

Sur le procédé

## Façade en toile tendue textile

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

**Titulaire(s) :** Société SMC2

### 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
V4	Il s'agit d'une prorogation d'un an.	BOULLON Tamara	VALEM Frédéric
V3	Cette révision partielle intègre l'ajout des éléments suivants : - Modification du paragraphe « Ouvrages visés ».	BOULLON Tamara	VALEM Frédéric
V2	1 <sup>ere</sup> révision de l'Avis 2/18-1798_V1 Cette révision intègre les éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modification du logiciel de calcul</li> <li>• Nouvelle référence de vis</li> <li>• Mise en application de la nouvelle trame</li> </ul>	MOKRANI Youcef	VALEM Frédéric

### Descripteur :

Système de façades en toile textile tendue constituées de cadres en profilés aluminium sur lesquels sont tendues des membranes textiles techniques. Les membranes sont composées de toile en Polyester/PVC. Les cadres sont fixés sur les éléments de charpente bois ou acier.

## 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
1.1.3.	Aptitude à l'emploi du procédé .....	4
1.1.4.	Durabilité .....	5
1.1.5.	Impacts environnementaux .....	5
1.2.	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 .....	8
2.3.1.	Condition de conception .....	8
2.3.2.	Dimensionnement .....	8
2.4.	Disposition de mise en œuvre .....	10
2.4.1.	Condition de mise en œuvre.....	10
2.4.2.	Cinématique de mise en œuvre .....	10
2.4.3.	Protocole de mise en tension .....	11
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé .....	12
2.5.1.	Maintenance .....	12
2.5.2.	Entretien .....	12
2.5.3.	Réparation.....	12
2.6.	Traitement en fin de vie .....	12
2.7.	Assistance technique.....	12
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	12
2.8.1.	Condition concernant la fabrication .....	12
2.8.2.	Profilés aluminium .....	13
2.8.3.	Charpente bois.....	13
2.8.4.	Charpente acier.....	13
2.8.5.	Façade textile .....	13
2.8.6.	Contrôles.....	14
2.9.	Mention des justificatifs.....	14
2.9.1.	Résultats Expérimentaux .....	14
2.9.2.	Références chantiers.....	15
2.10.	Annexe du Dossier Technique.....	16

# 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 ouvrages peuvent être mis en œuvre dans toutes les zones de vent et hors climat de montagne.

### 1.1.2. Ouvrages visés

Façades variant de la position verticale à une position inclinée de 15° vers l'intérieur, en toile tendue plane, pour des bâtiments en charpente bois et/ou acier non isolés pour lesquels la condensation et les infiltrations d'eau accidentelles peuvent être admises.

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

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

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.

Le présent Avis ne vise pas les éléments intégrés dans la façade.

### 1.1.3. Aptitude à l'emploi du procédé

#### 1.1.3.1. Stabilité

Les façades en toile tendue ne participent pas, par nature, aux fonctions de stabilité et de contreventement des bâtiments, de transmission de charges et des résistances aux chocs de sécurité.

La stabilité propre des ossatures secondaires des façades 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.

#### 1.1.3.2. 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 lieux de travail, etc.

#### 1.1.3.3. 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.

#### 1.1.3.4. Stabilité en zone sismique

Les façades en toile tendue ne présentent pas par nature de risque particulier vis-à-vis des actions sismiques.

La satisfaction aux exigences parasismiques du système, utilisant le procédé de façade en toile tendue, doit être appréciée au cas par cas selon les arrêtés des 22 octobre 2010, 19 juillet 2011, 25 octobre 2012 et 15 septembre 2014 ou les normes Eurocode, dans les mêmes conditions que pour une façade traditionnelle pour les ossatures et ses fixations.

Un calcul sismique de l'ossature primaire soutenant les façades doit être réalisé indépendamment du procédé de façade en toile tendue.

#### 1.1.3.5. Etanchéité

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

#### 1.1.3.6. Informations complémentaires

##### Sécurité aux chocs

La sécurité des usagers vis-à-vis des chutes n'est pas assurée par la façade.

##### 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.

#### **1.1.4. 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).

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

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

#### **1.1.5. Impacts environnementaux**

##### **1.1.5.1. Données environnementales**

Le procédé « Façade en toile tendue textile » 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. 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.

##### **1.1.5.2. 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.

---

## **1.2. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé**

---

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur les contrôles de soudure (cf. 2.32 de la partie Avis).

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 de l'acier 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.

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

## 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 : Société SMC2

Parc d'activités des Platières

250, rue du Petit Bois

FR-69440 Mornant

Tél. : +33 (0)4 78 67 60 56

Fax : +33 (0)4 78 67 99 72

E-mail : contact@smc2-construction.com

Internet : www.smc2-construction.com

### 2.2. Description

#### 2.2.1. Principe

Fabrication et mise en œuvre de façades planes dont l'inclinaison par rapport à la verticale est comprise entre 0° et 15° vers l'intérieur composées de toile Polyester/PVC en charpente bois et/ou acier. Les façades sont fixées sur les éléments de charpente avec des profilés aluminium.

#### 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 toile provient de la société Serge FERRARI.

Dénomination commerciale	Fournisseur
Flexlight Xtrem TX30-I	Serge FERRARI
Flexlight 702 S2	Serge FERRARI
Flexlight Classic 782 S2	Serge FERRARI

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

Les toiles proviennent de la société SERGE FERRARI et leurs caractéristiques mécaniques sont définies dans le Tableau 1 en annexe.

##### 2.2.2.2. Ossature support

Le système de façade est maintenu à l'aide des différents profilés aluminiums énumérés au paragraphe 3.2, fixés dans un support qui peut être une charpente bois ou acier.

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

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

Les différents types de fixation sont définis sur les figures 5 à 11.

##### 2.2.2.3. Profilés aluminium

Profilés aluminiums extrudés par des sociétés titulaires du label QUALONAOD, QUALICOAT ou QUALIMARINE :

- Profil double gorge Réf. SMC DOUBLE GORGE en aluminium 6060 T6 - voir Figure 2
- Profil simple gorge Réf. SMC SIMPLE GORGE en aluminium 6060 T6 - voir Figure 3
- Profil crochet simple gorge Réf. ABR JONC en aluminium 6005 T6 - voir Figure 4
- Profil plat de section 40x5mm en aluminium 6060 T5

Les efforts admissibles des assemblages à partir de ces profils aluminium sont définis dans le Tableau 2.

#### 2.2.2.4. Visserie

Les vis sont en acier inoxydable A2. Pour une mise en œuvre en bord de mer (< 3 km), la visserie devra être en acier inoxydable A4.

Les caractéristiques propres à chaque référence de vis doivent permettre de transmettre les efforts, du profil à l'ossature support. 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.

Des procédures de tests déjà réalisées sur les assemblages permettent en complément de valider des connecteurs et leur mise en œuvre (Cf. Tableau 2).

A titre d'exemple voici des références courantes :

- Réf. SXW-S16-L12-6,5x52, 75 et 90mm.
- Réf. SXW-S16-L12-5,5x40mm
- Réf. SX5-L12-S(r)-5,5xL
- Réf. TDB-S-S16-6,3x127
- Réf. VAB-S-DS10x4,5x70
- Réf. HT-S-FH-FT 8x120mm
- Réf. ASSY 4 WH - Inox A2

#### 2.2.2.5. Charpente bois

Les éléments de charpente supports des façades textile 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 2 au minimum.

