



Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux de génie civil

FASCICULE N° 67 TITRE I

**ÉTANCHÉITÉ DES PONTS ROUTES
ET DES PASSERELLES,**

***SUPPORT EN BETON
ET
SUPPORT METALLIQUE***

Version 1.0 - Décembre 2017.

Table des matières

CHAPITRE I : DISPOSITIONS GENERALES.....	7
Article 1 : Domaine et conditions d'application	7
Article 2 : Terminologie	7
Article 3 : Dispositions relatives au Management de la Qualité	11
3.1 En période de préparation	11
3.1.1 La Note d'Organisation Générale (NOG) du PAQ	11
3.1.2 Les Procédures d'études et travaux.....	12
3.1.3 Les cadres de documents de contrôle d'exécution	13
3.2 En phase d'exécution	13
3.3 En phase de fin d'exécution	14
Article 4 : Dispositions relatives au Respect de l'Environnement	14
4.1 En période de préparation	14
4.2 En phase d'exécution	16
4.3 En phase de fin d'exécution	16
Article 5 : Dispositions relatives à d'autres documents liés à la passation du marché et à la réalisation des travaux.....	16
5.1 Le programme d'exécution	16
5.1.1 Le calendrier des études d'exécution.....	17
5.1.2 Le calendrier prévisionnel des travaux.....	17
5.1.3 Le projet des installations de chantier (PIC)	17
5.1.4 Le projet des ouvrages provisoires	18
5.2 Les études d'exécution.....	18
5.3 Les garanties	18
CHAPITRE II : SPECIFICATIONS DES PROCEDES.....	19
Article 6 : Propriétés des procédés d'étanchéité.....	19
6.1 Les exigences générales du système	19
6.2 Les exigences relatives à la mise en œuvre	20
6.3 Les exigences relatives à la durabilité.....	20
6.4 Les exigences concernant l'identification des produits	21
Article 7 : Présentation des procédés	21
7.1 Procédés à base d'asphalte coulé	21
7.1.1 Généralités	21
7.1.2 Composition des procédés sur parties circulées par des véhicules	22
7.1.2.1 Procédé bicouche 8+22.....	22
7.1.2.2 Procédé monocouche.....	23
7.1.3 Propriétés des procédés	24
7.1.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante	24
7.1.3.2 Propriétés de l'étanchéité en relevés et retombées	25
7.1.3.2.1 Propriétés de l'étanchéité réalisée à base de mastic d'asphalte pour relevés ..	25
7.1.3.2.2 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés et retombées.....	25
7.1.3.2.3 Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés	25
7.1.3.2.4 Propriétés des systèmes d'étanchéité liquide (SEL) pour retombées	25
7.2 Les procédés d'étanchéité avec feuilles bitumineuses préfabriquées	25
7.2.1 Généralités	25
7.2.2 Composition des procédés sur parties circulées par des véhicules	26
7.2.2.1 Procédé type FPM adhérente.....	26
7.2.2.2 Procédé type FPA adhérente	27
7.2.2.3 Procédé type FPM semi-indépendant	28
7.2.2.4 Procédé type FPA semi-indépendant.....	30
7.2.3 Propriétés des procédés	31
7.2.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante	31
7.2.3.2 Propriétés de l'étanchéité en relevés et retombée	32
7.2.3.2.1 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés.....	32
7.2.3.2.2 Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés	32
7.2.3.2.3 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour retombées ...	33
7.2.3.2.4 Propriétés des systèmes d'étanchéité liquide (SEL) pour retombées	33
7.3 Les systèmes d'étanchéité liquide (SEL)	33

7.3.1	Généralités	33
7.3.2	Composition des systèmes d'étanchéité liquide	34
7.3.2.1	Système de catégorie A : SEL avec couche de chaussée en enrobé bitumineux ou asphalte pour VL/PL	34
7.3.2.2	Système de catégorie B : SEL directement circulaire pour piétons et cyclistes.....	34
7.3.2.3	Système de catégorie C : SEL non circulé	35
7.3.2.4	Système de catégorie D : SEL directement circulaire VL/PL	35
7.3.2.5	Système de catégorie E : SEL sous protection béton	36
7.3.3	Propriétés des systèmes	37
7.3.3.1	Propriétés de l'étanchéité en section courante	37
7.3.3.2	Propriétés de l'étanchéité en SEL C pour parties non circulées	38
7.4	Les procédés d'étanchéité mis en œuvre par des Moyens à Haute Cadence (MHC).....	38
7.4.1	Généralités	38
7.4.2	Composition des procédés MHC sur parties circulées par des véhicules	39
7.4.3	Propriétés des procédés	40
7.4.3.1	Propriétés de l'étanchéité en section courante	41
7.4.3.2	Propriétés de l'étanchéité en relevés et retombée	41
7.4.3.2.1	Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés.....	41
7.4.3.2.2	Propriétés de l'étanchéité réalisée en membranes de liant modifié pour relevés.....	41
7.4.3.2.3	Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés	42
7.4.3.2.4	Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour retombées ..	42
7.4.3.2.5	Propriétés des systèmes d'étanchéité liquide (SEL) pour retombées	42
7.5	Les systèmes d'étanchéité épais sur support métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux (SESM)	42
7.5.1	Généralités	42
7.5.2	Composition des Systèmes Epais sur parties circulées par des véhicules	42
7.5.2.1	Système avec membrane de liant modifié	42
7.5.2.2	Système avec feuilles préfabriquées.....	43
7.5.3	Propriétés des procédés	44
7.5.3.1	Propriétés de l'étanchéité en section courante	44
7.5.3.2	Propriétés de l'étanchéité en relevés	45
7.5.3.2.1	Propriétés de l'étanchéité réalisée en membranes de liant modifié pour relevés	45
7.5.3.2.2	Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés	45
7.5.3.2.3	Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés.....	45
CHAPITRE III : MODALITES D'EXECUTION DES TRAVAUX		46
Article 8	: Qualité du support préalable à la mise en œuvre du procédé d'étanchéité	46
8.1	Stipulation générale	46
8.2	Les différents types de support	46
8.3	Stipulations particulières relatives aux travaux de réfection	46
8.4	Stipulations particulières aux supports en béton.....	46
8.5	Stipulations particulières aux supports métalliques.....	47
8.6	Stipulations particulières aux supports en enrobé bitumineux	49
8.7	Stipulations particulières aux supports en mortier hydraulique ou de résine.....	49
8.8	Contrôles	50
Article 9	: Épreuves de convenance.....	51
Article 10	: Mise en œuvre	52
10.1	Procédés à base d'asphalte coulé	52
10.1.1	Conditions d'application	52
10.1.1.1	Ambiance.....	52
10.1.1.2	Humidité du support	52
10.1.2	Couche d'accrochage.....	52
10.1.3	Segmentation	52
10.1.4	Mise en œuvre en section courante sous chaussées.....	52
10.1.5	Relevés	53
10.1.6	Trottoir faisant partie intégrante de la structure	55
10.1.7	Retombées	55
10.1.8	Raccords aux joints de chaussée	55
10.1.9	Drainage des eaux de surfaces	55
10.1.10	Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales	56
10.1.11	Zones techniques des trottoirs sous dalettes.....	57
10.1.12	Corniches caniveaux.....	57
10.1.13	Couches de protection et de circulation	58

10.1.14	Raccordement aux éléments à fixer.....	58
10.1.15	Circulation de chantier.....	58
10.1.16	Contrôles et essais.....	59
10.1.17	Reprise des défauts.....	62
10.1.18	Protection thermique.....	62
10.2	Procédés d'étanchéité intégrant une feuille bitumineuse.....	62
10.2.1	Conditions d'application.....	62
10.2.1.1	Ambiance.....	62
10.2.1.2	Humidité du support.....	62
10.2.2	Couche d'accrochage.....	63
10.2.3	Segmentation.....	63
10.2.4	Mise en œuvre en section courante sous chaussées.....	63
10.2.5	Mise en œuvre de l'asphalte gravillonné.....	63
10.2.6	Mise en œuvre du micro-béton bitumineux.....	64
10.2.7	Relevés.....	64
10.2.8	Trottoir faisant partie intégrante de la structure.....	65
10.2.9	Retombées.....	66
10.2.10	Raccords aux joints de chaussée.....	66
10.2.11	Drainage des eaux de surfaces.....	66
10.2.12	Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales.....	67
10.2.13	Zones techniques des trottoirs sous dalles.....	67
10.2.14	Corniches caniveaux.....	67
10.2.15	Raccordement aux éléments à fixer.....	67
10.2.16	Couches de protection et de circulation.....	68
10.2.17	Circulation de chantier.....	69
10.2.18	Contrôles et essais.....	69
10.2.19	Reprise des défauts.....	73
10.2.20	Protection thermique.....	73
10.3	Les systèmes d'étanchéité liquide (SEL).....	74
10.3.1	Conditions d'application.....	74
10.3.1.1	Ambiance.....	74
10.3.1.2	Humidité du support.....	74
10.3.1.3	Porosité à la goutte d'eau.....	74
10.3.2	Primaire d'accrochage.....	74
10.3.3	Mise en œuvre en section courante sous chaussées.....	74
10.3.3.1	Préparation des produits.....	74
10.3.3.2	Application.....	75
10.3.3.3	Épaisseur du film.....	75
10.3.3.4	Pinholes.....	75
10.3.4	Relevés.....	75
10.3.5	Trottoirs faisant partie intégrante de la structure.....	77
10.3.5.1	Caniveau sous trottoir avec béton de remplissage.....	77
10.3.6	Les retombées.....	78
10.3.7	Raccords aux joints de chaussée.....	78
10.3.8	Drainage des eaux de surfaces.....	78
10.3.9	Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales.....	78
10.3.10	Zones techniques des trottoirs sous dalles.....	79
10.3.11	Corniches caniveaux.....	79
10.3.12	Corniche, contre corniche.....	79
10.3.13	Raccordement aux éléments à fixer.....	80
10.3.14	Couches de protection et de circulation.....	80
10.3.15	Circulation de chantier.....	81
10.3.16	Contrôles et essais.....	82
10.3.17	Reprise des défauts.....	84
10.4	Les procédés d'étanchéité mis en œuvre par des moyens à haute cadence (MHC).....	84
10.4.1	Conditions d'application :.....	84
10.4.1.1	Ambiance.....	85
10.4.1.2	Humidité du support.....	85
10.4.2	Couche d'accrochage.....	85
10.4.3	Mise en œuvre en section courante sous chaussées.....	85
10.4.3.1	Micro-béton bitumineux.....	85
10.4.3.2	Membrane d'étanchéité ou couche d'accrochage.....	85
10.4.3.3	Enrobé bitumineux de couche de roulement (ou couche de liaison).....	86

10.4.4	Relevés	86
10.4.5	Trottoir faisant partie intégrante de la structure	88
10.4.6	Retombées	88
10.4.7	Raccords aux joints de chaussée	88
10.4.8	Drainage des eaux de surfaces	88
10.4.9	Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales	89
10.4.10	Zones techniques des trottoirs sous dalettes.....	89
10.4.11	Corniches caniveaux.....	89
10.4.12	Raccordement aux éléments à fixer.....	89
10.4.13	Couches de protection et de circulation	89
10.4.14	Circulation de chantier.....	90
10.4.15	Contrôles et essais	90
10.4.16	Reprise des défauts	93
10.5	Les systèmes d'étanchéité épais sur support métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux (SESM)	93
10.5.1	Conditions d'application :	93
10.5.2	Couche d'accrochage.....	94
10.5.3	Mise en œuvre en section courante sous chaussées.....	94
10.5.3.1	Chape d'étanchéité.....	94
10.5.3.2	Couche de roulement	94
10.5.4	Relevés	95
10.5.5	Trottoir faisant partie intégrante de la structure	96
10.5.6	Raccords aux joints de chaussée	96
10.5.7	Drainage des eaux de surfaces	96
10.5.8	Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales	96
10.5.9	Zones techniques des trottoirs sous dalettes.....	97
10.5.10	Corniches caniveaux.....	97
10.5.11	Raccordement aux éléments à fixer	97
10.5.12	Couches de protection et de circulation.....	97
10.5.13	Circulation de chantier	98
10.5.14	Contrôles et essais	98
10.5.15	Reprise des défauts	102
Annexe : Composition du groupe de travail chargé de la révision du fascicule 67-I		100

Liste des abréviations

BBSG	Béton bitumineux semi-grenu
BBME	Béton bitumineux à module élevé
BP	Bordereau des prix
CCAG	Cahier des Clauses Administratives Générales
CCTG	Cahier des Clauses Techniques Générales
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CSFE	Chambre syndicale Françaises des Etanchéité
DTU	Document Technique Unifié
DRR	Dispositif de retenue routier
EIF	Enduit d'imprégnation à froid
EB	Enrobé bitumineux
FPM	Feuille Préfabriquée Monocouche
FPA	Feuille Préfabriquée + Asphalte
FFB	Fédération Française du Bâtiment
MHC	Procédés d'étanchéité mis en œuvre par des Moyens à Haute Cadence (techniques routières)
NOG	Note d'Organisation Générale
NRE	Notice de Respect de l'Environnement
PAQ	Plan Qualité, ou Plan d'Assurance Qualité
PIC	Projet des Installations de Chantier
PEL	Produit d'Etanchéité Liquide pour relevés
PMT	Profondeur moyenne de texture
PRE	Plan de Respect de l'Environnement
SDQ	Schéma Directeur de la Qualité
SEL	Systèmes d'Etanchéité Liquide
SESM	Systèmes d'étanchéité épais sur support métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux
SOGED	Schéma d'Organisation de Gestion des Déchets
SOPAQ	Schéma d'Organisation du Plan Qualité
SOPRE	Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement

CHAPITRE I : DISPOSITIONS GENERALES

Article 1 : Domaine et conditions d'application

1.1 Le titre I du fascicule 67 concerne l'exécution des travaux d'étanchéité (neufs, d'entretien ou de réparation), sur les ponts routes et les passerelles, sous forme d'un complexe appliqué sur un tablier soit en béton hydraulique soit métallique.

Sont visés les ouvrages à tabliers en béton (non armé, armé et précontraint), à tabliers métalliques et à tabliers à ossature mixte acier-béton.

Les procédés d'étanchéité décrits dans le titre I du fascicule 67 doivent assurer les transmissions des efforts dus au trafic routier. De ce fait, les procédés en indépendance totale ne sont pas autorisés, et à ce titre ne sont pas traités dans ce document.

L'étanchéité des ouvrages d'art sous remblai (par exemple passage grandes faunes) est traitée dans le titre III du fascicule 67.

L'étanchéité des ponts mobiles s'apparente à celle des ouvrages d'art métalliques ou béton, mais nécessite la prise en compte de contraintes spécifiques (adhérence totale sur support, poids des couches de chaussée, etc.).

1.2 Les travaux d'étanchéité couverts par le présent fascicule concernent les parties du tablier suivantes :

- circulées par les véhicules ;
- circulées par les piétons et les cyclistes ;
- les relevés, les retombées, les longrines, les contre corniches et les caniveaux.

Sur les parties circulées, l'étanchéité est recouverte par un revêtement adapté au type de circulation. Dans le cas d'utilisation d'une couche de roulement en enrobé bitumineux présentant une teneur en vide élevée (drainant, phonique, ...), il est nécessaire d'interposer une couche de liaison en enrobé dense (BBSG, ...). Une attention particulière sera portée lors de la conception au sujet de l'évacuation des eaux de drainage dans l'enrobé bitumineux qui présente une teneur en vide élevée.

Dans certains cas, il est possible d'assurer la circulation définitive directement sur la dernière couche du complexe d'étanchéité. Le marché en précise alors les conditions.

1.3 Sont considérés comme travaux d'étanchéité les travaux visant à dresser une barrière étanche, stable, continue et non contournable. Cette barrière est dénommée étanchéité ou chape d'étanchéité.

Celle-ci est appliquée sur le support réceptionné.

1.4 Les conditions d'application font référence à un contexte d'utilisation en France métropolitaine. Pour un usage dans d'autres contextes (Départements et Région d'Outre-mer (DROM) par exemple), le CCTP précisera les adaptations nécessaires. Pour les systèmes d'étanchéité liquides, il convient de se référer au document intitulé « Recommandations d'application des Systèmes d'Etanchéité Liquide dans les DROM » élaboré par la Chambre Syndicale Française de l'Etanchéité (CSFE) en collaboration avec la Fédération Française du Bâtiment (FFB).

Article 2 : Terminologie

Les définitions données ci-dessous concernent les termes utilisés dans le présent fascicule :

Support de l'étanchéité : surface sur laquelle, après une préparation adaptée en fonction de sa nature (béton ou métal), est appliqué le procédé d'étanchéité.

Renformis : couche rapportée destinée à assurer le profil du support d'étanchéité.

Reprofilage : couche rapportée destinée à corriger l'état ou le profil du support d'étanchéité.

Action d'étancher : opération qui vise à obtenir à la fois :

a) une barrière étanche à l'eau (eaux pluviales, eaux chargées de sels agressifs provenant soit de l'atmosphère : zones industrielles, bords de mer, etc., soit des produits de déverglaçage, qui risqueraient de venir ruiner les matériaux constitutifs d'un tablier).

b) une couche de matériau(x), plus ou moins épaisse, capable de transmettre à la structure les efforts reçus. Ces efforts ont pour origine les efforts verticaux et horizontaux combinés dus au trafic et, éventuellement, la composante horizontale de la gravité (ponts en pente).

Entrepreneur d'étanchéité ou Étancheur : termes couramment utilisés pour désigner le spécialiste dont la mission consiste à partir d'un support préparé puis réceptionné, à mettre en œuvre l'étanchéité et éventuellement une couche de circulation.

Procédés d'étanchéité : ensemble de travaux, définis par des méthodes et des produits déterminés dans leur nature, leur composition, leurs propriétés et le cas échéant leur forme et leurs dimensions, permettant d'étancher un ouvrage.

Système d'étanchéité : terme couramment employé pour désigner sur support béton ou métallique la couche, composite ou non, qui assure la fonction étanchéité (on dit aussi : complexe d'étanchéité ou revêtement d'étanchéité).

Complexe d'étanchéité-roulement : terme couramment employé pour désigner un procédé d'étanchéité associé à une couche de roulement en enrobé bitumineux spécifique formant un complexe indissociable.

Produits d'étanchéité : matériaux et composants susceptibles d'être incorporés dans les procédés d'étanchéité. La majeure partie des produits d'étanchéité sont définis par des normes, françaises ou européennes ; ces normes, dans leurs dernières versions publiées avant la date de lancement de la consultation sont applicables au contrat couvert par le présent CCTG. Le CCTP peut accepter d'autres produits non décrits par ces normes.

Les produits mis en œuvre pour assurer l'étanchéité des ouvrages d'art sont les suivants :

- **Couche d'accrochage** : produit mis en œuvre sur le support assurant l'adhérence des couches sus-jacentes du complexe d'étanchéité, et composé :
 - soit d'un enduit d'imprégnation à froid (EIF) (appelé également vernis d'imprégnation) : produit bitumineux répandu sur le support, fluidifié aux solvants légers ou mis en émulsion ;
 - soit d'un bouche pores : produit s'opposant à la diffusion des dégagements gazeux provenant du béton, en obstruant les pores ;
 - soit d'un primaire : produit liquide à base de polymère utilisé pour les Systèmes d'Etanchéité Liquides (SEL).
- **Couche d'accrochage à l'émulsion bitumineuse** : produit appliqué entre les matériaux bitumineux entrant dans la composition des procédés d'étanchéité mis en œuvre par des Moyens à Haute Cadence, pour en assurer la liaison.
- **Asphalte coulé** : mélange obtenu à chaud et constitué :
 - d'un mastic d'asphalte, (composé d'un liant bitumineux comportant éventuellement des adjuvants, des fines ou de la poudre d'asphalte naturel) ;
 - d'un squelette minéral utilisant des sables et gravillons (granulats 0-6, 6-10, 10-14) en proportions variables.

Coulé à chaud, l'asphalte ne comporte pas de vides. Il est imperméable et sa mise en œuvre ne nécessite pas de compactage.
- **Feuille bitumineuse** : feuille souple de bitume modifié aux polymères fabriquée en usine, comportant à l'intérieur ou à l'extérieur une ou plusieurs armatures, livrée sous forme de rouleaux et prête à l'emploi.
- **Mélange bitumineux** : mélange de matériaux obtenu à chaud et constitué :
 - d'un liant bitumineux éventuellement modifié par des polymères et pouvant comporter des adjuvants ;
 - d'un squelette minéral utilisant des sables et gravillons en proportions variables.
- **Membrane bitumineuse** : liant bitumineux modifié par des polymères, répandu à chaud.

- **Micro-béton bitumineux** : mélange bitumineux de granulométrie inférieure ou égale à 6,3 mm, formulé à partir de bitume modifié aux polymères.
- **Résine polymérisable** : produit liquide polymérisable à température ambiante conditionné en usine en un ou plusieurs composants mélangés in situ en vue de leur application immédiate en couches minces.
- **Produit d'étanchéité liquide** : résine polymérisable appliquée en relevé d'un ouvrage en continuité d'une étanchéité bitumineuse ou en asphalte. Le PEL n'est pas prévu pour une utilisation en section courante et sur les trottoirs.

Suivant le type de procédé, la pose des produits d'étanchéité sera en semi-indépendance ou en adhérence totale avec le support :

- **Procédé adhérent** : procédé pour lequel le produit d'étanchéité est collé ou soudé au support sur toute sa surface.
- **Procédé en semi-indépendance** : procédé pour lequel le produit d'étanchéité est partiellement collé ou partiellement soudé au support.
- **Segmentation** : division de l'étanchéité en semi-indépendance en surfaces élémentaires à l'intérieur de chacune desquelles toute venue d'eau reste cantonnée.
- **Résille de verre tissée non imprégnée** : toile en fibres de verre tissée non imprégnée présentant généralement des mailles de l'ordre de 7 par 5 mm, d'un poids de 70 g/m², de résistance minimale de 37 daN selon la trame, et 90 daN selon la chaîne sur une bande de 0,05 m de largeur.
- **Papier perforé** : papier kraft crêpé perforé de trous de diamètre 40 mm environ représentant une surface de l'ordre de 15 %, et pouvant présenter en sous face un dispositif de type aluminé pour servir de répondeur radar lors des mesures d'épaisseur des couches de chaussée.

Suivant le type de procédé, les produits d'étanchéité reçoivent une ou plusieurs couches complémentaires. On distingue les types de couches suivantes :

- **Couche de protection** : couche supplémentaire mise en œuvre pour protéger le complexe d'étanchéité des UV ou des agressions chimiques. Peut également avoir une fonction esthétique.
- **Couche de sertissage** : couche de résine appliquée sur les granulats pour compléter leur ancrage dans la couche de circulation en résine.
- **Couche(s) de chaussée** : ensemble constitué :
 - **éventuellement d'une ou plusieurs couches de liaison** : couches intermédiaires disposées sous la couche de roulement ;
 - **d'une couche de roulement** : couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les actions du trafic et du climat.
- **Enrobé bitumineux** : mélange bitumineux destiné à la réalisation des couches de chaussée, constitué à partir de granulats sélectionnés, dans lequel tous les granulats sont recouverts d'un liant bitumineux éventuellement modifié.

Terminologie relative au management de la Qualité :

Contrôle intérieur : contrôles exercés par le titulaire ou pour son compte, sur ses propres actions, ou celles de ses sous-traitants (*CCAG-Travaux 2009, article 28.4.1*).

Le contrôle intérieur peut prendre l'une, ou l'autre, ou les deux modalités suivantes, selon le contexte de l'opération :

- Contrôle Interne : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité du (ou des) responsable (s) de la fabrication ou de l'exécution, dans les conditions définies par le Plan Qualité.
- Contrôle externe : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercées sous l'autorité ou à la demande d'un responsable indépendant de la chaîne de production ou du chantier d'exécution, mandaté par le titulaire.

Contrôle extérieur : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais, que le maître d'œuvre exécute ou fait exécuter, pour le compte du maître d'ouvrage, par un organisme indépendant de l'entreprise.

Fiche d'anomalie : document de suivi d'exécution qui enregistre une anomalie, son traitement et les actions préventives nécessaires.

Fiche de contrôle : document de suivi d'exécution qui constitue la trace de la réalité des contrôles effectués.

Fiche de non-conformité : document de suivi d'exécution qui enregistre une non-conformité, ses causes, son traitement et les actions correctives ou corrections nécessaires.

Plan de contrôle global : document établi par le maître d'œuvre et validé par le maître d'ouvrage, organisant, pour l'opération, la coordination et la complémentarité des opérations de contrôle intérieur des différents intervenants et de contrôle extérieur.

Plan Qualité (sigle PQ ou PAQ pour Plan d'Assurance Qualité) : document établi par le titulaire en phase de préparation, spécifiant l'organisation, les procédures d'exécution et de contrôle, et les ressources associées, qu'il s'engage à mettre en œuvre pour l'obtention de la qualité requise.

Point critique : point de contrôle faisant l'objet d'une information préalable du maître d'œuvre, pour qu'il puisse, s'il le juge utile, y assister et en vérifier les conditions d'exécution.

Point d'arrêt : point de contrôle au-delà duquel une activité ne peut se poursuivre sans un accord formel du maître d'œuvre, formalisé par un document d'enregistrement.

Schéma Directeur de la Qualité (sigle SDQ) : document qui, pour une opération donnée et s'il y a lieu, présente l'organisation d'ensemble pour la qualité de réalisation du ou des ouvrages et la gestion des interfaces, et assure la cohérence et la complémentarité des plans qualité de tous les intervenants.

Schéma Organisationnel du Plan Qualité (acronyme : SOPAQ) : document fourni par une entreprise au sein de son offre en phase de consultation, énonçant les principales dispositions d'organisation et de contrôles qu'elle s'engage, si son offre est retenue, à mettre en œuvre et à développer dans son Plan Qualité.

Terminologie relative au Respect de l'Environnement :

Notice de Respect de l'Environnement : document, établi par le maître d'ouvrage, précisant :

- une synthèse des contraintes environnementales et les sites où ces mesures doivent s'appliquer ;
- la nature des démarches administratives devant être assurées par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre ou le titulaire du marché ;
- les exigences en matière de management et de suivi de l'environnement.

Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (acronyme : SOPRE) : document, établi par le soumissionnaire à un marché de travaux, décrivant, en fonction des caractéristiques de terrain et de l'environnement local, les dispositions d'organisation et de contrôle que propose l'entreprise pour répondre aux prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage.

Plan de Respect de l'Environnement (sigle : PRE) : document, établi par le titulaire en période de préparation du chantier et devant être visé et suivi par le maître d'œuvre, énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire pour respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage et réaliser ses engagements en matière de performance environnementale.

Schéma d'Organisation de la Gestion des Déchets (acronyme : SOGED) : document établi par le titulaire en période de préparation du chantier et devant être visé et suivi par le maître d'œuvre, énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire en matière de suivi, de gestion, de valorisation et d'élimination des déchets.

Article 3 : Dispositions relatives au Management de la Qualité

Pendant la période de préparation, le titulaire soumet à l'acceptation du maître d'œuvre le procédé d'étanchéité (nature, provenance, références) qu'il compte employer pour répondre au contrat. Pour accepter le procédé, le maître d'œuvre vérifiera que celui-ci répond à l'ensemble des spécifications fixées par le CCTP.

Au plus tard un mois avant la date prévisionnelle de démarrage des premiers travaux d'étanchéité, le titulaire remet au maître d'œuvre son Plan Qualité (PAQ), dont le contenu est détaillé ci-après.

3.1 En période de préparation

Le Plan Qualité (PAQ) présente, de manière détaillée, les dispositions de moyens et d'organisation prévues par le titulaire, et qu'il s'engage de mettre en œuvre, pour garantir l'obtention des exigences spécifiées pour les travaux lui incombant.

Le PAQ est établi spécifiquement pour l'opération objet du marché. Il peut intégrer des dispositions préexistantes dans le système de management de la qualité du titulaire, tout en leur apportant les modifications et compléments nécessaires pour répondre aux spécificités de l'opération.

Il comprend :

- **une note d'organisation générale (NOG)** qui définit :
 - o les éléments d'organisation concourant à l'obtention de la qualité ;
 - o s'il y a lieu, les Plans Qualité des cotraitants et sous-traitants, avec mention des articulations entre ces plans et avec le Plan Qualité du titulaire.
- **les procédures d'exécution** comprenant :
 - o les procédures d'études,
 - o les procédures de travaux, par partie d'ouvrage ou nature de travaux.
- les cadres de documents de suivi d'exécution.

Les éléments fournis au sein du PAQ (et leur niveau de détail) sont :

- adaptés au niveau de complexité et aux risques de l'opération ;
- conformes aux exigences stipulées au sein des pièces particulières du marché.

Au minimum, sont documentées les procédures qualité relatives :

- à la gestion des documents d'exécution ;
- à l'exécution et aux contrôles liés aux points d'arrêt et points critiques.

3.1.1 La Note d'Organisation Générale (NOG) du PAQ

La Note d'Organisation Générale (NOG) du PAQ du titulaire contient les éléments suivants :

- l'engagement du titulaire sur la mise en œuvre des dispositions définies au sein du PAQ.
- une présentation synthétique de l'opération pouvant comprendre :
 - o la désignation des parties concernées ;
 - o une liste des documents de référence et documents applicables ;
 - o un résumé de la situation et de la consistance des travaux concernés.
- la présentation de l'organisation des responsabilités et moyens, dont :
 - o l'organigramme et l'encadrement responsable de l'opération, avec indication de ses qualifications et références, et mention des responsabilités ;
 - o l'organisation et l'affectation des principales tâches ;
 - o les principaux moyens, matériels et approvisionnements.
- les modalités d'organisation du contrôle intérieur :
 - o le cadre d'organisation du contrôle intérieur :
 - responsables ;
 - principes fréquences et conditions d'organisation des contrôles.

- la liste des points d'arrêt et points critiques, avec :
 - mention des délais et des documents de contrôle associés ;
 - modalités de levée des points d'arrêts.
- l'organisation pour la maîtrise (détection et traitement) des anomalies et des non-conformités, et le suivi des actions correctives, selon le niveau de gravité de l'écart constaté.
- la procédure de maîtrise des documents et des enregistrements, avec les circuits d'instruction et d'archivage des documents de suivi et contrôle d'exécution ;
- la liste des études d'exécution, nécessaires à la réalisation des ouvrages provisoires et définitifs, et le calendrier prévisionnel de production de ces documents (échancier d'envoi et dates prévisionnelles pour l'obtention du visa du maître d'œuvre) ;
- la liste des procédures d'exécution et leur calendrier prévisionnel de production ;
- le projet de contenu du dossier de récolement, en conformité avec les dispositions définies dans les pièces particulières du marché.

Le programme de contrôle intérieur :

Le Programme de contrôle intérieur, établi par le titulaire, définit les différents points de contrôle et, pour chaque point de contrôle :

- les exigences ;
- les références aux spécifications d'exécution ;
- la méthode de contrôle, de suivi ou d'essai ;
- la définition de la zone de contrôle ;
- la fréquence du contrôle, du suivi ou des essais ;
- les critères d'acceptation ;
- la documentation associée ;
- les responsables du contrôle et des suites à donner à ce contrôle ;
- l'implication, s'il y a lieu, de tierces parties dans le contrôle.

La procédure de maîtrise des documents et des enregistrements :

Les dispositions à définir par le titulaire dans ce cadre concernent :

- les modalités internes d'approbation (émetteur, vérificateur, approbateur) des documents pour leur version initiale et les versions suivantes ;
- les modalités de description des états des documents, et la méthode de visualisation des modifications pour en faciliter la lecture ;
- les modalités de classement et de recherche documentaires ;
- le système de numérotation et de traçabilité des documents ;
- la procédure d'identification et de conservation des documents modifiés.

3.1.2 Les Procédures d'études et travaux

Relativement aux ouvrages provisoires et définitifs, et conformément à la liste des procédures d'exécution définie au sein de la note d'organisation générale de son PAQ, le titulaire fournit :

- les procédures d'études décrivant, pour chaque procédure :
 - la partie des travaux, objet de la procédure ;
 - les modalités de validation des études ;
 - les modalités de maîtrise des modifications des études.
- les procédures de travaux, par partie d'ouvrage ou par nature de travaux, décrivant, pour chaque procédure :
 - la partie des travaux, objet de la procédure ;
 - les documents de référence ;
 - la liste des ressources utilisées (personnels, matériels, produits) ;

- les méthodes, modalités, modes opératoires de mise en œuvre des travaux pour assurer le respect final des exigences ;
- les modalités de contrôle intérieur associées à la procédure :
 - intervenants ;
 - épreuves à réaliser, nature et fréquence des contrôles, moyens ;
 - critères d'acceptation.
- s'il y a lieu, les interactions avec d'autres procédures et les conditions préalables requises pour l'exécution de certaines tâches.

Le PAQ est un document évolutif :

- en phase de préparation, seules les procédures d'études et de travaux correspondant aux premières phases d'exécution sont nécessaires ;
- en cours d'exécution, les procédures d'études et de travaux pourront alors être progressivement complétées, cela avant la phase d'exécution de la partie des travaux concernée par chaque procédure, et en tenant compte du délai d'obtention de visa par le maître d'œuvre.

3.1.3 Les cadres de documents de contrôle d'exécution

Le titulaire fournit dans son PAQ les modèles de documents suivants :

- documents de contrôle intérieur ;
- fiches de non-conformité et d'actions correctives.

Il précise également les conditions et délais dans lesquels ces documents sont :

- renseignés, validés et exploités ;
- identifiés, enregistrés et archivés.

3.2 En phase d'exécution

Les mises à jour du Plan Qualité du titulaire au cours des travaux sont soumises à visa du maître d'œuvre. Elles portent notamment sur :

- les procédures d'exécution non encore fournies lors de la phase de préparation ;
- les adaptations des éléments du PAQ requises par les évolutions du chantier.

Résultats du contrôle intérieur :

Les résultats du contrôle intérieur effectué par le titulaire sont reportés sur les documents de contrôle. Selon les dispositions prévues au sein des pièces particulières du marché, ils sont (hormis ceux concernant les contrôles liés aux points d'arrêt et à la gestion de non-conformités) :

- soit tenus à la disposition du maître d'œuvre sur le chantier jusqu'à la fin des travaux ;
- soit adressés au maître d'œuvre, au fur et à mesure de leur obtention.

Ces documents ne sont pas soumis au visa du maître d'œuvre : seuls leurs cadres, définis au sein du PAQ du titulaire et ceux de ses sous-traitants éventuels en phase de préparation, y sont soumis.

Détection et traitement des non-conformités :

La démarche de traitement des non-conformités s'articule autour des étapes suivantes :

- le constat, qui comprend les actions immédiates, l'enregistrement et le classement de l'anomalie, ainsi que l'information des acteurs concernés ;
- l'évaluation, qui consiste à identifier les causes de l'anomalie, en évaluer les effets et proposer des actions correctives ;
- l'action, qui comprend la décision d'actions, l'exécution et le contrôle des actions décidées ;
- la clôture et l'archivage des données et résultats.

Toute non-conformité, détectée par le contrôle intérieur ou le contrôle extérieur, est enregistrée : elle fait l'objet de l'ouverture, par le titulaire, d'une « fiche de non-conformité », que ce soit sur son initiative directe, ou sur demande du maître d'œuvre.

La procédure de traitement de toute non-conformité est soumise au visa du maître d'œuvre.

Si une non-conformité donne lieu à une réparation, le document d'exécution correspondant est soumis au visa du maître d'œuvre. Sur la base des résultats du contrôle, et du visa du maître d'œuvre sur son traitement technique, il peut être procédé à la levée de la non-conformité.

Points d'arrêt :

Les contrôles liés aux points d'arrêt font l'objet de procédures spécifiques impliquant le contrôle intérieur et le contrôle extérieur (si ce dernier est mandaté par le maître d'ouvrage pour le sujet concerné) : demande de levée du point d'arrêt, compte-rendu de contrôles, accord explicite du maître d'œuvre.

Le titulaire adresse au maître d'œuvre sa demande de levée de point d'arrêt, accompagnée des documents attestant des contrôles effectués lors des travaux concernés.

Les visas matérialisant la constatation, par les différents intervenants concernés, des informations produites et mentionnant les suites à donner sont reportés sur les documents de levée de points d'arrêt.

Points critiques :

Pour les points critiques (dont la levée relève du contrôle externe du titulaire), le titulaire informe le contrôle extérieur, avec un délai de préavis suffisant, de la date de réalisation des contrôles correspondants, afin de lui permettre d'être présent, s'il le souhaite.

