

ÉTANCHÉITÉ COMPARTIMENTÉE PAR GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE D'UNE TRANCHÉE COUVERTE À DOUBLE VOÛTE

PARTITIONED WATERPROOFING OF A DOUBLE ARCHWAY WORK MADE BY BITUMINOUS GEOSYNTHETIC BARRIER

Renaud BENCHET¹, Géraud NUMITOR², Patrick FERRETTI³

¹ SIPLAST, Antony, France

² SACAN TP, Aurillac, France

³ SIPLAST, Antony, France

RESUME - La section d'autoroute A 89 réalisée entre les gares de péage de Thenon et Villac comporte huit ouvrages d'art, dont la tranchée couverte de La Crête qui est la plus longue double voûte de France. Cet ouvrage étanché par géomembrane bitumineuse a été mis en place par un procédé unique, mécanisé et sécurisant pour le personnel. Cet ouvrage majeur d'une longueur de 380 m, dont la réalisation a duré deux ans entre fin 2005 et fin 2007, a été le premier étanché par géomembrane bitumineuse en suivant les recommandations de l'AFTES concernant le compartimentage.

Mots-clés : Géomembrane bitumineuse, Tranchée couverte, Compartimentage, Mise en œuvre mécanisée, Double voûte

ABSTRACT - The A 89 highway branch built between Thenon toll station and Villac comprises eight civil engineering works including the Tunnel of "La Crête" which is the most important double archway in France. This civil engineering work had been watertighted with a bituminous geosynthetic barrier installed via a unique, mechanized process ensuring applicators security. This major, 380 m long, civil engineering work has been built between end of 2005 and end of 2007. It was the first one to receive a bituminous geosynthetic barrier in accordance with AFTES recommendation concerning partitioning.

Keywords: Bituminous geosynthetic barrier, tunnel, partitioning, mechanized installation, double archway.

1. Introduction

L'autoroute A 89, appelée également transeuropéenne, a pour objectif de relier Bordeaux à Genève. Cet axe transversal de communication international et interrégional a été pensé comme un moyen de désenclavement du centre de la France, qui était auparavant uniquement relié à Paris. Cette autoroute concédée aux Autoroutes du Sud de la France (ASF) relie actuellement Libourne à Balbigny via Clermont-Ferrand et compte 432 kilomètres en service.

Le 14 janvier 2008 le dernier chaînon de l'axe Libourne – Clermont Ferrand a été inauguré, il s'agit de la section d'autoroute de 18 km reliant Thenon à Terrasson.

Cette section d'autoroute se veut une infrastructure respectueuse de l'environnement tout en permettant d'accroître le développement socio-économique de la région. Elle comprend deux viaducs et un bitube enterré : la tranchée couverte de la Crête.

Cette double voûte de 380 m de long a nécessité pour son étanchéité, l'application d'une géomembrane armée en bitume élastomère sur 13 000 m². La tranchée couverte de la Crête a été le premier ouvrage à suivre les recommandations de l'Association Française des Tunnels et Ensembles Souterrains (AFTES), initialement prévues pour les géomembranes PVC, concernant le compartimentage de l'étanchéité par géomembrane bitumineuse.

Cette étanchéité a été appliquée, parallèlement à la réalisation des arches asymétriques de l'ouvrage, grâce à des moyens mécanisés uniques et innovants développés par une entreprise spécialisée dans la mise en œuvre de ce type de procédé d'étanchéité.



figure 1. Vue aérienne de la tranchée couverte de la crête

2. La contrainte environnementale à l'origine du choix de l'ouvrage et du système d'étanchéité

Afin de respecter le paysage périgourdin, de permettre la libre circulation de la faune et de limiter au maximum l'impact sonore lié à la circulation de la transeuropéenne, la solution de la tranchée couverte a été préférée, par ASF, à celle d'un simple terrassement. Ce souci d'intégration paysagère et environnementale a nécessité l'enfouissement du bitube de la Crête sous une vingtaine de mètres de remblai agressif.

