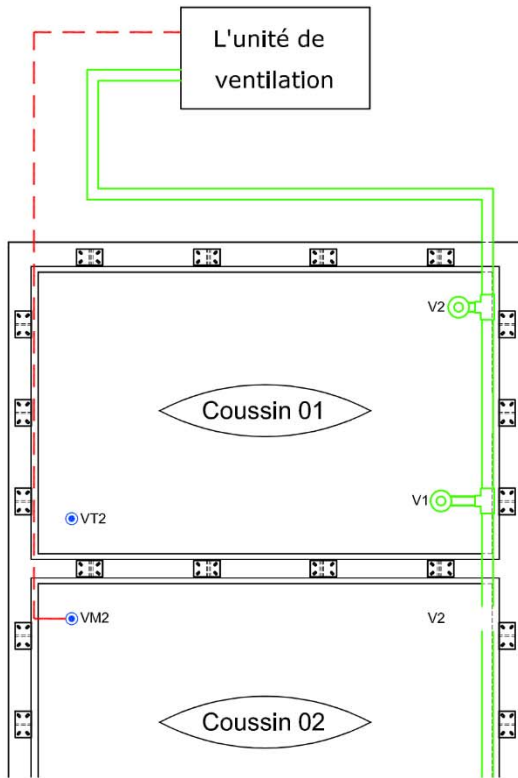
Valve de mesure de pression
(1x par toit)



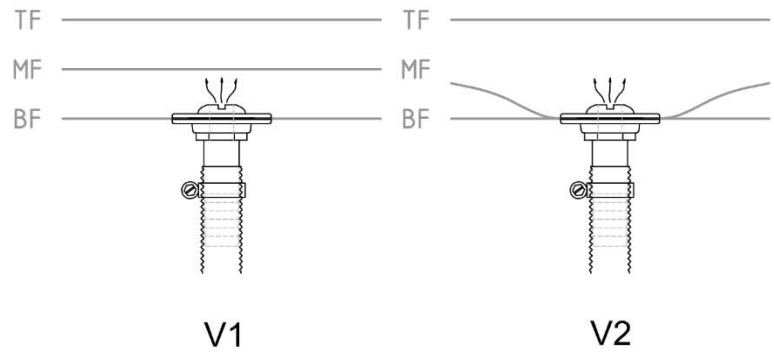
Le choix de la vanne et sa position dépendent du projet.

Figure 12 - Coussin à 3 couches - Schéma d'approvisionnement

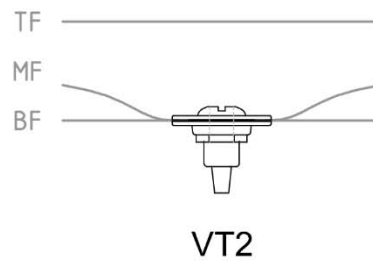
Schéma d'approvisionnement



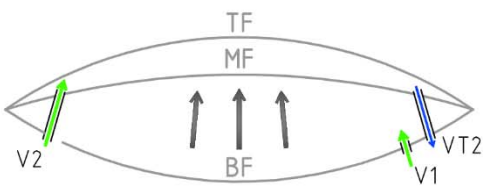
Valve de gonflage



Valve de contrôle de la surpression

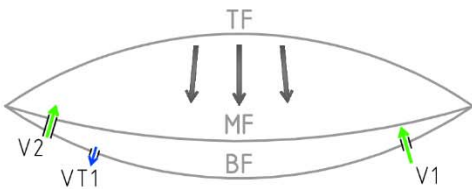


Coussin de fermeture



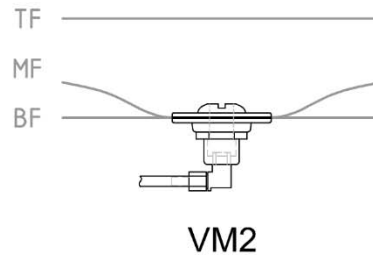
Variété de coussins

(film central vers le bas)



