

# Applications des revêtements d'étanchéité préfabriqués

par **Philippe COGNARD**

*Ingénieur de l'École supérieure de physique et chimie industrielle de la ville de Paris (ESPCI)*

*Expert près les tribunaux*

*Ancien Directeur à la société Bostik Findley*

<b>1. Étanchéité des toitures-terrasses</b> .....	C 3 556 — 2
1.1 Règlements et classification. Terminologie .....	— 2
1.2 Choix d'un système d'étanchéité .....	— 3
1.3 Réalisation des travaux. Techniques de pose .....	— 4
1.4 Classement FIT minimal exigible .....	— 4
<b>2. Exemples d'étanchéité de toitures-terrasses</b> .....	— 5
2.1 Toiture-terrasse en maçonnerie non accessible, avec étanchéité autoprotégée.....	— 5
2.2 Toiture-terrasse inaccessible sur béton avec protection meuble .....	— 5
2.3 Pose sur ancienne étanchéité en rénovation, toiture-terrasse non accessible.....	— 6
2.4 Toiture-terrasse accessible piétons, étanchéité sous protection dure sur élément porteur en maçonnerie.....	— 7
2.5 Toiture-terrasse inaccessible, sur bacs en acier.....	— 7
2.6 Toitures et terrasses inaccessibles, autoprotégées sur bacs en acier et isolant thermique .....	— 7
2.7 Terrasses végétalisées.....	— 8
2.8 Toitures-terrasses avec des membranes monocouches synthétiques....	— 9
<b>3. Toitures inclinées et utilisation de membranes d'étanchéité</b> .....	— 10
3.1 Toitures plates ou inclinées étanchéifiées avec membranes PVC collées .....	— 10
3.2 Toitures inclinées étanchéifiées avec membranes EPDM collées .....	— 10
<b>4. Soubassements et fondations de bâtiments</b> .....	— 11
4.1 Cuvelage avec revêtement d'étanchéité .....	— 11
4.2 Traitement en surface des parois enterrées .....	— 12
<b>5. Étanchéité des ouvrages d'art</b> .....	— 12
5.1 Sollicitations subies par les ouvrages de Travaux publics .....	— 13
5.2 Supports en béton .....	— 13
5.3 Produits d'étanchéité utilisés en Travaux publics.....	— 14
5.4 Ponts .....	— 15
5.5 Bassins, réservoirs, cuvelages, ouvrages enterrés.....	— 15
<b>Étanchéité par revêtements de surface préfabriqués</b> .....	C 3 555
<b>Pour en savoir plus</b> .....	Doc. C 3 557
<b>Comparatif</b> .....	Comp. C 3 558

**N**ous avons étudié dans l'article [C 3 555] les différents produits et techniques d'étanchéité, ainsi que leurs caractéristiques.

Nous allons maintenant utiliser ces connaissances pour présenter les principales applications des produits d'étanchéité, en commençant par celle qui repré-

sente les plus grandes surfaces et donc le principal marché, à savoir l'étanchéité des toitures (en particulier toitures-terrasses), puis celle des toitures en pente, puis les applications en Travaux publics.

Nous recenserons les divers marchés de l'étanchéité (avec des indications sur les tailles des marchés correspondants), les listes de produits, les normes et les fournisseurs en [Doc. C 3 557] et [Comp. C 3 558].

## 1. Étanchéité des toitures-terrasses

### 1.1 Règlements et classification. Terminologie

C'est un sujet vaste et complexe : en effet, il comporte un grand nombre de paramètres (nature des supports, de l'isolation thermique, des pentes, des protections situées au-dessus des revêtements d'étanchéité...), de techniques et de produits possibles (les divers produits d'étanchéité que nous avons étudiés peuvent être utilisés pour la plupart).

Il en résulte un très grand nombre de combinaisons possibles, plusieurs milliers, qui sont codifiées, pour ce qui concerne les matériaux traditionnels par 4 DTU (DTU 43-1 à DTU 43-4) (cf. [Doc. C 3 557]).

De plus, nous avons vu que les revêtements modernes apparus à partir de 1975 : revêtements bitumes-élastomères puis membranes, dits non traditionnels, font l'objet eux d'avis techniques du CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) et aussi de cahiers des clauses techniques émis par des organismes de contrôle.

Signalons également le CPT (Cahier des prescriptions techniques) de mise en œuvre des étanchéités de toitures par membranes monocouches synthétiques en PVC-P faisant l'objet d'un avis technique ou d'un document d'application CPT paru fin 2004.

Dans le cadre limité de cet article, nous sommes obligés de résumer en quelques pages les nombreuses dispositions de ces DTU, avis techniques et autres réglementations, qui représentent des centaines de pages.

Nous dégagerons donc les idées essentielles qui permettent ensuite de comprendre les techniques et les règles (de conception et de pose), et, pour tous détails, nous renvoyons nos lecteurs aux textes d'origine recensés en [Doc. C 3 557].

#### 1.1.1 Supports et éléments porteurs

Le **support** est l'élément de la construction sur lequel est appliqué directement le revêtement d'étanchéité. Ce peut être l'isolant thermique ou bien l'élément porteur ou enfin une ancienne étanchéité.

L'**élément porteur** est la partie supérieure résistante du gros œuvre de la toiture qui constitue le support sur lequel repose le support de l'étanchéité.

Ils peuvent être en béton, en maçonnerie, en béton cellulaire, en acier, bois ou panneaux à base de bois (contreplaqué, panneaux de particules).

#### 1.1.2 Isolation thermique

Les toitures sont le plus souvent isolées, suivant deux techniques montrées figure 1 : isolation sous étanchéité ou isolation inversée (donc sur l'étanchéité).

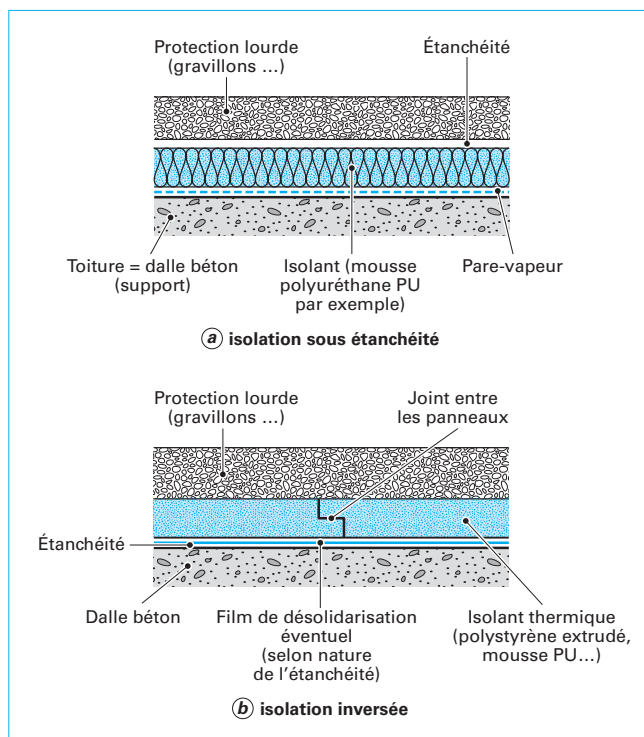


Figure 1 – Différents systèmes d'isolation et d'étanchéité de toitures

#### 1.1.3 Dispositifs faisant obstacle au passage de la vapeur d'eau

L'**écran pare-vapeur** est un écran placé sous la couche d'isolation thermique pour empêcher la migration de la vapeur d'eau de la zone la plus chaude et riche en humidité vers la zone la plus froide où elle se condenserait, ce qui pourrait provoquer des inconvénients (perte des propriétés isolantes), voire même des désordres (s'il y a gel, par exemple).

La **couche de diffusion** est une couche ménagée sous l'écran pare-vapeur destinée à répartir la pression de la vapeur d'eau.

#### 1.1.4 Couche d'indépendance

C'est une couche (papier, film plastique...) placée entre le revêtement d'étanchéité et son support et destinée à empêcher l'adhérence de certains types de revêtements d'étanchéité. Nous en avons vu la raison au paragraphe 4.1.5 de l'article [C 3 555].

Certains revêtements doivent être posés en système indépendant, afin de pouvoir jouer librement, par exemple s'ils ont une élasticité faible, d'autres sont liaisonnés de manière continue au support (en particulier sur les pentes importantes, sinon ils se détacheraient).

### 1.1.5 Couche de désolidarisation

C'est une couche disposée entre le revêtement d'étanchéité et sa protection, destinée à prémunir le revêtement d'étanchéité de certaines actions de la protection (abrasion, perforation par les granulats).

### 1.1.6 Terminologie relative à la protection

#### ■ Protection lourde

Elle peut permettre de rendre les toitures-terrasses circulables.

- **Protection meuble** : protection rapportée constituée par un lit de granulats minéraux libres.

- **Protection dure** : protection rapportée constituée par des matériaux agglomérés aux liants hydrauliques ou par des matériaux, minéraux sous forme de carreaux, dalles, etc. Elle permet la circulation (piétons ou véhicules).

- **Protection asphalte** : protection rapportée en asphalte coulé gravillonné.

#### ■ Autoprotection

C'est une protection mince réalisée en usine sur un matériau d'étanchéité en feuille (par exemple, feuille d'aluminium, paillettes d'ardoise...). Elle protège uniquement contre les chocs et les intempéries et peut servir de décor.

### 1.1.7 Classification des toitures-terrasses (selon les DTU 43.1, 43.2, etc.)

#### 1.1.7.1 En fonction du climat

##### ■ Toitures-terrasses sous climat de montagne

Ce sont les toitures-terrasses des bâtiments caractérisés par des sollicitations climatiques spécifiques au climat de montagne (présence de neige pendant une longue durée de l'année). Conventionnellement, ce sont celles des bâtiments implantés à une altitude supérieure à 900 m.

##### ■ Toitures-terrasses en dehors du climat de montagne

Ce sont les toitures-terrasses des bâtiments ne répondant pas à la définition précédente, pour les climats ordinaires : de plaine, tempérés (valable pour la France métropolitaine uniquement).