Afin de minimiser les risques de poinçonnement de l'étanchéité liés à l'agressivité du remblai et à la hauteur de ce dernier, il a été préféré, pour son épaisseur et sa bonne résistance au poinçonnement statique, un système performant d'étanchéité par géomembrane bitumineuse : le système TERANAP 431 TP de la Société SIPLAST-ICOPAL.

Cette géomembrane de grande largeur (4 mètres de large) a permis de respecter les délais de mise en œuvre et le phasage précis des travaux.

3. Terrassement et réalisation de la structure de l'ouvrage

La réalisation de la tranchée couverte de la Crête a nécessité le déblaiement de 650 000 m³ d'un mélange de sables, d'argiles et de marnes, ainsi que de schistes ; seuls 400 000 m³ vont être par la suite réutilisés en remblais.

La structure de cet ouvrage majeur constitué d'un volume total de béton de 25 000 m³ et de 2 700 tonnes d'armature en acier a été réalisée par l'entreprise DEMATHIEU & BARD.

L'ouvrage est construit grâce à un coffrage métallique se déplaçant longitudinalement au chantier permettant d'avancer par éléments de 12,5 m de longueur. La tranchée de la Crête possède un rayon de courbure de 1800 m et une pente longitudinale de 2,5 %. Les deux tubes sont décalés de 25 m l'un par rapport à l'autre.

Tableau I. Structure de l'ouvrage

	Piédroits latéraux	Piédroit central	Voûte	Semelles d'appuis
Épaisseur	1,10 m	0,5 m	0,73 m	---
Volume de béton par plots	70 m ³	50m ³	320 m ³	110 m ³



Figure 2. Coffrage des voiles verticaux



Figure 3. Coffrage de la voûte

4. Construction et mise en œuvre du dispositif d'étanchéité par géosynthétique (DEG)

4.1 Description du système d'étanchéité par géomembrane bitumineuse

Le système d'étanchéité utilisé fait partie de la famille des étanchéités par géomembranes bitumineuses. Le procédé utilisé a bénéficié en 2006 de l'Avis d'expert délivré par l'AFTES.

Ce système comprend les éléments suivants :

Une géomembrane bitumineuse certifiée ASQUAL en 4 m de large et 4 mm d'épaisseur en bitume élastomère armé d'un non tissé polyester et d'un voile de verre, dont les caractéristiques sont indiqués dans le tableau 2 ; la géomembrane bitumineuse présente une surface et une sous-face distinctes (face grésée, face filmée) :

- la face grésée est une surface frottante ;
- la face filmée présente un film particulièrement résistant aux racines ;

Ce film polyester spécial disposé en surface (visible après application) de la géomembranes confère à cette dernière un pouvoir anti-racine. Ce film a été testé avec succès aux racines de lupin selon la norme EN 14416, à l'Université des Sciences Appliquées de WEIHENSTEPHAN-TRIEDSDORF.

La face filmée est mise au contact du géotextile supérieur recevant le remblai.

- des bandes de compartimentage en PARAFOR SOLO S de 250 mm de large et de 4 mm d'épaisseur en bitume élastomère armé d'un non tissé polyester ; ces bandes sont filmées (film macro-perforé) sur les deux faces ;
- un enduit d'imprégnation à froid (EIF) à base de bitume élastomère solvanté : SIPLAST PRIMER ;
- le système NEODYL de traitement de joints actifs ; ce système est composé d'une membrane de pontage du joint en bitume élastomère ; La lyre formée par la membrane dans la réservation est comblée par la mise en œuvre d'un cordon de butyl de 2cm de diamètre.

Les géotextiles de protection inférieur et supérieur et les dispositifs d'injection ne font pas partie du système.

