



Evaluation prénormative du collage de couches d'enrobés

Sâannibè Ciryle Somé, Arnaud Feeser, Thierry Le Corre, Mouna Jaoua

► To cite this version:

Sâannibè Ciryle Somé, Arnaud Feeser, Thierry Le Corre, Mouna Jaoua. Evaluation prénormative du collage de couches d'enrobés. Revue Générale des Routes et de l'Aménagement, 2019. <hal-02476856>

HAL Id: hal-02476856

<https://hal.science/hal-02476856v1>

Submitted on 13 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Evaluation prénormative du collage de couches d'enrobés

Ciryle SOME
Chargé de mission et de recherche
Cerema, Sourdun

Arnaud FEESER
Chargé d'affaires
Cerema, Strasbourg

Thierry LE CORRE
Chargé d'affaires
Cerema, Saint-Brieuc

Mouna JAOUA
Stagiaire Master II
Cerema, Sourdun

Chapô

Le projet de norme prEN 12697-48 est une norme d'essais visant à évaluer la résistance de l'interface entre couches d'enrobés. Les sept méthodes proposées (dont trois sont normalisées et quatre optionnelles) dans ce projet de norme sont encore très peu pratiqués en France et il n'existe à ce jour aucun recul suffisant quant à leur pertinence. Cet article s'inscrit dans le cadre de travaux prénormatifs menés au Cerema visant à évaluer la faisabilité des essais de la future norme et la qualité des résultats qui peuvent être obtenus.

1. PROTOCOLE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Une chaussée bitumineuse est composée de plusieurs couches. La qualité de collage entre ces couches joue un rôle important dans la durabilité de la structure de chaussée ; un défaut de collage engendre une accélération de la dégradation de celle-ci.

La résistance à la rupture de l'interface peut être influencée par plusieurs facteurs comme la qualité d'exécution du chantier, la qualité des matériaux utilisés, la présence ou non d'une couche d'accrochage et son dosage, les sollicitations mécaniques liées au trafic, les contraintes thermiques (variations de températures, effet du gel) ou encore la présence d'eau s'accumulant au cours de la vie de l'infrastructure. Cette liste de causes possibles n'est pas exhaustive et d'autres causes sont énumérées dans l'étude Canestrari et al. [Référence 1].

L'étude présentée ici a pour objectif d'évaluer la qualité du collage de couches d'enrobés bitumineux à l'aide des essais de cisaillement (Shear Bond Test : SBT) et de traction directe (Tensile Adhesion Test : TAT) sous un chargement monotone à température ambiante.

L'étude expérimentale est déclinée en deux phases successives :

- la première (dite protocole 1) vise à évaluer l'influence de la taille des éprouvettes (diamètre de 100 et 150 mm) d'une part, et à comparer les dispositifs SBT et TAT d'autre part ;
- la seconde (dite protocole 2) a pour objectif d'évaluer l'effet du type et du dosage de la couche d'accrochage (émulsions classique ou modifiée) ainsi que celui de la vitesse de sollicitation (0.5, 5 et 50 mm/min) sur la résistance de l'interface.

Afin d'évaluer ces méthodes d'essai, des éprouvettes ont été confectionnées en laboratoire. Ainsi, les valeurs obtenues ne reflètent pas nécessairement la réalité du chantier mais permettent de mieux maîtriser les sources de dispersion des résultats.

2. DESCRIPTION DES ESSAIS

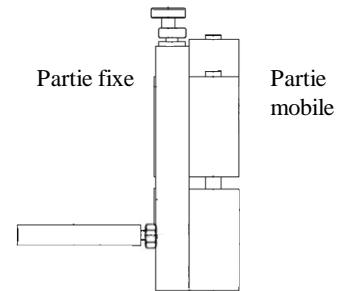
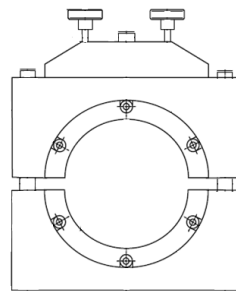
Pour les besoins de cette étude, les dispositifs testés en méthode SBT sont les bâtis Leutner et Leutner modifié, explicités ci-après. L'essai TAT, quant à lui, n'a pas été réalisé selon les modalités décrites par la norme mais selon les modalités décrites ci-après.

2.1. MÉTHODES SBT (SHEAR BOND TEST)

2.1.1 ESSAI LEUTNER

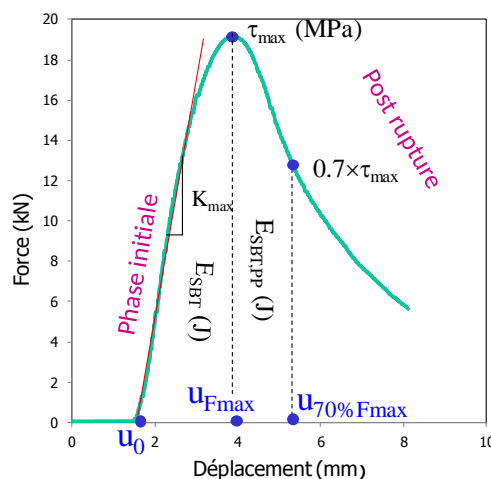
Le dispositif Leutner utilisé pour réaliser l'essai SBT est présenté en figure 1 a) et b). Une presse pilotée en vitesse de déplacement (50 mm/min) permet d'appliquer une charge de part et d'autre de l'interface de l'éprouvette soumise au cisaillement. Durant toute la durée de l'écrasement, la force ainsi que le déplacement vertical sont enregistrés. Un exemple de courbe force-déplacement est représenté sur la figure 1 c).

Cisaillement Leutner



a) vue du dispositif SBT (Leutner)

b) Plans du dispositif SBT (Leutner)



c) exemple de courbe force-déplacement à 20°C

Figure 1: Essai SBT (Leutner)

La contrainte à la rupture par cisaillement ($\tau_{\text{SBT,max}}$) est déterminée par la relation suivante :

$\tau_{SBT,max}=4F_{max}/(\pi D^2)$, où F_{max} désigne la force maximale ; D et $S=\pi D^2/4$ respectivement le diamètre et la section droite de l'éprouvette.

Le module de rigidité en cisaillement de l'interface noté $k_{SBT,max}$ est déterminé de la façon suivante :

$$k_{SBT,max} = \frac{4F'_{SBT}}{\pi D^2} \quad \text{Équation 1}$$

avec F'_{SBT} la pente de la « phase initiale » de la courbe force-déplacement (voir figure 1c).

L'énergie pré-rupture E_{SBT} correspond à l'aire sous la courbe force-déplacement pour les déplacements « u » situés dans la plage $u_0 \leq u \leq u_{Fmax}$, où u_{Fmax} est le déplacement qui correspond à la force maximale et u_0 le déplacement au point d'intersection de la pente F'_{SBT} et l'axe des abscisses.

L'énergie post-rupture $E_{SBT,PP}$, quant à elle, correspond à l'aire sous la courbe force-déplacement pour les déplacements « u » situés dans la plage $u_{Fmax} \leq u \leq u_{0.7Fmax}$, où $u_{0.7Fmax}$ est le déplacement correspondant au point situé à 70% de la force maximale dans la phase post-rupture.

Les énergies E_{SBT} et $E_{SBT,PP}$ sont calculées par la méthode des trapèzes.

Le dispositif utilisé permet la réalisation d'essais sur des éprouvettes de 100 et 150 mm de diamètre.

2.1.2 ESSAI LEUTNER MODIFIÉ

La principale différence entre les deux dispositifs Leutner et Leutner modifié utilisés réside dans l'existence d'un espace plus important entre la partie fixe et la partie mobile sur le Leutner modifié. Si le mode de sollicitation reste semblable, le fonctionnement diffère légèrement puisque le Leutner est piloté en compression alors que le Leutner modifié ne peut être piloté qu'en traction. Cette ouverture plus importante sur le dispositif modifié induit un léger moment au cours du cisaillement, lié à l'existence d'une excentricité de la zone de chargement. La figure 2 montre un aperçu ainsi qu'un principe de fonctionnement du dispositif Leutner modifié.

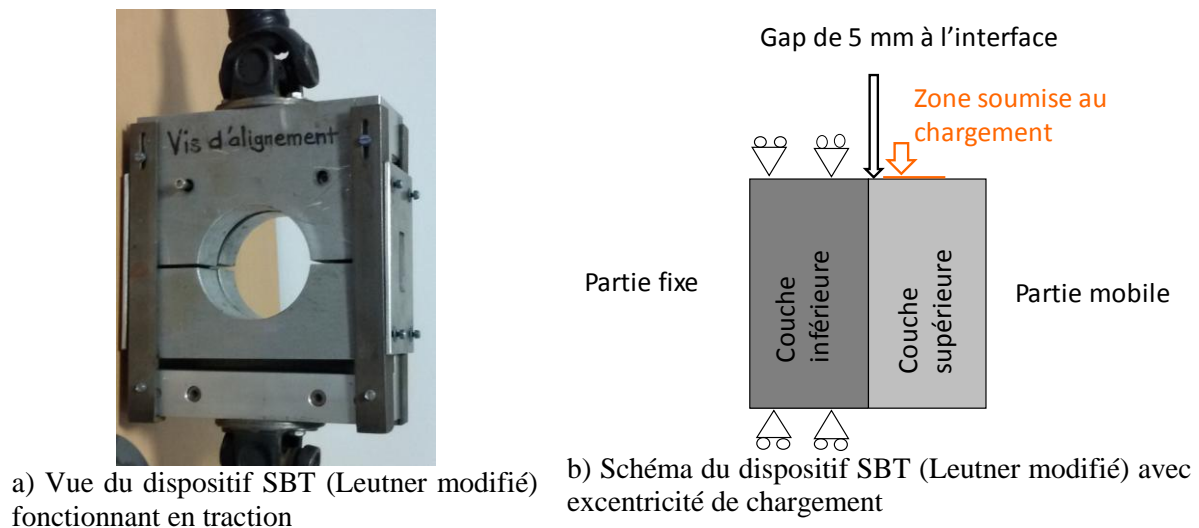


Figure 2: Essai SBT (Leutner modifié)

Le dispositif utilisé permet la réalisation d'essais sur des éprouvettes de 100 mm de diamètre uniquement.

2.2. MÉTHODE TAT

2.2.1 ESSAI DÉCRIT PAR LE PROJET DE NORME

Le dispositif indiqué en exemple dans le projet de norme prEN 12697-48, utilisé pour la réalisation TAT, est présenté en figure 3.

L'éprouvette d'enrobés soumise à essai est un mélange bitumineux bicouche de grande dimension. Elle est partiellement carottée jusque sous l'interface en diamètre 100 mm.

Un casque est collé sur la partie supérieure de l'éprouvette carottée tandis que la partie inférieure, non carottée, est placée dans un cadre métallique à une température de 0°C ou 10°C.

Une presse exerce une traction de 200 N/s, permettant ainsi d'obtenir la résistance à la rupture de l'interface.

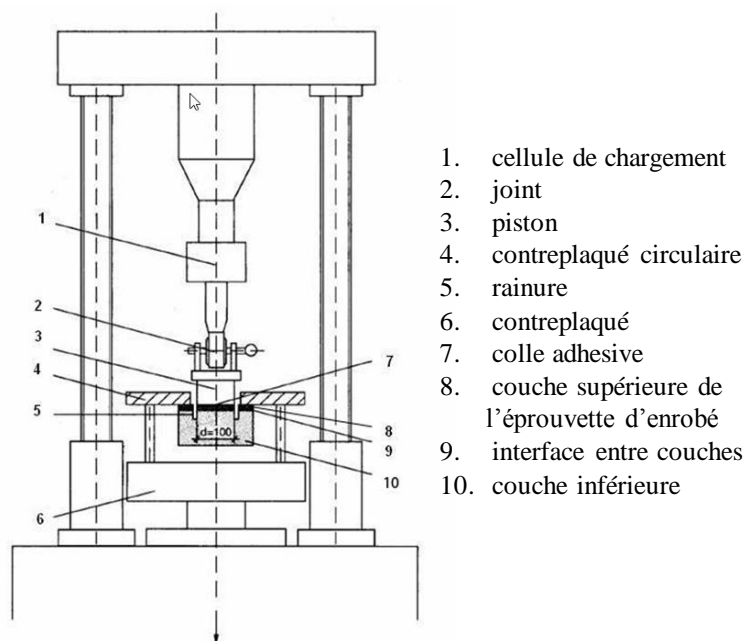


Figure 3: Exemple de dispositif TAT indiqué dans la prEN 12697-48

La contrainte à la rupture de l'interface (σ_{TAT}) est déterminée en faisant le rapport de la force de traction maximale (F_{max}) à la section droite de l'éprouvette ($S = \pi D^2/4$) : $\sigma_{TAT} = 4F_{max}/(\pi D^2)$, avec D le diamètre de l'éprouvette.