#### 1.1.7.2 En fonction des pentes des parties courantes

Les toitures-terrasses visées par les DTU 43.1, 43.2 sont classées en 2 catégories :

- toitures-terrasses à pente nulle ;
- toitures-terrasses plates : pente de 1 à 5 % limites incluses.

Il est entendu que, par suite des tolérances de planéité des supports et des conditions d'exécution des revêtements, les toitures-terrasses à pentes inférieures à 2 % peuvent présenter, en service, de légères retenues d'eau. La pente des parties courantes est celle de la ligne de plus grande pente.

#### 1.1.7.3 En fonction de leur accessibilité (ou de leur destination)

##### ■ Toitures-terrasses inaccessibles (pente nulle admise)

Toitures-terrasses qui ne reçoivent qu'une circulation réduite à l'entretien du revêtement d'étanchéité ou d'accessoires de toitures (entretien des lanterneaux d'éclairage ou de désenfumage, des antennes, ramonage des conduits...).

##### ■ Toitures-terrasses accessibles à la circulation piétonnière et au séjour, dites toitures-terrasses piétonnes

Dans le cas général, la pente minimale est de 1 % (pour l'évacuation des eaux de pluie).

Dans le cas particulier des dalles de circulation sur plots, qui font l'objet de dispositions complémentaires, la pente nulle est admise.

##### ■ Toitures-terrasses techniques ou à zones techniques (pente nulle admise)

Elles font l'objet de dispositions complémentaires.

Les toitures-terrasses techniques sont les toitures-terrasses servant de passage fréquent en vue de l'entretien des installations hors combles telles que :

- chaufferies ;
- dispositifs de ventilation mécanique contrôlée ;
- aérorefrigérants (conditionnement d'air) ;
- dispositifs permettant le nettoyage des façades ;
- locaux de machineries d'ascenseurs, de monte-charges ;
- capteurs solaires.

(Si l'installation technique ne concerne qu'une partie de la toiture-terrasse, seule cette partie est considérée comme toiture-terrasse technique (« zone technique ») à condition qu'elle soit clairement délimitée.)

Les installations peuvent être :

- soit des édifices, donnant accès à la terrasse et qui doivent être bordés par une zone technique de dimensions suffisantes ;
- soit des équipements protégés.

##### ■ Toitures-terrasses accessibles à la circulation et au stationnement des véhicules légers (pente minimale 1 %) dites toitures parcs VL ou toitures accessibles aux véhicules légers

Les parties de toitures accessibles exceptionnellement aux véhicules de défense contre l'incendie et camions de déménagement peuvent être comprises dans cette catégorie.

Les véhicules légers sont conventionnellement caractérisés par une charge maximale de 2 t/essieu.

##### ■ Toitures-terrasses accessibles à la circulation et au stationnement des véhicules lourds (pente minimale 1 %) dites toitures parcs PL ou toitures accessibles aux véhicules lourds

Sur les toitures-terrasses qui reçoivent des trafics plus ou moins lourds, il faut évidemment que les revêtements d'étanchéité soient protégés par une protection rigide, solide, dite lourde.

## 1.2 Choix d'un système d'étanchéité

Ce choix est un choix multicritère qui s'opérera en étudiant, dans l'ordre donné, les paramètres suivants :

**1) destination de la toiture** : accessible (au trafic piétonnier, lourd...), inaccessible, terrasse-jardin. Cela conditionne le type de protection (lourde, autoprotégée...);

**2) nature de l'élément porteur** (béton, acier, bois) qui conditionne la technique à utiliser, et les sollicitations mécaniques prévisibles, et entraîne la référence à l'un des 3 DTU (DTU 43.1, 43.3 ou 43.4) ;

**3) types de travaux** : neuf ou réfection ;

**4) avec ou sans isolant** : nature de l'isolant, isolation sous étanchéité ou inversée, résistance mécanique de l'isolant ;

**5) nature du support de l'étanchéité** ;

**6) pente du support** :

- toitures-terrasses (pente < 5 %),
- toitures en pente (5 à 100 %) ;

7) **climat** : vent, neige, durabilité exigée ;

8) **type de mise en œuvre** : collé ou soudé ou fixé mécaniquement ;

9) **mode de liaison au support** : indépendante, semi-indépendante ou adhérente. Cela conditionne, entre autres, les modules et allongements possibles à la rupture du matériau d'étanchéité à choisir.

10) **classement FIT** exigé, et autres règlements particuliers (classement feu, IGH, ERP) (cf. [C 3 555]).

11) **poids admissible pour le système complet** : étanchéité + protection + produits accessoires de pose.

De tout cela, on en déduit alors en étudiant les catalogues, avis techniques, fiches techniques des produits proposés :

- le choix du procédé d'étanchéité ;
- la description détaillée du système d'étanchéité ;
- les performances et le classement FIT du complexe d'étanchéité ;
- son adéquation au climat, sa durabilité ;
- le poids total du système ;
- le coût des travaux.

### 1.3 Réalisation des travaux. Techniques de pose

Pour la réalisation des travaux il faudra ensuite se reporter (cf. [Doc. C 3 557]) :

- aux guides techniques détaillés des fabricants d'étanchéité ;
- aux avis techniques pour les produits nouveaux non traditionnels ;
- aux DTU et normes pour les travaux de techniques traditionnelles ;
- aux CPT/CCT (cahiers des spécifications techniques) ;
- aux règles professionnelles (CSNE : Chambre syndicale de l'étanchéité).

### 1.4 Classement FIT minimal exigible

Le tableau **1** indique par type d'utilisation de la toiture (accessibilité, support, pente, protection) le classement FIT minimal auquel doit répondre le revêtement d'étanchéité : pour chacun des paramètres F, I, ou T (cf. article [C 3 555]), l'indice de classement du revêtement doit être au moins égal à celui indiqué dans le tableau.

**Tableau 1 – Classement FIT pour les travaux d'étanchéité de toitures**

Support direct du revêtement	Pente (%)	Exploitation et usage de la toiture et type de protection							
		Inaccessible		Accessible		Accessible		Technique	
				Piétons	Véhicules	Piétons	Véhicules		
		Autoprotection (apparent) (1)	Meuble (graviers) (2)	Protection dure		Protection directe par dalles sur plots	Protection directe par couche drainante	Autoprotection (apparent)	Dure dalles sur graviers (2)
Isolant thermique	0	F4.I2.T2 (3) (4)	F3.I3.T1 (5)			F5.I4.T3	F3.I5.T1	F4.I4.T2	F3.I3.T2 (5)
	Plate	F4.I2.T2 (3) (4)	F3.I3.T2 (5)	F4.I4.T2	F4.I4.T2	F5.I4.T3	F3.I5.T2	F4.I4.T2	F3.I3.T2 (5)
	Inclinée	F4.I2.T2 (6)						F4.I4.T2 (6)	
Béton	0	F4.I2.T2	F3.I3.T1			F5.I4.T3	F3.I5.T1	F4.I4.T2	F3.I3.T2
	Plate	F4.I2.T2	F3.I3.T2	F4.I4.T2	F4.I4.T2	F5.I4.T3	F3.I5.T2	F4.I4.T2	F3.I3.T2
	Inclinée	F4.I2.T2						F4.I4.T2	
Béton + isolation inversée	0		F3.I3.T1			F3.I3.T2 (2)	F3.I5.T1		F3.I3.T1
	Plate		F3.I3.T2	F3.I3.T2		F3.I3.T2 (2)	F3.I5.T2		F3.I3.T2
Béton cellulaire	Plate	F4.I2.T2	F3.I3.T2					F4.I4.T2	F3.I3.T2
	Inclinée	F4.I2.T2						F4.I4.T2	
Bois et panneaux dérivés	Plate	F4.I2.T2	F3.I3.T2					F4.I4.T2	F3.I3.T2
	Inclinée	F4.I2.T2 (6)						F4.I4.T2 (6)	
Ancien revêtement	0	F4.I2.T2	F3.I3.T2			F5.I4.T3	F3.I5.T1	F4.I4.T2	F3.I3.T2
	Plate	F4.I2.T2	F3.I3.T2	F4.I4.T2	F4.I4.T2	F5.I4.T3	F3.I5.T2	F4.I4.T2	F3.I3.T2
	Inclinée	F4.I2.T2 (6)						F4.I4.T2 (6)	

(1) Indice I porté à I3S pour les revêtements monocouches.

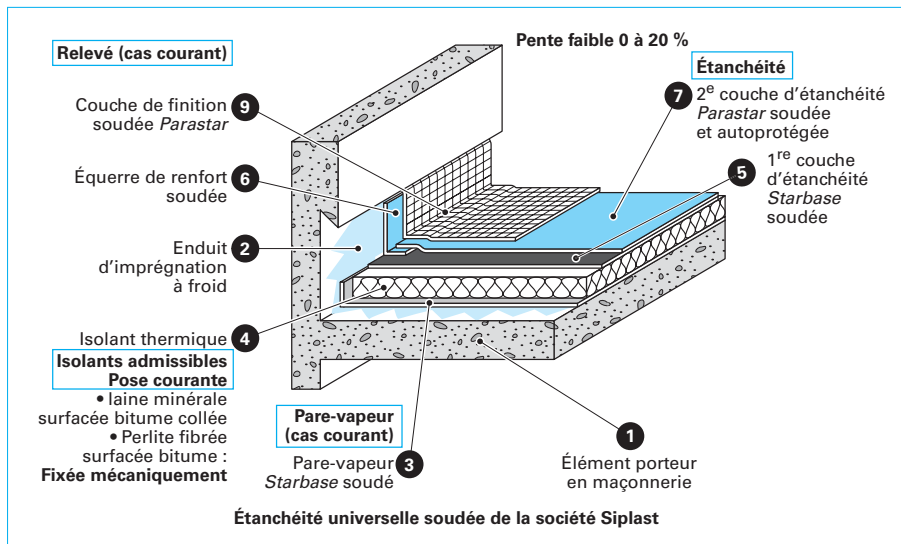
(2) Indice I porté à I4 pour les revêtements monocouches.