Tableau 2. Caractéristiques physiques, mécaniques et hydrauliques de la géomembrane utilisée

Caractéristiques	Normes	Unité	Valeurs Minimales	Valeurs Nominales indicatives
Épaisseur	EN 1849-1	mm	3,9	4,1
Masse surfacique	EN 1849-1	g/m ²	4490	4850
Résistance à la rupture (L x T)*	EN 12311-1	N/5 cm	1100 x 960	1300 x 1000
Allongement à la rupture (L x T)*	EN 12311-1	%	42 x 45	49 x 53

Poinçonnement statique	EN 12236	kN	3,32	3,4
Enfoncement sur poinçonnement statique	EN 12236	mm	45	47
Résistance à la déchirure (L x T)*	EN 12310-1	N	350 x 370	---
Pliabilité à froid	EN 1109	°C	-15	-20
Résistance au fluage à température élevée	EN 1110	°C	100	100
Etanchéité aux liquides	EN 14150	m ³ /m ² /j	---	1.10 ⁻⁸
Etanchéité aux gaz	ASTM D1434	m ³ /m ² /	---	27,6.10 ⁻⁶

Tableau 3. Conditionnement des rouleaux de géomembrane
 Poids du rouleau ≈ 1675 kg
 Longueur du rouleau 80 m (± 80 cm)
 Largeur du rouleau 4 m (± 4 cm)



Figure 4. Déploiement transversal des lés par rapport à l'ouvrage



Figure 5. Soudure au chalumeau à propane

4.2 Mise en œuvre et compartimentage de l'étanchéité

4.2.1 Des procédés de mise en œuvre spécifiques et innovants au cœur de la réalisation de l'étanchéité

Les lés de géomembrane bitumineuse sont mis en œuvre en indépendance sur l'ouvrage préalablement recouvert d'un géotextile de protection inférieur de 700 g/m². Les recouvrements longitudinaux et transversaux des lés sont de 0,2 m, et les raccordements sont réalisés par soudage à la flamme sur la largeur des recouvrements.

La structure d'étanchéité est par la suite raccordée à la structure de l'ouvrage par soudage sur les bandes de compartimentage.

En raison du phasage particulier des travaux, la mise en œuvre de l'étanchéité a été confiée à l'entreprise SACAN. Cette dernière a mis au point deux procédés mécanisés spécifiques permettant d'étancher l'ouvrage de façon sécurisante pour son personnel, tout en maintenant une qualité de mise en œuvre et une cadence élevée.

Ces systèmes développés en collaboration avec l'OPPBTP et contrôlés par l'APAVE sont les suivants :

- un échafaudage roulant en aluminium permet de se déplacer longitudinalement à l'ouvrage, cette structure articulée est modulable selon le rayon de courbure de l'ouvrage et offre ainsi aux applicateurs des conditions de mise en œuvre optimales (recouvrement et soudure des lés sur

20 cm) grâce à sa structure multi-niveau dans laquelle sont intégrés une plate forme de travail protégée, un réceptacle pour matériel, un accès intégré ainsi qu'une protection latérale ;



Figure 6. Échafaudage articulé

- un palonnier mécanisé suspendu à un appareil de levage permet de dérouler en toute sécurité, notamment à la clef de voûte, les rouleaux d'étanchéité d'une largeur de 4 m et d'un poids d'environ 1 700 kg ; les opérateurs, en actionnant le moteur, déroulent sans effort les rouleaux de géomembrane ce qui simplifie considérablement la mise en œuvre ;



Figure 7. Palonnier mécanisé

4.2.2 Dispositifs d'injection et compartimentage : des moyens sécurisants de localisation et de colmatage d'éventuelles fuites

Le compartimentage a été réalisé au moyen de bandes de 0,25 m de large en bitume élastomère armé d'un non tissé polyester. Ces bandes filmées (via des films macro-perforés) sur les deux faces sont soudées à la flamme sur le support préalablement enduit de l'EIF.

Par la suite, les lés de géomembrane bitumineuse sont soudés, également à la flamme sur les bandes. L'ensemble de l'ouvrage est compartimenté par plots de surface de 310 m² pour le tube nord et 320 m² pour le tube sud.

Ces plots séparés les uns des autres par le compartimentage permettent de localiser immédiatement et avec précision la source en cas de problème d'infiltration. Dans chaque plot compartimenté cinq orifices sont équipés de pipettes, afin d'injecter des produits à base de résine, dans l'éventualité où une fuite serait détectée. Ces dispositifs d'injection sont des systèmes de sécurité permettant de colmater les fuites sans intervention sur le remblai supérieur d'une hauteur de 20 mètres.