En partie haute : Une tôle de finition équipée d'une bavette en toile permet la jonction avec la toiture. Elle empêche l'eau de s'infiltrer au sommet de la façade tout en évacuant les eaux de toitures vers les descentes d'eau pluviales.

Sur les rives latérales : Un solin métallique galvanisé protège les poteaux en bois

En rive basse : Un solin métallique galvanisé équipé d'une bavette évacue l'eau vers l'extérieur du bâtiment. Dans le cas de l'utilisation des profils Façade, l'eau s'écoule naturellement sur la configuration en goutte formée par l'extrémité de la paroi.

#### 2.2.2.6. 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.

#### 2.2.2.7. Fournitures complémentaires

D'autres produits courants viennent compléter les modes d'assemblage des façades textile planes à savoir :

- Des bandes de contreplaqué CTBX 40x10mm, de classe d'emploi 3.
- Des pointes inox crantées Ø 2,8 x 63mm.
- Des solins en tôle pliée galvanisée épaisseur 75/100<sup>ème</sup> selon la norme NF P 24.351.
- Des tasseaux de bois massif C18 traités classe 3 section 38x35mm.

---

## 2.3. Disposition de conception

---

### 2.3.1. Condition 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 SMC2 avec un logiciel propre à la société.

Le dimensionnement de l'ossature primaire doit tenir compte de la descente de charge spécifique à ce système, définie par SMC2. 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 1 correspondent à la résistance à rupture, déterminée par le fabricant de la toile.

### 2.3.2. Dimensionnement

#### 2.3.2.1. Hypothèses de calcul

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

- le poids propre des éléments (structure et toile)
- la pré-tension de la toile
- les charges de vent.

### 2.3.2.1.1. Actions climatiques

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.

Les charges de vent sont calculées selon l'Eurocode 1 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.

### 2.3.2.1.2. 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 toile, une série de tests permettent d'aboutir aux résultats suivants :

Tableau : Module d'élasticité des toiles courantes :

Toile	Unité	Valeurs	
		Chaîne	Trame
Flexlight 702 S2	daN/mm	42	42
Flexlight Xtrem TX30 -I	daN/mm	45	44
Flexlight Classic 782 S2	daN/mm	46	52

### 2.3.2.1.3. Pré-tension

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

Par construction, les toiles de façade plane 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 toile pour en déduire un retrait (raccourcissement) à appliquer lors de la confection, de façon à garantir cette pré-tension une fois la toile mise en place. En considérant un allongement linéaire dans les petits déplacements :

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

$\Delta L$  : Allongement de la toile de jonc à jonc pour engendrer la pré-tension ( $P_{tt}$ ) dans le sens trame

$L$  : Longueur de la toile de jonc à jonc

$E_t$  : module d'élasticité en trame

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

### 2.3.2.2. Logiciel de calcul

Le calcul des toiles de façade est réalisé à l'aide d'un logiciel de calcul de structures par la méthode des éléments finis, capable de réaliser des calculs non linéaires et en grands déplacements.

Le processus de recherche de forme est effectué de manière itérative selon la méthode URS (Update Reference Strategy) qui considère les précontraintes définies et l'interaction entre les éléments de recherche de forme (membranes, câbles, etc.) et la structure porteuse.

Les mailles constituant la modélisation de la toile par éléments finis sont d'environ 50 cm de côté.

Les données d'entrées utilisées pour réaliser les calculs sont définies par le présent Avis Technique.

Les deux logiciels utilisés par SMC2 pour le calcul des toiles de façades sont :

- RFEM – Dlubal Software (membre de l'association Tensinet)
- IxCube Forten – IxRay ltd Software Company

### 2.3.2.3. Tensions admissibles

#### 2.3.2.3.1. Tension de calcul et de dimensionnement de la membrane

- Dimensionnement des membranes :

La tension de dimensionnement de la toile est donnée par :

$$T_D = \frac{k_q \times k_e \times T_m \times \gamma_f}{\gamma_1}$$

avec  $K_q = \text{Min}(K_t, K_s)$

Avec

$T_D$  : tension de dimensionnement de la membrane en chaîne ou en trame

$T_m$  : résistance moyenne à la rupture à traction uniaxiale, en chaîne ou en trame

$k_q$  : facteur de qualité de la membrane

$k_t$  : facteur de qualité de la toile

$k_s$  : facteur de qualité des soudures

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

$\gamma_1$  : coefficient de sécurité

$\gamma_f$  : coefficient de fatigue (=0,9 pour les toiles Flexlight Perform 702 S2, Flexlight Xtrem TX30-I et Flexlight Classic 782 S2)

Les recommandations préconisent une mise en forme en double courbure inverse, ce qui n'est plus le cas pour des toiles de façades plates. La toile fasseye d'avantage sous les actions du vent.

Des essais ont été entrepris afin d'estimer la perte de résistance de la toile après un cycle de chargement et de déchargement (en pression comme en dépression) simulant les déformées de la membrane sur sa durée de vie. Grâce à ces valeurs, la perte maximale a pu être calculée par le biais de l'écart relatif entre :

- La valeur dite haute qui correspond à la force moyenne de rupture à l'état initial plus  $1,96 \times$  l'écart-type (le fait d'augmenter la valeur moyenne de  $1,96 \times$  l'écart-type permet de prendre en compte 95% des valeurs possibles).
- La valeur dite basse qui correspond à la force moyenne de rupture à l'état vieilli moins  $1,96 \times$  l'écart-type.

Un coefficient de fatigue est appliqué  $\gamma_f$  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 ».

- Exemple :

Pour un ouvrage implanté en zone de pollution moyenne ( $\gamma_t = 4$ ), avec des façades en Flexlight Perform 702 S2 ( $T_m = 5\,600$  daN/ml) dont la surface unitaire de chaque façade est comprise entre  $50\text{ m}^2$  et  $200\text{ m}^2$  ( $k_e = 0,9$ ) et dont la production des toiles et des soudures est réalisée dans des ateliers certifiés ISO 9001 ( $k_t = k_s = 1$ ), on retiendra la valeur suivante pour la tension de calcul et dimensionnement de la toile :

$$T_d = (1 \times 0,9 \times 5\,600 \times 0,9) / 4 = 1\,134 \text{ daN / ml.}$$

Les tensions dans la toile calculées sous combinaison ELU devront être inférieures à la tension  $T_d$  de dimensionnement.

### 2.3.2.3.2. Tension admissible dans les assemblages

La tension admissible dans les assemblages devra être inférieure à la valeur caractéristique retenue dans les différentes campagnes d'essais préalablement réalisées (essai sur profilés, visserie, toile).

Après analyse de ces essais, nous appliquerons un coefficient réducteur dû à la perte de résistance ainsi qu'un coefficient de sécurité de 2,5 défini aujourd'hui dans les « recommandations pour la conception des ouvrages permanent avec couverture textile ».

Les tensions admissibles dans la toile au niveau des assemblages sont définies dans le Tableau 2. Les essais de traction sont à réaliser pour chaque typologie d'assemblage (système ossature support + profil aluminium + fixation + membrane textile).

---

## 2.4. Disposition de mise en œuvre

---

### 2.4.1. Condition de mise en œuvre

La mise en œuvre est réalisée par la société SMC2 ou par des entreprises spécialisées avec l'assistance technique de la Société SMC2.

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 SMC2 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).

La mise en œuvre des membranes sur charpente bois et sur charpente métallique est la même.

### 2.4.2. Cinématique de mise en œuvre

#### 2.4.2.1. Levage de la charpente

Levage et réglage de la charpente à  $\pm 5\text{ mm}$  par rapport aux cotes théoriques des plans de montage produits pour chaque opération : poteaux d'extrémité, poteaux intermédiaires, traverses ou lisses de fixation supérieure, lisses de tensions inférieures. Les traverses ou les lisses supérieures sont équipées au sol, avant levage, avec le profilé aluminium de fixation des façades textiles.

Le chef de chantier contrôle les tolérances dimensionnelles de l'ouvrage avant mise en œuvre des façades textiles : entraxe poteau, aplomb.

Il s'assure également que l'état de surface des poutres en bois n'a pas été endommagé pour ne pas blesser ultérieurement les façades textiles.

#### 2.4.2.2. Tirage des toiles (cf. figures 10 et 11)

Le phasage de mise en œuvre des façades textiles se distingue en deux protocoles distincts. Le choix du protocole dépendra de la configuration géométrique de la façade.

Le phasage le plus courant est le suivant (cf. figure 14) :

- **Phase 01 : Préparation du support (cf. §8.2)**

La toile est enfilée horizontalement dans la gorge du profilé aluminium fixé sur les traverses ou les lisses supérieures. (Fixation type 1 ou 3).

- **Phase 02 : Mise en place de la toile, précontrainte horizontale (cf. §8.2)**

Les rives verticales d'extrémités sont équipées des profilés aluminium (fixation type 2) puis la toile est mise en tension horizontalement dans le sens chaîne selon protocole de mise en tension.

- **Phase 03 : Précontrainte verticale**

La rive inférieure de la toile est équipée des profilés aluminium (fixation type 1) puis la toile est mise en tension horizontalement dans le sens chaîne selon protocole de mise en tension.

- **Phase 04 : Fixation des bavettes intermédiaires**

Fixation des bavettes sur les poteaux intermédiaires avec les plats aluminiums vissés sur les poteaux en bois (fixation type 4). Fixation de la toile sur les encadrements d'ouverture avec plats aluminium (fixation type 5). L'ouverture dans la toile est effectuée après mise en tension définitive et cadrage par les profilés aluminium.

#### 2.4.2.3. Capotage de finition

Les rives extérieures en profilé aluminium de fixation de la toile sont capotées avec des solins métalliques vissés ou cloués selon les détails de fixation. Se référer aux plans de fixation. L'étanchéité est assurée par recouvrement et par les bavettes de finition soudées sur les toiles (voir figures 5 à 9).

### 2.4.3. Protocole de mise en tension

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

#### 2.4.3.1. Mise en tension horizontale

La pré-tension horizontale Ptt en trame est de 50 daN/m.

En considérant un allongement linéaire dans les petits déplacements :

$$Ptt = Et \times (\Delta L / L)$$

$\Delta L$  : Allongement de la toile de jonc à jonc pour engendrer la pré-tension Ptt dans le sens trame

L : Longueur de la toile de jonc à jonc

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

On doit donc allonger la toile 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 toile 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  $\Delta L$  en s'affranchissant des tolérances de montage de la charpente, le chef de chantier mesure au lasermètre (tolérance de + / - 1,5 mm) la distance entre les poteaux d'angle support de la toile. La longueur théorique finale ( $L + \Delta L$ ) de la toile tendue étant connue, le chef de chantier détermine la cote de fixation des profilés aluminium sur les poteaux d'angle en soustrayant la distance entre poteaux et la longueur théorique de la façade tendue.

#### 2.4.3.2. Mise en tension verticale

La pré-tension verticale Ptc en chaîne est de 100 daN/m.

En considérant un allongement linéaire dans les petits déplacements :

$$Ptc = Ec \times (\Delta H / H)$$

$\Delta H$  : Allongement de la toile de jonc à jonc pour engendrer la pré-tension Ptc dans le sens chaîne

H : Hauteur de la toile de jonc à jonc

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

On doit donc allonger la toile 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 toile de 10,6 mm. Le réglage de la rive inférieure reprendra la totalité de l'allongement.

Pour s'assurer de la bonne mise en œuvre de l'allongement  $\Delta H$  en s'affranchissant des tolérances de montage de la charpente, le chef de chantier cale les lisses de tension inférieures avec des cales métalliques dont l'épaisseur correspond à  $\Delta H$ . Après mise en œuvre des cales sous les lisses de tension, le chef de chantier glisse les profilés aluminium sur la rive inférieure et les visse sur les lisses de tension. Lors de la fixation des profilés aluminium, la toile est simplement tendue par son poids propre. Pour appliquer la pré-tension  $\Delta H$ , le chef de chantier enlève les cales et descend les lisses inférieures à la cote théorique de fixation avec les vis de réglage situées aux 2 extrémités de chacune des lisses.

#### 2.4.3.3. Traitement hygrothermique

La conductance thermique en position verticale d'une toile est proche de 5,6 W / (m².K). Son isolation thermique est faible.

La conception 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. Maintenance**

SMC2 propose au maître d'ouvrage un contrat de maintenance avec les points de contrôle suivants :

- Etat général de salissure
- Etat de surface : coupure, dégradation, ...
- Etat des soudures d'assemblage.
- Etat de surface et fixations (clouage, vissage) des solins métalliques de finition avec vérification étanchéité au niveau des recouvrements.
- Accastillage type profilés aluminium et plaquetage métallique
  - Bon fonctionnement des assemblages par visserie : Alignement, serrage,
  - Etat de surface : oxydation/corrosion.
- Vérification de la tension par examen visuel et par palpation réalisés par un technicien spécialisé en membrane textile depuis au moins 5 ans.

La périodicité suggérée est une première visite à programmer 6 mois après achèvement des travaux puis ensuite tous les 5 ans.

### **2.5.2. Entretien**

Le maître d'ouvrage est en charge d'assurer l'entretien courant du bâtiment. Dans le cas d'une forte pollution environnementale ou d'une exposition singulière, SMC2 peut organiser le nettoyage des toiles de façade à la demande du maître d'ouvrage.

### **2.5.3. 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.

---

## **2.6. Traitement en fin de vie**

---

Pas d'information apportée.

---

## **2.7. Assistance technique**

---

La mise en œuvre est réalisée par la société SMC2 ou par des entreprises spécialisées sous-traitantes avec l'assistance technique de la société SMC2.

---

## **2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication**

---

Les dispositions prises par la Société SMC2 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, et respectant les prescriptions de la Société SMC2, permettent de compter sur une constance de qualité suffisante.

La fabrication du système doit être réalisée en prenant en compte les contrôles et les modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique Etabli par le Demandeur (DTED).

### **2.8.1. Condition 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 SMC2, 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 sur le projet  $\geq 500 \text{ m}^2$ ).

## 2.8.2. Profilés aluminium

Les profilés aluminium sont extrudés par la société HYDRO 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 toiles.

## 2.8.3. 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 x 3,5 mm.

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

## 2.8.4. 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 toile seront reprises en atelier et contrôlées à réception sur chantier afin de lisser les défauts d'aspérité dus à la galvanisation par trempage.

## 2.8.5. Façade textile

### 2.8.5.1. Fabrication de la toile

La fabrication des toiles citées au §3.1 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 FERRARI fournit des essais de traction biaxiaux. Ces essais nous permettent alors de déterminer le module d'élasticité de la toile.

### 2.8.5.2. Confection des éléments de façade textile

Les façades textiles sont confectionnées par les sociétés GRABOPLAN (Hongrie), APG Cobertuas (Portugal)et/ou ASMA Germe (Turquie) :

- Découpe des lés de toile selon les plans de coupe fournis par SMC2 avec une tolérance de +/- 1 mm.

La découpe des toiles 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  $\pm 1$  mm. D'autre part, sur les soudures, le défaut d'alignement autorisé est de 1 mm.

- Assemblage des lés de toile par soudure haute-fréquence avec une largeur de soudure de 40 mm et avec une tolérance de +/-1 mm sur l'alignement des soudures. Les cotes principales largeur et longueur de chaque façade confectionnée respectent une tolérance de +/- 3 mm après assemblage.

Pour chaque confectionneur, la fabrication des toiles est conforme aux recommandations professionnelles avec soudure haute-fréquence et largeur de soudure de 40mm (supérieure à 30mm pour une toile de 750g). Les panneaux de toile sont réalisés avec un lésage vertical.

- Conditionnement des membranes par pliage.

### 2.8.5.3. Conditionnement

Chaque toile 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.

### 2.8.5.4. Sérigraphie

Les toiles de façades peuvent être sérigraphiées.

Après assemblage par soudure, les toiles sont sérigraphiées sur des imprimantes numériques à jet d'encre de grand format du type UVISTAR de chez FUJIFILM. Les encres utilisées pour les membranes PVC avec ce type de machine sont les encres de type UVIJET QK de chez FUJIFILM. L'impression numérique est réalisée par la société MORASSUTI (FRANCE).

Dans le cas d'une impression numérique sur des lés avant soudure, les soudures sont testées en traction dans les mêmes conditions que pour les contrôles définis au paragraphe 6.2 du dossier technique.

Pour chaque opération, le fabricant de toile validera la compatibilité chimique des encres avec l'enduction PVC de la toile.

## 2.8.6. Contrôles

### 2.8.6.1. Toile textile

Des autocontrôles sont effectués par le fabricant des toiles 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
  - M2

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

### 2.8.6.2. Confection de membranes textiles

Dans le cadre du PAQ SMC2, une procédure adressée à tous les confectionneurs 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.

Des autocontrôles sont effectués en cours de fabrication sur les façades 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 tous les 200 ml de soudure.
- Vérification des tolérances dimensionnelles de la façade finie à +/- 3 mm.

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, ...).

Un contrôle des soudures doit faire l'objet d'un contrôle supplémentaire à chaud et à froid par un organisme tiers indépendant ou laboratoire spécialisé lorsque la surface totale de façade textile d'un projet est supérieure à 500 m<sup>2</sup> (cf. annexe 2 des recommandations professionnelles).

Chaque projet bénéficie d'une fiche de contrôle « SMC2 PRODUCTION CONTROL » qui valide le contrôle dimensionnelle « Cutting » et la qualité des soudures « welding ».

En complément de la procédure qualité mis en place par SMC2 pour les confectionneurs de toile, les sociétés de confection GRABOPLAN et ASMA GERME travaillent selon une procédure ISO 9001. Un organisme indépendant de certification qui valide régulièrement ses méthodes de travail.

### 2.8.6.3. 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.

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 6.3.2.5 qui explicite les contrôles sur les matières premières et les produits finis.

### 2.8.6.4. 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. Chaque fournisseur se doit de la respecter, notamment le paragraphe 8.2 de la norme NF EN 10025-1 qui indique le type de contrôle ainsi que le 8.3 qui indique la fréquence d'essais.

---

## 2.9. Mention des justificatifs

### 2.9.1. Résultats Expérimentaux

- Essai caractérisation des toiles :
  - Flexlight Perform 702 S2 : n° UM 300000333447 du Laboratoire BLUM du 13/07/2011 (Projet : 585-28)
  - Flexlight Xtrem TX30-1 : n° 1493088 du Laboratoire DEKRA du 12/11/2014
  - Flexlight Classic 782 S2 : n° 1494367 du Laboratoire DEKRA du 14/11/2014

- Essai de fatigue de la toile :
  - Rapport n°CLC 13-26042790 - Flexlight Perform 702 S2
  - Rapport FaCeT 16-26063945 - Flexlight Xtrem TX30-I
- Essais de résistance des assemblages :
  - Rapport n° CLC13-26043738 - Flexlight Perform 702 S2
  - Rapport n° FaCeT16-26064607 - Flexlight Xtrem TX30-I
- PV feu :
  - Toile 702 : n° P130364 – DE/1 du LNE – classement M2 (blanc – épaisseur 0,6 mm).
  - Toile TX30-1 : n°14-03127 L de l'ifth – classement M2 (blanc – épaisseur 0,64 mm).
  - Flexlight Classic 782 S2 : n°14-03407 L de l'ifth – classement M2 (divers – épaisseur 0,59mm)

### **2.9.2. Références chantiers**

Depuis 2019 l'entreprise SMC2 a réalisé des projets de façades en toiles tendues textiles en France pour une surface totale de plus de 78 808 m<sup>2</sup>.

## 2.10. Annexe du Dossier Technique

### Tableaux et figures du Dossier Technique

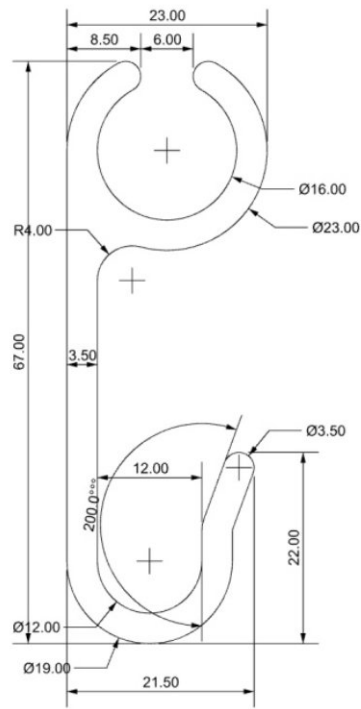
Caractéristiques		Unité	Toiles		
			Flexlight Perform 702 S2	Flexlight Xtrem TX30-1	Flexlight Classic 782 S2
Fil		-	PES HT 1100 Dtex	1100 Dtex	PES HT 1100 Dtex
Réaction au feu (NF P 92-507)		-	M2	M2	M2
Réaction au feu (EN 13501-1 : 2018)		-	-	-	-
Coloris		-	Blanc ou couleur	Blanc	Couleur
Translucidité		-	Opaque ou translucide	Opaque	Opaque ou translucide
Garantie entreprise		-	7 ans	-	7 ans
Résistance rupture	Chaîne	daN/ cm	280	280	350
	Trame		280	280	350
Résistance déchirure	Chaîne	daN	30	20	45
	Trame		28	28	40

**Tableau 1 – Caractéristiques mécaniques des toiles courantes (caractéristiques fournisseurs)**

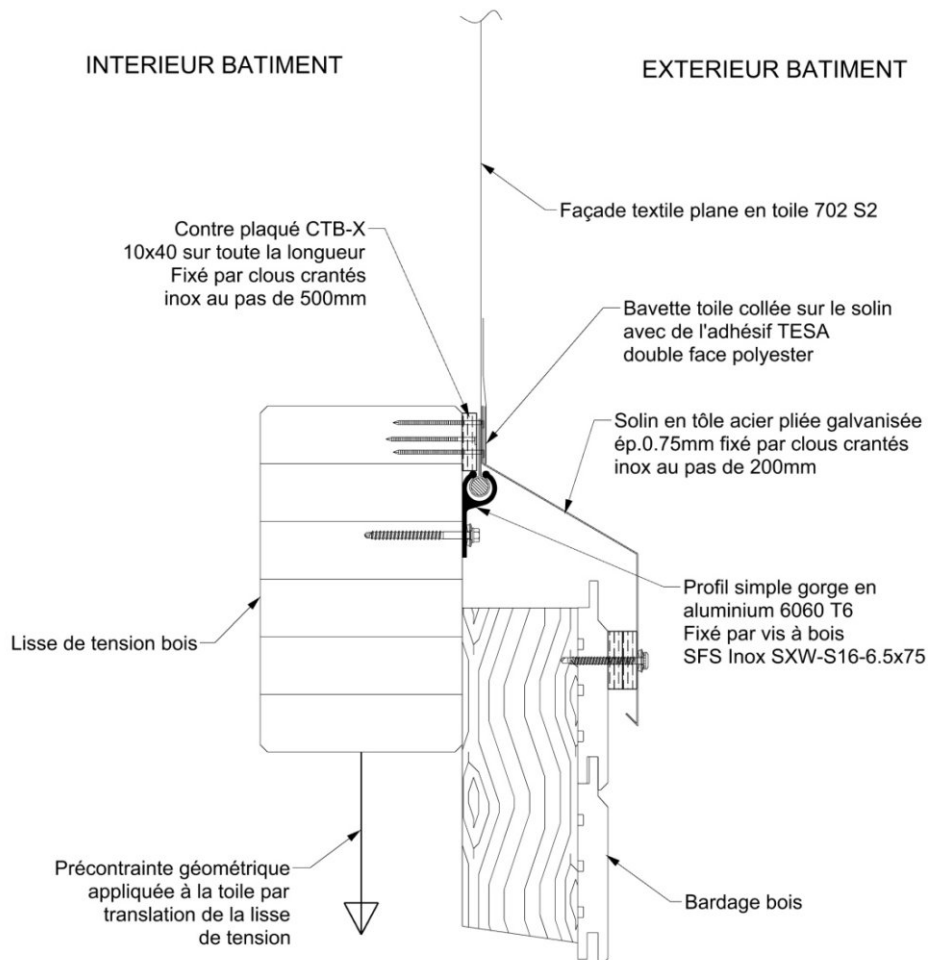
Fixation	Localisation	Type de toile	Valeur de tension (daN/m)
Fixation type 1 Ref. SMC SIMPLE GORGE	figures 3 et 5	Flexlight Classic 702 S2	1115
Fixation type 2 Ref. ABR JONC	figures 4 et 6.	Flexlight Classic 702 S2	1093
Fixation type 3 Ref. SMC DOUBLE GORGE	figure 2	Flexlight Classic 702 S2	1088
Fixation type 4 Ref PLAT 40x5mm et SMC SIMPLE GORGE	figures 3 et 8	Flexlight Classic 702 S2	715
Fixation type 5 Ref. PLAT 40x5mm et SMC SIMPLE GORGE	figures 3 et 9	Flexlight Classic 702 S2	1156
Fixation type 4 Ref PLAT 40x5mm et SMC SIMPLE GORGE	figures 3 et 8	Flexlight Xtrem TX 30-I	532
Fixation type 4 Ref ABR JONC et SMC SIMPLE GORGE	figures 3, 4 et 8	Flexlight Xtrem TX 30-I	485
Fixation type 1 Ref. SMC SIMPLE GORGE avec solin	figures 3 et 5	Flexlight Xtrem TX 30-I	1545
Fixation type 1 Ref. SMC SIMPLE GORGE sans solin	figures 3 et 5	Flexlight Xtrem TX 30-I	1701
Fixation type 5 Ref. PLAT 40x5mm et SMC SIMPLE GORGE	figures 3 et 9	Flexlight Xtrem TX 30-I	1590
<p>Après analyse des essais de traction, réalisés par le CSTB selon les rapports CLC 13-26042790 et FaCeT 16-26064607 en appliquant le coefficient réducteur dû à la perte de résistance de la toile ainsi que le coefficient de sécurité de 2,5 des « recommandations pour la conception des ouvrages permanents avec couverture textile », les tensions admissibles à l'ELU dans les assemblages sont déterminées.</p> <p>Les performances de la toile Flexilight Perform 702 S2 sont utilisées pour la toile Flexilight Classic 782.</p> <p>Pour les toiles n'ayant pas fait l'objet d'essai, les performances les plus défavorables sont prises en compte pour chaque type de fixation.</p>			

**Tableau 2 – Exemple de tension admissible à l'ELU pour les assemblages**

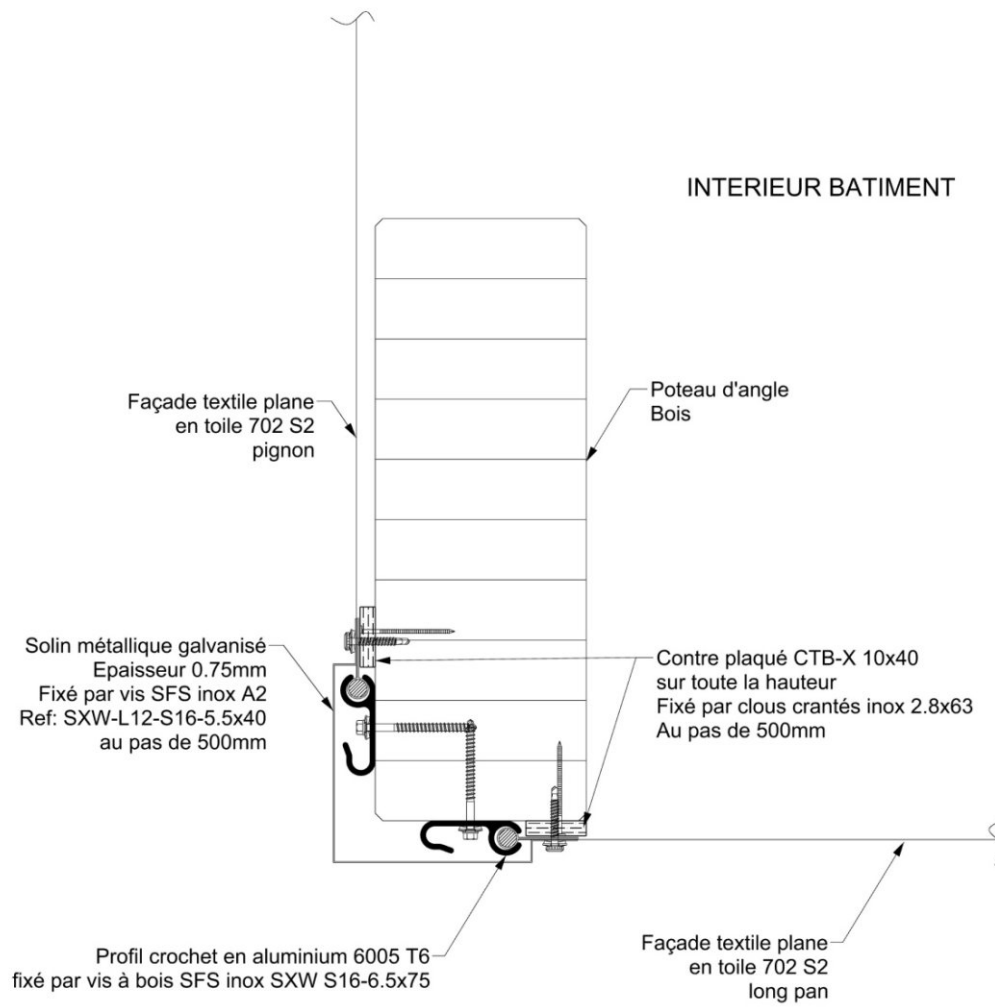




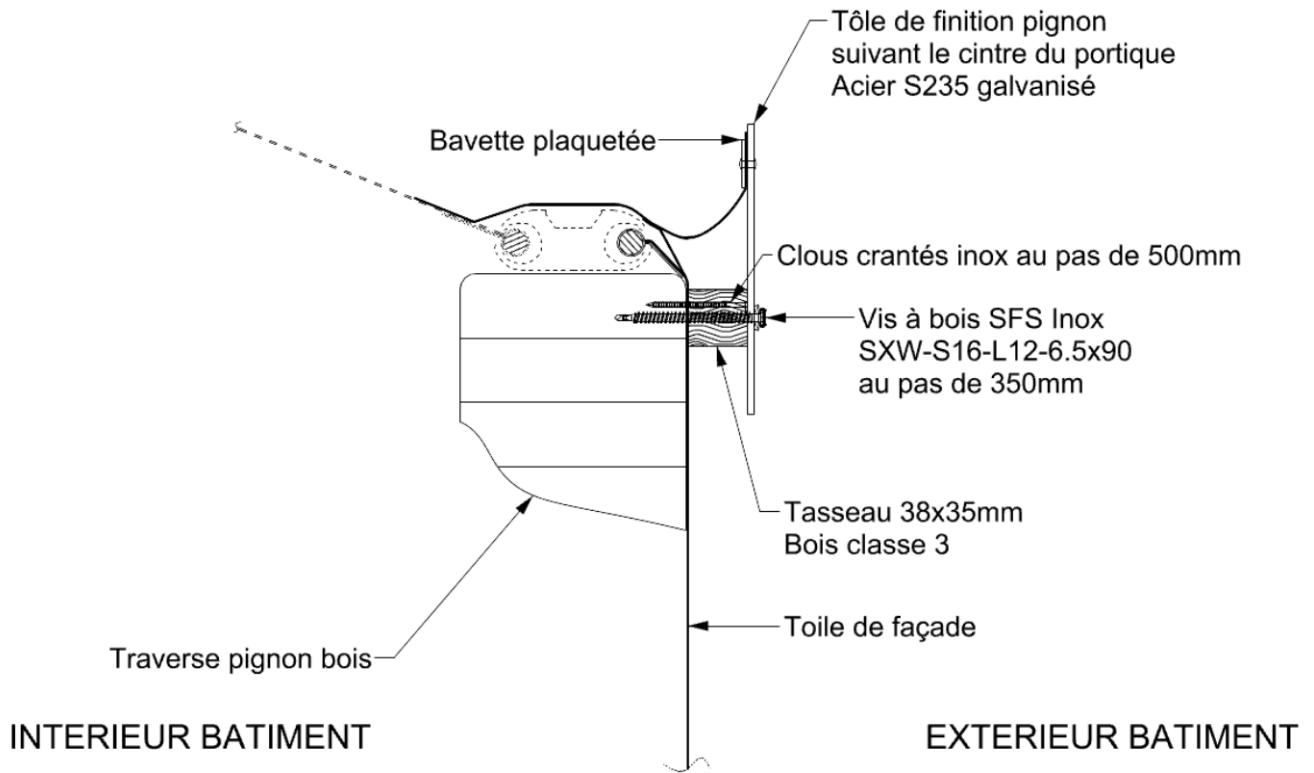
**Figure 4 – Profilé aluminium ABR JONC**



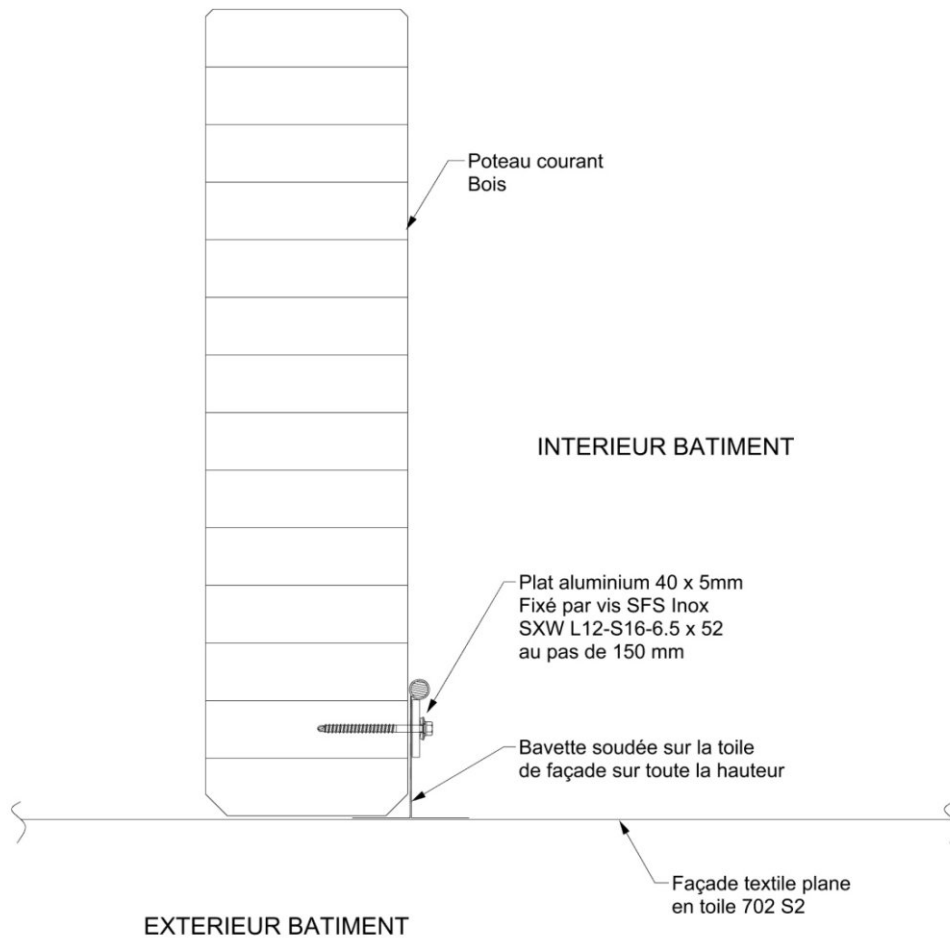
**Figure 5 – Fixation type 1 – coupe verticale sur lisse de tension rive basse**



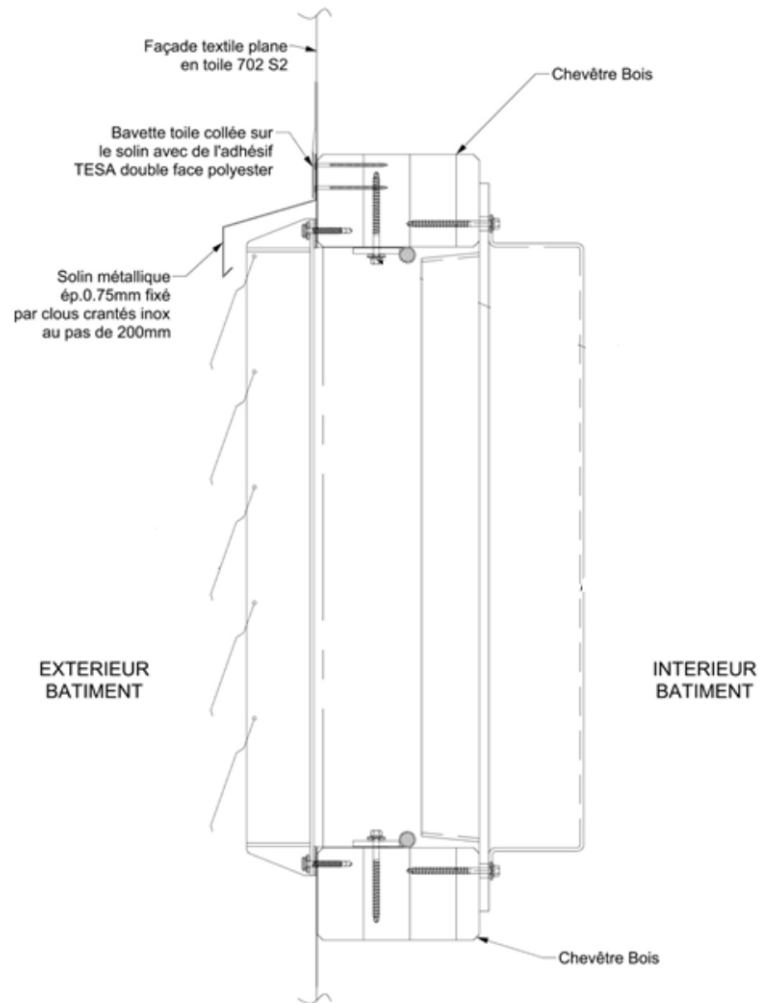
**Figure 6 – Fixation type 2 – coupe horizontale sur poteau d'angle**



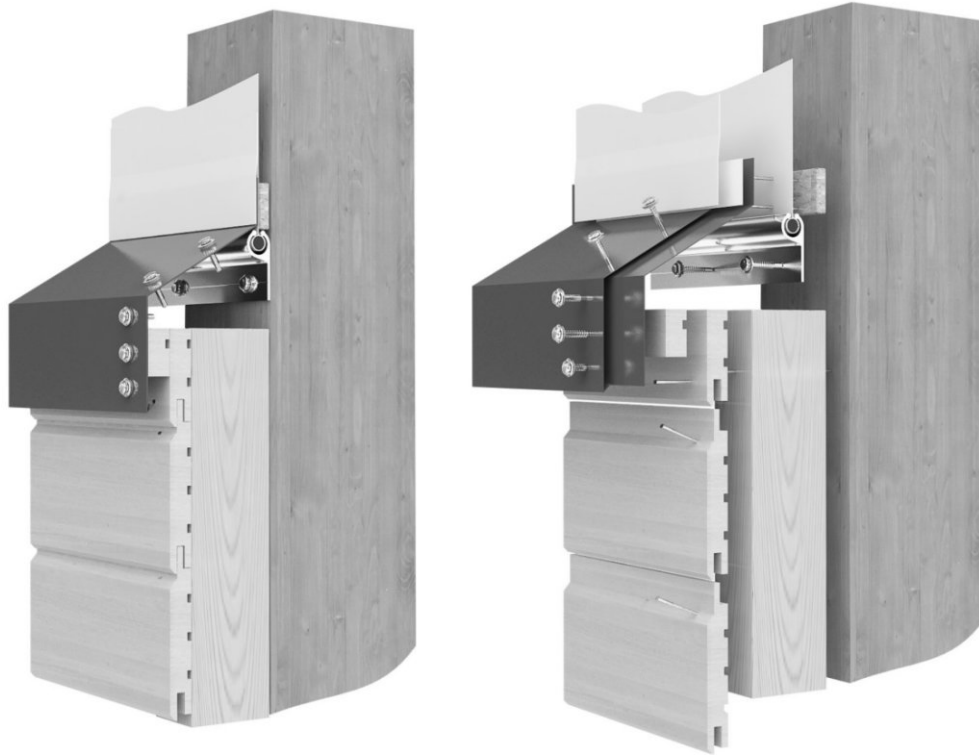
**Figure 7 – Fixation type 3 – coupe verticale sur traverse pignon rive haute**



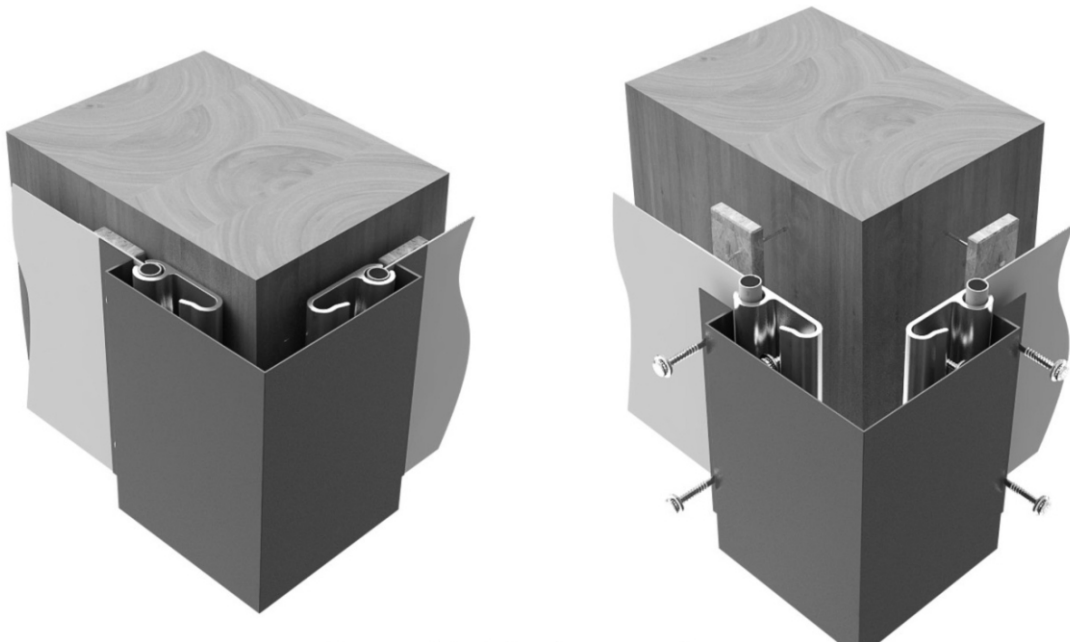
**Figure 8 – Fixation type 4 – coupe horizontale sur poteau intermédiaire**



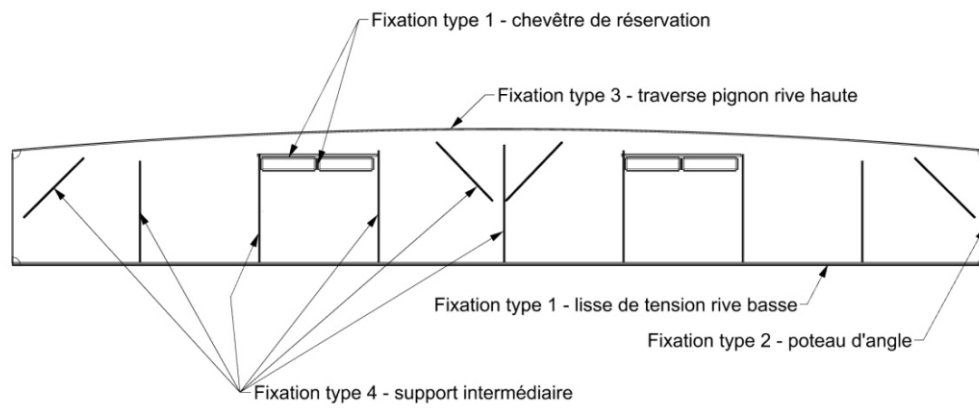
**Figure 9 – Fixation type 5 – coupe verticale sur chevêtre de réservation**



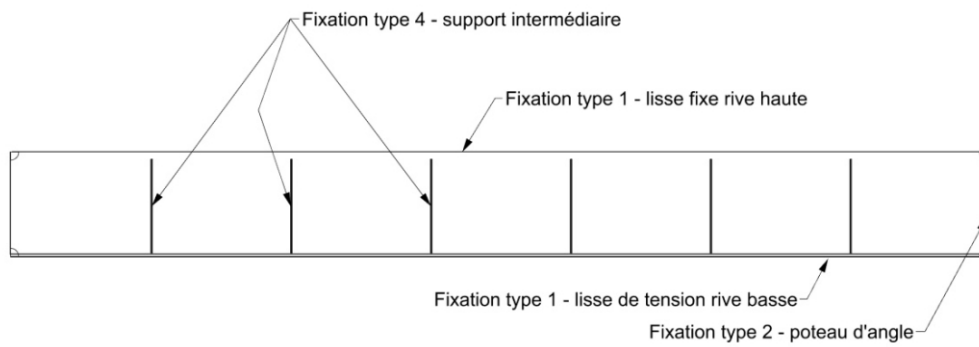
**Figure 10 – Fixation type 1 – vue axonométrique et éclatée**



**Figure 11 – Fixation type 2 – vue axonométrique et éclatée**

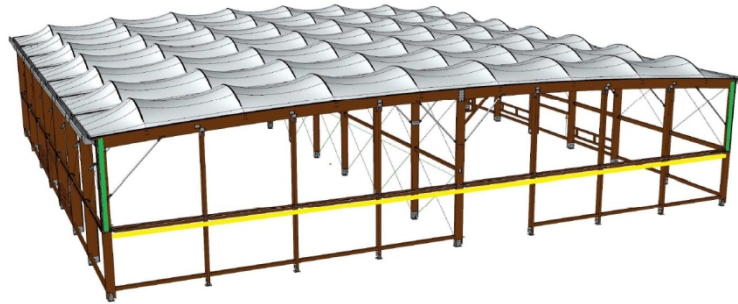


**Figure 12 – Façade textile plane pignon – repérage des types de fixation**

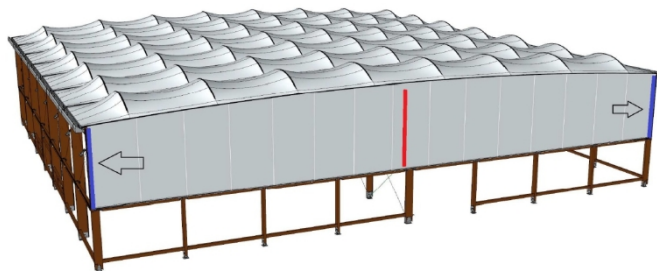


**Figure 13 – Façade textile long pan – repérage des types de fixation**

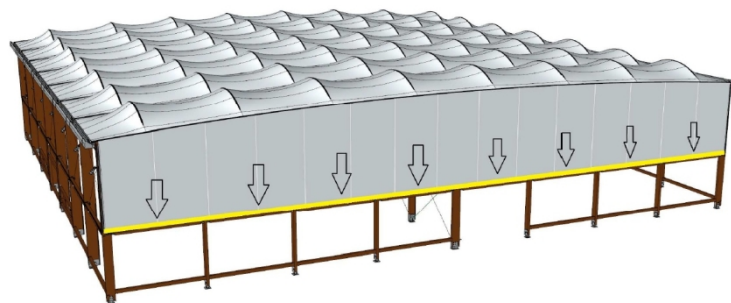
- **Phase 01 : Préparation du support**



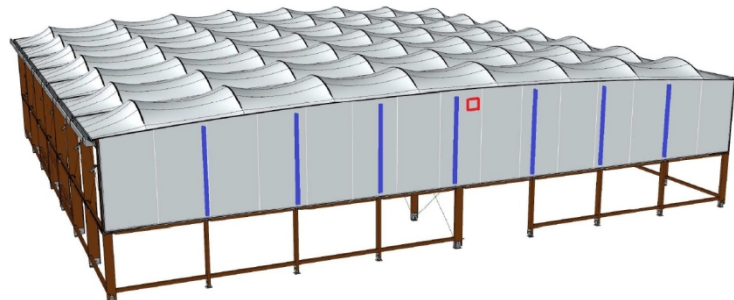
- **Phase 02 : Mise en place de la toile, précontrainte horizontale**



- **Phase 03 : Précontrainte verticale**



- **Phase 04 : Fixation des bavettes intermédiaires**



**Figure 14 – Mise en œuvre de la façade**