(3) Indice I porté à I3 pour laine minérale sur béton et béton cellulaire.

(4) Indice I porté à I3 sur laine minérale de résistance thermique  $> 2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ .

(5) Indice I porté à I4 pour laine minérale sur béton et béton cellulaire et pour polystyrène expansé.

(6) Indice T porté à T3 si la résistance thermique est  $> 2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .



**Figure 2 – Toiture-terrasse en maçonnerie non accessible. Étanchéité autoprotégée, sur isolant thermique** (Source Siplast-Icopal - catalogue 2002)

Notons qu'il y a, en plus du classement FIT, d'autres caractéristiques à prendre en compte : poids total du système, durabilité exigée, comportement au feu, sollicitations climatiques (effets dus à la neige et effets dus au vent).

## 2. Exemples d'étanchéité de toitures-terrasses

Pour illustrer ces différentes possibilités, nous allons décrire quelques cas types, qui ne sont que des exemples, puisque nous avons dit qu'il y a plusieurs centaines ou milliers de cas différents. Les diverses sociétés que nous recensons dans « Pour en savoir plus » ont toutes des systèmes équivalents ou voisins (cf. [Doc. C 3 557]).

Nous les illustrerons par des schémas de systèmes classiques basés sur des produits du marché.

### 2.1 Toiture-terrasse en maçonnerie non accessible, avec étanchéité autoprotégée

L'étanchéité est réalisée en feuille de bitume-élastomère SBS.

La figure 2 montre une étanchéité sur isolant thermique avec :

- une sous-couche en feuille de bitume-élastomère SBS de 3 000 g/m<sup>2</sup>, avec armature non tissée de polyester dont la sous-face est un film thermofusible macroperforé, qui présente un allongement à la rupture de 35 %, cette sous-couche servant aussi de pare-vapeur dans le cas de toiture isolée sur maçonnerie ;

**Exemple :** *Starbase* de Siplast ou similaire. *Starbase* pare-vapeur est une feuille de bitume-élastomère SBS armée, d'épaisseur 2,7 mm et d'allongement à la rupture 35 %.

- une 2<sup>e</sup> couche d'étanchéité *Parastar* soudée (dans l'exemple de la figure 2), feuille de bitume-élastomère SBS, épaisseur de 4 mm, 4 400 g/m<sup>2</sup>, armature non tissée de polyester, grésage antiadhérent

et autoprotection minérale une face de 1 500 g/m<sup>2</sup> en granulés ou 900 g/m<sup>2</sup> en paillettes d'ardoise. Cette 2<sup>e</sup> couche présente un allongement à la rupture de 40 %, une résistance à la rupture de 10 à 12 daN selon le sens.

Elle est posée soit directement sur l'élément porteur de toiture, soit sur le panneau isolant thermique ;

- dans les cas courants, on pose un pare-vapeur (feuille de bitume-élastomère SBS avec armature en non tissé de polyester) qui est collé sur les éléments porteurs en maçonnerie avec une couche d'EIF ;

- les relevés sont réalisés avec une couche de finition soudée (feuille de bitume-élastomère SBS épaisseur 4 mm) collée avec une couche d'EIF.

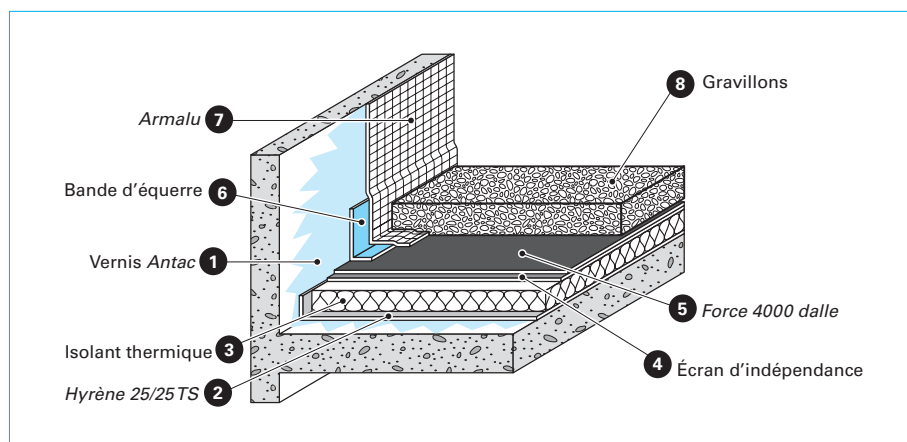
Le tableau 2 donne le principe de mise en œuvre d'un tel revêtement.

**Tableau 2 – Mise en œuvre (cf. figure 2)**

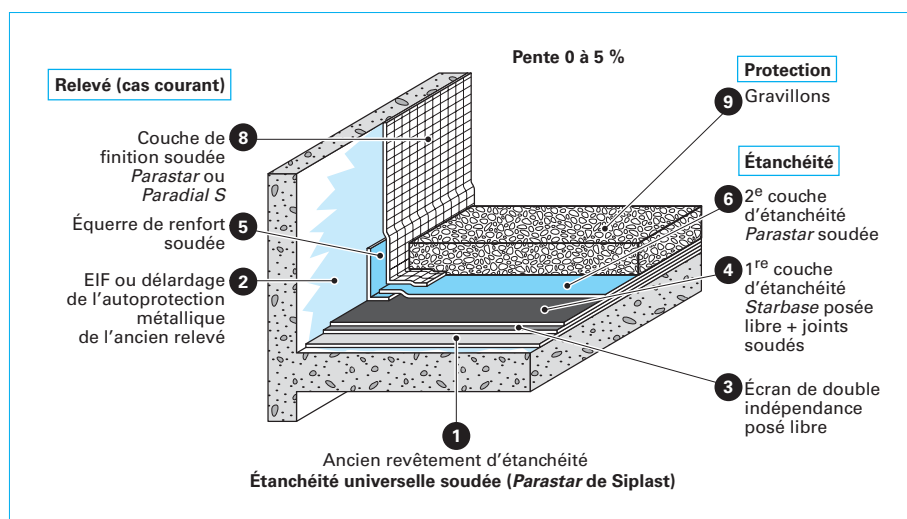
- ① Vérification et préparation du support en maçonnerie
- ② Passage du primaire d'adhérence en parties courantes et en relevés
- ③ Pose de la feuille pare-vapeur soudée
- ④ Pose des panneaux isolants thermiques : – collés ou – fixés mécaniquement
- ⑤ Pose de *Starbase* en 1<sup>re</sup> couche d'étanchéité soudée
- ⑥ Pose des équerres de renfort au pied des émergences et des costières de joint de dilatation  
Pose des évacuations d'eaux pluviales et des sorties en toitures  
Pose des bandes de rives et bandes d'égout
- ⑦ Pose en partie courante de *Parastar* soudé
- ⑧ Étanchéité des joints de dilatation
- ⑨ Finition des relevés en *Parastar*

### 2.2 Toiture-terrasse inaccessible sur béton avec protection meuble

L'étanchéité est réalisée en feuille de bitume-élastomère SBS. La figure 3 montre pour exemple un système de la société Axter mono-couche avec isolant (*Force<sup>®</sup> dalle*).



**Figure 3 – Système monocouche avec isolant Force® dalle®** (Source : documentation technique Axter 2003)



**Figure 4 – Toiture-terrasse en maçonnerie non accessible. Étanchéité sous gravillons, sur ancienne étanchéité** (Source Siplast-Icopal catalogue 2003)

Ce procédé consiste en un revêtement d'étanchéité monocouche soudable, en bitume modifié élastomère SBS, apparent pour toitures-terrasses plates et toitures inclinées  $\geq 1\%$ , en climat de plaine, sous protection lourde rapportée ou sous isolation inversée.

Il fait l'objet de l'avis technique 5/02-1619 de septembre 2002, mais a déjà été utilisé sur  $2 \times 10^6 \text{ m}^2$  depuis 1990. Son classement FIT est : F5I5T4.

Voici quelques commentaires sur les matériaux signalés figure 3.

① – le vernis *Antac* est un enduit d'application à froid EIF, à base de bitume en milieu solvant ;

② – *Hyrène 25/25 TS* est une sous-couche en feuille à base de liant SBS, grésée 2 faces pour le collage (épaisseur 2,5 mm environ) ;

③ – l'isolant thermique peut être de différents types : polystyrène expansé, polyuréthane, laine minérale ;

④ – l'écran d'indépendance est un voile de verre  $100 \text{ g/m}^2$  qui est déroulé à sec, avec des joints de recouvrement à 10 cm libres ;

⑤ – *Force® dalle 4000* est une feuille de bitume modifié élastomère présentant un allongement à la rupture de 35 %, une résistance au poinçonnement statique L4 selon norme P 84-352, une masse du liant *Hyrène MM* de  $4\,000 \text{ g/m}^2$ , une armature en non-

tissé polyester de  $170$  à  $180 \text{ g/m}^2$ , avec un film plastique en sous-face et en surface, une épaisseur de 4 mm.

⑦ – *Armalu* est une chape autoprotégée (alu 8/100), armature toile de verre  $60 \text{ g/m}^2$ , liant élastomérique fillérisé à 40 %, épaisseur en lisière 3,5 mm, utilisée pour les relevés.

## 2.3 Pose sur ancienne étanchéité en rénovation, toiture-terrasse non accessible

L'étanchéité est réalisée en feuille de bitume-élastomère SBS.

Ici on peut utiliser le même système bitume-élastomère SBS que celui indiqué au paragraphe 1 précédent.

Ce système (figure 4) est désolidarisé de l'ancienne étanchéité par un écran de double indépendance posé libre : ici il s'agit d'un écran en voile de verre + papier *Kraft*.

La protection est réalisée par des gravillons. La mise en œuvre est présentée dans le tableau 3.