A l'issue de chaque essai, une observation des faciès de rupture est effectuée puis codifiée conformément au Tableau 1.

Tableau 1: Codification des faciès de rupture

Codification	Rupture
A	Dans la couche supérieure
B	En partie dans la couche supérieure et l'interface
C	A l'interface
D	En partie dans la couche inférieure et l'interface
E	Dans la couche inférieure
F	Dans le collage des casques

2.2.2 ESSAI TAT MODIFIÉ (TATMOD)

Les inconvénients de la méthode présentée par la norme sont multiples.

Tout d'abord, la couche d'enrobé formant la couronne externe supérieure est en appui contre le cadre métallique (pièce 4 sur la figure 3). Le matériau est donc susceptible de se déformer avant la rupture de l'interface, influençant ainsi la force de rupture.

Ensuite, un double carottage en diamètre 150 mm puis en diamètre 100 mm peut fragiliser l'interface et ainsi ne pas donner un résultat représentatif. De plus, les coulures de colles utilisées pour la fixation du casque de 100 mm risquent de combler l'interstice entre la carotte de diamètre 100 mm et la couche inférieure carottée en diamètre 150 mm et ainsi perturber la valeur de l'effort de traction.

Enfin, la température d'essais spécifiée dans le projet de norme prEN 12697-48 pour l'essai TAT est de 0°C ou 10°C alors qu'elle est de 20°C pour l'essai SBT.

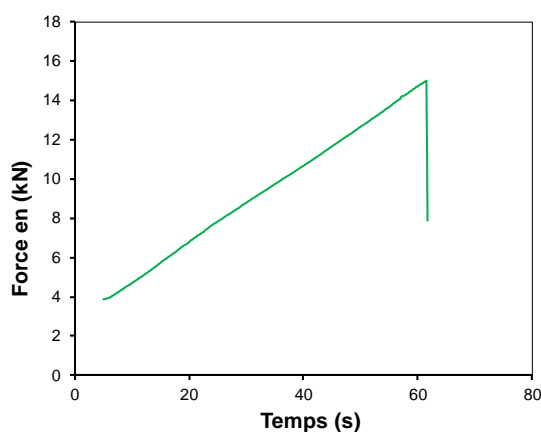
L'ensemble de ces raisons ont conduit, pour cette étude, à choisir un dispositif de traction directe conventionnelle sur des éprouvettes de 150 mm de diamètre avec une température d'essai de 20°C. Ceci permet de comparer les résultats des essais SBT et TAT modifié (désigné par TATmod et représenté en figure 4 a)).

Ce dispositif offre des facilités pour réaliser le collage des casques métalliques sur chaque côté de l'éprouvette. L'ensemble est placé dans une enceinte climatique pendant plus de 12 heures à température d'essai contrôlée (20°C).

Chaque éprouvette est ensuite fixée à une presse puis soumise à une vitesse de chargement de 200 N/s. Durant toute la durée de traction, la force ainsi que le temps d'essai sont enregistrés. Un exemple de courbe force-temps est représenté en figure 4b).



a) essai avec le TAT modifié



b) Exemple de courbe force-temps

Figure 4: Essai TATmod

L'examen des faciès de rupture est réalisé conformément à la méthode décrite dans la norme.

3. DEMARCHE EXPERIMENTALE

3.1. COMPOSITION DES PRODUITS UTILISÉS

3.1.1 COMPOSITION DU MÉLANGE

La formule théorique utilisée est celle d'un BBSG 0/10 dont la composition est donnée dans le Tableau 2. Cette formule a été utilisée pour l'ensemble des éprouvettes confectionnées, dans un souci de simplification de confection et de comparaison des résultats.

Des granulats porphyres ont été utilisés pour confectionner les éprouvettes d'enrobés. Trois fractions granulaires ont été employées pour formuler le mélange à tester (0/2, 2/6,3 et 6,3/10). La masse volumique réelle des enrobés mesurée est en moyenne de 2,434 Mg/m³.

Les liants utilisés pour la fabrication des enrobés sont des bitumes de grade routier usuel 50/70. Leur pénétrabilité et point de ramollissement Bille & Anneau (TBA) ont été mesurés et sont indiqués dans le Tableau 3 pour chacun des protocoles.

Tableau 2: Composition du mélange théorique

Constituants	Pourcentage massique
--------------	----------------------

Filler	2.8%
0/2	26.1%
2/6.3	23.7%
6.3/10	42.0 %

Tableau 3: Propriétés des bitumes utilisés

	Pénétrabilité ($\times 0.1$ mm)	TBA
Bitume du protocole 1	59	49.2°C
Bitume du protocole 2	61	50.2°C

3.1.2 ÉMULSIONS DE BITUME UTILISÉES

Deux couches d'accrochages ont été évaluées dans le cadre de cette expérimentation. La première est une émulsion de bitume 70/100 à rupture rapide dosée à 69 % de bitume (nommée C69). La seconde est une émulsion de bitume modifiée par l'ajout de 6% de Valoflex C1, latex SBR (styrene-butadiene rubber) cationique de synthèse qui permet d'étendre la plage de plasticité des bitumes modifiés tout en offrant une souplesse du matériau aux basses températures. Les caractéristiques des émulsions sont fournies dans le Tableau 4.

Tableau 4: Propriétés des émulsions employées

	Méthode utilisée	Valeur obtenue
Emulsion classique C69		
Teneur en eau	EN 1428	32.06 %
Indice de rupture	EN 13075-1	82.6
Granulométrie laser		6.608-2.190 μ m
Caractéristique du Valoflex C1		
Teneur en fraction solide	ISO 3251	65.5-66.5 %
Tension superficielle		35 mN/m
Valeur pH	ISO 976	4-5
Viscosité	ISO 1625	< 2000 mPa.s
Température de transition vitreuse	NF ISO 28343	-51°C

3.2. CONFECTION DES ÉPROUVETTES

Pour les deux protocoles, l'enrobé a été fabriqué en laboratoire conformément à la norme NF EN 12697-35 et compacté en deux couches de 6 cm au compacteur de plaques (NF EN 12697-33, plaques de 60 \times 40 cm) de façon à obtenir un pourcentage de vides moyen de 5%.