Valve de mesure de pression

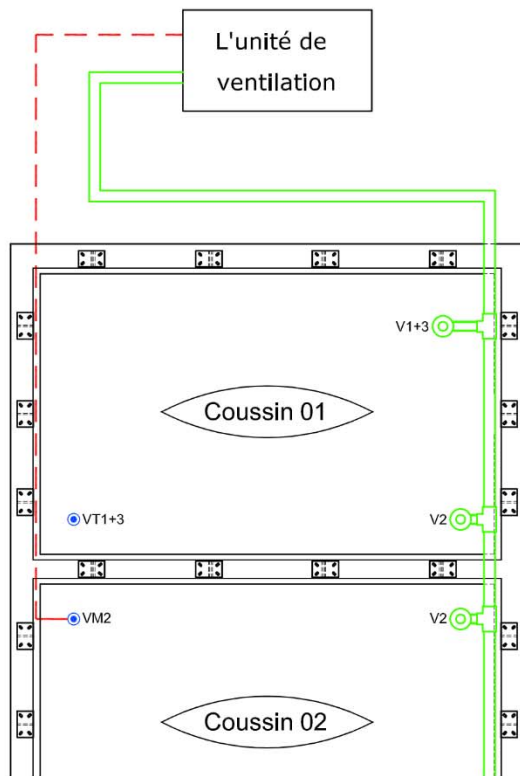
(1x par toit)



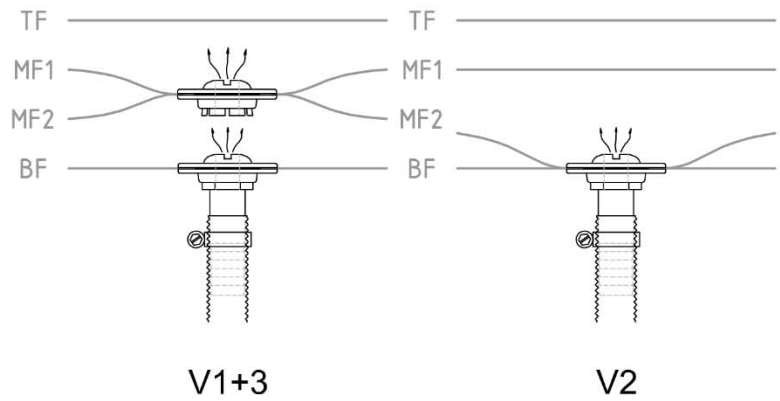
Le choix de la vanne et sa position dépendent du projet.