**Tableau 3 – Mise en œuvre (cf. figure 4)**

- ① Vérification et préparation de l'ancienne étanchéité en parties courantes et en relevés
- ② Passage du primaire d'adhérence en relevés ou délardage
- ③ Pose de l'écran d'indépendance
- ④ Pose de *Starbase* en 1<sup>re</sup> couche d'étanchéité libre
- ⑤ Pose des équerres de renfort au pied des émergences soudées  
Pose des évacuations d'eaux pluviales et des sorties en toitures
- ⑥ Pose en partie courante de *Parastar* soudé
- ⑦ Étanchéité des joints de dilatation
- ⑧ Finition des relevés en *Parastar*
- ⑨ Pose de la protection rapportée en gravillons

**Tableau 4 – Mise en œuvre (figure 5)**

- ① Vérification et préparation de l'ancienne étanchéité
- ② Passage du primaire d'adhérence en parties courantes et en relevés (EIF)
- ③ Renforcement de tous les angles des reliefs avec un gousset en *Adek*
- ④ Pose des évacuations d'eaux pluviales et des sorties en toitures avec renfort en *Adek*  
Pose des bandes de rives et bandes d'égout avec renfort en *Adek*
- ⑤ Pose des renforts de noues en *Adepar JS* (feuille d'étanchéité adhésive en bitume-élastomère SBS)
- ⑥ Réalisation des relevés en *Supratar* collé à la colle bitumineuse
- ⑦ Réalisation de l'étanchéité des parties courantes en *Adestar*
- ⑧ Protection des relevés par enduit ciment grillagé
- ⑨ Couche de désolidarisation
- ⑩ ⑪ Pose de la protection lourde dure

## 2.4 Toiture-terrasse accessible piétons, étanchéité sous protection dure sur élément porteur en maçonnerie

Ici on utilise une étanchéité à froid (*Adestar* de Siplast) qui est une membrane autoadhésive en bitume-élastomère SBS, autoprotégée.

Elle se pose sans soudage ni chauffage. Tous les composants sont soit autoadhésifs soit collés à froid (figure 5).

La membrane *Supratar* est une membrane bitume-élastomère SBS à coller, pour les relevés. Cette technique est utilisée pour chantiers en climats de plaine < 900 m et une surface de toiture maximale de 50 m<sup>2</sup> avec évacuation d'eaux pluviales.

La mise en œuvre d'un tel système est indiquée dans le tableau 4.

## 2.5 Toiture-terrasse inaccessible, sur bacs en acier

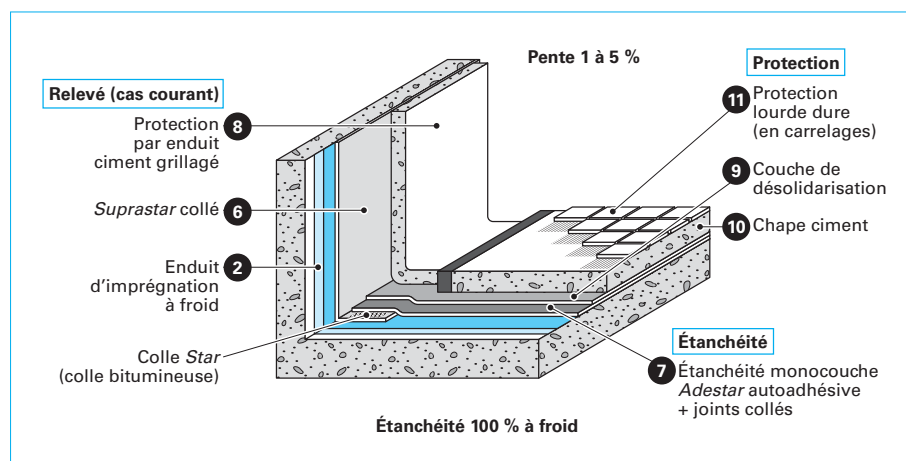
Voici un exemple (figure 6), pris entre beaucoup d'autres possibles, d'une étanchéité sur bacs en acier, pour la construction d'usines par exemple :

- la feuille d'étanchéité *4000 S* est un revêtement d'étanchéité monocouche soudable en bitume modifié élastomère SBS, pour toitures-terrasses plates et toitures inclinées (pente  $\geq 1\%$ ) en climat de plaine ;
- les feuilles *Force 4000 S* ont une finition de sous-face en film thermofusible pour le soudage à chaud (épaisseur 4 mm) ;
- l'isolant ④ a une face enduite soudable à chaud, au-dessus ;
- *Armalu* ⑦ est une chape autoprotégée Alu 8/100 à liant élastomérique, d'épaisseur en lisière de 3,5 mm utilisée pour les relevés ;
- *Arma* ⑦ est la même chape que *Armalu* mais avec une armature en tissu de verre GV-VV 90 g/m<sup>2</sup> et autoprotégée par ardoisage. Depuis 1987, le système *Force* d'Axter a fait l'objet de plusieurs millions de mètres carrés posés sur différents types de supports. Il fait l'objet de l'Avis technique 5/99-1395.

## 2.6 Toitures et terrasses inaccessibles, autoprotégées sur bacs en acier et isolant thermique

L'exemple de la figure 7 montre ici encore une étanchéité bicouche en bitume SBS, soudée, de la société Siplast :

- *Paradiène ACS R3* est une feuille de bitume-élastomère SBS, épaisseur  $\geq 2,5$  mm avec armature ;
- *Paracier A* est aussi une feuille de bitume-élastomère SBS, avec autoprotection minérale, épaisseur minimale 2,5 mm, avec armature en voile de verre VV.



**Figure 5 – Terrasse en maçonnerie accessible aux piétons. Étanchéité sous protection dure, sur élément porteur** (Source documentation technique Siplast-Icopal 2003)

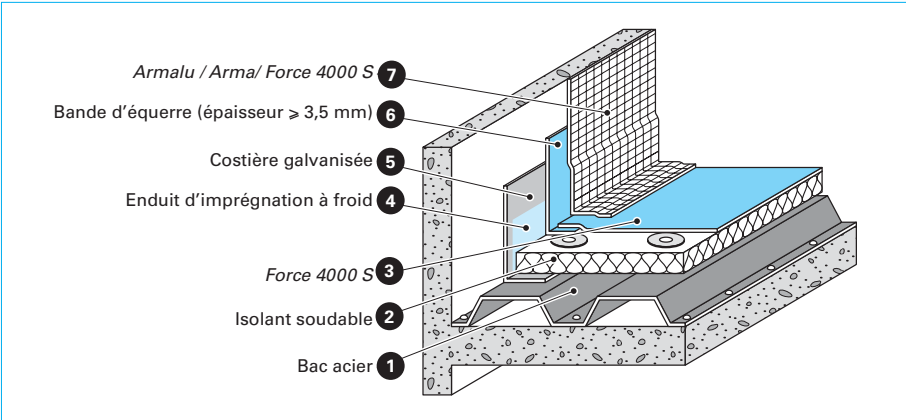


Figure 6 – Isolation et étanchéité sur bacs en acier avec le système Force de la société Axter (monocouches avec isolant) (Source Sté Axter)

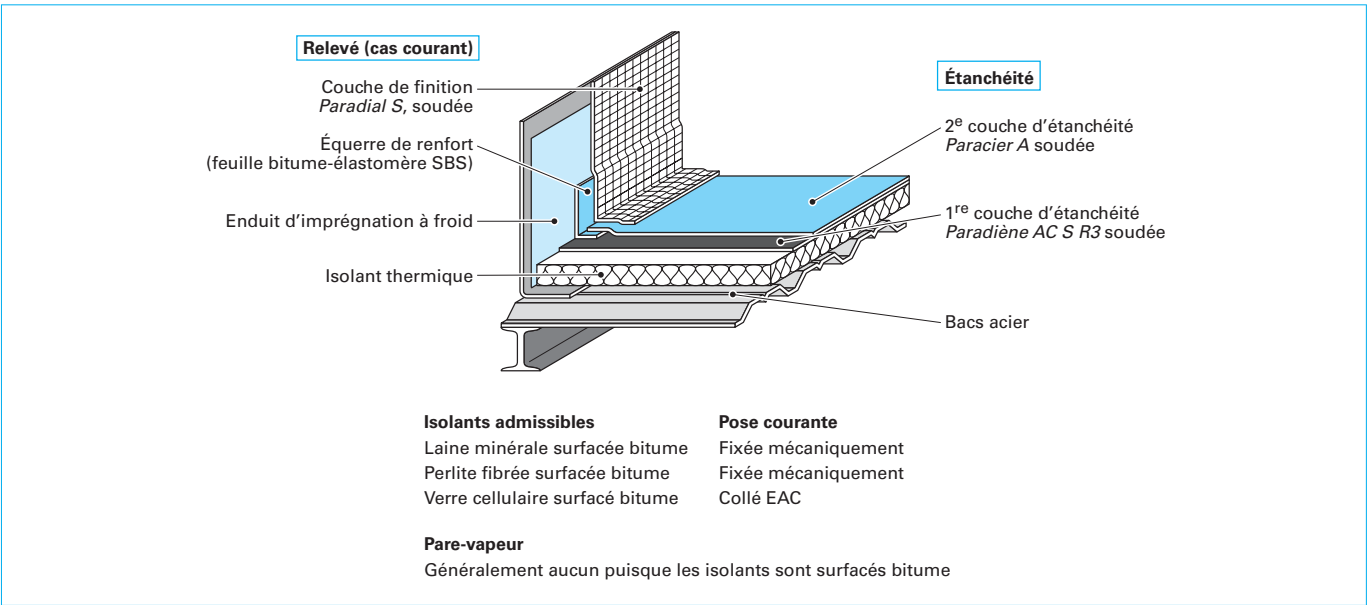


Figure 7 – Toitures et terrasses inaccessibles sur bacs en acier et isolant

Des renseignements complémentaires concernant la mise en œuvre du cas de la figure 7 sont donnés dans le tableau 5.

Tableau 5 – Renseignements complémentaires (figure 7)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Limité aux altitudes ≤ 900 m.</li><li>• Solution adaptée aux réfections avec apport d'isolant sur ancienne étanchéité conservée.</li><li>• Pente &gt; 40 % : 2<sup>e</sup> couche fixée en tête, tous les 0,20 m.</li><li>• Quand l'isolant est surfacé à l'EAC sur chantier, le classement du revêtement devient F4I3T2 et la fixation en tête est nécessaire à partir de 20 % de pente.</li><li>• Aires et chemins de circulation : renfort en dalles collées (plaques 50 × 50 en mortier bitumineux armé (pente ≤ 20 %)) ou, alternativement, feuilles de bitume-élastomère SBS, épaisseur 4 mm, armature non-tissé polyester donnant un classement L4.</li><li>• Zones techniques : renfort en dalles de mortier collées avec une colle bitumineuse ou 2<sup>e</sup> couche en feuille de bitume-élastomère SBS, épaisseur 4 mm armée (classement L4).</li><li>• Masse surfacique (étanchéité) : environ 7,5 kg/m<sup>2</sup>.</li></ul>

## 2.7 Terrasses végétalisées

L'apport de terre et de végétaux à la surface des toitures-terrasses est une technique récente qui apporte un très bel aspect sur les toitures qui étaient autrefois peu esthétiques pour les habitants des étages élevés.

Du fait du poids de la terre, de l'arrosage ou de la rétention d'eau nécessaires, de la croissance des racines, les étanchéités de ces terrasses végétalisées ont des exigences supérieures et particulières. Elles comportent obligatoirement les éléments suivants.

### ■ Élément porteur

Tout type d'élément (béton, bois, acier) à la condition expresse que la surcharge admissible soit compatible avec celle du système projeté, y compris le poids de terre et des végétaux.

### ■ Complexe isolant thermique

Tout type d'isolant admis sous étanchéité (polyuréthane, verre cellulaire, perlite expansée, laine minérale, polystyrène) et dont la résistance à la compression est compatible avec les surcharges prévues.



L'isolation inversée est également admise sous certaines conditions, mais il faut qu'elle soit alors parfaitement protégée contre l'eau descendant dans la terre.

#### ■ Système d'étanchéité

Il doit résister à une humidité permanente provenant de la terre et à la pénétration des racines.

Il sera donc toujours constitué de 2 couches, par exemple dans les systèmes Siplast on aura :

- une 1<sup>re</sup> couche d'étanchéité *Starbase*, feuille de bitume-élastomère SBS de 3 000 g/m<sup>2</sup>, avec armature en non-tissé polyester (180 g/m<sup>2</sup>), d'épaisseur 2,7 mm, avec surface du film plastique thermofusible, sous-face du film thermofusible macroporeux ;
- une deuxième couche *Parastar vert* soudée, feuille de bitume-élastomère SBS de 4 400 g/m<sup>2</sup> de bitume-élastomère fillérisé, armature en non-tissé polyester (180 g/m<sup>2</sup>), autoprotection minérale 1 face (1 500 g/m<sup>2</sup> de granulés ou 900 g/m<sup>2</sup> de paillettes d'ardoise), épaisseur 4 mm.

C'est une variante de *Parastar*, vu précédemment, mais avec un adjuvant antiracine.

#### ■ Système de drainage

Il a pour but :

- de faciliter l'écoulement de l'eau vers les évacuations pluviales ;
- de protéger l'étanchéité des agressions mécaniques et de la croissance exagérée des racines.

Il peut être constitué :

- de granulats meubles (qui n'empêchent pas la croissance des racines mais assurent un bon drainage) ;
- de plaques de polystyrène expansé, le plus souvent dans les systèmes Siplast ou dans le système *Sopranature* de Soprema (figure 8) ;
- éventuellement de géotextile.

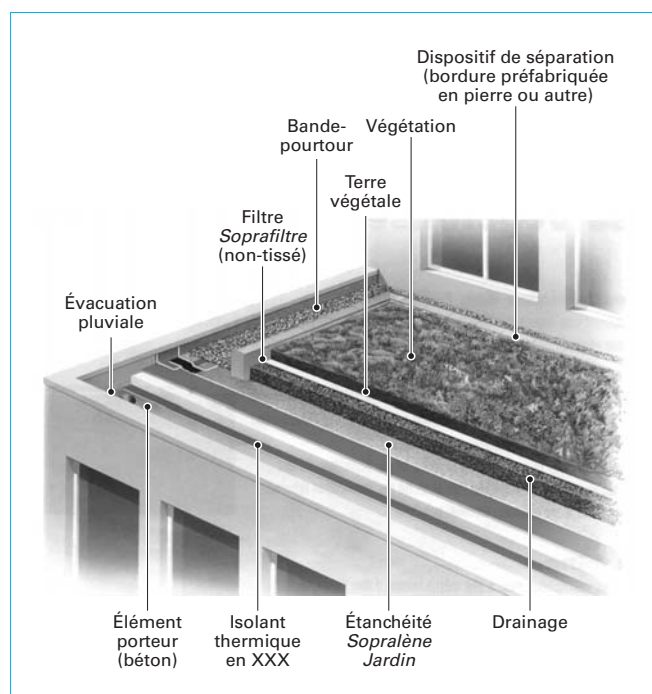


Figure 8 – Perspective du système *Sopranature* (Source Soprema)

La couche filtrante a pour but :

- d'éviter le colmatage de la couche drainante, par les fines particules de terre humide ;
- de répartir et de conserver l'humidité nécessaire aux plantes.

Elle est généralement constituée d'une nappe de fibres synthétiques non tissées et doit être relevée contre les reliefs jusqu'au niveau supérieur des terres.

#### ■ Couche de terre et végétation

Elle doit avoir une épaisseur et une composition spécialement formulée selon les végétaux désirés, l'épaisseur nécessaire, en particulier une bonne capacité de rétention d'eau afin que toute l'eau (de pluie ou d'arrosage) soit conservée dans la terre sans s'écouler en dessous, une perméabilité adéquate, une bonne résistance à l'érosion par le vent et une présence d'éléments nutritifs adaptés aux végétaux choisis (qui dépendront eux-mêmes bien sûr des régions et de l'ensoleillement).

Certains systèmes sont étudiés pour des épaisseurs de terre végétale importantes ( $\geq 30$  cm), d'autres pour épaisseurs moyennes (15 à 30 cm), d'autres enfin en épaisseurs très faibles (3 à 15 cm) pour empêcher la croissance de mauvaises herbes et adaptées à certains végétaux bas et aux fleurs.

#### ■ Bande-pourtour et bordure

En rives et autour des émergences, une protection en gravillons ou en dalles doit être prévue sur une largeur minimale de 0,40 m, ainsi qu'une séparation (bordure préfabriquée, pierre...) entre la bande-pourtour et le système.

Ces dispositifs permettent de :

- faciliter l'accès au drainage, aux évacuations pluviales et aux relevés d'étanchéité ;
- compenser la différence de niveau entre la hauteur d'acrotère réglementaire et la hauteur de la protection végétale.

La figure 8 montre un exemple pris entre autres, à titre indicatif (les autres fournisseurs d'étanchéité offrent des systèmes similaires).

Pour la réalisation de vastes dalles-jardins, lorsqu'il est possible de construire un élément porteur à haute résistance mécanique de façon à soutenir une masse élevée (de terre et d'étanchéité), on utilise simplement l'asphalte comme revêtement d'étanchéité car il apporte de nombreux avantages :

- très longue durabilité ;
- contient des produits antiracines ;
- inerte et résistant à l'eau, aux produits contenus dans la terre ;
- bas prix de revient.

**Exemple** : il peut donc accepter des arbres de bonne hauteur.

Le jardin Atlantique, dalle paysagée qui couvre les voies de la gare Montparnasse à Paris a été ainsi étanchéifié à l'asphalte.

Différents complexes en asphalte sont utilisés sur éléments porteurs en béton essentiellement :

- 5 + 20 mm ;
- procédés mixtes associant feuilles bitumineuses et asphalte gravillonné ;
- 5 + 15 mm en toiture inversée.

## 2.8 Toitures-terrasses avec des membranes monocouches synthétiques

Les systèmes étudiés ci-dessus étaient des systèmes traditionnels faisant l'objet de DTU et de normes ou bien d'avis techniques.

Les membranes monocouches synthétiques sont apparues plus récemment, à partir de 1980 et font uniquement l'objet d'avis techniques.

Nous nous bornerons à l'étude d'un seul exemple, les membranes en EPDM (éthylène-propylène-diène monomère), très largement utilisées aux États-Unis depuis 1980 (10<sup>9</sup> m<sup>2</sup> de membranes EPDM *Rubberguard*<sup>®</sup> de la société Firestone y ont été posées depuis 1980).

Ces membranes sont disponibles soit en rouleaux de grandes largeurs, soit même en grandes nappes sans aucun joint jusqu'à 15 m de large et 60 m de long, ce qui réduit le nombre de joints à réaliser sur chantier et les risques de mauvaises soudures éventuelles.

Ces membranes EPDM peuvent être mises en œuvre selon plusieurs techniques.

■ **Système lesté**, applicable sur tout support de toiture pouvant accepter le poids du lestage avec pente < 15 %. Les grandes nappes EPDM sont posées librement sur le support. Les membranes adjacentes sont superposées avec recouvrement minimal de 100 mm et assemblées avec une bande adhésive composée de butyl et d'EPDM (après application éventuelle d'un primaire).

■ **Système de toiture inversée**, utilisé pour les toitures soumises à un trafic régulier et/ou sous des conditions climatiques très sévères : les grandes nappes EPDM sont posées directement sur l'élément porteur, puis l'isolant est posé par-dessus (isolant résistant à l'humidité) ; au-dessus se trouve un géotextile et enfin le lestage.

#### ■ Système en adhérence totale

Les nappes d'EPDM sont entièrement collées sur le support avec une colle contact polychloroprène.

Les membranes adjacentes sont superposées (recouvrement minimal de 100 mm) et assemblées avec une bande adhésive (fournie par le fournisseur des membranes EPDM).

Le système en adhérence totale est utilisable sur toutes pentes ; c'est un système très léger, adapté aux structures légères et aux formes irrégulières.

#### ■ Systèmes par fixation mécanique

Plusieurs systèmes existent.

##### ● Fixations mécaniques renforcées

Elles utilisent des bandes d'EPDM renforcées de 250 mm de large, laminées entre 2 bandes autoadhésives.

Ces bandes sont fixées mécaniquement sur le support ; puis les nappes EPDM sont fixées sur l'adhésif de ces bandes.

##### ● Fixation mécanique par lattes d'ancrage placées au-dessus de la membrane EPDM ou au centre des recouvrements de bandes adjacentes

Les lattes d'ancrage sont ensuite protégées par des bandes autoadhésives de 150 mm de large.

Dans les 2 cas, le calepinage et les intervalles entre les fixations mécaniques varient en fonction de la résistance au vent nécessaire.

## 3. Toitures inclinées et utilisation de membranes d'étanchéité

Les toitures en pentes sont souvent étanchéifiées par des systèmes traditionnels : tuiles, ardoises, shingles, mais il y a aussi de nombreux cas où il faut étanchéifier des panneaux de particules, des bacs en acier et d'autres supports.

Nous allons étudier ici quelques cas classiques qui représentent des marchés importants et des cas fréquents.

En raison des pentes élevées (> 5 %), il faut souvent utiliser des revêtements collés (ou fixés mécaniquement).

Afin d'élargir les connaissances, nous allons donc étudier des systèmes d'étanchéité avec des feuilles élastomères collées ou fixées mécaniquement.

### 3.1 Toitures plates ou inclinées étanchéifiées avec membranes PVC collées

L'exemple présenté ici utilise le procédé *Trocal SGK* de la société Sika-Trocal destiné aux travaux neufs ou en réhabilitation des toitures-terrasses non accessibles ; les panneaux isolants doivent justifier au moins d'un classement de compressibilité B au sens du guide UEA tc (Union européenne pour l'agrément technique dans la construction) pour l'agrément des systèmes d'isolants (février 1993).

Les supports des panneaux isolants thermiques peuvent être très variés à savoir :

- maçonnerie (pente comprise entre 4 et 40 %) (NF P 84.205.1 – DTU 43.2) ;
- maçonnerie (pente 0 à 5 %) (NF P 84.204.1 – DTU 43.1) ;
- bacs d'aciers (pente comprise entre 3 et 40 %) ;
- bois et panneaux dérivés du bois (pente comprise entre 1 et 40 %) (NF P 84.207 – DTU 43.4) ;
- plaques ondulées en fibres de ciment ;
- bacs en aluminium (couvertures existantes en réhabilitation).

Ce procédé prévoit une application par collage de la membrane PVC :

- soit sur des panneaux isolants dont l'Avis technique ou Cahier de clauses techniques approuvé autorise une telle pose ;
- soit sur supports directs : béton, béton cellulaire, bois et panneaux dérivés du bois.

La membrane *Trocal SGK* est un revêtement monocouche apparent constitué d'une feuille calandree en PVC plastifié, armée d'un voile de verre avec une sous-face en non-tissé polyester. Le non-tissé permet l'adhérence de la colle et la compatibilité avec les produits bitumineux en rénovation.

Elle peut être utilisée en construction neuve ou en rénovation, par collage sur toitures inclinées et toitures-terrasses, isolées ou non, non accessibles.

Elle est utilisée aussi pour la réhabilitation des couvertures en plaques ondulées de fibrociment avec apport d'un isolant thermique.

Le tableau 6 montre les utilisations possibles de plusieurs feuilles ou membranes PVC plastifié (PVC-P).

Les caractéristiques principales de la membrane *Trocal SGK* sont données en [Doc. C 3 557].

### 3.2 Toitures inclinées étanchéifiées avec membranes EPDM collées

Ici on utilise une feuille EPDM collée sur toute la surface sur le support avec une colle contact polychloroprène (double encollage) ; les membranes adjacentes sont superposées et assemblées avec une bande adhésive double face.

Tableau 6 – Utilisations de feuilles de PVC (1)

Caractéristiques	Trocal SGK	Trocal SG	Trocal S
Épaisseur totale	2,4 mm	1,5 mm	1,5 mm
Largeur	1,74 m	1,10 m ou 1,80 m	1,10 m
Description	Feuille PVC-P armée voile de verre avec sous-face feutre	Feuille PVC-P armée voile de verre sans sous-face feutre	Feuille PVC-P non armée voile de verre sans sous-face feutre
Domaines d'utilisation	Étanchéité des parties courantes et des relevés	Étanchéité des relevés	Étanchéité des points singuliers, réalisation sur site des étanchéités des relevés, ventilation, angles
Mode de pose	Par collage en adhérence totale	Libre ou collée	Libre ou collée
Colle adaptée	C 300 (PUR)	Nitrile solvantée	Nitrile solvantée
Résistance UV	Oui	Oui	Oui
Compatible bitumes	Oui	Non	Non
Écran de séparation rapporté	Non	Oui	Oui

(1) source Sika-Trocal

Les membranes EPDM qui ont une élongation à la rupture de 300 à 400 % peuvent être collées en plein même sur des supports présentant des variations dimensionnelles importantes (métaux...).

## 4. Soubassements et fondations de bâtiments

Il est nécessaire d'empêcher l'apparition d'eau ou d'humidité dans les locaux enterrés : caves, parkings et autres sous-sols et ouvrages d'art enterrés.

La protection des parois contre les actions de l'eau est un problème complexe :

- par les multiples origines possibles des eaux : nappe phréatique, eaux d'infiltration ou de ruissellement sur les parois extérieures, remontées capillaires dans des sols humides, eau de pluie, fuites accidentelles de réseaux de fluides ;
- par la nature des terrains ;
- selon les types de fondations.

Si l'ouvrage est immergé, même par intermittence, en totalité ou en partie, il faut réaliser un cuvelage.

S'il se situe en permanence au-dessus du niveau de l'eau dans le sol, l'eau agit sans pression sur les parois et il suffit alors de traiter en surface les parois enterrées et d'effectuer une coupure des remontées capillaires.

Nous étudierons ci-dessous les différents cas, de façon simple ; pour plus de renseignements techniques, nous invitons nos lecteurs à se reporter aux documents suivants :

- DTU 14.1 (NF P 11-221) Travaux de cuvelages (Mai 2001) ;
- DTU 13-11 Fondations superficielles (Mars 1988) ;
- Techniques de l'Ingénieur, références [5] [6] [7] [8].

### 4.1 Cuvelage avec revêtement d'étanchéité

L'étanchéité est réalisée par un revêtement plastique, élastoplastique ou élastique appliqué à l'extérieur de la structure résistante à la poussée de l'eau.

Le cuvelage est complété :

- soit par un ouvrage externe (figures 9 a et 9 b) ;
- soit par un ouvrage interne qui a pour fonction principale de reprendre la poussée de l'eau (figure 9 c).

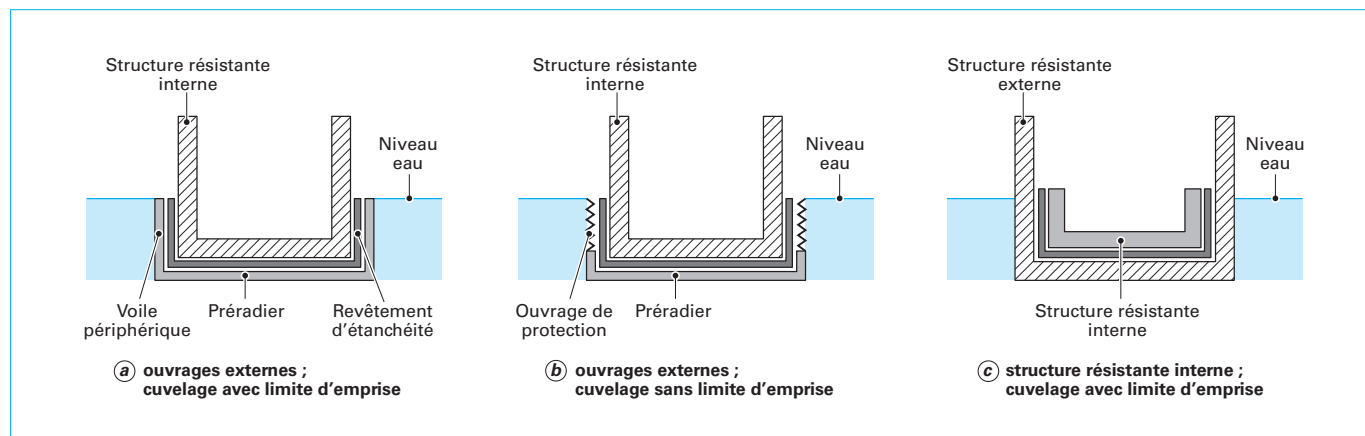
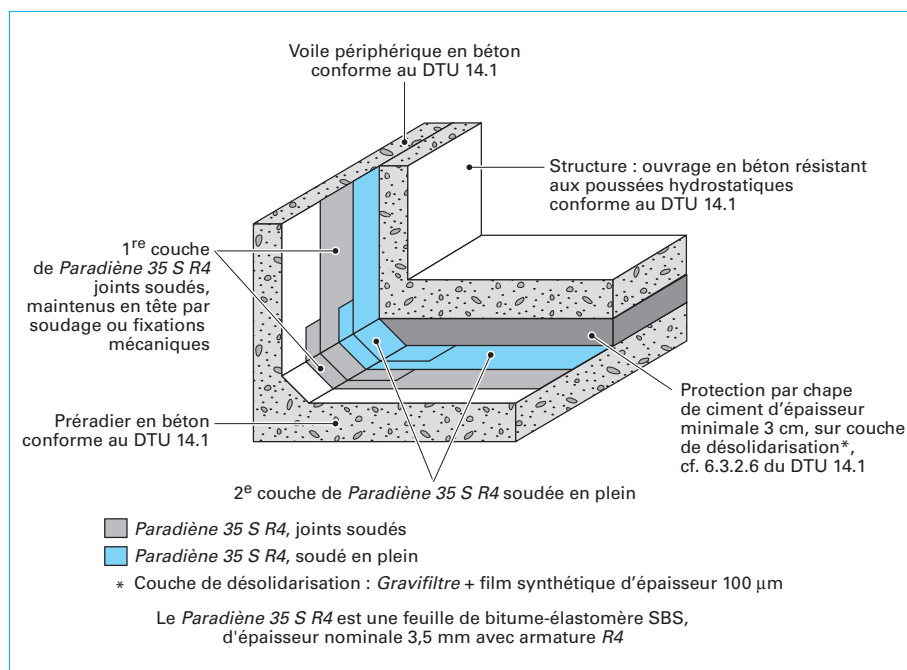


Figure 9 – Cuvelage avec revêtement d'étanchéité



**Figure 10 – Cuvelage avec revêtement d'étanchéité réalisé par l'intérieur (cuvelage avec limite d'emprise)** (Source Siplast)

Les dispositions des figures **9 a** et **9 c** sont adoptées lorsqu'il n'existe pas de possibilité d'intervenir hors des limites d'emprise.

Le revêtement d'étanchéité est réalisé en une seule intervention pour les surfaces horizontales et verticales.

La disposition de la figure **9 b** est retenue lorsque l'intervention hors des limites d'emprise du bâtiment est possible. Le revêtement d'étanchéité est alors réalisé en deux phases :

- étanchéité sur préradié (avant construction de la structure résistante interne) ;
- étanchéité verticale sur voiles de la structure résistante interne.

Des limites d'emploi à ces procédés sont indiquées au DTU 14.1. Elles concernent notamment les cas où il est à craindre des déformations relatives entre structure résistante interne et ouvrage (ou structures résistantes) externes (tassement différentiel, postcontrainte d'un élément constructif...).

Les solutions techniques appropriées à ce type de cuvelage sont montrées figures **10** et **11**.

## 4.2 Traitement en surface des parois enterrées

L'exemple présenté ici est celui d'un revêtement de paroi enterrée par membrane bitumineuse autoadhésive résistante et lisse (*Fondaply* de la société Siplast, membrane bitume-élastomère SBS autoadhésive).

### ■ Nature de la paroi (figure 12)

### ■ Principe de mise en œuvre (figure 13)

Après application et séchage d'un enduit d'imprégnation à froid, *Fondaply* est posé dans le sens de la hauteur avec recouvrement latéral de 6 cm, par autoadhésivité en enlevant le film pelable de sous-face, et en marouflant.

Les fixations mécaniques en tête de lés sont mises en œuvre à l'avancement.

Les lés supérieurs recouvrent les fixations mécaniques des lés inférieurs (figure **14**).

### ■ Observations

Le jointoiement des maçonneries non enduites doit être réalisé soigneusement au mortier lissé au nu des éléments.

Les enduits au mortier de ciment doivent avoir un parement finement taloché.

*Fondaply* peut être complété par une membrane tridimensionnelle embossée en PEHD (*Fonda +*) ou par une membrane de protection et de drainage (feuille embossée tridimensionnelle en polypropylène comportant un écran drainant en non-tissé (exemple : *Fonda GTX* de Siplast).

On peut aussi utiliser un revêtement de paroi constitué d'une membrane de bitume-élastomère SBS soudable en plein au chalumeau, avec recouvrement latéral de 7 à 8 cm soudé et formé à la spatule.

Pour réaliser les coupures de capillarité, on peut utiliser une bande de bitume armé, posée à sec sur le bas du mur avant de continuer l'érection des murs.

## 5. Étanchéité des ouvrages d'art

Les ouvrages en béton armé (ponts, viaducs, tunnels) nécessitent une protection comme les autres bâtiments pour éviter que l'eau, la pluie, les produits agressifs dégradent le béton et surtout les aciers de renfort.

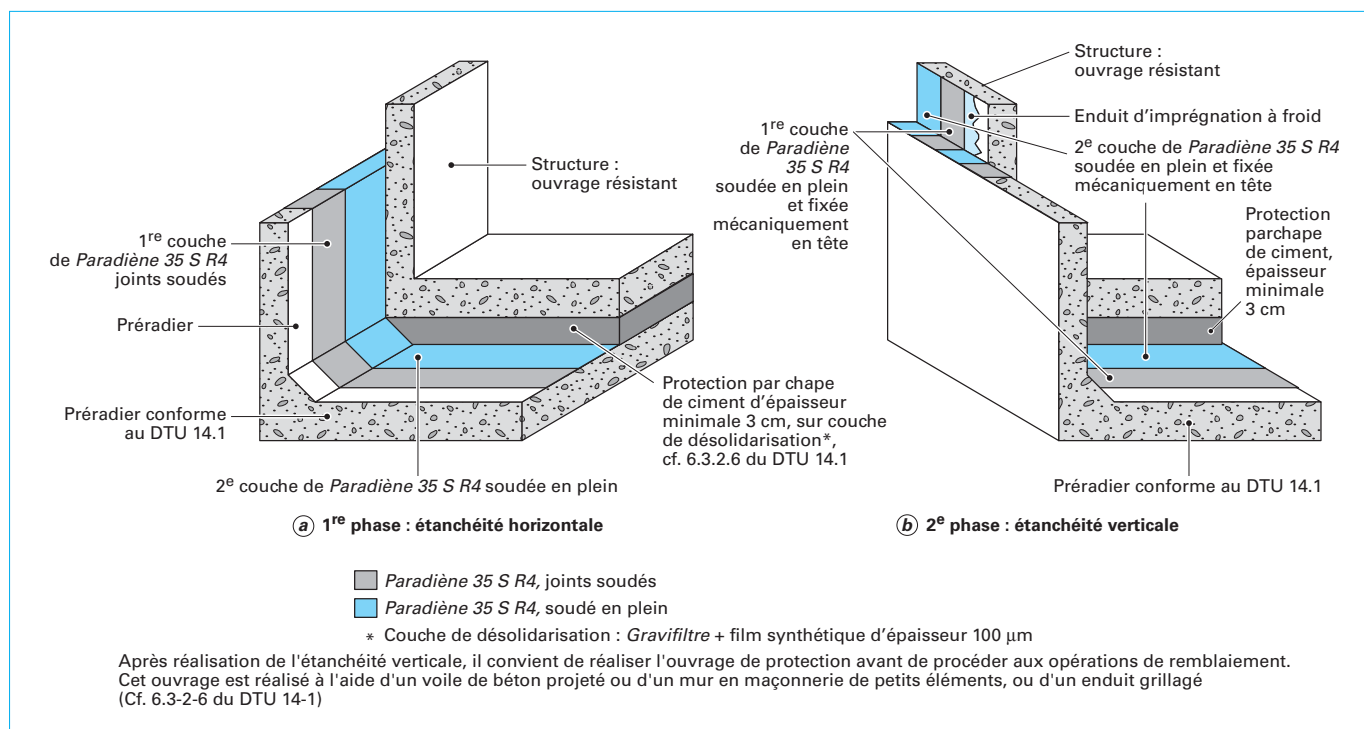


Figure 11 – Cuvelage avec revêtement d'étanchéité réalisé par l'extérieur (cuvelage sans limite d'emprise)

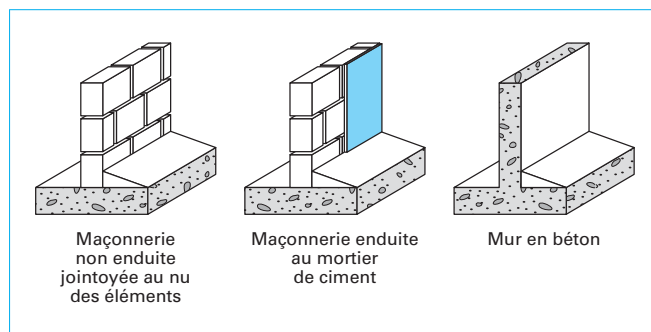


Figure 12 – Revêtement de paroi enterrée. Nature de la paroi (Source Sté Siplast)

## 5.1 Sollicitations subies par les ouvrages de Travaux publics

- **Déformations des supports** sous l'action du retrait du béton, des mouvements des sols, du poids des ouvrages et des mouvements qui en résultent.
- **Fissurations du béton** [9].
- **Vent** sur les ponts qui modifie la forme des joints.
- **Eau, pluie, neige**, nappes phréatiques, eaux du sol pouvant contenir des sels agressifs pour les ouvrages (chlorures, sulfures...), ce qui peut endommager les parties enterrées des ouvrages et corroder les aciers de renfort [10].
- **Eaux polluées** des égouts et bassins de traitement des eaux industrielles, plus ou moins chargées de produits chimiques [3].

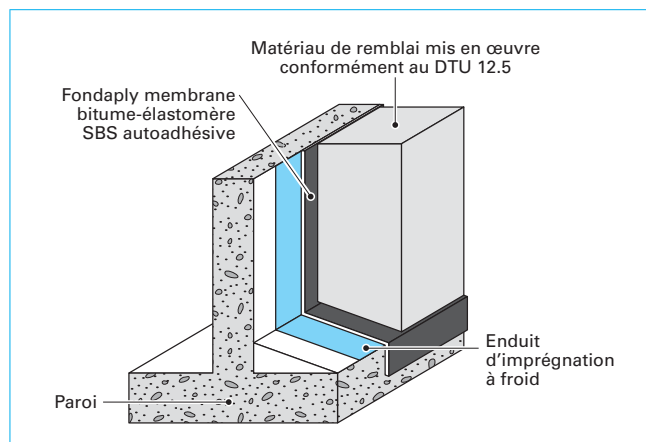


Figure 13 – Revêtement de paroi enterrée. Principe de mise en œuvre (Source Sté Siplast)

## 5.2 Supports en béton

Les supports sont le plus souvent du béton, les supports métalliques étant en général protégés par des peintures et non par des matériaux d'étanchéité.

La cohésion superficielle du béton doit être suffisante ( $\geq 1,5$  MPa) afin que l'adhérence des feuilles d'étanchéité préfabriquées soit bonne.

Le béton doit donc être débarrassé des salissures (balayage, soufflage, lavage), de la laitance, des produits de cure.

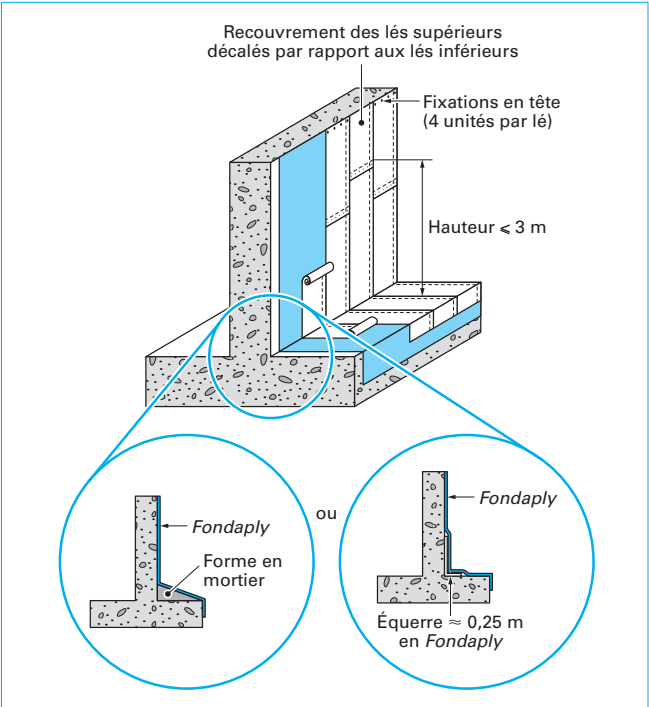


Figure 14 – Revêtement de paroi enterrée. Recouvrement des lés  
(Source Sté Siplast)

Enfin il doit être suffisamment sec (au moins trois semaines depuis sa mise en place) et stable (donc il vaut mieux attendre six mois afin qu’une bonne partie du retrait soit déjà faite).

La planéité générale doit être telle qu’après la pose de l’étanchéité, compte tenu des pentes de dévers et des points singuliers, aucune retenue d’eau ou flache ne soit possible.

Des engravures d’une hauteur minimale de 10 cm et d’une profondeur de 4 cm doivent permettre le logement du relevé d’étanchéité et de sa protection mécanique.

Pour les ouvrages enterrés, les dispositions retenues pour la préparation des reliefs sont conformes aux normes NF P 84-204 (DTU 43.1) et NF P 10.203-1 (DTU 20.12).

5.3 Produits d’étanchéité utilisés en Travaux publics

Les produits d’étanchéité les plus utilisés en travaux publics sont l’asphalte et le bitume, car de tels travaux nécessitent souvent des épaisseurs élevées pour rattraper des dénivellations, des affleurements, flaches..., ce qui ne peut se faire économiquement qu’avec des produits très bon marché au kilogramme ou au mètre cube.

- Pour les travaux publics, les asphaltes sont codifiés par le fascicule 10 du Cahier des charges de l’office des asphaltes qui distingue plusieurs classes :
    - asphalte pur AP4, première couche du complexe A (4 + 26) ;
    - asphalte pur AP3, première couche du complexe B (8 + 22) ;
    - asphalte gravillonné AG3, 2<sup>e</sup> couche des complexes A et B et mixtes ;
    - asphalte monocouche.
  - On utilise également :
    - des feuilles préfabriquées à base de bitume ou bitume-polymère SBS ;
    - des membranes en PVC : translucides dans les ouvrages enterrés (cuvclages, tunnels) protégés du rayonnement solaire, opaques pour les ouvrages de stockage ou de retenue (bassins...) qui peuvent être alimentaires pour les réservoirs d’eau potable ;
    - des membranes en EPDM pour des bassins, réservoirs des canaux ou des ouvrages enterrés.
- À titre d’exemple, le tableau 7 fournit les spécifications pour le complexe A (4 + 26 mm) telles qu’elles sont établies par l’Office des asphaltes :

Tableau 7 – Spécifications du complexe A (4 + 26) (1)	
Domaine d'utilisation	Étanchéité : ponts routes à tabliers en béton de ciment
Constitution du revêtement	<b>En parties courantes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Couche d'accrochage</b> Elle est constituée par un enduit d'imprégnation à froid répandu à raison de 200 à 300 g/m<sup>2</sup> en fonction de l'état de surface du support.</li><li>● <b>Couche d'indépendance partielle constituée :</b><ul style="list-style-type: none"><li>— soit par une résille de verre ;</li><li>— soit par une feuille de papier perforé.</li></ul></li><li>● <b>Première couche d'étanchéité en asphalte pur</b> qualité AP4, coulé à chaud à l'épaisseur de 4 mm.</li><li>● <b>Deuxième couche d'étanchéité en asphalte gravillonné</b> qualité AG3, coulé à chaud à l'épaisseur de 26 mm.</li></ul>
	<b>En parties verticales</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Couche d'accrochage</b> (cf. parties courantes)</li><li>● <b>Étanchéité :</b><ul style="list-style-type: none"><li>— soit en asphalte pur en plusieurs couches repressées et talochées à l'épaisseur moyenne de 5 mm ;</li><li>— soit au moyen d'une feuille de bitume armé autoprotégée, avec talon horizontal de 0,10 m sur l'asphalte gravillonné ;</li><li>— soit au moyen d'une feuille autoprotégée antiracine.</li></ul></li></ul>
Mise en œuvre	Conformément au chapitre V du fascicule 4 du cahier des charges de l'Office des asphaltes, l'asphalte peut être mis en œuvre manuellement, ou à l'aide de moyens mécanisés (finisseur) dans les fourchettes de températures prévues par les fiches AP4 et AG3.
Tolérances	Asphalte pur : 0/ + 2 mm Épaisseur : Asphalte gravillonné : ± 3 mm } (l'épaisseur totale ne doit jamais être inférieure à 27 mm)
(1) Office des asphaltes : Fascicule 4 ; Étanchéité des Ouvrages d'Art, Chapitre II du S.T.E.R. 81, Art. 7.1.1.4.2. du Fascicule 67,Titre 1 <sup>er</sup> du CCTG	



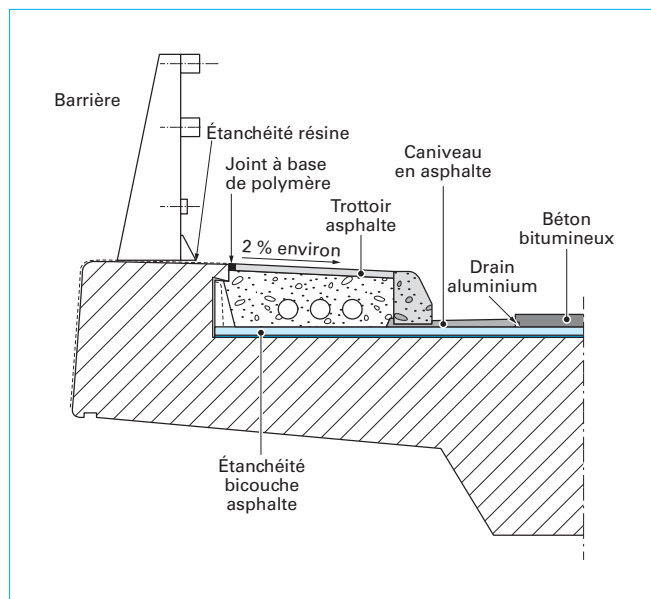


Figure 15 – Exemple de réalisation de l'étanchéité d'un pont

## 5.4 Ponts

Le rôle de l'étanchéité d'un tablier d'ouvrage d'art est de :

- protéger la structure contre l'arrivée d'eau chargée en agents nocifs ;
- supporter le trafic et ses effets ;
- transférer à la structure les sollicitations du trafic.

Pour sa réalisation, il faut également éviter les stagnations d'eau, les pièges à eau et les gonfles (cloques).

Afin d'éviter les gonfles qui proviennent de ce que l'eau contenue dans le tablier s'évapore lors de la mise en place des couches de roulement et provoque des décollements localisés, il convient de chauffer le béton, de préférence par infrarouges ou par rampe à gaz, avant l'exécution des travaux.

### ■ Déflachage du support

« Le piège à eau » correspond à des flaches qui dépendent de la planéimétrie du support. L'eau qui stagne entre l'étanchéité et la

couche de roulement provoque une décohésion de celle-ci. Le déflachage doit se faire, avant la mise en place de l'étanchéité, avec un mortier de réparation adéquat.

### ■ L'étanchéité peut ensuite être réalisée avec plusieurs types de matériaux

● **Soit par des complexes bicouches à base d'asphalte** comme indiqué au tableau 7 ; la figure 15 montre alors le détail de cette réalisation.

L'étanchéité bicouche en asphalte est recouverte d'un béton bitumineux sur la bande de roulement.

● **Soit par une feuille préfabriquée** ayant un avis favorable du Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC). Le système est alors constitué comme suit :

- la chape est préfabriquée à base de bitume-élastomère SBS à grand module d'élasticité afin de travailler en repère élastique malgré les fissures dont les mouvements sont rapides (elles résultent des sollicitations du roulement) ;
- la chape est collée en général et en plein avec une enduction d'imprégnation à froid (EIF), soudée à chaud (au chalumeau ou par des cylindres chauffants) sur le support en béton ;
- la chape est armée avec un non-tissé de polyester ; son épaisseur moyenne est de 4 mm ;
- la chape reçoit ensuite la couche de roulement en béton bitumineux mis en œuvre à 160 °C, ce qui incidemment réchauffe et soude parfaitement tout l'ensemble.

**Exemple :** chape d'étanchéité à base de bitume modifié par un polymère SBS et par un copolymère d'oléfine. *Excel Pont GC* de la société Axter (Avis technique ouvrages d'art FAT ET 02.03 daté de juillet 2002).

15 000 m<sup>2</sup> de surface de ponts ont reçu une étanchéité avec ce procédé pendant la période de 1998 à 2001.

## 5.5 Bassins, réservoirs, cuvelages, ouvrages enterrés

Ces divers ouvrages d'art utilisent aussi des chapes d'étanchéité ou des membranes monocouches synthétiques, mais ne sont pas traités dans le présent article.

Signalons par exemple que les canaux peuvent être étanchéifiés avec :

- un béton bitumineux en fond du canal ;
- des membranes monocouches synthétiques sur les barges.