Un essai de détermination de la Profondeur Moyenne de Texture (PMT) a été réalisé sur la première plaque afin d'évaluer sa rugosité en surface, ce paramètre pouvant avoir une incidence sur la qualité de collage.

Toutes les applications des couches d'accrochage, lorsque les protocoles le nécessitaient, ont été réalisées au pinceau. Les quantités d'émulsion ont été maîtrisées en observant la différence de masse entre le pinceau propre et le pinceau utilisé pour appliquer la couche d'accrochage.

Des éprouvettes de 100 et 150 mm de diamètre ont été carottées dans les plaques fabriquées en laboratoire. Un soin particulier a été apporté à cette étape afin de maîtriser la perpendicularité de la coupe mais également l'agressivité du carottage pour éviter de dégrader les propriétés de l'interface. Un plan de carottage a été établi dans le but d'extraire les éprouvettes de différentes dimensions soumises à essai. La figure 5 présente les différentes étapes de confection des éprouvettes.

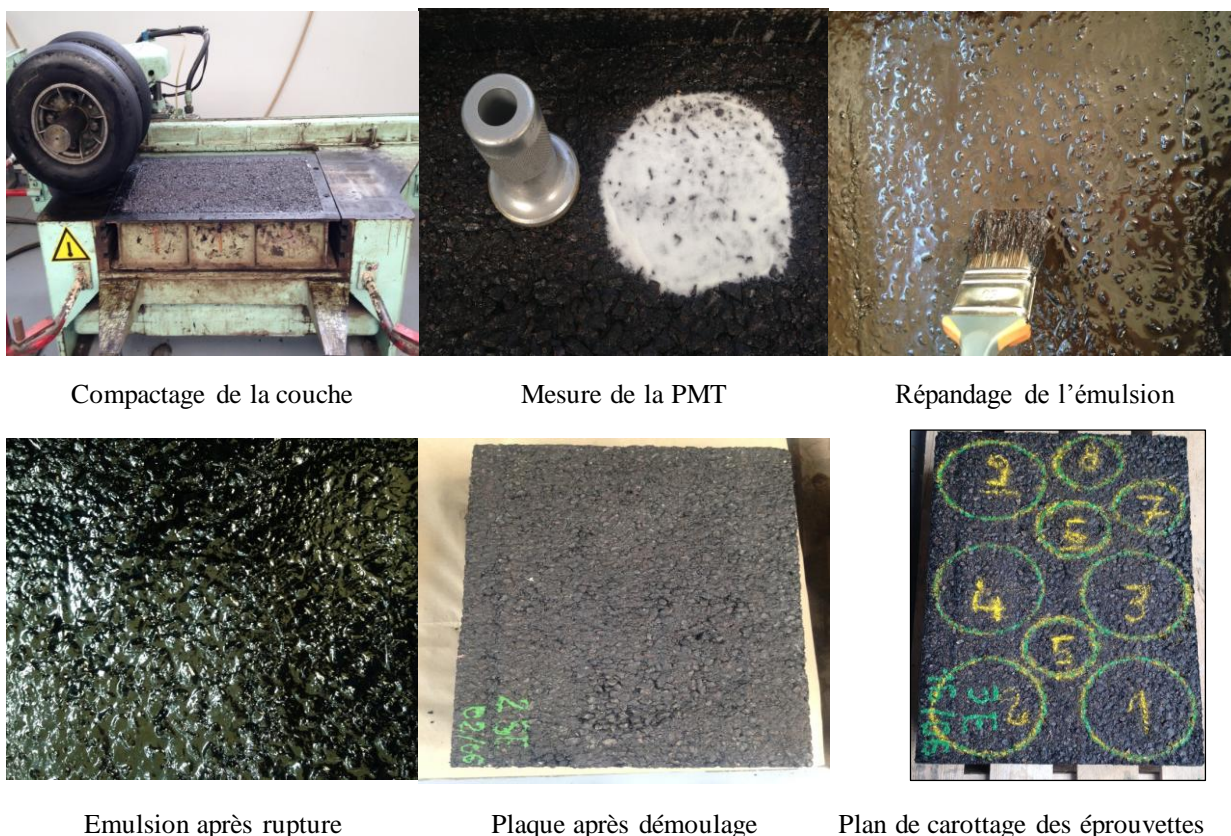


Figure 5: Préparation des éprouvettes

3.3. ESSAIS DE COLLAGE ENTRE COUCHES

3.3.1 PROTOCOLE 1

Dans le protocole 1 ont été évalués les impacts du collage « chaud sur chaud » sans émulsion (collage réalisé sans refroidissement de la première plaque) et « chaud sur froid » (collage réalisé après refroidissement de la première plaque), avec et sans émulsion.

Les essais ont été réalisés à l'aide des différentes modalités décrites précédemment, à savoir en méthodes SBT (Leutner et Leutner modifié) et en méthode TATmod (traction directe conventionnelle), à une température contrôlée de 20°C.

Les diamètres des éprouvettes étaient de 100 mm pour les essais Leutner (normal et modifié) et de 150 mm pour les essais Leutner normal et TATmod. Ainsi, les comparaisons suivantes étaient possibles :

- Leutner normal et Leutner modifié à 100 mm : effet du dispositif ;
- Leutner normal à 100 et 150 mm : effet dimensionnel ;
- Leutner normal et TAT modifié à 150 mm : effet de la méthode.

3.3.2 PROTOCOLE 2

Le second protocole visait à évaluer l'influence de la nature de l'émulsion (classique et modifiée) et de son dosage (250 et 500 g/m² de bitume résiduel) sur la résistance de l'interface. L'effet de la vitesse de sollicitation a également été étudié (0,5, 5,0 et 50,0 mm/min). Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de 150 mm en méthode Leutner normal, à 20°C, pour l'influence du type et du dosage de l'émulsion et sur des éprouvettes de 100 mm pour l'influence de la vitesse de cisaillement.

L'effet de la température d'essai sur les résultats, déjà démontré lors d'une étude précédente menée par Godard & al. (RGRA n°928 – juin 2015), n'a pas fait l'objet d'un protocole complémentaire.

4. RESULTATS ET ANALYSES

Les résultats présentés ci-après sont exprimés sur une moyenne de 3 échantillons.

4.1. INFLUENCE DU DIAMÈTRE DES ÉPROUVETTES

L'effet du diamètre a été évalué sur des éprouvettes bicouches confectionnées à partir d'un collage chaud/froid sans émulsion (C-F), chaud/froid avec 250 g/m² d'émulsion C69 et chaud/chaud sans émulsion (C-C) comme décrit dans le paragraphe précédent. Deux diamètres d'éprouvettes, 100 mm et 150 mm, ont été considérés. Ces éprouvettes ont été soumises à l'essai SBT-Leutner normal à 20°C à une vitesse de sollicitation de 50 mm/min.

Les contraintes de cisaillement à la rupture $\tau_{SBT,max}$, les modules de rigidité $k_{SBT,max}$, les énergies pré-rupture E_{SBT} et post-rupture $E_{SBT,PP}$ obtenus sont représentés respectivement sur les figures 6 a) -d).

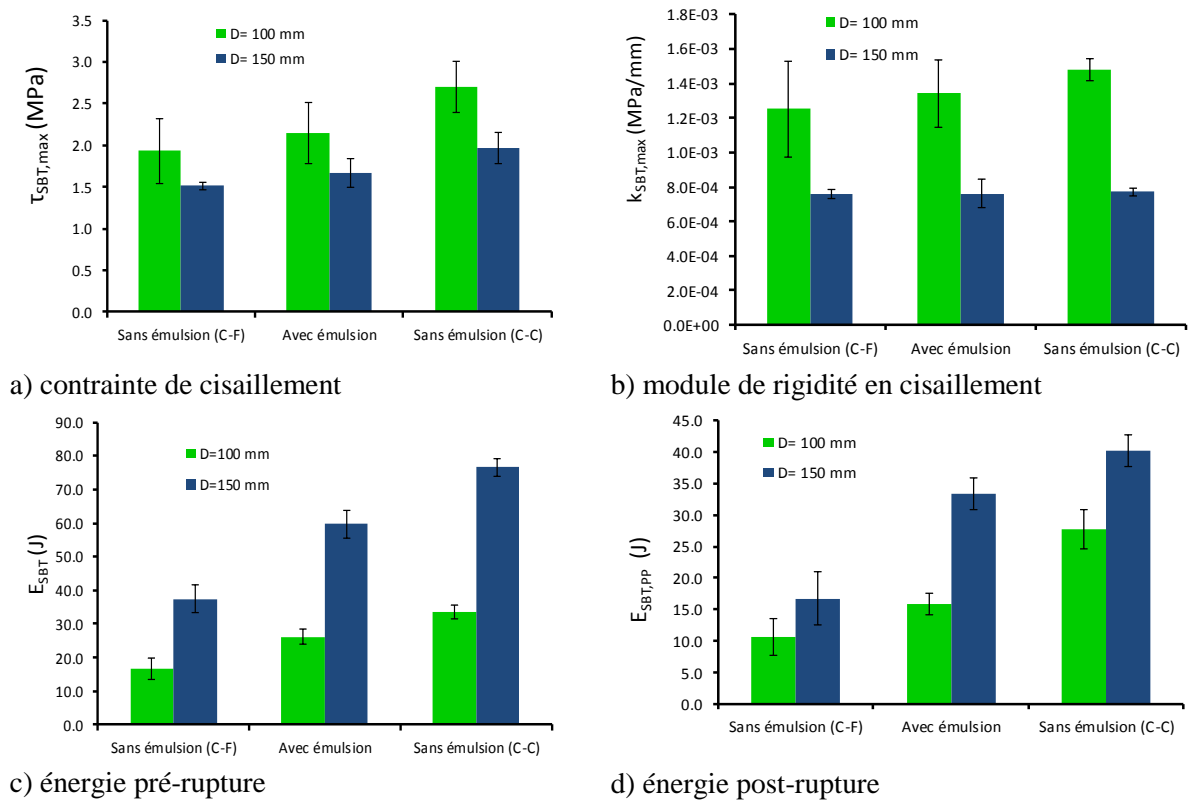


Figure 6: Effet du diamètre sur les paramètres de rupture de l'essai SBT

Plusieurs constats se dégagent de ces figures :

- quelle que soit la nature de l'interface, la contrainte moyenne de cisaillement $\tau_{SBT,max}$ des éprouvettes de diamètre 100 mm est supérieure à celle des éprouvettes de diamètre 150 mm (cf. figure 6 a)). Cette tendance est cohérente avec les résultats antérieurs obtenus par la RILEM, publiés dans [référence Canestrari 2013], qui a proposé la relation suivante :

$$\tau_{D=100mm} = a \times \tau_{D=150mm} \quad \text{Équation 2}$$

Dans cette étude, des coefficients $a = 1.28, 1.29$ et 1.37 ont été obtenus respectivement pour des collages chaud/froid sans émulsion (C-F), chaud sur froid avec 250 g/m² d'émulsion C69 et chaud/chaud sans émulsion (C-C). Ces valeurs sont légèrement supérieures à celles issues des travaux de la RILEM (1.07 sans émulsion, 1.13 avec émulsion au bitume modifié par des polymères SBS, 1.16 avec émulsion cationique à rupture rapide dosée à 65 % de bitume, entre deux couches d'enrobés AC10 sur chaussée expérimentale) ;

- les modules de rigidité des éprouvettes de diamètre 100 mm obtenus sont de l'ordre de 1.5 fois

supérieurs à ceux des éprouvettes de diamètre 150 mm ;

- du point de vue énergétique, les éprouvettes de grande taille (D=150 mm) possèdent des énergies (pré- et post-ruptures) plus importantes car les déplacements associés sont plus importants que ceux des éprouvettes de diamètres 100 mm (figure 6 c) et d)).

Lorsque les résultats de éprouvettes de diamètres différents sont rapportés à une même surface, il est observé que les énergies de rupture obtenues sont équivalentes, comme le montre la figure 7.

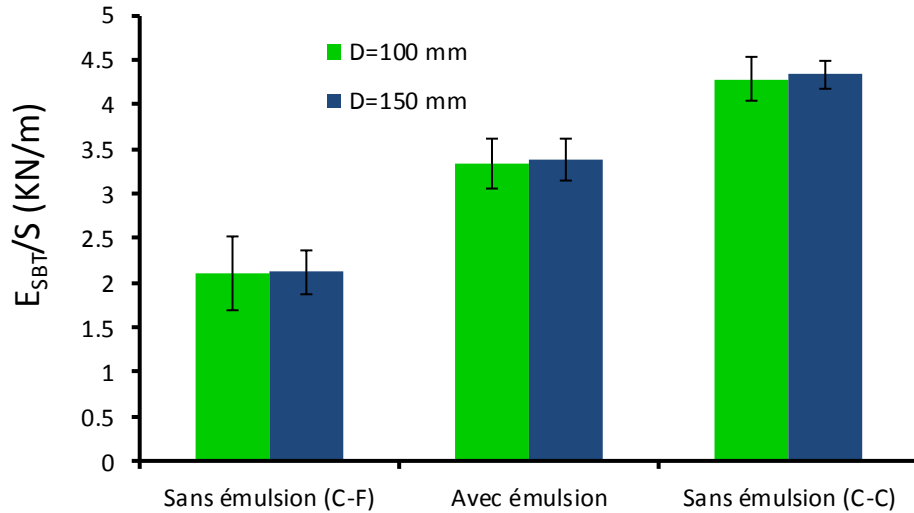
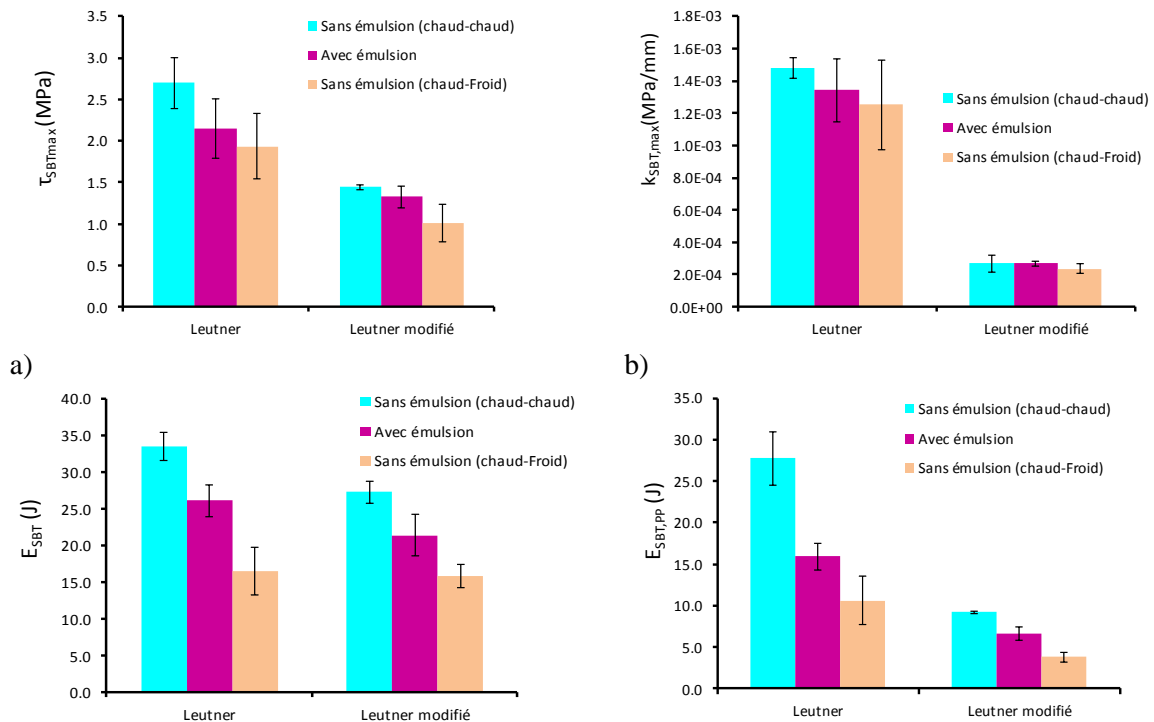


Figure 7 : Impact du diamètre sur l'énergie à surface équivalente

4.2. INFLUENCE DES MÉTHODES DE MESURE

Trois dispositifs ont été comparés : deux dispositifs, Leutner et Leutner modifié pour l'essai SBT, et un dispositif de traction directe conventionnelle pour l'essai TAT modifié. Les résultats sont examinés à diamètre équivalent comme décrit au paragraphe 3.3.1.



c)

d)

Figure 8: Comparaison Leutner et Leutner modifié : effet de l'existence d'une excentricité.
Eprouvettes de diamètre 100 mm

Concernant les essais Leutner et Leutner modifié (figure 8), la différence de conception des dispositifs a un effet non négligeable sur les résultats obtenus. Il apparaît dans tous les cas que le Leutner modifié fournit des résultats systématiquement inférieurs au Leutner normal. Les écarts obtenus entre ces deux dispositifs peuvent en grande partie être imputés à l'excentricité plus grande au niveau de la zone de chargement sur le Leutner modifié, évoquée dans la description des dispositifs.

Concernant la comparaison entre l'essai SBT et l'essai TATmod, l'analyse est limitée aux valeurs de contraintes de cisaillement $\tau_{\text{SBT,max}}$ et de traction σ_{TAT} , évaluées à 20°C (figure 9). Il est rappelé par ailleurs que la contrainte σ_{TAT} est déterminée à partir d'un taux de chargement de 200 N/s tandis que la contrainte $\tau_{\text{SBT,max}}$ est évaluée à partir d'une vitesse de chargement constante de 50 mm/min.

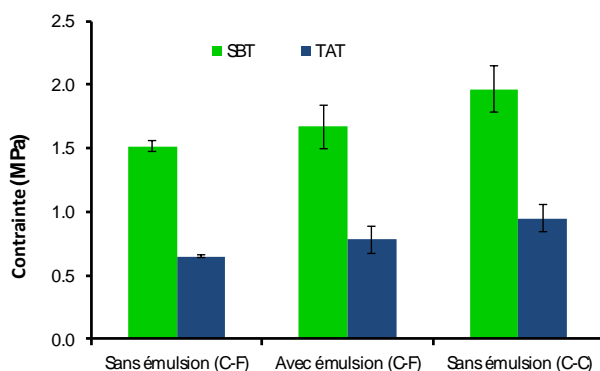


Figure 9: Comparaison essai TATmod et SBT sur des éprouvettes de diamètre 150 mm

Les résultats montrent que les contraintes de cisaillement $\tau_{\text{SBT,max}}$ sont environ 2.2 fois supérieures aux contraintes de traction σ_{TAT} . Il n'est donc pas envisageable de spécifier le même niveau de contrainte à atteindre pour ces deux méthodes de caractérisation du collage de couches d'enrobés.

4.3. INFLUENCE DES MODALITÉS DE COLLAGE DES INTERFACES

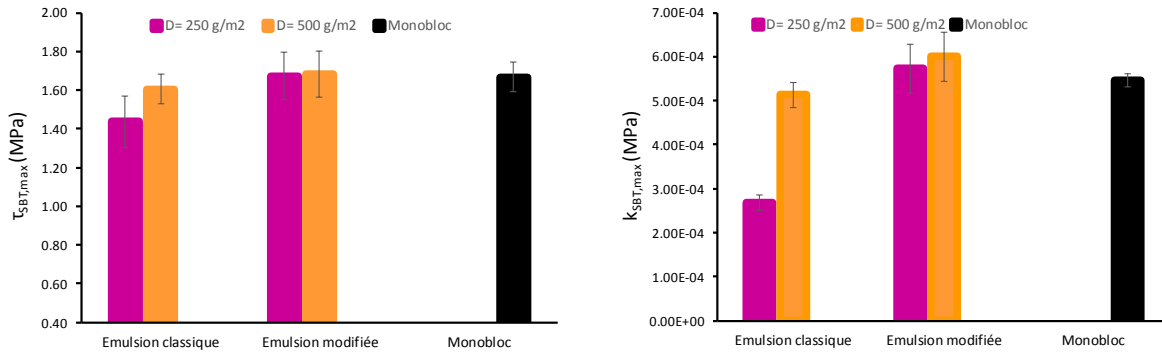
Pour l'ensemble des expériences menées dans le protocole 1, quels que soient les méthodes et les diamètres des éprouvettes testées, il est observé que le collage « chaud sur chaud », bien que plus difficile à reproduire sur chantier, conduit à des résistances supérieures au collage « chaud sur froid » avec émulsion qui à son tour fournit de meilleurs résultats que le collage « chaud sur froid » sans émulsion (confère figures 6 à 9).

4.4. INFLUENCE DE LA NATURE ET DU DOSAGE EN ÉMULSION

Deux types d'émulsions (Latex et C69) et deux dosages (250 et 500 g/m²) ont été considérés pour la réalisation des interfaces entre couches d'enrobés. Les pourcentages de vides moyens des éprouvettes varient de 6.4 à 6.9 % ; les valeurs de PMT de la première couche (inférieure) se situent dans la plage 1.2 à 1.3 mm.

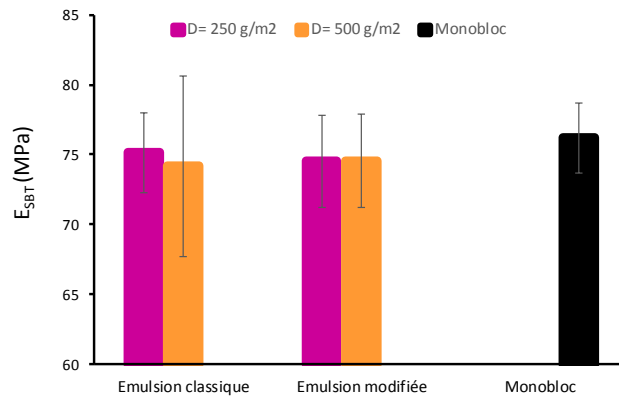
Afin d'avoir une valeur « témoin » qui peut servir de base de comparaison aux différents résultats obtenus, la résistance au cisaillement d'un matériau sans interface a été évaluée. Cette résistance a été déterminée sur une plaque de 12 cm d'épaisseur, compactée en une seule couche (Monobloc).

Les essais ont été menés avec le dispositif Leutner sur des éprouvettes de diamètre 150 mm. Chaque résultat représenté en figure 10 a)-c) est la moyenne d'au moins 3 éprouvettes.



a) contrainte de cisaillement

b) module de rigidité en cisaillement



c) énergie pré-rupture

Figure 10: Influence de la nature et du dosage en émulsion

Ces résultats montrent que la contrainte de cisaillement et le module de rigidité de l'interface obtenus avec l'émulsion classique C69 sont inférieurs à ceux de l'émulsion modifiée, toutes choses égales par ailleurs. L'augmentation du dosage en émulsion de 250 g/m² à 500 g/m² améliore la résistance au collage. Il est à noter que dans le cadre de cette expérience, aucun impact significatif du dosage n'a été obtenu avec l'émulsion au bitume modifié et que l'augmentation du dosage en émulsion classique conduit à des contraintes de cisaillement proches de celles obtenues avec l'émulsion modifiée. Enfin, les contraintes de cisaillement des éprouvettes, composées de deux couches d'enrobés contenant l'émulsion modifiée et l'émulsion classique dosée à 500 g/m², sont quasiment identiques à celles du monobloc compacté. Ceci permet d'attester de la bonne qualité de collage des interfaces pour les éprouvettes testées.

4.5. INFLUENCE DE LA VITESSE DE SOLLICITATION

Trois vitesses de sollicitation (0.5, 5.0 et 50.0 mm/min) ont été considérées. L'évaluation de ce paramètre n'a été étudiée que sur l'émulsion classique C69 dosée à 250 g/m². Les résultats sont représentés sur la figure 11 a) – c).

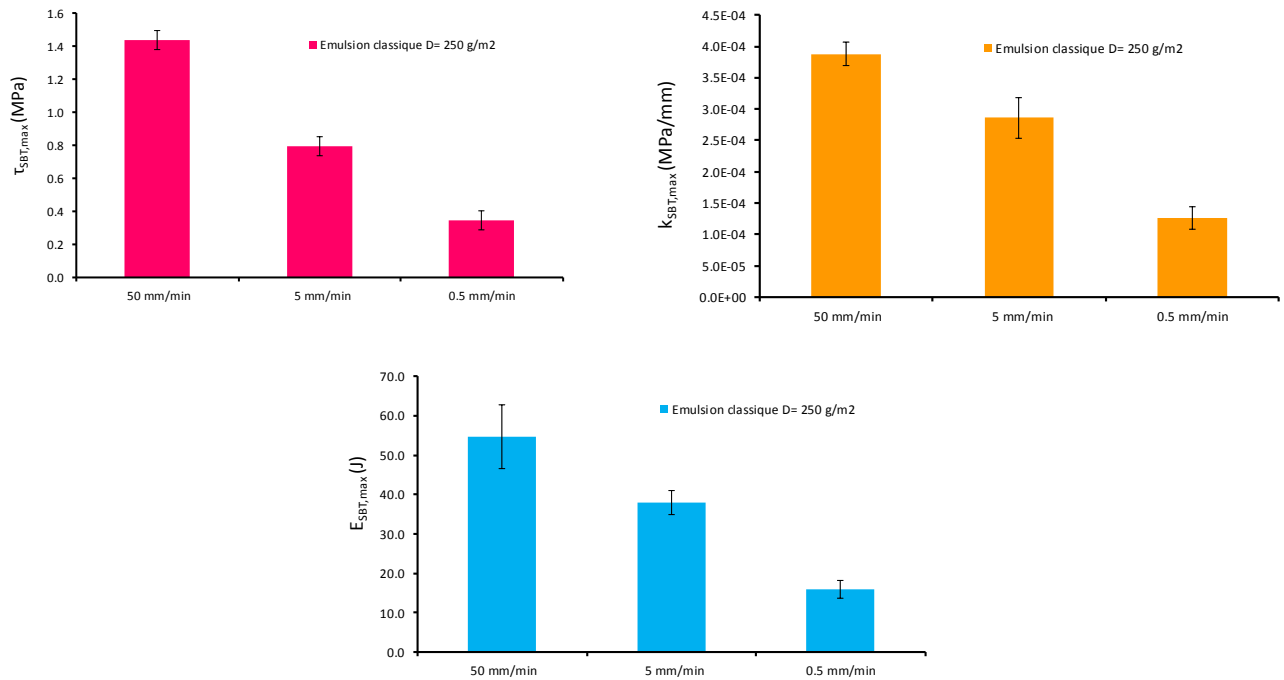


Figure 11: Influence de la vitesse de sollicitation ; éprouvettes de 100 mm de diamètre

Les résultats obtenus mettent en évidence que la contrainte de rupture diminue lorsque la vitesse de sollicitation diminue. Il en va de même pour le module de rigidité en cisaillement $k_{SBT,max}$ de l'interface et pour l'énergie pré-rupture. Ces évolutions sont cohérentes, compte tenu du comportement viscoélastique des produits bitumineux à la température d'essai de 20°C.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude qui a été menée visant à évaluer le projet de norme prEN 12697-48 a permis, au travers d'une démarche expérimentale, d'apprécier l'influence de certains paramètres sur les résultats d'essais.

Il ressort de cette étude que le diamètre des éprouvettes soumises à essai a un impact sur le résultat (observé en contrainte, en module à l'interface et en énergie). Les contraintes de cisaillement et modules obtenus sur les éprouvettes de diamètre 100 mm sont supérieures à celles obtenues sur les éprouvettes de diamètre 150 mm. Les énergies sont supérieures pour les éprouvettes de diamètre plus important. Les énergies pré-ruptures, rapportées à une surface forfaitaire identique, deviennent équivalentes.

Les résultats obtenus montrent que, quel que soit le dispositif SBT utilisé, les valeurs de contraintes obtenues sont largement supérieures aux spécifications allemande et suisse de 0.85 MPa (exigences portant sur des éprouvettes de 150 mm). Ce seuil établi ne paraît pas être réellement discriminant au vu des écarts constatés entre les différentes modalités de traitement des interfaces réalisées en laboratoire. Les études menées par Raab et Partl en 1999 et Stöckert en 2002 recommandaient des seuils de spécification plus importants, respectivement de 1.30 et 1.41 MPa.

Par ailleurs, les contraintes de cisaillement mesurées avec le SBT (Leutner) sont au moins deux fois supérieures aux contraintes de tractions mesurées avec le TAT modifié.

L'étude paramétrique sur le type et le dosage de l'émulsion de bitume a permis de mettre en évidence une meilleure qualité de liaison intercouches avec l'émulsion modifiée, quel que soit le dosage employé. L'augmentation du dosage en émulsion classique permet d'améliorer la résistance à l'interface.

Enfin, les contraintes de cisaillement augmentent lorsque la vitesse de sollicitation augmente ; ceci est fortement lié au comportement viscoélastique du matériau à 20°C.

Au regard des résultats obtenus, des pistes d'améliorations peuvent être envisagées. Tout d'abord, il peut être évalué d'autres types d'émulsions avec d'autres dosages pour affiner les conclusions apportées par la présente étude. D'autre part, il n'a pas été évalué l'effet d'autres facteurs pouvant influencer sur la liaison intercouches comme par exemple la présence de lait de chaux, la variation du délai de mûrissement de l'émulsion, la présence d'un micro-gravillonnage, ... qui peuvent multiplier les expériences à réaliser.

Une comparaison entre des valeurs obtenues en laboratoire et sur chantier serait également intéressante.

De plus, il a été démontré que les différentes méthodes décrites dans le projet de norme prEN 12697-48 conduisent à des résultats qui peuvent être significativement différents. Par ailleurs, ces méthodes autorisent des modalités de réalisation d'essai différentes (températures différentes, vitesses de sollicitations différentes, ...). Il serait intéressant de réaliser des essais comparatifs entre les différents appareils français afin de parvenir à terme à définir un seuil de spécification acceptable de qualité de collage, par type d'essai.

6. REFERENCES

1. F. Canestrari, G. Ferrotti, X. Lu, A. Millien, M. N. Partl, C. Petit, A. Phelipot-Mardele, H. Piber, and C. Raab. Chapter 6 : Mechanical Testing of Interlayer Bonding in Asphalt Pavements, volume Advances in Interlaboratory Testing and Evaluation of Bituminous Materials, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 206-ATB, ISBN 978-94-007-5103-3. 2013.
2. prEN 12697-48: Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 48: Collage entre couches.
3. E. Godard, B. Yvinec, A. Donny, I. Koutiri. Collage des couches d'enrobés bitumineux : Evaluation des méthodes d'essais du projet de norme européenne EN 12697-48. RGRA, N°928 : Pages 60–69, 2015