

Sur le procédé

FLAT-TEX

Famille de produit/Procédé : Façade et couverture en toile tendue

Titulaire(s) : Société **LOSBERGER SAS**

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V3	Il s'agit de la première révision : Mise en œuvre des panneaux photovoltaïques sur armature secondaire Précisions sur mise en œuvre de la façade par éléments de travée Ajout de références de membrane	BOULLON Tamara	VALEM Frédéric
V2	Il s'agit d'une prorogation d'un an.	BOULLON Tamara	VALEM Frédéric

Descripteur :

Fabrication et mise en œuvre de couvertures et façades verticales planes composées de membrane polyester/PVC pour bâtiment industriel et bâtiment à usage sportif et de loisirs en charpente bois et/ou acier et /ou aluminium. Les façades sont fixées sur les éléments de charpente (bois / acier / aluminium) avec des profilés aluminium rapportés ou directement dans les profilés de charpentes en aluminium extrudés.

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.	Aspects sanitaires.....	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	5
2.	Dossier Technique.....	6
2.1.	Mode de commercialisation.....	6
2.1.1.	Coordonnées	6
2.2.	Description.....	6
2.2.1.	Principe.....	6
2.2.2.	Caractéristiques des composants	6
2.2.3.	Données environnementales	7
2.3.	Dispositions de conception.....	7
2.3.1.	Conditions de conception.....	7
2.3.2.	Membranes textiles	7
2.3.3.	Ossature support.....	7
2.4.	Dispositions de mise en œuvre.....	8
2.4.1.	Mise en œuvre	8
2.4.2.	Hypothèses de calcul	8
2.4.3.	Logiciel de calcul	9
2.4.4.	Tensions admissibles	9
2.4.5.	Cinématique de mise en œuvre	10
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé	14
2.5.1.	Réparation.....	14
2.5.2.	Entretien et maintenance.....	14
2.6.	Traitement en fin de vie	14
2.7.	Assistante technique	14
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	14
2.8.1.	Fabrication et contrôle.....	14
2.8.2.	Fabrication	14
2.8.3.	Contrôles.....	16
2.9.	Mention des justificatifs	16
2.9.1.	Résultats expérimentaux	16
2.9.2.	Références chantiers	18
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	19

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « 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 ouvrages peuvent être mis en œuvre dans toutes les zones de vent et toutes zones de neige hors climat de montagne.

1.1.2. Ouvrages visés

Les façades et les couvertures en membranes composites tendues sont mises en œuvre pour des bâtiments industriels et des bâtiments à usage sportif et de loisirs sur une charpente bois et/ou métallique non isolée pour lesquels la condensation et les infiltrations d'eau accidentelles peuvent être admises.

Le présent avis vise uniquement les locaux à faible et moyenne hygrométrie.

Le présent Avis ne vise pas les éléments intégrés dans la façade et/ou dans la couverture en toile.

Afin d'éviter le risque de dégradation, l'accès à proximité des membranes des usagers doit être proscrit. Une distance minimale de 2,50 mètres entre la membrane et l'aire d'activité permet de répondre à cette exigence.

1.1.2.1. Couvertures

La pente des couvertures doit être suffisante pour permettre l'écoulement des eaux pluviales. Elle est supérieure à 20% par rapport à l'horizontale, sous pré-tension. Dans tous les cas, l'absence de poches d'eau sous charges de neige pondérées (ELU) doit être démontrée par calcul.

Elle abrite des intempéries sans répondre aux exigences de l'étanchéité à l'eau d'une couverture assurant le couvert d'un bâtiment.

La mise en œuvre en climat de montagne n'est pas visée.

1.1.2.2. Façades

Les façades (strictement verticales) en membrane composite tendue seront mises en œuvre pour des bâtiments industriels et bâtiments à usage sportif et de loisirs en charpente bois et/ou métallique non isolée et utilisables dans toutes conditions d'exposition.

Les dimensions des membranes sont adaptées en fonction de la pression de vent du site, conformément au §7 - dimensionnement.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Les toiles tendues ne participent pas aux fonctions de stabilité et de contreventement des bâtiments, de transmission de charges et de résistance aux chocs de sécurité.

La stabilité propre des ossatures secondaires des façades et des couvertures sous charges climatiques peut être convenablement assurée dans le domaine d'emploi accepté.

La stabilité de la structure primaire et de l'ossature secondaire sont à justifier au cas-par-cas en fonction de la localisation du chantier.

Les profilés de couverture et façade doivent être vérifiés dans le cadre du dimensionnement de la charpente.

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 les établissements recevant du public, les lieux de travail, etc.

L'ensembles des membranes blanche ou colorées ont un classement de réaction au feu M2. Les membranes comportant une sérigraphie devront faire l'objet d'un PV de classement de réaction au feu spécifique du fait de la présence de sérigraphie.

1.2.1.3. Pose en zone sismique

Une étude vis-à-vis du risque sismique devra être réalisée conformément aux réglementations en vigueur (notamment EN 1998), lorsque les profilés aluminium assurent également un rôle structurel dans l'ouvrage de charpente.

1.2.1.4. Etanchéité

L'étanchéité n'a pas été évaluée dans le cadre de l'Avis Technique.

1.2.1.5. Données environnementales

Le procédé « FLAT-TEX » ne dispose d'aucune déclaration environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

1.2.1.6. Aspect sanitaire

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté, et l'exploitation de ceux-ci.

Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.1.7. Autres informations

- Sécurité aux chocs

La sécurité des usagers vis-à-vis des chutes n'est pas assurée par les membranes.

- Sécurité des intervenants

La mise en œuvre 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 antichute selon la réglementation en vigueur.

- Condensation

Le risque de condensation à l'intérieur des locaux ne peut être totalement exclu. Le bâtiment doit être suffisamment ventilé en fonction de ses conditions d'utilisation.

1.2.2. Durabilité

Bien que l'expérience en œuvre ait montré que la membrane textile ne subissait ni le jaunissement, ni la baisse de transmission lumineuse, ni l'affaiblissement des propriétés mécaniques pendant au moins dix ans, le changement d'aspect de la façade 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).

La réparation confère à l'élément de façade ou de couverture réparé, la même durabilité que celle attendue d'un élément d'origine.

1.2.3. Aspects sanitaires

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Du fait du risque de condensation, les éléments doivent être adaptés pour résister au mouillage : classe de service du bois suivant la norme NF EN 335 et protection contre la corrosion suivant la norme NF EN 24-351.

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

Le non-contact des membranes avec la charpente et les avoisinants sera vérifié sous chargement ELU.

Une étude de stabilité de la charpente devra être réalisée en considérant un cas de charge avec une membrane déchirée (chargement dissymétrique des éléments de charpente).

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 réalisé par le titulaire.

Titulaire : LOSBERGER DEBOER SAS

1 rue du Brush

FR-67170 BRUMATH

2.2. Description

2.2.1. Principe

Fabrication et mise en œuvre de couvertures et façades verticales planes composées de membrane polyester/PVC pour bâtiment industriel et bâtiment à usage sportif et de loisirs en charpente bois et/ou métallique. Les façades sont fixées sur les éléments de charpente (bois et/ou métallique) avec des profilés aluminiums rapportés ou directement dans les profilés de charpentes en aluminium extrudés.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Membranes textiles

La membrane textile est constituée d'une armature tissée en polyester haute ténacité avec enduction en PVC souple sur les 2 faces et vernis de finition sur les 2 faces.

La membrane provient de la société Serge FERRARI et Verseidag.

Dénominations commerciales des membranes		
Ancienne dénomination	Nouvelle dénomination	Provenance
Précontraint 602 S2	Flexlight Classic 602 S2	Ferrari
Précontraint 702 S2	Flexlight Perform 702 S2	Ferrari
Précontraint 832 S2	Flexlight Classic 832 S2	Ferrari
Précontraint 902 S2	Flexlight Advanced 902 S2	Ferrari
Précontraint 1002 S2	Flexlight Advanced 1002 S2	Ferrari
Précontraint TX30-S2	Flexlight Xtrem TX30-II	Ferrari

S2 : Soudable

Tableau 1 – Dénomination des membranes textile FERRARI

2.2.2.2. Profilés aluminium

Profilés aluminiums extrudés par des sociétés titulaires du label QUALANOD, QUALICOAT ou QUALIMARINE et certifiées ISO 9001.

- Profils utilisés pour les façades – maintien des membranes :
 - Profil double gorges MU115 147/24 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6061 T6 / 6106 T6 / 6082 T6
 - Profil simple gorge MU028 47/24 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6061 T6 / 6106 T6 / 6082 T6
- Profils utilisés comme éléments structuraux + maintien des membranes dans le cadre des couvertures :
 - Profil MU004 125x75 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6061 T6 / 6082 T6
 - Profil MU002 210x110 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - Profil MU003 210x110 RENF en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - Profil MU001 285x110 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - Profil MU183 320x115 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - Profil MU184 400x115 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - Profil MU346 420x120 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - MU081 177x75 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6
 - P1 320x120 en aluminium extrudé 6005A T6 / 6082 T6

2.2.2.3. Visserie

Vis en acier de classe 8.8 zinguée / galvanisée ou en acier inoxydable A2 ou A4 selon les exigences et contraintes géographiques et climatiques.

Les caractéristiques propres à chaque référence de vis doivent permettre de transmettre les efforts, du profil à l'ossature support (Figure 27). Les efforts qui sont déterminés en fonction de l'entraxe sont déterminés selon les calculs spécifiques à chaque opération et détermineront la référence de vis adéquate et l'entraxe de mise en œuvre.

2.2.2.4. Ossature support

2.2.2.4.1. Charpente bois

Les éléments de charpente supports des façades textiles et des éléments de couverture sont en bois lamellé-collé de qualité allant de GL24h à GL32h, conformément à la norme NF EN 14080 et avec une classe d'emploi 3 au minimum dans le cadre des structures fermées et une classe d'emploi 3 dans le cadre des structures ouvertes.

2.2.2.4.2. Charpente acier

Les profilés utilisés sont en acier doux laminé, de qualité allant de S235 à S355, conformément à la norme NF EN 1090-2. Tous les éléments sont galvanisés à chaud.

2.2.2.4.3. Charpente aluminium

Les profilés utilisés sont en alliage d'aluminium de construction, des 6005 à 6082 T6 conformément à la norme NF EN 1090-3. Nos fournisseurs sont certifiés QUALANOD dans le cadre de la protection contre la corrosion (anodisation sulfurique).

2.2.3. Données environnementales

Il n'a pas été fourni de données environnementales.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. 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 façades est réalisé par la société LOSBERGER avec un logiciel spécialisé et dédié au calcul des toiles (logiciel EASY de la société TECHNET).

Le dimensionnement de l'ossature primaire doit tenir compte de la descente de charge spécifique à ce système, définie par LOSBERGER. De plus, la déformation à l'ELU sera limitée au non-contact des membranes avec l'ossature primaire.

Les résistances limites données dans le tableau 6 correspondent à la résistance à rupture, déterminée par le fabricant de la toile. Les modules d'Young des membranes sont donnés dans le tableau 5 et sont déterminés par des essais bi-axiaux sur ces membranes.

2.3.2. Membranes textiles

Les membranes textiles correspondant à une membrane de type 1 et 2 conformément aux « Recommandations pour la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile ».

Les caractéristiques mécaniques sont définies dans les tableaux 5 et 6 en annexe.

2.3.3. Ossature support

Les systèmes de façade et de couverture sont soit :

- Maintenus à l'aide des profilés aluminiums rapportés, simple gorge et / ou doubles gorges, fixés sur un support qui peut être une charpente bois et/ou métallique (profilés MU028 et MU115).
- Maintenus directement dans les gorges des profilés de la charpente si elle est en aluminium (profilés MU001 à MU346)

Après détermination par le calcul des différents efforts induits par la membrane et ses chargements climatiques, l'ossature et ses assemblages sont calculés conformément à l'Eurocode 5 pour les structures bois, à l'Eurocode 3 pour les charpentes acier et à l'Eurocode 9 pour les structures en aluminium.

Ainsi pour chaque projet, une note de calcul de la structure et de ses éléments d'assemblage sera établie précisant les charges, les caractéristiques des connecteurs (valeur caractéristique, diamètre, longueur, entraxe, ...), celles de la charpente (matériaux, sections, ...) et la validation aux Eurocodes.

La structure porteuse doit être stable en l'absence de la membrane de couverture et de façade.

Si la membrane est en contact avec l'ossature secondaire, toutes les arêtes seront arrondies ($R > 2\text{mm}$) ou chanfreinée.

Pour protéger les demi-fermes de l'exposition prolongée à l'humidité par contact / condensation, elles sont équipées d'un joint néoprène qui permet d'éviter ce phénomène entre l'aluminium et le bois et donc sa putréfaction (Figure 30). En périphérie, une fois que les membranes sont mises en place et les profils de tension fixés sur les poteaux bois, des tôles de finition assurant l'étanchéité sont fixées sur ces éléments (Figure 31). En complément, en partie basse, une bavette en membrane passe sous le profilé double-gorge avant qu'il soit vissé pour garantir une meilleure étanchéité, notamment au niveau du système de tension vertical (Figure 32).

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Mise en œuvre

La mise en œuvre est réalisée par la société LOSBERGER ou par des entreprises spécialisées sous la direction technique de la Société LOSBERGER.

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.

La Société LOSBERGER 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).

2.4.2. Hypothèses de calcul

2.4.2.1. Couverture

Le modèle de calcul prend donc en compte les charges suivantes :

- le poids propre des éléments (structure, membrane)
- la pré-tension de la membrane
- les charges de vent et de neige (couverture)

Dans le cas spécifique des couvertures, on doit vérifier l'absence de poches susceptibles de recueillir et d'accumuler de l'eau, sous la combinaison pondérée : pré-tension + poids propre + neige ELU en couverture.

2.4.2.2. Sollicitations

Les effets de la neige sur une façade sont nuls et les actions sismiques sont considérées comme négligeables. Ainsi, seules les actions du vent sont à prendre en compte.

Dans le cas des couvertures, les effets de la neige sont à prendre en compte.

Les charges de vent sont calculées selon l'Eurocode 1 partie 4 (EN 1991-1-4) en prenant en compte l'annexe nationale française ainsi que l'amendement A1.

Les charges de neige sont calculées selon l'Eurocode 1 partie 3 (EN 1991-1-3) en prenant en compte l'annexe nationale française ainsi que l'amendement A1.

Pour les bâtiments à géométrie irrégulière, en accord avec l'Annexe Nationale, nous pourrions aussi nous référer aux « RECOMMANDATIONS POUR L'APPLICATION DE LA NF EN 1991-1-4 AUX CHARPENTES ET OSSATURES EN ACIER DE BATIMENT », éditées par le CITCM de juillet 2017.

NF EN 1991-1-4 2005, §3.2 : L'action du vent est représentée par un ensemble simplifié de pressions ou de forces dont les effets sont équivalents aux effets extrêmes du vent turbulent sans tenir compte de la porosité des membranes perforées.

2.4.2.3. Modules d'élasticité

En se référant aux « Recommandations pour la conception des ouvrages permanents avec couverture textile », qui explicite la procédure de détermination du module d'élasticité de la membrane, une série de tests permet d'aboutir aux résultats suivants :

	Module apparent (EA)	
	Chaîne (daN/mm)	Trame (daN/mm)
Flexlight Classic 602 S2	47	47
Flexlight Perform 702 S2	52	52
Flexlight Classic 832 S2	77	70
Flexlight Advanced 902 S2	77	70
Flexlight Advanced 1002 S2	77	70
Flexlight Xtrem TX30-II	85	70

Tableau 2 – SYNTHÈSE des modules apparents EA des membranes

2.4.2.4. Pré-tension

Pour le dimensionnement de la membrane en couverture, la combinaison de chargement associe les charges de vent et de neige à la pré-tension que l'on applique lors de la mise en œuvre de la membrane.

La pré-tension à appliquer dans le sens chaîne vaut 150 daN/ml. Elle est mise en œuvre par l'intermédiaire d'un système de tension constitué d'une barre cintrée à T = 0 et droite à T = 150 daN/ml (indicateur visuel de tension) et de tige de tension placées à chaque extrémité. La course des tiges de tension est calculée pour permettre de reprendre l'allongement théorique calculé tel que ci-dessus.

Pour les membranes de façade, seules les charges de vent sont combinées à la pré-tension.

Par construction, elles seront soumises à une pré-tension initiale de 100 daN/m en chaîne (sens vertical) et de 50 daN/m en trame (sens horizontal).

A partir de ces valeurs, on calcule un allongement théorique de la membrane pour en déduire un retrait (raccourcissement) à appliquer lors de la confection, de façon à garantir cette pré-tension une fois la membrane mise en place. En considérant un allongement linéaire dans les petits déplacements :

$$P_{tt} = E_t \times (\Delta L / L)$$

Avec :

ΔL : Allongement de la membrane de jonc à jonc pour engendrer la pré-tension (P_{tt}) dans le sens trame

L : Longueur de la membrane de jonc à jonc

E_t : module d'élasticité en trame

Donc la valeur de $\Delta L = \frac{P_{tt} \times L}{E_t}$



Tension par barre

Figure 1 – Système de tension par barre

2.4.3. Logiciel de calcul

Le calcul des membranes de façade et de couverture est réalisé à l'aide du logiciel Easy de Technet. Il est basé sur un noyau de calcul aux éléments finis et spécifique aux calculs non linéaires.

Il prend en charge des lois de matériaux précises avec des éléments de membrane triangulaires finis avec une rigidité chaîne / trame, y compris une extension transversale et une rigidité au cisaillement. Il intègre également une description simplifiée des matériaux pour les tissus orthotropes par rigidité chaîne / trame, où le comportement non linéaire du matériau peut être considéré. Le maillage peut être adapté aux dimensions voulues afin d'optimiser la précision des résultats.

Dans le cas des couvertures, il permet également de vérifier l'absence de poche d'eau en fonction des cas et combinaisons de charges paramétrés au préalable, ainsi que d'évaluer les évacuations des eaux de pluie.

2.4.4. Tensions admissibles

2.4.4.1. Tension de calcul et de dimensionnement de la membrane

Dimensionnement des membranes :

En partie courante (pleine membrane) la tension de dimensionnement de la membrane est donnée par :

$$f_d = \frac{k_q \times k_e \times k_{dyn} \times n_{eff} \times f_{rm}}{\gamma_M} \quad (2)$$

avec

f_d : tension de dimensionnement de la membrane, en chaîne ou en trame

f_{rm} : résistance moyenne à la traction uniaxiale, en chaîne ou en trame

k_q : facteur de qualité de la membrane

k_e : facteur d'échelle dépendant de la surface de l'élément de l'enveloppe

k_{dyn} : facteur de réduction dû à la fatigue à cause des effets dynamiques. Ce coefficient a été déterminé par les essais de fatigue et vaut 0,9 pour membranes citées au paragraphe 3.1.

n_{eff} : nombre de plis efficaces en cas de renforts, pris égal à 1 en l'absence de renfort

γ_M : coefficient de sécurité (voir tableau 3)

Le facteur de qualité de la membrane est donné par :

$$k_q = \min(k_t, k_s) \quad (3)$$

avec :

k_t : facteur de qualité de la membrane

k_s : facteur de qualité des soudures

- Le facteur de qualité de la membrane k_t est pris égal à 1 si ses caractéristiques mécaniques font l'objet d'un autocontrôle de fabrication validé par un laboratoire extérieur, ou si sa fabrication est certifiée ISO 9001. Il est pris égal à 0.8 dans le cas contraire.
- Le facteur de qualité des soudures k_s est pris égal à 1 si ses caractéristiques mécaniques font l'objet d'un autocontrôle de fabrication validé par un laboratoire extérieur, ou si sa fabrication est certifiée ISO 9001. Il est pris égal à 0.8 dans le cas contraire.
- Le facteur d'échelle k_e est donné en fonction de la surface S en m² de l'élément de couverture / façade composite par les expressions (4a et 4b) ou bien, sous forme simplifiée par le tableau 2 :

$$k_e = 1 \text{ pour } S \leq 50\text{m}^2 \quad (4a)$$

$$k_e = \left[\frac{50}{S} \right]^{1/5} \quad \text{pour } S > 50m^2 \quad (4b)$$

Surface S (m²)	0 à 50	50 à 200	250 à 500
k_e	1	0,9	0,85
Le facteur tient compte forfaitairement de l'augmentation avec la surface du risque de présence d'un défaut critique.			

Tableau 3 – Facteur d'échelle

Le coefficient de sécurité γ_M est donné par le tableau 4, d'après les conditions d'exposition de l'ouvrage à la pollution, et la nature de l'armature.

Exposition	Pollution moyenne	Pollution forte
Armature en polyester	4	4,5
Armature en verre	4	4,5

Tableau 4 – Coefficient de sécurité

Les recommandations préconisent une mise en forme en double courbure inverse, ce qui n'est plus le cas pour des membranes de façades plates. Un coefficient de fatigue k_{dyn} est appliqué sur la tension de dimensionnement de la membrane en chaîne et en trame définie par les « Recommandations pour la conception des ouvrages permanents de couverture textile ». L'objectif est de compenser le phénomène de fatigue induit par la sensibilité au fessillage plus importante que pour les membranes en double courbures.

La tension de dimensionnement des zones d'attaches (lisières, pointes de membranes, gamelles) est donnée par :

$$f_{d_loc} = \frac{k_q \times k_e \times k_{dyn} \times n_{eff} \times f_{rm}}{\gamma_{M_loc}} \quad (5)$$

Ou dans le cas d'un test de soudure :

$$f_{d_loc} = \frac{k_q \times k_e \times k_{dyn} \times n_{eff} \times f_{rs}}{\gamma_M} \quad (6)$$

Avec

k_q : facteur de qualité de la membrane tel que précédemment défini

n_{eff} : nombre de plis efficaces en cas de renforts, pris égal à 1 en l'absence de renfort

f_{rm} : résistance moyenne uniaxiale, en chaîne ou en trame

f_{rs} : résistance de la soudure de la membrane

k_{dyn} : facteur de réduction dû à la fatigue à cause des effets dynamiques. Ce coefficient a été déterminé par les essais de fatigue et vaut 0,9 pour membranes citées au paragraphe 2.2.2.1.

γ_{M_loc} : coefficient local de sécurité pris égal à 5

γ_M : coefficient de sécurité (voir tableau 4)

Efficacité des renforts

Les renforts sont être réalisés avec la membrane de base.

L'accroissement de résistance dû à la présence des renforts est apprécié comme suit :

- Résistance de (membrane + 1 renfort) : $n_{eff} = 1.9$
- Résistance de (membrane + 2 renforts) : $n_{eff} = 2.6$
- Résistance de (membrane + 3 renforts) : $n_{eff} = 3.1$

La disposition des renforts doit permettre une distribution uniforme de la tension dans les différents plis.

2.4.4.2. Tension admissible dans les assemblages

La solidité des éléments constitutifs de l'accastillage est justifiée par référence aux charges de rupture expérimentales garanties par les fabricants de ces éléments. A défaut de réglementation spécifique le coefficient de sécurité, par rapport à la rupture, à prendre en compte pour la justification des éléments sous l'effet des charges pondérées vaut $\gamma_a = 2,5$ pour les pièces d'assemblages.

2.4.5. Cinématique de mise en œuvre

2.4.5.1. Montage de la charpente

Le plan de contrôle, sous la responsabilité du titulaire, comprend :

- Implantation des plaques de bases à +/- 5mm par rapport au plan d'implantation fourni par le bureau d'études.
- Assemblage, levage et réglage de la charpente à +/- 5mm par rapport aux cotes théoriques des plans de montage fournis par le bureau d'études.
- Le chef de chantier contrôle les tolérances dimensionnelles de l'ouvrage avant mise en œuvre des éléments de façades et de couvertures : entraxe poteau, aplomb.

- Le responsable du chantier ne s'assure qu'aucun des profils ou éléments de structures n'ont d'arêtes vives qui pourraient endommager les membranes.

Dans le cas d'une charpente bois (membrane en couverture), il est nécessaire de fixer un profil aluminium à gorges sur l'extrados de la section des fermes (Figure 30). En périphérie, une fois que les membranes sont mises en place et les profils de tension fixés sur les poteaux bois, des tôles de finition assurant l'étanchéité sont fixées sur ces éléments.

2.4.5.2. Mise en place des membranes

Membranes de couverture (structure bois et/ou métallique) :

Les éléments de membrane sont présentés dans les gorges prévues à cet effet dans les profilés aluminium. Des cordes de tirages ont été au préalable fixé dans des anneaux prévus à cet effet. Une fois les membranes engagées dans les gorges, elles sont tirées jusqu'à arriver à leur position finale, couvrant toute la travée.

Les barres de tensions sont placées dans les fourreaux confectionnés à chaque extrémité de la membrane. Les barres sont ensuite positionnées dans les cavaliers des tiges de tensions présents à chaque extrémité de demi-ferme. Une fois en place, les barres sont mises en tension par le biais des tiges de tension. Cette dernière sera vérifiée par le niveau de cintrage résultant de la barre de tension. Lorsqu'elle est droite la tension requise est atteinte.

Les pannes sablières sont assemblées sur les pièces acier fixées en bout de demi-ferme par l'intermédiaire d'un boulon. Cette pièce a pour fonction d'être un support de panne sablière, un support du système de tension des membranes toitures et un élément de finition des demi-fermes.

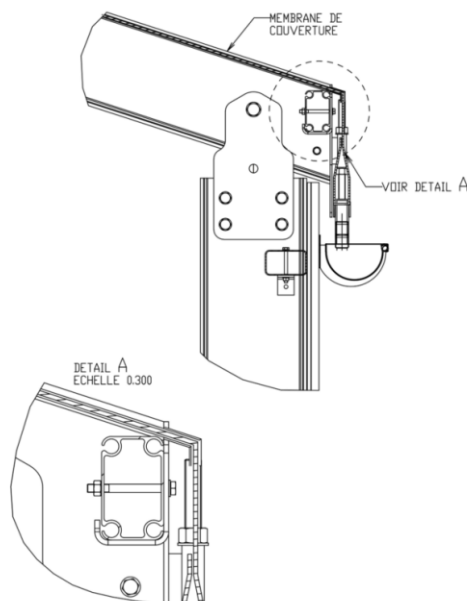


Figure 2 – Mise en œuvre de la couverture

Membrane de façade (ossature bois et/ou métallique) :

- Préparation du support

La membrane est enfilée horizontalement dans la gorge du profilé aluminium fixé sur les traverses ou les lisses supérieures (MU115).

- Mise en place de la membrane, précontrainte horizontale

Les profils aluminium MU115 sont enfilés sur les jonc verticaux placés aux extrémités des membranes. Le profil est positionné selon le plan de montage sur l'un des poteaux d'angle puis vissé avec les éléments prévus par le bureau d'étude. Ensuite à l'aide d'une pièce intermédiaire fixée temporairement sur le poteau d'angle opposé, le deuxième profils aluminium d'extrémité est positionné sur le poteau et la membrane est mise en tension par l'intermédiaire des tiges de tensions de la pièce installée spécifiquement pour le montage.



Figure 3 – Exemple de montage d'angle

- Précontrainte verticale

La rive inférieure de la membrane est équipée de fourreaux dans lesquels sont insérées des barres de tension comme décrit dans la partie couverture (paragraphe précédent).

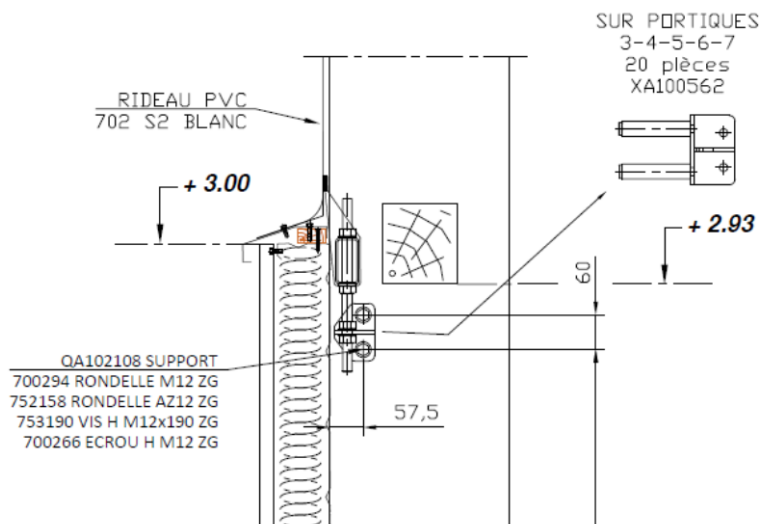


Figure 4 – Mise en œuvre de la façade

Fixation des bavettes intermédiaires

Fixation des bavettes sur les poteaux intermédiaires avec les plats aluminium vissés sur les poteaux en bois.

Fixation de la membrane sur les encadrements d'ouverture avec plats aluminium. L'ouverture dans la membrane est effectuée après mise en tension définitive et cadrage par les profilés aluminium.

Capotage de finition

Les rives extérieures en profilé aluminium de fixation de la membrane sont capotées avec des solins métalliques vissés. L'étanchéité est assurée par recouvrement et par les bavettes de finition soudées sur les membranes.

2.4.5.3. Protocole de mise en tension

La mise en tension des membranes textile peut être réalisée à partir d'une température minimale de 0°C

Mise en œuvre de la pré-tension transversale

La pré-tension transversale est induite par la traction longitudinale. En effet, le coefficient de Poisson de la membrane permet de caractériser la contraction de la matière perpendiculairement à la direction de l'effort appliqué. Par conséquent la pré-tension longitudinale de membrane engendre de fait la pré-tension dans le sens transversal. Les valeurs ont été caractérisées par des tests en laboratoire et mesurées sur sites.

Mise en tension horizontale des membranes de façade

La pré-tension horizontale P_{tt} en trame est de 50 daN/m.

En considérant un allongement linéaire dans les petits déplacements :

$$P_{tt} = E_t \times (\Delta L / L)$$

Avec :

ΔL : Allongement de la membrane de jonc à jonc pour engendrer la pré-tension P_{tt} dans le sens trame

L : Longueur de la membrane de jonc à jonc

Avec $E_t = 49 \text{ daN/mm}$ et $P_{tt} = 50 \text{ daN/ml}$, la relation entre ΔL et L est $\Delta L = 1,02 \cdot 10^{-3} \times L$

On doit donc allonger la membrane de 1,02 mm par ml de façade horizontale pour appliquer une pré-tension de 50 daN/ml. Par exemple, pour une façade de tennis de 36 m de longueur, il conviendra d'allonger la membrane de 37 mm. Le réglage de chaque rive verticale reprendra la moitié de l'allongement total.

Pour s'assurer de la bonne mise en œuvre de l'allongement ΔL en s'affranchissant des tolérances de montage de la charpente, le chef de chantier appliquera la tension à l'aide des tiges de tension prévues à cet effet. La course des tiges sera vérifiée et correspondra à l'allongement calculé ci-dessus.

Mise en tension verticale (Façades + couvertures)

La pré-tension verticale P_{tc} en chaîne est de 100 daN/m pour les façades, 150 daN/ml pour les couvertures.

En considérant un allongement linéaire dans les petits déplacements :

$$P_{tc} = E_c \times (\Delta H / H)$$

Avec :

ΔH : Allongement de la membrane de jonc à la barre de tension pour engendrer la pré-tension P_{tc} dans le sens chaîne

H : Hauteur de la membrane de jonc à jonc

Avec $E_c = 47 \text{ daN/mm}$ et $P_{tc} = 100 \text{ daN/ml}$, la relation entre ΔH et H est $\Delta H = 2,13 \cdot 10^{-3} \times H$

On doit donc allonger la membrane de 2,13 mm par ml de hauteur de façade pour appliquer une pré-tension de 100 daN/ml. Par exemple pour une façade de tennis de 5 m de hauteur, il conviendra d'allonger la membrane de 10,6 mm. Le réglage de la rive inférieure reprendra la totalité de l'allongement.

Pour les couvertures :

Avec $E_c = 47 \text{ daN/mm}$ et $P_{tc} = 150 \text{ daN/ml}$, la relation entre ΔH et H est $\Delta H = 2,13 \cdot 10^{-3} \times H$

On doit donc allonger la membrane de 2,13 mm par ml de hauteur de façade pour appliquer une pré-tension de 100 daN/ml. Par exemple pour une couverture de 36m de portée libre, il conviendra d'allonger la membrane de 76,68 mm. Le réglage de chaque barre de tension reprendra la moitié de l'allongement théorique.

Pour s'assurer de la bonne mise en œuvre de l'allongement ΔH en s'affranchissant des tolérances de montage de la charpente, le chef de chantier s'assurera de la course correspondante au niveau des tiges de tension et vérifiera également le cintrage de la barre de tension.

2.4.5.4. Mise en place de la façade par éléments de travée

Long-pan

- Préparation du support

La membrane est enfilée horizontalement dans la gorge du profilé aluminium fixé sur les traverses ou les lisses supérieures (MU004 / MU081 / MU115 ou équivalent si profil rapporté).

- Mise en place de la membrane

Une fois les membranes mise en place dans le profil supérieur tel que décrit au paragraphe 2.4.5.2, ces dernières sont enfilées dans les gorges des poteaux jusqu'à leur position basse.

Par la suite, une barre de tension est placée dans le fourreau confectionné en bout de membrane. La barre est ensuite positionnée dans les cavaliers des tiges de tensions présents à chaque extrémité sur les poteaux (sur la semelle ou le flanc selon les contraintes). Une fois en place, la barre est mise en tension par le biais des tiges de tension (poussée ou tirée selon les contraintes). Cette dernière sera vérifiée par le niveau de cintrage résultant de la barre de tension. Lorsqu'elle est droite la tension requise est atteinte.

La pré-tension verticale P_{tc} est de 100 daN/m.

Pignon

- Préparation du support

La membrane est enfilée horizontalement dans la gorge du profilé aluminium constituant la ferme.

- Mise en place de la membrane

Une fois les membranes mise en place dans le profil supérieur tel que décrit ci-dessus, ces dernières sont enfilées dans les gorges des poteaux jusqu'à leur position basse.

Par la suite, une barre de tension est placée dans le fourreau confectionné en bout de membrane. La barre est ensuite positionnée dans les cavaliers des tiges de tensions présents à chaque extrémité sur les poteaux (sur la semelle ou le flanc selon les contraintes). Une fois en place, la barre est mise en tension par le biais des tiges de tension (poussée ou tirée selon les contraintes). Cette dernière sera vérifiée par le niveau de cintrage résultant de la barre de tension. Lorsqu'elle est droite la tension requise est atteinte.

La pré-tension verticale P_{tc} est de 100 daN/m.

Traitement hygrothermique

La conductance thermique en position verticale d'une membrane est proche de $5,6 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Son isolation thermique est faible. La conception des bâtiments intégrant des ouvrages avec façade textile intégrera des dispositions techniques pour gérer les phénomènes de condensation associés aux parois non isolées (ventilation naturelle ou mécanique, traitement hygrothermique).

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

2.5.1. Réparation

En cas de sinistres, les réparations sont assurées sur le principe suivant :

- Petites déchirures (jusqu'à 50 centimètres) : la déchirure est réparée en soudant une bande de tissu de même nature sur la partie déchirée.

La soudure est réalisée au moyen d'un lester. Au préalable, les supports seront nettoyés et dégraissés sur les zones à souder.

- Déchirure moyenne (jusqu'à un mètre) : la réparation doit être effectuée par la mise en place d'une pièce soudée thermiquement sur l'endroit et l'envers de la membrane.
- Grosses déchirures (au-delà d'un mètre) : le module de toile doit être changé dans son intégralité. Le module endommagé est alors démonté et un nouveau module est mis en œuvre.

2.5.2. Entretien et maintenance

Le maître d'ouvrage est en charge d'assurer l'entretien courant du bâtiment.

Le comportement et l'entretien prévisible des profilés extérieurs sont analogues à ceux d'une façade ou d'une couverture traditionnelle.

Dans le cas d'une forte pollution environnementale ou d'une exposition singulière, le nettoyage des toiles de couverture ou de façade peut être réalisé par la société à la demande du maître d'ouvrage.

2.6. Traitement en fin de vie

Pas d'information apportée.

2.7. Assistante technique

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

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication et contrôle

Les dispositions prises par la Société LOSBERGER Deboer sont propres à assurer la constance de qualité des façades et des accessoires associés aux profilés.

Les dispositions de fabrication adoptées par les sociétés applicatrices du système (Société LOSBERGER Deboer et sous-traitant), et respectant les prescriptions de la Société LOSBERGER Deboer, permettent de compter sur une constance de qualité suffisante.

La fabrication du système Flat-Text doit être réalisée en prenant en compte les contrôles et les modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique (DT).

2.8.2. Fabrication

2.8.2.1. Conditions concernant la fabrication

La fabrication des toiles est réalisée conformément aux recommandations professionnelles avec soudure haute fréquence et largeur de soudure de 40 mm.

Dans le cadre du plan d'assurance qualité de la société LOSBERGER Deboer, une procédure adressée aux confectionneurs est mise en place. Cette procédure indique tous les points de contrôle à réaliser ainsi que les démarches à suivre pour la confection des membranes textiles.

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

Les soudures doivent faire l'objet d'un contrôle interne portant notamment sur leur aspect et leur résistance. Ce contrôle doit être complété par un contrôle externe (tierce partie indépendante reconnue compétente ou laboratoire spécialisé) dans le cas de grandes dimensions (surface totale de façades et des couvertures sur le projet $\geq 500 \text{ m}^2$).

Dans ce cas, les tests consistent à déterminer la force de rupture et l'allongement à la force maximale des éprouvettes par la méthode des bandes selon la norme NF EN ISO 1421 « Supports textiles revêtus de caoutchouc ou de plastique - Détermination de la force de rupture et de l'allongement à la rupture ». Les éléments à tester sont des éprouvettes prélevées en pleine toile et au niveau des soudures.

2.8.2.2. Profilés aluminium

Les profilés aluminium sont extrudés par la société SAPA (FRANCE), Constellium ou d'autres fileurs certifiés dans le respect de la norme EN 10204.

Ils sont ensuite parachevés en atelier afin de figer les entraxes de vis de fixation déterminés selon les calculs spécifiques à chaque opération.

Un ébavurage manuel est réalisé en atelier pour chaque profilé pour ne pas blesser les membranes. De plus, si la membrane est en contact avec la structure porteuse, toutes les arêtes seront arrondies ($R > 2\text{mm}$).

2.8.2.3. Charpente bois

Les pièces en bois lamellé collé, constituant la charpente, sont rabotées 4 faces et usinées dans chaque angle par un chanfrein à 45° de $3,5 \times 3,5 \text{ mm}$.

Toutes les pièces sont parachevées en atelier et répondent à la norme EN 14080.

2.8.2.4. Charpente acier

Les pièces de charpente acier sont en acier doux laminés conformément à la norme NF EN 1090-2. Toutes les pièces sont parachevées à la machine à commande numérique.

Les pièces acier constituant la charpente ont une protection anticorrosion afin de répondre à la norme NF EN ISO 12944. Cette protection est une galvanisation à chaud par trempage ou par centrifugeuse conformément à la norme NF EN ISO 1461.

Les différentes pièces pouvant être en contact avec la membrane seront reprises en atelier et contrôlées à réception sur chantier afin de lisser les défauts d'aspérité dus à la galvanisation par trempage. De plus, si la membrane est en contact avec la structure porteuse, toutes les arêtes seront arrondies ($R > 2\text{mm}$).

2.8.2.5. Façade textile

Fabrication de la membrane

La fabrication des membranes citées au §2.2.2.1 est réalisée suivant le processus de fabrication comportant les étapes suivantes :

- Fabrication du fil polyester multibrin,
- Formulation des résines PVC et additif stabilisant, ignifugeant,
- Enduction de résine PVC sur les 2 faces,
- Dépôt vernis de protection sur les 2 faces,
- Débit et conditionnement en rouleaux.

La société Serge FERRARRI organise également des essais de traction biaxiaux. Ces essais nous permettent alors de déterminer le module d'élasticité de la membrane.

Confection des éléments de façade textile

Les façades textiles sont confectionnées à demeure, au cas par cas et sur mesure. Le procédé de fabrication est le suivant :

- Découpe des lés de membrane selon les plans de coupe fournis par le bureau des méthodes et le bureau d'études avec une tolérance de $\pm 3 \text{ mm}$.

La découpe des membranes est conforme aux « Recommandations pour la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile ». Ainsi, la précision lors de la découpe est de $\pm 1 \text{ mm}$.

D'autre part, sur les soudures, le défaut d'alignement autorisé est de 1 mm .

- Assemblage des lés de membrane par soudure haute-fréquence avec une largeur de soudure de 40 mm et avec une tolérance de $\pm 1 \text{ mm}$ sur l'alignement des soudures. Les cotes principales largeur et longueur de chaque façade confectionnée respectent les tolérances ci-dessous après assemblage.

Dimension linéaire (mm)	$d < 6000$	$6000 \leq d < 15000$	$15000 \leq d < 25000$	$d \geq 25000$
Tolérance acceptée (mm)	0/+5	0/+10	0/+15	0/+20

Assemblage des éléments rapportés de fixation des membranes sur cette dernière (ralingues, fourreau) par soudure haute-fréquence.

La fabrication des membranes est conforme aux recommandations professionnelles avec soudure haute-fréquence et largeur de soudure de 40mm (supérieure à 30mm pour une membrane de 750g). Les panneaux de membrane sont réalisés avec un lésage vertical.

- Conditionnement des membranes par pliage.

Conditionnement

Chaque membrane confectionnée est pliée selon un ordre défini par la procédure de déploiement mise en œuvre sur le chantier. La façade est emballée dans une bâche épaisse de protection, sanglée puis entreposée au sec.

Sérigraphie

Les membranes de façades et couvertures peuvent être sérigraphiées.

Après assemblage par soudure, les membranes sont sérigraphiées sur des imprimantes numériques à jet d'encre de grand format.

Dans le cas d'une impression numérique sur des lès avant soudure, les soudures sont testées en traction dans les mêmes conditions que pour les contrôles définis dans le dossier technique.

Pour chaque opération, la société Serge Ferrari validera la compatibilité chimique des encres avec l'enduction PVC de la membrane.

Chaque membrane sérigraphiée devra faire l'objet d'un essai de réaction au feu afin de déterminer son classement avec le dépôt d'encre.

2.8.3. Contrôles

2.8.3.1. Contrôle des membranes textiles

Des autocontrôles sont effectués par le fabricant des membranes en cours de fabrication sur le produit pour s'assurer qu'il répond à l'ensemble des caractéristiques (+ / - 5%) et des normes suivantes :

- Epaisseur enduction : norme EN ISO 2286-2 ;
- En continu et par échantillonnage ;
- Résistance rupture selon norme EN ISO 1421 - 1 série d'essai par fabrication ;
- Résistance déchirure selon norme DIN 53.363 - 1 série d'essai par fabrication ;
- Adhérence selon norme EN ISO 2411 - 1 série d'essai par fabrication ;
- Réaction au feu selon norme EN 1350-1 - 1 série d'essai par fabrication.

Les résultats sont traités, analysés et archivés. Toute non-conformité fait l'objet d'un signalement et d'une prise en charge conformément aux exigences du système ISO 9001.

Une membrane non conforme, dont les caractéristiques ne sont pas dans les plages de tolérance précitées, n'est pas expédiée dans les ateliers de confection.

2.8.3.2. Confection de membranes textiles

Dans le cadre du PAQ Losberger Deboer et de l'ISO 9001, une procédure spécifique à a partie confection a été mise en place. Cette procédure indique tous les points de contrôle à réaliser ainsi que les démarches à suivre pour la confection des membranes textiles.

Les façades et couvertures textiles sont confectionnées par le groupe Losberger Deboer.

Des autocontrôles sont effectués en cours de fabrication sur les membranes pour s'assurer notamment des tolérances dimensionnelles et de la bonne résistance des soudures, conformément aux « recommandations pour la conception et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile » avec notamment :

- Vérification des dimensions lors de la coupe des lés selon protocole interne avec tolérance +/- 1 mm ;
- Réglage des machines de soudure selon procédure ISO 9001 ;
- Vérification de la résistance des soudures avec des essais de résistances à la traction en chaîne et en trame selon le protocole en place ;
- Vérification des tolérances dimensionnelles de la membrane finie à +/- 5mm.

Les contrôles internes des soudures portent sur :

- Contrôle des dimensions des soudures (largeur, longueur, « polygonage », ...) ;
- Contrôle d'aspect des soudures (pli, défaut, ...) ;
- Contrôle de résistance des soudures (traction sens chaîne, sens trame, pelage, ...).

Les contrôles externes des soudures portent sur :

- Test en traction des éléments de membranes soudés en pleine membrane et au niveau des fourreaux

2.8.3.3. Contrôle charpente bois

Dans le cadre de la justification aux Eurocodes, l'utilisation de bois de charpente ayant un marquage CE justifiant de sa classe mécanique est obligatoire.

L'entreprise Losberger Deboer s'assure que chaque fournisseur se doit donc de respecter l'EN 14080 : 2013, notamment le paragraphe 6.3.2.5 qui précise le type de contrôles de production et leur fréquence et le paragraphe 6.3.2.6 qui explicite les contrôles sur les matières premières et les produits finis.

2.8.3.4. Contrôle charpente acier

Dans le cadre de la justification aux Eurocodes, la fabrication des profils acier doit répondre à la norme NF EN 10025-1. L'entreprise Losberger Deboer s'assure que chaque fournisseur se doit de la respecter, notamment le paragraphe 8.2 de la norme NF EN10025-1 qui indique le type de contrôle ainsi que le 8.3 qui indique la fréquence d'essais.

2.8.3.5. Contrôle charpente aluminium

Dans le cadre de la justification aux Eurocodes, la fabrication des profils aluminium doit répondre à la norme EN15088 en connexion avec l'EN 788. L'entreprise Losberger Deboer s'assure que les profils en aluminium soient conformes à la norme EN15088.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Sécurité incendie

- PV de classement de réaction au feu - IFTH - pour la membrane 602 S2 – PV n°19-00658 L – classement M2
- PV de classement de réaction au feu - IFTH - pour la membrane 702 S2 – PV n°19-01801 L – classement M2
- PV de classement de réaction au feu - IFTH - pour la membrane 902 S2 – PV n°16-04075 L – classement M2

- PV de classement de réaction au feu – FCBA - pour la membrane 832 S2 – PV n°CM-19-P-086 – classement M2
- PV de classement de réaction au feu – FCBA - pour la membrane TX30-II – PV n°CM-19-P-080 – classement M2
- PV de classement de réaction au feu – FCBA – pour la membrane 1002 S2 – PV n°CM-20-P-068 – classement M2

Essai sur les membranes :

- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 502 S2/602 S2 – 1 sur 3 – n°FERR-001/19
- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 502 S2/602 S2 – 2 sur 3 – n°FERR-001/20
- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 702 S2 – 1 sur 3 – n°FERR-001/16
- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 702 S2 – 2 sur 3 – n°FERR-001/17
- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 902 S2 – 2 sur 3 – n°FERR-001/11
- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 1002 T2 – 2 sur 3 – n°FERR-001/23
- Rapport d'essai biaxiaux – MAS Newcastle - pour la membrane 1002 T2 – 3 sur 3 – n°FERR-001/24
- Summary of Young modulus E and Poisson's ratio – MAS Newcastle - n°FERR-001

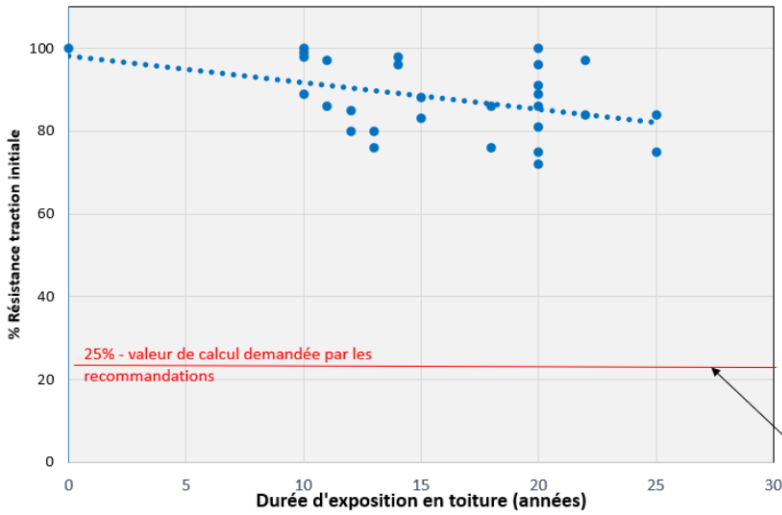
	Module d'élasticité (kN/m)		Coefficient de poisson	
	Chaîne, E_w	Trame, E_f	Chaîne, ω_{w-f}	Trame, ω_{f-w}
Flexlight Classic 602 S2	484	496	0,32	0,48
	464	471	0,3	0,45
Flexlight Perform 702 S2	540	528	0,34	0,46
	528	532	0,34	0,5
Flexlight Classic 832 S2	708	774	0,32	0,49
Flexlight Advanced 902 S2	708	774	0,32	0,49
Flexlight Advanced 1002 S2	708	774	0,32	0,49
Flexlight Xtrem TX30-II	844	954	0,21	0,67
	872	1018	0,2	0,64
	866	944	0,22	0,61
S2 → Soudable				

Tableau 5 – Synthèse des caractéristiques des membranes issues des essais biaxiaux

Essai de vieillissement sur les toiles :

- Rapport d'expertise relatif au développement d'un banc de caractérisation de la durabilité des procédés de toiles tendues planes – n° affaire : 15-351 – ce rapport d'expertise a été établi sur la base d'essais de vieillissement vis-à-vis des efforts de vent de membranes planes. Ces essais, au nombre de 5, ont été réalisés au CSTB. Suite à ces vieillissements, les membranes ont été découpées et des tests de traction ont été réalisés afin de déterminer la perte de résistance.

Résistance mécanique de membrane Polyester/PVC après plusieurs années de vie sur ouvrage



Les retours montrent que les membranes maintiennent plus de 70 % de la résistance sur une durée de vie de 30 ans

- Type 1 au type 5.
- Plats, faible courbure ou double courbure.
- Climats variés à travers le monde
- Bâtiment fermés ou ouverts
- Usage multiples

Ces résultats dépendent bien entendu de la qualité des membranes.

L'exemple illustre ici les retours d'expériences des produits Serge Ferrari, une démarche identique est à prévoir pour les autres fabricants

Tableau 3

Exposition	Pollution moyenne	Pollution forte
Armature en Polyester	4	4,5
Armature en Verre	4	4,5

Rapport de contrôle de tension dans les membranes :

- Rapport de mesure des tensions dans des membranes PES-PVC de couverture – DEKRA n° 630-01

Notes de calculs LOSBERGER Deboer :

- Note de calcul de capacité des assemblages de façade (dimensionnement des assemblages et des systèmes de mises en tension des membranes).
- Note de calcul de capacité des assemblages de couverture (dimensionnement des assemblages et des systèmes de mises en tension des membranes).

2.9.2. Références chantiers

L'ensemble des réalisations relatives au procédé FLAT-TEX porte à ce jour sur environ 20193 m² depuis 2020. La société LOSBERGER Deboer a un retour d'expérience dans le domaine des structures membranaires de 50 ans.

2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Toile	Fil	Réaction feu	Coloris	Translucidité	Résistance rupture (daN/ 5cm) EN ISO 1421		Résistance déchirure (daN) DIN 53.363	
					Chaine	Trame	Chaine	Trame
Flexlight Classic 602 S2	1100 dtex PES HT	M2	Blanc ou couleur	Opaque ou translucide	250	250	25	25
Flexlight Perform 702 S2	1100 dtex PES HT	M2	Blanc, Alu (endroit) Gris, noir (envers)	Opaque	280	280	30	28
Flexlight Classic 832 S2	2x 1100 dtex PES HT	M2	Blanc et couleur	Opaque	400	400	50	50
Flexlight Advanced 902 S2	1100 dtex PES HT	M2	Blanc	Opaque	420	400	55	50
Flexlight Advanced 1002 S2	1100 dtex PES HT	M2	Blanc ou couleur	Opaque	420	400	55	50
Flexlight Xtrem TX30-II	1100 dtex PES HT	M2	Blanc	Opaque	430	430	55	50

Tableau 6 – Caractéristiques des toiles

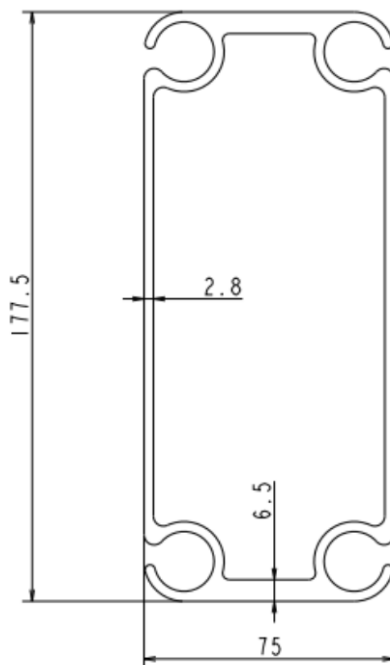


Figure 5 – Profil aluminium MU081

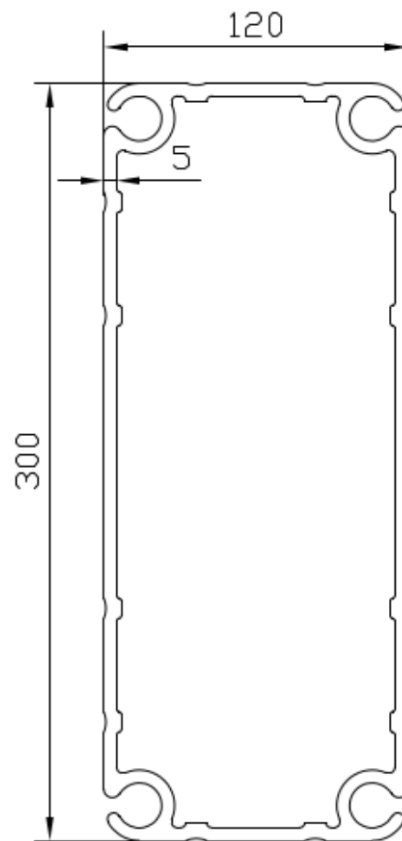


Figure 6 - Profil aluminium P1

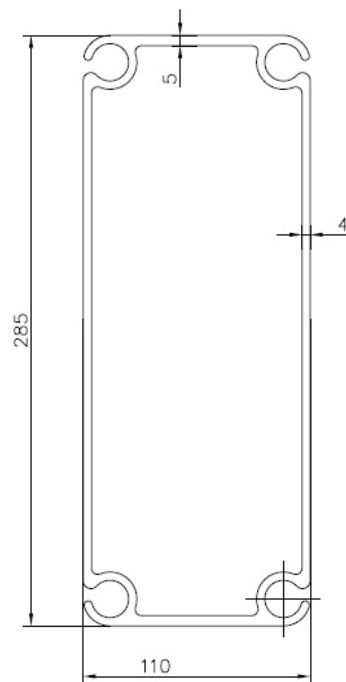


Figure 7 - Profil aluminium MU001

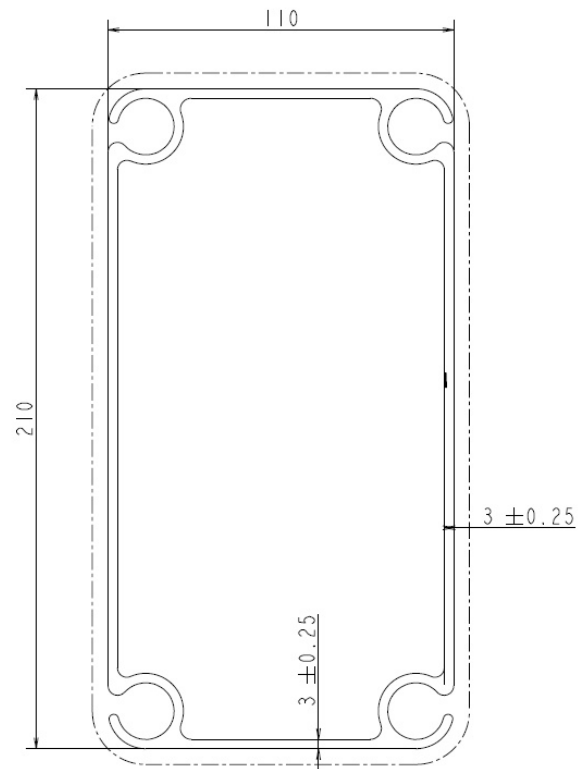


Figure 8 – Profil aluminium MU002

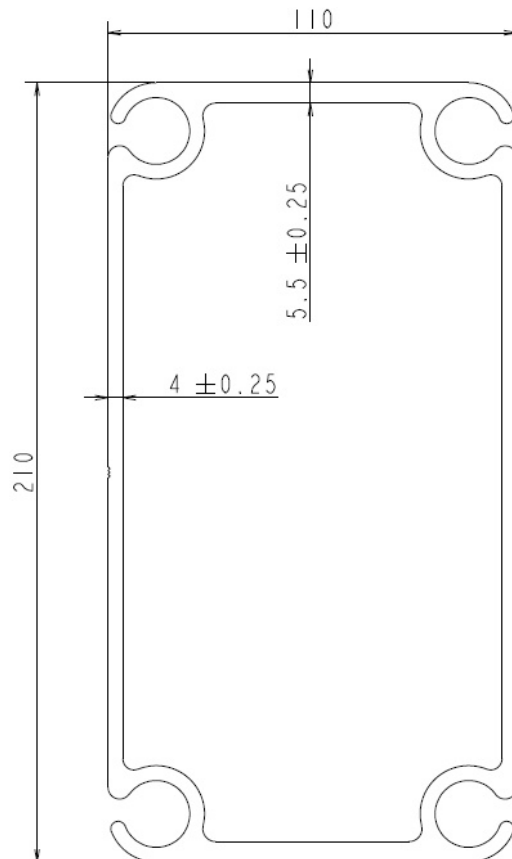


Figure 9 – Profil aluminium MU003

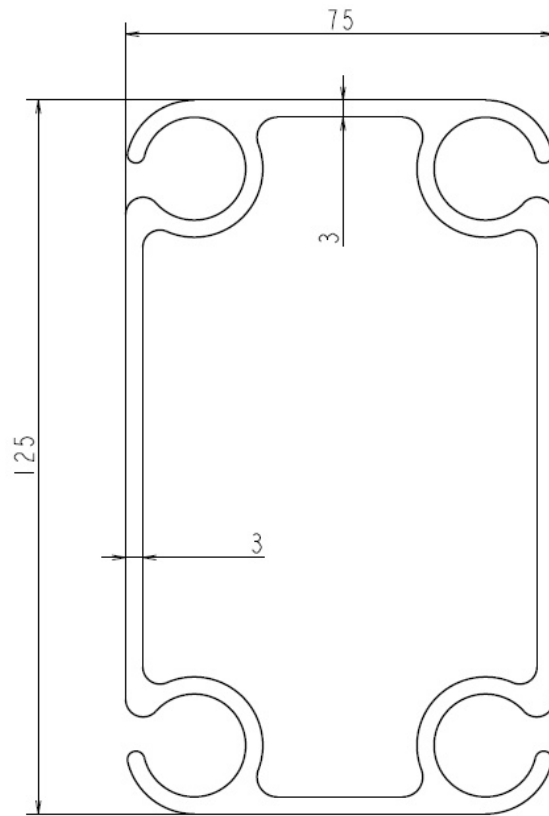


Figure 10 – Profil aluminium MU004

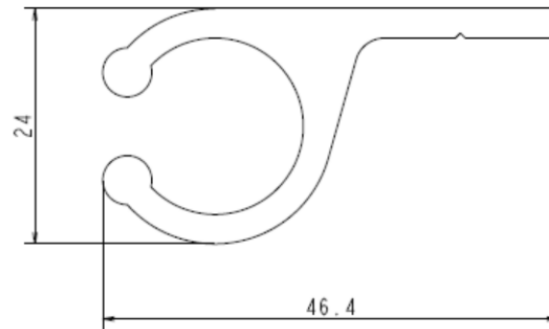


Figure 11 – Profil aluminium MU028

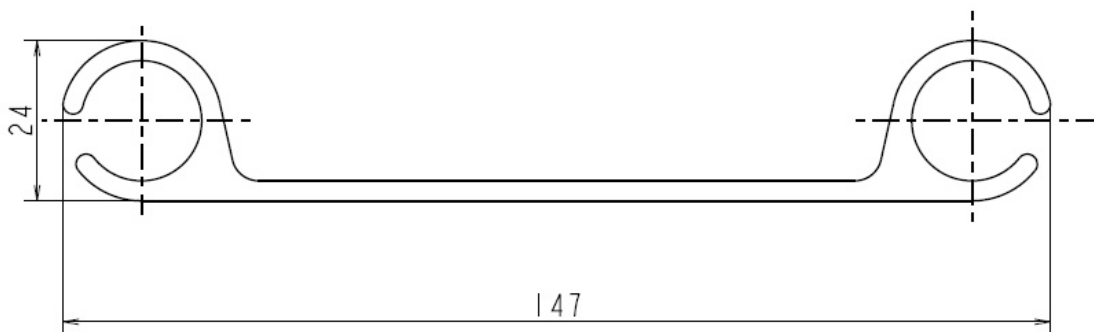


Figure 12 – Profil aluminium MU115

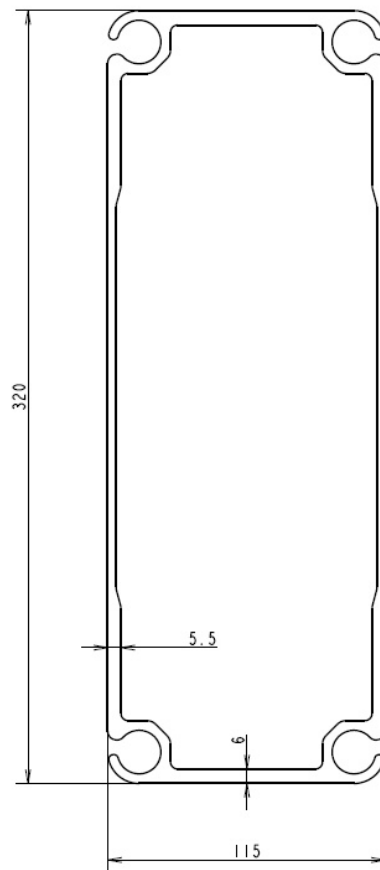


Figure 13 – Profil aluminium MU183

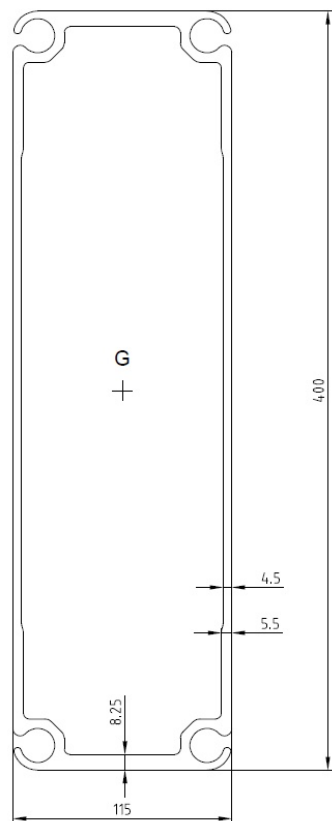


Figure 14 – Profil aluminium MU184

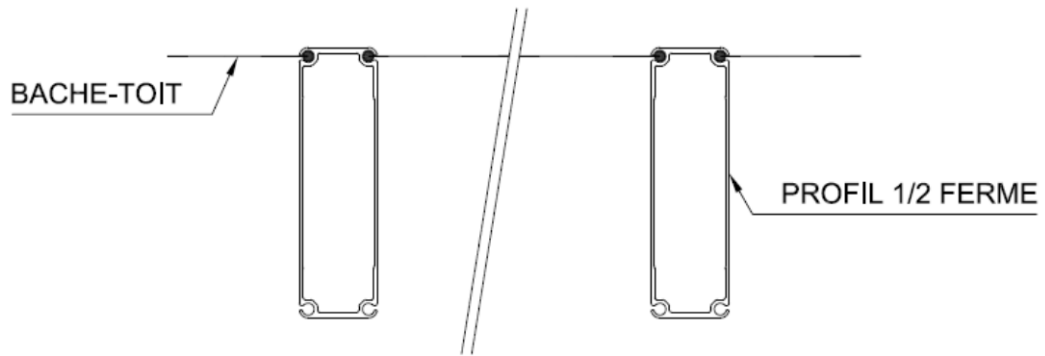


Figure 15 – Coupe de principe sur toiture en simple membrane

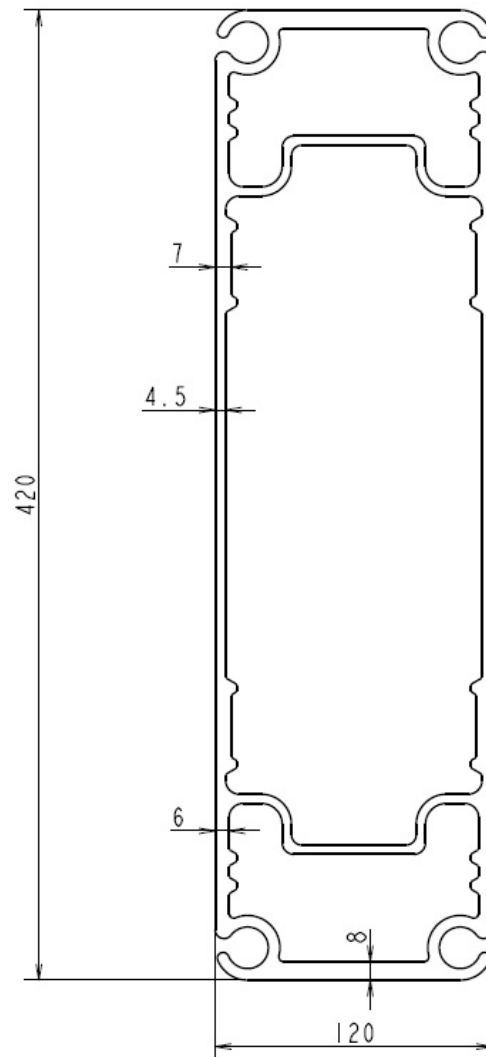


Figure 16 – Profil aluminium MU346

Mise en œuvre – couverture

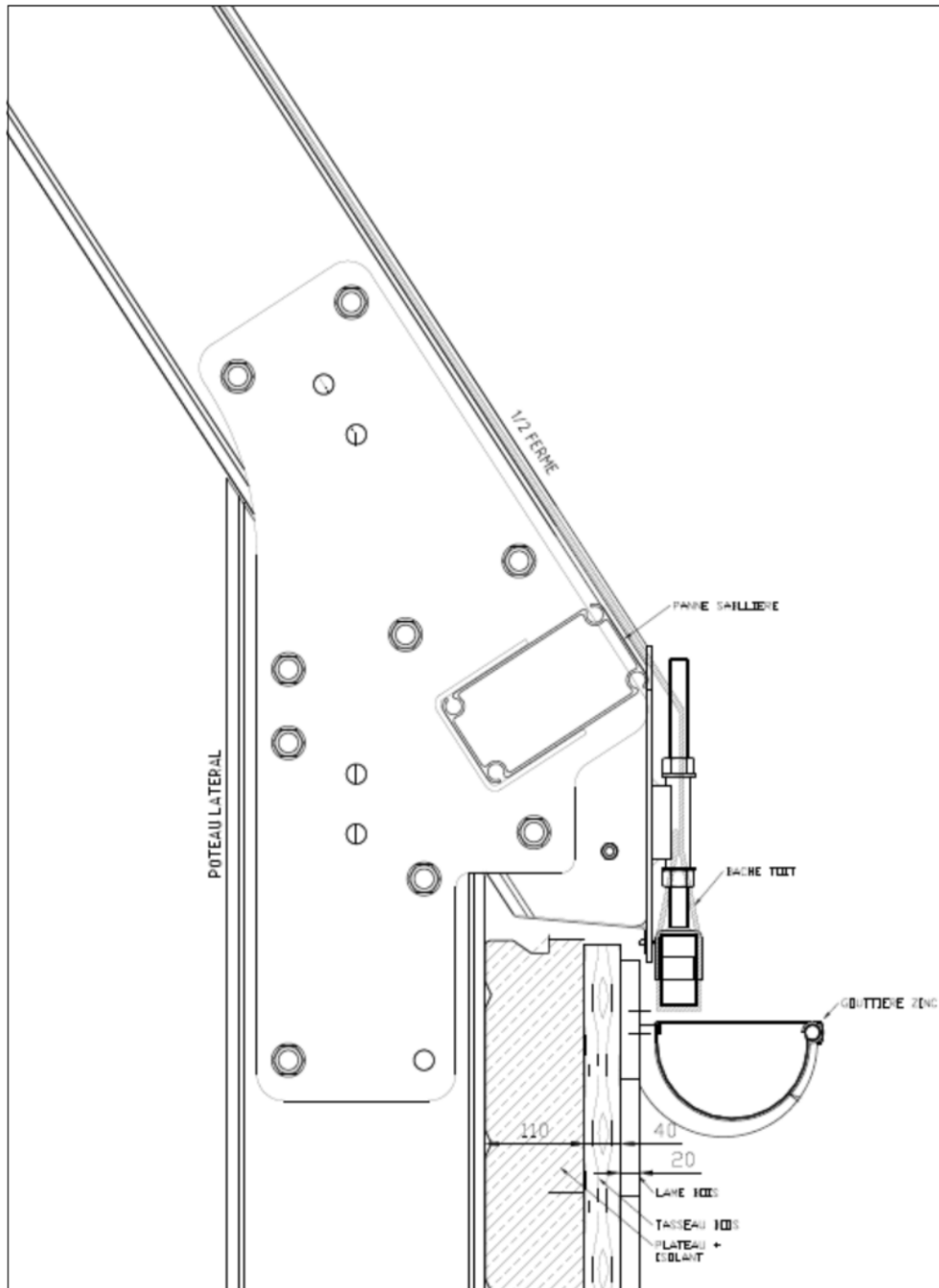


Figure 17 - Structure Polygonale

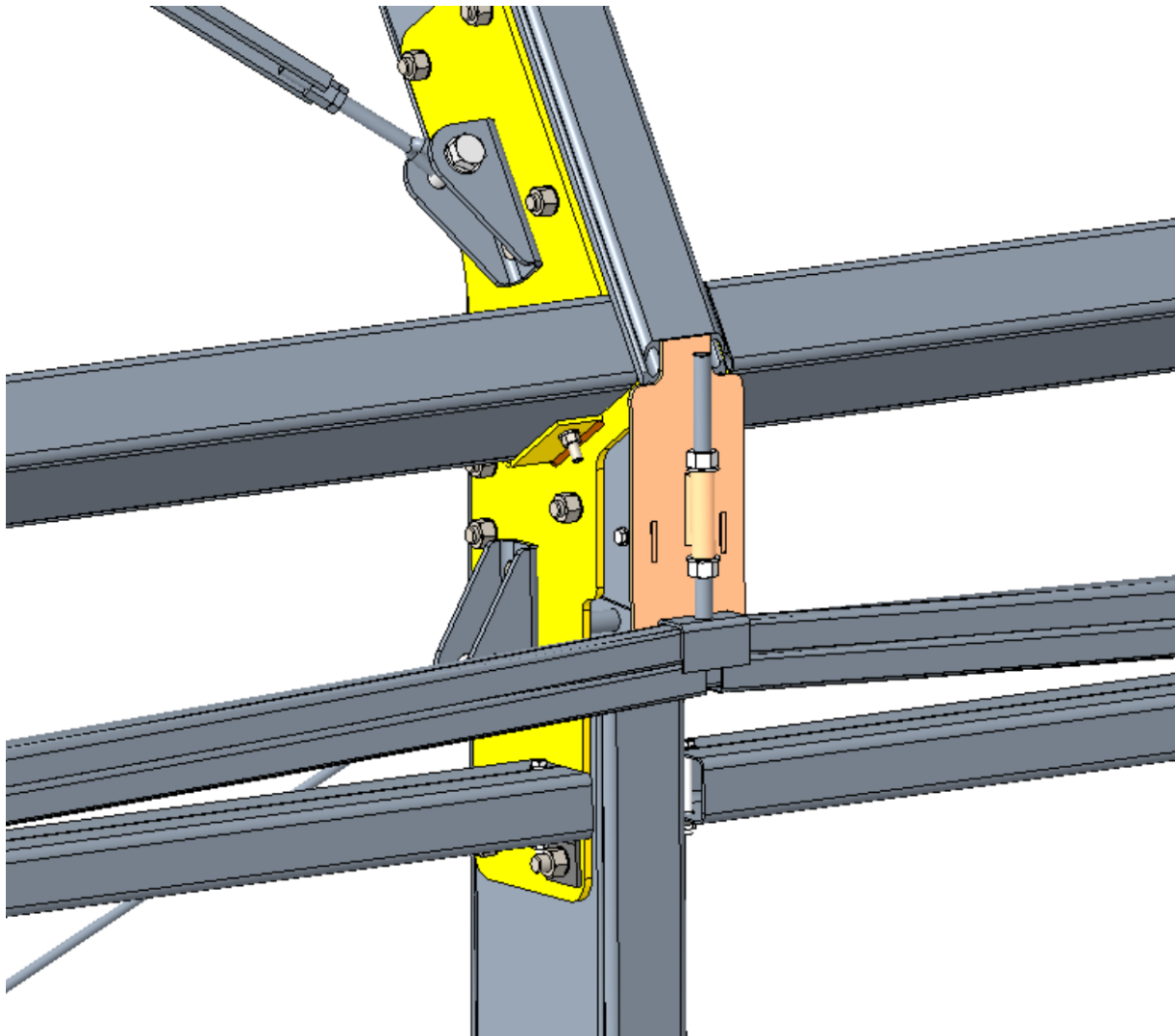


Figure 18 – Assemblage poteau ferme + panne sablière et lisse haute

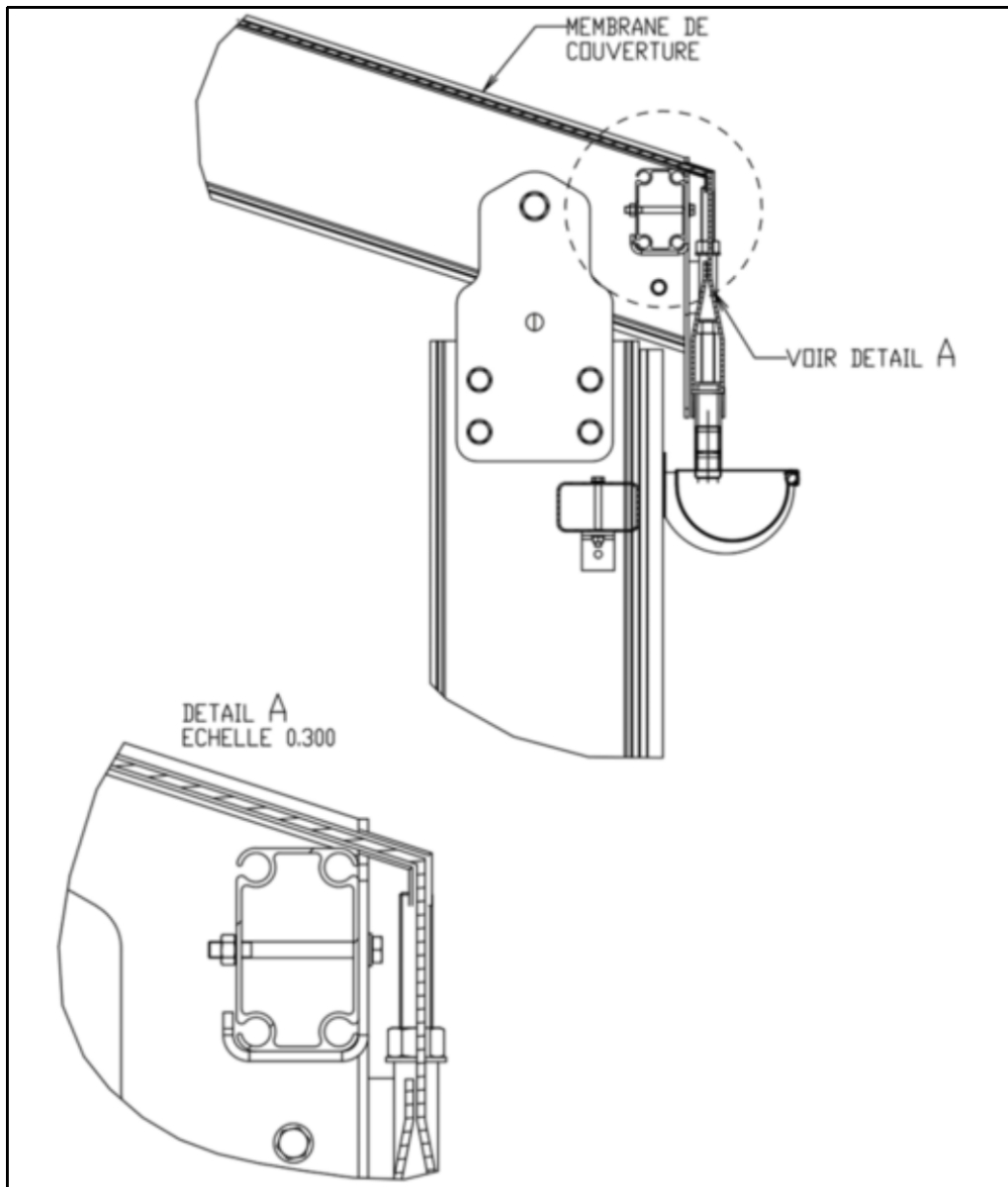


Figure 19 - Structure deux pentes

Mise en œuvre – façade

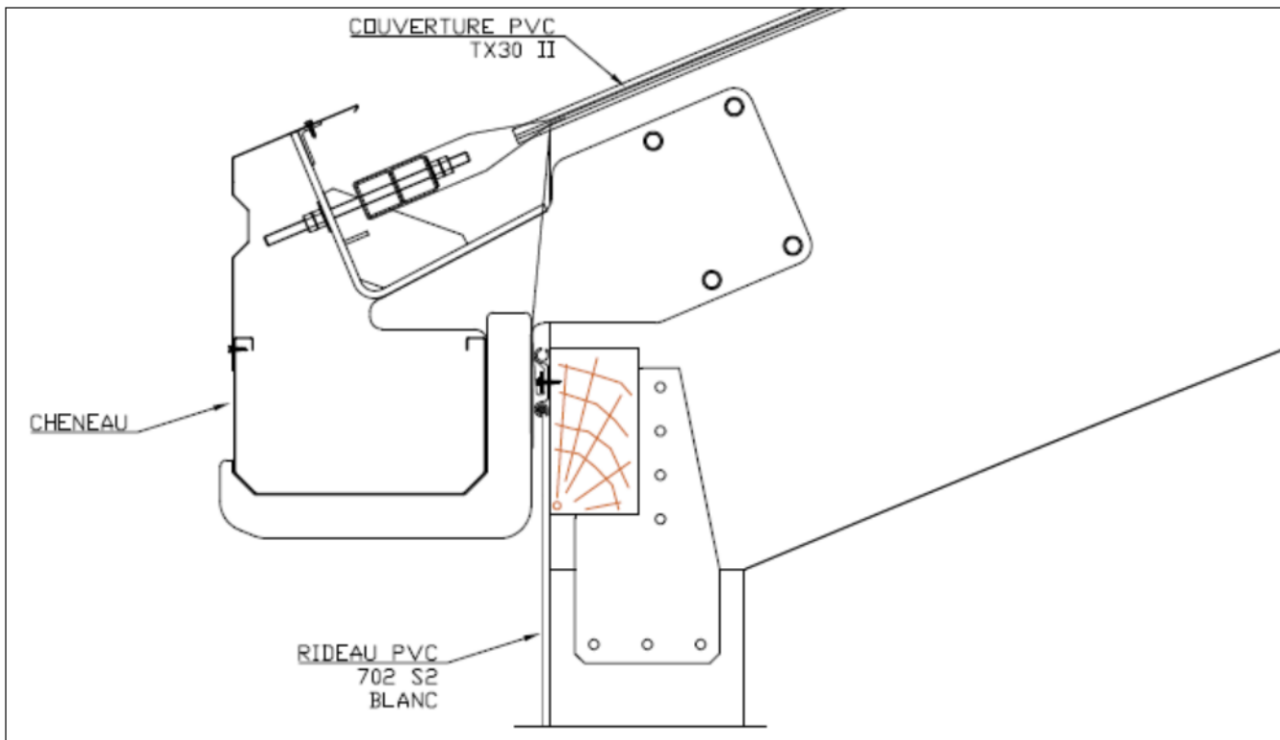


Figure 20 – Coupe verticale – partie supérieure

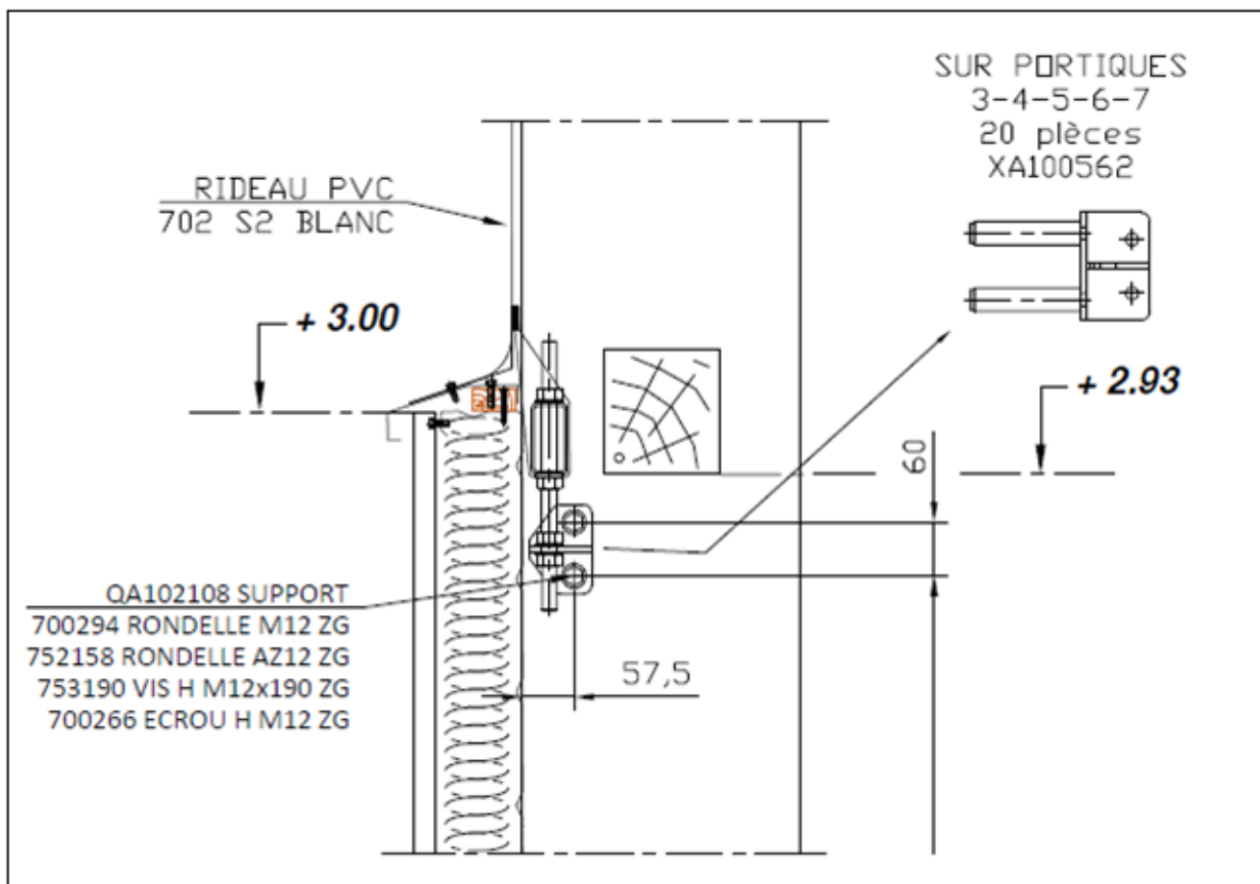


Figure 21 – Coupe verticale – partie inférieure

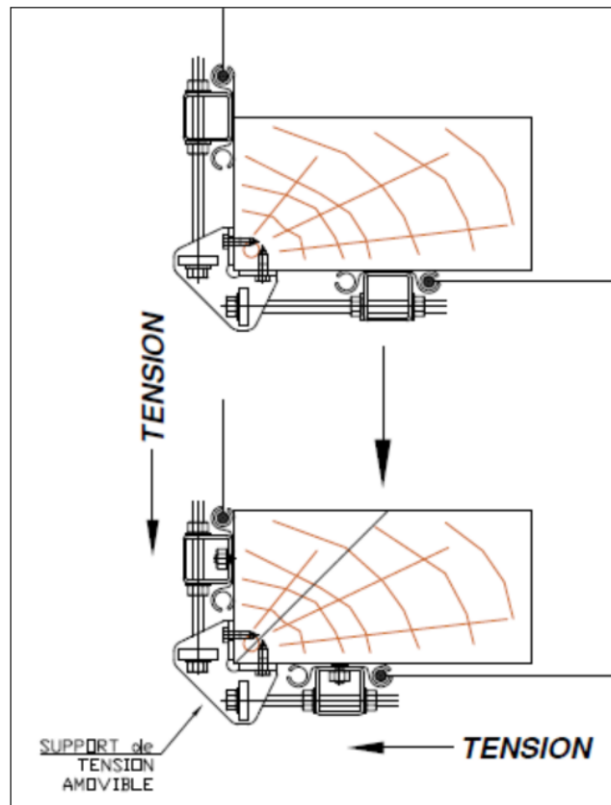
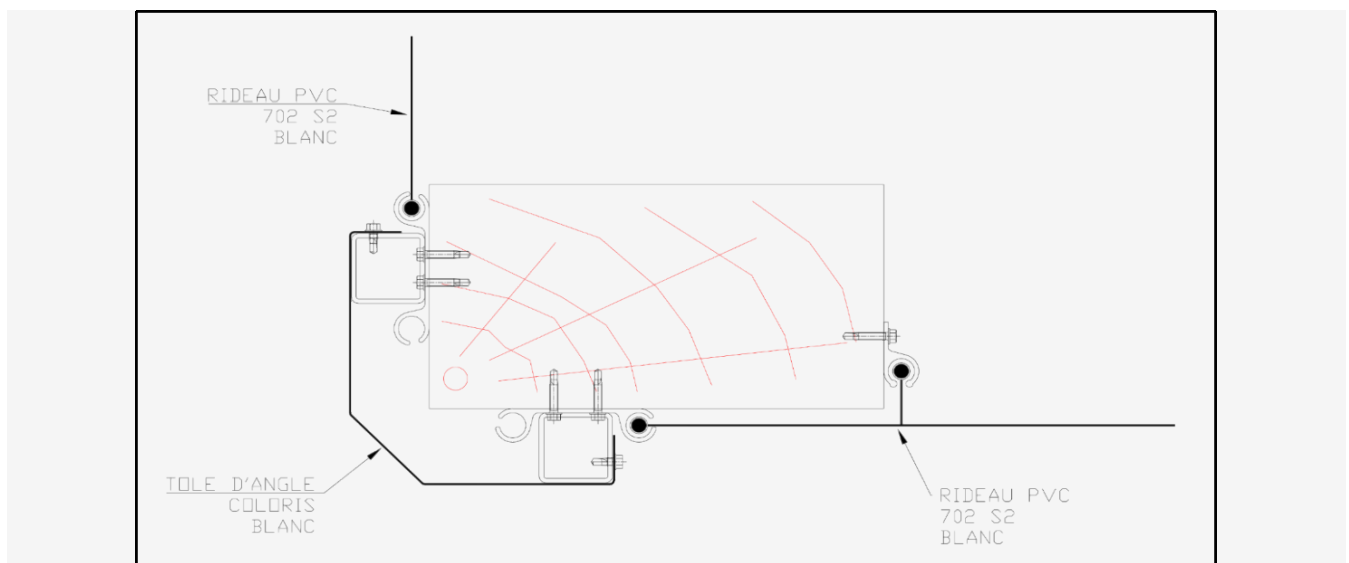


Figure 22 – Mise en tension longitudinale des membranes avant fixation des profils dans les éléments porteurs



Note : Afin d'éviter des frottements de la membrane sur l'angle du poteau et de causer une usure prématurée de la membrane, il est prévu de chanfreiner ou de placer des plaquettes de protection sur l'angle du poteau en bois.

Figure 23 – Coupe horizontale – éléments de membranes fixés sur les éléments porteurs

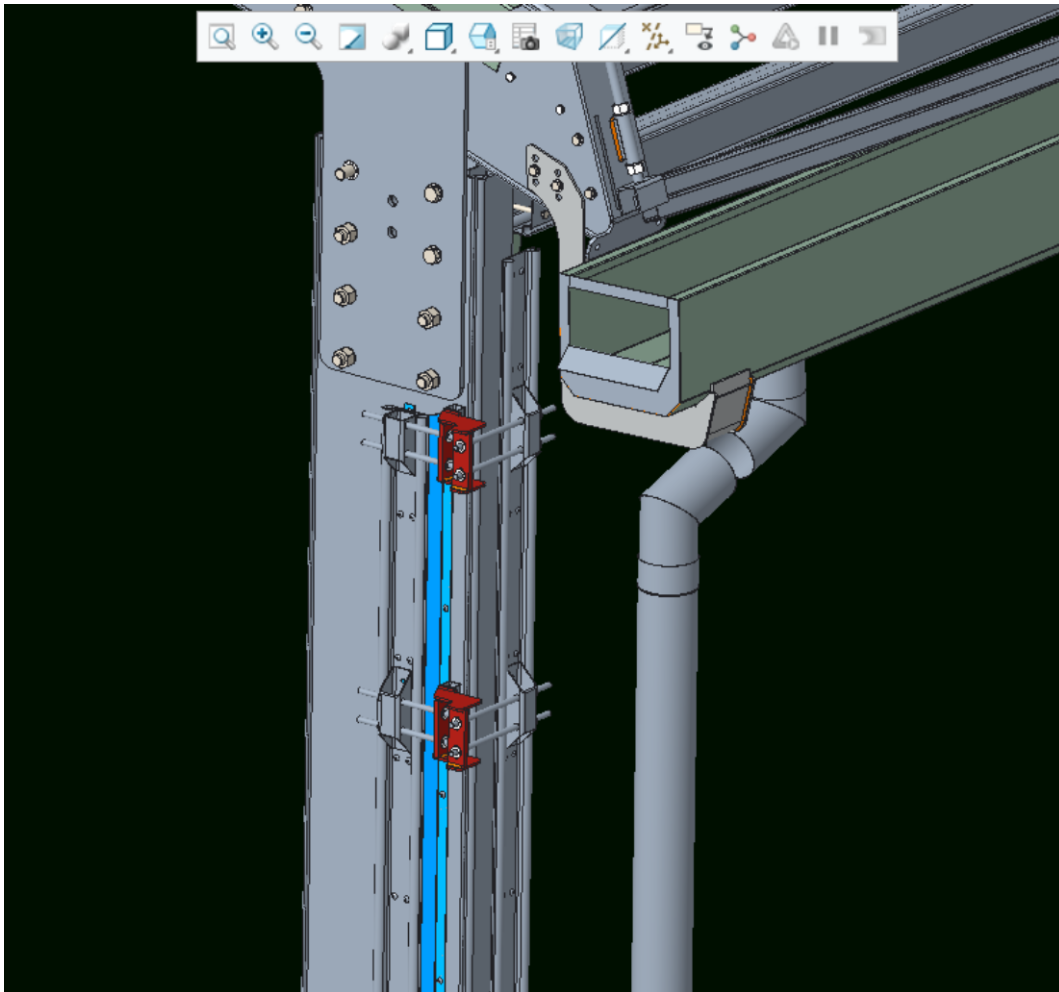


Figure 24 – Système de façade complète sur poteaux aluminium

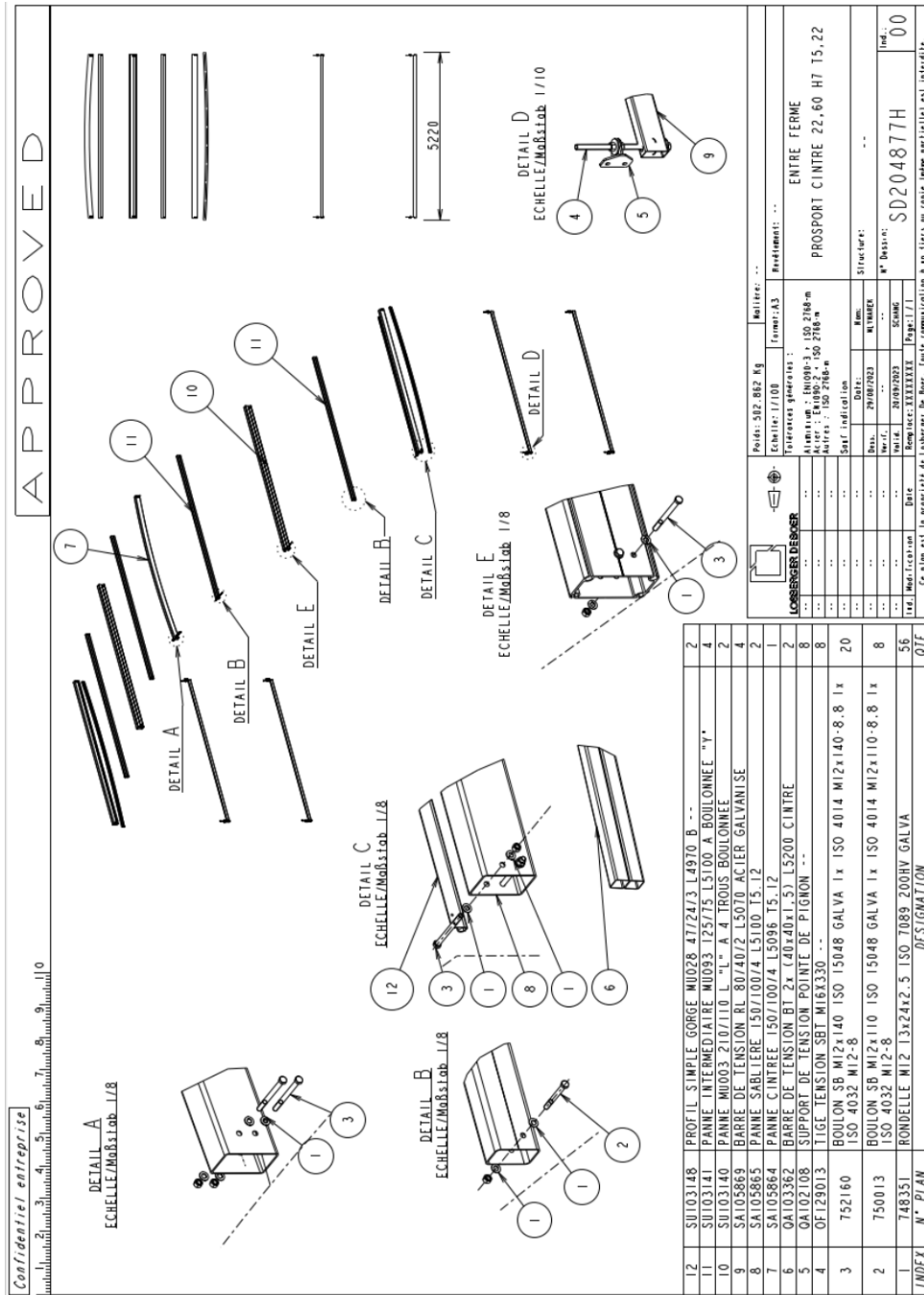


Figure 26 – Système de façade par éléments de travée – toiture cintrée

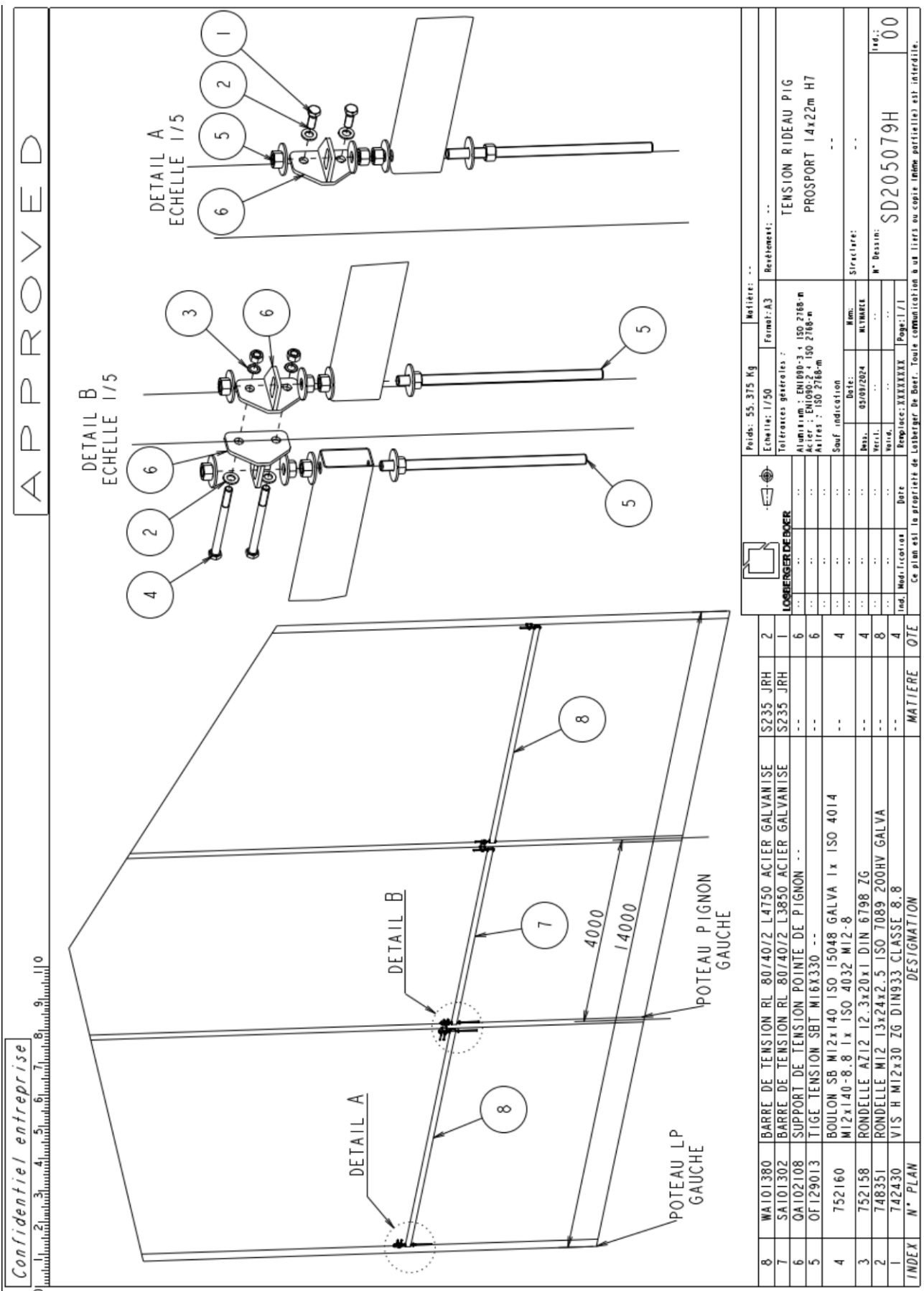


Figure 28 – Principe d'assemblage des éléments de tension

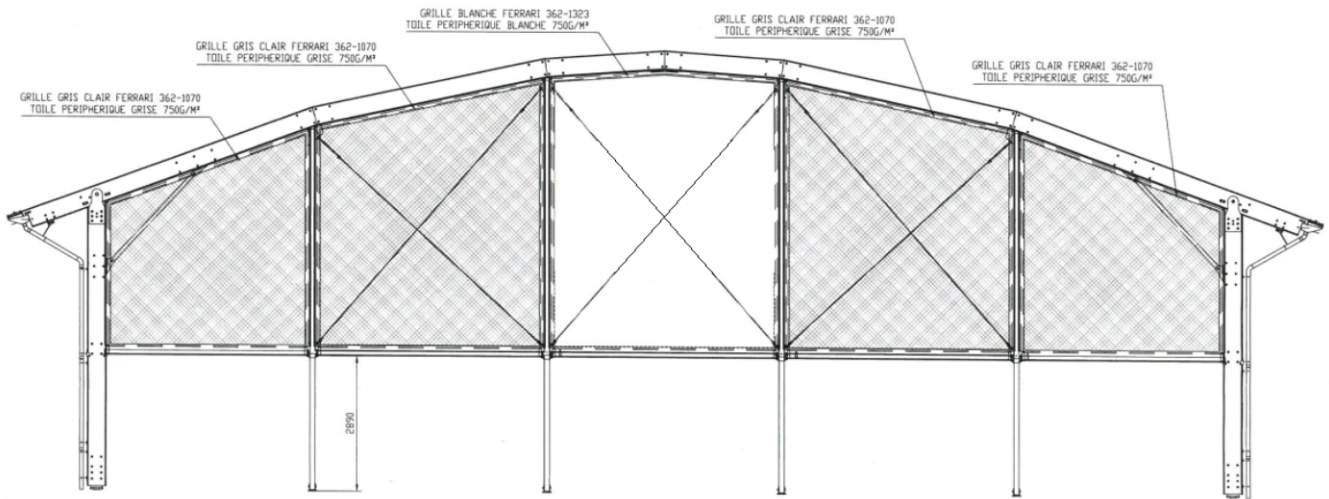
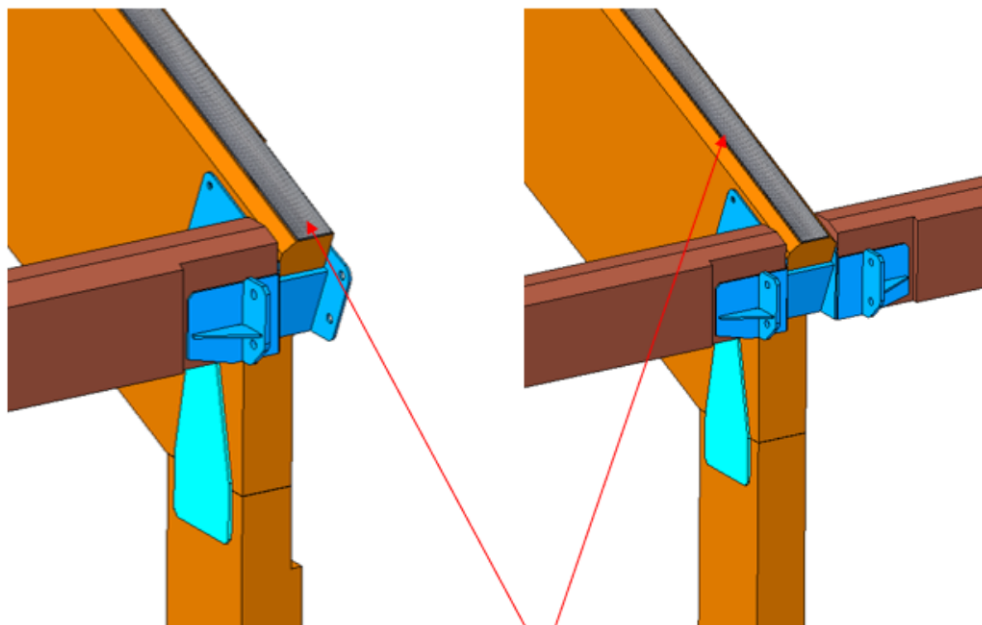


Figure 29 – Exemple de membrane pignon – montage exécuté

Sur portique Pignon

Sur portique Courant



Bande néoprène 50Sh Larg90 Ep6mm + clous MS060483

Figure 30 – Mise en œuvre des bandes néoprènes sous profil aluminium sur demi-fermes

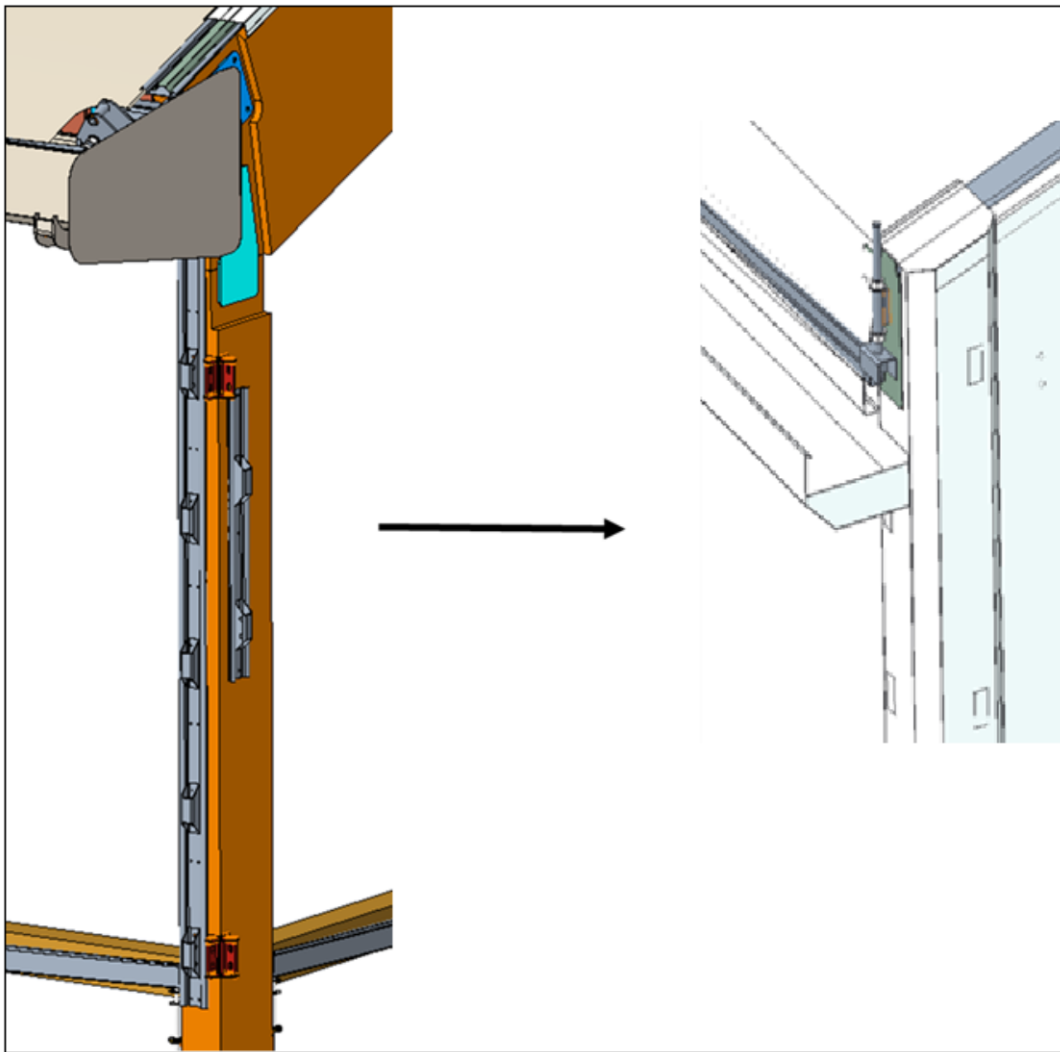


Figure 31 – Mise en œuvre des tôles de finition, assurant l'étanchéité en périphérie de la structure, au niveau des poteaux d'angles

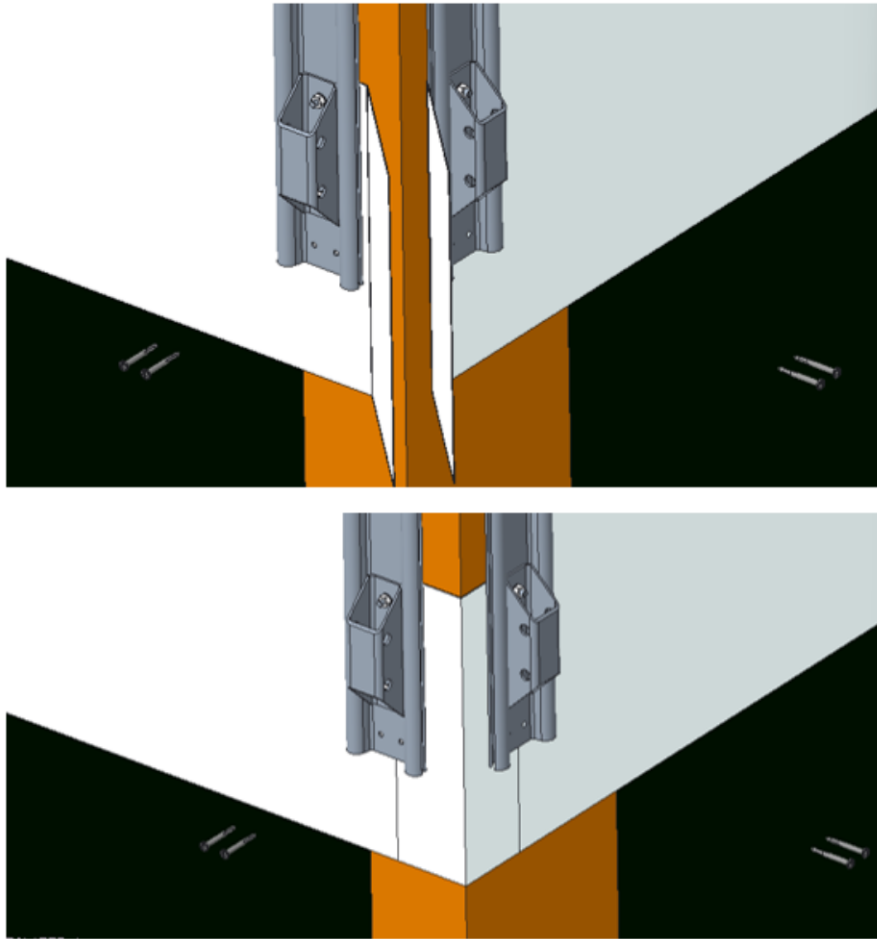


Figure 32 – Complément d'étanchéité en partie basse des membranes de façade