Figure 13 - Coussin à 4 couches - Schéma d'approvisionnement

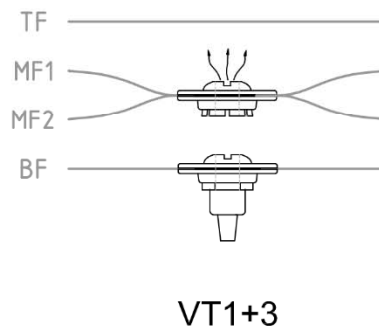
Schéma d'approvisionnement



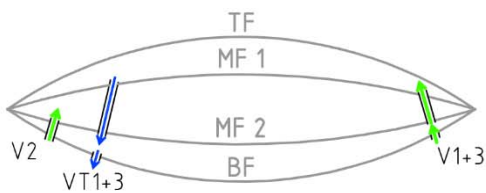
Valve de gonflage



Valve de contrôle de la surpression

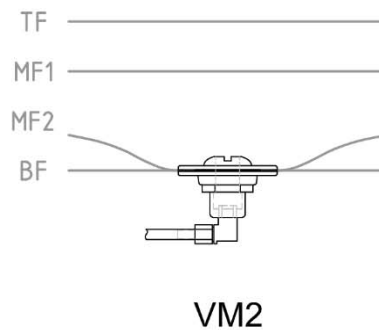


Coussins



Valve de mesure de pression

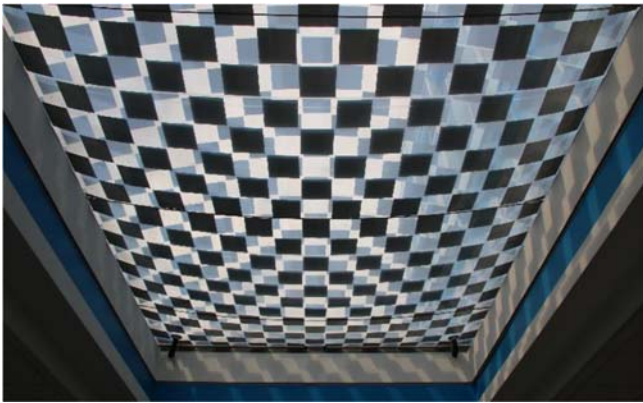
(1x par toit)



Le choix de la vanne et sa position dépendent du projet.

Figure 14 - Pare-soleil Vario avec le motif SQM 97:45

Etat ouvert



Etat fermé

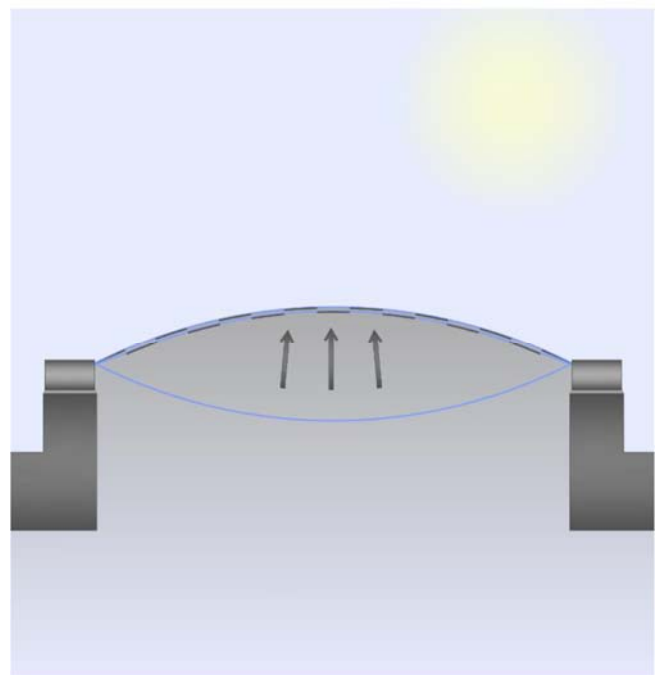
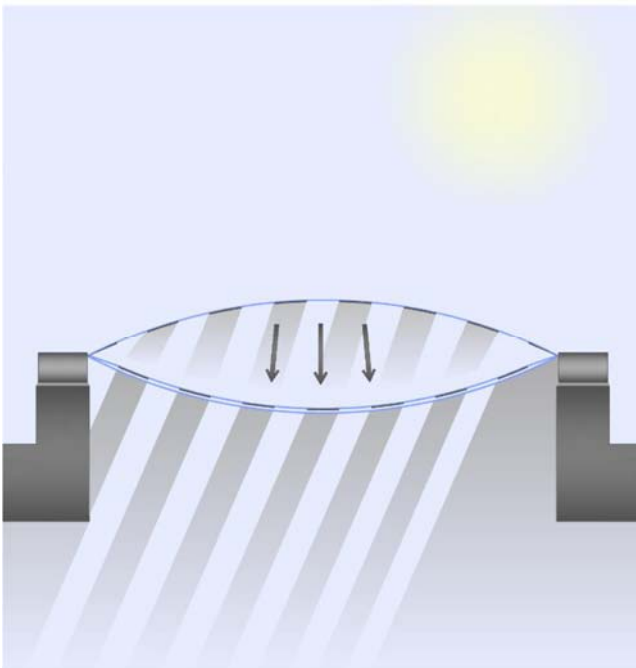
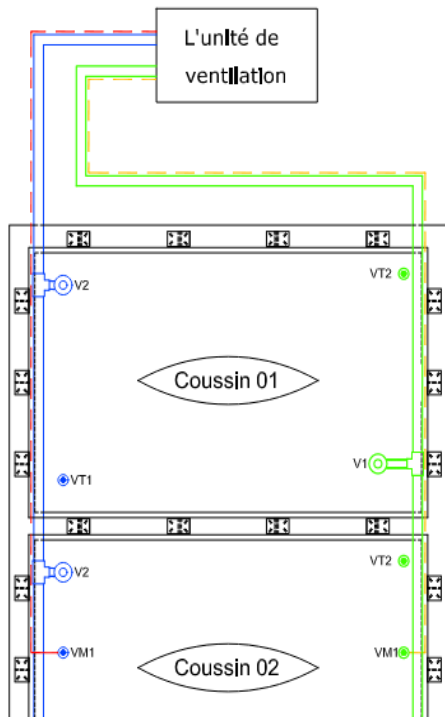
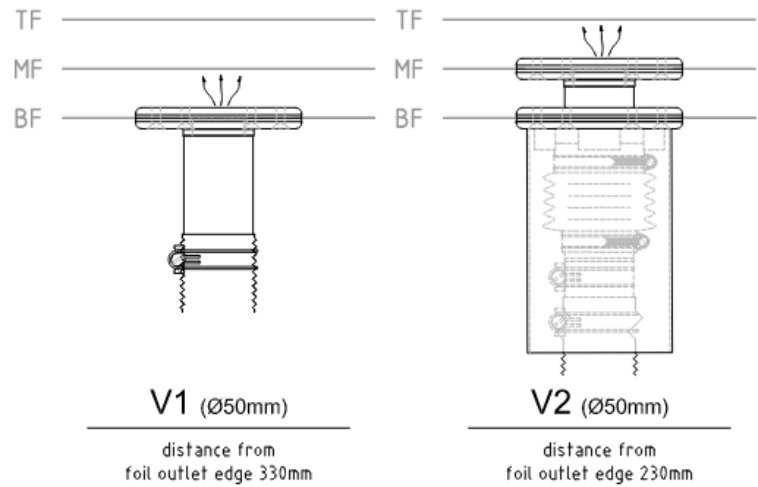


Figure 15 - Ombrage Vario – Schéma d’approvisionnement

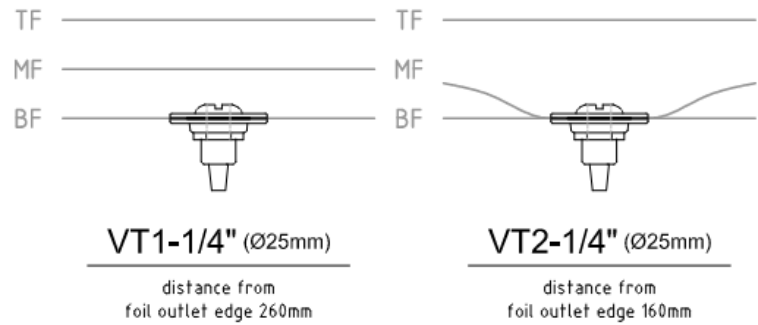
Schéma d’approvisionnement



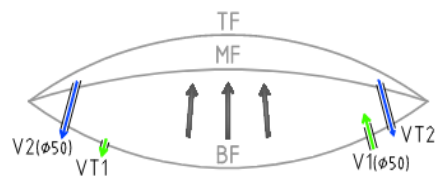
Valve de gonflage



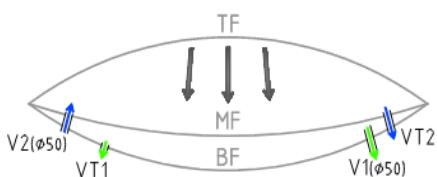
Valve de contrôle de la surpression



Coussin de fermeture



Coussin d’ouverture



Valve de mesure de pression

(1x par tolt)

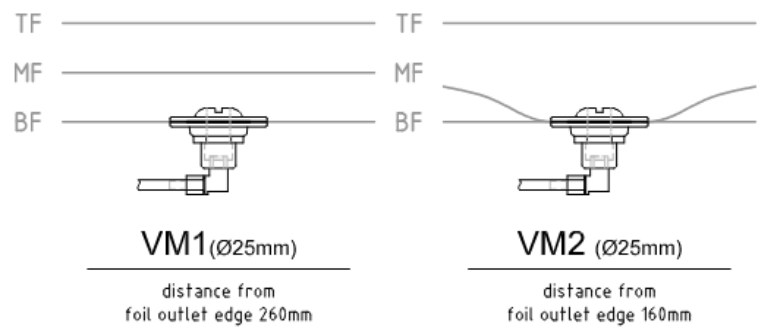


Figure 16 - Exemple de plaque de seuil

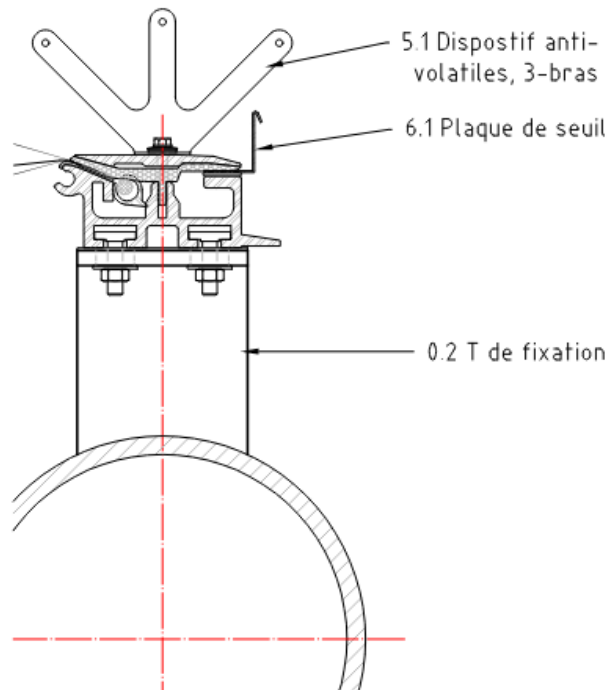


Figure 17 - Exemple de plaque de bordure avec gouttière

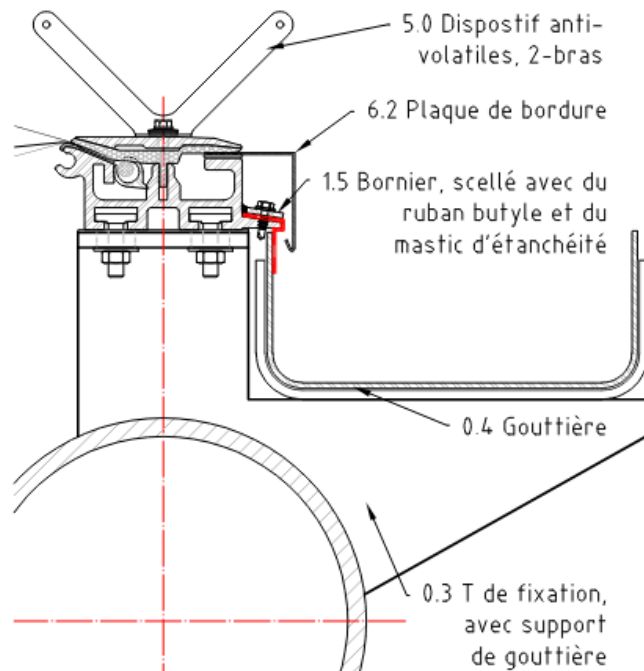


Figure 18 - Exemple de plaque de bordure, isolée