En outre, il tient à disposition, sur les lieux du chantier, les documents de contrôle d'exécution relatifs aux travaux considérés.

3.3 En phase de fin d'exécution

En fin d'exécution, le titulaire fournit un dossier relatif au management de la qualité incluant :

- le programme de contrôle réalisé ;
- le PAQ à jour, dont les procédures d'exécution, avec synthèse des modifications apportées au cours du chantier ;
- l'origine des matériaux et équipements, les rapports d'essai des matériaux et équipements, ou les déclarations de conformité des fournisseurs ;
- les comptes rendus des épreuves de conformance ;
- les fiches de contrôle et levée des points d'arrêt ;
- les fiches de non-conformité.

Ces éléments ne sont pas soumis au visa du maître d'œuvre, sauf stipulation contraire au sein des pièces particulières du marché.

Article 4 : Dispositions relatives au Respect de l'Environnement

Au plus tard trois mois avant la date prévisionnelle de démarrage des premiers travaux d'étanchéité, le titulaire remet au maître d'œuvre son Plan de Respect de l'Environnement (PRE), dont le contenu est détaillé ci-après.

4.1 En période de préparation

Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE) énonce, de manière détaillée et concrète, les moyens et procédures que le titulaire s'engage à mettre en œuvre pour respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage dans la Notice de Respect de l'Environnement (NRE) ou autre document en tenant lieu, et pour prévenir et/ou réduire les impacts sur l'environnement et intervenir en cas d'anomalies, voire d'accidents.

Le PRE est établi par le titulaire spécifiquement pour l'opération. Il peut intégrer des dispositions préexistantes dans le système de management environnemental du titulaire, tout en assurant leur adaptation au contexte de l'opération.

Le PRE du titulaire comprend :

- **Une note d'organisation générale Environnement**, comprenant :
 - une analyse préalable du contexte environnemental et des contraintes à prendre en compte, en conformité avec les exigences définies par le maître d'ouvrage (dans la Notice NRE, ou autre document en tenant lieu) ;
 - l'organisation mise en place, avec mention des missions et responsabilités des personnels devant assurer l'application du PRE ;
 - les dispositifs prévus pour maîtriser les impacts environnementaux ;
 - la nature et la situation des travaux et/ou tâches d'exécution concernées par des dispositions spécifiques relatives à l'environnement, avec mention des nuisances et risques potentiels au regard de l'environnement en lien avec ces tâches ;
 - les modalités de surveillance et contrôle de ces travaux et/ou tâches, dont :
 - liste des éventuels points d'arrêt et points critiques en matière environnementale, et modalités de traitement associées,
 - programme de contrôle environnemental.
- **La liste des procédures environnementales** pour assurer la conformité de l'exécution des ouvrages à la législation, à la réglementation et aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage en matière environnementale :
 - les procédures d'exécution liées à la prise en compte des exigences environnementales ;
 - les procédures relatives au traitement des anomalies et non-conformités en matière environnementale, susceptibles de se produire lors de l'exécution des travaux ;
 - les procédures de traitement de pollution accidentelle, et procédures en cas d'interventions extérieures et en cas d'urgence.
- **L'articulation entre les dispositions du PRE** (incluant la gestion des déchets), le projet des installations de chantier, et le Plan d'Alerte Pollution.
- **La description des moyens d'information** du personnel du titulaire, des sous-traitants et fournisseurs, sur les dispositions prévues au PRE.
- **Les cadres de documents** de surveillance et contrôles en matière environnementale.

En outre, le PRE du titulaire comprend les modalités de respect des exigences environnementales (dont déchets) par ses sous-traitants et fournisseurs, et leur engagement vis-à-vis des dispositions prévues.

Au minimum, le PRE traite des dispositions relatives à la gestion des déchets, que le titulaire s'engage à mettre en œuvre, dont le suivi et la traçabilité de l'élimination des déchets du chantier, en conformité avec les dispositions du Code de l'Environnement (obligation de prévention, de réduction et de valorisation des déchets de chantier issus des Travaux Publics).

Dans le cas où les éléments requis au marché, en matière environnementale, ne concernent que la gestion des déchets, le PRE devient un **Schéma d'Organisation de la Gestion des Déchets (SOGED)**.

Pour cette composante Déchets, le titulaire décrit, dans le cadre du PRE (ou du SOGED) :

- la liste, structurée par classe, et la quantification des déchets à gérer, par type de travaux ;
- l'organisation mise en place : organigramme, missions et responsabilités des personnels devant assurer l'application des procédures environnementales ;
- les méthodes et moyens utilisés pour trier les différents déchets à gérer et assurer leur non-mélange ;
- la localisation, la description et la gestion des dépôts, centres de stockage et/ou centres de regroupement et/ou unités de recyclages vers lesquels seront acheminés les différents déchets à gérer ;
- les modalités d'information du maître d'œuvre, lors de l'exécution des travaux, relativement à la nature des déchets, aux quantités et aux dates et lieux d'évacuation ;
- les modalités et moyens de contrôle, de suivi et de traçabilité de gestion des déchets ;

- les cadres des documents de suivi et traçabilité des déchets (dont bordereaux de suivi et registres) ;
- les moyens matériels et humains qui seront mis en œuvre pour cette gestion.

Le Plan de Respect de l'Environnement (ou le SOGED si seule la composante Déchets est requise), établi par le titulaire en phase de préparation, est soumis au visa du maître d'œuvre.

4.2 En phase d'exécution

Le titulaire doit s'assurer de la traçabilité des déchets et matériaux issus du chantier et de la bonne application des dispositions prévues pour la gestion des déchets. Il fournit au maître d'ouvrage, avec copie au maître d'œuvre, les bordereaux de suivi des déchets de chantier et les tableaux de suivi des déchets pour lesquels le maître d'ouvrage est producteur.

En cas de découverte, en phase d'exécution, de déchets non répertoriés par le maître d'ouvrage (sols pollués par exemple), le titulaire en informe le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre en vue de définir, conjointement, les modalités de gestion de ces déchets.

Les mises à jour du Plan de Respect de l'Environnement du titulaire au cours des travaux sont soumises à visa du maître d'œuvre.

Ces mises à jour peuvent notamment porter sur :

- les procédures d'exécution, non encore définies lors de la phase de préparation, pour les tâches ayant des impacts environnementaux potentiels ;
- les procédures complémentaires pour la gestion des déchets rencontrés lors de l'exécution et non prévus en phase de préparation ;
- les autres adaptations des éléments du PRE requises par les évolutions du chantier.

Détection et traitement des non-conformités :

Les dispositions définies en management de la qualité et concernant la détection et le traitement des non-conformités s'appliquent pour les non-conformités en matière environnementale.

Points critiques et points d'arrêt en matière environnementale :

Les dispositions définies en management de la qualité et concernant les points critiques et points d'arrêt s'appliquent pour ceux relatifs au respect de l'environnement.

4.3 En phase de fin d'exécution

En fin d'exécution, le titulaire fournit un Dossier relatif au respect de l'environnement incluant :

- le programme de contrôle réalisé en matière environnementale ;
- le PRE à jour, avec synthèse des modifications apportées au cours du chantier ;
- les comptes rendus des contrôles et levée des points d'arrêt environnementaux ;
- les fiches de non-conformités en matière environnementale ;
- les bordereaux de suivi des déchets justifiant de la destination des déchets conformément aux dispositions du PRE, et les tableaux de suivi des déchets.

Ces éléments ne sont pas soumis au visa du maître d'œuvre, sauf stipulation contraire au sein des pièces particulières du marché.

Article 5 : Dispositions relatives à d'autres documents liés à la passation du marché et à la réalisation des travaux

5.1 Le programme d'exécution

Le programme d'exécution des travaux, établi et fourni par le titulaire en phase de préparation, comprend :

- le calendrier des études d'exécution ;
- la description générale des matériels et méthodes à utiliser pour chaque phase de travaux ;
- le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux ;
- le calendrier d'établissement des procédures d'exécution nécessaires pour chaque phase de travaux, en cohérence avec la liste des procédures d'exécution définie au sein du Plan Qualité ;
- le projet des installations de chantier ;
- le projet des ouvrages provisoires, s'il y a lieu.

5.1.1 Le calendrier des études d'exécution

Ce calendrier est fourni au sein du programme d'exécution, s'il y a lieu et si ce calendrier n'est pas déjà intégré au sein du Plan Qualité (PAQ).

La production des documents d'études d'exécution tient compte des délais de transmission, d'analyse et d'acceptation par la maîtrise d'œuvre, avant démarrage des tâches d'exécution correspondantes.

5.1.2 Le calendrier prévisionnel des travaux

Le calendrier prévisionnel des travaux est présenté, de manière graphique, de telle sorte qu'apparaissent clairement :

- l'enchaînement des phases d'exécution, leur durée et, s'il y a lieu, les délais à respecter entre celles-ci ;
- les délais de fourniture et d'acceptation par le maître d'œuvre des matériaux, des études de formulation et des épreuves de convenance ;
- s'il y a lieu, les contraintes liées à la présence de réseaux à déplacer ou en place ;
- les prévisions d'intempéries ;
- s'il y a lieu, les zones et périodes sous contraintes en matière environnementale ;
- les tâches critiques et leur enchaînement, ainsi que les éventuelles marges ;
- en cas de réalisation d'ouvrages provisoires, le calendrier de réalisation correspondant.

Ce calendrier est mis à jour périodiquement en phase d'exécution, quand il en est besoin.

Sa mise à jour finale constitue le calendrier d'exécution réalisé, intégré au dossier de récolement à fournir par le titulaire en phase de fin d'exécution/réception.

5.1.3 Le projet des installations de chantier (PIC)

Le projet des installations de chantier comporte la description, avec leurs caractéristiques et leurs phasages, des moyens et matériels principaux nécessaires à la bonne exécution des travaux, qu'ils soient positionnés à l'extérieur ou à l'intérieur de l'ouvrage à réaliser. Il précise :

- les dispositions envisagées pour l'implantation, l'édification et l'aménagement des ateliers, bureaux, locaux de sécurité et d'hygiène, magasins et aires de stockage des matériels et matériaux, laboratoires s'il y a lieu, et leurs raccordements aux différents réseaux ;
- les chemins de service, voies d'accès et aires de circulation de toute nature à l'intérieur du chantier, ainsi que les aires d'évolution des engins de manutention ;
- les parcs de stationnement des véhicules ;
- les installations particulières (montage ou fabrication d'éléments, gestion des déchets, etc..) ;
- les conditions d'accès au chantier, de stockage et de manutention des matériaux, composants, et autres produits ;
- les dispositions concernant la clôture, l'éclairage des installations ainsi que la signalisation du chantier.

Il prend en compte les exigences en matière de respect de l'environnement, et également celles en matière d'hygiène et sécurité.

5.1.4 Le projet des ouvrages provisoires

En l'absence d'une répartition figurant au sein des pièces du marché, la liste répartissant les ouvrages provisoires par catégories (selon le risque associé vis-à-vis de la sécurité au travail, des tiers ou de l'ouvrage définitif) est fournie et justifiée par le titulaire en même temps que le programme d'exécution, pour être soumise au visa du maître d'œuvre.

Le projet des ouvrages provisoires comprend tous les documents nécessaires à leur définition, sous forme de dessins d'exécution, notices et consignes assortis des justifications correspondantes.

5.2 Les études d'exécution

Les documents relatifs aux études d'exécution comprennent au minimum :

- une note d'hypothèses générales définissant les données d'entrée des études d'exécution fournies par le maître d'ouvrage (*étude de sols,...*) ou proposées par le titulaire ;
- des notes techniques justifiant le dimensionnement des ouvrages, ou parties d'ouvrages, tel que repris dans les plans d'exécution ;
- des plans d'exécution d'ensemble et de détails, définissant de manière précise et complète, les formes et la constitution des ouvrages à réaliser, de leurs composantes et de leurs assemblages.

Les études d'exécution sont soumises à visa du maître d'œuvre, selon l'échéancier prévu au sein du Plan Qualité.

5.3 Les garanties

Des garanties particulières d'étanchéité peuvent être introduites dans le Cahier des Clauses Administratives Particulières du marché.

Pour que cette garantie puisse être formulée dans de bonnes conditions, il est nécessaire que l'étancheur, surtout s'il est sous-traitant :

- connaisse les conditions de réalisation du chantier : état du support, délai entre la pose de l'étanchéité et celle des couches de chaussée, circulation sur l'étanchéité, etc.
- puisse jouer son rôle de conseiller technique auprès de l'entrepreneur principal et du maître d'œuvre.

Ceci suppose la désignation du sous-traitant étancheur très en amont dans le déroulement du chantier. L'étancheur pourra, en toute connaissance de cause, préciser les limites de son procédé.

Ainsi, le CCAP pourra préciser que le titulaire du marché garantit le maître de l'ouvrage contre les défauts de la chape d'étanchéité, se manifestant par une fuite ou créant une déformation du revêtement de circulation superposé à l'étanchéité, pendant un délai de cinq (5) ans à partir de la date de réception des travaux.

Toutefois, dans le cadre d'opérations d'entretien et/ou de réparation d'un complexe d'étanchéité/couches de chaussée, l'entreprise en charge de ces travaux ne peut être tenue à garantie que si une réception contradictoire du support sans réserve a été effectuée, dès lors que certains paramètres, tels que l'état du support, les points singuliers, ne peuvent être appréhendés qu'après enlèvement des matériaux précédemment mis en œuvre.

CHAPITRE II : SPECIFICATIONS DES PROCÉDES

Article 6 : Propriétés des procédés d'étanchéité

Le CCTP fixe les exigences auxquelles les procédés d'étanchéité doivent satisfaire selon leur position dans l'ouvrage, leurs conditions de mise en œuvre, leur environnement prévisible à court et long terme et leur usage une fois mis en œuvre. Les définitions des principales exigences sont présentées ci-après.

Le CCTP précisera en outre, pour chaque exigence, les performances minimales à atteindre par les procédés d'étanchéité, sans être inférieures pour certaines d'entre-elles aux valeurs spécifiées à l'article 7, ainsi que les modes opératoires d'essais et les conditions de mesure de ces performances, si possible en référence aux normes homologuées. Il peut également faire référence à des procédures d'agrément formalisées, tels que les avis techniques du Setra ou du Cerema.

6.1 Les exigences générales du système

Etanchéité à l'eau :

Le procédé d'étanchéité doit être étanche dans les conditions d'emploi qui sont celles de l'ouvrage. Ainsi le procédé doit permettre d'obtenir une barrière étanche aussi bien en partie courante qu'au droit des points singuliers (relevés, évacuation, joint de dilatation, équipement,).

Résistance au dégazage du support :

Le procédé d'étanchéité doit être en capacité de résister au dégazage du support béton :

- soit en s'opposant à la tension de vapeur pour les procédés adhérents ;
- soit en permettant sa diffusion pour les procédés en semi-indépendance.

Résistance aux déformations :

Le procédé d'étanchéité doit conserver sa fonction d'étanchéité lors de la déformation du support dans les conditions normales prévisibles :

- pour les ouvrages en béton : lors de l'apparition d'une fissure sur le support considéré ou des couches sus-jacentes ;
- pour les ouvrages métalliques : ces déformations en flexion sous moment négatif sont provoquées par le passage des charges sur le platelage métallique ou la manœuvre d'un ouvrage mobile.

Résistance de la liaison avec le support :

Le procédé d'étanchéité doit :

- être compatible avec tout type de support béton ou métallique et cette compatibilité doit être conservée dans le temps ;
- assurer la transmission des efforts dus au trafic (charges verticales, freinage, force centrifuge, pente, etc.) ;
- être insensible à l'alcalinité des bétons du support ;
- être compatible lors de la mise en œuvre avec une humidité résiduelle du support.

Adaptabilité aux conditions d'hygiène et de sécurité pour la mise en œuvre :

Les produits utilisés pour étancher des ouvrages d'art doivent pouvoir être mis en œuvre en respectant les règles de sécurité adaptées à la nature des produits (équipements de protection individuelle...).

Résistance au revêtement sus-jacent :

Le procédé d'étanchéité doit être en capacité de recevoir un revêtement de circulation (routière, piétonne, cycliste) ainsi qu'une signalisation horizontale, et pour les parties en contact avec de la terre végétale (retombées) de résister à la perforation des racines. A cet effet, il doit :

- permettre la mise en œuvre des couches sus-jacentes sans désordre ;

- absorber les contraintes ayant pour origine les irrégularités du support et les granulats constituant les couches de chaussée lors de leur compactage ;
- résister aux chocs thermiques induits par l'application des couches sus-jacentes.

6.2 Les exigences relatives à la mise en œuvre

Adaptabilité à l'état de surface du support :

Le procédé doit pouvoir être mis en œuvre, sans que ses qualités en soient altérées, sur le support défini par :

- sa géométrie ;
- sa texture superficielle ou rugosité ;
- son degré d'humidité (sec, humide).

L'adaptabilité du procédé est appréciée à partir des caractéristiques physico-mécaniques des produits le constituant.

Adaptabilité aux conditions de chantier :

Le procédé d'étanchéité doit être adapté aux conditions de chantier :

- résistance aux chocs :

Le complexe d'étanchéité doit résister aux chocs divers dans les conditions normales de chantier, après la mise en œuvre de l'étanchéité et avant la mise en place de la couche de roulement.

- résistance au poinçonnement :

La continuité de l'étanchéité ne doit pas être altérée par :

- o la circulation de chantier ;
- o la circulation des engins utilisés lors de l'application des couches de chaussée.

- conditions d'ambiance :

Le procédé doit pouvoir être mis en œuvre dans les conditions météorologiques définies (normales et conditions limites).

6.3 Les exigences relatives à la durabilité

Résistance à la fatigue :

Le procédé d'étanchéité doit conserver sa fonction sous les sollicitations répétées, notamment dues à la circulation.

Il ne doit s'ensuivre aucune déformation ou glissement de l'étanchéité, ni aucune décohésion entre la couche d'étanchéité et son support ou entre la couche d'étanchéité et la couche de liaison ou de roulement.

Résistance aux agents agressifs :

Les produits et tous les constituants du procédé d'étanchéité doivent assurer leurs fonctions malgré le vieillissement et l'action des agents minéraux, biologiques et chimiques dans les conditions normales de service.

Il s'agit :

- des agents biologiques : moisissures, végétations diverses, etc. ;
- des agents chimiques provenant des sels de déverglacage (chlorure de calcium, chlorure de sodium ou autres), des zones industrielles et des gaz, fumées et vapeurs issus de la combustion des carburants des véhicules.

Tenue aux conditions environnementales :

Le procédé d'étanchéité doit résister aux conditions climatiques locales (UV, gel/dégel, grêle, embrun marin, température de l'air, vent, ...).

Adaptabilité aux conditions d'exploitation et d'entretien de l'ouvrage en service :

Le procédé d'étanchéité doit supporter les contraintes liées aux conditions d'exploitation et d'entretien de l'ouvrage, notamment sous les conditions de circulation qui génèrent des efforts horizontaux et verticaux avec ou sans pente.

Il ne doit s'ensuivre aucune déformation ou glissement de l'étanchéité, ni aucune décohésion entre la couche d'étanchéité et son support ou la couche de liaison ou de roulement.

Aptitude à la réparation :

Le procédé d'étanchéité doit être réparable. Il doit présenter après réparation les mêmes caractéristiques que le procédé initial.

Adaptabilité aux conditions d'hygiène, de santé et d'environnement pendant l'exploitation de l'ouvrage :

Les constituants du procédé d'étanchéité ne doivent pas porter préjudice à l'hygiène, la santé et l'environnement.

6.4 Les exigences concernant l'identification des produits

Identification du procédé :

Les composants du procédé d'étanchéité doivent pouvoir être identifiés facilement (dénomination, n° de lot, ...) lors d'un contrôle au cours de sa mise en œuvre.

Article 7 : Présentation des procédés

Le CCTP fixe le ou les procédés issus de la liste ci-après qui sont admis pour l'étanchéité de l'ouvrage. Sauf stipulation contraire du CCTP, le titulaire du marché soumet à l'acceptation du maître d'œuvre les caractéristiques et la provenance des procédés qu'il compte mettre en œuvre.

Cinq familles de procédés sont principalement utilisées pour l'étanchement des ponts routes et des passerelles. Ce sont :

- les procédés à base d'asphalte coulé ;
- les procédés constitués de feuilles préfabriquées monocouche (FPM) ou de feuilles préfabriquées recouvertes d'asphalte (FPA) ;
- les Systèmes d'Etanchéité Liquide (SEL) ;
- les procédés d'étanchéité mis en œuvre par des Moyens à Haute Cadence (MHC) ;
- les systèmes d'étanchéité épais sur support métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux (SESM).

Si le titulaire du marché propose un procédé qui ne rentre pas dans l'une des cinq familles désignées ci-dessus, il fournira au maître d'œuvre des références, les caractéristiques du procédé permettant de vérifier que ce dernier présente les propriétés requises (*cf. article 6*).

7.1 Procédés à base d'asphalte coulé

7.1.1 Généralités

Les procédés d'étanchéité à base d'asphalte sont utilisés pour réaliser l'étanchéité des parties de tablier suivantes :

- circulées par les véhicules ;
- circulées par les piétons et les cyclistes (trottoirs) ;
- les relevés, les longrines, les contre corniches ;
- les caniveaux techniques.

Le support de l'étanchéité est constitué par :

- du béton armé ou précontraint (incluant les renformis en béton ou mortier hydraulique) ;
- du métal (par exemple dalle orthotrope) ;
- un reprofilage en béton ou mortier hydraulique, en mortier de résine ou enrobé bitumineux (uniquement sur béton hydraulique).

L'étanchéité est assurée :

- soit par procédé bicouche 8+22. Sa mise en œuvre se fait en semi-indépendance. Ce procédé est déconseillé pour les ouvrages mixtes en raison de la fissuration prévisible du support, ainsi que pour les ouvrages subissant des efforts tangentiels importants (*par exemple zone de freinage*), ou des pentes supérieures à 5 %, ou encore recevant un trafic canalisé (*par exemple voie de bus*) ;
- soit par procédé monocouche. Ce procédé est mis en œuvre en adhérence.

L'étanchéité sur support béton est recouverte en partie circulaire par des véhicules par une (ou plusieurs) couche(s) de chaussée en enrobé bitumineux d'épaisseur totale minimale 7 cm. Dans le cas d'utilisation d'un bouche-pores, une réduction de l'épaisseur des couches de chaussée pourra être envisagée, sous réserve d'une étude le justifiant, sans descendre sous l'épaisseur de 5 cm.

Important : Sur support métallique, en partie circulaire par des véhicules, la caractérisation du procédé asphalte doit prendre en compte l'épaisseur de la tôle support, ainsi que les caractéristiques de la couche de roulement (épaisseur, formulation, ...). Ce système d'étanchéité peu répandu devra être justifié vis à vis de la résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif, à l'instar des Systèmes d'étanchéité Epais sur Support Métallique.

Les trottoirs et les passerelles circulés par les piétons et les cyclistes peuvent être traités par un procédé bicouche 8+22, sans protection complémentaire ou un procédé monocouche avec une protection complémentaire d'épaisseur minimale de 20 mm (*cf. article 10.1.13*).

7.1.2 Composition des procédés sur parties circulées par des véhicules

Tous les procédés décrits ci-après sont recouverts par une ou plusieurs couches de chaussée.

7.1.2.1 Procédé bicouche 8+22

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.1.1, sauf support métallique.
- Couche d'accrochage en section courante (aucune couche d'accrochage n'est à appliquer sur les reprofilages en enrobé bitumineux) :
 - o soit un enduit d'imprégnation à froid (EIF) ;
 - o soit un bouche pores (*support béton uniquement*).
- Étanchéité de la section courante :
 - o un écran de semi-indépendance constitué :
 - soit d'un papier perforé (*cf. article 2*) ;
 - soit d'une résille de verre tissée non imprégnée (*cf. article 2*).
 - o une première couche d'étanchéité en mastic d'asphalte, de type 1 ou 2 selon la norme NF EN 12970 (appelé également asphalte pur AP3 ou équivalent ayant une indentation comprise entre 20/10^{ème} et 80/10^{ème} de mm selon l'essai type W), de 8 mm d'épaisseur nominale, et répondant aux exigences définies à l'article 7.1.3.1 ;
 - o une deuxième couche d'étanchéité en asphalte coulé gravillonné à gros granulats selon la norme NF EN 12970 (appelé également asphalte AG3 ou équivalent ayant une indentation comprise entre 15/10^{ème} et 40/10^{ème} de mm selon l'essai type B, et AG4 ou équivalent au-delà d'une pente supérieure à 5 %, ayant une indentation comprise entre 5/10^{ème} et 15/10^{ème} de mm selon l'essai type B), de 22 mm d'épaisseur nominale, et répondant aux exigences définies à l'article 7.1.3.1.

La couche d'asphalte gravillonné peut être pigmentée pour servir de couche d'alerte en cas de rabotage de la couche de roulement.

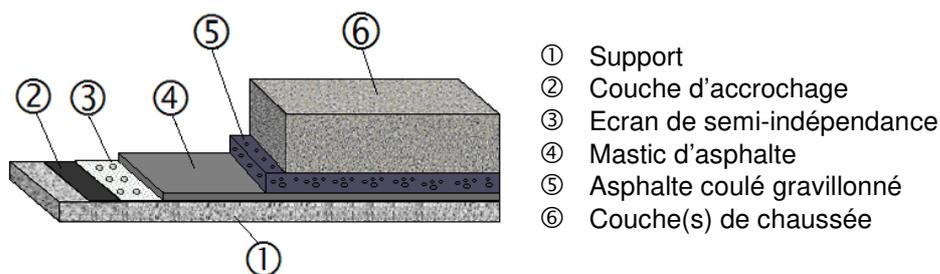


Figure 1 : Coupe type Asphalte 8+22

- Étanchéité des relevés (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit un mastic d'asphalte type 1 ou 2 (mastic d'asphalte AP3 ou équivalent) (*cf. article 7.1.3.2.1*) d'épaisseur minimale de 5 mm ;
 - soit une feuille préfabriquée type FPM ou FPA adhérente (*cf. articles 7.2.2.1, 7.2.2.2 et 7.2.3.2.1*) ;
 - soit un produit d'étanchéité liquide pour relevés compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. article 7.2.3.2.2*).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (*cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (*cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1*) ;
 - soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (*cf. articles 7.2.2. et 7.2.3.1*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B, ou autres (*cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1*).
- Étanchéité des retombées (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM adhérente (*cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.3*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2*).

7.1.2.2 Procédé monocouche

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.1.1, sauf reprofilage en béton bitumineux.
- Couche d'accrochage en section courante :
 - sur support béton, un bouche pores ;
 - sur support métallique, un enduit d'imprégnation à froid (EIF).
- Étanchéité de la section courante :
 - une couche d'étanchéité en asphalte polymère, coulé à gros granulats selon la norme NF EN 12970 (appelé également asphalte AGM3 ou équivalent ayant une indentation comprise entre 15/10^{ème} et 45/10^{ème} de mm selon l'essai type B) de 15 mm d'épaisseur nominale minimale

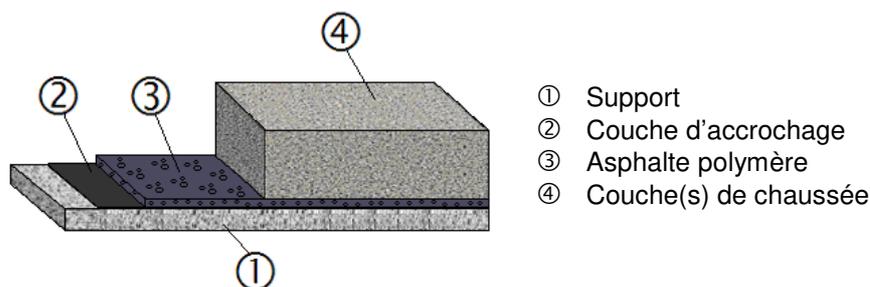


Figure 2 : Coupe type asphalte monocouche

- Étanchéité des relevés (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :

- soit une feuille préfabriquée type FPM ou FPA adhérente (cf. articles 7.2.2.1, 7.2.2.2 et 7.2.3.2.1) ;
 - soit un produit d'étanchéité liquide pour relevés, compatible avec l'étanchéité de la section courante (cf. article 7.2.3.2.2).
- Etanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
- soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1) ;
 - soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1).
- Etanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
- soit une feuille préfabriquée type FPM adhérente (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.3) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (cf. article 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

7.1.3 Propriétés des procédés

Le CCTP spécifie un procédé d'étanchéité disposant d'un avis technique Setra ou Cerema (ou équivalent) ou fixe les performances à atteindre par le procédé pour chacune des caractéristiques suivantes, qui sont les principaux éléments de preuve de justification à la satisfaction aux propriétés énumérées à l'article 6.

7.1.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante

Exigences	Caractéristiques	Procédé bicouche	Procédé monocouche
Exigences générales du système	Etanchéité à l'eau	X	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	NC	X
	Résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif (support métallique)	NC	X
	Adhérence au support (> 0,4 MPa)	NC	X
	Adhérence au support aux conditions limites d'application (> 0,4 MPa)	NC	X
	Résistance au poinçonnement statique	X	X
	Résistance au poinçonnement dynamique	NC	NC
	Résistance à la traction	NC	NC
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	NC	NC
Exigences relatives à la durabilité	Résistance au cisaillement d'interface	X	X
	Tenue aux cycles gel/dégel	NC	NC
	Résistance aux agents agressifs	NC	NC
	Dureté	NC	NC
	Absorption d'eau (< 2,5 %)	X	X
	Vieillessement chaleur	NC	NC
	Résistance à l'orniérage	X	X
	Résistance aux chocs thermiques	NC	NC
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	NC	NC
	PMT (avant et après usure)	NC	NC
Adhérence surfacique (avant et après usure), mesurée au pendule SRT	X si directement circulaire	X si directement circulaire	

Tableau n°1 : propriétés des asphaltes en section courante

X : requis / NC : non concerné

7.1.3.2 Propriétés de l'étanchéité en relevés et retombées

7.1.3.2.1 Propriétés de l'étanchéité réalisée à base de mastic d'asphalte pour relevés

Exigences	Caractéristiques	Mastic d'asphalte
Exigences générales du système	Etanchéité à l'eau	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	X
	Adhérence au support (> 0,4 MPa)	X
	Adhérence au support aux conditions limites d'application (> 0,4 MPa)	X
	Résistance au poinçonnement statique	X
	Résistance à la traction	NC
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	NC
	Résistance au cisaillement d'interface	NC
Exigences relatives à la mise en œuvre	Application en surface verticale	X
Exigences relatives à la durabilité	Résistance au pelage	NC
	Tenue aux cycles gel/dégel	NC
	Résistance aux agents agressifs	X
	Dureté	NC
	Absorption d'eau (< 2,5 %)	X
	Vieillessement chaleur	NC
	Résistance à l'orniérage	NC
	Résistance aux chocs thermiques	NC
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	NC

Tableau n°2 : propriétés des asphaltes en relevé

X : requis / NC : non concerné

7.1.3.2.2 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés et retombées

Dans le cas des relevés et retombées réalisés avec des feuilles bitumineuses adhésives, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées aux articles 7.2.3.2.1 et 7.2.3.2.3.

7.1.3.2.3 Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des produits d'étanchéité liquide, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.2.2.

7.1.3.2.4 Propriétés des systèmes d'étanchéité liquide (SEL) pour retombées

Dans le cas des retombées réalisées avec des systèmes d'étanchéité liquide, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.3.3.2.

7.2 Les procédés d'étanchéité avec feuilles bitumineuses préfabriquées

7.2.1 Généralités

Les procédés d'étanchéité avec feuilles bitumineuses préfabriquées sont utilisés pour réaliser l'étanchéité des parties de tablier suivantes :

- circulées par des véhicules ;
- circulées par les piétons et les cyclistes (trottoirs) ;
- les relevés, les retombées, les longrines et les contre-corniches.

Le support de l'étanchéité est constitué par :

- du béton armé ou précontraint (incluant les renforts en béton ou mortier hydraulique) ;

- du métal (par exemple dalle orthotrope) ;
- un reprofilage en béton ou mortier hydraulique, en mortier de résine ou en enrobé bitumineux (uniquement sur béton hydraulique).

L'étanchéité est assurée :

- soit par des procédés avec feuilles bitumineuses préfabriquées monocouches (FPM) adhérentes ou semi-indépendantes ;
- soit par des procédés bicouches mixtes du type feuilles bitumineuses préfabriquées sous asphalte (FPA) adhérentes ou semi-indépendantes.

L'étanchéité sur support béton est recouverte en partie circulaire par des véhicules par une (ou plusieurs) couche(s) de chaussée en enrobé bitumineux d'épaisseur minimale 7 cm. Dans le cas d'utilisation d'un primaire bouche pores, une réduction de l'épaisseur des couches de chaussée pourra être envisagée, sous réserve d'une étude le justifiant, sans descendre sous l'épaisseur de 5 cm.

Important : Sur support métallique, en partie circulaire par des véhicules, les procédés avec des feuilles bitumineuses préfabriquées monocouche (FPM) en adhérence devront être recouverts par une couche de roulement formulée spécialement pour satisfaire aux contraintes de ce type de support. Ce système d'étanchéité fait partie de la famille des Systèmes d'étanchéité Epais sur Support Métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux. Il conviendra alors de se reporter à l'article 7.5.

Les trottoirs et les passerelles circulés par les piétons et les cyclistes peuvent être traités par un procédé de type (cf. épaisseur des couches de protection et de circulation à l'article 10.2.16) :

- FPA en adhérence, directement circulaire sur l'asphalte dans le cas de l'utilisation d'un bouche-pores ;
- FPA en semi-indépendance, directement circulaire sur l'asphalte ;
- FPM en adhérence, recouverte d'une couche d'enrobé d'épaisseur adaptée. L'épaisseur de cette couche d'enrobé peut être réduite dans le cas d'utilisation d'un bouche pores ;
- FPM en semi-indépendance recouverte d'une couche d'enrobé d'épaisseur adaptée.

L'étanchéité des caniveaux techniques avec une FPM doit être recouverte par une protection adaptée.

7.2.2 Composition des procédés sur parties circulées par des véhicules

Tous les procédés décrits ci-après sont recouverts de couches de chaussée (cf. article 10.2.16).

7.2.2.1 Procédé type FPM adhérente

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.2.1.
- Couche d'accrochage en section courante (aucune couche d'accrochage n'est à appliquer sur les reprofilages en enrobé bitumineux) :
 - o soit un enduit d'imprégnation à froid (EIF) ;
 - o soit un bouche pores (support béton uniquement).
- Étanchéité de section courante :
 - o soit une feuille préfabriquée armée type FPM adhérente en bitume polymère autoprotégée de 4 mm d'épaisseur nominale minimum mesurée sur la bande de recouvrement et répondant aux exigences définies à l'article 7.2.3.1.

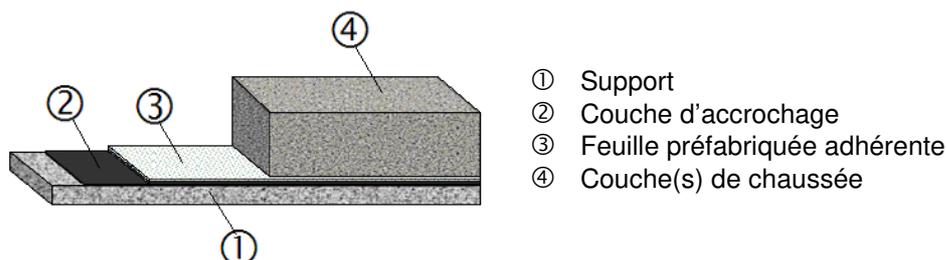


Figure 3 : Coupe type FPM adhérente

- soit une feuille préfabriquée armée type FPM adhérente, en bitume polymère autoprotégée de 4 mm d'épaisseur minimum mesurée sur la bande de recouvrement, complétée d'un micro-béton bitumineux spécialement formulé et répondant aux exigences définies à l'article 7.2.3.1. Le micro-béton bitumineux assure une protection mécanique, et peut être éventuellement teinté dans la masse afin de servir d'avertisseur visuel lors des futures opérations d'entretien de la couche de roulement. Son épaisseur participe à l'épaisseur totale de protection définie au 10.2.16.

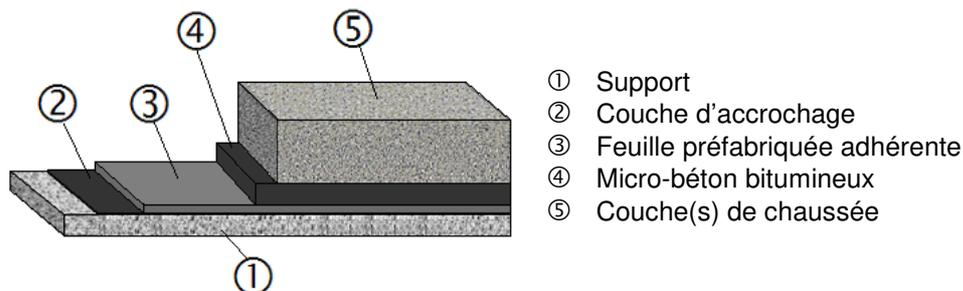


Figure 4 : Coupe type FPM adhérente complétée par micro-béton bitumineux

- Étanchéité des relevés (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée identique à la section courante (*cf. article 7.2.3.2.1*) ;
 - soit un produit d'étanchéité liquide pour relevés compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. article 7.2.3.2.2*).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (*cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1*) ;
 - soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (*cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (*cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (*cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1*).
- Étanchéité des retombées (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée identique à la section courante (*cf. article 7.2.3.2.3*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2*).

7.2.2.2 Procédé type FPA adhérente

L'étanchéité est constituée d'une feuille bitumineuse adhérente et d'une couche d'asphalte coulé gravillonné, c'est un procédé bicouche mixte.

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.2.1.
- Couche d'accrochage en section courante (aucune couche d'accrochage n'est à appliquer sur les reprofilages en enrobé bitumineux) :
 - soit un enduit d'imprégnation à froid (EIF) ;
 - soit un bouche pores (support béton uniquement).
- Étanchéité de la section courante :
 - une première couche en feuille préfabriquée armée type FPA adhérente, en bitume polymère non autoprotégée de 3 mm d'épaisseur nominale minimum et répondant aux exigences définies à l'article 7.2.3.1 ;
 - une deuxième couche en asphalte coulé gravillonné à gros granulats, selon la norme NF EN 12970 (appelé également asphalte AG3 ou équivalent ayant une indentation comprise entre 15/10^{ème} et 40/10^{ème} de mm selon l'essai type B, et AG4 ou équivalent au-delà d'une pente supérieure à 5 %, ayant une indentation comprise entre 5/10^{ème} et 15/10^{ème} de mm selon l'essai type B), de 25 mm d'épaisseur nominale. La couche

d'asphalte gravillonné peut être pigmentée pour servir de couche d'alerte en cas de rabotage de la couche de chaussée.

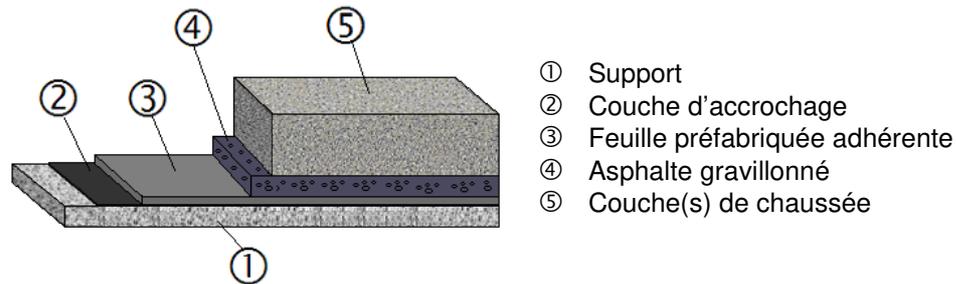


Figure 5 : Coupe type FPA adhérente

- Étanchéité des relevés (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée armée type FPA adhérente identique à la section courante, soudée en plein sur la feuille d'étanchéité de la section courante (*cf. article 7.2.3.2.1*) ;
 - soit une feuille préfabriquée armée type FPM adhérente, en bitume polymère autoprotégée de 4 mm d'épaisseur minimum, soudée en plein sur l'asphalte (*cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1*) ;
 - soit un produit d'étanchéité liquide pour relevés compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. article 7.2.3*).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (*cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1*) ;
 - soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (*cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (*cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (*cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1*).
- Étanchéité des retombées (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée identique à la section courante (*cf. article 7.2.3.2.3*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2*).

7.2.2.3 Procédé type FPM semi-indépendant

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.2.1, sauf support métallique.
- Couche d'accrochage en section courante (aucune couche d'accrochage n'est à appliquer sur les reprofilages en enrobé bitumineux) : enduit d'imprégnation à froid (EIF).
- Segmentation éventuelle : par bandes issues d'une feuille préfabriquée armée de type FPA adhérente.
- Étanchéité de la section courante :
 - soit une feuille préfabriquée armée type FPM semi-indépendante, en bitume polymère autoprotégée de 4 mm d'épaisseur nominale minimum mesurée sur la bande de recouvrement (hors bandes adhésives) et répondant aux exigences définies à l'article 7.2.3.1 ;

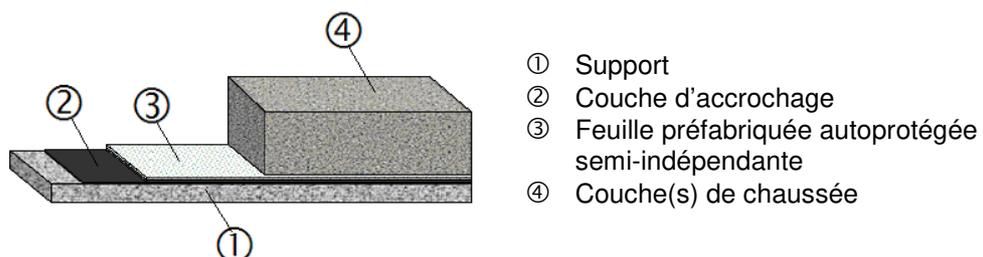


Figure 6 : Coupe type FPM semi-indépendante autoprotégée

- soit une feuille préfabriquée armée type FPM semi-indépendante, en bitume polymère de 2,5 mm d'épaisseur minimum (hors bandes adhésives), protégée obligatoirement par un micro-béton bitumineux spécialement formulé et répondant aux exigences définies à l'article 7.2.3.1.

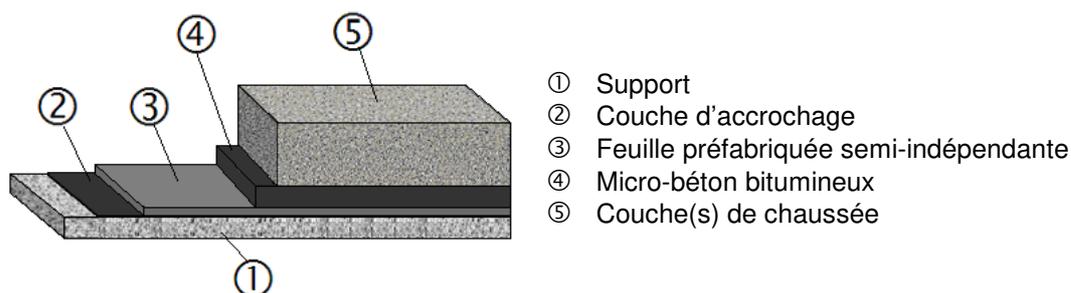


Figure 7 : Coupe type FPM semi-indépendante protégée par micro-béton bitumineux

- Étanchéité des relevés (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage ou un primaire*) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM adhérente (*cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1*) ;
 - soit un produit d'étanchéité liquide pour relevés compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. article 7.2.3.2.2*).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (*cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1*) ;
 - soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (*cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (*cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (*cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1*).
- Étanchéité des retombées (*sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage*) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM adhérente (*cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.3*) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (*cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2*).

Nota : ce procédé est déconseillé sur ouvrage mixte en raison de la fissuration prévisible du support.

7.2.2.4 Procédé type FPA semi-indépendant

L'étanchéité est constituée d'une feuille bitumineuse et d'une couche d'asphalte coulé gravillonné, c'est un procédé bicouche mixte.

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.2.1, sauf support métallique.
- Couche d'accrochage en section courante (aucune couche d'accrochage n'est à appliquer sur les reprofilages en enrobé bitumineux) : enduit d'imprégnation à froid (EIF).
- Segmentation éventuelle : par bandes issues d'une feuille intégrée dans un procédé de type FPA adhérente.
- Étanchéité de la section courante :
 - une première couche en feuille préfabriquée armée type FPA semi-indépendante, en bitume polymère non autoprotégée de 2,5 mm d'épaisseur nominale minimum (hors bandes adhésives) et répondant aux exigences définies à l'article 7.2.3.1 ;
 - une deuxième couche en asphalte coulé gravillonné à gros granulats, selon la norme NF EN 12970 (appelé également asphalte AG3 ou équivalent ayant une indentation comprise entre 15/10^{ème} et 40/10^{ème} de mm selon l'essai type B, et AG4 ou équivalent au-delà d'une pente supérieure à 5 %, ayant une indentation comprise entre 5/10^{ème} et 15/10^{ème} de mm selon l'essai type B), de 25 mm d'épaisseur nominale. La couche

d'asphalte gravillonné peut être pigmentée pour servir de couche d'alerte en cas de rabotage de la couche de chaussée.

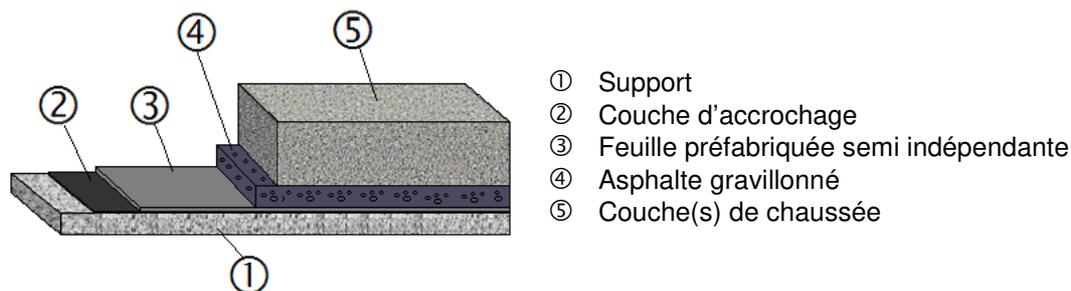


Figure 8 : Coupe type FPA semi-indépendante

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage ou un primaire) :
 - o soit une feuille préfabriquée armée type FPA adhérente, en bitume polymère non autoprotégée de 3 mm d'épaisseur minimum, soudée en plein sur la feuille d'étanchéité de la section courante et compatible avec celle-ci (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1) ;
 - o soit une feuille préfabriquée armée type FPM adhérente, en bitume polymère autoprotégée de 4 mm d'épaisseur minimum, soudée en plein sur l'asphalte (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1) ;
 - o soit un produit d'étanchéité liquide pour relevés compatible avec l'étanchéité de la section courante (cf. article 7.2.3.2.2).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1) ;
 - o soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B, ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1).
- Étanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM adhérente (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.3) ;
 - o soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

Nota : ce procédé est déconseillé sur ouvrage mixte en raison de la fissuration prévisible du support.

7.2.3 Propriétés des procédés

Le CCTP spécifie un procédé d'étanchéité disposant d'un avis technique (ou équivalent) ou fixe les performances à atteindre par le procédé pour chacune des caractéristiques suivantes, qui sont les principaux éléments de preuve de justification à la satisfaction aux propriétés énumérées à l'article 6.

7.2.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante

Exigences	Caractéristiques	FPM adh.	FPM semi.	FPA adh.	FPA semi.
Exigences générales du système	Étanchéité à l'eau	X	X	X	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	X	NC	X	NC
	Résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif (support métallique)	X si SESM	NC	X si SESM	NC
	Adhérence au support (> 0,4 MPa)	X	NC	X	NC

Exigences	Caractéristiques	FPM adh.	FPM semi.	FPA adh.	FPA semi.
	Adhérence au support aux conditions limites d'application (> 0,4 MPa)	X	NC	X	NC
	Résistance au poinçonnement statique	X	X	X	X
	Résistance au poinçonnement dynamique	NC	NC	NC	NC
	Résistance à la traction	X	X	X	X
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	X	X	NC	NC
	Résistance au cisaillement d'interface	X	X	X	X
Exigences relatives à la durabilité	Tenue aux cycles gel/dégel	NC	NC	NC	NC
	Résistance aux agents agressifs	NC	NC	NC	NC
	Dureté	NC	NC	NC	NC
	Absorption d'eau (< 2,5 %)	X	X	X	X
	Vieillessement chaleur	NC	NC	NC	NC
	Résistance à l'orniérage	X	X	X	X
	Résistance aux chocs thermiques	X	X	X	X
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	NC	NC	NC	NC
	PMT (avant et après usure)	NC	NC	NC	NC
Adhérence surfacique (avant et après usure), mesurée au pendule SRT	NC	NC	X si directement circulaire	X si directement circulaire	

Tableau n°3 : propriétés des feuilles préfabriquées en section courante

X : requis / NC : non concerné

7.2.3.2 Propriétés de l'étanchéité en relevés et retombées

7.2.3.2.1 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des feuilles bitumineuses adhérentes, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.1, en supprimant la caractéristique « Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes », et en y ajoutant la caractéristique « Application en surface verticale ».

7.2.3.2.2 Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés

Exigences	Caractéristiques	PEL
Exigences générales du système	Etanchéité à l'eau	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	X
	Adhérence au support (> 1 MPa)	X
	Adhérence au support aux conditions limites d'application (> 1 MPa)	X
	Résistance au poinçonnement statique	NC
	Résistance à la traction	X
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	NC
	Résistance au cisaillement d'interface	NC
Exigences relatives à la mise en œuvre	Application en surface verticale	X
	Adhérence entre couches (validation du délai de recouvrement maximum)	X
Exigences relatives à la durabilité	Résistance au pelage	X
	Tenue aux cycles gel/dégel	NC
	Résistance aux agents agressifs	NC
	Dureté	NC
	Absorption d'eau	NC
	Vieillessement chaleur	NC
Résistance à l'orniérage	NC	

Exigences	Caractéristiques	PEL
	Résistance aux chocs thermiques	X
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	X

Tableau n°4 : propriétés des PEL en relevés

X : requis / NC : non concerné

7.2.3.2.3 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour retombées

Dans le cas des retombées réalisées avec des feuilles bitumineuses adhérentes, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.1, en y ajoutant la caractéristique « Résistance aux racines » pour les parties sous remblai.

7.2.3.2.4 Propriétés des systèmes d'étanchéité liquide (SEL) pour retombées

Dans le cas des retombées réalisées avec des systèmes d'étanchéité liquide, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.3.3.2, en y ajoutant la caractéristique « Application en surface verticale ».

7.3 Les systèmes d'étanchéité liquide (SEL)

7.3.1 Généralités

Les systèmes d'étanchéité liquide sont utilisés pour réaliser l'étanchéité des parties de tablier suivantes :

- circulées par les véhicules ;
- circulées par les piétons et les cyclistes (trottoirs) ;
- les relevés, les retombées, les contre corniches, les longrines ancrées pour support des dispositifs de retenue routiers ;
- les caniveaux techniques.

Le support de l'étanchéité est constitué par :

- du béton armé ou précontraint (incluant les renformis en béton ou mortier hydraulique) ;
- du métal (par exemple dalle orthotrope) ;
- un reprofilage en mortier hydraulique ou mortier de résine sur support béton, ou en mortier de résine à liant polymères type PC sur support métallique.

L'étanchéité est assurée par un film mince, à base de résine synthétique, appliqué en place et adhérent au support.

Selon la destination de l'ouvrage d'art, les systèmes d'étanchéité liquides sont classés en 5 catégories ; à savoir :

- catégorie A : SEL avec une couche de chaussée PL/VL adaptée au trafic en enrobé bitumineux ou en asphalte ;
- catégorie B : SEL avec un revêtement de circulation piéton, cycliste en résine avec incorporation de granulats ;
- catégorie C : SEL sans revêtement ou éventuellement une couche de finition pour la protéger de l'action des UV ou des agressions chimiques et/ou avoir une fonction esthétique. Ce type de SEL est utilisé uniquement en relevés, en retombées, sur les contre corniches, dans les caniveaux, sur les longrines ancrées pour support des dispositifs de retenue routiers, ... ;
- catégorie D : SEL avec une couche de roulement PL/VL en résine avec incorporation de granulats ;
- catégorie E : SEL avec une protection en béton, recouverte éventuellement d'un revêtement de circulation.

Important : Sur support métallique, en partie circulaire par des véhicules, les procédés avec des systèmes d'étanchéité liquides de catégorie A devront être recouverts par une couche de roulement formulée spécialement pour satisfaire aux contraintes de ce type de support. Dans ce cas, le système d'étanchéité

devra être justifié vis à vis de la résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif, à l'instar des Systèmes d'étanchéité Epais sur Support Métallique.

7.3.2 Composition des systèmes d'étanchéité liquide

7.3.2.1 Système de catégorie A : SEL avec couche de chaussée en enrobé bitumineux ou asphalté pour VL/PL

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.3.1.
- Couche d'accrochage en section courante :
 - o primaire.
- Étanchéité de la section courante, constituée :
 - o d'un revêtement d'étanchéité d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 2 mm, en une ou plusieurs couches ;
 - o d'une couche de liaison résine/couche de chaussée, constituée d'une couche d'accueil en résine et d'un épandage de granulats dans la résine fraîche.

et répondant aux exigences définies à l'article 7.3.3.1.

- Couche de chaussée adaptée au trafic, constituée :
 - o soit d'un enrobé bitumineux ;
 - o soit d'un asphalté.

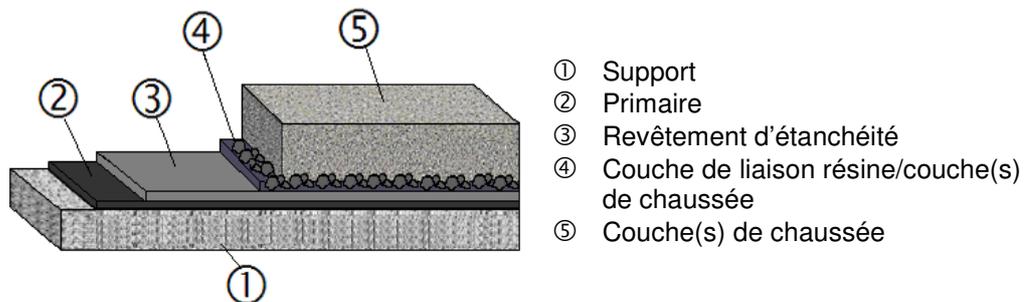


Figure 9 : Coupe type SEL A avec couche de chaussée en enrobé bitumineux ou en asphalté pour VL et PL

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - o système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1) ;
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2. et 7.2.3.1) ;
 - o soit un asphalté 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalté (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un asphalté polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1).
- Étanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - o système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

7.3.2.2 Système de catégorie B : SEL directement circulaire pour piétons et cyclistes

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.3.1.
- Couche d'accrochage en section courante :
 - o primaire.
- Étanchéité de la section courante, constituée :
 - o d'un revêtement d'étanchéité d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 2 mm, en une ou plusieurs couches.

- Couche de roulement constituée :
 - o d'une couche d'accueil en résine ;
 - o d'un épandage de granulats dans la résine fraîche, éventuellement recouvert d'une résine de sertissage.

L'étanchéité de section courante associée au revêtement de circulation répond aux exigences définies à l'article 7.3.3.1.

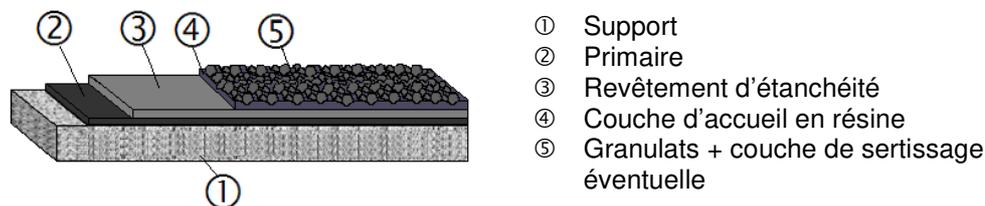


Figure 10 : Coupe type SEL B directement circulaire pour piétons et cyclistes

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - o système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. article 7.3.3.1) ;
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2. et 7.2.3.1) ;
 - o soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1).
- Étanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - o système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

7.3.2.3 Système de catégorie C : SEL non circulé

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.3.1.
- Couche d'accrochage :
 - o primaire.
- Étanchéité sur les relevés, retombées, contre corniches, caniveaux, longrines ancrées pour support des dispositifs de retenue routiers, constituée :
 - o d'un revêtement d'étanchéité d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 2 mm, en une ou plusieurs couches.
- Couche de finition éventuelle de protection contre l'action des UV ou contre les agressions chimiques, ayant éventuellement une fonction esthétique.

L'étanchéité répond aux exigences définies à l'article 7.3.3.1.

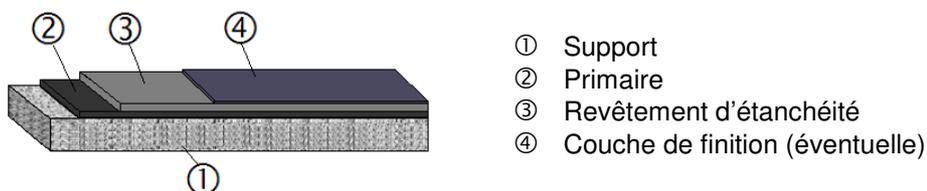


Figure 11 : Coupe type SEL C non circulé

7.3.2.4 Système de catégorie D : SEL directement circulaire VL/PL

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.3.1.
- Couche d'accrochage en section courante :
 - o primaire.
- Étanchéité de la section courante, constituée :

- d'un revêtement d'étanchéité d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 2 mm, en une ou plusieurs couches.

et répondant aux exigences définies à l'article 7.3.3.1.

- Revêtement de circulation adapté au trafic, constitué :
 - d'une couche d'accueil en résine ;
 - d'un épandage de granulats dans la résine fraîche, éventuellement recouvert d'une résine de sertissage.

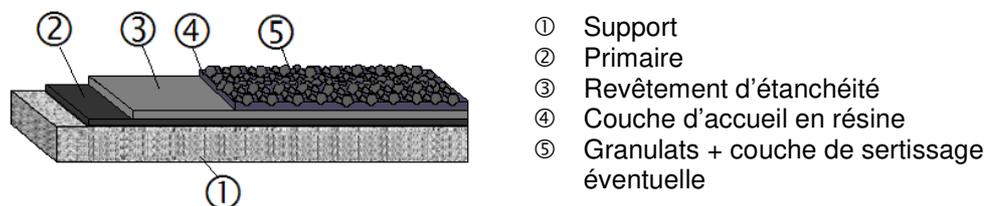


Figure 12 : Coupe type SEL D directement circulaire pour VL et PL

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2) ;
 - soit une feuille préfabriquée type FPM ou FPA (cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1) ;
 - soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance sablé en surface (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1).
 - soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1) ;
 - soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1)
- Étanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

7.3.2.5 Système de catégorie E : SEL sous protection béton

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.3.1.
- Couche d'accrochage en section courante :
 - primaire.
- Étanchéité de la section courante, constituée :
 - d'un revêtement d'étanchéité d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 2 mm, en une ou plusieurs couches et répondant aux exigences définies à l'article 7.3.3.1 ;
 - éventuellement d'une couche de liaison résine/couche(s) de chaussée, constituée d'une couche d'accueil en résine et d'un épandage de granulats dans la résine fraîche.
- Plate-forme en béton, constituée :
 - éventuellement, d'une nappe drainante ou de drains ;
 - d'une couche de protection en béton ;
 - éventuellement, d'un revêtement de circulation.

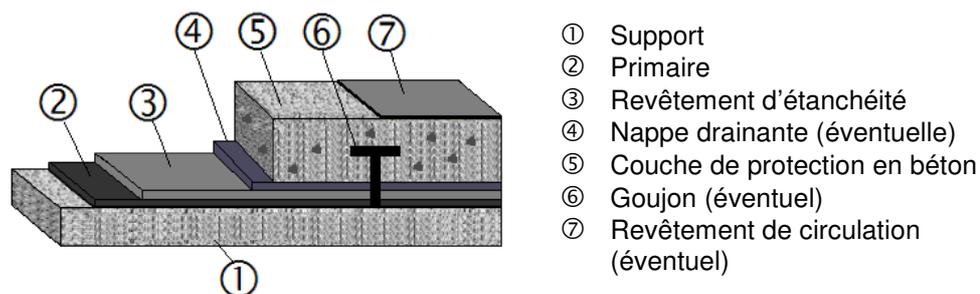


Figure 13 : Coupe type SEL E sous protection béton

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable un primaire) :
 - o système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2.1).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1) ;
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1) ;
 - o soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1)
- Étanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable ou un primaire) :
 - o système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

7.3.3 Propriétés des systèmes

Le CCTP spécifie un procédé d'étanchéité disposant d'un avis technique (ou équivalent) ou fixe les performances à atteindre par le procédé pour chacune des caractéristiques suivantes, qui sont les principaux éléments de preuve de justification à la satisfaction aux propriétés énumérées à l'article 6 :

7.3.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante

Exigences	Caractéristiques	Cat. A	Cat. B	Cat. D	Cat. E
Exigences générales du système	Étanchéité à l'eau	X	X	X	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	X	X	X	X
	Résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif (support métallique)	X	NC	X	NC
	Adhérence au support (> 1 MPa)	X	X	X	X
	Adhérence au support aux conditions limites d'application (> 1 MPa)	X	X	X	X
	Résistance au poinçonnement statique	X	NC	NC	X
	Résistance au poinçonnement dynamique	NC	X	X	NC
	Résistance à la traction	X	X	X	X
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	X	NC	NC	NC
	Résistance au cisaillement d'interface	X	X	X	NC
Exigences relatives à la durabilité	Tenue aux cycles gel/dégel	X	X	X	NC
	Résistance aux agents agressifs	X	X	X	NC
	Dureté	X	X	X	X

Exigences	Caractéristiques	Cat. A	Cat. B	Cat. D	Cat. E
	Absorption d'eau (< 2,5 %)	X	X	X	X
	Vieillessement chaleur	X	X	X	NC
	Résistance à l'orniérage	X	NC	NC	NC
	Résistance aux chocs thermiques	X	NC	NC	NC
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	NC	X	X	NC
	PMT (avant et après usure)	NC	X	X	NC
	Adhérence surfacique (avant et après usure), mesurée au pendule SRT	NC	X	X	NC

Tableau n°5 : propriétés des SEL en section courante

X : requis / NC : non concerné

7.3.3.2 Propriétés de l'étanchéité en SEL C pour parties non circulées

Exigences	Caractéristiques	Cat. C
Exigences générales du système	Etanchéité à l'eau	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	X
	Adhérence au support (> 1 MPa)	X
	Adhérence au support aux conditions limites d'application (> 1 MPa)	X
	Résistance au poinçonnement statique	NC
	Résistance au poinçonnement dynamique	X
	Résistance à la traction	X
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	NC
	Résistance au cisaillement d'interface	NC
Exigences relatives à la mise en œuvre	Application en surface verticale	X
Exigences relatives à la durabilité	Résistance au pelage	NC
	Tenue aux cycles gel/dégel	X
	Résistance aux agents agressifs	X
	Dureté	X
	Absorption d'eau (< 2,5 %)	X
	Vieillessement chaleur	X
	Résistance à l'orniérage	NC
	Résistance aux chocs thermiques	NC
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	X

Tableau n°6 : propriétés des SEL en relevés et autres parties non circulées

X : requis / NC : non concerné

Dans le cas des retombées réalisées avec des systèmes d'étanchéité liquide, il conviendra de rajouter, pour les parties sous remblai, la caractéristique « Résistance aux racines ».

7.4 Les procédés d'étanchéité mis en œuvre par des Moyens à Haute Cadence (MHC)

7.4.1 Généralités

On entend par procédés d'étanchéité mis en œuvre par des Moyens à Haute Cadence, appelés couramment procédés MHC, les complexes d'étanchéité/couche de roulement mis en œuvre sur support béton par des moyens mécaniques similaires à ceux utilisés pour la réalisation des couches de chaussée en enrobé bitumineux (finisseurs).

Les équipements routiers utilisés pour la mise en œuvre des procédés MHC conduisent à des cadences élevées.

Les procédés MHC sont utilisés pour réaliser l'étanchéité des parties de tablier suivantes :

- circulées par les véhicules ;

- circulées par les piétons et les cyclistes.

Le support de l'étanchéité est constitué par :

- du béton armé ou précontraint (incluant les renformis en béton ou mortier hydraulique, ou mortier de résine) ;
- un reprofilage en enrobé bitumineux.

Ces procédés ne s'appliquent pas aux parties latérales des ouvrages type longrines, ni aux trottoirs.

Ils font appel à des liants bitumineux modifiés par des polymères.

L'étanchéité est assurée par un complexe constitué d'un ensemble chape d'étanchéité et couche de roulement indivisible mis en œuvre à l'aide de moyens mécaniques analogues à ceux utilisés pour la mise en œuvre d'enrobés routiers et d'enduits superficiels.

7.4.2 Composition des procédés MHC sur parties circulées par des véhicules

Tous les procédés décrits ci-après sont obligatoirement recouverts de couche(s) de chaussée.

- Support d'étanchéité défini à l'article 7.4.1.
- Couche d'accrochage en section courante (aucune couche d'accrochage n'est à appliquer sur les reprofilages en enrobé bitumineux) :
 - o soit un enduit d'imprégnation à froid (EIF) ;
 - o soit une couche d'accrochage à l'émulsion bitumineuse, mise en œuvre mécaniquement.
- Étanchéité de la section courante, constituée :
 - o d'une couche d'un micro-béton bitumineux à base de bitume modifié par des polymères, d'une épaisseur minimale de 2 cm ;
 - o d'une membrane bitumineuse (dosée à 1 kg/m² de liant résiduel au minimum) en bitume modifié par des polymères ou d'une couche d'émulsion de bitume modifié par des polymères (dosée à 0,6 kg/m² de liant résiduel au minimum) ;
 - o d'une protection par gravillonnage ;
 - o d'une couche d'enrobé bitumineux (de roulement et éventuellement de liaison) formulée avec un bitume modifié par des polymères, d'une épaisseur supérieure ou égale à 4 cm.

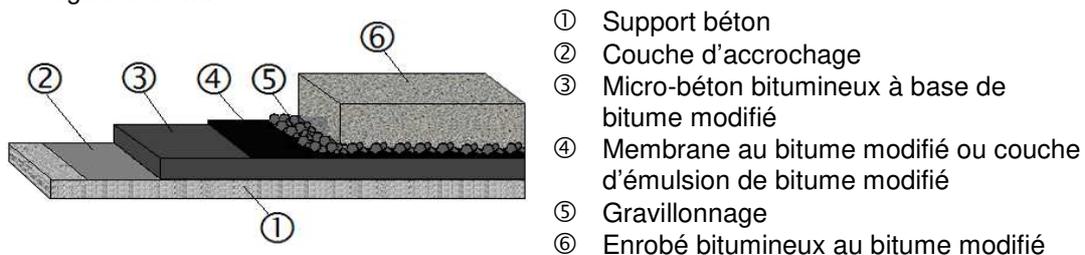


Figure 14 : Coupe type MHC

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit une feuille bitumineuse type FPM adhérente (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1) ;
 - o soit une membrane de liant modifié aux polymères appliquée mécaniquement (cf. articles 7.5.2.1 et 7.5.4.1.1) ;
 - o soit un produit d'étanchéité liquide pour relevé compatible avec l'étanchéité de la partie courante (cf. article 7.2.3.2.2).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1) ;
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA (cf. articles 7.2.2 et 7.2.3.1) ;

- soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1).
- Etanchéité des retombées (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - soit une feuille préfabriquée type FPM adhérente (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.3) ;
 - soit un système d'étanchéité liquide de catégorie C compatible avec l'étanchéité de la section courante (cf. articles 7.3.2.3 et 7.3.3.2).

7.4.3 Propriétés des procédés

Le CCTP spécifie un procédé d'étanchéité disposant d'un avis technique (ou équivalent) ou fixe les performances à atteindre par le procédé pour chacune des caractéristiques suivantes, qui sont les principaux éléments de preuve de justification à la satisfaction aux propriétés énumérées à l'article 6.

7.4.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante

Propriétés générales :

Exigences	Caractéristiques	
Exigences générales du système	Etanchéité à l'eau	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	NC
	Résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif (support métallique)	NC
	Adhérence au support	NC
	Adhérence au support aux conditions limites d'application	NC
	Résistance au poinçonnement statique	NC
	Résistance au poinçonnement dynamique	NC
	Résistance à la traction	NC
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	X
	Résistance au cisaillement d'interface	X
Exigences relatives à la durabilité	Tenue aux cycles gel/dégel	NC
	Résistance aux agents agressifs	NC
	Dureté	NC
	Absorption d'eau	NC
	Vieillessement chaleur sur le liant uniquement	X
	Résistance à l'orniérage	X
	Résistance aux chocs thermiques	NC
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	NC
	PMT (avant et après usure)	NC
Adhérence surfacique (avant et après usure), mesurée au pendule SRT	NC	

Tableau n°7 : propriétés des procédés MHC en section courante

X : requis / NC : non concerné

Caractérisations des liants modifiés par des polymères :

- point de ramollissement Bille & Anneau (NF EN 1427) ;
- point de fragilité Fraass (NF EN 12593) ;
- pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C (NF EN 1426) ;
- résistance à la traction (NF EN 13587).

Caractérisations des bétons bitumineux :

- aptitude au compactage (NF EN 12697-31) ;
- sensibilité à l'eau (NF EN 12697-12) ;
- résistance à l'orniérage (NF EN 12697-22+A1).

7.4.3.2 Propriétés de l'étanchéité en relevés et retombées

7.4.3.2.1 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés

Dans le cas des relevés et retombées réalisés avec des feuilles bitumineuses adhérentes, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.2.1.

7.4.3.2.2 Propriétés de l'étanchéité réalisée en membranes de liant modifié pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des membranes de liant modifié, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.5.3.2.1, et en y ajoutant les caractéristiques « Application en surface verticale », et « Résistance au rayonnement ultraviolet » dans le cas où le relevé est exposé.

7.4.3.2.3 Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des produits d'étanchéité liquide, il conviendra de se reporter à l'article 7.2.3.2.2.

7.4.3.2.4 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour retombées

Dans le cas des retombées réalisées avec des feuilles bitumineuses adhérentes, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.2.3, en y ajoutant la caractéristique « Résistance aux racines » pour les parties sous remblai.

7.4.3.2.5 Propriétés des systèmes d'étanchéité liquide (SEL) pour retombées

Dans le cas des retombées réalisées avec des systèmes d'étanchéité liquide, il conviendra de se reporter à l'article 7.3.3.2.

7.5 Les systèmes d'étanchéité épais sur support métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux (SESM)

7.5.1 Généralités

On entend par Systèmes d'étanchéité Epais sur Support Métallique (SESM) les complexes d'étanchéité adhérents mis en œuvre sur un support métallique soumis à une flexion inverse qui intègrent une couche de roulement en enrobé bitumineux formulée spécialement. Ils sont mis en œuvre par des moyens mécaniques de type finisseurs.

Nota : La formulation spéciale des bétons bitumineux intégrés à ces systèmes épais d'étanchéité a pour objectif de répondre aux contraintes des supports métalliques, et plus particulièrement aux effets de flexion du métal.

Les matériels routiers utilisés pour la mise en œuvre de ces systèmes épais conduisent à des cadences élevées.

Les Systèmes d'étanchéité Epais sur Support Métallique sont utilisés pour réaliser l'étanchéité des parties de tablier suivantes :

- circulées par les véhicules ;
- circulées par les piétons et les cyclistes.

Le support de l'étanchéité est constitué exclusivement de métal (par exemple dalle orthotrope).

Ces procédés ne s'appliquent pas aux parties latérales des ouvrages type longrines.

L'étanchéité est assurée par un complexe constitué d'un ensemble chape d'étanchéité et couche de roulement indivisible, mis en œuvre de préférence à l'aide de moyens mécaniques.

7.5.2 Composition des Systèmes Epais sur parties circulées par des véhicules

Tous les systèmes décrits ci-après sont obligatoirement recouverts par une ou plusieurs couches de roulement.

7.5.2.1 Système avec membrane de liant modifié

- Support d'étanchéité : métallique.
- Couche d'accrochage en section courante : enduit d'imprégnation à froid (EIF).
- Étanchéité de la section courante : membrane de liant modifié par des polymères, dosée à 2 kg/m² au minimum et protégée par un gravillonnage léger et répondant aux exigences définies à l'article 7.5.3.1.
- Couche de roulement de 6 cm d'épaisseur minimum, faisant partie du système, formulée avec un bitume modifié par des polymères.

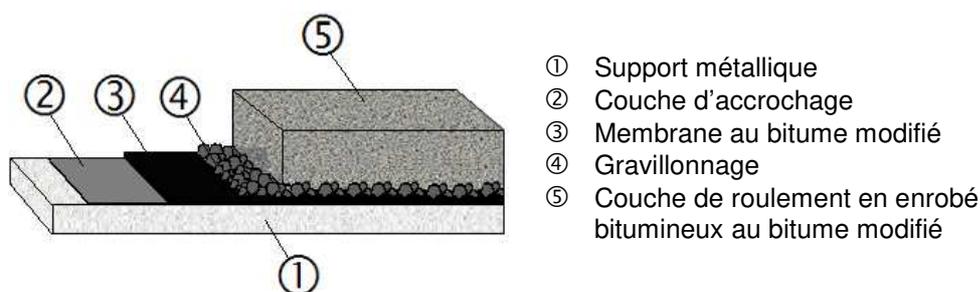


Figure 15 : Coupe type SESM avec membrane

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit une membrane de liant modifié par des polymères (cf. l'article 7.5.3.2.1) ;
 - o soit une feuille bitumineuse type FPM adhérente (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1) ;
 - o soit un produit d'étanchéité liquide pour relevé compatible avec l'étanchéité de la partie courante (cf. article 7.2.3).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
 - o soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1) ;
 - o soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA adhérente (cf. articles 7.2.2.1, 7.2.2.2 et 7.2.3.2.1) ;
 - o soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1).

7.5.2.2 Système avec feuilles préfabriquées

- Support d'étanchéité : métallique.
- Couche d'accrochage en section courante : enduit d'imprégnation à froid (EIF).
- Étanchéité de la section courante : feuille bitumineuse préfabriquée monocouche type FPM adhérente au support et autoprotégée de 4 mm d'épaisseur minimum mesurée sur la bande de recouvrement et répondant aux exigences définies à l'article 7.5.3.1.
- Couche de roulement faisant partie du système, formulée avec un bitume modifié par des polymères, de 6 cm d'épaisseur minimum.

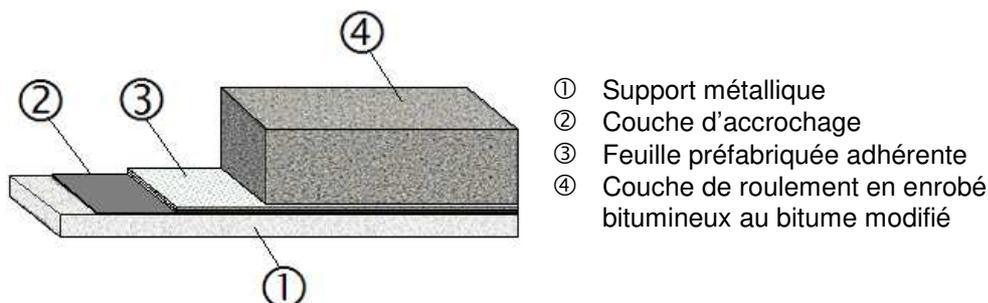


Figure 16 : Coupe type SESM avec feuille préfabriquée

- Étanchéité des relevés (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :
 - o soit une feuille bitumineuse type FPM adhérente (cf. articles 7.2.2.1 et 7.2.3.2.1) ;
 - o soit un produit d'étanchéité liquide pour relevé compatible avec l'étanchéité de la partie courante (cf. article 7.2.3.2.2).
- Étanchéité des trottoirs faisant partie intégrante de la structure (sur support ayant reçu au préalable une couche d'accrochage) :

- soit un asphalte 8+22 en semi-indépendance recevant éventuellement un saupoudrage ou tout autre traitement architectural compatible avec l'asphalte (cf. articles 7.1.2.1 et 7.1.3.1) ;
- soit un asphalte polymère coulé à gros granulats recouvert (cf. articles 7.1.2.2 et 7.1.3.1) ;
- soit une feuille préfabriquée type FPM recouverte, ou FPA adhérente (cf. articles 7.2.2.1, 7.2.2.2 et 7.2.3.1) ;
- soit un système d'étanchéité liquide de catégorie B ou autres (cf. articles 7.3.2.2 et 7.3.3.1).

7.5.3 Propriétés des procédés

Le CCTP spécifie un procédé d'étanchéité disposant d'un avis technique (ou équivalent) ou fixe les performances à atteindre par le procédé pour chacune des caractéristiques suivantes, qui sont les principaux éléments de preuve de justification à la satisfaction aux propriétés énumérées à l'article 6.

7.5.3.1 Propriétés de l'étanchéité en section courante

Propriétés générales :

- Pour les procédés réalisés à base de membranes de liant modifié :

Exigences	Caractéristiques	
Exigences générales du système	Etanchéité à l'eau	X
	Résistance à la fissuration ou à la déformation du support (support béton)	NC
	Résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif (support métallique)	X
	Adhérence au support	NC
	Adhérence au support aux conditions limites d'application	NC
	Résistance au poinçonnement statique	NC
	Résistance au poinçonnement dynamique	NC
	Résistance à la traction	NC
	Résistance à la mise en œuvre des couches sus-jacentes	X
	Résistance au cisaillement d'interface	X
Exigences relatives à la durabilité	Tenue aux cycles gel/dégel	NC
	Résistance aux agents agressifs	NC
	Dureté	NC
	Absorption d'eau	NC
	Vieillessement chaleur sur liant uniquement	X
	Résistance à l'orniérage du procédé complet	X
	Résistance aux chocs thermiques	NC
	Résistance au rayonnement ultraviolet (traction)	NC
PMT (avant et après usure)	NC	
Adhérence surfacique (avant et après usure), mesurée au pendule SRT	NC	

Tableau n°8 : propriétés des membranes de liant modifié en section courante

X : requis / NC : non concerné

- Pour les procédés réalisés à base de feuilles préfabriquées FPM adhérentes, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.1, en y substituant la caractéristique « Résistance à la fatigue en flexion inverse sous moment négatif » sur le procédé complet, à la « Résistance à la fissuration ou à la déformation du support ».

Caractérisations des liants modifiés par des polymères :

- point de ramollissement Bille & Anneau (NF EN 1427) ;
- point de fragilité Fraass (NF EN 12593) ;
- pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C (NF EN 1426) ;
- résistance à la traction (NF EN 13587).

Caractérisations des bétons bitumineux :

- aptitude au compactage (NF EN 12697-31) ;
- sensibilité à l'eau (NF EN 12697-12) ;
- résistance à l'orniérage (NF EN 12697-22+A1).

7.5.3.2 Propriétés de l'étanchéité en relevés

7.5.3.2.1 Propriétés de l'étanchéité réalisée en membranes de liant modifié pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des membranes de liant modifié, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.5.3.1, en y ajoutant les essais caractéristiques « Application en surface verticale », et « Résistance au rayonnement ultraviolet » dans le cas où le relevé est exposé.

7.5.3.2.2 Propriétés de l'étanchéité réalisée en feuilles bitumineuses pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des feuilles bitumineuses adhérentes, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.2.1.

7.5.3.2.3 Propriétés des produits d'étanchéité liquide (PEL) pour relevés

Dans le cas des relevés réalisés avec des produits d'étanchéité liquide, il conviendra de se référer aux caractéristiques mentionnées à l'article 7.2.3.2.2.

CHAPITRE III : MODALITES D'EXECUTION DES TRAVAUX

Article 8 : Qualité du support préalable à la mise en œuvre du procédé d'étanchéité

8.1 Stipulation générale

La mise en œuvre de l'étanchéité devra faire l'objet obligatoirement d'une préparation préalable du support en vue d'obtenir les conditions minimales de mise en œuvre spécifiées dans les tableaux n°9, 11 et 12.

Nota : il est recommandé d'avoir une pente minimale du support de 1%, dirigée vers les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales, ou les extrémités d'ouvrages pour les ouvrages d'art de faibles dimensions.

La réception de ce support constitue un point d'arrêt au sens de l'Assurance Qualité. Devront être présents les représentants du maître d'œuvre, du titulaire du lot génie civil et de l'étancheur.

Dans le cas d'un support métallique, il convient de procéder dans un premier temps, avant grendage, à une réception portant sur sa géométrie, puis dans un deuxième temps, immédiatement avant l'application de l'étanchéité, à une réception sur l'état de surfaçage après préparation.

Si l'état du support n'offre pas les conditions minimales évoquées ci-dessus, le titulaire du lot génie civil est tenu de procéder, ou de faire procéder à sa charge aux rectifications et améliorations du support avant tout démarrage des travaux d'étanchéité.

8.2 Les différents types de support

Les différents types de supports concernés par le présent fascicule sont :

- les surfaces en béton (*non coffré, coffré, préfabriqué, y compris les renformis en béton hydraulique*) ;
- les surfaces de mortier hydraulique ou de mortier de résine (*ragréages, renformis*) ;
- les surfaces métalliques ;
- les surfaces en enrobé bitumineux.

8.3 Stipulations particulières relatives aux travaux de réfection

Dans le cas de la réfection de l'étanchéité, les moyens retenus, pour déposer le complexe existant étanchéité et couche de roulement, devront préserver l'intégrité du support. Pour cela il convient de procéder à une reconnaissance préalable du type d'étanchéité, et des épaisseurs à déposer. Pour la détermination des épaisseurs, l'utilisation d'un radar géophysique est particulièrement adaptée.

Après cette phase, un état des lieux devra être réalisé afin de définir les travaux de préparation ou d'adaptation du support, pour le mettre en conformité avec le présent fascicule et de définir le mode constructif pour la réalisation des éventuels ragréages ou réparations, des raccordements aux existants et autres particularités techniques (gargouilles, joint de dilatation, équipements). Ces travaux seront effectués en vue d'obtenir les conditions optimales pour la mise en œuvre de l'étanchéité.

Nota : pour tenir compte de délais de réalisation réduits et des contraintes liées à l'exploitation, il est recommandé d'intégrer en variantes, dans le CCTP et le BP, des procédés et/ou produits susceptibles de se substituer totalement ou partiellement aux procédés et produits proposés en solution de base.

Nota : il est de la responsabilité du maître d'ouvrage de faire réaliser au préalable un diagnostic amiante des matériaux entrant dans la composition des couches de chaussée à déposer.

8.4 Stipulations particulières aux supports en béton

L'ouvrage est réalisé conformément aux stipulations du fascicule n°65.

Pour l'application de l'étanchéité, la surface du support doit avoir un aspect régulier et présenter les caractéristiques suivantes :

- planéité : niveau de parement P2 en référence au fascicule de documentation P18-503. Les tolérances de forme correspondant au niveau P2 sont fixées par rapport à un gabarit de 2,00 m et un gabarit de 0,20 m. La différence entre les écarts minimaux et maximaux par rapport au gabarit ne doit pas excéder les valeurs suivantes : 8 mm avec un gabarit de 2,00 m et 3 mm avec un gabarit de 0,20 m.
- texture (surfaces coffrées, principalement les parements verticaux) : niveau E(2-2-2) suivant le fascicule de documentation P18-503, soit :
 - o E(2,-,-) bullage moyen reparti sur l'ensemble de la surface considérée : surface maximale par bulle 1,5 cm², profondeur maximale 3 mm, surface maximale du bullage 3 % ;
 - o E(-,2,-) zones de bullage concentré : 10 % maximum ;
 - o E(-,-,2) défauts localisés (surface maximale admissible d'un défaut localisé) : 8 cm².
- profondeur moyenne de texture : PMT ≤ 1 mm, 1,5 mm ou 2 mm selon les procédés (cf. tableau n 9) pour les supports horizontaux suivant la norme NF EN 13036-1.
- cohésion superficielle du support (y compris ragréage éventuel) supérieure à 1,5 MPa ;
- délai de séchage minimal du béton (cf. tableau 9) ;
- absence en surface de laitance, de produits de cure, de coulis durci, de terre, argile, graisse, poussière ou autres souillures de chantier.

Procédés d'étanchéité	Délai de séchage minimal du béton	Humidité massique maximale du support	Cohésion superficielle	Planéité P(n) selon FD P 18503	Texture E(n,m,p) selon FD P 18503	Profondeur Moyenne de Texture (PMT) selon NF EN 13036-1
Procédés mis en œuvre en semi-indépendance						
Asphalte bicouche	14 jours	4,5%, mesurés à la bombe à carbure	> 1,5 MPa	≤ 3 mm ≤ 8 mm P2	E(2-2-2)	PMT ≤ 1,5 mm
Feuilles FPM						PMT ≤ 1 mm
Feuilles FPA						PMT ≤ 1 mm
Procédés adhérents						
Asphalte monocouche	14 jours	4,5%, mesurés à la bombe à carbure	> 1,5 MPa	≤ 3 mm ≤ 8 mm P2	E(2-2-2)	PMT ≤ 1,5 mm
Feuilles FPM						PMT ≤ 1 mm
Feuilles FPA						PMT ≤ 1 mm
SEL						PMT ≤ 1 mm
PEL						PMT ≤ 1 mm
Procédés MHC						PMT ≤ 2 mm

Tableau n°9 : Exigences relatives au support d'étanchéité en béton

8.5 Stipulations particulières aux supports métalliques

Pour l'application de l'étanchéité, la surface du support doit présenter les caractéristiques suivantes :

- absence d'arêtes vives, de grattons de soudure, de bavures ;
- planéité : l'ajustement après montage des dalles orthotropes d'épaisseur de plaque t doit satisfaire aux critères de dénivellation, de pente de raccordement, de tolérance de planéité et de surépaisseur de soudure, énoncés à l'annexe D.2.18.18 de la norme NF EN 1090-2+A1 :

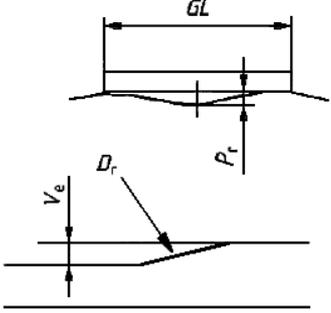
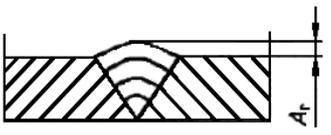
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Ajustement, après montage, des dalles orthotropes d'épaisseur de plaque t</p>  <p>Légende GL Longueur de référence Pr Écart Ve Palier Dr Pente</p>	<p>Différence de niveau au point de raccordement :</p> <p>$t \leq 10 \text{ mm}$: $10 \text{ mm} < t \leq 70 \text{ mm}$ $t > 70 \text{ mm}$:</p> <p>Pente au point de jonction (point de raccordement) :</p> <p>$t \leq 10 \text{ mm}$: $10 \text{ mm} < t \leq 70 \text{ mm}$ $t > 70 \text{ mm}$:</p> <p>Planéité dans toutes les directions :</p> <p>$t \leq 10 \text{ mm}$: Cas général : Longitudinalement :</p> <p>NOTE : Les valeurs pour Pr peuvent être interpolées pour : $10 \text{ mm} < t \leq 70 \text{ mm}$</p>	<p>$Ve = 2 \text{ mm}$ $Ve = 5 \text{ mm}$ $Ve = 8 \text{ mm}$</p> <p>$Dr = 8 \%$ $Dr = 9 \%$ $Dr = 10 \%$</p> <p>$Pr = 3 \text{ mm}$ sur la longueur de référence de 1 m $Pr = 4 \text{ mm}$ sur la longueur de référence de 3 m $Pr = 5 \text{ mm}$ sur la longueur de référence de 5 m</p> <p>$Pr = 5 \text{ mm}$ sur la longueur de référence de 3 m $Pr = 18 \text{ mm}$ sur la longueur de référence de 3 m</p>
2	<p>Soudage des dalles orthotropes :</p> 	<p>Surépaisseur Ar de la soudure au-dessus de la surface environnante :</p>	<p>$Ar = - 0 \text{ mm} / +1 \text{ mm}$</p>

Tableau n°10 : Tolérances fonctionnelles de montage - Tabliers de ponts

- degré de soin Sa $2^{1/2}$ de préparation des surfaces (ISO 8501-1) ;
- rugosité minimale de type moyen G ou S appréciée au moyen d'un comparateur viso-tactile suivant la norme NF EN ISO 8503-2.

Procédés d'étanchéité	Degré de soin (ISO 8501-1)	Rugosité (ISO 8503-2)	Degré de soin (*) (NF EN 12944-4)
Asphalte monocouche	Sa 2 ^{1/2}	Moyen G ou S	St3
SEL de catégorie B, C ou D	Sa 2 ^{1/2}	Moyen G ou S	St3
SESM avec membrane de liant modifié	Sa 2 ^{1/2}	Moyen G ou S	St3
SESM avec feuilles préfabriquées	Sa 2 ^{1/2}	Moyen G ou S	St3

Tableau n°11 : Exigences relatives au support d'étanchéité métallique

(*) : applicable uniquement aux zones non accessibles au décapage par grenailage ou sablage

8.6 Stipulations particulières aux supports en enrobé bitumineux

Pour l'application de l'étanchéité, la surface du support doit avoir un aspect régulier et présenter les caractéristiques suivantes :

- profondeur Moyenne de Texture : PMT ≤ 1 mm pour les supports horizontaux suivant la norme NF EN 13036-1 ;
- absence en surface de terre, argile, graisse, poussière ou autres souillures de chantier.

Les enrobés bitumineux de reprofilage doivent répondre à la norme NF EN 13108-1. Ils doivent faire l'objet d'une étude de formulation spécifique. En particulier, ils doivent avoir une teneur en liant minimum de 5,8 %, afin d'assurer une bonne adhérence avec le matériau sus-jacent, ainsi qu'une compacité minimum de 94 % (valeur obtenue à 60 girations lors de l'essai d'aptitude au compactage selon la NF EN 12697-31) afin de limiter les migrations d'eau à l'intérieur du produit. La granulométrie du produit sera de 0/6 ou 0/10 mm, selon l'épaisseur du reprofilage et les contraintes mécaniques.

8.7 Stipulations particulières aux supports en mortier hydraulique ou de résine

Pour l'application de l'étanchéité, la surface du support doit avoir un aspect régulier et présenter les caractéristiques suivantes :

- profondeur Moyenne de Texture: PMT ≤ 1 mm ou à 1,5 mm selon les procédés (cf. tableau n°12) pour les supports horizontaux suivant la norme NF EN 13036-1 ;
- adhérence du produit de réparation sur le support suivant la norme NF EN 1542 ;
- absence en surface de terre, argile, graisse, poussière ou autres souillures de chantier.

Procédés d'étanchéité	Délai de recouvrement sur béton hydraulique conforme à NF EN 206/CN (ép. > 30 mm)	Humidité massique maximale du support	Délai de recouvrement (*) sur mortier hydraulique R4 conforme à NF EN 1504-3 (ép. > 10 mm)	Délai de recouvrement (*) sur mortier de résine conforme à NF EN 1504-3	Adhérence du produit de réparation (selon NF EN 1542)	PMT (selon NF EN 13036-1)
Procédés mis en œuvre en semi-indépendance						
Asphalte bicouche	14 jours	4,5%, mesurés à la bombe à carbure	7 jours	2 jours	1,5 MPa	PMT ≤ 1,5 mm
Feuilles FPM / FPA						PMT ≤ 1 mm
Procédés adhérents						
Asphalte monocouche	14 jours	4,5%, mesurés à la bombe à carbure	7 jours	2 jours	1,5 MPa	PMT ≤ 1,5 mm
Feuilles FPM / FPA						PMT ≤ 1 mm
SEL						PMT ≤ 1 mm
PEL						PMT ≤ 1 mm
Procédés MHC						PMT ≤ 2 mm

Tableau n°12 : Exigences relatives au support d'étanchéité en mortier hydraulique et de résine

(*) : dans des conditions d'application à 20°C

8.8 Contrôles

Le CCTP définit les contrôles à effectuer, dont les modalités de réalisation seront décrites dans le PAQ de l'entreprise de génie civil ou d'étanchéité.

La répartition des principales tâches de contrôle, entre les différents intervenants, est décrite dans le tableau n°13.

Produit / Phase du chantier	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions
Procédures : - d'enlèvement du complexe existant (cas des réfections) - de préparation du support au regard du procédé d'étanchéité choisi		X		X Visa des propositions d'entreprises	Conformité avec les exigences du CCTP
Examen du support préalable aux ragréages et reprofilages (cas de réfection d'un complexe d'étanchéité)		X	X ^(*) Contrôle de la cohésion superficielle du support béton	X Visa sur les solutions proposées par les entreprises	
Produits de ragréage / reprofilage par : - mortier ou béton hydraulique - mortier de résine - enrobé bitumineux		X	X Conformité avec le tableau n°12 (cf. article 8.7). Notice technique de la formule du BB conforme aux stipulations de l'article 8.6.	X Visa des propositions d'entreprises (choix en adéquation avec le délai imparti)	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Date de péremption, N° de lot, quantité	X		X Conformité au PAQ et à la commande	X Visa	
Préparation du support, comprenant : le grenailage / sablage / hydrodécapage	X		X* Respect des dispositions prévues Epreuve de convenance	X Organisation si besoin des épreuves de convenance	Elimination laitance, produit de cure, résidus d'étanchéité,
la mise en œuvre du ragréage / reprofilage	X		X Conditions de mise en œuvre Prélèvement d'échantillons. Contrôle qualité du BB de reprofilage. Contrôle du compactage Contrôle d'adhérence.	X Visa	
la réception du support		X	X*	X Réception conforme aux articles 8.4 et 8.5 ci-avant	Cf. prescriptions ci-après le tableau

Tableau n°13 : Répartition des tâches de contrôles lors de la préparation de support et de la réalisation des ragréages / reprofilages

(*) : généralement à la charge de l'entreprise de génie civil

Contrôle de la préparation de surface du support

Un contrôle portant sur la préparation de la surface du support est effectué par l'entreprise titulaire du génie civil à la réception, en présence de l'étancheur.

- sur support en béton et en mortier hydraulique ou de résine (*cf. tableaux n°9 et 12*) :
 - o examen visuel ;
 - o cohésion superficielle par essai de traction ;
 - o rugosité par mesure de la PMT ;
 - o planéité par mesure à la règle de 2 mètres ;
 - o teneur en eau.
- sur support métallique (*cf. tableaux n° 10 et 11*):
 - o examen visuel ;
 - o degré de soin ;
 - o rugosité.

Contrôles de conformité des matériaux

Un contrôle portant sur la date limite d'utilisation éventuelle, les conditions de stockage, etc..., sera effectué par le titulaire à la réception des matériaux de ragréage ou de reprofilage.

Ces points pourront également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, un prélèvement conservatoire du produit destiné au ragréage / reprofilage sera réalisé, et en cas de litige, cet échantillon pourra faire l'objet d'une identification portant sur :

- masse volumique, extrait sec, teneur en cendres et viscosité ;
- nature des composants (par spectre infrarouge) ;
- dureté shore A à 2 jours et 7 jours (à 20 °C) ;
- résistance à la traction et déformation à la force maximum à 23 °C.

Pour l'ensemble des matériaux, un certificat de qualité ou de conformité peut être demandé au fabricant.

Contrôles lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur à l'initiative du maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

- les conditions d'ambiance et d'humidité de support ;
- les conditions de stockage des matériaux ;
- pour les enrobés bitumineux de reprofilage :
 - o les contrôles de fabrication (granulométrie et teneur en liant) ;
 - o le contrôle des températures d'application ;
 - o le contrôle visuel de l'aspect et de l'état de surface des enrobés bitumineux ;
 - o le compactage.

Article 9 : Épreuves de convenance

Avant le démarrage ou au début des travaux d'étanchéité une zone d'essais peut être réalisée dans les conditions réelles du chantier, avec le procédé, les matériels et le personnel prévus par le titulaire du marché dans son plan d'assurance qualité. L'épreuve de convenance doit alors être validée par un programme de contrôles adapté.

Cette épreuve de convenance peut être demandée dans le CCTP, notamment en cas de doute sur la compatibilité du support avec le complexe proposé, sur un produit de réparation utilisé, ou sur l'adéquation entre le procédé d'étanchéité et les moyens retenus pour sa mise en œuvre.

Article 10 : Mise en œuvre

10.1 Procédés à base d'asphalte coulé

10.1.1 Conditions d'application

10.1.1.1 Ambiance

Les conditions admissibles de mise en œuvre traditionnelle sont celles définies ci-après :

- température minimale du support d'étanchéité : + 2 °C ;
- température ambiante minimale sur site : + 2 °C ;
- support non condensant : la température du support d'étanchéité doit dépasser de 3 °C celle du point de rosée ou de givre.

10.1.1.2 Humidité du support

La mise en œuvre de la chape d'étanchéité est interdite sous la pluie. Le support d'étanchéité doit en outre respecter les conditions d'humidité suivantes :

- le taux d'humidité du support d'étanchéité en béton et mortier hydraulique doit être inférieure à 4,5 % en masse mesurés à la bombe au carbure (profondeur de 4 cm) ou à 80 % en volume mesurés à la sonde hygrométrique ;
- le support d'étanchéité ne doit présenter ni film d'eau, ni givre en surface, même si les conditions d'ambiance sont respectées.

Le support d'étanchéité peut être asséché artificiellement par un moyen adapté avant et après application de la couche d'accrochage. Le moyen envisagé ne doit pas dégrader le support d'étanchéité.

10.1.2 Couche d'accrochage

Elle est appliquée sur un support d'étanchéité préparé et réceptionné (*cf. article 8*), propre et sec, exempt de toutes souillures et/ou matières sans cohésion (terre, argile, poussière, laitance, produit de cure, hydrocarbure, huile ou graisse...). L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Le produit doit recouvrir uniformément toute la surface du support d'étanchéité, selon le dosage et le mode d'application préconisés par le fabricant : les manques sont repris et les accumulations sont éliminées.

10.1.3 Segmentation

Les procédés d'étanchéité semi-indépendants peuvent être segmentés, afin de circonscrire d'éventuelles fuites.

Cette segmentation sera assurée par une interruption de la couche de semi-indépendance sur une largeur de 20 cm minimum sous le mastic d'asphalte, ou par la soudure en plein de bandes de 20 cm de largeur minimale issues d'une feuille intégrée dans un procédé de type FPA adhérente. Ces dernières seront mises en œuvre transversalement à l'axe de l'ouvrage.

La surface de segmentation ne devra pas excéder 300 m².

10.1.4 Mise en œuvre en section courante sous chaussées

Le travail ne doit pas être entrepris avant que le primaire soit sec ou polymérisé et les solvants éventuels évaporés selon les préconisations du fabricant, et en tenant compte des conditions ambiantes.

Mise en œuvre de l'asphalte coulé gravillonné monocouche :

- L'asphalte est mis en œuvre sur une épaisseur de 15 mm à - 3 mm / + 5 mm, directement sur le primaire bouche pores. L'application est réalisée manuellement à l'aide d'une palette d'applicateur en bois, éventuellement une raclette en bois, ou mécaniquement à l'aide d'un finisseur à asphalte.

Mise en œuvre du complexe 8+22 :

- Le mastic d'asphalte est mis en œuvre sur une épaisseur de 8 mm à ± 2 mm, sur un écran de semi-indépendance en résille de verre ou en papier perforé. L'application est réalisée manuellement à l'aide d'une planche « à pur » ou d'une raclette à manche. En périphérie, et éventuellement en

segmentation, le mastic d'asphalte sera en adhérence totale sur 20 cm avec interruption de l'écran de semi-indépendance.

- L'asphalte gravillonné est mis en œuvre sur une épaisseur de 22 mm à ± 3 mm, directement sur la couche de mastic d'asphalte. L'application est réalisée manuellement à l'aide d'une palette d'applicateur en bois, ou mécaniquement à l'aide d'un finisseur à asphalte. En cas de réalisation des travaux en plusieurs phases, l'arrêt de la couche d'asphalte gravillonné, par rapport à la couche de mastic d'asphalte, devra être décalé d'au moins 0,20 m. (absence de joints superposés).

10.1.5 Relevés

L'étanchéité des relevés sera réalisée soit :

- avec du mastic d'asphalte, appliqué en plusieurs couches repressées et talochées à l'épaisseur nominale de 5 mm, sur un support préalablement enduit d'une couche d'accrochage ;
- avec une feuille bitumineuse de type FPM ou FPA adhérente, sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'une couche d'accrochage. Le talon des feuilles bitumineuses est de 15 cm minimum. Il doit être soudé :
 - o dans le cas du procédé 8+22, entre les deux couches d'asphalte avec une FPA, ou sur la couche d'asphalte gravillonné avec une FPM ;
 - o dans le cas d'un asphalte monocouche sous la couche d'asphalte avec une FPA, ou sur la couche d'asphalte gravillonné avec une FPM.

La pose des feuilles s'effectue en tuile à partir du ou des points bas (sens longitudinal) de l'ouvrage.

- avec un produit d'étanchéité liquide pour relevé compatible avec l'étanchéité de la section courante. Ces produits sont mis en œuvre généralement sans primaire d'accrochage et viennent se raccorder sur la couche d'asphalte gravillonné, ayant éventuellement reçu un saupoudrage à chaud de sable en surface.

L'étanchéité des relevés devra être arrêtée au minimum à 5 cm au-dessus du niveau du fil d'eau (couche de roulement, compte tenu du rechargement éventuellement prévu, ou caniveau finis), et être protégée mécaniquement soit :

- par une bordure (cf. figure 17) ;

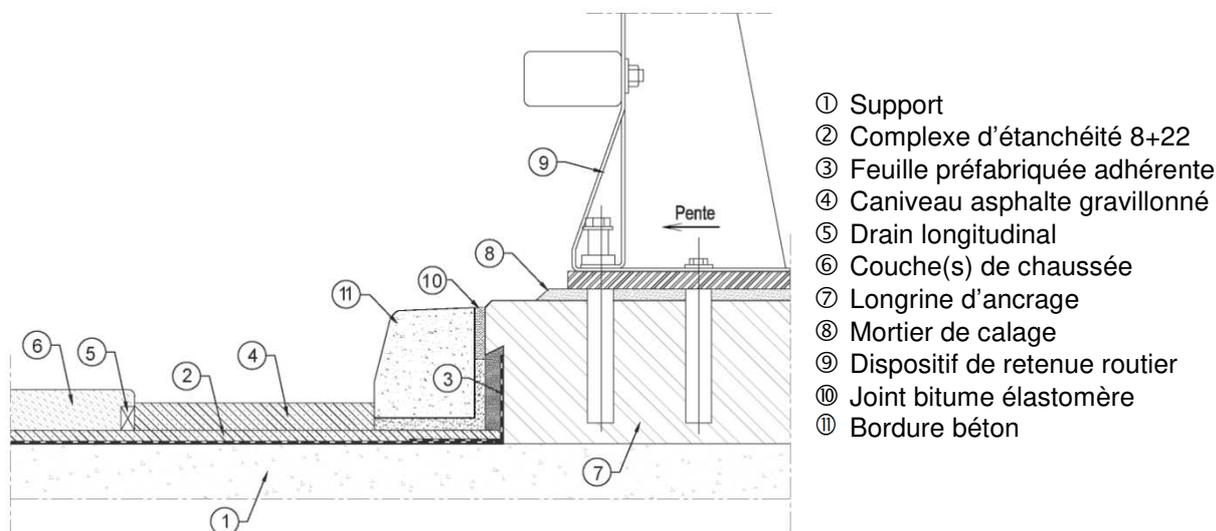
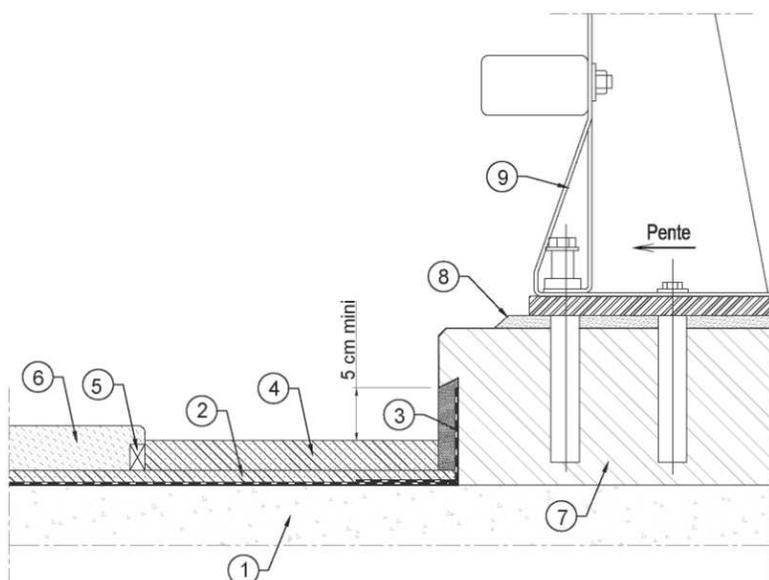


Figure 17: Détail de relevé en feuille préfabriquée protégé par une bordure

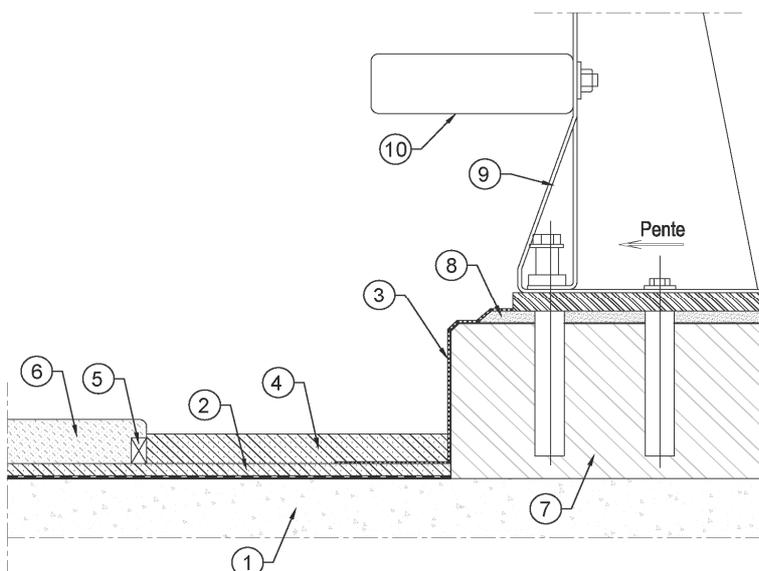
- par une engravure comblée par un mortier grillagé ou fibré, éventuellement (ou le cas échéant) résistant au gel/dégel et aux sels de déverglaçage (cf. figure 18) ;



- ① Support
- ② Complexe d'étanchéité 8+22
- ③ Feuille préfabriquée adhérente
- ④ Caniveau asphalté gravillonné
- ⑤ Drain longitudinal
- ⑥ Couche(s) de chaussée
- ⑦ Longrine d'ancrage
- ⑧ Mortier de calage
- ⑨ Dispositif de retenue routier

Figure 18 : Détail de relevé avec feuille préfabriquée protégé par une engravure comblée par un mortier

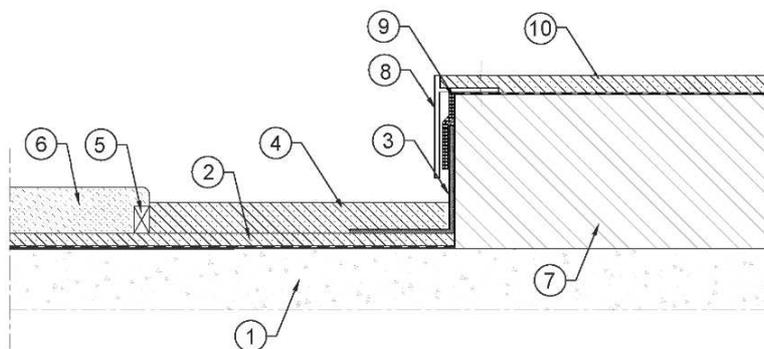
En l'absence d'engravure le relevé pourra être protégé par un dispositif adapté assurant la protection mécanique (cf. figure 19) ;



- ① Support
- ② Complexe d'étanchéité 8+22
- ③ PEL
- ④ Caniveau asphalté gravillonné
- ⑤ Drain longitudinal
- ⑥ Couche(s) de chaussée
- ⑦ Longrine d'ancrage
- ⑧ Mortier de calage
- ⑨ Dispositif de retenue routier
- ⑩ Lisse du DRR protégeant le relevé d'étanchéité

Figure 19 : Détail de relevé en PEL protégé par un dispositif de retenue routier

– par une protection métallique rigide et solidement fixée, traitée anti-corrosion (cf. figure 20).



- ① Support
- ② Complexe d'étanchéité 8+22
- ③ Feuille préfabriquée adhérente
- ④ Caniveau asphalté gravillonné
- ⑤ Drain longitudinal
- ⑥ Couche(s) de chaussée
- ⑦ Longrine d'ancrage
- ⑧ Tôle acier avec pâte de fixation
- ⑨ Couvre joint en résine armée
- ⑩ Complexe d'étanchéité 8+22

Figure 20 : Détail de relevé avec feuille préfabriquée avec protection métallique

10.1.6 Trottoir faisant partie intégrante de la structure

Les trottoirs ancrés à l'ouvrage doivent présenter une pente transversale supérieure ou égale à 2% pour renvoyer les eaux vers la chaussée. L'étanchéité sera traitée selon les recommandations du guide Setra « Les trottoirs sur les ponts et aux abords immédiats » d'août 2005, par un procédé d'étanchéité adapté au type de circulation (piétons, cyclistes...), à savoir :

- en asphalte (cf. figure 21) ;
- avec une feuille préfabriquée type FPM recouverte ou FPA (cf. figure 28 à l'article 10.2.8) ;
- avec un système d'étanchéité liquide (cf. figure 33 à l'article 10.3.5).

Une attention particulière sera portée au niveau de la jonction de l'étanchéité sur trottoir avec le relevé d'étanchéité de la section courante.

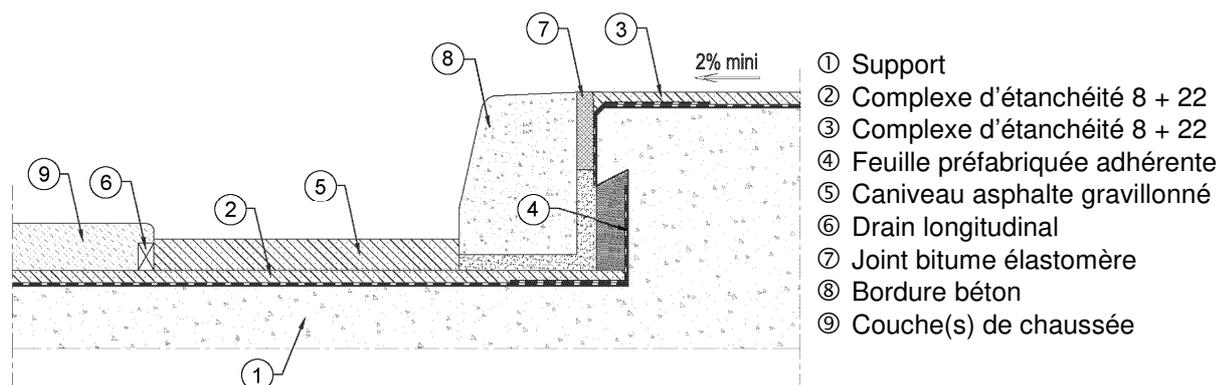


Figure 21 : Détail de principe d'étanchéité en asphalte sur trottoir intégré à la structure

Nota : lorsque le remplissage du trottoir est réalisé sur et après l'étanchéité de section courante au contact de la structure, l'étanchéité sur trottoir n'est pas nécessaire.

10.1.7 Retombées

Aux extrémités des ouvrages ne comportant pas de joints de chaussée, les retombées d'étanchéité seront réalisées soit :

- par une feuille bitumineuse adhérente soudée sur support d'étanchéité préalablement enduit d'une couche d'accrochage, descendant au minimum 20 cm en dessous de la reprise de bétonnage ;
- par un système d'étanchéité liquide compatible avec l'étanchéité de la section courante, descendant au minimum 20 cm en dessous de la reprise de bétonnage.

10.1.8 Raccords aux joints de chaussée

Les raccords aux joints de chaussée sont des points singuliers très délicats. Ils seront traités selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER 81 de mai 2001, et du Guide Cerema « Joints de chaussée de Ponts-routes (Conception, exécution et maintenance) » de Mars 2016.

Les abords des joints de chaussée sont généralement traités avec une feuille préfabriquée bitumineuse FPM posée en adhérence ou avec de l'asphalte en adhérence totale.

10.1.9 Drainage des eaux de surfaces

L'évacuation des eaux de surface doit être assurée par un système d'assainissement efficace, qui doit être constitué par des pentes suffisantes, des caniveaux et des descentes d'eaux pluviales.

Les enrobés bitumineux couramment utilisés en couche de roulement sur les ponts sont perméables. Aussi, l'eau a tendance à cheminer à l'interface étanchéité/couche de roulement.

Il est donc nécessaire de mettre en place un réseau de drains qui comprend :

- des drains transversaux par rapport au trafic, associés aux joints de chaussée ;
- des drains longitudinaux, qui seront traités selon les préconisations du guide Setra « Assainissement des ponts-routes » de juin 1989.

10.1.11 Zones techniques des trottoirs sous dalles

Cette zone peut être étanchée :

- en partie horizontale :
 - o soit par une feuille bitumineuse FPM adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF ou d'un bouche pores et protégée mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé) ;
 - o soit par une feuille bitumineuse FPA adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF ou d'un bouche pores ;
 - o soit par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C, protégé mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé).
- en relevés :
 - o soit par une feuille bitumineuse FPM adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un bouche pores ou d'un EIF, et protégé par un enduit de ciment grillagé ;
 - o soit par un produit d'étanchéité liquide (PEL) pour relevé compatible avec une feuille bitumineuse et dont la mise en œuvre s'effectue à froid sans primaire d'accrochage.

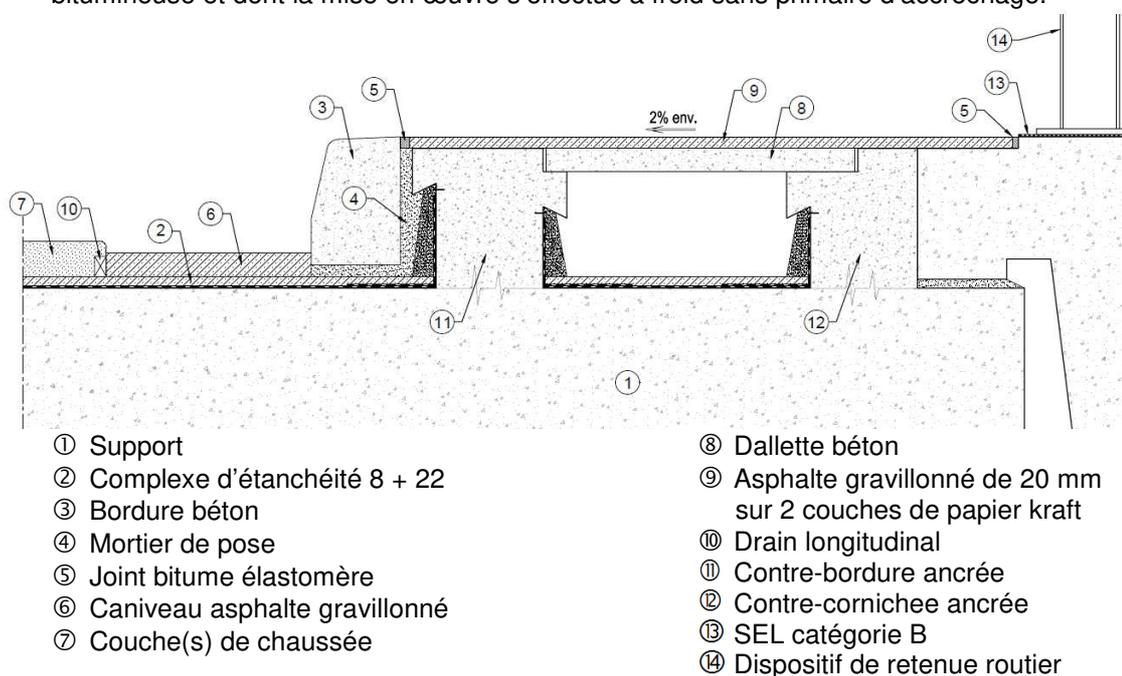


Figure 24: Détail de principe avec caniveau sous dalles

10.1.12 Corniches caniveaux

L'étanchéité des corniches caniveaux sera traitée par un système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. article 7.3.2.3), selon les recommandations du guide Setra « Corniches » de la collection du guide technique GC de Décembre 1994.

10.1.13 Couches de protection et de circulation

Asphalte	Nature du support d'étanchéité	Partie d'ouvrage	Circulation	Couche d'accrochage	Épaisseur moyenne du complexe	Épaisseur minimale de l'enrobé bitumineux en tout point
Procédé bicouche 8+22	Béton hydraulique	Section courante de pont	PL, VL	EIF ou Bouche pores	3 cm (0,8 + 2,2)	5 cm (trafic T3 et T4) 7 cm (trafic T2 et plus)
		Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	EIF ou Bouche pores	3 cm ^(*) (0,8 + 2,2)	aucune
	Enrobé bitumineux de reprofilage	Section courante de pont	PL, VL	aucun	3 cm (0,8 + 2,2)	5 cm (trafic T3 et T4) 7 cm (trafic T2 et plus)
		Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	aucun	3 cm ^(*) (0,8 + 2,2)	aucune
Procédé monocouche	Béton hydraulique	Section courante de pont	PL, VL	Bouche pores	1,5 cm	5 cm (trafic T3 et T4) 7 cm (trafic T2 et plus)
		Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	Bouche pores	1,5 cm	3 cm ^(**)
	Enrobé bitumineux de reprofilage	Section courante de pont	PL, VL	aucun	1,5 cm	7 cm
		Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	aucun	1,5 cm	5 cm ^(***)

Tableau n°14 : Exigences relatives aux couches de protection et de circulation en enrobé bitumineux

(*) : asphalte adapté à la circulation directe, pouvant recevoir un traitement de surface spécifique

(**) : la couche de roulement en enrobé bitumineux peut être remplacée par une couche d'asphalte gravillonnée de 20 à 25 mm d'épaisseur

(***) : cette valeur minimale ne peut être retenue que si le déroulement du chantier garantit une absence totale d'eau dans l'épaisseur de l'enrobé bitumineux de reprofilage.

Nota : les épaisseurs minimales de la couche de circulation spécifiées dans le tableau n°14 ont été définies pour minimiser les risques d'apparition de gonfles. Elles ne préjugent pas des épaisseurs minimales découlant du dimensionnement des couches de chaussée relatif au type de trafic supporté.

Nota : Lorsque la protection de l'étanchéité sur trottoir ou passerelle est réalisée via un autre matériau que l'enrobé ou l'asphalte, il conviendra de mettre en place avant la protection un écran de désolidarisation.

Le délai de recouvrement conseillé de l'étanchéité par les couches de chaussée (épaisseur totale) est au maximum **d'une semaine ; ce délai pouvant être réduit dans le cas de fortes variations de températures**. Dans le cas d'un délai de mise en œuvre des couches de chaussée supérieur à ce délai maximum, une protection thermique est mise en place sur l'étanchéité (cf. article 10.1.18).

10.1.14 Raccordement aux éléments à fixer

La continuité de l'étanchéité doit être assurée lors du raccordement avec les éléments à fixer (support de dispositifs de retenue routiers, poteaux d'éclairage, etc.), et notamment au niveau des platines et des vis de fixation. Les raccords sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

10.1.15 Circulation de chantier

En dehors des porteurs à asphalte et du matériel de mise en œuvre, toute circulation doit être proscrite sur les zones en cours d'exécution.

En phase chantier, l'étanchéité peut admettre :

- une circulation piétonne ;
- une circulation d'engins avec les restrictions suivantes :

- limiter la circulation au strict minimum ;
 - utiliser des engins sur pneus ou avec patins en caoutchouc (les engins à chenilles non protégées par des surpatins en caoutchouc, seront proscrits). Les engins devront alors se déplacer à faible vitesse sans effectuer d'accélération brusque ou freinage, ni ripage, ni giration ;
 - conserver les zones de passage propres et exemptes de matériaux (boulons, acier, gravillons, etc.), qui peuvent venir s'incruster dans l'étanchéité sous le passage des engins.
- toutes les manipulations des matériaux et matériels, devront s'effectuer avec précautions et ne devront pas occasionner des chocs à l'étanchéité ;
 - le stationnement des matériels nécessaires à la poursuite des travaux (mise en place de bordures, coulage de longrine, pose de corniches, etc.) devra se faire par l'intermédiaire de plaques de répartition de charges pour éviter tout poinçonnement ;
 - l'étanchéité devra être protégée lors des travaux provoquant des flammes ou étincelles (soudures, tronçonnages,....) ;
 - ne pas effectuer de percement au travers de l'étanchéité ;
 - en phase chantier, une protection amovible adaptée devra, être systématiquement mise en place sur l'étanchéité, avant tout stockage de matériaux et de matériels ; cette situation devant rester néanmoins exceptionnelle ;
 - interdiction d'établir des aires de cantonnement et de stationnement.

10.1.16 Contrôles et essais

Le CCTP définit les contrôles à effectuer, dont les modalités de réalisation seront décrites dans le PAQ de l'entreprise d'étanchéité. La bonne exécution du PAQ est vérifiée dans le cadre du contrôle extérieur (cf. article 2).

La répartition des principales tâches de contrôles, entre les différents intervenants, est décrite dans le tableau n°15.

Produit / Phase du chantier	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Procédure de mise en œuvre / demande d'agrément des produits		X		X Visa des propositions des entreprises	Conformité avec les exigences du CCTP
Réception du support (cf. tableau n°13 à l'article 8.8)		X	X	X	
Couche d'accrochage	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre de la couche d'accrochage	X		X Contrôle température / siccité du support / délai de séchage / moyens de mise en œuvre / quantités appliquées	X Vérification sur chantier	Cf. article 10.1.1 et prescriptions ci-après le tableau
Segmentation	X		X Respect des surfaces segmentées. Continuité de la jonction des bandes	X	

Produit / Phase du chantier	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Asphalte	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit), de la température. Vérification de l'indentation avant départ d'usine	X Collecte d'échantillons + réalisation d'essais d'indentation	
Mise en œuvre de l'asphalte	X		X Prise de la température d'application. Réalisation de 2 prélèvements de 3 échantillons. Respect du cahier des charges. Respect des plans et carnet de détails. Etablissement d'un plan de repérage des produits mis en œuvre avec identification des porteurs.	X Visa Vérification du contrôle interne de l'entreprise	Cf. article 10.1.1 et prescriptions ci-après le tableau
Résultats d'autocontrôle du fabricant sur les échantillons d'asphalte prélevés sur chantier	X		X Vérification de l'indentation	X Vérification des résultats	
Réception de l'étanchéité		X	X Réception visuelle de la continuité de l'étanchéité et le traitement des points singuliers	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise + essais d'indentation + éventuellement thermographie IR sur procédés adhérents	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre des dispositifs de drainage		X	X Conformité aux dispositions constructives	X Visa sur le positionnement des drains et leur bon fonctionnement	- Pente - Position - Raccordement aux dispositifs d'évacuation - Accessibilité des débouchés de drain
Mise en œuvre des protections thermiques	X		X	X	
Mise en œuvre des couches sus-jacentes	X		X Préservation de l'intégrité du procédé d'étanchéité. Absence de défauts éventuels (gonfles, ...).	X Contrôle visuel	- Préservation de l'intégrité du procédé d'étanchéité - Respect des conditions de circulation de chantier

Tableau n°15 : Répartition des tâches de contrôles lors de la mise de l'asphalte

Contrôles de conformité des matériaux

Un contrôle portant sur la date limite d'utilisation éventuelle, les conditions de stockage, les résultats des indentations en usine, etc., sera effectué par le titulaire à la réception des matériaux (EIF, bouche pores,

feuille préfabriquée, produit d'étanchéité liquide et asphalte). Ces points pourront également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, il pourra être réalisé, en plus des contrôles précisés ci-dessus, un prélèvement conservatoire sur le produit d'étanchéité liquide pour relevés (produit compatible avec l'étanchéité de la section courante) ou sur une feuille préfabriquée.

Cet échantillon pourra faire l'objet d'une identification portant sur :

- l'asphalte :
 - o l'indentation (NF EN 12697-21) ;
- la feuille préfabriquée en relevés et en retombée :
 - o l'épaisseur ;
 - o la composition massique de la feuille ;
 - o la masse surfacique ;
 - o la pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C sur le liant (NF EN 1426) ;
 - o le point de ramollissement Bille & Anneau sur le liant (NF EN 1427) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à + 20 °C.
- le produit d'étanchéité liquide en relevés :
 - o la masse volumique, l'extrait sec, la teneur en cendres et la viscosité ;
 - o la nature des composants (par spectre infrarouge) ;
 - o la dureté shore A à 2 jours et 7 jours à + 20 °C ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à + 23 °C.

Pour l'ensemble des matériaux, un certificat de qualité ou de conformité peut être demandé au fabricant.

Contrôles lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur à l'initiative du maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

- les conditions d'ambiance et d'humidité du support ;
- les conditions de stockage des matériaux ;
- le respect des temps de séchage de l'EIF ou du bouche pores,
- la pose de la résille de verre ou du papier perforé ;
- la pose des feuilles préfabriquées des relevés en tuile à partir du point bas (sens longitudinal) ;
- la température du produit appliqué (asphalte) ;
- l'épaisseur appliquée (asphalte, produit d'étanchéité liquide) ;
- la préservation d'une zone d'adhérence totale du mastic d'asphalte de l'ordre de 10 cm de large en périphérie de la zone à étancher ;
- le traitement des points singuliers (descente d'eau, dispositifs de retenue ou d'éclairage, raccordement aux joints de chaussée...).

Au titre de ce contrôle des prélèvements devront être effectués afin de réaliser des mesures d'indentation en laboratoire, dans les cas suivants :

- pour l'asphalte 8 + 22, sur le mastic d'asphalte et l'asphalte gravillonné (2 prélèvements de 3 échantillons successifs par porteur à la fin du 1^{er} tiers et à la fin du 2^{ème} tiers) ;
- pour l'asphalte mono couche, sur l'asphalte gravillonné (2 prélèvements par porteur à la fin du 1^{er} tiers et à la fin du 2^{ème} tiers).

Contrôles après la mise en œuvre

La mise en œuvre fera l'objet d'une réception visuelle de la continuité de l'étanchéité avant l'application des couches sus-jacentes.

L'étanchéité ne doit présenter aucune lésion, cloque, gonfle, remontée de la couche de semi-indépendance, etc.

Les relevés peuvent être contrôlés par thermographie infrarouge (produits d'étanchéité liquide ou feuilles préfabriquées) et/ou au maillet (feuilles préfabriquées).

10.1.17 Reprise des défauts

Toutes les zones non-conformes (lésions, cloques, gonfles, etc.) seront reprises. Il ne sera pas toléré de reprise par chauffage superficiel sans ouverture complète du défaut.

En cas de non-conformité du produit mis en œuvre, le complexe d'étanchéité pourra être intégralement déposé et remplacé, après une nouvelle préparation du support si nécessaire.

10.1.18 Protection thermique

Le délai de recouvrement conseillé de l'étanchéité par la couche de roulement (épaisseur totale) est au maximum **d'une semaine, ce délai pouvant être réduit dans le cas de fortes variations de températures journalières**. Dans le cas d'un délai de mise en œuvre des enrobés supérieur à ce délai, une protection thermique est mise en place sur l'étanchéité, sur l'ensemble du tablier.

Elle est constituée :

- d'un géotextile recouvert d'une couche minimale de 10 cm de sable ou de matériau ;
- d'une peinture réfléchissante compatible avec l'asphalte.

Dans le cas contraire, l'étancheur soumet au maître d'œuvre les dispositions qu'il propose de prendre. Ces dispositions peuvent consister notamment à la mise en œuvre d'une couche de grave (ou tout-venant de 10 cm d'épaisseur) appliquée sur un géotextile, à l'application d'une couche de peinture blanche spécialement testée pour cet emploi (cette peinture doit être efficace et ne pas nuire ultérieurement à l'adhérence du revêtement sur l'étanchéité), ou à la mise en place d'un géotextile de couleur claire régulièrement arrosé.

Un examen visuel de l'étanchéité sera réalisé après dépose de la protection mécanique pour rechercher les éventuelles dégradations.

10.2 Procédés d'étanchéité intégrant une feuille bitumineuse

10.2.1 Conditions d'application

10.2.1.1 Ambiance

Les conditions admissibles de mise en œuvre traditionnelle sont celles définies ci-après :

- température minimale du support d'étanchéité :
 - o procédés adhérents + 2 °C ;
 - o procédés semi-indépendants + 5 °C. Cette température minimale est nécessaire pour assurer une adhérence partielle sans soudure au chalumeau.
- température ambiante sur site : comprise entre + 5 °C et + 35 °C.
- support non condensant : la température du support d'étanchéité doit dépasser de 3 °C celle du point de rosée ou de givre.

10.2.1.2 Humidité du support

La mise en œuvre de la chape d'étanchéité est interdite sous la pluie. Le support d'étanchéité doit en outre respecter les conditions d'humidité suivantes :

- le taux d'humidité du support d'étanchéité en béton et mortier hydraulique doit être inférieure à 4,5 % en masse mesurée à la bombe au carbure (*profondeur de 4 cm*) ou à 80 % en volume mesuré à la sonde hygrométrique ;
- le support d'étanchéité ne doit présenter ni film d'eau, ni givre en surface, même si les conditions d'ambiance sont respectées.

Le support d'étanchéité peut être asséché artificiellement par un moyen adapté avant et après application de la couche d'accrochage. Le moyen envisagé ne doit pas dégrader le support d'étanchéité.

10.2.2 Couche d'accrochage

Elle est appliquée sur un support d'étanchéité préparé et réceptionné (*cf. article 8*), propre et sec, exempt de toutes souillures et/ou matières sans cohésion (terre, argile, poussière, laitance, produit de cure, hydrocarbure, huile ou graisse...). L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Le produit doit recouvrir uniformément toute la surface du support d'étanchéité, selon le dosage et le mode d'application préconisés par le fabricant : les manques sont repris et les accumulations sont éliminées.

10.2.3 Segmentation

Les procédés d'étanchéité semi-indépendants peuvent d'être segmentés, afin de circonscrire d'éventuelles fuites.

Cette segmentation sera assurée par la soudure en plein de bandes de 20 cm de largeur minimale issues d'une feuille intégrée dans un procédé de type FPA adhérente. Ces dernières seront mises en œuvre transversalement à l'axe de l'ouvrage.

La surface de segmentation ne devra pas excéder 200 m².

10.2.4 Mise en œuvre en section courante sous chaussées

Le travail ne doit pas être entrepris avant que le primaire soit sec ou polymérisé et les solvants éventuels évaporés selon les préconisations du fabricant, et en tenant compte des conditions ambiantes.

La mise en œuvre des procédés adhérents se fait par soudage en plein sur le support d'étanchéité, par fusion superficielle de la sous-face de la feuille, suivi immédiatement d'un marouflage généralisé.

Lors de la mise en fusion du bitume de sous-face de la feuille adhérente, un bourrelet de bitume témoignant de la qualité de la soudure devra précéder le déroulage de la feuille.

La mise en œuvre des procédés semi-indépendants se fait soit :

- par collage des feuilles bitumineuses autocollantes intégrant la semi-indépendance, suivi d'un léger marouflage du lé pour bien plaquer la feuille sur le support,
- par un soudage partiel des feuilles bitumineuses spécialement conçues à cet effet, mais sans marouflage.

L'étanchéité des recouvrements peut être assurée :

- par fusion superficielle du liant bitumineux des feuilles bitumineuses en contact, via l'utilisation d'un chalumeau à propane, suivi immédiatement d'un marouflage,
- par fusion superficielle du liant bitumineux adhésif des feuilles bitumineuses en contact, via l'apport de chaleur de la couche d'asphalte ou d'enrobé.

Les feuilles d'étanchéité seront déroulées dans le sens de circulation de l'ouvrage.

Le soudage peut être réalisé manuellement ou avec des moyens mécanisés. Les lés intégreront une bande de recouvrement longitudinale non autoprotégée de 70 mm de large minimum, qui devra être entièrement recouverte lors de la réalisation des joints longitudinaux. En extrémité de lé le recouvrement sera de 100 mm minimum. Les joints transversaux seront décalés, afin qu'en aucun point l'on constate plus de trois épaisseurs de feuille, y compris la feuille servant de segmentation. Un plan de calepinage devient alors indispensable. La pose des lés en partie courante s'effectue à partir des points bas (transversal et longitudinal) de l'ouvrage.

10.2.5 Mise en œuvre de l'asphalte gravillonné

L'asphalte gravillonné, qui concerne uniquement les procédés d'étanchéité de type FPA, doit être mis en œuvre sur une épaisseur de 2,5 cm (+/- 10 %) sur la feuille FPA. L'arrêt de la couche d'asphalte gravillonné dans le sens longitudinal, devra être décalé du joint entre les lés d'au moins 0,20 m.

La température de l'asphalte ne doit pas être supérieure à 200 °C.

La continuité d'application avec les zones déjà refroidies se fait conformément au Cahier des charges de mise en œuvre des entreprises d'étanchéité ou aux règles professionnelles (*Fascicule 4 de l'Office des Asphaltes*).

10.2.6 Mise en œuvre du micro-béton bitumineux

L'application du micro-béton bitumineux, qui concerne uniquement les procédés d'étanchéité de type FPM adhérente ou semi-indépendante complétés par micro-béton bitumineux, est réalisée à partir d'un atelier classique de mise en œuvre d'enrobés routiers (*finisseur, compacteurs à bille sans vibration*).

L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Il conviendra de veiller à soigner la qualité des joints longitudinaux et transversaux.

La température minimum de mise en œuvre du micro-béton bitumineux devra être précisée dans le PAQ en fonction du liant employé.

Il sera utile de contrôler l'état de propreté des pneumatiques des poids lourds affectés à l'approvisionnement du micro-béton bitumineux avec nettoyage le cas échéant avant d'autoriser leur accès à l'ouvrage.

10.2.7 Relevés

L'étanchéité des relevés sera réalisée soit :

- avec une feuille bitumineuse adhérente (FPM ou FPA) identique à la section courante, sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un primaire d'accrochage. Le talon des feuilles bitumineuses est de 15 cm minimum. Il peut être soudé, sous ou sur la feuille bitumineuse de section courante, avec un recouvrement minimal de 10 cm.

La pose des feuilles s'effectue en tuile à partir du ou des points bas (longitudinaux et transversaux) de l'ouvrage.

Note : les joints de relevé d'étanchéité doivent être décalés par rapport aux joints de la section courante, en évitant de cumuler plus de trois épaisseurs de feuille.

- avec un produit d'étanchéité liquide pour relevé compatible avec l'étanchéité de la section courante. Ces produits sont mis en œuvre selon les recommandations du fabricant et viennent se raccorder sur la feuille bitumineuse après mise en œuvre de cette dernière.

L'étanchéité des relevés devra être arrêtée au minimum à 5 cm au-dessus du niveau du fil d'eau (couche de roulement, compte tenu du rechargement éventuellement prévu, ou caniveau finis), et être protégée mécaniquement soit :

- par une bordure (*cf. figure 25*) ;

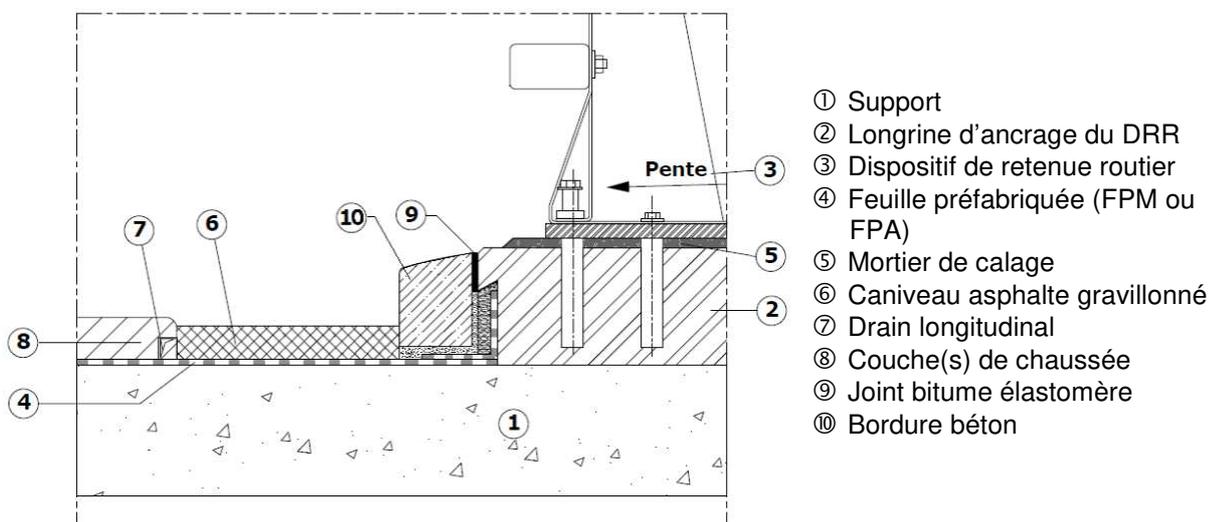


Figure 25 : Détail de relevé protégé avec feuille préfabriquée par une bordure

- par une engravure comblée par un mortier grillagé ou fibré, éventuellement (ou le cas échéant) résistant au gel/dégel et aux sels de déverglaçage (*cf. figure 26*) ;

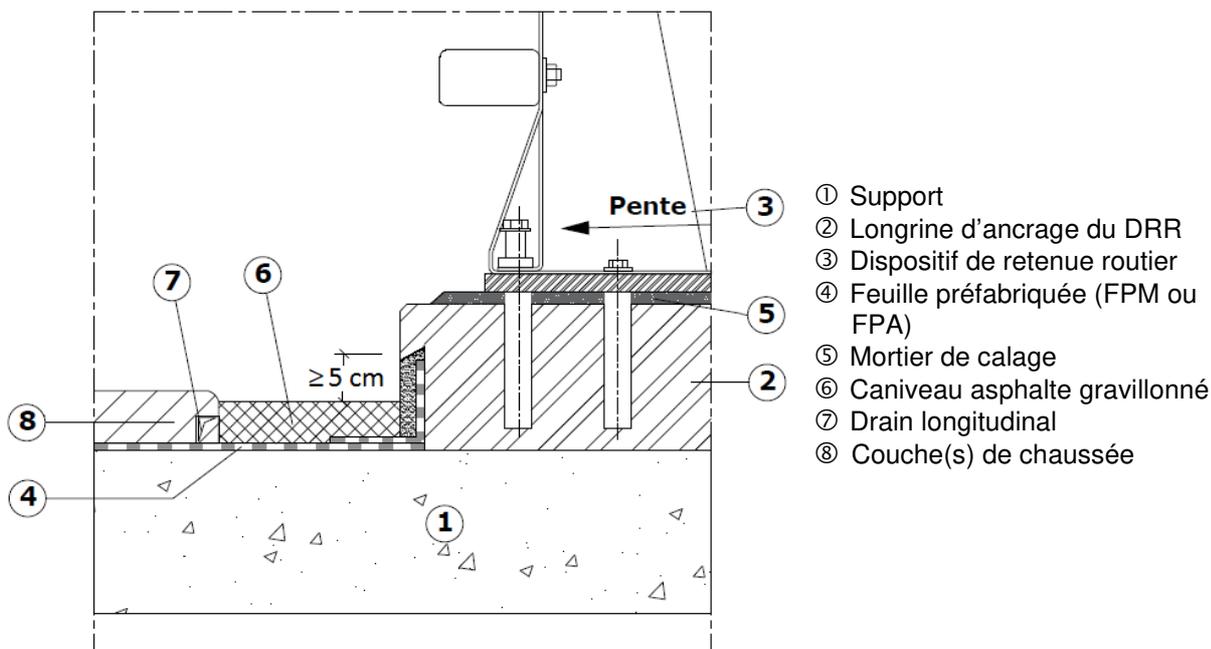


Figure 26 : Détail de relevé avec feuille préfabriquée protégé par une engravure comblée par un mortier

En l'absence d'engravure le relevé pourra être protégé par un dispositif adapté assurant la protection mécanique (cf. figure 27).

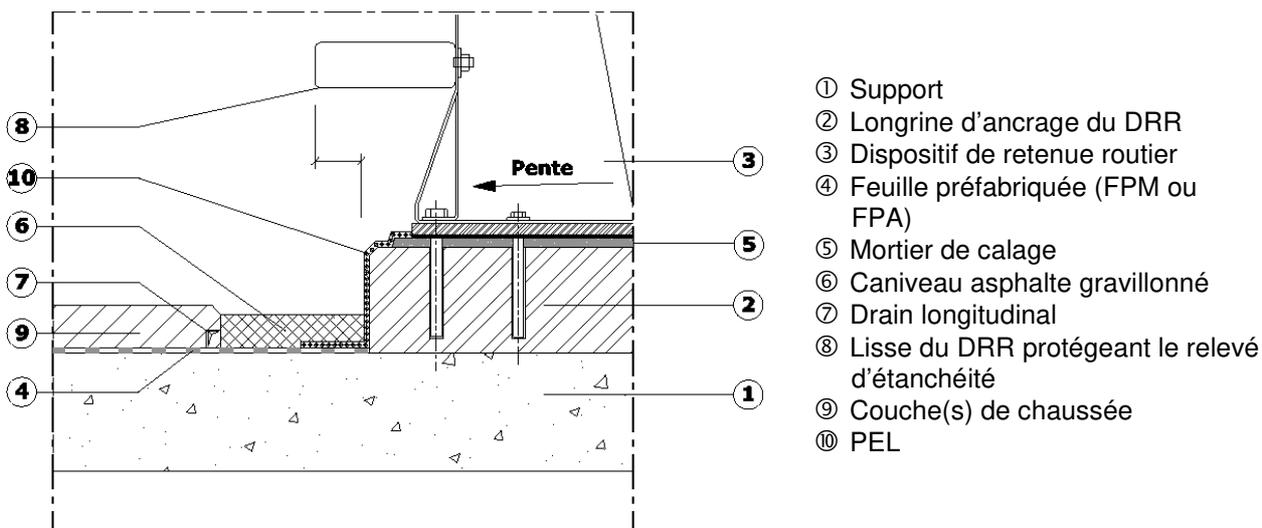


Figure 27 : Détail de relevé avec PEL protégé par un dispositif de retenue routier

- par une protection métallique rigide et solidement fixée, traitée anti-corrosion (cf. figure 20).

10.2.8 Trottoir faisant partie intégrante de la structure

Les trottoirs ancrés à l'ouvrage doivent présenter une pente transversale supérieure ou égale à 2% pour renvoyer les eaux vers la chaussée. L'étanchéité sera traitée selon les recommandations du guide Setra « Les trottoirs sur les ponts et aux abords immédiat » d'Août 2005, par un procédé d'étanchéité adapté au type de circulation (piétons, cyclistes...), à savoir :

- en asphalte (cf. figure 21 à l'article 10.1.6) ;
- avec une feuille préfabriquée type FPM ou FPA (cf. figure 28) ;
- avec un système d'étanchéité liquide (cf. figure 33 à l'article 10.3.5).

Une attention particulière sera portée au niveau de la jonction de l'étanchéité sur trottoir avec le relevé d'étanchéité de la section courante.

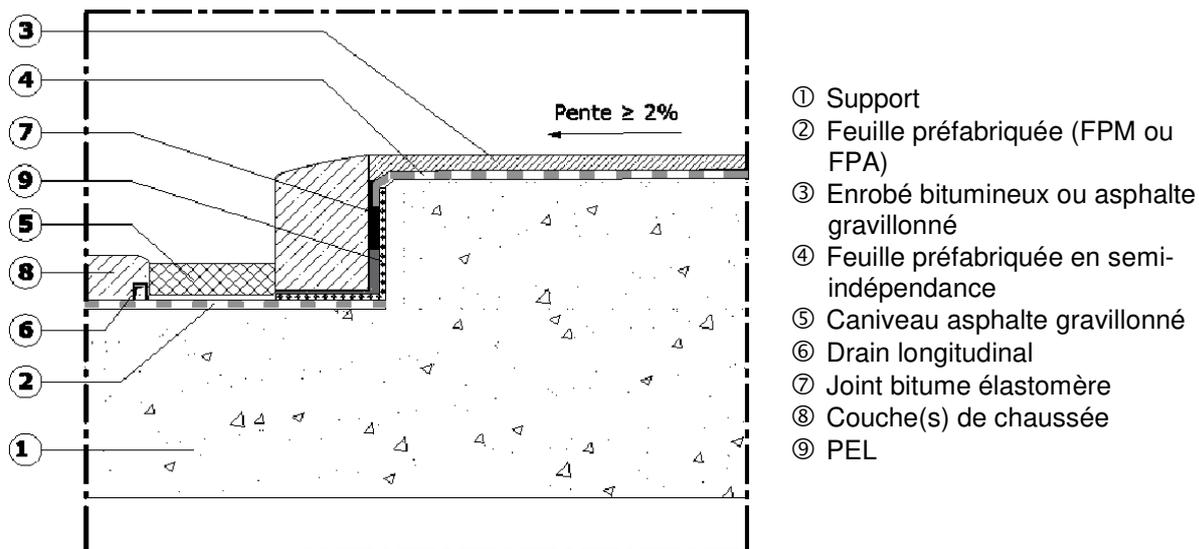


Figure 28 : Détail de principe d'étanchéité avec feuille préfabriquée sur trottoir intégré à la structure

Nota : lorsque le remplissage du trottoir est réalisé sur et après l'étanchéité de section courante au contact de la structure, l'étanchéité sur trottoir n'est pas nécessaire.

10.2.9 Retombées

Aux extrémités des ouvrages ne comportant pas de joints de chaussée, les retombées d'étanchéité seront réalisées soit :

- par une feuille bitumineuse adhérente soudée sur support d'étanchéité préalablement enduit d'un primaire d'accrochage, descendant au minimum 20 cm en dessous de la reprise de bétonnage ;
- par un système d'étanchéité liquide compatible avec l'étanchéité de la section courante, descendant au minimum 20 cm en dessous de la reprise de bétonnage.

10.2.10 Raccords aux joints de chaussée

Les raccords aux joints de chaussée sont des points singuliers très délicats. Ils seront traités selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER 81 de mai 2001, et du Guide Cerema « Joints de chaussée de Ponts-routes (Conception, exécution et maintenance) » de Mars 2016.

Les abords des joints de chaussée sont généralement traités avec une feuille préfabriquée bitumineuse FPM posée en adhérence.

10.2.11 Drainage des eaux de surfaces

L'évacuation des eaux de surface doit être assurée par un système d'assainissement efficace, qui doit être constitué par des pentes suffisantes, des caniveaux et des descentes d'eaux pluviales.

Les enrobés bitumineux couramment utilisés en couche de roulement sur les ponts sont perméables. Aussi, l'eau a tendance à cheminer à l'interface étanchéité/couche de roulement.

Il est donc nécessaire de mettre en place un réseau de drains qui comprend :

- des drains transversaux par rapport au trafic, associés aux joints de chaussée ;
- des drains longitudinaux, qui seront traités selon les préconisations du guide Setra « Assainissement des ponts-routes » de juin 1989.

L'objectif principal du drainage longitudinal est de récupérer, dans le profil en travers de l'ouvrage, les eaux recueillies aux points bas par l'étanchéité.

Les drains longitudinaux devront être posés sur l'étanchéité, avant la réalisation des enrobés bitumineux, au droit du fil d'eau ou de la bordure de trottoir, aux endroits où les eaux sont arrêtées par un obstacle étanche, mais également dans les trottoirs dans le cas d'un remplissage béton au-dessus de l'étanchéité.

Les exutoires des drains longitudinaux doivent être suffisamment rapprochés pour tenir compte des tolérances de surfacage de l'extrados du tablier et du profil en long, en général beaucoup plus faible que le profil en travers. Ils devront être indépendants des drains transversaux posés en particulier à l'amont des joints de chaussée.

Le système de drainage pourra être constitué, entre autres, de drains rectangulaires en aluminium avec fentes, de drains spirales en acier inoxydable, ou de géocomposites drainants.

10.2.12 Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales

Le raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (gargouilles, etc.) doit garantir la continuité de l'étanchéité et l'écoulement de l'eau. Les raccordements sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

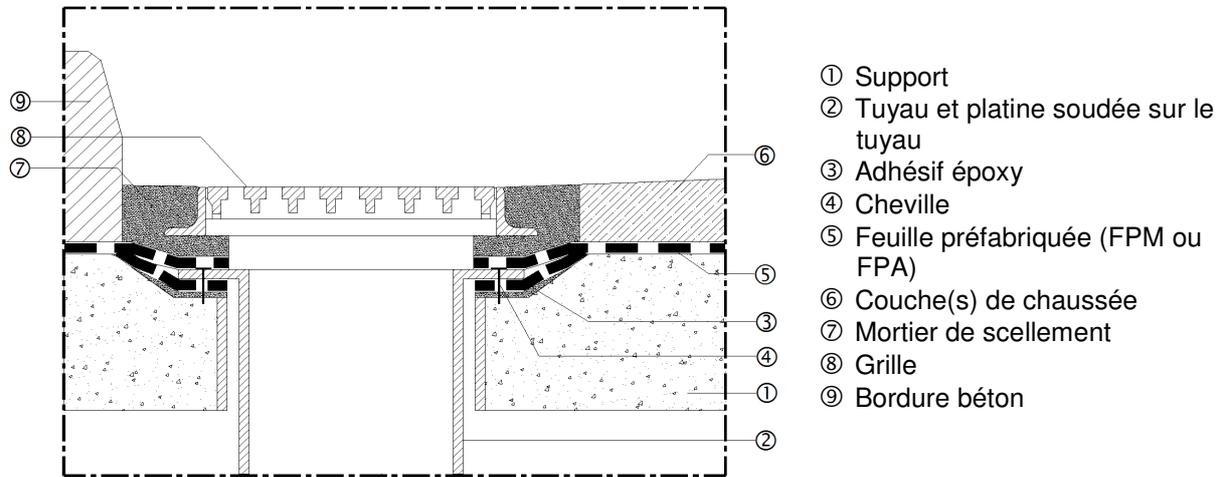


Figure 29 : Détail de principe de raccordement d'avaloir

10.2.13 Zones techniques des trottoirs sous dalettes

Cette zone peut être étanchée :

- en partie horizontale :
 - o soit par une feuille bitumineuse FPM adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF ou d'un bouche pores et protégée mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé) ;
 - o soit par une feuille bitumineuse FPA adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF ou d'un bouche pores ;
 - o soit par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C, protégé mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé).
- en relevés :
 - o par une feuille bitumineuse FPM adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un bouche pores ou d'un EIF, et protégée par un enduit de ciment grillagé ;
 - o par un produit d'étanchéité liquide (PEL) compatible avec l'asphalte ou une feuille bitumineuse et dont la mise en œuvre s'effectue à froid sans primaire d'accrochage.

10.2.14 Corniches caniveaux

L'étanchéité des corniches caniveaux sera traitée par un système d'étanchéité liquide type C (cf. article 7.3.2.3).

10.2.15 Raccordement aux éléments à fixer

La continuité de l'étanchéité doit être assurée lors du raccordement avec les éléments à fixer (support de dispositifs de retenue routiers, poteaux d'éclairage, etc.), et notamment au niveau des platines et des vis de fixation. Les raccordements sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

10.2.16 Couches de protection et de circulation

Feuille bitumineuse	Nature du support d'étanchéité	Partie d'ouvrage	Circulation	Couche d'accrochage	Épaisseur moyenne d'asphalte gravillonné	Épaisseur minimale de l'enrobé bitumineux en tout point
FPM Adhérente	Béton hydraulique	Section courante de pont	PL, VL	EIF	NC ^(*)	7 cm
				Bouche pores	NC	5 cm
	Enrobé bitumineux de reprofilage	Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	EIF	NC	7 cm
				Bouche pores	NC	3 cm
FPM Semi-indépendante	Béton hydraulique	Section courante de pont	PL, VL	EIF	NC	5 cm (trafic T3 et T4) 7 cm (trafic T2 et plus)
		Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	EIF	NC	3 cm
FPA Adhérente	Béton hydraulique	Section courante de pont	PL, VL	EIF	2,5 cm	5 cm (trafic T3 et T4) 7 cm (trafic T2 et plus)
				Bouche pores	2,5 cm	5 cm
	Enrobé bitumineux de reprofilage	Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	EIF	2,5 cm	5 cm
				Bouche pores	2,5 cm ^(**)	aucune
FPA Semi-indépendante	Béton hydraulique	Section courante de pont	PL, VL	EIF	2,5 cm	5 cm (trafic T3 et T4) 7 cm (trafic T2 et plus)
		Trottoir ou passerelle	Piétons, cyclistes	EIF	2,5 cm ^(**)	aucune

Tableau n°16 : Exigences relatives aux couches de protection et de circulation en enrobé bitumineux

(*) : non concerné

(**) : asphalte adapté à la circulation directe, pouvant recevoir un traitement de surface spécifique

(***) : cette valeur minimale ne peut être retenue que si le déroulement du chantier garantit une absence totale d'eau dans l'épaisseur de l'enrobé bitumineux de reprofilage.

Nota : Les épaisseurs minimales de la couche de circulation spécifiées dans le tableau n°16 ont été définies pour minimiser les risques d'apparition de gonfles. Elles ne préjugent pas des épaisseurs minimales découlant du dimensionnement des couches de chaussée relatif au type de trafic supporté.

Nota : Lorsque la protection de l'étanchéité sur trottoir ou passerelle est réalisée via un autre matériau que l'enrobé ou l'asphalte, il conviendra de mettre en place avant la protection un écran de désolidarisation.

Le délai de recouvrement conseillé de l'étanchéité par les couches de chaussée (épaisseur totale) est au maximum **d'une semaine ; ce délai pouvant être réduit dans le cas de fortes variations de températures**. Dans le cas d'un délai de mise en œuvre des couches de chaussée supérieur à ce délai, une protection thermique est mise en place sur l'étanchéité (cf. article 10.2.20).

10.2.17 Circulation de chantier

En dehors de l'éventuel matériel de mise en œuvre, toute circulation doit être proscrite sur les zones en cours d'exécution.

En phase chantier, l'étanchéité peut admettre :

- une circulation piétonne ;
- une circulation d'engins avec les restrictions suivantes :
 - o limiter la circulation au strict minimum ;
 - o utiliser des engins sur pneus ou avec patins en caoutchouc (les engins à chenilles non protégées par des surpatins en caoutchouc, seront proscrits). Les engins devront alors se déplacer à faible vitesse sans effectuer d'accélération brusque ou freinage, ni ripage, ni giration ;
 - o conserver les zones de passage propres et exemptes de matériaux (boulons, acier, gravillons, etc...), qui peuvent venir s'incruster dans l'étanchéité sous le passage des engins.
- toutes les manipulations des matériaux et matériels, devront s'effectuer avec précautions et ne devront pas occasionner des chocs à l'étanchéité ;
- le stationnement des matériels nécessaires à la poursuite des travaux (mise en place de bordures, coulage de longrine, pose de corniches, etc.) devra se faire par l'intermédiaire de plaques de répartition de charges pour éviter tout poinçonnement ;
- l'étanchéité devra être protégée lors des travaux provoquant des flammes ou étincelles (soudures, tronçonnages,...) ;
- ne pas effectuer de percement au travers de l'étanchéité ;
- en phase chantier, une protection amovible adaptée devra, être systématiquement mise en place sur l'étanchéité, avant tout stockage de matériaux et de matériels ; cette situation devant rester néanmoins exceptionnelle ;
- interdiction d'établir des aires de cantonnement et de stationnement.

10.2.18 Contrôles et essais

Le CCTP définit les contrôles à réaliser, dont les modalités de réalisation seront décrites dans le PAQ de l'entreprise d'étanchéité. La bonne exécution du PAQ est vérifiée dans le cadre du contrôle extérieur (cf. article 2).

La répartition des principales tâches de contrôles, entre les différents intervenants, est décrite dans le tableau n°17.

Produit / Phase du chantier	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Procédure de mise en œuvre / demande d'agrément des produits		X		X Visa des propositions des entreprises	Conformité avec les exigences du CCTP
Réception du support (cf. tableau n°13 à l'article 8.8)		X	X	X	
Couche d'accrochage	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre de la couche d'accrochage	X		X Contrôle température / siccité du support / délai de séchage / moyens de mise en œuvre / quantités appliquées	X Vérification sur chantier	Cf. article 10.2.1 et prescriptions ci-après le tableau

Produit / Phase du chantier	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Feuilles préfabriquées	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (n° de lot), des conditions de stockage, du certificat de conformité sur demande	X Prélèvement d'échantillons conservatoires	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre des feuilles	X		X Respect du plan de contrôle. Respect du cahier des charges. Respect des plans et carnet de détails.	X Visa Vérification du contrôle interne de l'entreprise Essais d'adhérence.	Cf. article 10.2.1 et prescriptions ci-après le tableau
Segmentation (semi-indépendance)	X		X Respect des surfaces segmentées. Continuité de la jonction des bandes.	X	
Réception de la pose de la feuille préfabriquée		X	X Fourniture des résultats du contrôle interne (<i>essais d'adhérence, et recherche de défauts de collage par caméra thermique ou sondage sonique</i>) et documents de suivi d'application	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise + recherche de défauts de collage par caméra thermique ou sondage sonique, contrôles d'adhérence contradictoires	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Asphalte gravillonné (FPA)	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit), de la température. Vérification de l'indentation avant départ d'usine	X Collecte d'échantillons + réalisation d'essais d'indentation	
Mise en œuvre de l'asphalte gravillonné (FPA)	X		X Prise de la température d'application. Réalisation de 2 prélèvements de 3 échantillons. Respect du cahier des charges. Respect des plans et carnet de détails. Etablissement d'un plan de repérage des produits mis en œuvre avec identification des porteurs.	X Visa Vérification du contrôle interne de l'entreprise	Cf. article 10.1.1 et prescriptions ci-après le tableau

Produit / Phase du chantier	Point critique	Point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Résultats d'autocontrôle du fabricant sur les échantillons d'asphalte gravillonné (FPA) prélevés sur chantier	X		X Vérification de l'indentation	X Vérification des résultats	
Micro-béton bitumineux (sur FPM)	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit), de la température	X Prélèvement d'échantillons	Cf. article 10.4.1 et prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre du micro-béton bitumineux (sur FPM)	X		X Procédure d'application. Prise d'échantillons. Contrôle des épaisseurs. Contrôle de la compacité sur planche d'essai hors ouvrage. Respect du PAQ. Respect des plans et carnet de détails.	X Visa Contrôle des épaisseurs	
Résultats d'auto contrôle fabricant sur le micro-béton bitumineux prélevé sur chantier (sur FPM)	X		X Vérification de la fabrication (teneur en liant, courbe granulométrique)	X Vérification des résultats	
Réception de l'étanchéité		X	X Fourniture des résultats du contrôle interne et documents de suivi	X Visa sur le contrôle interne entreprise + contrôle extérieur	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre des dispositifs de drainage		X	X Conformité aux dispositions constructives	X Visa sur le bon fonctionnement	- Pente - Position - Raccordement aux dispositifs d'évacuation
Mise en œuvre des protections thermiques	X		X	X	
Mise en œuvre des couches sus-jacentes	X		X Préservation de l'intégrité du procédé d'étanchéité. Absence des défauts éventuels (gonfles, ...)	X Contrôle visuel	- Préservation de l'intégrité du procédé d'étanchéité - Respect des conditions de circulation de chantier

Tableau n°17 : Répartition des tâches de contrôles lors de la mise des feuilles

Contrôles de conformité des matériaux

Un contrôle portant sur la date limite d'utilisation éventuelle, les conditions de stockage, les résultats des indentations en usine, etc., sera effectué par le titulaire à la réception des matériaux (EIF, bouche pores, feuille préfabriquée, et produit d'étanchéité liquide).

Ces points pourront également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, il pourra être réalisé, en plus des contrôles précisés ci-dessus, un prélèvement conservatoire sur le produit d'étanchéité liquide pour relevés (produit compatible avec l'étanchéité de la section courante) ou sur une feuille préfabriquée.

Cet échantillon pourra faire l'objet d'une identification portant sur :

- l'asphalte :
 - o l'indentation (NF EN 12697-21) ;
- la feuille préfabriquée :
 - o l'épaisseur ;
 - o la composition massique de la feuille ;
 - o la masse surfacique ;
 - o la Température Bille Anneau (TBA) du liant (semi produit) ;
 - o la pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C sur le liant (NF EN 1426) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à 20 °C.
- le produit d'étanchéité liquide :
 - o la masse volumique, l'extrait sec, la teneur en cendres et la viscosité ;
 - o la nature des composants (par spectre infrarouge) ;
 - o la dureté shore A à 2 jours et 7 jours (à 20 °C) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à 23 °C.

Pour l'ensemble des matériaux, un certificat de qualité ou de conformité peut être demandé au fabricant.

Contrôles lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur à l'initiative du maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

- les conditions de stockage des matériaux ;
- le respect des temps de séchage de l'EIF ou du bouche pores ;
- le respect du plan de calepinage (pose en tuile à partir du ou des points bas longitudinaux et transversaux de l'ouvrage) ;
- les débordements de bitume (en bordure de la feuille) consécutifs à la fusion du liant de sous-face des procédés adhérents qui devront avoir une largeur moyenne comprise entre 1 et 2 cm environ (ponctuellement cette largeur ne devra pas excéder 7 cm) ;
- l'absence de plis ;
- le décalage des joints (absence de zone avec plus de trois épaisseurs de feuille) ;
- le marouflage lors du collage des feuilles ;
- la température du produit appliqué (asphalte) ;
- l'épaisseur appliquée (asphalte, produit d'étanchéité liquide) ;
- le traitement des points singuliers (descente d'eau, dispositifs de retenue ou d'éclairage, raccordement aux joints de chaussée...).

Au titre de ce contrôle des prélèvements devront être effectués sur le mastic d'asphalte et l'asphalte gravillonné (2 prélèvements par porteur à la fin du 1^{er} tiers et à la fin du 2^{ème} tiers), afin de réaliser des mesures d'indentation en laboratoire.

Contrôles après la mise en œuvre

La réception de l'étanchéité pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

Contrôles non destructifs :

- le respect du plan de calepinage (pose en tuile à partir du ou des points bas longitudinaux et transversaux de l'ouvrage) ;
- les débordements de bitume (en bordure de la feuille) consécutifs à la fusion du liant de sous-face des procédés adhérents devront avoir une largeur moyenne comprise entre 1 et 2 cm environ (ponctuellement cette largeur ne devra pas excéder 7 cm) ;
- l'absence de plis ;
- le décalage des joints (absence de zone avec plus de trois épaisseurs de feuille) ;
- le traitement des points singuliers (descente d'eau, dispositifs de retenue ou d'éclairage, raccordement aux joints de chaussée...).

L'étanchéité ne doit présenter aucune lésion, cloque, gonfle, etc.

Les relevés peuvent être contrôlés par thermographie infrarouge (produits d'étanchéité liquide ou feuilles préfabriquées) et/ou au maillet (feuilles préfabriquées).

Contrôles destructifs :

Ce type de contrôle ne concerne que les procédés adhérents. Des essais d'adhérence seront exécutés selon la norme NF P 98-282, à la cadence moyenne d'un tous les deux cents (200) mètres carrés avec un minimum de six essais par ouvrage. Pour les ouvrages dont la surface de tablier est supérieure à 1 200 m², dès lors qu'un contrôle par thermographie est réalisé, la fréquence des essais peut être réduite. Les valeurs individuelles d'adhérence obtenues sur le chantier devront correspondre à une valeur supérieure à 0,4 MPa à 20 °C (température de surface du support). L'interprétation des résultats sera établie sur la base de la courbe de valeurs fournie par le fabricant (contrainte de traction en fonction de la température de la surface du support).

10.2.19 Reprise des défauts

Toutes les zones non conformes seront reprises autant que de besoin. Il ne sera pas toléré de reprise par chauffage superficiel sans ouverture complète du défaut.

La reprise des défauts pourra aller jusqu'à la dépose et la repose intégrale du complexe d'étanchéité, après une nouvelle préparation du support si nécessaire.

10.2.20 Protection thermique

Le délai de recouvrement conseillé de l'étanchéité par la couche de roulement (épaisseur totale) est au maximum **d'une semaine, ce délai pouvant être réduit dans le cas de fortes variations de températures journalières**. Dans le cas d'un délai de mise en œuvre des enrobés supérieur à ce délai, une protection thermique est mise en place sur l'étanchéité, sur l'ensemble du tablier.

Elle est constituée :

- d'un géotextile recouvert d'une couche minimale de 10 cm de sable ou de matériau non poinçonnant dans le cas des procédés type FPM (adhérents ou semi-indépendants) ;
- d'une peinture réfléchissante compatible avec l'asphalte intégré dans les procédés type FPA (adhérents ou semi-indépendants).

Dans le cas contraire, l'étancheur soumet au maître d'œuvre les dispositions qu'il propose de prendre. Ces dispositions peuvent consister notamment à la mise en œuvre d'une couche de grave (ou tout-venant de 10 cm d'épaisseur) appliquée sur un géotextile, à l'application d'une couche de peinture blanche spécialement testée pour cet emploi (cette peinture doit être efficace et ne pas nuire ultérieurement à l'adhérence du revêtement sur l'étanchéité), ou à la mise en place d'un géotextile régulièrement arrosé.

Un examen visuel de l'étanchéité sera réalisé après dépose de la protection mécanique pour rechercher les éventuelles dégradations.

10.3 Les systèmes d'étanchéité liquide (SEL)

10.3.1 Conditions d'application

10.3.1.1 Ambiance

Les conditions admissibles de mise en œuvre traditionnelle sont celles définies ci-après :

- température du support : comprise entre + 5 °C et + 40 °C ;
- température ambiante sur site : comprise entre +5 °C et + 40 °C ;
- hygrométrie maximale de l'air : 85 % HR ;
- support non condensant : la température du support doit dépasser de 3°C celle du point de rosée.

Ces conditions peuvent cependant être plus restrictives pour certains types de systèmes.

10.3.1.2 Humidité du support

L'application du Système d'Etanchéité Liquide est interdite sous la pluie. Le support d'étanchéité doit en outre respecter les conditions d'humidité suivantes :

- le taux d'humidité du support d'étanchéité en béton et mortier hydraulique doit être inférieure à 4,5 % en masse mesurés à la bombe au carbure (*profondeur de 4 cm*) ou à 80 % en volume mesurés à la sonde hygrométrique;
- le support d'étanchéité ne doit présenter ni condensation, ni film d'eau, ni givre en surface.

Le support d'étanchéité peut être asséché artificiellement par un moyen adapté avant et après application du primaire d'accrochage. Le moyen envisagé ne doit pas dégrader le support d'étanchéité.

Les préconisations, concernant l'absence de condensation sur le support d'étanchéité, s'appliquent également lors de la mise en œuvre des différentes couches du procédé (*au primaire avant l'application du revêtement d'étanchéité, au revêtement d'étanchéité avant l'application de la couche de liaison ou la couche de roulement en résine*).

10.3.1.3 Porosité à la goutte d'eau

La porosité est déterminée par la méthode de la goutte d'eau (temps d'absorption d'une goutte d'eau sur le support béton compris entre 60 et 240 secondes).

10.3.2 Primaire d'accrochage

Il est appliqué sur un support d'étanchéité préparé et réceptionné (*cf. article 8*), propre et sec, exempt de toutes souillures et/ou matières sans cohésion (terre, argile, poussière, laitance, produit de cure, hydrocarbure, huile ou graisse...). L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Le produit doit recouvrir uniformément toute la surface du support d'étanchéité, selon le dosage et le mode d'application préconisés par le fabricant.

Après application, le primaire doit former un film continu en surface. Dans les zones où il est absorbé il faut redoubler la couche.

10.3.3 Mise en œuvre en section courante sous chaussées

Le procédé d'étanchéité est mis en œuvre conformément aux préconisations du fabricant, et en tenant compte des conditions ambiantes.

La mise en œuvre est réalisée manuellement à l'aide de rouleau ou brosse, ou mécaniquement par projection manuelle ou robotisée.

10.3.3.1 Préparation des produits

En cas d'application manuelle, les résines multicomposants devront être livrées en kits prédosés. Le malaxage des produits devra être néanmoins mécanisé.

En cas d'application mécanisée, les dosages respectifs des composants seront définis par les réglages de la machine.

Les résines monocomposants seront réhomogénéisées avant emploi.

10.3.3.2 Application

Dans le cas d'utilisation de pistolet doseur mélangeur, les premières émissions du produit sont réalisées obligatoirement sur une zone en dehors de la surface à traiter ou dans un récipient. La machine de projection doit être équipée d'un système de contrôle du mélange des composants (contrôle de la différence de pression entre les composants...).

Les conditions d'ambiance pour une mise en œuvre des résines constitutives du SEL sont données à l'article 10.3.1 et dans le cahier des charges du procédé.

Pendant la durée de l'application et de la polymérisation, et jusqu'à ce que le revêtement ait obtenu une dureté « shore A » égale ou supérieure à 70, toutes les précautions doivent être prises pour éviter :

- l'apport de souillures sur le film en cours de polymérisation ;
- le trafic extérieur à l'activité de l'étanchéité ;
- la projection de résine sur les parements vus des ouvrages (corniches, garde-corps,) ;

Les temps d'attente entre couches successives, indiqués dans le cahier des charges du procédé, seront scrupuleusement respectés pour assurer l'adhérence d'une couche sur l'autre.

10.3.3.3 Épaisseur du film

La maîtrise de l'épaisseur, obtenue par différentes techniques dépendant du mode de mise en œuvre, devra être assurée tout au long de l'application.

L'épaisseur du film sec requise est fixée par le marché, elle est habituellement de 2 mm moyen avec une tolérance locale de 1,5 mm.

10.3.3.4 Pinholes

La présence de gros capillaires dans le béton peut former, dans le SEL, des petits trous (\varnothing 1 à 2 mm) appelés pinholes.

Les pinholes doivent être détectées puis réparées à l'aide d'une résine d'étanchéité, selon les préconisations décrites dans le cahier des charges du fabricant.

10.3.4 Relevés

Les relevés seront étanchés par un SEL, afin de former une barrière étanche, stable, continue et non-contournable. Le SEL utilisé en section courante pourra être appliqué sur ces parties d'ouvrage.

Le revêtement d'étanchéité est renforcé dans l'angle rentrant, soit par incorporation d'une armature, soit en réalisant une surépaisseur de résine. Le gros œuvre des angles sortants sera systématiquement chanfreiné.

L'étanchéité des relevés devra être arrêtée au minimum à 5 cm au-dessus du niveau du fil d'eau (couche de roulement, compte tenu du rechargement éventuellement prévu, ou caniveau finis), et être protégée mécaniquement soit :

- par une bordure (*cf. figure 30*) ;

10.3.5 Trottoirs faisant partie intégrante de la structure

Les trottoirs ancrés à l'ouvrage doivent présenter une pente transversale supérieure ou égale à 2% pour renvoyer les eaux vers la chaussée. L'étanchéité sera traitée selon les recommandations du guide Setra « Les trottoirs sur les ponts et aux abords immédiats » d'août 2005, par un procédé d'étanchéité adapté au type de circulation (piétons, cyclistes...), à savoir :

- en asphalte (cf. figure 21 à l'article 10.1.6) ;
- avec une feuille préfabriquée type FPM ou FPA (cf. figure 28 à l'article 10.2.8) ;
- avec un système d'étanchéité liquide (cf. figure 33).

Une attention particulière sera portée au niveau de la jonction de l'étanchéité sur trottoir avec le relevé d'étanchéité de la section courante.

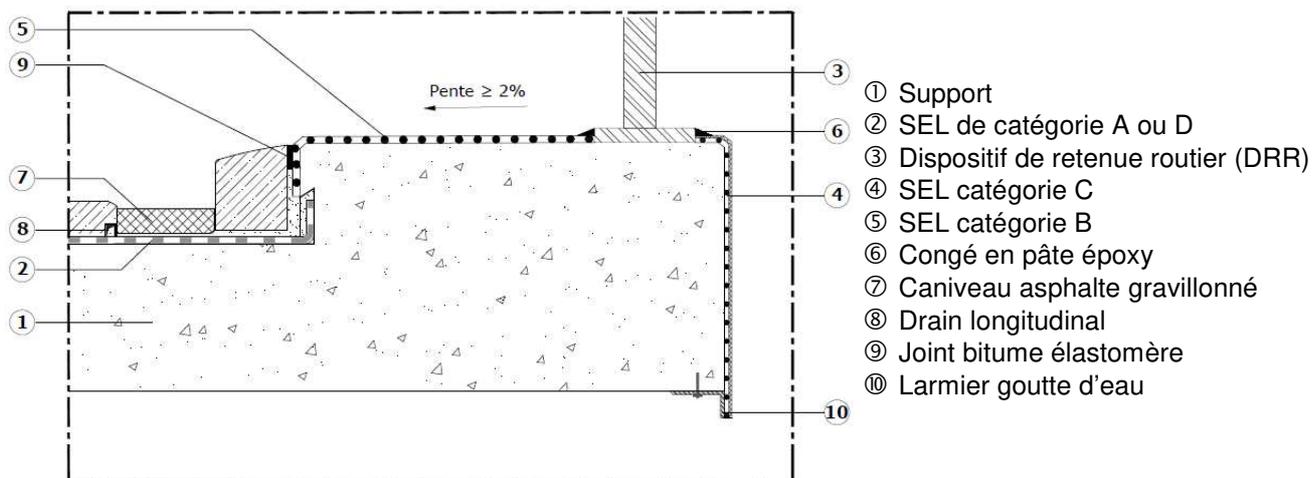
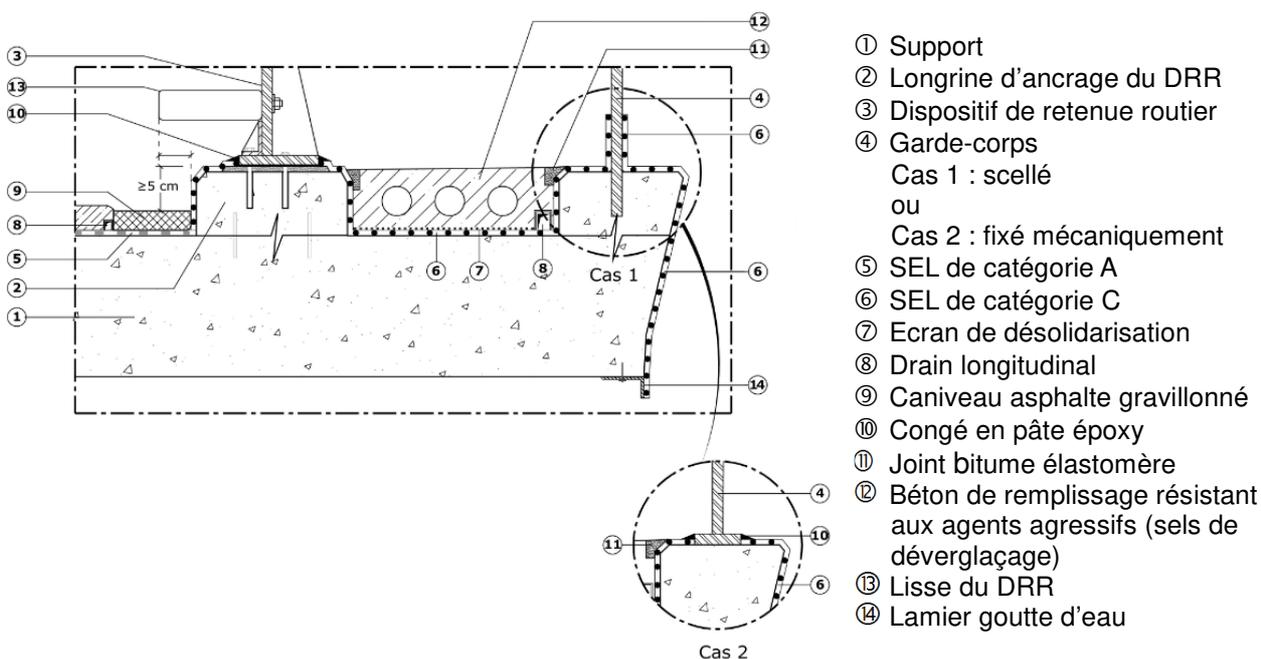


Figure 33 : Détail de principe d'étanchéité avec SEL sur trottoir intégré à la structure

Le SEL doit être de préférence mis en œuvre au contact de la structure en habillant les éléments en béton ancrés (longrine d'ancrage des dispositifs de retenue routiers, contre-bordure ancrée). L'étanchéité doit être prolongée sur les corniches et contre-corniches, puis retomber et s'arrêter sur une goutte d'eau.

10.3.5.1 Caniveau sous trottoir avec béton de remplissage

Cette zone peut être étanchéée en partie horizontale et relevés par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C. Un drain sera disposé en fond de caniveau, et devra être raccordé à un exutoire sous le remplissage béton.



10.3.6 Les retombées

Aux extrémités des ouvrages ne comportant pas de joints de chaussée, les retombées d'étanchéité seront réalisées avec le même système d'étanchéité liquide qu'en section courante, selon les préconisations décrites dans le cahier des charges du fabricant.

Le système d'étanchéité est descendu sur les culées ou poutres en épaisseur moyenne de 1,5 mm.

La hauteur de la retombée est précisée dans le CCTP et doit être au minimum de 20 cm sous la reprise de bétonnage horizontale lorsqu'elle existe.

Le système d'étanchéité liquide sera protégé au droit des zones remblayées par un géotextile de masse surfacique supérieure ou égale à 700 g/m².

Pour les ouvrages ne comportant pas de mur garde grève, le SEL sera appliqué sur toute la retombée de l'about de tablier.

10.3.7 Raccords aux joints de chaussée

Les raccords aux joints de chaussée sont des points singuliers très délicats. Ils seront traités selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER 81 de mai 2001, et du Guide Cerema « Joints de chaussée de Ponts-routes (Conception, exécution et maintenance) » de Mars 2016.

10.3.8 Drainage des eaux de surfaces

L'évacuation des eaux de surface doit être assurée par un système d'assainissement efficace, qui doit être constitué par des pentes suffisantes, des caniveaux et des descentes d'eaux pluviales.

Les enrobés bitumineux couramment utilisés en couche de roulement sur les ponts sont perméables. Aussi, l'eau a tendance à cheminer à l'interface étanchéité/couche de roulement.

Il est donc nécessaire de mettre en place un réseau de drains qui comprend :

- des drains transversaux par rapport au trafic, associés aux joints de chaussée ;
- des drains longitudinaux, qui seront traités selon les préconisations du guide Setra « Assainissement des ponts-routes » de juin 1989.

L'objectif principal du drainage longitudinal est de récupérer, dans le profil en travers de l'ouvrage, les eaux recueillies aux points bas par l'étanchéité.

Les drains longitudinaux devront être posés sur l'étanchéité, avant la réalisation des enrobés bitumineux, au droit du fil d'eau ou de la bordure de trottoir, aux endroits où les eaux sont arrêtées par un obstacle étanche, mais également dans les trottoirs dans le cas d'un remplissage béton au-dessus de l'étanchéité.

Les exutoires des drains longitudinaux doivent être suffisamment rapprochés pour tenir compte des tolérances de surfacage de l'extrados du tablier et du profil en long, en général beaucoup plus faible que le profil en travers. Ils devront être indépendants des drains transversaux posés en particulier à l'amont des joints de chaussée.

Le système de drainage pourra être constitué, entre autres, de drains rectangulaires en aluminium avec fentes, de drains spirales en acier inoxydable, ou de géocomposites drainants.

10.3.9 Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales

Le raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (gargouilles, etc.) doit garantir la continuité de l'étanchéité et l'écoulement de l'eau. Les raccords sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

A noter qu'après l'introduction de la platine et du moignon soudés dans la réservation, la platine est collée puis fixée mécaniquement au support. Enfin, le SEL est mis en œuvre sur la platine préalablement primairisée.

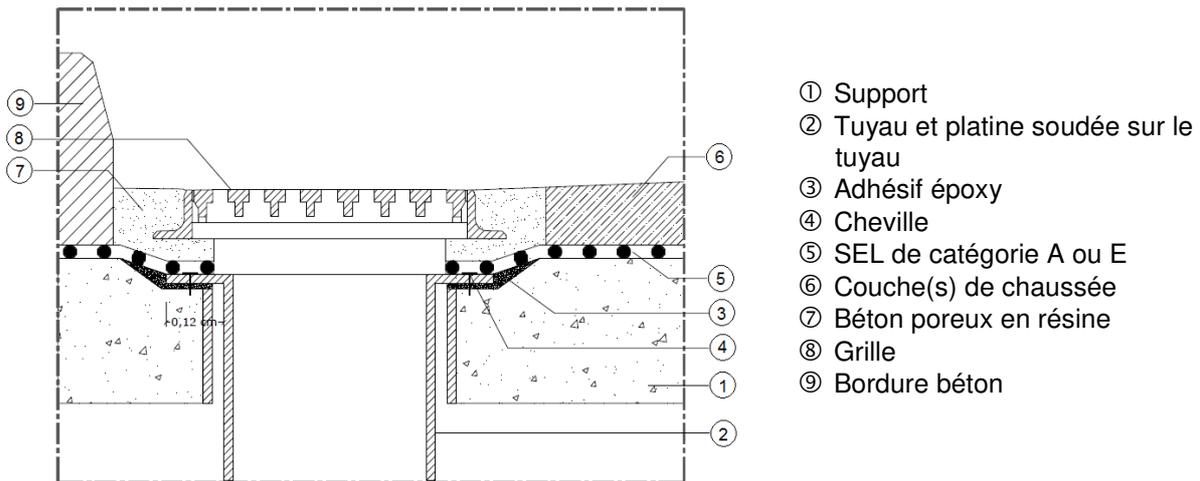


Figure 35 : Détail de principe de raccordement d'avaloir

10.3.10 Zones techniques des trottoirs sous dalles

Cette zone peut être étanchée en partie horizontale et relevés par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C. Le fond du caniveau sera protégé par une dalle béton rapportée sur une nappe drainante. L'eau sera évacuée par des avaloirs disposés en bas de pente.

Dans le cas où le fond de caniveau est plus bas que le niveau supérieur de l'intrados du tablier il faut augmenter la capacité drainante de la nappe et le nombre d'avaloirs.

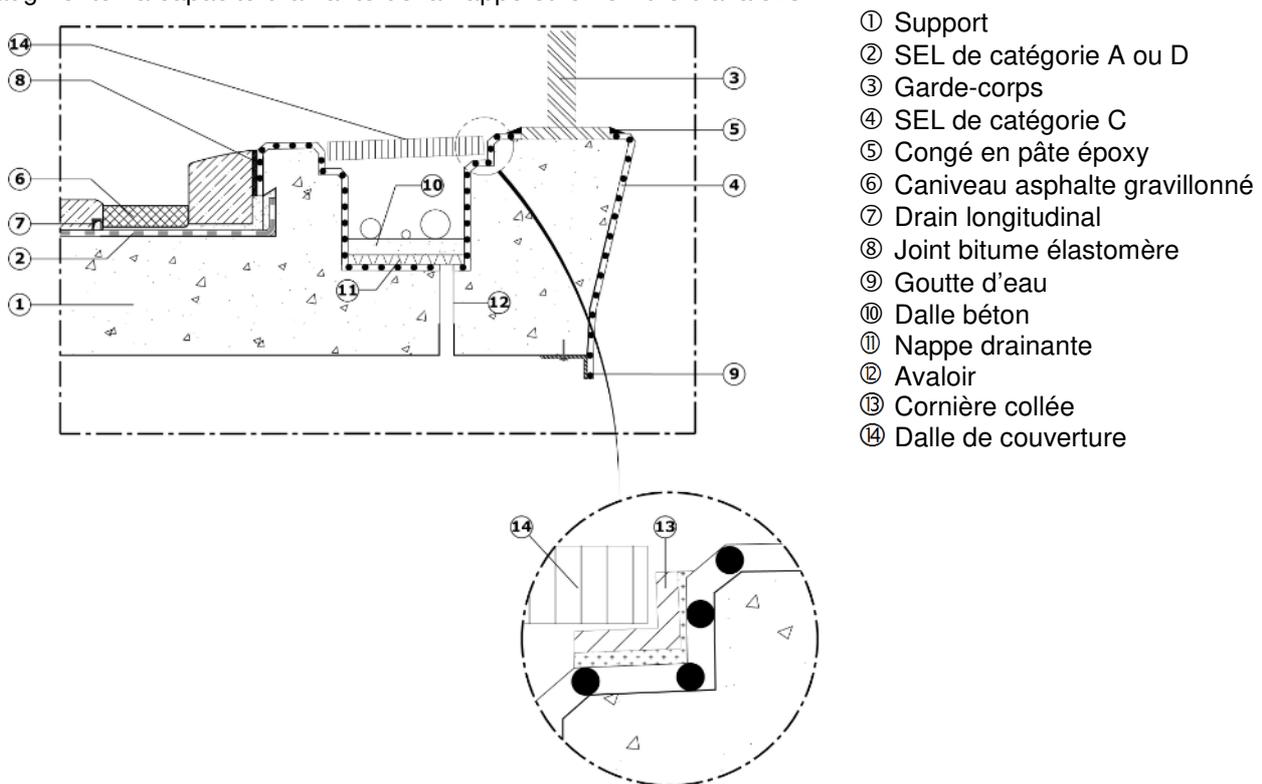


Figure 36 : Détail de principe avec caniveau sous dalles

10.3.11 Corniches caniveaux

L'étanchéité des corniches caniveaux sera traitée par un système d'étanchéité liquide de catégorie C (cf. article 7.3.2.3).

10.3.12 Corniche, contre corniche

Le SEL de catégorie C revêt toute la contre-corniche puis le dessus de la corniche et s'arrête sur une goutte d'eau.

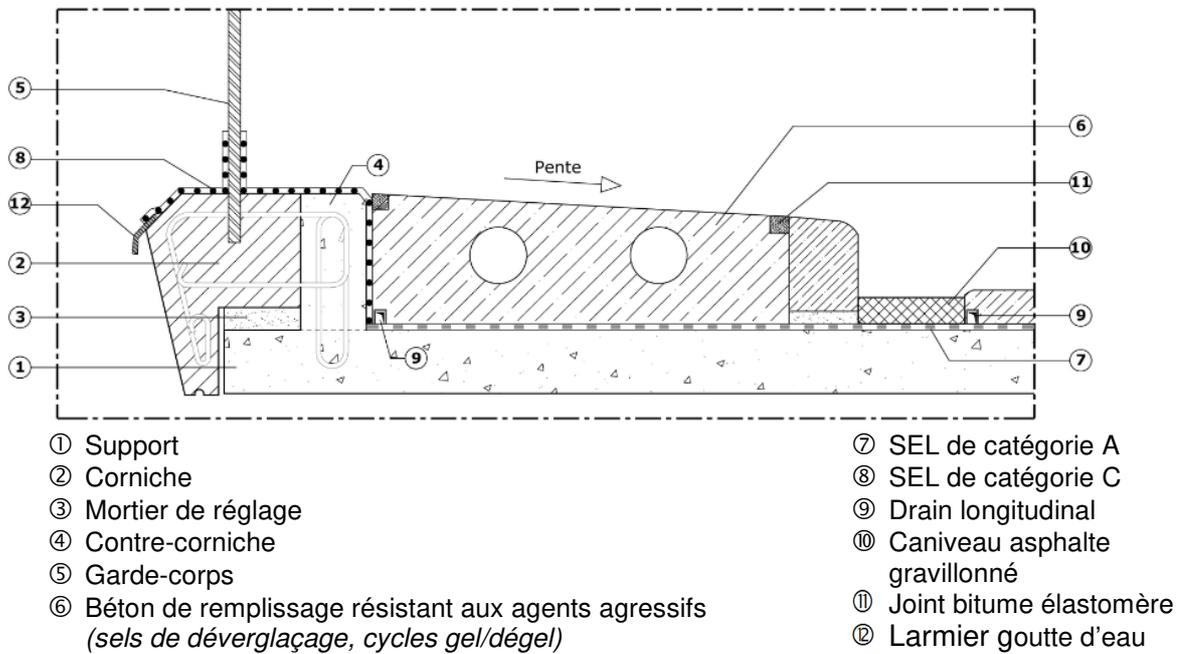


Figure 37 : Détail de principe d'étanchéité avec corniche et contre corniche en béton

Dans le cas de corniche en tôle, le SEL redescend sur le bord du tablier. Une bavette métallique assure la liaison avec la corniche. Les gargouilles, également étanchées en SEL, dirigent l'eau vers les corniches caniveaux.

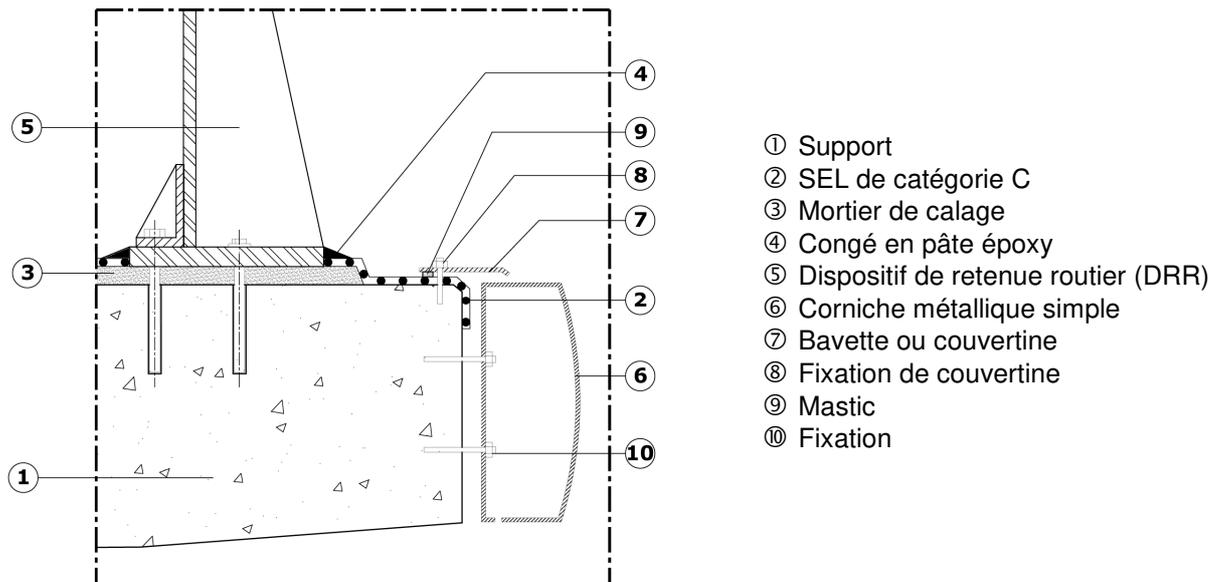


Figure 38 : Détail de principe d'étanchéité avec corniche en tôle

10.3.13 Raccordement aux éléments à fixer

La continuité de l'étanchéité doit être assurée lors du raccordement avec les éléments à fixer (support de dispositifs de retenue routiers, poteaux d'éclairage, etc.), et notamment au niveau des platines et des vis de fixation. Les raccords sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

10.3.14 Couches de protection et de circulation

SEL	Nature du support d'étanchéité	Circulation	Type de revêtement de circulation
de catégorie A	Béton ou métal	PL, VL	Enrobé bitumineux ou en asphalté

SEL	Nature du support d'étanchéité	Circulation	Type de revêtement de circulation
de catégorie B	Béton ou métal	Piétons, cyclistes	Résine avec incorporation de granulats
de catégorie C	Béton ou métal	Pas de circulation	Couche de finition éventuelle pour protéger de l'action des UV
de catégorie D	Béton ou métal	PL, VL	Résine avec incorporation de granulats
de catégorie E	Béton ou métal	Tous types de circulation	Protection en béton, recouverte éventuellement d'un revêtement de circulation

Tableau n°18 : Exigences relatives aux couches de protection et de circulation

Nota : Les épaisseurs minimales de la couche de circulation en enrobé bitumineux ou en asphalte sont fonction du dimensionnement des couches de chaussée relatif au type de trafic supporté.

Couche de protection et de circulation en enrobé bitumineux ou asphalte

Le revêtement d'étanchéité reçoit une couche de liaison par application, dans le délai de recouvrement prescrit, d'une couche de résine compatible avec le revêtement d'étanchéité, puis épandage du granulats prescrit dans le procédé immédiatement après la mise en œuvre de la résine.

Les bétons bitumineux sont mis en œuvre après polymérisation de la résine. Le dossier technique précisera la nécessité ou non de l'application d'une couche d'accrochage au préalable.

Couche de protection et de circulation en résine

Le revêtement de circulation est appliqué, dans le délai de recouvrement prescrit, directement sur le revêtement d'étanchéité de la manière suivante :

- application d'une couche de résine ;
- épandage immédiat de granulats, dans la couche de résine fraîche ;
- élimination, après séchage de la résine, des granulats non-incrustés ;
- éventuellement, application d'une couche de sertissage (résistance aux UV, esthétique, facilité d'entretien, etc.).

10.3.15 Circulation de chantier

En phase chantier, l'étanchéité peut admettre, lorsque la dureté shore A est supérieure à 70 :

- une circulation piétonne ;
- une circulation d'engins avec les restrictions suivantes :
 - o limiter la circulation au strict minimum ;
 - o utiliser des engins sur pneus ou avec patins en caoutchouc (les engins à chenilles non protégées par des surpatins en caoutchouc, seront proscrits). Les engins devront alors se déplacer à faible vitesse sans effectuer d'accélération brusque ou freinage, ni ripage, ni giration ;
 - o conserver les zones de passage propres et exemptes de matériaux (boulons, acier, gravillons, etc.), qui peuvent venir s'incruster dans l'étanchéité sous le passage des engins.
- toutes les manipulations des matériaux et matériels, devront s'effectuer avec précautions et ne devront pas occasionner des chocs à l'étanchéité ;
- le stationnement des matériels nécessaires à la poursuite des travaux (mise en place de bordures, coulage de longrine, pose de corniches, etc.) devra se faire par l'intermédiaire de plaques de répartition de charges pour éviter tout poinçonnement ;
- l'étanchéité devra être protégée lors des travaux provoquant des flammes ou étincelles (soudures, tronçonnages,....) ;
- ne pas effectuer de percement au travers de l'étanchéité ;

- en phase chantier, une protection amovible adaptée devra, être systématiquement mise en place sur l'étanchéité, avant tout stockage de matériaux et de matériels ; cette situation devant rester néanmoins exceptionnelle ;
- interdiction d'établir des aires de cantonnement et de stationnement.

10.3.16 Contrôles et essais

Le CCTP définit les contrôles à réaliser, dont les modalités de réalisation seront décrites dans le PAQ de l'entreprise d'étanchéité. La bonne exécution du PAQ est vérifiée dans le cadre du contrôle extérieur (cf. article 2).

La répartition des principales tâches de contrôles, entre les différents intervenants, est décrite dans le tableau n°19.

Produit / Phase du chantier	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Procédure de mise en œuvre / demande d'agrément des produits		X		X Visa des propositions des entreprises	Conformité avec les exigences du CCTP
Réception du support (cf. tableau n°13 à l'article 8.8)		X	X	X	
Primaire	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre du primaire	X		X Contrôle température / humidité du support / continuité / polymérisation / moyens de mise en œuvre / aspect brillant	X Vérification sur chantier	Cf. article 10.3.1 et prescriptions ci-après le tableau
Revêtement d'étanchéité			X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre du revêtement d'étanchéité	X		X Contrôle température / contrôle humidité / condensation / séchage / moyens de mise en œuvre / quantités appliquées / adhérence / dureté shore A	X Visa Vérification du contrôle interne de l'entreprise Essais d'adhérence.	Cf. article 10.3.1 et prescriptions ci-après le tableau
Couche de liaison (résine et granulats)	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature des produits), de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre de la couche de liaison résine / couche(s) de chaussée	X		X Procédure d'application. Contrôle des consommations. Respect du PAQ.	X Visa Vérification sur chantier	Cf. prescriptions ci-après le tableau

Produit / Phase du chantier	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Couche de roulement en résine et granulats	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature des produits), de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre de la couche de roulement en résine et granulats	X		X Procédure d'application. Contrôle des consommations et PMT. Respect du PAQ.	X Visa Vérification sur chantier	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Réception de l'étanchéité		X	X Fourniture des résultats du contrôle interne et documents de suivi (<i>essais d'adhérence, et recherche visuelle et/ou par balai diélectrique des défauts de fermeture du film, ...</i>)	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre des dispositifs de drainage (si couche de roulement en enrobé bitumineux) ou en béton		X	X Conformité aux dispositions constructives	X Visa sur le bon fonctionnement	- Pente - Position - Raccordement aux dispositifs d'évacuation
Mise en œuvre des couches sus-jacentes	X		X Préservation de l'intégrité du procédé d'étanchéité. Absence des défauts éventuels (gonfles, ...)	X Contrôle visuel	- Préservation de l'intégrité du procédé d'étanchéité - Respect des conditions de circulation de chantier

Tableau n°19 : Répartition des tâches de contrôles lors de la mise en œuvre des SEL

Contrôles de conformité des matériaux

Un contrôle portant sur la date limite d'utilisation éventuelle, les conditions de stockage, etc., sera effectué par le titulaire à la réception des matériaux (primaire d'adhérence, produits pour la(les) couche(s) d'étanchéité, granulats...).

Ces points pourront également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, un prélèvement conservatoire du produit destiné à la(les) couche(s) d'étanchéité sera réalisé, et en cas de litige, cet échantillon pourra faire l'objet d'une identification portant sur :

- masse volumique, extrait sec, teneur en cendres et viscosité ;
- nature des composants (par spectre infrarouge) ;
- dureté shore A à 2 jours et 7 jours (à 20 °C) ;
- résistance à la traction et déformation à la force maximum à 23 °C.

Pour l'ensemble des matériaux, un certificat de qualité ou de conformité peut être demandé au fabricant.

Contrôles lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur à l'initiative du maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

- les conditions d'ambiance et d'humidité de support ;
- les conditions de stockage des matériaux ;
- le respect des délais de recouvrement entre les couches ;
- l'épaisseur appliquée ;
 - o par suivi des consommations en cas d'application manuelle ou projection et, pour une application robotisée, par contrôle initial du réglage sur plaque d'essai ;
 - o par un contrôle au peigne humide si le produit s'y prête.
- la conformité du traitement des points singuliers par rapport aux plans d'exécution ;
- le contrôle de la dureté shore : durant l'application, il sera procédé à la réalisation de coupelles témoins du produit mis en œuvre aux fins de détermination de la dureté shore.

Contrôles après la mise en œuvre

Au titre de ce contrôle, qui pourra être réalisé au titre du contrôle extérieur, seront vérifiés :

Contrôles non destructifs :

- contrôle de la continuité du revêtement : une réception visuelle et au balai diélectrique sera réalisée avant l'application de la couche de circulation ou de la couche de liaison résine/enrobé bitumineux. La surface visible du film ne doit présenter ni bulles ni trous d'épingle (pinholes). Dans le cas contraire ils devront être réparés suivant une méthode définie dans le Cahier des Charges du fabricant.
- contrôle de l'épaisseur sur support métallique : après application, l'épaisseur peut être mesurée par détermination des épaisseurs suivant la norme ISO 19840 à raison de 20 mesures pour 500 m² (avec un minimum de 6 mesures par tablier).
- contrôle de l'homogénéité de l'étanchéité : contrôle par thermographie IR, particulièrement utile dans le cas de l'utilisation d'une armature.

Contrôles destructifs :

- contrôle de l'adhérence :

Des essais d'adhérence seront exécutés selon la norme NF P 98-282, à la fréquence moyenne d'un tous les deux cents (200) mètres carrés avec un minimum de six essais par ouvrage. Les valeurs individuelles d'adhérence obtenues sur le chantier devront correspondre à une valeur supérieure à 1 MPa.
- contrôle de l'épaisseur :

Sur les pastilles rondes ou carrées arrachées suite à la mesure de l'adhérence du revêtement, l'épaisseur du film est mesurée à l'aide d'une loupe micrométrique de précision 100 µm (NF EN ISO 2808).

 - o la moyenne de 10 mesures au droit d'une pastille constitue une épaisseur locale. Cette épaisseur doit être supérieure au minimum requis ;
 - o l'épaisseur moyenne est déterminée avec une approche statistique à partir des épaisseurs locales suivant les normes ISO 12491 et ISO 2854.

10.3.17 Reprise des défauts

Toutes les zones non conformes seront reprises.

La reprise des défauts pourra aller jusqu'à la dépose et la repose intégrale du complexe d'étanchéité, après une nouvelle préparation du support si nécessaire.

10.4 Les procédés d'étanchéité mis en œuvre par des moyens à haute cadence (MHC)

10.4.1 Conditions d'application :

10.4.1.1 Ambiance

Les conditions admissibles de mise en œuvre traditionnelle sont celles définies ci-après :

- température ambiante sur site : comprise entre + 5 °C et + 40 °C ;
- support non condensant : la température du support d'étanchéité doit dépasser de 3 °C celle du point de rosée ou de givre.

Une attention particulière doit être apportée à la vitesse et à la direction du vent, notamment en phase de réalisation de la membrane.

10.4.1.2 Humidité du support

La mise en œuvre de la chape d'étanchéité est interdite sous la pluie. Le support d'étanchéité doit en outre respecter les conditions d'humidité suivantes :

- le taux d'humidité du support d'étanchéité en béton et mortier hydraulique doit être inférieure à 4,5 % en masse mesurés à la bombe au carbure (*profondeur de 4 cm*) ou à 80 % en volume mesurés à la sonde hygrométrique ;
- le support d'étanchéité ne doit présenter ni film d'eau, ni givre en surface, même si les conditions d'ambiance sont respectées ;
- le support d'étanchéité peut être asséché artificiellement par un moyen adapté avant et après application du primaire d'accrochage. Le moyen envisagé ne doit pas dégrader le support d'étanchéité.

10.4.2 Couche d'accrochage

Cette couche est appliquée sur un support d'étanchéité propre et sec, exempt de toutes souillures et/ou matières sans cohésion (terre, argile, poussière, laitance, produit de cure, hydrocarbure, huile ou graisse...). L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Le produit doit recouvrir uniformément toute la surface du support d'étanchéité, selon le dosage préconisé par le fabricant ; les manques sont repris et les accumulations sont éliminées.

10.4.3 Mise en œuvre en section courante sous chaussées

10.4.3.1 Micro-béton bitumineux

Le travail ne doit pas être entrepris avant que la couche d'accrochage soit sèche (les solvants éventuels évaporés) ou que l'émulsion d'accrochage soit rompue, selon les préconisations de la fiche technique dans les 2 cas.

L'application du micro-béton bitumineux est réalisée à partir d'un atelier classique de mise en œuvre d'enrobés routiers (finisseur, compacteurs à bille sans vibration).

L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Dans la mesure du possible, il conviendra de fixer le plan de bandes dans le but de réduire le nombre de joints longitudinaux froids par l'utilisation d'un nombre adapté d'ateliers de mise en œuvre simultanés. De même, les joints transversaux sont à éviter.

La température minimum de mise en œuvre du micro-béton bitumineux devra être précisée dans le PAQ en fonction du liant employé.

Il sera utile de contrôler l'état de propreté des pneumatiques des poids lourds affectés à l'approvisionnement du micro-béton bitumineux avec nettoyage le cas échéant avant d'autoriser leur accès à l'ouvrage.

Un soin particulier doit être apporté au compactage pour assurer la compacité visée et une texture fermée.

10.4.3.2 Membrane d'étanchéité ou couche d'accrochage

L'application sur une surface humide, sous la pluie ou par vent fort est prohibée.

Elle est appliquée sur un support propre et sec exempt de toute pollution.

La mise en œuvre est réalisée au moyen d'une répandeuse adaptée assurant une température homogène du liant de façon à garantir la régularité du répandage.

Le gravillonnage assurant la protection mécanique est réalisé au moyen d'un gravillonneur et doit intervenir avant le refroidissement total de la membrane ou la rupture complète de l'émulsion d'accrochage pour garantir un bon collage.

L'excédent de gravillonnage sera balayé ou aspiré.

10.4.3.3 Enrobé bitumineux de couche de roulement (ou couche de liaison)

L'application est réalisée à partir d'un atelier classique de mise en œuvre d'enrobés routiers (finisseur, compacteurs sans vibration).

Il conviendra de fixer le plan de bandes et d'organiser la mise en œuvre dans un souci de :

- réduire au strict minimum les interventions manuelles et les joints transversaux ;
- garantir la qualité des joints longitudinaux ;
- ne pas blesser l'étanchéité (bandes continues en évitant les arrêts de finisseur...).

L'application sous la pluie est prohibée.

La température minimum de mise en œuvre de l'enrobé bitumineux devra être précisée dans le PAQ en fonction du liant employé.

Il sera utile de contrôler l'état de propreté des pneumatiques des poids lourds affectés à l'approvisionnement de l'enrobé bitumineux avec nettoyage le cas échéant avant d'autoriser leur accès à l'ouvrage. La circulation des poids lourds devra se faire en évitant les arrêts prolongés et les manœuvres brutales (trajectoires en ligne droite, pas de demi-tour) dans le but de ne pas altérer l'étanchéité sous-jacente.

Nota : la mise en œuvre ne devra être entreprise que si les conditions météorologiques et organisationnelles (décrire dans le PAQ les matériels à prévoir en cas de panne) permettent d'appliquer dans la foulée l'ensemble des différents composants du complexe.

10.4.4 Relevés

L'étanchéité des relevés sera réalisée soit :

- avec une membrane de liant modifié aux polymères ;
- avec une feuille bitumineuse adhérente (cf. article 10.2.7) ;
- avec un produit d'étanchéité liquide (cf. article 10.2.7).

L'étanchéité des relevés devra être arrêtée au minimum à 5 cm au-dessus du niveau du fil d'eau (couche de roulement, compte tenu du rechargement éventuellement prévu, ou caniveau finis), et être protégée mécaniquement soit :

- par une bordure (cf. figure 39) ;

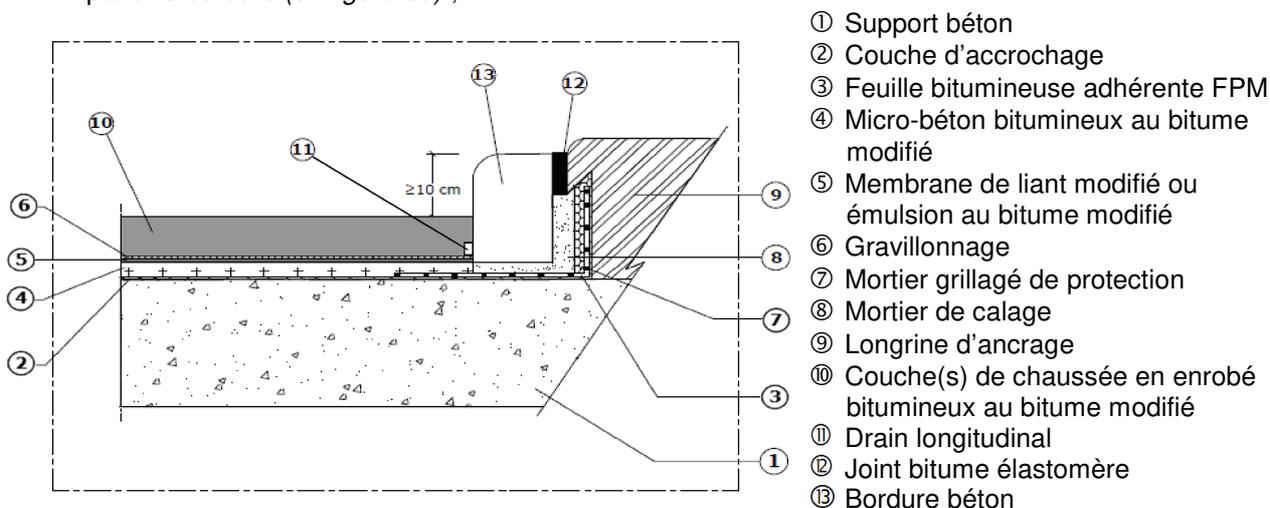


Figure 39 : Détail de relevé avec feuille bitumineuse protégé par une bordure

- par une engravure comblée par un mortier grillagé ou fibré, éventuellement (ou le cas échéant) résistant au gel/dégel et aux sels de déverglaçage (cf. figure 40) ;

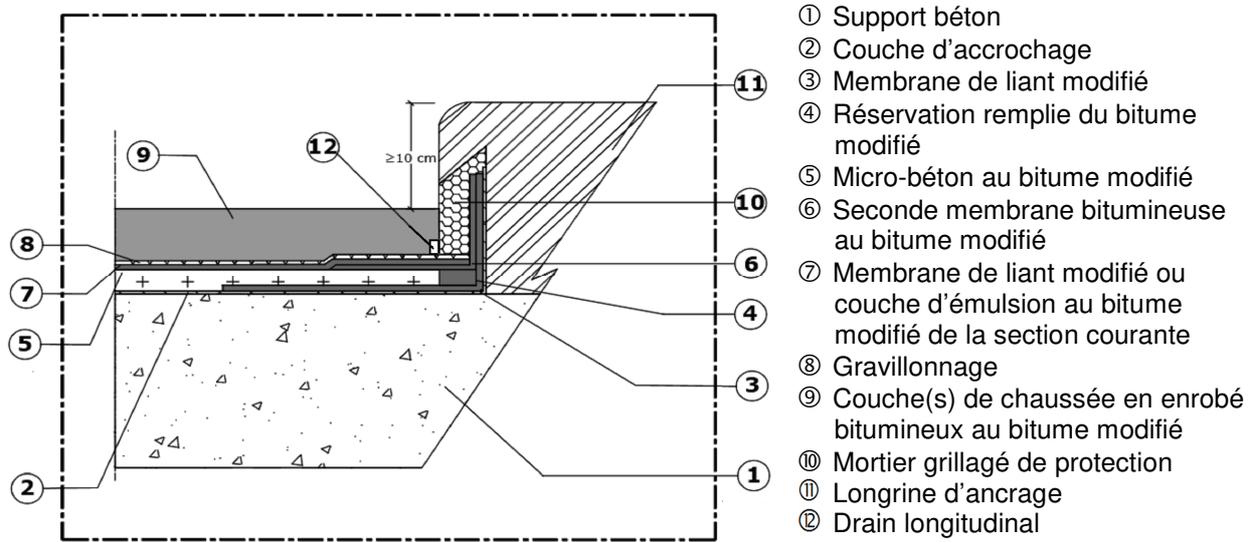


Figure 40 : Détail de relevé avec membrane bitumineuse protégé par une engravure comblée par un mortier

En l'absence d'engravure le relevé pourra être protégé par un dispositif adapté.

- par une protection métallique rigide et solidement fixée, traitée anti-corrosion (cf. figure 20).

10.4.5 Trottoir faisant partie intégrante de la structure

Les trottoirs ancrés à l'ouvrage doivent présenter une pente transversale supérieure ou égale à 2% pour renvoyer les eaux vers la chaussée. L'étanchéité sera traitée selon les recommandations du guide Setra « Les trottoirs sur les ponts et aux abords immédiats » d'Août 2005, par un procédé d'étanchéité adapté au type de circulation (piétons, cyclistes, ...), à savoir :

- en asphalte (cf. figure 21 à l'article 10.1.6) ;
- avec une feuille préfabriquée FPM ou FPA (cf. figure 28 à l'article 10.2.8) ;
- avec un système d'étanchéité liquide (cf. figure 33 à l'article 10.3.5).

Une attention particulière sera portée au niveau de la jonction de l'étanchéité sur trottoir avec le relevé d'étanchéité de la section courante.

Nota : lorsque le remplissage du trottoir est réalisé sur et après l'étanchéité de section courante au contact de la structure, l'étanchéité sur trottoir n'est pas nécessaire.

10.4.6 Retombées

Aux extrémités des ouvrages ne comportant pas de joints de chaussée, les retombées d'étanchéité seront réalisées soit :

- par une feuille bitumineuse adhérente soudée sur support d'étanchéité préalablement enduit d'un primaire d'accrochage, descendant au minimum 20 cm en dessous de la reprise de bétonnage ;
- par un système d'étanchéité liquide compatible avec l'étanchéité de la section courante, descendant au minimum 20 cm en dessous de la reprise de bétonnage.

10.4.7 Raccords aux joints de chaussée

Les raccords aux joints de chaussée sont des points singuliers très délicats. Ils seront traités selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER 81 de mai 2001, et du guide Cerema « Joints de chaussée de Ponts-routes (Conception, exécution et maintenance) » de Mars 2016.

Les abords des joints de chaussée sont généralement traités avec une feuille préfabriquée bitumineuse FPM posée en adhérence.

10.4.8 Drainage des eaux de surfaces

L'évacuation des eaux de surface doit être assurée par un système d'assainissement efficace, qui doit être constitué par des pentes suffisantes, des caniveaux et des descentes d'eaux pluviales.

Les enrobés bitumineux couramment utilisés en couche de roulement sur les ponts sont perméables. Aussi, l'eau a tendance à cheminer à l'interface étanchéité/couche de roulement.

Il est donc nécessaire de mettre en place un réseau de drains qui comprend :

- des drains transversaux par rapport au trafic, associés aux joints de chaussée ;
- des drains longitudinaux, qui seront traités selon les préconisations du guide Setra « Assainissement des ponts-routes » de juin 1989.

L'objectif principal du drainage longitudinal est de récupérer, dans le profil en travers de l'ouvrage, les eaux recueillies aux points bas par l'étanchéité.

Les drains longitudinaux devront être posés sur l'étanchéité, avant la réalisation des enrobés bitumineux, au droit du fil d'eau ou de la bordure de trottoir, aux endroits où les eaux sont arrêtées par un obstacle étanche, mais également dans les trottoirs dans le cas d'un remplissage béton au-dessus de l'étanchéité.

Les exutoires des drains longitudinaux doivent être suffisamment rapprochés pour tenir compte des tolérances de surfacage de l'extrados du tablier et du profil en long, en général beaucoup plus faible que le profil en travers. Ils devront être indépendants des drains transversaux posés en particulier à l'amont des joints de chaussée.

Le système de drainage pourra être constitué, entre autres, de drains rectangulaires en aluminium avec fentes, de drains spirales en acier inoxydable, ou de géocomposites drainants.

10.4.9 Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales

Le raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (gargouilles, etc.) doit garantir la continuité de l'étanchéité et l'écoulement de l'eau. Les raccordements sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

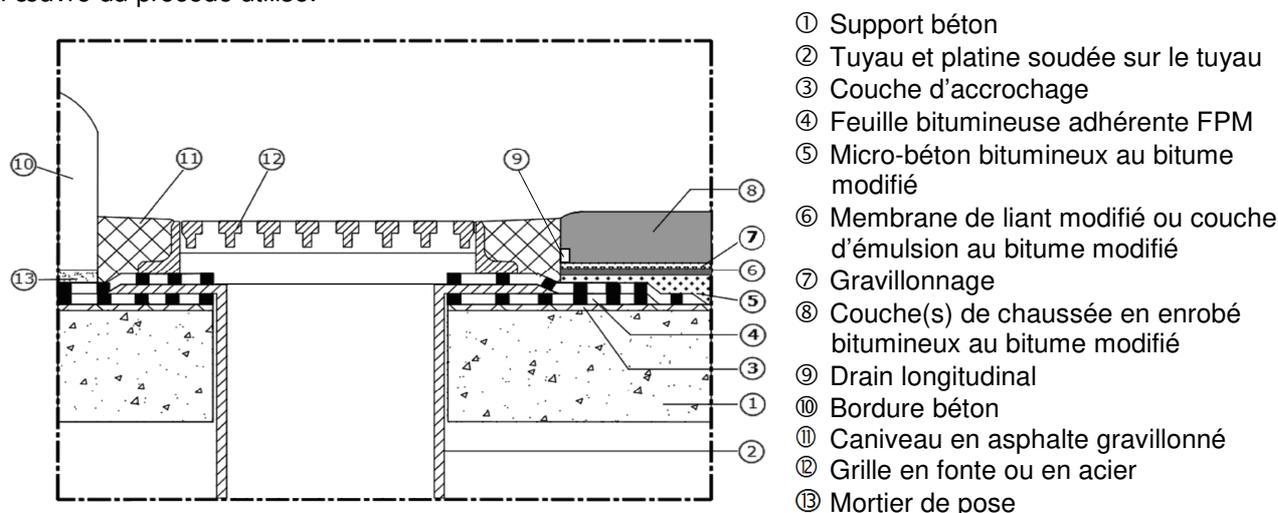


Figure 41 : Détail de principe de raccordement d'avaloir

10.4.10 Zones techniques des trottoirs sous dalettes

Cette zone peut être étanchée :

- en partie horizontale :
 - o soit par une feuille bitumineuse FPM adhérente soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF ou d'un bouche pores et protégée mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé) ;
 - o soit par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C, protégé mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé).
- en relevés :
 - o soit par une feuille préfabriquée type FPM adhérente, soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un bouche pores ou d'un EIF, et protégée par un enduit de ciment grillagé ;
 - o soit par un produit d'étanchéité liquide compatible avec une feuille bitumineuse et dont la mise en œuvre s'effectue à froid sans primaire d'accrochage.

10.4.11 Corniches caniveaux

L'étanchéité des corniches caniveaux sera traitée par un système d'étanchéité liquide type C (cf. article 7.3.2.3).

10.4.12 Raccordement aux éléments à fixer

La continuité de l'étanchéité doit être assurée lors du raccordement avec les éléments à fixer (support de dispositifs de retenue routiers, poteaux d'éclairage, etc.), et notamment au niveau des platines et des vis de fixation. Les raccordements sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

10.4.13 Couches de protection et de circulation

Nature du support d'étanchéité	Épaisseur en tout point, de la couche de roulement en enrobé bitumineux
Béton hydraulique	4 cm minimum
Enrobé bitumineux de reprofilage	

Tableau n°20 : Exigences relatives aux couches de protection et de circulation en enrobé bitumineux

Nota : Les épaisseurs minimales de la couche de circulation en enrobé bitumineux sont fonction du dimensionnement des couches de chaussée relatif au type de trafic supporté.

10.4.14 Circulation de chantier

En dehors des matériels de mise en œuvre, toute circulation doit être proscrite sur les zones en cours d'exécution.

- ne pas effectuer de percement au travers de l'étanchéité ;
- interdiction d'établir des aires de cantonnement et de stationnement.

10.4.15 Contrôles et essais

Le CCTP définit les contrôles à réaliser, dont les modalités de réalisation seront décrites dans le PAQ de l'entreprise d'étanchéité. La bonne exécution du PAQ est vérifiée dans le cadre du contrôle extérieur (cf. article 2).

La répartition des principales tâches de contrôles, entre les différents intervenants, est décrite dans le tableau n°21.

Produit / Phase du chantier	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Procédure de mise en œuvre / demande d'agrément des produits		X		X Visa des propositions des entreprises	Conformité avec les exigences du CCTP
Réception du support (cf. tableau n°13 à l'article 8.8)		X	X	X	
Couche d'accrochage	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre de la couche d'accrochage	X		X Contrôle température / siccité du support/ délai de séchage / moyens de mise en œuvre / quantités appliquées	X Vérification sur chantier	Cf. article 10.4.1 et prescriptions ci-après le tableau
Micro-béton bitumineux	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit), de la température	X Prélèvement d'échantillons	Cf. article 10.4.1 et prescriptions ci-après le tableau
Mise en œuvre du micro-béton bitumineux	X		X Procédure d'application. Prise d'échantillons. Contrôle des épaisseurs. Contrôle de la compacité sur planche d'essai hors ouvrage. Respect du PAQ. Respect des plans et carnet de détails.	X Visa Contrôle des épaisseurs	

Produit / Phase du chantier	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Résultats d'auto contrôle fabricant sur le micro-béton bitumineux prélevé sur chantier	X		X Vérification de la fabrication (teneur en liant, courbe granulométrique)	X Vérification des résultats	
Membrane d'étanchéité en bitume modifié aux polymères		X	X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit)	X Visa Prélèvement éventuel d'échantillons conservatoires	
Mise en œuvre de la membrane d'étanchéité	X		X Contrôle du dosage appliqué sur planche d'essai hors ouvrage. Prélèvement d'échantillons. T° de mise en œuvre. Continuité du film mis en œuvre. Respect du PAQ. Respect des plans et carnet de détails.	X Visa	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Couche de protection de la membrane (ardoisine ou autre...)	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit appliqué). Dosage. Continuité de l'application.	X Visa	
Mise en œuvre des dispositifs de drainage		X	X Conformité aux dispositions constructives	X Visa sur le positionnement des drains et leur bon fonctionnement	- Pente - Position - Raccordement aux dispositifs d'évacuation - Accessibilité des débouchés de drain
Enrobé bitumineux de la couche de roulement	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit), de la température	X Prélèvement d'échantillons	- Conditions d'applications - Caractéristiques - Composition des enrobés - Epaisseurs - Reprofilage
Mise en œuvre de l'enrobé bitumineux de la couche de roulement	X		X Procédure d'application. Prise d'échantillons. Contrôle des épaisseurs. Contrôle de la compacité (<i>si l'épaisseur le permet</i>) et PMT. Respect du PAQ.	X Visa Contrôle des épaisseurs	Cf. prescriptions ci-après le tableau

Produit / Phase du chantier	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Résultats d'auto contrôle fabricant sur les enrobés bitumineux prélevés sur chantier	X		X Vérification de la fabrication (teneur en liant, courbe granulométrique)	X Vérification des résultats	
Réception de l'étanchéité		X	X Réception visuelle de la continuité de l'étanchéité et le traitement des points singuliers	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise	Cf. prescriptions ci-après le tableau

Tableau n°21 : Répartition des tâches de contrôles lors de la mise des feuilles

Contrôles de conformité des matériaux

Un contrôle portant sur la date limite d'utilisation éventuelle, les conditions de stockage, etc., sera effectué par le titulaire à la réception des matériaux (émulsion d'accrochage, EIF, feuille bitumineuse éventuelle, liants, enrobés bitumineux, et produits d'étanchéité liquide).

Ces points pourront également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, un prélèvement conservatoire pourra être réalisé, et en cas de litige, cet échantillon fera l'objet d'une identification portant sur :

- les liants modifiés par des polymères des enrobés bitumineux :
 - o la pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C (NF EN 1426) ;
 - o le point de ramollissement Bille & Anneau (NF EN 1427) ;
 - o l'identification et dosage des polymères par spectrométrie infrarouge (Méthode LPC N° 71).
- la feuille préfabriquée en relevés et en retombée :
 - o l'épaisseur ;
 - o la composition massique de la feuille ;
 - o la masse surfacique ;
 - o la pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C sur le liant (NF EN 1426) ;
 - o le point de ramollissement Bille & Anneau sur le liant (NF EN 1427) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à 20 °C.
- le produit d'étanchéité liquide en relevé :
 - o la masse volumique, l'extrait sec, la teneur en cendres et la viscosité ;
 - o la nature des composants (par spectre infrarouge) ;
 - o la dureté shore A à 2 jours et 7 jours (à 20 °C) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à 23 °C.

Pour l'ensemble des matériaux, un certificat de qualité ou de conformité peut être demandé au fabricant.

Contrôles lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur à l'initiative du maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

- les conditions d'ambiance et d'humidité de support ;
- pour la membrane bitumineuse et la couche d'accrochage :
 - o le contrôle de la répanduse par vérification du dosage moyen et de l'homogénéité de la membrane au moyen d'une planche d'essai (hors ouvrage) ;
 - o le contrôle des températures d'application ;
 - o l'absence, par contrôle visuel continu, de « manque », bullage ou cloque, etc. Toutes les zones non conformes seront reprises manuellement à l'avancement ;

- le contrôle visuel de la protection de la membrane par gravillonnage.
- pour les enrobés bitumineux :
 - les contrôles de fabrication (granulométrie et teneur en liant) ;
 - le contrôle des températures d'application ;
 - le contrôle visuel de l'aspect et de l'état de surface des enrobés bitumineux ;
 - le compactage.
- le traitement des points singuliers.

Contrôles après la mise en œuvre

La réception de l'étanchéité pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

Contrôles non destructifs :

- pour les enrobés bitumineux :
 - la compacité in-situ pour les épaisseurs supérieures à 5 cm ;
 - la macrotecture.

10.4.16 Reprise des défauts

Toutes les zones non conformes seront reprises autant que de besoin, avant la poursuite de la mise en œuvre.

La reprise des défauts pourra aller jusqu'à la dépose et la repose intégrale du complexe d'étanchéité, après une nouvelle préparation du support si nécessaire.

10.5 Les systèmes d'étanchéité épais sur support métallique soumis à une flexion inverse et intégrant une couche de roulement en enrobé bitumineux (SESM)

10.5.1 Conditions d'application :

Les conditions d'ambiance et d'humidité du support sont rappelées dans le tableau n°22 :

	T° ambiante (°C)	T° du subjectile (°C)	Hygrométrie (%)	Vitesse du vent (m/s)
Préparation du support	> 5 °C	supérieure de plus de 3 °C au point de rosée	< 75 %	-
Couche d'accrochage	compris entre 10 °C et 50 °C	supérieure de plus de 3 °C au point de rosée	-	< 10 si application au pistolet
Feuille préfabriquée (selon procédés)	> 0 °C	> 2 °C si température ambiante entre + 0 °C et + 5 °C	-	Inférieure à un vent fort
Membrane (selon procédés)	> 0 °C	> 2 °C	-	Inférieure à un vent fort

Tableau n°22 : Conditions d'ambiance et d'humidité du support pour procédé SESM

L'application de la couche d'accrochage doit suivre au plus près le grenaillage de manière à prévenir l'apparition de fleur de rouille.

La mise en œuvre de chaque composante du complexe d'étanchéité est interdite sous la pluie.

A chaque étape, le support ne doit présenter ni film d'eau, ni givre en surface. Dans le cas contraire, il faut attendre l'assèchement du support, notamment en présence de rosée, même si les conditions d'ambiance sont respectées.

Le support peut être asséché artificiellement par un moyen adapté. Le moyen envisagé ne doit pas dégrader la couche sous-jacente.

10.5.2 Couche d'accrochage

Cette couche est appliquée sur un support métallique grenailé, dépoussiéré et sec, exempt de toutes souillures et de fleur de rouille. L'application sur une surface humide ou sous la pluie est prohibée.

Le produit doit recouvrir uniformément toute la surface du support, selon le dosage préconisé par le fabricant : les manques sont repris et les accumulations sont éliminées.

10.5.3 Mise en œuvre en section courante sous chaussées

10.5.3.1 Chape d'étanchéité

- avec une membrane de liant modifié :

L'application sur une surface humide, sous la pluie ou par vent fort est prohibée.

Elle est appliquée sur un support d'étanchéité préparé et réceptionné (*cf. article 8*), propre et sec, exempt de toutes souillures et/ou matières sans cohésion (terre, argile, poussière, laitance, produit de cure, hydrocarbure, huile ou graisse...).

La mise en œuvre est réalisée au moyen d'une répandeuse adaptée assurant une température homogène du liant de façon à garantir la régularité du répandage.

Le gravillonnage assurant la protection mécanique est réalisé au moyen d'un gravillonneur et doit intervenir avant le refroidissement total de la membrane pour garantir un bon collage.

L'excédent de gravillonnage sera balayé ou aspiré.

- avec des feuilles préfabriquées monocouche adhérente :

Le travail ne doit pas être entrepris avant que le primaire soit sec ou polymérisé et les solvants éventuels évaporés selon les préconisations du fabricant, et en tenant compte des conditions ambiantes.

La mise en œuvre se fait par soudage en plein sur le support d'étanchéité, par fusion superficielle de la sous-face de la feuille, suivi immédiatement d'un marouflage généralisé.

Lors de la mise en fusion du bitume de sous-face de la feuille adhérente, un bourrelet de bitume témoignant de la qualité de la soudure devra précéder le déroulage de la feuille.

L'étanchéité des recouvrements peut être assurée par fusion superficielle du liant bitumineux des feuilles bitumineuses en contact, via l'utilisation d'un chalumeau à propane, suivi immédiatement d'un marouflage,

Les feuilles d'étanchéité seront déroulées dans le sens de circulation de l'ouvrage.

L'application de la feuille se fera préférentiellement avec des moyens mécanisés. Les lés intégreront une bande de recouvrement longitudinale non autoprotégée de 70 mm de largeur minimale, qui devra être entièrement recouverte lors de la réalisation des joints longitudinaux. En extrémité de lé le recouvrement sera de 100 mm minimum. Les joints transversaux seront décalés, afin qu'en aucun point l'on constate plus de trois épaisseurs de feuille. La pose des lés en partie courante s'effectue à partir des points bas (transversal et longitudinal) de l'ouvrage. Un plan de calepinage devient alors indispensable. La pose des lés en partie courante s'effectue à partir des points bas (transversal et longitudinal) de l'ouvrage.

10.5.3.2 Couche de roulement

L'application est réalisée à partir d'un atelier classique de mise en œuvre d'enrobés routiers (finisseur, compacteurs sans vibration).

Il conviendra de fixer le plan de bandes et d'organiser la mise en œuvre dans un souci de :

- réduire au strict minimum les interventions manuelles et les joints transversaux ;
- garantir la qualité des joints longitudinaux ;
- ne pas blesser l'étanchéité (bandes continues en évitant les arrêts de finisseur...).

L'application sous la pluie est prohibée.

La température minimum de mise en œuvre de l'enrobé bitumineux devra être précisée dans le PAQ en fonction du liant employé.

Il sera utile de contrôler l'état de propreté des pneumatiques des poids lourds affectés à l'approvisionnement de l'enrobé bitumineux avec nettoyage le cas échéant avant d'autoriser leur

accès à l'ouvrage. La circulation des poids lourds devra se faire en évitant les arrêts prolongés et les manœuvres brutales (trajectoires en ligne droite, pas de demi-tour) dans le but de ne pas altérer l'étanchéité sous-jacente.

Nota : Il est primordial de tenir compte des effets thermiques sur la structure de l'ouvrage lors de la mise en œuvre des enrobés (dilatation et plus particulièrement les risques de déformation). Une étude préliminaire doit être conduite pour optimiser le phasage de l'application.

10.5.4 Relevés

L'étanchéité des relevés sera réalisée soit :

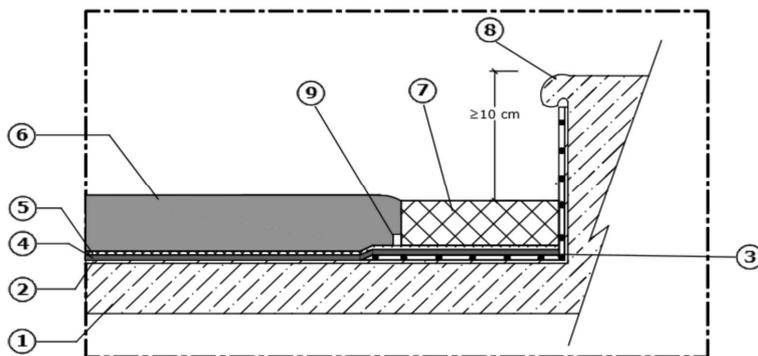
- avec une membrane de liant modifié ;

La mise en œuvre est réalisée au moyen d'une répandeuse munie d'un équipement spécial afin d'assurer la mise en œuvre à la verticale (jet oblique). Un retour horizontal sur environ 20 cm est réalisé pour assurer la continuité de l'étanchéité avec la section courante.

- avec une feuille bitumineuse adhérente (cf. article 10.2.7) ;
- avec un produit d'étanchéité liquide (cf. article 10.2.7).

L'étanchéité des relevés devra être arrêtée au minimum à 5 cm au-dessus du niveau du fil d'eau (couche de roulement, compte tenu du rechargement éventuellement prévu, ou caniveau finis), et être protégée mécaniquement soit :

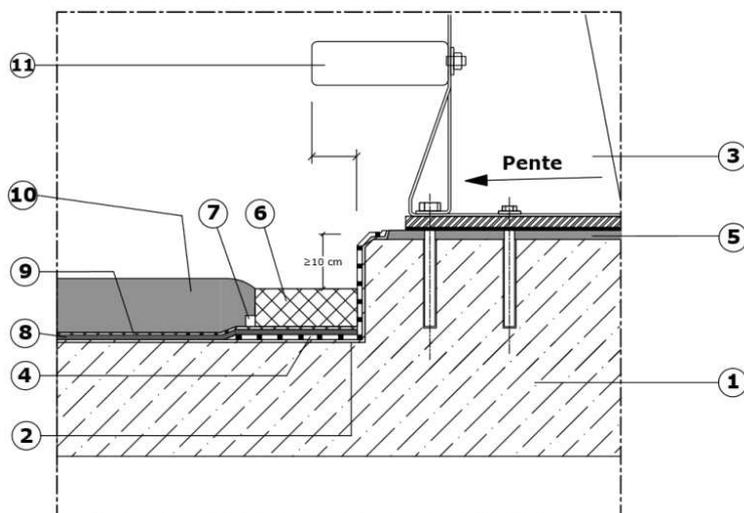
- par une protection métallique ou un dispositif adapté (cf. figure 42) ;



- ① Support métallique
- ② Couche d'accrochage
- ③ Membrane de liant modifié ou feuille préfabriquée adhérente FPM ou PEL
- ④ Membrane de liant modifié ou feuille préfabriquée adhérente FPM
- ⑤ Gravillonnage (si membrane de liant modifié)
- ⑥ Couche(s) de chaussée en enrobé bitumineux au bitume modifié
- ⑦ Caniveau en asphalte gravillonné
- ⑧ Solin métallique
- ⑨ Drain longitudinal

Figure 42 : Détail de relevé protégé par un solin métallique

En l'absence d'engravure le relevé pourra être protégé par un dispositif adapté assurant la protection mécanique et empêchant l'eau de circuler entre l'étanchéité et son support.



- ① Support métallique
- ② Couche d'accrochage
- ③ Dispositif de retenue routier (DRR)
- ④ Membrane de liant modifié ou PEL
- ⑤ Platine
- ⑥ Caniveau en asphalte gravillonné
- ⑦ Drain longitudinal
- ⑧ Membrane de liant modifié ou feuille préfabriquée adhérente FPM
- ⑨ Gravillonnage (si membrane de liant modifié)
- ⑩ Couche(s) de chaussée en enrobé bitumineux au bitume modifié
- ⑪ Lisse du DRR

Figure 43 : Détail de relevé avec membrane ou PEL protégé par un dispositif de retenue routier

- par une protection métallique rigide et solidement fixée, traitée anti-corrosion (cf. figure 20).

10.5.5 Trottoir faisant partie intégrante de la structure

Les trottoirs ancrés à l'ouvrage doivent présenter une pente transversale supérieure ou égale à 2% pour renvoyer les eaux vers la chaussée. L'étanchéité sera traitée selon les recommandations du guide Setra « Les trottoirs sur les ponts et aux abords immédiats » d'août 2005, par un procédé d'étanchéité adapté au type de circulation (piétons, cyclistes...), à savoir :

- en asphalte (cf. figure 21 à l'article 10.1.6) ;
- avec une feuille préfabriquée type FPM ou FPA (cf. figure 28 à l'article 10.2.8) ;
- avec un système d'étanchéité liquide (cf. figure 33 à l'article 10.3.5).

Une attention particulière sera portée au niveau de la jonction de l'étanchéité sur trottoir avec le relevé d'étanchéité de la section courante.

Nota : lorsque le remplissage du trottoir est réalisé sur et après l'étanchéité de section courante au contact de la structure, l'étanchéité sur trottoir n'est pas nécessaire.

10.5.6 Raccords aux joints de chaussée

Les raccords aux joints de chaussée sont des points singuliers très délicats. Ils seront traités selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER 81 de mai 2001, et du Guide Cerema « Joints de chaussée de Ponts-routes (Conception, exécution et maintenance) » de Mars 2016.

Les abords des joints de chaussée sont généralement traités avec une feuille préfabriquée bitumineuse FPM posée en adhérence.

10.5.7 Drainage des eaux de surfaces

L'évacuation des eaux de surface doit être assurée par un système d'assainissement efficace, qui doit être constitué par des pentes suffisantes, des caniveaux et des descentes d'eaux pluviales.

Les enrobés bitumineux couramment utilisés en couche de roulement sur les ponts sont perméables. Aussi, l'eau a tendance à cheminer à l'interface étanchéité/couche de roulement.

Il est donc nécessaire de mettre en place un réseau de drains qui comprend :

- des drains transversaux par rapport au trafic, associés aux joints de chaussée ;
- des drains longitudinaux, qui seront traités selon les préconisations du guide Setra « Assainissement des ponts-routes » de juin 1989.

L'objectif principal du drainage longitudinal est de récupérer, dans le profil en travers de l'ouvrage, les eaux recueillies aux points bas par l'étanchéité.

Les drains longitudinaux devront être posés sur l'étanchéité, avant la réalisation des enrobés bitumineux, au droit du fil d'eau ou de la bordure de trottoir, aux endroits où les eaux sont arrêtées par un obstacle étanche, mais également dans les trottoirs dans le cas d'un remplissage béton au-dessus de l'étanchéité.

Les exutoires des drains longitudinaux doivent être suffisamment rapprochés pour tenir compte des tolérances de surfacage de l'extrados du tablier et du profil en long, en général beaucoup plus faible que le profil en travers. Ils devront être indépendants des drains transversaux posés en particulier à l'amont des joints de chaussée.

Le système de drainage pourra être constitué, entre autres, de drains rectangulaires en aluminium avec fentes, de drains spirales en acier inoxydable, ou de géocomposites drainants.

10.5.8 Raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales

Le raccordement aux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (gargouilles, etc.) doit garantir la continuité de l'étanchéité et l'écoulement de l'eau. Les raccordements sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

Dans le cas de membrane, il convient d'obturer provisoirement les gargouilles lors de la mise en œuvre.

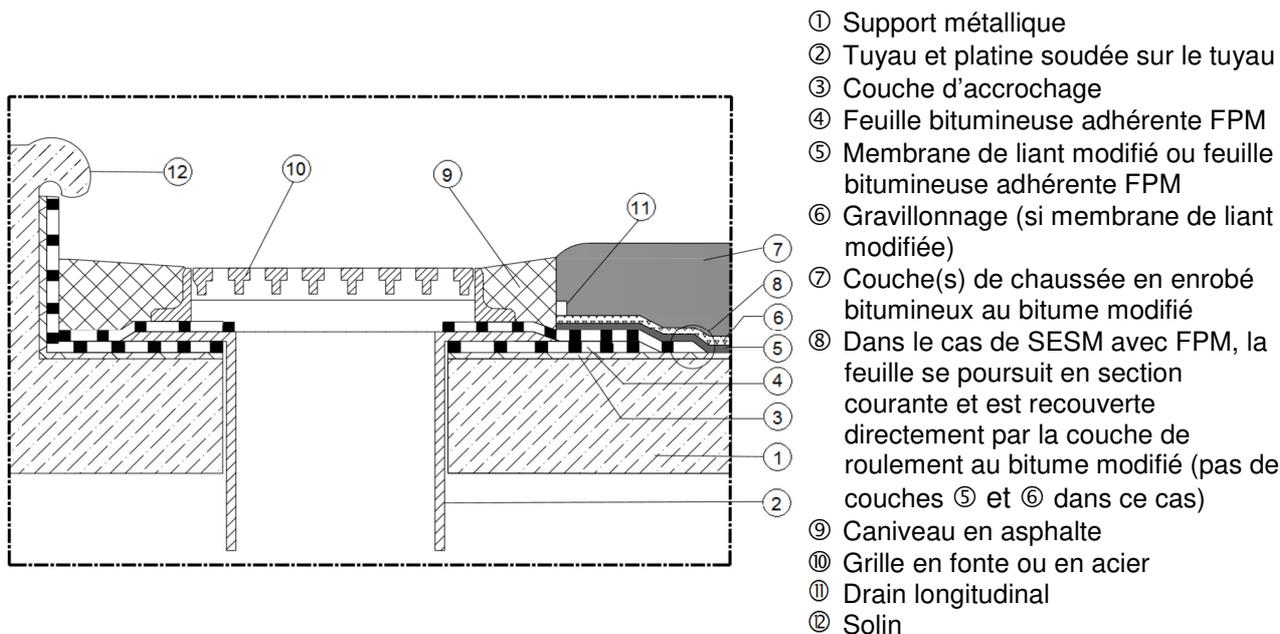


Figure 44 : Détail de principe de raccordement d'avaloir

10.5.9 Zones techniques des trottoirs sous dalettes

Cette zone peut être étanchée :

- en partie horizontale :
 - o soit par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C, protégé mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé) ;
 - o soit par une feuille préfabriquée type FPM adhérente, soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF et protégée mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé) ;
 - o soit par un système d'étanchéité liquide (SEL) de catégorie C, protégé mécaniquement (par exemple : béton désolidarisé).
- en relevés :
 - o soit par une feuille préfabriquée type FPM adhérente, soudée sur un support d'étanchéité préalablement enduit d'un EIF, et protégée par un enduit de ciment grillagé ;
 - o soit par un produit d'étanchéité liquide (PEL) compatible avec une feuille bitumineuse et dont la mise en œuvre s'effectue à froid sans primaire d'accrochage.

10.5.10 Corniches caniveaux

L'étanchéité des corniches caniveaux sera traitée par un système d'étanchéité liquide type C (cf. article 7.3.2.3).

10.5.11 Raccordement aux éléments à fixer

La continuité de l'étanchéité doit être assurée lors du raccordement avec les éléments à fixer (support de dispositifs de retenue routiers, poteaux d'éclairage, etc.), et notamment au niveau des platines et des vis de fixation. Les raccordements sont décrits dans le cahier des charges de mise en œuvre du procédé utilisé.

10.5.12 Couches de protection et de circulation

Etanchéité	Épaisseur minimale des enrobés bitumineux en tout point
Membrane de liant modifié	6 cm
Feuilles préfabriquées	6 cm

Tableau n°23 : Exigences relatives aux couches de protection et de circulation en enrobé bitumineux

Nota : Les épaisseurs minimales de la couche de circulation en enrobé bitumineux sont fonction du dimensionnement des couches de chaussée relatif au type de trafic supporté

10.5.13 Circulation de chantier

En dehors des matériels de mise en œuvre, toute circulation doit être proscrite sur les zones en cours d'exécution.

En phase chantier, l'étanchéité peut admettre :

- sur les feuilles, les circulations décrites à l'article 10.2.17 ;
- ne pas effectuer de percement au travers de l'étanchéité ;
- interdiction d'établir des aires de cantonnement et de stationnement.

10.5.14 Contrôles et essais

Le CCTP définit les contrôles à réaliser, dont les modalités de réalisation seront décrites dans le PAQ de l'entreprise d'étanchéité. La bonne exécution du PAQ est vérifiée dans le cadre du contrôle extérieur (cf. article 2).

La répartition des principales tâches de contrôles, entre les différents intervenants, est décrite dans le tableau n°24.

Produit	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Procédure de mise en œuvre / demande d'agrément des produits		X		X Visa des propositions des entreprises	Conformité avec les exigences du CCTP
Réception du support (cf. tableau n°13 à l'article 8.8)		X	X	X	Conformité avec avis technique
Couche d'accrochage	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (date de péremption, n° de lot), des conditions de stockage	X	
Mise en œuvre de la couche d'accrochage	X		X Contrôle température / délai entre grenailage et application de la couche d'accrochage / délai de séchage / moyens de mise en œuvre / quantités appliquées	X Vérification sur chantier	Cf. article 10.5.1 et prescriptions ci-après le tableau
Feuilles préfabriquées	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande, de l'étiquetage (n° de lot), des conditions de stockage, du certificat de conformité sur demande	X Prélèvement d'échantillons	Cf. prescriptions ci-après le tableau

Produit	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Mise en œuvre des feuilles	X		X Respect du plan de contrôle. Respect du cahier des charges. Respect des plans et carnet de détails.	X Visa Vérification du contrôle interne de l'entreprise Essais d'adhérence	Cf. article 10.5.1 et prescriptions ci-après le tableau
Réception de la pose de la feuille préfabriquée		X	X Fourniture des résultats du contrôle interne (<i>essais d'adhérence, et contrôle éventuel par caméra thermique...</i>) et documents de suivi d'application	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise + contrôle éventuel par caméra thermique	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Membrane d'étanchéité en bitume modifié aux polymères		X	X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit)	X Visa Prélèvement éventuel d'échantillons conservatoires	
Mise en œuvre de la membrane d'étanchéité	X		X Contrôle du dosage appliqué sur planche d'essai hors ouvrage. Prélèvement d'échantillons. T° de mise en œuvre. Continuité du film mis en œuvre. Respect du PAQ. Respect des plans et carnet de détails.	X Visa	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Réception de la mise en œuvre de la membrane en bitume aux polymères		X	X Fourniture des documents de suivi	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise	
Couche de protection de la membrane (ardoisine ou autre...)	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit appliqué). Dosage. Continuité de l'application.	X Visa	
Mise en œuvre des dispositifs de drainage		X	X Conformité aux dispositions constructives	X Visa sur le positionnement des drains et leur bon fonctionnement	- Pente - Position - Raccordement aux dispositifs d'évacuation - Accessibilité des débouchés de drain
Enrobé bitumineux de la couche de roulement	X		X Conformité du bon de livraison par rapport à la commande (nature du produit), de la température	X Prélèvement d'échantillons	- Conditions d'applications - Caractéristiques - Composition des enrobés - Epaisseurs - Reprofilage

Produit	Point critique	point d'arrêt	Contrôle Intérieur Entreprise	Contrôle Maîtrise d'œuvre	Prescriptions CCTP
Mise en œuvre de l'enrobé bitumineux de la couche de roulement	X		X Procédure d'application. Prise d'échantillons. Contrôle des épaisseurs. Contrôle de la compacité par planche d'essai hors ouvrage et PMT. Respect du PAQ.	X Visa Contrôle des épaisseurs	Cf. prescriptions ci-après le tableau
Résultats d'auto contrôle fabricant sur les enrobés bitumineux prélevés sur chantier	X		X Vérification de la fabrication (teneur en liant, courbe granulométrique)	X Vérification des résultats	
Réception de l'étanchéité		X	X Réception visuelle de la continuité de l'étanchéité et le traitement des points singuliers	X Visa sur le contrôle interne de l'entreprise	Cf. prescriptions ci-après le tableau

Tableau n°24 : Répartition des tâches de contrôles lors de la mise des SESM

Contrôles de conformité des matériaux

Un contrôle portant sur la date limite d'utilisation éventuelle, les conditions de stockage, etc., sera effectué par le titulaire à la réception des matériaux (EIF, feuille bitumineuse éventuelle, liants, enrobés bitumineux, et produits d'étanchéité liquide).

Ces points pourront également faire l'objet d'un contrôle extérieur par le maître d'œuvre.

Au titre de ce contrôle, un prélèvement conservatoire pourra être réalisé, et en cas de litige, cet échantillon fera l'objet d'une identification portant sur :

- les liants modifiés par des polymères de la membrane d'étanchéité :
 - o la Pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C (NF EN 1426) ;
 - o le point de ramollissement Bille & Anneau (NF EN 1427) ;
 - o l'identification et dosage des polymères par spectrométrie infrarouge (Méthode LPC N° 71).
- la feuille préfabriquée en relevé :
 - o l'épaisseur ;
 - o la composition massique de la feuille ;
 - o la masse surfacique ;
 - o la pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C sur le liant (NF EN 1426) ;
 - o le point de ramollissement Bille & Anneau sur le liant (NF EN 1427) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à + 20 °C.
- les procédés liquides en relevé :
 - o la masse volumique, l'extrait sec, la teneur en cendres et la viscosité ;
 - o la nature des composants (par spectre infrarouge) ;
 - o la dureté shore A à 2 jours et 7 jours (à 20 °C) ;
 - o la résistance à la traction et déformation à la force maximum à 23 °C.

Pour l'ensemble des matériaux, un certificat de qualité ou de conformité peut être demandé au fabricant.

Contrôles lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un contrôle extérieur à l'initiative du maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage.

Au titre de ce contrôle, pourront être vérifiés :

- les conditions d'ambiance et d'humidité de support ;
- pour la membrane bitumineuse et la couche d'accrochage :
 - o le contrôle de la répandeuse par vérification du dosage moyen et de l'homogénéité de la membrane au moyen d'une planche d'essai (hors ouvrage) ;
 - o le contrôle des températures d'application ;
 - o l'absence, par contrôle visuel continu, de « manque », bullage ou cloque, etc. Toutes les zones non conformes seront reprises manuellement à l'avancement ;
 - o le contrôle visuel de la protection de la membrane par gravillonnage.
- pour la feuille bitumineuse préfabriquée :
 - o les conditions d'ambiance et d'humidité du support ;
 - o les conditions de stockage des matériaux ;
 - o le respect des temps de séchage de l'EIF ;
 - o les débordements de bitume (en bordure de la feuille) consécutifs à la fusion du liant de sous-face des procédés adhérents qui devront avoir une largeur moyenne comprise entre 1 et 2 cm environ (ponctuellement cette largeur ne devra pas excéder 7 cm) ;
 - o l'absence de plis ;
 - o le décalage des joints (absence de zone avec plus de trois épaisseurs de feuille) ;
 - o le marouflage lors du collage des feuilles ;
 - o l'épaisseur appliquée (EIF, produit d'étanchéité liquide) ;
 - o la température des enrobés ;
 - o le traitement des points singuliers (descente d'eau, dispositifs de retenue ou d'éclairage, raccordement aux joints de chaussée...).
- pour les enrobés bitumineux :
 - o les contrôles de fabrication (granulométrie et teneur en liant) ;
 - o le contrôle des températures d'application ;
 - o le contrôle visuel de l'aspect et de l'état de surface des enrobés bitumineux ;
 - o le compactage au moyen d'une planche d'essai réalisée hors ouvrage.

Contrôles après la mise en œuvre

- pour la membrane bitumineuse :

La membrane ne doit présenter aucun « manque », bourrelet, bullage ou cloque, etc. Toutes les zones non conformes seront reprises manuellement.

Nota : Un contrôle de l'homogénéité de la membrane par thermographie infrarouge est possible si les conditions atmosphériques sont favorables.

Contrôles non destructifs :

- pour les feuilles bitumineuses :
 - o le respect du plan de calepinage (pose en tuile à partir du ou des points bas longitudinaux et transversaux de l'ouvrage) ;
 - o les débordements de bitume (en bordure de la feuille) consécutifs à la fusion du liant de sous-face des procédés adhérents devront avoir une largeur moyenne comprise entre 1 et 2 cm environ (ponctuellement cette largeur ne devra pas excéder 7 cm) ;
 - o l'absence de plis ;
 - o le décalage des joints (absence de zone avec plus de trois épaisseurs de feuille) ;
 - o le traitement des points singuliers (descente d'eau, dispositifs de retenue ou d'éclairage, raccordement aux joints de chaussée...).

L'étanchéité ne doit présenter aucune lésion, cloque, gonfle, etc.

Les relevés peuvent être contrôlés par thermographie infrarouge (produits d'étanchéité liquide ou feuilles préfabriquées) et/ou au maillet (feuilles préfabriquées).

- pour les enrobés bitumineux :
 - o la macrotexture.

Contrôle destructif :

- pour les feuilles bitumineuses :

Des essais d'adhérence seront exécutés selon la norme NF P 98 282, à la cadence moyenne d'un tous les deux cents (200) mètres carrés avec un minimum de six essais par ouvrage. Pour les ouvrages dont la surface de tablier est supérieure à 1 200 m², dès lors qu'un contrôle par thermographie est réalisé, la fréquence des essais peut être réduite. Les valeurs individuelles d'adhérence obtenues sur le chantier devront correspondre à une valeur supérieure à 0,4 MPa à 20 °C. L'interprétation des résultats sera établie sur la base de la courbe de valeurs fournie par le fabricant (contrainte de traction en fonction de la température de la feuille).

10.5.15 Reprise des défauts

Toutes les zones non conformes seront reprises.

Pour les systèmes avec feuilles préfabriquées, il convient de se reporter à l'article 10.2.19.

La reprise des défauts pourra aller jusqu'à la dépose et la repose intégrale du complexe d'étanchéité, après une nouvelle préparation du support si nécessaire.

ANNEXE : COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL CHARGE DE LA REVISION DU FASCICULE 67-I

BARCIET Richard	SNCF (Réseau SNCF)
BEAUVALLET Francis	ASFA (COFIROUTE)
CANNARD Hervé	Cerema Est (LR de Strasbourg)
CARRE Stéphanie	SN FORES (INTERDESCO)
CHAT Laurent	Cerema Infrastructures de Transport et Matériaux (CTOA/DGP)
DESBORDES Alain	RATP
DUMAS Philippe	Cerema Méditerranée (LR d'Aix-en-Provence)
GUINARD Paul	CFSE (SOPREMA)
JOURDAIN Sébastien	ASFA (SANEF)
LE BRIAND Gilbert	Cerema Ouest (LR Saint Briec)
LOUCHART Jean-Noël	APSEL (SPPM)
MAHUET Jean-Louis	EGIS
MAZZOLENI Gérard	CETU
MICHEL Jean-Loup	Cerema Normandie-Centre (LR de Blois)
PETIT Julien	Cerema Infrastructures de Transport et Matériaux (CTOA/DGOI)
PHAMMAVANH Julie	SNCF (Réseau SNCF)
POSTIF Michel	Office des Asphaltes
RACAPE Claire	CFSE (SIPLAST)
ROUGÈS Jean-Marc	Office des Asphaltes
THAUVIN Benoît	Cerema Ouest (LR Saint Briec)
THEODORE Antoine	Cerema Infrastructures de Transport et Matériaux (CTOA/DGOI)
URBAIN Jean-Etienne	USIRF (EUROVIA)
WALLE Stéphane	SNFORES (RESIPOLY)