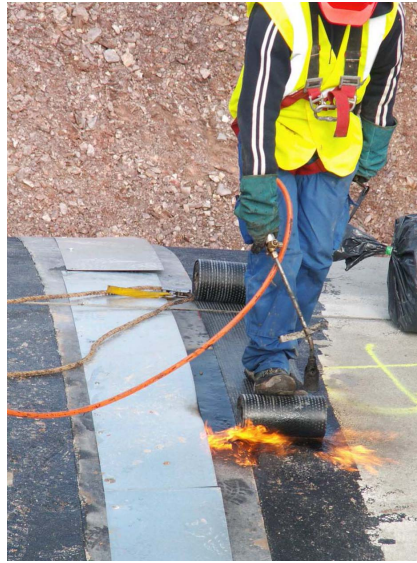


Figure 8. Soudure d'une bande de compartimentage

4.2.3 Le traitement des joints actifs

La membrane de pontage du joint en bitume élastomère est soudée à la flamme et en plein sur une sous couche armée en bitume élastomère elle-même soudée sur le support préalablement enduit de l'EIF. La lyre formée par la membrane dans la réservation est comblée par la mise en œuvre du cordon de butyl de 2cm de diamètre.

La protection mécanique du joint est réalisée au moyen d'une tôle en aluminium de 15/10 mm d'épaisseur qui est fixée mécaniquement sur un des côtés du joint. Le géotextile de protection inférieur ainsi que la géomembrane bitumineuse sont ensuite successivement déroulés en indépendance au-dessus du joint.



Figure 9. Traitement des joints actifs

4.3. Mise en place des dispositifs de protection et du remblai

La protection de l'étanchéité est assurée par des géotextiles en polypropylène non tissé de masse surfacique et de performances conformes aux recommandations de l'AFTES indiquées en partie (TOS 183 mai/juin 2004) dans le tableau 4

Tableau 4. Recommandations de l'AFTES concernant les écrans de protection

Toutes hauteurs pour un remblai en concassé 0/50 mm classes D1/D2/R (agressivité : 2)	
Géotextile de protection inférieur	700 g/m ²
Géotextile de protection supérieur	1 500 g/m ²
Classe minimale de résistance au poinçonnement	1

Après mise en œuvre d'un géosynthétique drainant et ensevelissement du bi-tube de la Crête sur une hauteur de plus de 20 mètres, il a été nécessaire, afin de restituer au paysage Pérourgourdin son apparence d'origine, de végétaliser le remblai constitué de 400 000 m³ de terre issue du site.

5. Conclusion

L'utilisation de géosynthétiques permet de concevoir des projets ambitieux d'intégration paysagère de structure autoroutière. La géomembrane utilisée sur cet ouvrage a permis, de par sa largeur alliée au matériel spécifique de mise en œuvre, de répondre aux fortes contraintes de délai imposées par la maîtrise d'œuvre.

A ce jour, l'intégrité du système d'étanchéité assurant la protection de l'ouvrage et sa pérennité n'ont pas été remises en cause, témoignant ainsi des bonnes performances du système d'étanchéité et de sa bonne mise en œuvre.



Figure 10 : Remblaiement de la tranchée

6. Références bibliographiques

- AFNOR (1999). Norme NF EN 12311-1. Feuilles souples d'étanchéité - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses - Détermination des propriétés en traction.
- AFNOR (1999). Norme NF EN 1849-1. Feuilles souples d'étanchéité - Détermination de l'épaisseur et de la masse surfacique - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses
- AFNOR (2006). Norme NF EN 12236. Géosynthétiques. Essai de poinçonnement statique (essai CBR)
- AFNOR (1999). Norme NF EN 12310-1. Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses – Détermination de la déchirure (au clou).
- AFNOR (1999). Norme NF EN 1109. Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses – Détermination de la souplesse à basse température.
- AFNOR (1999). Norme NF EN 1109. Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses – Détermination de la résistance au fluage à température élevée.
- AFNOR (1999). Norme NF EN 1109. Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses – Détermination de la résistance au fluage à température élevée.
- AFNOR (2001). Norme NF EN 14150. Barrières Géosynthétiques – Détermination de la perméabilité aux liquides.
- AFNOR (2003). Norme ASTM D 1434. Determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting.