Zenith de Montpellier © VSO / Ferrari

Recommandations

Pendik Bazaar marché,
Istanbul (Turquie),
© ACS-Production

Recommandations
pour la conception,
des ouvrages
permanents
de couverture textile

Partie I

Recommandations
pour la confection
et la mise en œuvre
des ouvrages
permanents
de couverture textile

Partie II

Centre commercial de Thiais, © ACS Production / Ferrari / Photographie : Gilles Aymard

Recommandations pour la conception, des ouvrages permanents de couverture textile Partie I

La présente version de ce document résulte d'une mise à jour du texte initial publié aux Annales de l'ITBTP en Septembre 1997.

Le Modificatif publié aux Annales de l'ITBTP en Septembre 1998 y est incorporé.
Des retouches y ont été apportées en 2007.

Le texte initial de la Première Partie des présentes Recommandations pour la Conception des ouvrages permanents de couverture textile a été élaboré par :

M. BIGER / BUREAU VERITAS, Rédacteur
M. FERRARI / TISSAGES FERRARI
M. KRIMM / SOCOTEC
M. LE CHAFFOTEC / SOCOTEC
Madame QUEFFELEC / GROUPE ARCORA
M. QUOST / AGIBAT-MTI
M. SEGUIN / TISSAGES FERRARI

Les retouches de 2007 sont dues à :

Mme QUEFFELEC (ARCORA), **M. VIGLINO** (ARCORA), et **M. BIGER.**

L'annexe B-Durabilité a été rédigée par **M. Baegert (C.E.P.)**

Ce texte a fait l'objet d'une enquête auprès des professionnels, suivie d'une révision effectuée par :

M. BAEGERT / C.E.P.
M. BIGER / BUREAU VERITAS
M. CHAPERON / ETUDES STRUCTURES TOILE
M. COUREAUX / GROUPE ARCORA
M. FAURANT / A.C.S.
M. FERRARI / TISSAGES FERRARI
M. IZABEL / APAVE
M. KULIG / V.S.O.
M. LANTONNET / A.C.S.
M. MAITRE / SOCOTEC
M. MALINOWSKY / GROUPE ALTO
M. MARCAULT / ESMERY-CARON
M. PAULI / ETUDES STRUCTURES TOILE
M. OUATARA / APAVE
Mme QUEFFELEC / GROUPE ARCORA
M. QUOST / AGIBAT-MTI
M. SEGUIN / TISSAGES FERRARI

PRÉAMBULE

La conception, la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile relèvent de techniques particulières, dont l'introduction dans le domaine de la construction est récente. Elles diffèrent en cela des techniques traditionnelles qui sont bien connues et codifiées par des textes normatifs.

C'est en vue de rassembler les bases techniques d'une future normalisation, que la rédaction d'un texte de référence destiné aux Entreprises, aux Bureaux d'Etudes, aux Maîtres d'Ouvrages, aux Maîtres d'Oeuvre, et aux Bureaux de Contrôle, a été entreprise au début des années 90.

La première partie de ce texte, intitulé Recommandations pour la conception des ouvrages permanents de couvertures textiles, a été publié 1997 aux Annales de l'ITBTP. Elle fut suivie d'un modificatif en 1998.

Cette première partie des Recommandations a rencontré un excellent accueil, auquel les couvertures textiles doivent en grande partie leur entrée de plein pied dans le domaine de la construction.

Elles ont progressivement cessé d'être considérées comme des ouvrages « exotiques ».

Le cadre de Qualibat s'est ouvert aux confectionneurs.

L'image de la profession en a bénéficié.

Les confectionneurs se sont ensuite fortement investis dans la rédaction de la seconde partie du texte, intitulée : Recommandations pour la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couvertures textiles.

La première partie des recommandations comporte deux annexes.

L'annexe A traite des caractéristiques mécaniques des toiles.

L'annexe B présente les résultats d'une étude de durabilité des toiles.

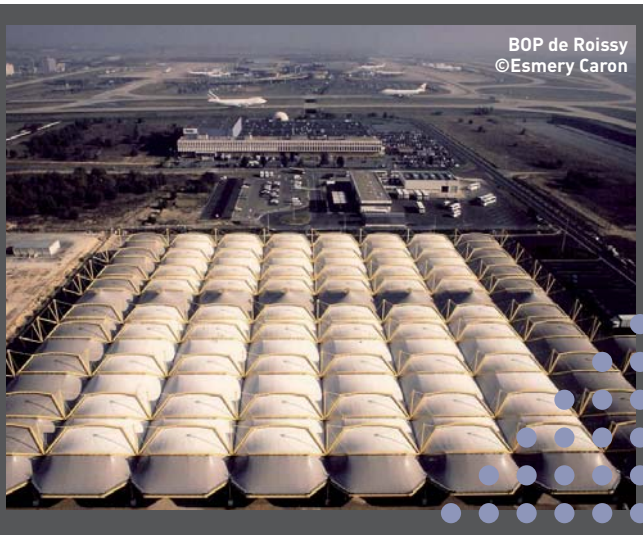
La seconde partie des recommandations comporte trois annexes.

L'annexe C concerne les contrôles de fabrication. Elle définit les protocoles des essais des soudures.

L'annexe D reprend la définition de la Qualification Qualibat 3911/3913 relative aux structures textiles permanentes.

L'annexe E apporte des précisions sur les règles au regard de l'assurance décennale obligatoire de l'entreprise qui assure la conception, la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile.

Stade Reims
Cabinet d'architecture M.Remon,
© Esmery Caron



BOP de Roissy
©Esmery Caron

SOMMAIRE

1. OBJET DES RECOMMANDATIONS

1.1 Domaine d'application

1.2 Contenu

2. COMPOSITION DES OUVRAGES FIXES DE COUVERTURE TEXTILE

2.1 Membrane de couverture

2.2 Accastillage

2.3 Structure porteuse

2.4 Appuis et ancrages

3. MATÉRIAUX

3.1 Toile
- 3.1.1 Caractéristiques
- 3.1.2 Types de toile

3.2 Acier

3.3 Aluminium

3.4 Bois

3.5 Bétons

3.6 Autres matériaux

4. CONCEPTION

4.1 Membrane de couverture
- 4.1.1 Forme
- 4.1.2 Prétension
- 4.1.3 Pente en rives
- 4.1.4 Fractionnement
- 4.1.5 Limites d'utilisation

4.2 Accastillage

4.3 Structure porteuse

5. CALCUL

5.1 Hypothèses de comportement
- 5.1.1 Non linéarité mécanique
- 5.1.2 Non linéarité géométrique
- 5.1.3 Déplacements de la structure porteuse

5.2 Méthodes de calcul des membranes de couverture
- 5.2.1 Définition de la forme initiale
- 5.2.2 Calcul en bandes indépendantes
- 5.2.3 Eléments finis et réseaux de câbles

5.3 Actions à prendre en compte
- 5.3.1 Prétension
- 5.3.2 Charges permanentes
- 5.3.3 Surcharges d'exploitation
- 5.3.4 Surcharges climatiques
- 5.3 4.1 Neige
- 5.3.4.2 Vent
- 5.3.5 Surcharge minimale forfaitaire
- 5.3.6 Remplacement d'un élément de toile
- 5.3.7 Tassements d'appuis
- 5.3.8 Température

5.4 Combinaisons des actions
- 5.4.1 Forme Initiale
- 5.4.2 Déformations
- 5.4.3 Tensions

5.5 Critères de calcul
- 5.5.1 Critères de calcul de la membrane
- 5.5.1.1 Equilibre sous prétension
- 5.5.1.2 Stabilité de forme
- 5.5.1.3 Tensions de calcul et de dimensionnement
- 5.5.1.3.1 Tensions de dimensionnement en partie courante
- 5.5.1.3.2 Tensions de dimensionnement des zones d'attache
- 5.5.1.3.3 Efficacité des renforts
- 5.5.1.3.4 Lisières
- 5.5.2 Accastillage
- 5.5.3 Structure porteuse
- 5.5.3.1 Structure en acier
- 5.5.3.2 Structure en aluminium
- 5.5.3.3 Structure en bois

5.6 Ancrages

5.7 Contenu de la Note de Calculs

5.8 Résultats et documents interprétatifs des essais

6. PLANS D'EXÉCUTION

7. VÉRIFICATIONS ET MAINTENANCE

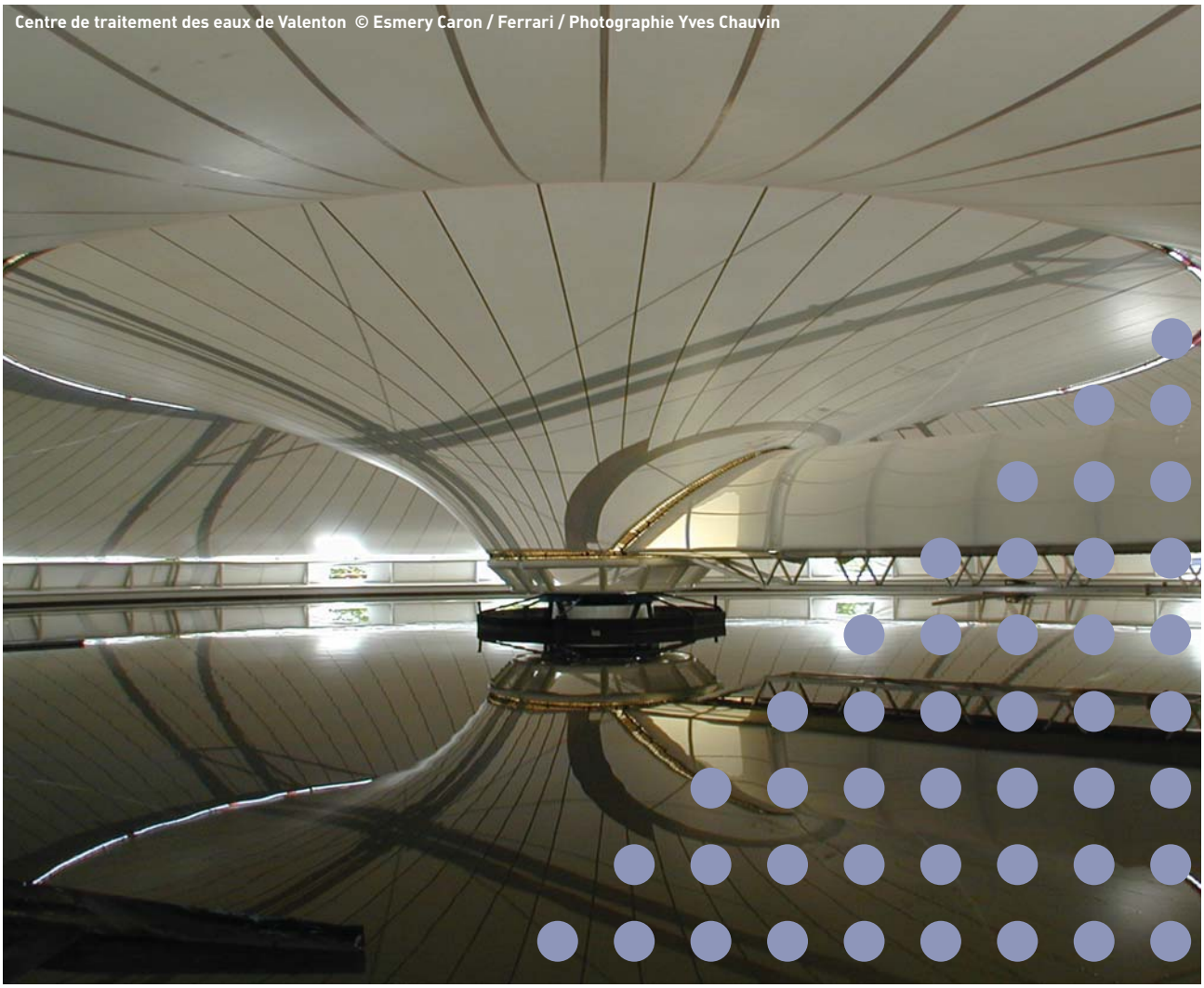
ANNEXE A

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

ANNEXE B

DURABILITÉ

Herblain-Desjoyaux
© Esmery Caron / Gimonet



Centre de traitement des eaux de Valenton © Esmery Caron / Ferrari / Photographie Yves Chauvin

1. OBJET DES RECOMMANDATIONS

L'objet des recommandations est de rassembler, et de formuler les prescriptions applicables à la conception des ouvrages permanents de couverture textile, de manière appropriée à leur usage dans le bâtiment.

Ces prescriptions visent particulièrement la solidité et la durabilité de ces ouvrages.

L'Annexe A traite des caractéristiques mécaniques des toiles.

L'Annexe B résume les principaux résultats d'une étude de la durabilité des couvertures textiles.

Les prescriptions relatives à l'étanchéité de ces couvertures ne sont pas l'objet du présent document.

Les exigences relatives à la sécurité des personnes figurent dans les textes spécialisés, elles ne sont pas l'objet du présent document.

1.1 Domaine d'application

Les présentes recommandations s'appliquent aux ouvrages permanents de couverture textile, dont la forme est à double courbure inverse, et dont la mise en oeuvre nécessite une prétension initiale.

> Il s'agit par exemple d'ouvrages comparables au B.O.P. de Roissy, au Zénith de Montpellier, à la gare douanière de Bâle Mulhouse, au hall expo de Bordeaux, à la gare TGV de Massy.
>
> Il s'agit aussi d'ouvrages plus courants, d'auvents, de piscines, de salles de sports.
>
> La double courbure inverse a un effet stabilisant sur les toiles de couverture, ce qui est bénéfique pour leur durabilité.

Les ouvrages repliables sont réputés fixes.

Les ouvrages en toile plane, ou à simple courbure, ne relèvent pas des présentes recommandations.

Les ouvrages mobiles ou forains ne relèvent pas des présentes recommandations.

> Voir à leur propos les règles de sécurité applicables aux Chapiteaux, Tentes et Structures Itinérants (Type C.T.S.)

Les couvertures gonflables ne relèvent pas des présentes recommandations.

> Voir à leur propos les règles de sécurité applicables aux établissements de plein air-structures gonflabes (types PA, SG)

Les stores, bâches, et installations similaires sont exclus du domaine d'application des présentes recommandations.

1.2 Contenu

Les présentes recommandations définissent la composition des ouvrages permanents de couverture textile, elles spécifient la nature des matériaux employés à leur construction, elles fixent les règles de conception et les règles de calcul applicables, elles décrivent les documents d'exécution et précisent les vérifications devant être effectuées à la mise en œuvre et en service.

2. COMPOSITION DES OUVRAGES FIXES DE COUVERTURE TEXTILE

Les ouvrages fixes de couverture textile se composent de la membrane de couverture, de l'accastillage, de la structure porteuse, des appuis et des ancrages.

2.1 Membrane de couverture

La membrane de couverture est définie par sa forme, par sa surface, par sa prétension, par les caractéristiques de la toile qui la constitue, ainsi que par la disposition des lés, des soudures, des bordures.

2.2 Accastillage

L'accastillage comprend les éléments qui attachent la toile à ses supports.

Il s'agit des organes de laçage, des câbles de ralingue, des gorges de fixation, des pointes de toile, des ridoirs, des manilles et autres.

2.3 Structure porteuse

La structure porteuse, autostable, supporte la membrane de couverture textile par l'intermédiaire de l'accastillage. Elle constitue ainsi les points fixes, ou quasi-fixes auxquels la membrane est accrochée, et transmet aux appuis les efforts résultant des actions sollicitant cette membrane.

2.4 Appuis et ancrages

Les appuis et ancrages sont constitués par les ouvrages qui réalisent la liaison entre la structure porteuse et le sol.

3. MATÉRIAUX

Les caractéristiques mécaniques des matériaux et des éléments d'accastillage employés doivent être définies.

La compatibilité des caractéristiques mécaniques des matériaux réceptionnés avec les valeurs prises en compte dans les calculs doit être démontrée.

3.1 Toile

Les caractéristiques des toiles et, s'il y a lieu leur type, doivent être définies conformément aux spécifications qui suivent, et à celles de l'Annexe A.

3.1.1 Caractéristiques

- nature de la toile (matière)
- masse du support et masse totale du complexe (g/m2)(réf. NF-EN 22286)
- nature de l'enduction des faces extérieure et intérieure
- armure (réf. NF G 07 155)
- résistance moyenne uniaxiale instantanée (N/5cm) selon chaîne et selon trame (NF G 37 103)
- modules d'élasticité (voir annexe)
- courbes d'allongements biaxiales de rapports 1/1, 1/2 ; 2/1 (voir annexe)
- coefficient de poisson (voir annexe)
- résistance à la déchirure amorcée (N) (trapèze) selon chaîne et selon trame (PR-EN 1875-3)
- adhérence (N/5cm) (NF G 37 107)
- résistance à la soudure sous 65°C (N/5cm)
- réaction au feu (2 faces) (indice) NF P 92 507

3.1.2 Types de toile

Les toiles sont classées par types, selon leur nature, leur résistance mécanique, leur poids, la largeur minimale des soudures, leur translucidité, et leur réaction au feu.

Le classement des toiles polyester à enduction PVC est donné au tableau 1. Le classement des toiles en tissus de verre à enduction PTFE est donné au tableau 2.

Les Antilles de Jonzac © Esmery Caron / Architectes R&N Hendricks / Begue et Peyrichou

Tableau 1 : Typologie des tissus polyester à enduction PVC				
Type	**I**	**II**	**III**	**IV**
Poids en g/m²	**750/900**	**1050**	**1050/1250**	**1350/1850**
Résistance à la rupture en N/5cm en chaîne et en trame	**2800/2800**	**4200/4000**	**5600/5600**	**8000/7000**
Résistance à la déchirure en N en chaîne et en trame	**300/280**	**550/500**	**800/650**	**1200/1100**
Allongement avant rupture en %	**15/20**	**15/20**	**15/25**	**15/25**
Largeur minimale des soudures en cm	**3**	**4**	**4**	**4**
Passage lumineux à 550nm , couleur blanc translucide	**13**	**9.5**	**8**	**5**
Réaction au feu*	**M2**	**M2**	**M2**	**M2**

* La correspondance avec les Euroclasses est indiquée dans le tableau 3

Tableau 2 : Typologie des tissus de verre à enduction PTFE				
Type	**I**	**II**	**III**	**IV**
Poids en g/m²	**800**	**1050**	**1250**	**1500**
Résistance à la rupture en N/5cm en chaîne et en trame	**3500/3000**	**5000/4400**	**6900/5900**	**7300/6500**
Résistance à la déchirure en N en chaîne et en trame	**300/300**	**300/300**	**400/400**	**500/500**
Allongement avant rupture en %	**3-12**	**3-12**	**3-12**	**3-12**
Passage lumineux à 550nm , couleur blanc translucide	**12-18**	**12-18**	**10-16**	**10-16**
Réaction au feu*	**M2**	**M2**	**M2**	**M2**

* La correspondance avec les Euroclasses est indiquée dans le tableau 3

Tableau 3 : Transposition temporaire entre les Euroclasses et la réglementation française			
Euroclasses			Exigence nationale
Critères d'inflammabilité	Indice de fumée (smoke)	Indice d'apparition de la gouttelette enflammée (drop)	
A1	-		Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1	M1
A2	s2 s3	d0 d1	
B	s1 s2 s3	d0 d1	
C	s1 s2 s3	D0 d1	M2
D	s1 s2 s3	D0 d1	M3
			M4 (non gouttant)
Toutes classes autres que E-d2 et F			M4

* exemple d'application de ce tableau en transposition temporaire :

- Un produit «A1» répond à l'exigence «Incombustible» des règlements actuels,
- Un produit «A2 s1 d0» répond à l'exigence «M0» des règlements actuels,
- Un produit «C s2 d1» répond à l'exigence «M2» des règlements actuels.

3.2 Acier

- les aciers utilisables sont ceux relevant des normes dont la liste est donnée par l'annexe B de la norme P 22 311 (EC3-DAN), parties B1 et B2.
- les aciers destinés à la galvanisation doivent répondre aux prescriptions de la Norme NF-A 35-503 de Nov 94
- les câbles en acier doivent être conformes à la norme NF A 47 200

3.3 Aluminium

Les caractéristiques des alliages d'aluminium doivent être en accord avec les exigences des DTU P 22 702 (Règles AL) et P22 202 (DTU 32.2).

3.4 Bois

Les caractéristiques des bois utilisés doivent être en accord avec les exigences du DTU P 21 701 (Règles CB 71) et de la norme NF B 52001.

3.5 Bétons

Les caractéristiques des bétons utilisés doivent être en accord avec les exigences des DTU P 18 702 (BAEL 91) et du DTU P 18 201.

3.6 Autres matériaux

En cas d'utilisation d'autres matériaux le constructeur doit justifier leurs caractéristiques mécanique et leur durabilité.

4. CONCEPTION

Les ouvrages permanents de couverture textile doivent être conçus de manière à satisfaire aux critères de conception spécifiques applicables à la membrane de couverture, à l'accastillage, et à la structure porteuse.

4.1 Membrane de couverture

Les critères de conception de la membrane de couverture concernent la forme, la prétension, les courbures, la pente en rives ,le fractionnement, et les limites d'utilisation.

4.1.1 Forme

La forme des membranes de couverture textiles doit être à double courbure inverse.

Les rayons de courbure des membranes de couverture varient d'un point à l'autre,d'un plan de coupe à l'autre. C'est pourquoi le critère de forme retenu est un critère global. Le rapport entre la corde et la flèche de la membrane, ainsi que le rayon de courbure de l'arc de cercle associé, ayant la même corde et la même flèche entre lisières (voir fig 1) doivent être limités.

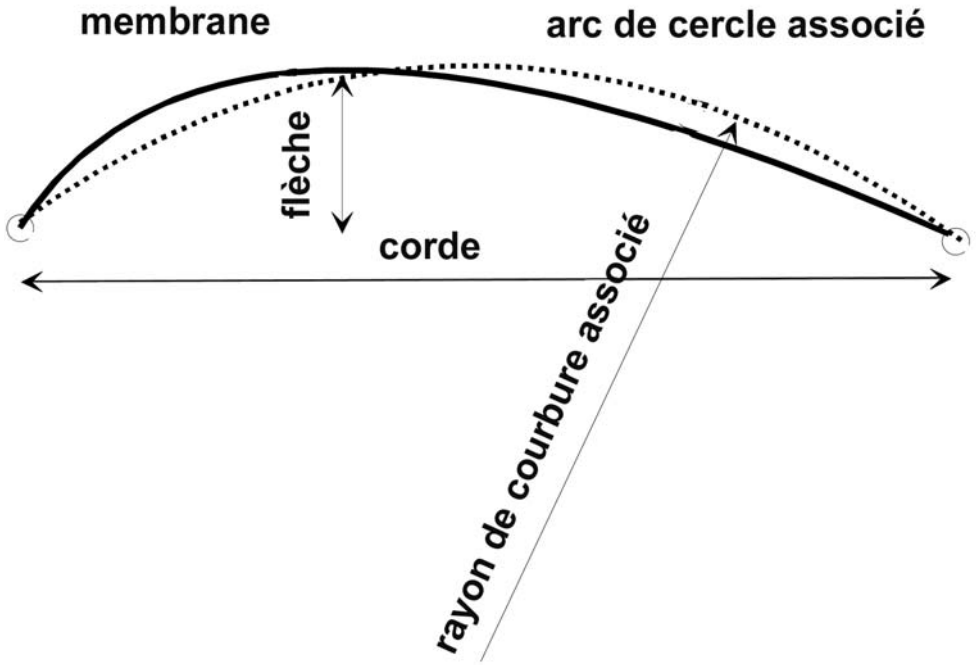


Figure 1 : membrane et arc de cercle associé

Sous prétension, le rapport entre la corde et la flèche de la membrane de couverture, ainsi que le rayon de courbure associé, pris entre les lisières et dans un même plan, doivent satisfaire aux conditions suivantes:

$$\frac{c}{f} \leq 20 \quad \text{et} \quad R \leq 70m$$

où c : corde

f : flèche

R : rayon de courbure associé

Note : la première condition correspond sensiblement à $R \leq 2.5c$ et $R \leq 50f$

Des dispositifs stabilisateurs de forme tels que des câbles de vallée, des câbles d'arête, des pannes faîtières, peuvent être utilisés.

4.1.2 Prétension

Par construction, les membranes de couverture textile doivent être soumises à une prétension initiale au moins égale à 1,5 kN/ml.

4.1.3 Pente en rives

La pente en rives des membranes de couverture textile doit être suffisante pour permettre l'écoulement des eaux pluviales.

Lorsqu'elle est positive, la pente en rives des membranes de couverture textile ne doit pas être inférieure à 20% , sous prétension.

4.1.4 Fractionnement

La surface d'un élément de couverture d'un seul tenant délimité par ses bordures ou ses ralingues ne doit pas excéder 500 m² en projection plane, sauf justification particulière (renforcement).

Dans le cas des couvertures à travées multiples, la surface projetée des éléments de couverture comportant des appuis glissants ne doit pas excéder 400 m².

4.1.5 Limites d'utilisation

L'utilisation de toiles polyester à enduction PVC de type 1 est admise pour des surfaces couvertes élémentaires de moins de 30 m² en projection plane.

L'utilisation de toiles polyester à enduction PVC de type 2,3,4 est obligatoire pour les surfaces couvertes élémentaires de plus de 30 m².en projection plane.

4.2 Accastillage

Le rayon de courbure des ralingues ne doit pas dépasser 25 m.

4.3 Structure porteuse

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

5. CALCUL

Le calcul des ouvrages de couverture textile doit satisfaire aux prescriptions suivantes visant les hypothèses de comportement, les méthodes de calcul, les actions, les combinaisons d'actions, et les critères de dimensionnement.

Le calcul des ouvrages de couverture textile doit être compatible avec les règles applicables aux structures porteuses.

5.1 Hypothèses de comportement

Il s'agit des non linéarités mécaniques et géométriques, ainsi que des déplacements de la structure porteuse.

5.1.1 Non linéarité mécanique

On se dispense de considérer la non linéarité mécanique du matériau dans les calculs de déformations et de résistance en utilisant des modules d'élasticité définis selon les prescriptions de l'annexe A.

On doit tenir compte de la non linéarité du matériau lors de la définition des plans de coupe.

5.1.2 Non linéarité géométrique

On doit tenir compte dans le calcul, du comportement non linéaire géométrique de la membrane de couverture.

5.1.3 Déplacements de la structure porteuse

Les déplacements de la structure porteuse peuvent être négligés dans le calcul de la membrane lorsqu'ils n'en perturbent pas le comportement.

A défaut, les déplacements de la structure porteuse doivent être intégrés dans le calcul.

5.2 Méthodes de calcul des membranes de couverture

5.2.1 Définition de la forme initiale

La forme des ouvrages sous prétension doit être définie au moyen d'une méthode appropriée.

Par exemple : Surface minimale, densités de forces, splines.

5.2.2 Calcul en bandes indépendantes

Les membranes de couverture de forme simple, dont le rayon de courbure est inférieur à 20 m, et dont la surface est inférieure à 250 m² peuvent être calculées en bandes indépendantes, à condition que l'influence du déplacement des supports soit négligeable.

5.2.3 Eléments finis et réseaux de câbles

Les membranes de couverture dont le rayon de courbure est supérieur à 20 m, ou dont la surface est supérieure à 250 m², ou dont la forme est complexe doivent être calculés aux éléments finis, ou par réseau de câbles.

La méthode utilisée doit être apte à définir la forme d'équilibre initiale sous prétension.

5.3 Actions à prendre en compte

Les hypothèses minimales de charges et surcharges à prendre sont les suivantes.

5.3.1 Prétension

La prétension de calcul de la toile, et la prétension des câbles doivent être définies.

5.3.2 Charges permanentes

Elles comprennent le poids propre de la structure, de la toile et des équipements fixes.

5.3.3 Surcharges d'exploitation

Lorsque des surcharges d'exploitation spécifiques à l'ouvrage existent, elles doivent être mentionnées parmi les hypothèses de calcul.

Ces surcharges peuvent être majorées pour tenir compte d'effets dynamiques éventuels.

5.3.4 Surcharges climatiques

5.3.4.1 Neige

La surcharge et de neige à prendre en compte, et sa répartition, sont définies par les règles NV 65 (DTU P 06 002) et carte neige N 84 (DTU P 06 006).

Des adaptations concernant la répartition de la neige sur des surfaces à double courbure peuvent s'avérer nécessaires dans certains cas.

5.3.4.2 Vent

La pression de vent à prendre en compte, est définie par les règles NV 65 (DTU P 06 002).

Les coefficients de pression peuvent être pris dans le règles NV65, ou déterminés par voie expérimentale (essais en soufflerie), ils doivent faire l'objet d'une définition détaillée.

5.3.5 Surcharge minimale forfaitaire

Pour les régions non assujetties aux surcharges de neige, on doit néanmoins considérer une surcharge minimale forfaitaire uniformément répartie de 0.3kN/m^2. Ce cas n'est pas à considérer pour le dimensionnement de la structure porteuse.

5.3.6 Remplacement d'un élément de toile

Le cas du remplacement d'un élément de toile doit être envisagé dans le calcul.

5.3.7 Tassements d'appuis

Le cas éventuel de tassements d'appuis de la structure porteuse doit être traité conformément aux règles qui lui sont applicables.

5.3.8 Température

Le cas éventuel de variation de température de la structure porteuse doit être traité conformément aux règles qui lui sont applicables.

5.4 Combinaisons des actions

On doit tenir compte du comportement non linéaire géométrique des membranes de couverture textile. Pour ce faire, les combinaisons sont à effectuer sur les actions et non sur les contraintes.

On s'écarte ici des usages en vigueur pour les structures en métal, bois, ou béton dont le comportement est linéaire.

5.4.1 Forme initiale

La forme initiale des membranes en toile et leur état d'équilibre initial doivent être calculés sous la combinaison de la prétension et du poids propre, sans pondération.

5.4.2 Déformations

Les combinaisons d'actions applicables au calcul des déformations des membranes en toile sous l'action des surcharges climatiques normales et extrêmes ne sont pas pondérées.

5.4.3 Tensions

Les combinaisons d'actions à retenir pour le calcul des tensions des toiles sous l'action des surcharges climatiques, sont données par les règles propres aux matériaux de la structure porteuse, tout en adaptant la pondération aux particularités du calcul des membranes en toile.

Les règles propres aux matériaux de la structure porteuse donnent les combinaisons d'actions aux paragraphes :

1.21 et 1.23 des règles CM 66 (DTU P 22701)

3.32 et 3.34 des règles AL 76 (DTU P 22702)

1.21 et 1.22 des règles CB 71 (DTU P 21701).

Dans ces combinaisons, le coefficient de pondération à retenir pour le poids propre de la membrane, la prétension, et la charge minimale forfaitaire, est égal à 1.

La combinaison relative au remplacement d'un élément de toile comporte la prétension des éléments voisins, et le poids propre, sans pondération.

5.5 Critères de calcul

Les critères de calcul spécifiques à la membrane, à l'accastillage, à la structure porteuse, et aux ancrages doivent être satifaits

5.5.1 Critères de calcul de la membrane

Il s'agit de l'équilibre sous prétension, de la stabilité de formes, et des tensions de calcul.

5.5.1.1 Equilibre sous prétension

L'équilibre de la membrane sous prétension doit être démontré.

5.5.1.2 Stabilité de forme

Pour les ouvrages de couverture de plus de 250 m^2, ou de plus de 20 m de rayon de courbure principal :

- on doit vérifier l'absence d'inversion de courbure pour la combinaison :

  prétension + poids propre + neige normale

- des inversions de courbure peuvent être admises, sous réserve que leur répétition n'affecte pas, par fatigue, la durabilité des toiles et de leurs attaches pour la combinaison :

  prétension + poids propre + vent normal

- on doit vérifier l'absence de poches susceptibles de recueillir et d'accumuler de l'eau , sous la combinaison :

  prétension + poids propre + neige extrême

5.5.1.3 Tensions de calcul et de dimensionnement de la membrane :

Pour chaque combinaison d'actions pondérées ainsi définie, la relation de dimensionnement suivante doit être vérifiée:

avec : $T_C \leq T_D$ (1)

T_C : tension de calcul de la membrane, en chaîne ou en trame

T_D : tension de dimensionnement de la membrane

Les tensions de dimensionnement de la membrane sont différentes pour les parties courantes et les zones d'attache.

5.5.1.3.1 Tension de dimensionnement en partie courante

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

avec : $$T_D = \frac{k_q \times k_e \times T_{rm}}{\gamma_t} \quad (2)$$

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

T_{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 couverture

γ_t : coefficient de sécurité

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 toile

k_s : facteur de qualité des soudures

- Le facteur de qualité de la toile 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 9002. 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 9002. 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 textile par les expressions (4a et 4b) ou bien, sous forme simplifiée par le tableau 2 :

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

$$k_e = \left(\frac{50}{S}\right)^{\frac{1}{15}} \quad \text{pour } S > 50 \text{ m}^2 \quad (4b)$$

Tableau 2

S m2	0 à 50	50 à 200	250 à 500
k_e	1	0,9	0,85

Le facteur d'échelle tient compte forfaitairement de l'augmentation avec la surface du risque de présence d'un défaut critique.

Le coefficient de sécurité γ_t est donné par le tableau 3, d'après les conditions d'exposition de l'ouvrage à la pollution, et la nature de l'armature.

Tableau 3

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

5.5.1.3.2 Tension de dimensionnement des zones d'attache

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

$$T_{Dloc} = \frac{k_q \times n_{eff} \times T_{rm}}{\gamma_{tloc}} \quad (5)$$

avec :

- k_q : facteur de qualité de la toile tel que précédemment défini
- n_{eff} : nombre de plis efficaces en cas de renforts , priségal à 1 en l'absence de renfort
- T_{rm} : résistance moyenne uniaxiale, en chaîne ou en trame
- γ_{tloc} : coefficient local de sécurité pris égal à 5

5.5.1.3.3 Efficacité des renforts

Les renforts doivent être réalisés avec le tissus de base.

On admet un seul renfort pour les armatures en toile de verre.

L'accroissement de résistance du à la présence des renforts doit être appréciée comme suit :

Résistance de (toile + 1 renfort) : n_{eff} =1.9

Résistance de (toile + 2 renforts) : n_{eff} =2.6

Résistance de (toile + 3 renforts) : n_{eff} =3.1

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

5.5.1.3.4 Lisières

La résistance mécanique des lisières doit être justifiée par voie expérimentale.

Le nombre d'éprouvettes doit être au moins de trois.

La charge de rupture à considérer est la plus petite de la série d'essais.

Le coefficient de sécurité vis à vis de la charge de rupture doit être au moins égal à 2,5.

5.5.2 Accastillage

La solidité des éléments constitutifs de l'accastillage (câbles, tendeurs, pointes de toile ...) doit être 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 est γ_a = 2 pour les câbles et γ_a= 2,5 pour les autres pièces.

Les pointes de toile et les gamelles doivent être justifiées d'après les règles applicables aux éléments de structures en acier

5.5.3 Structure porteuse

Les éléments de structure doivent être justifiés, en tenant compte des particularités de la toile, conformément à leurs propres règles.

Le cas du remplacement d'un élément de toile doit être envisagé en complément.

5.5.3.1 Structure en acier

Par référence au DTU P 22 701 5 (Règles CM 66).

5.5.3.2 Structure en aluminium

Par référence au DTU P 22 702 (Règles AL 76).

5.5.3.3 Structures en bois

Par référence au DTU P 22 701 (Règles CB 71)

On admet de retenir les actions sur appuis issues des combinaisons de calcul de la membrane pour le dimensionnement des fondations en béton armé aux ELU.

5.6 Ancrages

Les ancrages doivent être justifiés.

5.7 Contenu de la Note de Calculs

La membrane, la structure porteuse, les ancrages doivent faire l'objet de notes de calculs.

La note de calculs de la membrane doit comporter la justification :

- des hypothèses de charges,
- de la modélisation
- de la forme initiale, de la stabilité de forme, et du dimensionnement de la toile
- du dimensionnement de l'accastillage

La note de calculs doit comporter un tableau de descente de charges sur les supports .

Les justifications expérimentales sont admises, dans ce cas le compte-rendu des essais de référence doit être fourni.

5.8 Résultats et documents interprétatifs des essais

Les épreuves d'un ouvrage destiné à être mis en service doivent être considérées comme un essai d'identification, confirmant la validité des hypothèses de calcul et la qualité de l'exécution.

L'essai de chargement d'un ouvrage n'a pas pour objet d'apprécier le degré de sécurité réel à l'égard des surcharges. Il ne saurait donc être considéré comme une justification du dimensionnement de la structure.

Les essais doivent :

- soit être effectués par un laboratoire agréé
- soit être effectués en présence d'un organisme de contrôle agréé.

Les essais destinés à démontrer la solidité d'un élément, d'un sous-ensemble, d'un assemblage... doivent être menés jusqu'à la ruine des échantillons.

On se référera utilement à l'annexe Y de l'EC3

6. PLANS D'EXÉCUTION

Le dossier d'exécution de l'ouvrage doit comporter les plans relatifs à la membrane, à la structure porteuse, aux ancrages.

Les plans d'exécution de la membrane doivent comporter :

- Le plan d'ensemble de la couverture textile définissant la géométrie, les courbures, les points de fixation. La nature de la toile et la valeur de la prétension doivent être indiqués sur ce plan.
- Le plan d'ensemble de la structure porteuse. Les composants doivent être repérés sur ce plan. Il doit indiquer la valeur des prétensions à appliquer aux câbles de la structure porteuse.
- Les plans de façonnage de la toile avec définition des lés, des soudures,
- Les plans d'accastillage.
- Les justifications de la qualité de fabrication de la toile, et du façonnage de la membrane (résultat des contrôles de fabrication, avis du laboratoire de suivi, attestation de certification ISO 9002).
- Les plans d'exécution de la structure porteuse et les plans d'exécution des ancrages doivent comporter un plan d'ensemble de la couverture.

7. VÉRIFICATIONS ET MAINTENANCE

- Une vérification de mise en tension de la toile doit être effectuée en cours de chantier.
- Une visite de remise en tension doit être effectuée dans un délai de 6 mois.
- Des visites périodiques de surveillance sont souhaitables
- Un nettoyage périodique de la membrane de couverture est souhaitable (voir Annexe B).

Version révisée du 30/03/07

ANNEXE A

CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Coefficients de poisson

A défaut de mesure exacte de la valeur des coefficients de Poisson, on retient les valeurs forfaitaires suivantes:

chaîne/trame $\nu = 0.3$

trame/chaîne $\nu = 0.5$

Prétension

- l'essai de prétension est effectué sous le rapport de charge chaîne/trame de 1/1.
- il comporte cinq cycles de chargement à vitesse constante
- la force minimale appliquée par cycle est égale à 0.25kN
- la force maximale appliquée par cycle est égale à 5% de la charge de rupture en trame

Modules d'élasticité

Les modules d'élasticité en chaîne et en trame sont définis expérimentalement par une série d'essais biaxiaux sous charges cycliques .

- Chaque série d'essais comporte trois essais d'allongements effectués sous les rapports de charge chaîne/trame respectifs de 1/1, 1/2 et 2/1.
- Chaque essai d'allongement comporte deux séries de cinq cycles de chargement. (figure A, rapport 2/1)
- La vitesse de chargement et de déchargement est constante pour chaque essai.
- La force minimale appliquée par cycle est égale à 0.25kN.
- La force maximale est égale à 10% de la charge de rupture en chaîne pour les cinq premiers cycles, et à 25% de la charge de rupture en chaîne pour les cinq cycles suivants.

Les modules d'élasticité à retenir pour le dimensionnement sont les modules sécants définis par le point bas de départ du premier cycle et le point haut du cinquième cycle de la seconde série de cinq cycles des essais biaxiaux de rapport 1/2 et 2/1. (figure B, rapport 2/1)

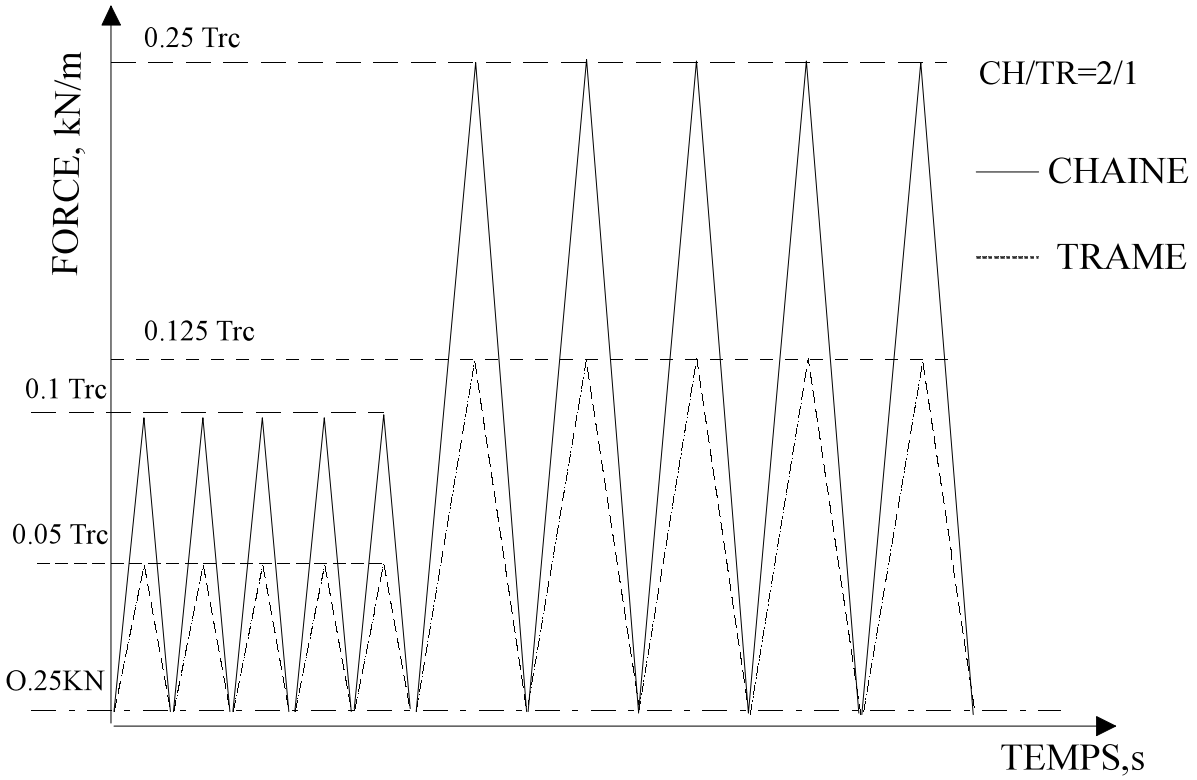


Figure A

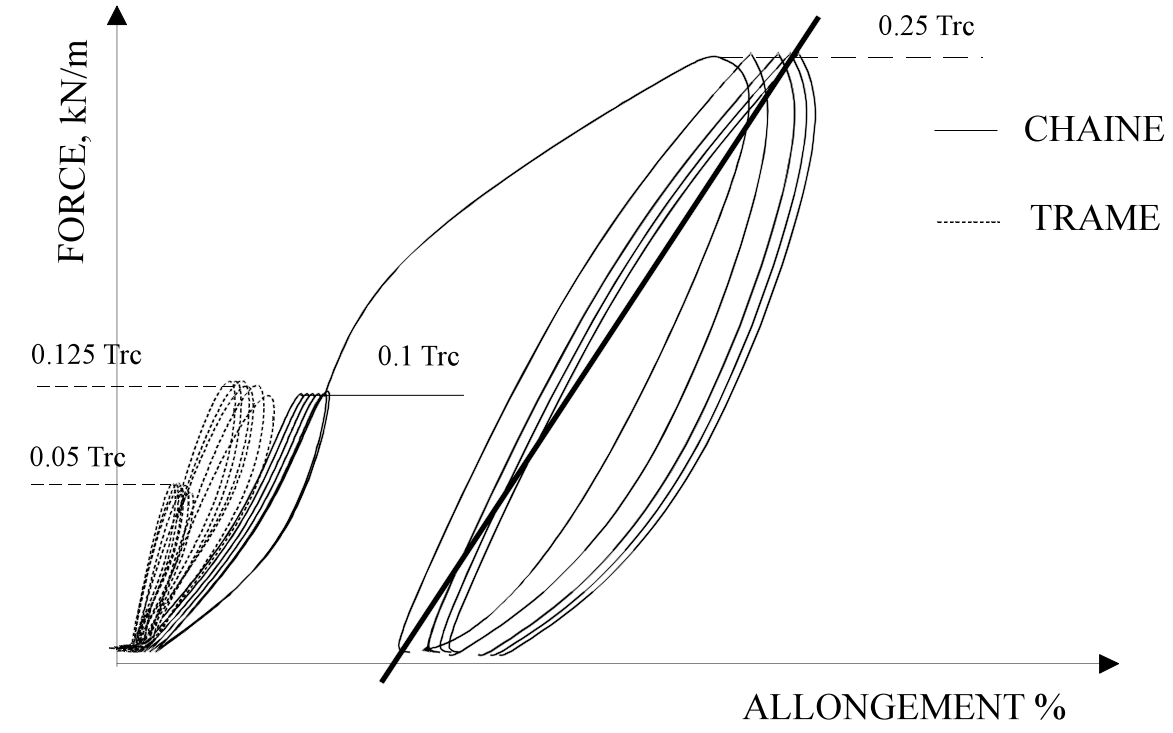


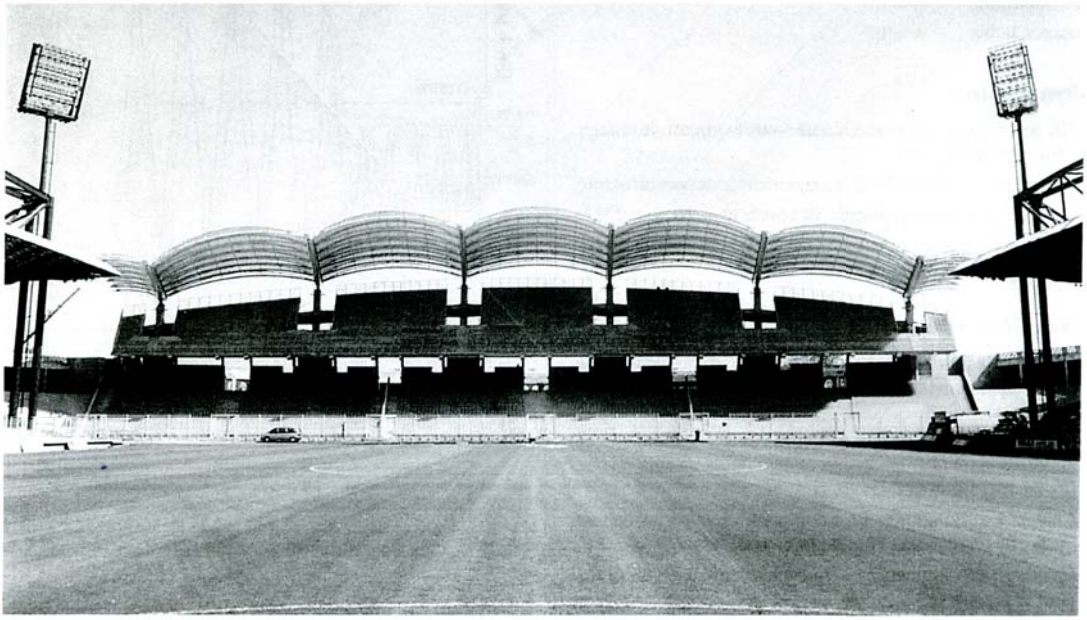
Figure B

ANNEXE B

DURABILITÉ

annexe B : durabilité

DURABILITÉ DES TOILES TEXTILES TYPE : POLYESTER PVC



Gerland - Virage Nord - Vue d'ensemble selon l'axe du terrain.

SOMMAIRE

1 Notion de durabilité des toiles textiles

2 Principes utilisés pour conduire la présente analyse

3 Domaines d'application des coefficients d'ajustement

4 Familles de tensions mécaniques

5 Sollicitations mécaniques de la toile

6 Interprétation des résultats issus du programme d'estimation de durabilité

1 NOTION DE DURABILITÉ DES TOILES TEXTILES

La notion de durabilité des toiles est associée à l'appréciation de l'évolution de leur endommagement en service.

La durabilité des textiles enduits dépend en premier lieu de la nature et de l'épaisseur de l'enduction.

La liste des agents d'altération qui, seuls ou combinés, influent sur l'évolution des caractéristiques, est la suivante :

- l'humidité,
- le rayonnement UV,
- l'agressivité du milieu environnant,
- l'état de tension mécanique,
- la chaleur,

etc..

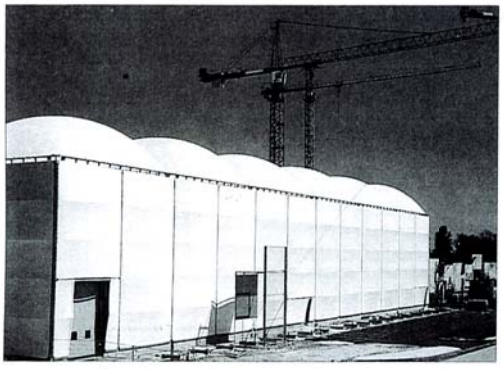
Chacun de ces agents d'altération pris séparément n'entraîne pas d'endommagement appréciable, par contre une appréciation assez réaliste de l'endommagement résultant de la combinaison de plusieurs agents d'altération, par exemple :

- l'humidité sous rayonnement UV,
- l'agression chimique sous la chaleur,

peut être obtenue.

La sensibilité de l'enduction est accrue par la présence d'une tension mécanique constante ou variable, pour les raisons suivantes :

- diminution de l'épaisseur de l'enduction dans des proportions significatives au droit du croisement des fils,
- augmentation de la vulnérabilité aux agressions chimiques lorsque la "peau" est tendue,
- gradients de contrainte dans l'épaisseur même de l'enduction en fonction des variations du relief du tissage.



Centre de traitement des ordures de Bordeaux-Bègles

2 PRINCIPES UTILISÉS POUR CONDUIRE LA PRÉSENTE ANALYSE

Un certain nombre d'observations in situ ont permis de comparer les pertes de performances de toiles qui ont subi les mêmes combinaisons d'agents d'altération sous sollicitations statiques et sous sollicitations dynamiques.

Les résultats de ces comparaisons ont été utilisés pour calibrer l'estimation de l'endommagement avec des cas de dégradation constatés dans des environnements connus.

Une série de 3 coefficients d'ajustement a été évaluée pour corréler les résultats des tests avec des cas observés.

La précision des coefficients d'ajustement sera améliorée au fur et à mesure de la prise en compte de cas réels ou d'essais supplémentaires.

3 DOMAINES D'APPLICATION DES COEFFICIENTS D'AJUSTEMENT

Les coefficients d'ajustement concernent les domaines suivants :

- toile sous tension mécanique nulle,
- toile sous différents niveaux de prétension,
- toile sous différentes étendues de tension,

l'ensemble étant soumis aux mêmes groupes d'agents d'altération par type de toile.

4 FAMILLES DE TENSIONS MÉCANIQUES

L'endommagement d'une toile sous les effets de la combinaison d'agents d'altération est la somme des endommagements sous tension mécanique statique et sous tension mécanique dynamique.

La tension mécanique statique correspond à celle de la prétension après embuvage, et la tension mécanique dynamique à celle des sollicitations dues au vent après filtrage des étendues de tension par la prétension.

5 SOLLICITATIONS MÉCANIQUES DE LA TOILE

La courbe CECM 52 a été utilisée pour décrire les fluctuations du vent sur une période de 50 ans. Partant d'un classement en nombre de cycles, cette courbe relate le décrément du vent extrême jusqu'au vent nul. Ces statistiques ont servi au calcul des décréments utilisables pour l'analyse de périodes inférieures à 50 ans dans le respect d'une occurrence de 0,02 par an de voir apparaître le vent cinquantenal.

Sous les sollicitations dues au vent extrême, certaines zones de la toile subissent leur plus forte tension telle que :

$$\text{Tension max} = \frac{\text{Résistance minimale garantie}}{\text{Coefficient de sécurité}}$$

La tension max comprend :

– d'une part, la tension statique ou prétension,
– et d'autre part, l'étendue de tension dynamique due aux sollicitations du vent.

L'endommagement produit sous tension statique prend en compte les coefficients d'ajustement couvrant les domaines de la tension nulle et de la prétension.

L'endommagement produit sous tensions dynamiques prend en compte une pondération de son coefficient d'ajustement de manière à être exploitable lors de la sommation de Miner (*).

* Somme des endommagements partiels de fatigue associés aux différentes étendues de tensions de la toile en service.

6 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ISSUS DU PROGRAMME D'ESTIMATION DE DURABILITÉ

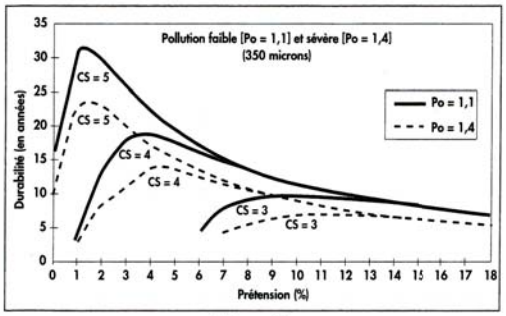


Figure B1

L'exemple illustré par la figure B1 concerne une toile polyester-PVC dont l'épaisseur de l'enduction au droit des fils est de 350µ. Il n'y a pas de revêtement anti-salissure sur l'enduction. Sur le plan climatique, l'humidité, le rayonnement UV et la chaleur reflètent la moyenne sur le territoire français.

Le premier cas est représenté par le diagramme P0 = 1.1, l'échelle de pollution se situe entre "nulle" et "faible".

La deuxième cas est représenté par le diagramme P0 = 1.4, l'échelle de pollution se situe entre "fort" et "sévère". Il s'agit des gaz d'échappement d'automobiles sur une voie très fréquentée.

Les diagrammes montrent que la durabilité des toiles est régie :

- par le coefficient de sécurité cs par rapport à la rupture,
- et par le niveau de prétension.

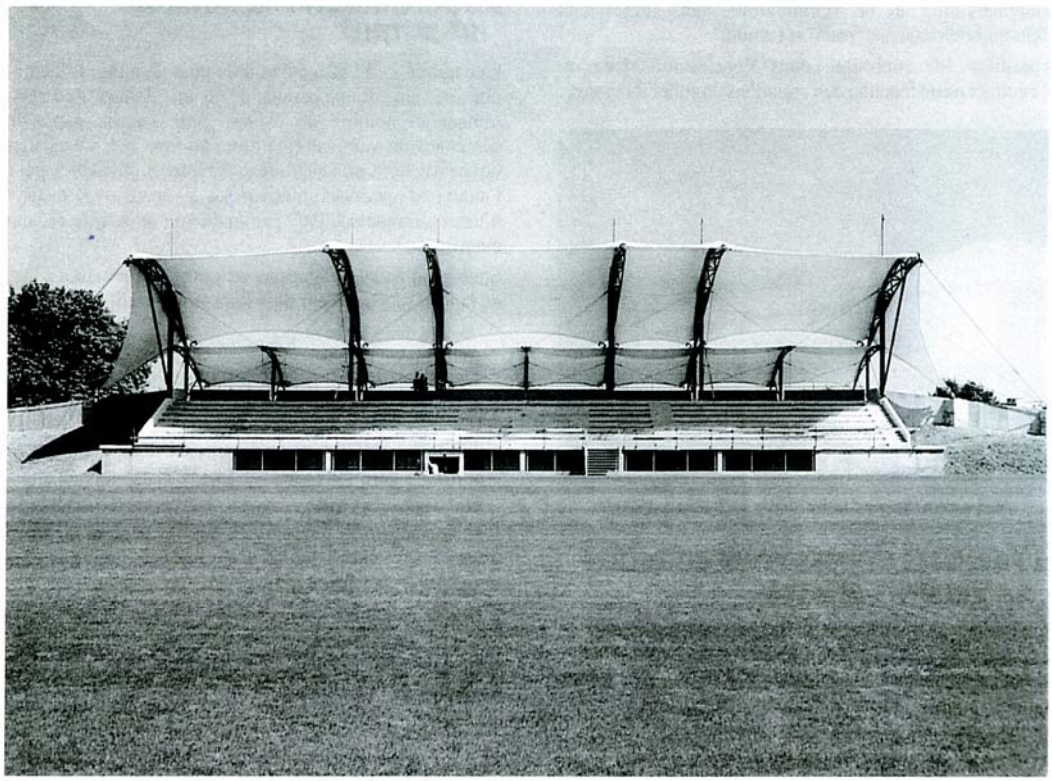
On constate que les fortes prétentions sont nocives à la durabilité, ainsi que les prétensions inférieures à 1% de la rupture. Dans ce dernier cas l'augmentation du coefficient de sécurité n'apporte plus d'amélioration parce que le filtrage des variations de contraintes dynamiques n'est plus assuré par la prétension.

De surcroît un "flottement destructeur" se produirait sous les effets du vent. Les diagrammes présentés ici ne prennent pas le phénomène de flottement en compte.

Lorsqu'on est amené à augmenter le niveau de prétension, on observe une atténuation de l'endommagement dynamique, par contre, l'endommagement statique évolue bien plus rapidement dans le mauvais sens.

D'une manière générale, on constate que les diagrammes de P0 = 1.1 et de P0 = 1.4 viennent chacun tangenter une courbe. Cette courbe délimite une zone à l'intérieur de laquelle tous les états de la toile peuvent être représentés lors de l'analyse d'endommagement.

Paris, Avril 1997
R. J. Baegert



Stade Rillieux-la-Pape

La Roche sur Yon,
© Esmery Caron / Brunerie Irissou,

Stade Delaune, Reims, © Esmery Caron / Ferrari

Recommandations pour la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile

Partie II

La seconde partie des recommandations, qui concerne la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couvertures a été établie par :

M. Robert BAEGERT
M. Philippe BARITEAU / ESMERY CARON - **Rédacteur**
M. Jean Pierre BIGER - **Rédacteur**
M. Yannick FAURANT / A.C.S.
Mme Françoise FOURNIER / FERRARI
M. Philippe KULIG / VOILERIE DU SUD OUEST - **Rédacteur**
M. Pierre MAITRE / SOCOTEC
M. Marc MALINOWSKY / Groupe ALTO
M. Nicolas PAULI / ABACA
Mme Dominique QUEFFELEC / ARCORA
M. Daniel QUOST
M. Jean Jacques SEGUIN / FERRARI

SOMMAIRE

1 OBJET

2 CARACTERISTIQUES DES TISSUS ET DE L' ACCASTILLAGE

2.1 Tissus

2.1.1 Caractéristiques techniques

2.1.2 Classement au feu

2.1.3 Typologie

2.2 Accastillage

3 APPROVISIONNEMENTS

3.1 Toiles

3.2 Accastillage

3.3 Stockage

4 DÉCOUPE

4.1 Plans de calpinage

4.2 Plans de coupe

4.3 Traçage

4.4 Contrôle visuel

4.5 Découpe

5 ASSEMBLAGE

5.1 Méthode

5.2 Soudure

5.3 Dimensions des soudures

5.3.1. Largeur

5.3.2. Pas

5.4 Chevauchement et croisement des soudures

5.5 Contrôle des soudures

5.5.1. Contrôle interne des soudure

5.5.1.1 Contrôle des dimensions

5.5.1.2 Contrôle d'aspect

5.5.1.3 Contrôle interne des soudures

6 FAÇONNAGE

6.1 Bordures oeilletées

6.1.1 Confection des bandes oeilletées

6.1.2 Résistance des bandes oeilletées

6.2 Bandes plaquettées

6.2.1 Confection des bandes plaquettées

6.2.2 Plaquettes d'assemblage

6.2.3 Résistance des bandes plaquettées

6.3 Bordures plaquettées

6.3.1 Conception des bordures plaquettées

6.3.2 Résistance des bordures plaquettées

6.4 Fourreaux de ralingues

6.4.1 Conception des fourreaux de ralingues

6.4.2 Résistance des fourreaux de ralingues

6.5 Angles de toiles

6.6 Sangles de renfort et de tirage

6.6.1. Tissu polyester-PVC

6.6.2. Tissu de verre-PTFE

6.7 Pointes de toile

6.7.1 Conception des pointes de toile

6.7.2 Confection des pointes de toile

6.8 Sommets

6.8.1 Gamelles

6.8.2 Cerces

7 POSE DES ACCESSOIRES

7.1 Œillets

7.2 Plaquettes standard

7.3 Plaquettes de bordure

7.4 Sangles

7.5 Câblerie

8 PRÉPARATION ET EXPÉDITION

8.1 Repérage

8.2 Pliage

8.3 Emballage et colisage

8.4 Chargement, transport, déchargement

8.5 Stockage sur site

9 MISE EN ŒUVRE

9.1 Réception des supports

9.1.1 Implantation

9.1.2 Etat de surface

9.2 Dépliage

9.3 Equipement

9.4 Levage des membranes

9.5 Mise en tension

9.5.1 Procédure de mise en tension

9.5.2 Réglage

9.5.3 Contrôle de la tension

9.5.4 Vérification et réajustement de la tension

10 MOYENS HUMAINS DE L'ENTREPRISE

10.1 Personnel de l'entreprise

10.2 Personnel intérimaire

10.3 Sous-traitance

11 SURVEILLANCE ET MAINTENANCE DES OUVRAGES

11.1 Conservation de la prétension

11.2 Conservation des pentes

11.3 Etat des évacuations d'eau pluviale

11.4 Conservation de l'état de surface

11.5 Etat de l'accastillage

11.6 Rapport de visite

12 RÉPARATIONS

12 .1 Réparations localisées

12.1.1 Déchirure de type 1

12.1.2 Déchirure de type 2

12.1.3 Déchirure de type 3

12 .1.4 Précautions particulières

12 .2 Remplacement d'un élément de toile

ANNEXE C

ESSAIS A FROID ET A CHAUD DES SOUDURES

ANNEXE D

QUALIFICATION QUALIBAT 3911 ET 3913

ANNEXE E

ASSURANCE

1. OBJET

La seconde partie des Recommandations est la suite de la première partie intitulée « Recommandations pour la conception des ouvrages permanents de couverture textile ». Son objet est de définir et de rassembler les prescriptions applicables à la confection et la mise en œuvre des ouvrages permanents de couverture textile.

Elle concerne les travaux d'architecture textile réalisés à partir de tissus polyester à enduction PVC et de tissus de verre à enduction PTFE.

Les prescriptions relatives à l'étanchéité de ces couvertures ne sont pas l'objet du présent document.

Les exigences relatives à la sécurité des personnes ne sont pas l'objet du présent document.

2. CARACTERISTIQUES DES TISSUS ET DE L'ACCASTILLAGE

Les principales caractéristiques des tissus et des éléments d'accastillage utilisés pour la confection des ouvrages permanents de couverture textile doivent être déterminées par voie expérimentale. Elles doivent être consignées par leur fabricant dans des documents techniques, et être associées aux livraisons.

2.1 Tissus

Les tissus actuellement utilisables pour la réalisation de couvertures textiles sont de deux sortes : les tissus polyester à enduction PVC , et les tissus de verre à enduction PTFE.

Par commodité ils seront respectivement nommés tissus polyester-PVC, et tissus de verre-PTFE dans la suite du texte.

2.1.1 Caractéristiques mécaniques des tissus

Les principales caractéristiques mécaniques des toiles sont :

- La masse totale selon NF EN ISO 2286-2
- La résistance en traction uni axiale chaîne CH et trame TR, exprimée en N/5 cm selon NF EN ISO 1421
- L'adhérence selon NF EN ISO 2411
- La déchirure selon DIN 53363
- Les courbes d'allongement en chaîne et en trame résultant d'essais bi-axiaux conduits conformément à l'annexe A des recommandations de septembre 97

Les caractéristiques mécaniques des tissus doivent être établies expérimentalement par un laboratoire spécialisé.

La conservation des caractéristiques mécaniques en cours de fabrication, doit être démontrée par un suivi de fabrication documenté.

2.1.2 Typologie

La typologie des tissus figure au § 3.1 de la partie 1 des Recommandations.

2.1.3 Classement au feu des tissus

Le classement au feu des tissus doit être établi par un laboratoire habilité.

La correspondance entre les classes de réaction au feu française et les Euroclasses figure à titre indicatif au tableau 3 de la première partie des Recommandations.

2.2 Accastillage

La résistance des éléments d'accastillage doit être démontrée par voie d'essais.

3. APPROVISIONNEMENTS

Les tissus et les éléments d'accastillage employés doivent être conformes aux spécifications des documents d'exécution de l'ouvrage ainsi qu'à la réglementation en vigueur.

3.1 Tissus

Les principales caractéristiques mécaniques des tissus utilisés pour la confection doivent être celles du type de toile prévu par les documents d'exécution.

3.2 Accastillage

Les caractéristiques mécaniques des éléments d'accastillage utilisés pour la

confection doivent être celles prévues par les documents d'exécution.

3.3 Stockage

Les matériaux doivent être stockés dans un endroit propre et sec, doivent être à l'abri des UV.

4. DÉCOUPE

La découpe des tissus doit être effectuée conformément aux documents d'exécution de l'ouvrage.

4.1 Plans de calepinage

Les différents lés composant la toile de couverture doivent être représentés et repérés sur un plan de calepinage.

4.2 Plans de coupe

Les plans de coupe des lés doivent mentionner l'orientation des tissus, selon la chaîne et la trame.

4.3 Traçage

Le traçage est l'opération de report du plan de coupe. Il doit être réalisé avec une précision de 0.5 % en X et Y.

Pour ce faire, les méthodes utilisables sont :

- Le traçage manuel
- Le traçage semi-automatique
- Le traçage automatique programmable

La méthode utilisée doit être mentionnée sur le plan de calepinage, ainsi que les références des pièces de tissu utilisées pour chaque lé.

4.4 Contrôle visuel

Un examen visuel du tissu doit être effectué lors du traçage afin de repérer et éliminer les défauts d'aspect tels que :

- les défauts d'enduction
- les défauts de tissage
- les manques d'opacité ou de transparence éventuels
- les défauts de planéité

4.5 Découpe

La découpe (ou taillage) doit être réalisée au plus près du tracé géométrique.

La précision requise est de ± 1 mm.

La découpe en matelas nécessite une attention particulière afin de respecter scrupuleusement cette tolérance.

Les méthodes utilisables sont :

- la coupe manuelle
- la coupe au ciseau électrique portatif
- la coupe au ciseau transversal sur table
- la coupe automatique programmable.

Les lés doivent être repérés conformément aux indications figurant sur le plan de calepinage.

Ce repérage doit être discret de manière à ne pas être visible après la mise en œuvre.

5. ASSEMBLAGE

Les membranes de couverture sont obtenues par l' assemblage des différents lés.

5.1 Méthode d'assemblage

L'assemblage des tissus polyester avec enduction PVC doit être réalisé exclusivement par soudure Haute Fréquence, éventuellement complétée par une couture.

L'assemblage des tissus de verre avec enduction PTFE doit être réalisé exclusivement par soudure thermique (température ≥ 400 °C).

Le recouvrement des soudures doit être disposé comme celui des tuiles, suivant le sens d'écoulement des eaux, voir fig 1.

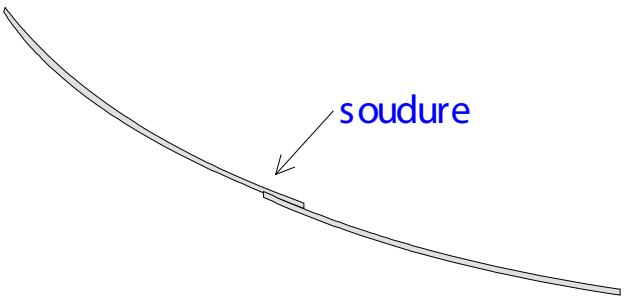


Figure 1 : recouvrement des soudures

5.2 Soudure

Les machines employées pour la soudure des tissus polyester à enduction PVC, ou la soudure des tissus de verre à enduction PTFE, doivent être conduites par des opérateurs formés et expérimentés.

Ces machines doivent être munies de dispositifs de réglage, de contrôle, et d'asservissement, concernant:

- la puissance
- le temps de soudure et de refroidissement
- la régulation de la température de l'électrode.
- l'écrasement. En particulier, les machines doivent être équipées d'une butée d'écrasement pour la soudure de tissus de type II, III, et IV.

5.3 Dimensions des soudures

Les soudures sont réalisées de manière discontinue par pas successifs.

On distingue la largeur des soudures et leur pas.

5.3.1 Largeur

Dans le cas des tissus polyester à enduction PVC la largeur minimale des soudures figure au Tableau 1 de la partie 1 des Recommandations elle est de :

- 3 cm pour les tissus type I
- 4 cm pour les tissus type II,III, et IV.

Dans le cas des tissus de verre à enduction PTFE, la largeur minimale des soudures doit être de 7 cm .

Des soudures de largeur différente peuvent être admises sous réserve de justifications expérimentales.

Certains pointages ou travaux de finition peuvent être réalisés ponctuellement par soudure à air chaud, avec un pistolet de type « LEISTER ».

5.3.2 Pas

Le pas des soudures est donné par la longueur des électrodes.

La longueur des électrodes utilisées doit être compatible avec la puissance de la machine et avec le type du tissu à souder.

Elle doit être adaptée à la géométrie du bord des lés.

Le pas ne doit pas entraîner de « polygonage» excessif supérieur à 0.5°, voir fig 2.

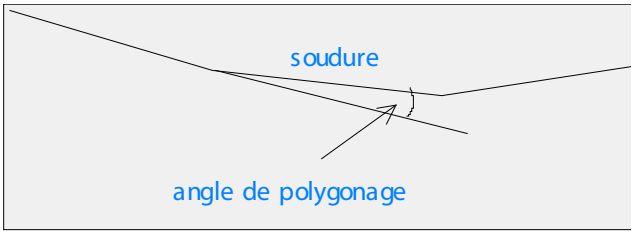


Figure 2 : Polygonage

5.4 Chevauchement et croisement des soudures

Les soudures situées de part et d'autre du croisement ou du chevauchement doivent être exécutées préalablement à la soudure du croisement ou du chevauchement, voir fig 3.

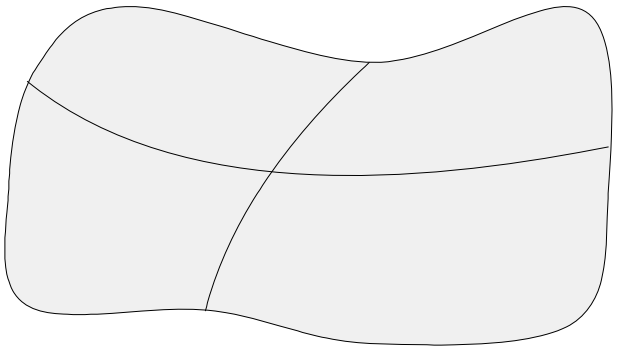


Figure 3 : croisement de soudures

5.5 Contrôle des soudures

Les soudures doivent faire l'objet d'un contrôle interne portant sur leur aspect et leur résistance.

Ce contrôle interne doit être complété par un contrôle externe dans le cas des couvertures de grandes dimensions, ou en cas de spécification particulière du cahier des charges.

5.5.1 Contrôle interne des soudures

Les dimensions, l' aspect, et la résistance des soudures doivent faire l'objet d'un contrôle interne.

5.5.1.1 Contrôle des dimensions des soudures

La largeur, la longueur, et le « polygonage » des soudures doit faire l'objet d'une vérification.

5.5.1.2 Contrôle d'aspect des soudures

Les soudures ne doivent pas présenter de plis ni de défauts d'alignement supérieurs à 1 mm.

Les différences d'écrasement provoquées par l'électrode ne doivent pas être visibles à l'œil nu pour les soudures d'assemblages courants.

Le bourrelet de P.V.C formé par la soudure doit avoir un aspect régulier, même dans les cas de recouvrement de soudures.

L'aspect des soudures réalisées à l'aide de pistolets à air chaud doit être contrôlé.

5.5.1.3 Contrôle de résistance des soudures

Le contrôle interne de la résistance des soudures doit être effectué régulièrement durant toute la fabrication selon la procédure d'essais en vigueur dans l'entreprise, ou suivant les spécifications particulières du projet.

La procédure d'essais doit être écrite, elle doit préciser les critères de conformité, et le traitement des non-conformités.

Le contrôle interne des soudures doit être réalisé suivant la chaîne et suivant la trame.

Il doit avoir lieu pendant les opérations de soudage, dans les mêmes conditions.

Il doit porter sur un échantillonnage représentatif du lot de tissu utilisé (bobine).

- Echantillonnage

Lors de la coupe, les échantillons doivent être prélevés et repérés selon une fréquence de trois échantillons tous les 200 ml de soudure environ.

Ces échantillons doivent être assemblés par soudure suivant le sens chaîne et suivant le sens trame, sur la même machine et avec les mêmes réglages que pour la soudure des lés.

- Essais

Le premier échantillon doit être soumis à un essai de pelage manuel permettant de tester la résistance et l'uniformité de la soudure.

Le second échantillon doit être répertorié et stocké.

Le troisième échantillon doit être testé en traction de courte durée à la température ambiante, suivant la chaîne, et suivant la trame, selon le protocole d'essai à froid donné en ANNEXE 2.

Les résultats des essais de traction doivent être consignés sur la fiche de contrôle et doivent être mis à la disposition de la Maîtrise d'oeuvre.

5.5.2 Contrôle externe des soudures

Dans le cas des les couvertures dont la surface totale dépasse 500 m², un contrôle supplémentaire à froid et à chaud des soudures doit être effectué par un laboratoire spécialisé, externe à l'entreprise.

Dans le cas d'ouvrages spéciaux, de grandes dimensions par exemple, le contrôle des soudures peut être renforcé selon les spécifications du cahier des charges.

Dans ce cas, un échantillon supplémentaire doit être prélevé sur chaque lot de toile, lors de la coupe.

La résistance des soudures à froid et à chaud doit être déterminée selon le protocole donné en ANNEXE 2.

Le traitement des non conformités doit être défini et documenté.

Les résultats des essais de traction externes doivent être consignés. Ils doivent être mis à la disposition de la Maîtrise d'oeuvre.

6. FAÇONNAGE

Les prescriptions figurant dans le présent chapitre visent essentiellement les toiles en tissu polyester à enduit PVC.

Le façonnage des toiles en tissu de verre à enduit PTFE relève d'une méthodologie particulière, qui n'est pas décrite dans ce document.

6. 1 Bordures oeilletées

Les bordures oeilletées sont placées en lisière des toiles en polyester-PVC, voir fig 4.

Figure 4 : bandes oeilletées

Elles permettent la fixation des toiles sur des tubes supports par l'intermédiaire d'une drisse et d'un sandow passant dans des œillets communs.

Elles doivent reprendre les efforts de liaison donnés par les documents de conception.

L'emploi des œillets sur des tissus de verre n'est pas admis.

6. 1.1 Confection des bordures oeilletées

Les bordures oeilletées se composent d'un ourlet entourant un jonc de bordure. Elles sont munies d'œillets régulièrement espacés, voir fig 5.

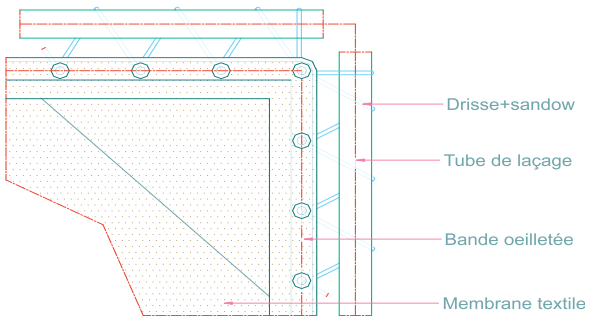


Figure 5 : fixation des bordures oeilletées

La largeur minimale de l'ourlet doit être de 40 mm.

L' espacement des œillets doit être donné par le dossier de conception. Le pas usuel est de 150 mm.

L'ourlet à triple plis doit être constitué d'une bande de toile pliée soudée sur la toile principale, voir fig 6.

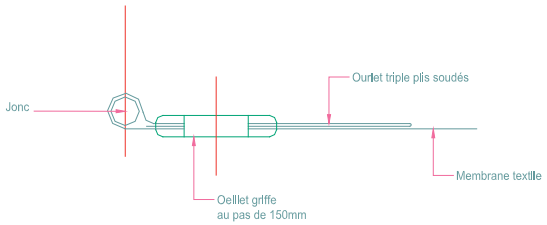


Figure 6 : vue en coupe de l'ourlet

Le jonc doit être constitué par une drisse polyester, un jonc PVC ou un câble acier, dont le diamètre minimal doit être de 7 mm.

Les œillets doivent être en laiton ou en acier inoxydable à griffes

Leur diamètre intérieur minimal doit être de 18 mm. Ils doivent être posés sans jeu, en butée contre le jonc.

Le diamètre minimal des sandows doit être de 9 mm .

Le diamètre minimal des drisses doit être de 10 mm.

6.1. 2 Résistance des bordures oeilletées

La résistance des bordures oeilletées vis-à-vis des efforts de fixation doit être justifiée par voie d'essais. Elle doit être documentée par un Procès Verbal d'essai en laboratoire datant de moins de cinq ans.

Les échantillons soumis aux essais doivent avoir été produits par l'unité de production concernée.

L'espacement des œillets doit couvrir leur plage d'utilisation.

Le nombre minimal d'échantillons est de trois.

Chaque échantillon doit comporter au moins trois œillets.

Dans les cas où la stabilité des éprouvettes est incertaine, il est recommandé d'augmenter le nombre d'œillets, tout en conservant leur espacement.

La charge de rupture expérimentale à considérer est la plus petite des charges maximales lues sur les courbes charge-déplacement.

Le coefficent de sécurité vis-à-vis de cette charge de rupture doit être égal à 2.5

6. 2 Bandes plaquettées

Les bandes plaquettées permettent de réunir des panneaux de toile d'une couverture de grandes dimensions, voir fig 7.

Figure 7 : bande plaquettée

6. 2.1 Confection des bandes plaquettées

Les rives des panneaux de couverture jointifs doivent être terminées par des ourlets à triple pli, avec jonc de bordure.

La largeur minimale des ourlets doit être de 40 mm.

Le diamètre minimal des joncs doit être de 7 mm.

Les plaquettes standard en acier inoxydable ou en aluminium doivent être posées en butée contre les joncs, leurs extrémités ne doivent pas être jointives, voir fig 8.

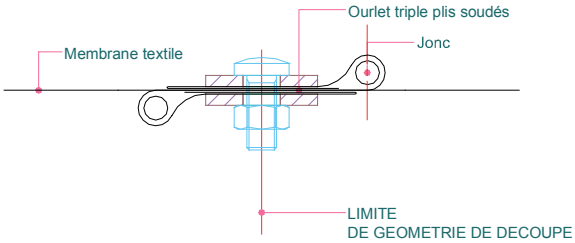


Figure 8 : liaison par plaquettes

La visserie utilisable sur les plaquettes en acier inoxydable doit être en acier inoxydable. La visserie utilisable sur les plaquettes en aluminium doit être galvanisée ou électro-zinguée.

6.2.2 Plaquettes d'assemblage

Les plaquettes d'assemblage doivent être constituées de plats d'aluminium ou d'acier inoxydable dont la section est de 40 mm x 4 mm ou 30 mm x 3 mm, et dont la longueur usuelle est de 130 mm. Les arêtes doivent être rabattues, voir fig 9.

La plaquette extérieure doit comporter deux perçages ∅ 10, ayant un entraxe de 70 mm.

La plaquette intérieure doit comporter deux perçages ∅ 10 à empreinte carrée, d'entraxe 70 mm.

Les plaquettes doivent être assemblées par deux boulons de type JAPY ∅ 8.

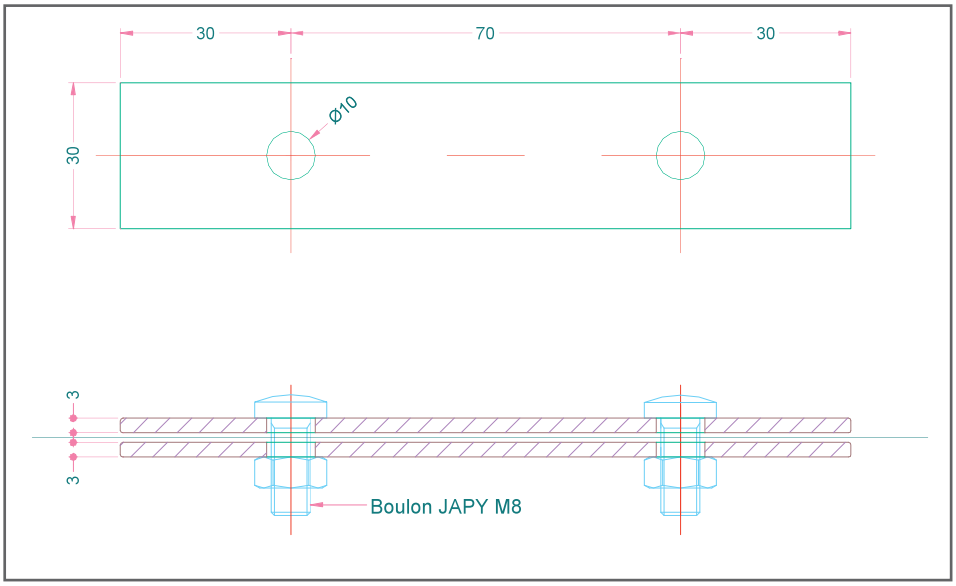


Figure 9 : plaquettes standard

6. 2.3 Résistance des bandes plaquettées

La résistance des bandes plaquettées doit être déterminée expérimentalement de manière identique à celle donnée pour les bandes œilletées en 6.1.2.

6. 3 Bordures plaquettées

Les bordures plaquettées permettent la réalisation de fixations continues de résistance supérieure à celle des bordures oeilletées, voir fig 10.

Figure 10 : bordure plaquettée

Les plaquettes sont reliées aux tubes supportant la toile par l'intermédiaire d'une drisse et d'un sandow, passant séparément et alternativement dans les perçages, voir fig 11.

6.3.1 Conception des bordures plaquettées

L'ourlet doit être identique à celui défini en 6.2 pour les bandes plaquettées.

Les plaquettes doivent être disposées en vis à vis de part et d'autre de la toile.

Les plaquettes de bordure doivent être constituées de plats en aluminium ou en acier inoxydable de 40 mm x 4 mm ou 30 mm x 3 mm de section, et de 135 mm de longueur, avec arêtes rabattues, voir fig 12.

Elles doivent comporter deux perçages ∅ 16 intérieur, d'entraxe 70 mm pour le passage de la drisse et du sandow, ainsi que quatre perçages ∅ 4.5 situés symétriquement de part et d'autre des perçages ∅ 16 pour la fixation des plaquettes sur la toile.

Elles ne doivent pas être jointives.

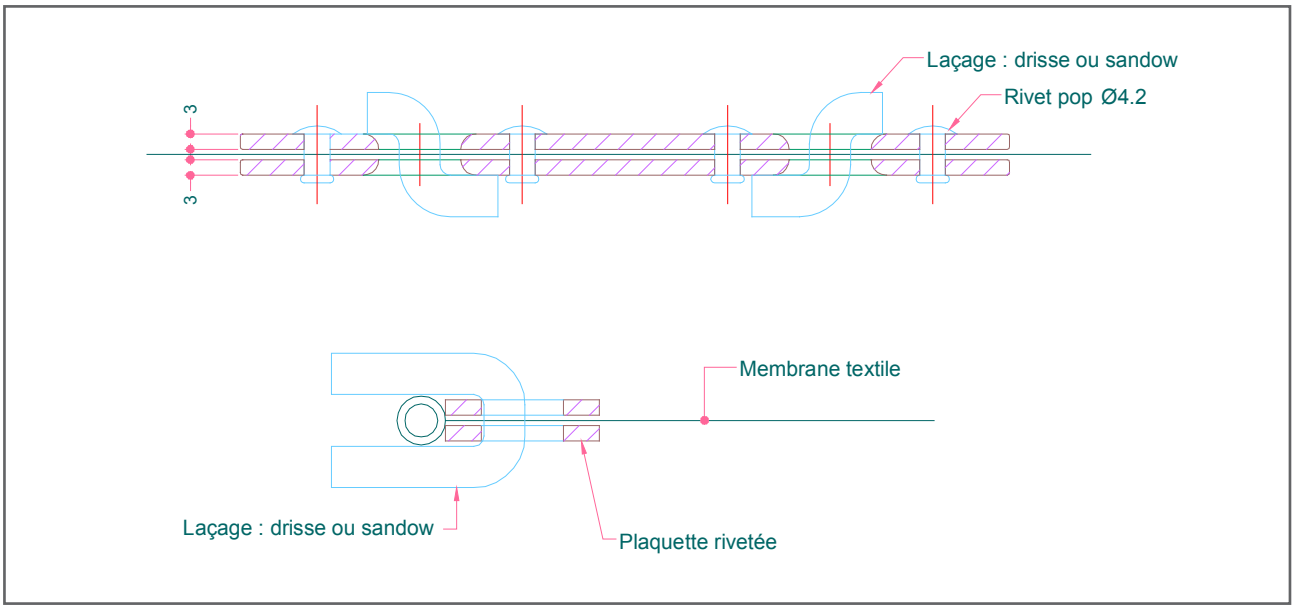


Figure 11 : laçage alternatif

Les plaquettes placées en vis-à-vis de part et d'autre de la toile doivent être assemblées par rivets tubulaires ∅ 4.2 en aluminium de type POP.

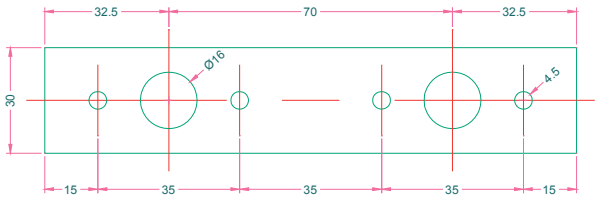


Figure 12 : plaquettes de bordure

6.3.2 Résistance des bordures plaquettées

La résistance des bordures plaquettées doit être déterminée expérimentalement de manière identique à celle donnée pour les bandes œilletées en 6.1.2.

6.4 Fourreaux de ralingues

Les fourreaux de ralingues permettent de fixer les rives des toiles de couverture aux câbles de ralingue voir fig 13.

Figure 13 : extrémité d'un fourreau de ralingue

6.4.1 Conception des fourreaux de ralingues

Les fourreaux de ralingues forment des ourlets entourant les câbles de ralingue en lisière de la toile principale, voir fig 14.

La largeur du fourreau doit être au moins égale à quatre fois le diamètre du câble.

La bande formant le fourreau doit être coupée en fil de biais.

Elle doit être posée de part et d'autre de la toile principale.

Le fourreau doit être assemblé par soudure, ou par soudure renforcée d'une double couture.

Les extrémités de fourreau doivent être renforcées par un repli ou une sangle cousue et évasée.

Dans le cas des tissus de verre, Il est courant d'utiliser des câbles funiculaires doublant les câbles de ralingue, assujettis à ceux ci par des cavaliers.

6.4.2 Résistance des fourreaux de ralingues

La résistance des fourreaux de ralingue doit être déterminée expérimentalement de manière identique à celle donnée pour les bandes œilletées en 6.1.2.

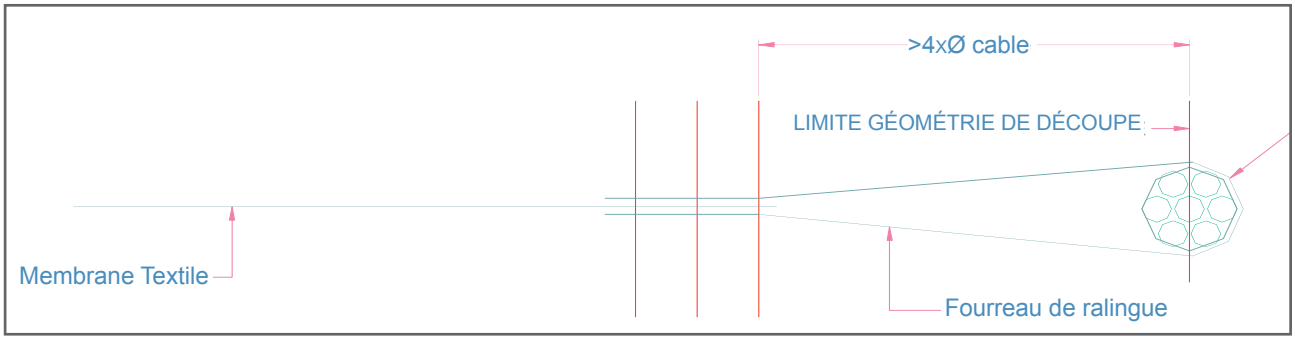


Figure 14 : conception des fourreaux de ralingues

6.5 Angles de toiles

Les renforts d'angles doivent être réalisés conformément aux documents d'exécution.

Les angles des panneaux de toile doivent être renforcés par des plis de tissu complémentaire, et munis éventuellement de sangles anti-glissement, voir fig 15.

Le nombre maximal de plis de renfort est de quatre.

Un dispositif complémentaire sera éventuellement adapté pour la phase de montage.

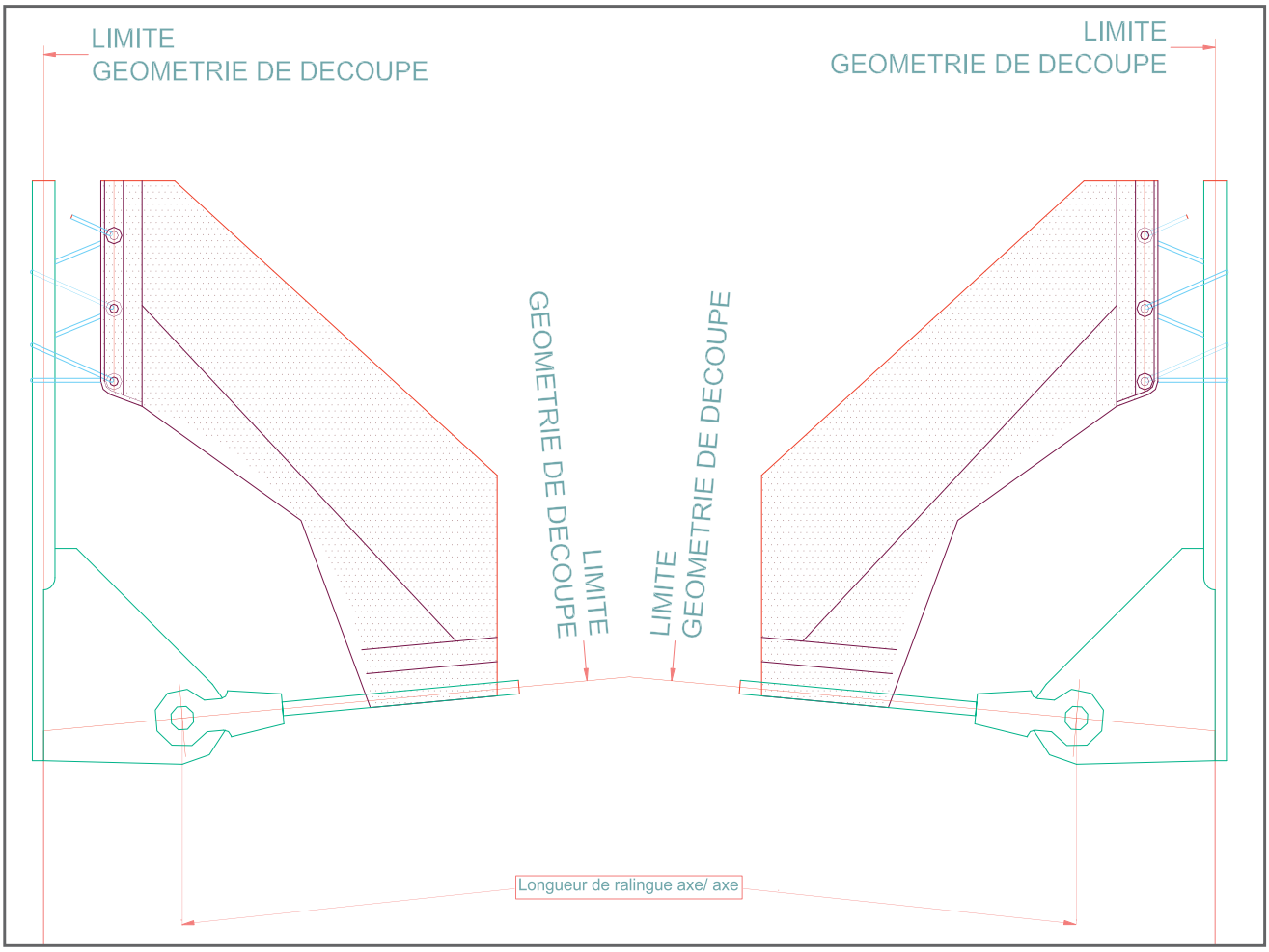


Figure 15 : angle de toile

6.6 Sangles de renfort et de tirage

Les sangles de renfort et de tirage doivent être en polyester.

6.6.1 Tissus en polyester - PVC

Les sangles doivent être cousues sur les tissus en polyester - PVC voir fig 16.

Le tissu recevant les sangles doit être renforcé.

Les coutures doivent être réalisées avec un fil en polyester protégé contre les UV.

La résistance des coutures doit être justifiée par des essais conduits selon un protocole identique à celui donné en 5.2 pour les bandes œilletées.

Le coefficient de sécurité minimal des coutures doit être égal à 2.5.

6.6.2 Tissus de verre - PTFE

L'utilisation de sangles de tirage cousues directement sur les tissus de verre n'est pas admise

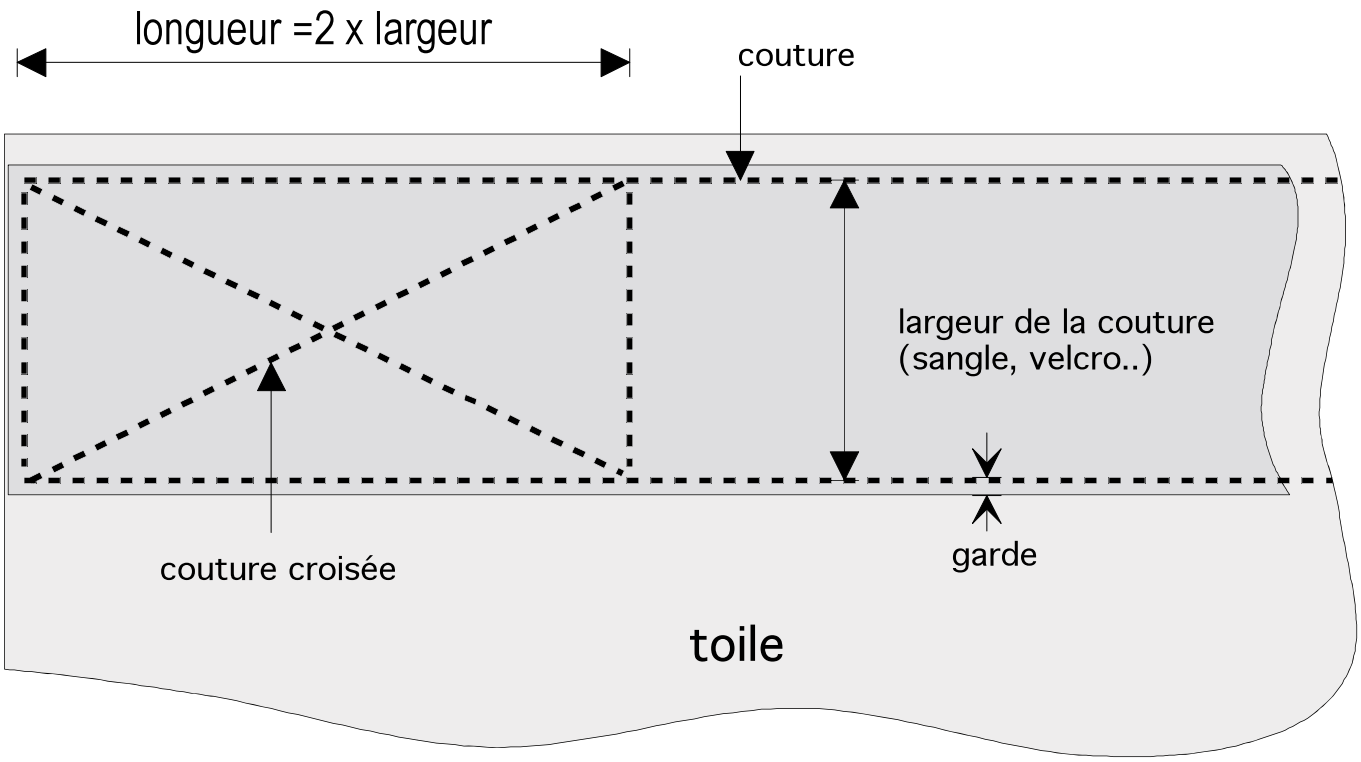


Figure 16 : tissus polyester PVC, couture des sangles de renfort

6.7 Pointes de toile

Les pointes de toile sont fixées aux points d'ancrage situés à la périphérie de l'ouvrage.

Elles sont constituées d'une plaque d'acier recevant deux câbles de ralingues ainsi qu'une pointe de toile renforcée, et munies d'un organe réglable de fixation au support, voir fig 17.

Figure 17 : pointe de toile

6.7.1 Conception des pointes de toile

Les pointes de toile en acier doivent être conçues conformément aux documents d'exécution établis par le bureau d'étude, voir fig 18.

6.7.2 Confection des pointes de toile

Les pointes de toile doivent être renforcées par plusieurs plis de renfort.

Le nombre, la dimension, et les soudures des plis de renfort doivent être conformes aux dispositions du dossier d'exécution.

Le nombre maximal de plis de renfort est de :

- quatre pour les tissus polyester à enduction PVC.
- un seul pour les tissus de verre à enduction PTFE.

Les plis de renfort doivent être assemblés au tissu principal par des soudures périphériques.

Les soudures doivent être réalisées par haute fréquence dans le cas des tissus polyester à enduction PVC.

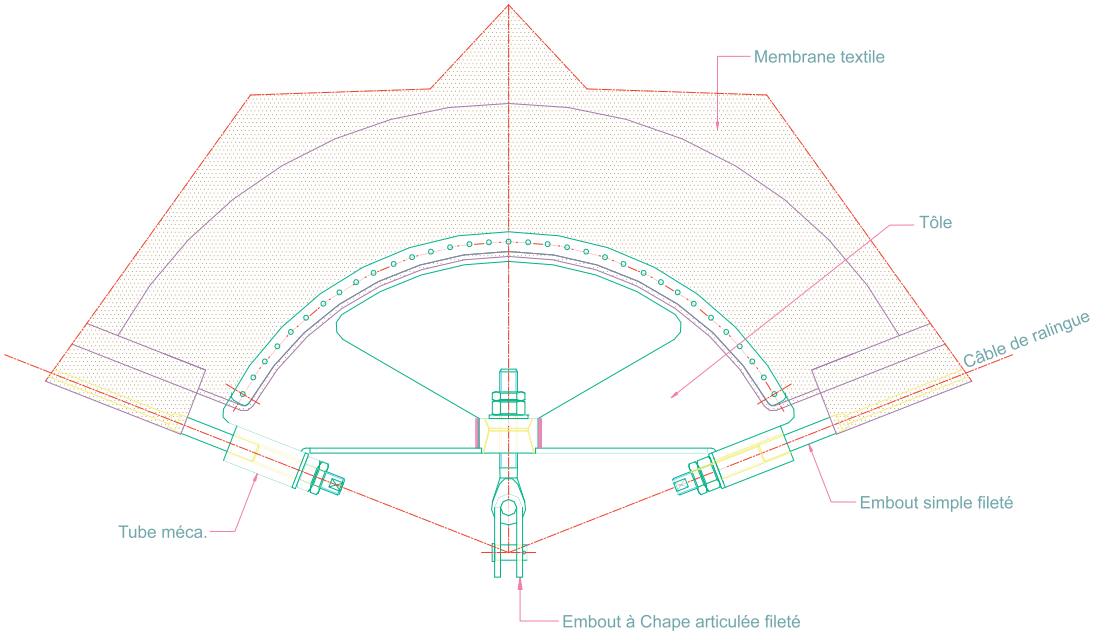


Figure 18 : conception des pointes de toile

6.8 Sommets

Les sommets sont les points de fixation hauts des toiles de couverture. Les efforts s'y concentrent ainsi que les contraintes, ce qui conduit à la mise en place de renforts.

Au voisinage des sommets, la disposition des lés doit être rayonnante.

Les renforts doivent être réalisés au moyen de plis supplémentaires soudés.

Le nombre maximal de plis de renfort est de quatre.

La réalisation des sommets doit être conforme aux documents d'exécution.

On distingue deux types de sommets, les gamelles et les cerces.

6.8.1 Gamelles

Les gamelles sont des coques métalliques de forme sensiblement hémisphérique soutenues par des mâts ou suspendues à des câbles, sur lesquelles est fixée la toile.

La disposition des lés et des plis de renfort doit être rayonnante, voir fig 19.

Les toiles doivent être fixées sur les gamelles au moyen de plaquettes boulonnées.

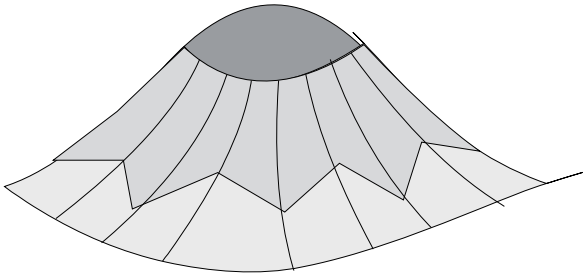


Figure 19 : gamelle, disposition rayonnante des lés, renforts

6.8.2 Cerces

Les cerces sont constituées de tubes circulaires suspendus à des mâts ou des câbles, sur lesquels est fixée la toile voir fig 20.

Figure 20 : cerce

Les toiles doivent être fixées sur les cerces par l'intermédiaire de bandes oeilletées ou plaquettées.

7. POSE DES ACCESSOIRES

Les accessoires comprennent les œillets, les plaquettes standard, les plaquettes de bordure, les sangles de renfort et de tirage, les bandes de recouvrement...

7.1 Œillets

La pose des œillets doit être effectuée sans jeu au moyen de machines pneumatiques ou hydrauliques, exceptionnellement elle peut-être manuelle.

Dans les cas particuliers où seule la pose manuelle de l'œillet est possible, il y a lieu d'effectuer un contrôle systématique de la pose, afin d'éliminer tout montage défectueux.

Une fois posés, les œillets ne doivent présenter ni déformation, ni coupure, risquant d'entraîner leur arrachement ou la détérioration de la drisse et du sandow, lors du laçage.

7.2 Plaquettes standard

La pose des plaquettes standard comporte deux étapes :

1re étape en atelier :

Le repérage du sens d'assemblage des panneaux de toile doît impérativement être effectué.

Ce repérage définit le point de départ du perçage des rives qui seront ensuite assemblées sur chantier.

Le perçage manuel doit être exécuté par un outillage correspondant au minimum à 3 plaquettes afin d'en assurer la régularité.

2e étape sur site :

L'étanchéité à l'eau doit être réalisée par un joint mousse à cellules fermées, posé entre les deux rives à assembler, de part et d'autre des perçages.

Le boulonnage des plaquettes doit être effectué progressivement, en suivant l'avancement de l'assemblage des membranes.

Les écrous doivent être placés du côté extérieur de la couverture. Leur serrage doit être vérifié.

7.3 Plaquettes de bordure

Les plaquettes de bordure sont utilisées en remplacement des œillets dans le cas d'efforts en rive importants dépassant la résistance de ceux-ci.

La pose des plaquettes de bordure doit être effectuée en deux étapes:

1re étape en atelier :

Les plaquettes de bordure peuvent être posées en atelier à condition de ne pas entraîner de risque de dégradation de la toile lors du pliage et du transport.

Pour faciliter le pliage la pose de deux plaquettes doit être omise, à intervalles réguliers.

L'entraxe du perçage des plaquettes doit correspondre à un pas de laçage de 150 mm pour la drisse et pour le sandow.

Le perçage manuel des bandes recevant les plaquettes doit être exécuté au moyen d' un outillage correspondant au minimum à une plaquette . L'entraxe du perçage des bandes doit correspondre au pas de laçage.

Les plaquettes doivent être fixées sur la toile par des rivets tubulaires en aluminium posés à l'aide d'une machine pneumatique. La longueur du rivet dépend des épaisseurs à serrer.

2e étape sur site :

La pose des plaquettes manquantes doit être effectuée avec un appareillage identique à celui utilisé en atelier.

7.4 Sangles de renfort et de tirage

Les coutures doivent être régulières, leur densité doit être de 2 points ½ par cm.

Le point de chaînette n'est pas admis pour la couture des sangles.

Les coutures doivent être parallèles aux bords de la sangle, avec une garde d'au moins 7 mm.

Elles doivent se terminer par une couture croisée de longueur égale à deux fois la largeur de la couture, voir fig 16.

Les coutures doivent être arrêtées convenablement, sans surplus de fils.

7.5 Câbles de ralingues et haubans

Les câbles de ralingues et de haubans doivent être en acier galvanisé, ou en acier inoxydable.

Les câbles doivent être mono toron, ou multi-brins à âme métallique.

Ils doivent posséder des terminaisons serties ou culottées. La résistance des câbles munis de leurs terminaisons doit faire l'objet d'une vérification expérimentale.

Dans le cas des haubans, les câbles doivent être pré-étirés.

Tous les câbles de haubans d'un diamètre supérieur ou égal à 20 mm doivent être accompagnés d'un certificat d'épreuve.

La vérification éventuelle du sertissage des terminaisons de ces câbles doit effectuée par voie d'essai, sous un chargement correspondant à 80% de la charge de rupture du câble.

L'emploi de câbles en matériau composite doit faire l'objet d'une justification particulière.

8. PRÉPARATION ET EXPÉDITION

8.1 Repérage

La position des différents éléments de la couverture doit faire l'objet d'un repérage précis.

Le repérage doit être précisé sur le plan de pliage ainsi que sur les plans de pose.

Les points particuliers liés à la géométrie de l'ouvrage, doivent être signalés par une marque distinctive, visible lors de la mise en place de la toile.

8.2 Pliage

Un plan de pliage doit accompagner chaque élément de couverture.

Le sens de déroulage et de dépliage doit y être indiqué.

8.3 Emballage et colisage

L'emballage des toiles doit être réalisé de manière à les protéger, et à éviter les perforations.

Chaque colis doit être cerclé sur une palette en bon état.

8. 4 Chargement, transport, déchargement

Le chargement doit être effectué au moyen d'engins de levage et de manutention adaptés.

La superposition des colis de toile n'est pas admis.

Les colis doivent être emballés dans des caisses en bois, ou des containers dans le cas, d'ouvrages destinés à l'exportation.

Le déchargement doit être effectué à l'aide de moyens appropriés.

8. 5 Stockage sur site

La durée du stockage sur site doit être aussi réduite que possible.

Les colis doivent être stockés à l'abri de l'humidité et des agressions.

Les risques de condensation doivent faire l'objet d'une vigilance particulière.

Les colis de toile doivent être disposés au plus tôt sur les zones de dépliage. Ils ne doivent pas être retirés des palettes avant leur mise en œuvre.

9. MISE EN ŒUVRE

9.1 Réception des supports

9.1.1 Implantation

La conformité de l'implantation des supports avec les spécifications d'exécution doit être vérifiée avant la mise en place de la couverture.

La tolérance d'implantation ne doit pas excéder +/- 10 mm pour des ancrages d'arcs, de portiques, de mâts ou de mâtereaux.

Pour les ancrages de câbles, la tolérance peut être augmentée jusqu'à + /- 50 mm, en fonction des possibilités de réglage, et à condition de respecter les angles principaux définis par l'étude technique.

9.1.2 Etat de surface

La vérification de l'état des surfaces en contact avec les membranes est indispensable.

Les surfaces en contact direct avec les toiles doivent être exemptes d'aspérités et d'arêtes vives.

Dans le cas des ossatures galvanisées, la présence de picots ou de dépôts de galvanisation n'est pas admise.

Dans le cas des ossatures peintes, la peinture doit être suffisamment sèche pour que le montage de la toile ne risque pas de le dégrader ou de tacher la toile.

9.2 Dépliage

La zone de dépliage de la toile au sol doit être préparée et nettoyée.

Une protection par un feutre doit être déployée au sol. Dans le cas d'un terrain boueux, un film de polyéthylène doit être interposé entre le sol et la protection.

Chaque ballot de toile doit être disposé sur le support prévu conformément au sens de dépliage et de déroulage figurant sur le plan de pliage.

Les opérations de dépliage doivent être effectuées manuellement.

Dans le cas particulier de membranes de très grande surface, le dépliage peut être assisté par des engins, suivant une procédure préalablement définie.

9.3 Accessoires

Les pointes de toile, les câbles de ralingues, les plaquettes, et les autres accessoires sont en règle générale posées préalablement au levage de la toile.

9.4 Levage des toiles

Le levage d'une membrane doit être effectué dans un délai très court, par vent faible et régulier de vitesse inférieure ou égale à 10 m/s (36 km/H), sauf prescriptions particulières liées au site ou à la dimension de l'ouvrage.

La méthodologie de levage doit être préalablement définie par écrit. Elle doit être respectée.

Les points d'appui ou d'accrochage des moyens de levage doivent être définis avec précision.

Les points de levage doivent être prévus dès les études d'exécution en fonction de la surface de toile. Ils doivent être redondants.

9. 5 Mise en tension

La mise en tension des membranes doit avoir pour résultat la mise en œuvre de la prétension prévue par les documents d'exécution.

9. 5.1 Procédure de mise en tension

La mise en tension des toiles doit être progressive de manière à absorber les déformations initiales dues à la reprise de l'embuvage et au fluage.

Les opérations de mise en tension de la toile diffèrent suivant la nature de l'ouvrage.

Elles doivent donner lieu à l'établissement d'une procédure de mise en tension particulière à chaque ouvrage.

Dans le cas d'une toile lacée, la mise en tension comporte d'abord le transfilage du sandow, et ensuite le transfilage de la drisse sans enlèvement du sandow.

Dans le cas des bandes oeilletées, le sandow et la drisse doivent être passés dans le même œillet.

Dans le cas des bandes plaquettées, le sandow et la drisse doivent être passés dans des perçages différents.

Dans le cas d'une toile ralinguée, la mise en tension des câbles de ralingue doit être progressive fractionnée et équilibrée (droite/gauche).

9.5.2 Réglage

Dans le cas des toiles lacées, le rattrapage du jeu de laçage défini par les documents d'exécution doit correspondre à la valeur de la précontrainte (tension initiale) de la toile.

Le transfilage de la drisse doit être effectué après la mise en tension définitive de la toile.

Dans le cas des toiles ralinguées, les longueurs de réglage des câbles de ralingue et des chapes de tension prévues par les documents d'exécution doivent être respectées.

9.5.3 Contrôle de la tension

La tension doit être contrôlée par une inspection visuelle de l'aspect général de la toile, et du respect des jeux de mise en tension.

Si des des plis ou des ondulations de la toile

sont constatées, une reprise générale de la mise en tension doit être effectuée.

La vérification quantitative de la tension des toiles, déduite de la mesure des vibrations peu être effectuée in situ sur prescription du cahier des charges.

9.5.4 Vérification et réajustement de la tension

Une visite de vérification et de réajustement de la tension doit être effectuée dans un délai de 6 à 8 mois après la mise en œuvre de la toile de couverture.

10. MOYENS HUMAINS DE L'ENTREPRISE

L'entreprise titulaire du marché doit désigner une personne responsable, la représentant durant toutes les étapes de la confection et de la pose.

Le personnel de l'entreprise, du personnel intérimaire, ou encore une entreprise sous-traitante sont susceptibles d'intervenir au cours de la réalisation de l'ouvrage.

10.1 Personnel de l'entreprise

L'entreprise titulaire d'un marché pour la réalisation d'un ouvrage textile doit confier la confection et la pose de l'ouvrage à son propre personnel.

A défaut, elle peut confier soit la confection, soit la pose, à une entreprise sous-traitante.

10.2 Personnel intérimaire

Le personnel intérimaire ne doit être employé qu'en appoint du personnel habituel de l'entreprise, et ne doit intervenir que sur des phases secondaires de la confection (pose d'œillets, second sur machine à souder) et pour le montage en équipe avec du personnel qualifié.

10.3 Sous-traitance

En cas de sous-traitance, l'entreprise sous-traitante doit disposer des moyens et des références exigés par les documents du marché.

L'entreprise titulaire du marché doit établir une déclaration de sous-traitance. Elle doit fournir des informations complètes relatives au sous-traitant (qualifications, références, assurances, documents administratifs,et fiscaux...).

11. SURVEILLANCE ET MAINTENANCE

Il est souhaitable que les ouvrages permanents de couvertures textiles fassent l'objet d'une surveillance et d'une maintenance périodique. Si ces prestations ne figurent pas dans le cahier des charges du marché, l'entreprise peut proposer au Maître d'ouvrage un contrat de surveillance et maintenance préventives adaptées à chaque ouvrage.

11.1 Conservation de la prétension

Il est conseillé de vérifier régulièrement la conservation de la prétension initiale des toiles de couverture.

11.2 Conservation des pentes

Il est conseillé de vérifier régulièrement la conservation des pentes initiales des toiles de couverture.

11.3 Etat des évacuations d'eau pluviale

Un contrôle visuel de l'état du dispositif d'évacuation des eaux pluviales, doit être effectué régulièrement.

11.4 Conservation de l'état de surface

On doit vérifier que l'état de surface de la toile ne se dégrade pas de manière significative.

L'encrassement de la toile doit être faible quelle que soit la zone d'implantation de l'ouvrage.

Un nettoyage périodique de la toile peut être nécessaire.

Dans ce cas, Il sera tenu compte de l'environnement de l'ouvrage.

La méthode et les moyens de nettoyage employés doivent préserver les qualités des tissus.

Le nettoyage doit être effectué avec des matériels et produits adaptés, agréés par le fabriquant de la toile utilisée.

11.5 Etat de l'accastillage

Un contrôle visuel de l'état de l'accastillage, câbles de ralingue, moyens de réglage et de mise en tension, doit être effectué régulièrement.

Dès l'apparition de points de rouille sur des pièces galvanisées, une intervention de reprise de traitement doit être effectuée.

Ces reprises peuvent être légères (traitement superficiel à froid) ou plus lourdes avec changement des pièces défectueuses dans le cas d'attaque importante mettant en cause la stabilité de l'ouvrage.

11. 6 Rapport de visite

A l'issue de chaque visite, un rapport détaillé doit être transmis au donneur d'ordre.

Ce rapport doit consigner l'état de l'ouvrage, indiquer les désordres relevés, les interventions effectuées, et les interventions à prévoir.

En cas de nécessité, Il doit être accompagné d'un recueil de photos et de croquis explicatifs.

12. RÉPARATIONS

Des désordres accidentels peuvent survenir durant la vie d'un ouvrage permanent de couverture textile. Ils risquent de porter atteinte à la durabilité ou la stabilité de la couverture. Une intervention rapide est alors nécessaire.

Tout d'abord, il y a lieu de mettre en sécurité l'ouvrage, d'en préserver la stabilité, d'en interdire l'accès et (ou) de créer un périmètre de sécurité

Un relevé précis des désordres doit être établi par l'entreprise ou par un professionnel hautement qualifié pour ce type d'ouvrage.

Un plan de réparations accompagné de justifications doit être établi. Ces éléments seront soumis à la Maîtrise d'œuvre ou d'ouvrage avant intervention.

Les travaux doivent impérativement être entrepris par l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage, ou à défaut par une autre entreprise disposant des mêmes qualifications.

12 .1 Réparations localisées

On distingue trois types de déchirures localisées selon leur taille et le mode de réparation.

Dans certains cas les réparations nécessitent des précautions particulières.

La gravité des désordres peut nécessiter le remplacement de l'élément de toile concerné.

12.1.1 Déchirure de type 1

Il s'agit de petites blessures dont la plus grande dimension n'excède pas 50 mm, voir fig 21.

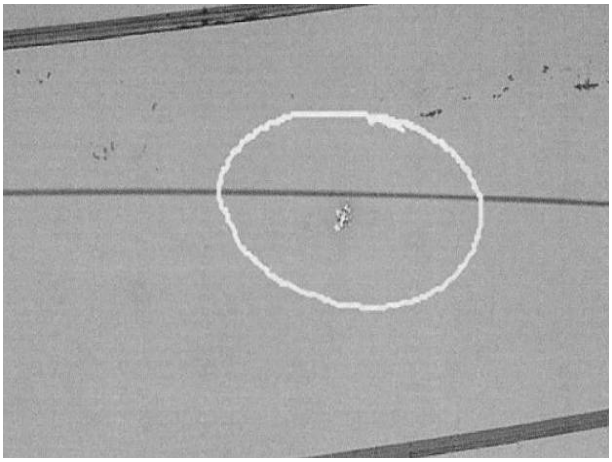


Figure 21 : déchirure de type 1

La réparation peut être effectuée directement sur site par collage d'une « rustine » découpée dans le même tissu.

La colle spéciale utilisée à cet effet doit être agréée par le fabricant du tissu.

12.1.2 Déchirure de type 2

Il s'agit de déchirures en pleine toile, en dehors des soudures dont la plus grande dimension n'excède pas 1 m, voir fig 22.

Figure 22 : déchirures de type 2

La réparation doit être effectuée par la mise en place d'une pièce soudée thermiquement sur l'endroit et sur l'envers de la membrane.

La zone affectée doit être préalablement nettoyée. Les deux lèvres de la déchirure doivent être rapprochées avant l'exécution des soudures.

12.1.3 Déchirure de type 3

Il s'agit de déchirures importantes nécessitant le démontage de la membrane et le retour en atelier pour changer la ou les laizes endommagées, voir fig 23.

Figure 23 : déchirure de type 3

Le remplacement des lés (ou laizes) doit respecter la procédure employée pour la réalisation de l'ouvrage.

L'élément de remplacement doit être réalisé avec le type de toile initial.

12 .1.4 Précautions particulières

Dans le cas de couvertures réalisées en tissu polyester enduit revêtu d'un film anti salissure, il y a lieu de nettoyer la toile et d'abraser la pellicule de surface avant de procéder à la soudure pour permettre une bonne adhérence de la pièce rapportée.

Dans le cas tissus de verre enduits de téflon, il y a lieu de nettoyer la toile et d'abraser la pellicule de surface, et aussi d'ajouter une bande d'apport entre les pièces, avant de procéder à la soudure.

Les soudures doivent être exécutée au moyen d'un pistolet à air chaud, en marouflant fortement et en continu la surface à souder.

12 .2 Remplacement d'un élément de toile

Dans certains cas, le démontage des toiles restantes, voire le démontage total de l'ouvrage doit être envisagé.

Dans le cas ou un élément complet de couverture doit être remplacé, des mesures conservatoires doivent être prises pour assurer la stabilité de l'ouvrage.

Ces mesures peuvent consister en la mise en place de tire-forts, d'élingues, d'étaiements provisoires, ou autres dispositions temporaires.

Dans tous les cas, les mesures conservatoires doivent être décrites avec précision avant intervention.

En cas de remplacement d'un élément de toile, l'intervention d'un BET spécialisé en couverture textile est indispensable.

Version du 30/03/07

ANNEXE C

ESSAIS À FROID ET À CHAUD DES SOUDURES

ESSAIS À FROID DES SOUDURES

Nombre d'échantillons :	3 en chaîne et 3 en trame
Type d'éprouvette :	bandes de 5 cm de largeur en chaîne et en trame.
Type d'essai :	traction
Température :	ambiante, environ 23°C
Chargement :	chargement monotone croissant
Mesure :	résistance maximale avant rupture
Critère d'acceptation :	les résistances mesurées doivent être supérieures ou égales à 80% de la résistance moyenne du tissu mesurée lors de la fabrication.

ESSAIS À CHAUD DES SOUDURES

Nombre d'échantillons essais : 3 en chaîne et 3 en trame

Type d'éprouvette : bandes de 5 cm de largeur en chaîne et en trame.

Type d'essai : traction

Température et chargement : en deux phases :

- **1re phase**
  - durée 1heure
  - chargement constant de 200 N,
  - température augmentant régulièrement de 23°C à 70°C
- **2e phase**
  - température constante de 70°C,
  - chargement augmentant toutes les 30 minutes au pas de 100N jusqu'à ouverture ou rupture de la soudure.

Critère d'acceptation : les résistances d'ouverture ou de rupture doivent être supérieures ou égales à 45% de la résistance moyenne du tissu mesurée lors de la fabrication.

ANNEXE D

QUALIFICATION QUALIBAT 3911 et 3913

3911 STRUCTURES TEXTILES (technicité courante)

Entreprise[1] qui, ne réalisant pas elle-même les études d'exécution, confectionnedes ouvrages ou équipements textiles pérennes ou non, de forme plane ou gauche, à partir de tissus enduits dont l'armature est en fibre de polyester, fibre de verre ou autre, par découpage des formes et assemblage par soudage à haute fréquence ou à chaud, y compris les renforts et l'accastillage propres à la membrane.

L'entreprise est capable d'assurer, elle-même, le déploiement de la membrane et sa mise en tension[2].

3913 STRUCTURES TEXTILES PERMANENTES (technicité supérieure)

Entreprise qui, disposant d'un bureau d'études[3] ou faisant appel à un bureau d'études extérieur[3], réalise des structures textiles à double courbure inverse à partir de tissus enduits dont l'armature est en fibre de polyester, fibre de verre ou autre, par découpage des formes et assemblage par soudage à haute fréquence ou à chaud, y compris les renforts et l'accastillage propres à la membrane.

L'entreprise est capable d'assurer, elle-même, le déploiement de la membrane et sa mise en tension[2].

[1]Le chef d'entreprise ou son responsable technique doit justifier de 5 ans d'ancienneté dans la profession.

[2]L'entreprise doit disposer au moins d'un technicien de montage ayant 5 ans de pratique dans la profession pour conduire ou superviser l'opération.

[3]L'entreprise doit disposer au moins d'un ingénieur ou d'un technicien supérieur d'études ayant 5 ans d'ancienneté dans la profession.

ANNEXE E

LES RÈGLES AU REGARD DE L'ASSURANCE DÉCENNALE OBLIGATOIRE

Préambule

L'entrepreneur doit au titre de son obligation principale réaliser l'ouvrage promis au client dans les délais et pour le prix convenu. En tant qu'homme de l'art il est également tenu d'une obligation de conseil envers son client, que la jurisprudence a consacrée au fil du temps.

Il est donc conseillé au constructeur de remettre au maître d'ouvrage, une fiche résumant les principales obligations d'entretien et de maintenance à la charge du client après réception de l'ouvrage. On peut inclure ces conseils dans l'offre de travaux ou dans une fiche en fin de travaux pour en faire un document contractuel au même titre que les autres pièces, contre signature du client. Ceci permet au Maître d'ouvrage de connaître les obligations qui pèsent sur lui en la matière.

Cette fiche doit bien sûr être personnalisée et adaptée à chaque installation concernée, car les spécificités et les tâches d'entretien peuvent être différentes ou à compléter en fonction de chaque installation.

I. Les garanties légales

Les travaux de conception, de réalisation et de mise en œuvre des ouvrages de couverture textile dès lors qu'ils s'inscrivent dans le cadre de la construction d'un ouvrage au sens de l'article 1792 et suivants du code civil sont susceptibles de relever (loi Spinetta du 4 janvier 1978) des garanties légales après réception.

La notion d'ouvrage est multiple dans la loi. Mais, dans tous les cas, le caractère immobilier des travaux constituant l'ouvrage ou la partie d'ouvrage est un critère essentiel (rattachement au sol, ou au sous-sol, ou à l'immeuble, lorsqu'il s'agit de partie d'ouvrage). A ce titre, on peut considérer que la réalisation de travaux avec des couvertures textiles sont des ouvrages de construction relevant des garanties légales.

Exemples:

Ont ainsi été considéré comme des ouvrages de construction les travaux de couvertures textiles dès lors qu'ils sont tendus ou portées sur des charpentes métalliques ou des charpentes en bois, elles-mêmes fondées dans le sol.

Ont ainsi été considéré comme des ouvrages de construction les travaux sur structures gonflables dès lors qu'ils sont fixés au sol à l'aide de rails métalliques visés sur le terrain par l'intermédiaire de pieux ou de chevilles chimiques.

(Décision du BCT n°265 du 20 janvier 1997)

Dès lors, c'est le type de travaux réalisés et la gravité des dommages les atteignant qui va déterminer les garanties légales applicables après réception des travaux. C'est ensuite le type de responsabilité encourue qui détermine le contrat d'assurance concerné et la garantie applicable au titre de ce contrat.

ANNEXE E (suite)

La réception des travaux est une étape essentielle qui permet de déterminer le point de départ des garanties légales :

- garantie de parfait achèvement : (1 an à compter de la réception) : réparation de tous les désordres, objets de réserves à réception (vices apparents), ou notifiés par le Maître de l'ouvrage (non conformités, finitions, dommages d'origine quelconque).
- la garantie de bon fonctionnement (2 ans compter de la réception) : cette garantie vise la réparation des défauts de fonctionnement, des éléments « dissociables » de l'ouvrage mais à la condition qu'ils ne rendent pas l'ouvrage impropre à sa destination.
- la garantie décennale (10 ans à compter de la réception) vise la réparation des dommages[1] qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou des éléments d'équipement « indissociables »[2], ou qui le rendent impropre à sa destination.

II. L'assurance décennale obligatoire

Les constructeurs chargés de la conception, la réalisation et la mise en œuvre des ouvrages de couverture textile sont tenus de souscrire une assurance décennale lorsqu'ils réalisent des ouvrages de construction d'un ouvrage immobilier y compris leurs accessoires.

La souscription par le constructeur d'une assurance décennale n'est obligatoire si l'ouvrage relève :

- du domaine de la garantie décennale (cf. I. ci-dessus)
- du domaine de l'assurance décennale obligatoire défini par le nouvel article L.243-1-1
- du code des assurances. (cf. II. ci-dessous)

En d'autres termes le domaine de la responsabilité décennale et celui de l'assurance décennale obligatoire ne se recoupent pas totalement. En effet :

- le domaine d'application de la responsabilité décennale concerne tout ouvrage de construction. (cf. I. ci-dessus)
- l'assurance obligatoire se limite aux ouvrages non exclus de l'assurance décennale obligatoire. (cf. II. ci-dessous)

[1] Dommages compromettant la solidité de l'ouvrage (viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert) ou des équipements qui font corps avec le gros œuvre ou affectant l'utilisation normale de l'ouvrage tout entier (impropriété à destination). L'impropriété à destination est souvent alléguée pour des questions d'hygiène, de sécurité des personnes, de gênes ou de pénétrations d'eau.

[2] « Indissociables » des parties d'ouvrage viabilité, de structure, de fondation, de clos et de couvert de la construction

ANNEXE E (suite et fin)

Définition du champ de l'assurance décennale obligatoire (article L.243-1-1 du code des assurances)

Ne sont pas soumis aux obligations d'assurance édictées par les articles L.241-1, L.241-2 et L.242-1 du code des assurances, les ouvrages maritimes, lacustres, fluviaux, les ouvrages d'infrastructures routières, portuaires, aéroportuaires, héliportuaires, ferroviaires, les ouvrages de traitement de résidus urbains, de déchets industriels et d'effluents, ainsi que les éléments d'équipement de l'un ou l'autre de ces ouvrages.

Les voiries, les réseaux divers, les ouvrages piétonniers, les canalisations, les lignes ou câbles et leurs supports, les parcs de stationnement, les ouvrages de transport, de production, de stockage et de distribution d'énergie, ouvrages de stockage et de traitement de solides en vrac, de fluides et liquides, les ouvrages de télécommunications, les ouvrages sportifs non couverts, ainsi que leurs éléments d'équipement sont également exclus des obligations d'assurance mentionnées au premier alinéa, sauf si l'un ou l'autre de ces ouvrages ou éléments d'équipement est accessoire à un ouvrage soumis aux obligations précitées.

Ces obligations d'assurance ne sont pas applicables aux ouvrages existants avant l'ouverture du chantier, à l'exception de ceux qui, totalement incorporés dans l'ouvrage neuf, en deviennent techniquement indivisibles.

Le contrat d'assurance décennale est réglementé par le code des assurances. Il ne peut donc comporter des clauses et exclusions autres que celles prévues par la loi.