



N° 35
JANVIER
2018

Sommaire

- 1 | Préambule
 - 2 | Généralités - Définition
 - 3 | Etat de l'art
 - 4 | Etapes de réalisation
 - 5 | Evaluation des performances
 - 6 | Recommandations contractuelles
 - 7 | Aide au choix : Conseils aux Maîtres d'Ouvrages
 - 8 | Conclusions
- Annexe 1 : Exemples de procédés disponibles
- Annexe 2 : Références de chantiers

Revêtements Superficiels Combinés (RSC)

1 Préambule

Ces dernières années, une nouvelle technique est venue étoffer la gamme des revêtements superficiels. Il s'agit d'un complexe associant un Enduit Superficiel (ES) spécifique (maille ouverte) et un Mélange Bitumineux Coulé à Froid (MBCF), appelé **Revêtement Superficiel Combiné (RSC)**.

Cette technique est aujourd'hui proposée par la plupart des entreprises routières.

L'objectif de cette note est d'informer la communauté routière sur cette nouvelle technique qui permet de combiner les avantages des Enduits Superficiels d'Usure (ESU), selon la NF EN 12271, et des Matériaux Bitumineux Coulés à Froid (MBCF), selon la NF EN 12273, en minimisant leurs inconvénients et en augmentant leur durabilité.

La technique des revêtements superficiels combinés peut être utilisée dans deux domaines :

- Le domaine de l'entretien courant des chaussées.
- Le domaine des techniques d'attente sur des supports fatigués sous faible trafic. L'évaluation du comportement à court et moyen terme dans ce cadre restant à évaluer.

Cette note fournit notamment aux Maîtres d'Ouvrage certains éléments d'aide à la décision pour intégrer progressivement cette technique dans leur politique d'entretien des chaussées.

2 Généralités - Définition

Dans un contexte de budget contraint, les gestionnaires de réseaux routiers ont redéfini leur politique d'entretien en favorisant les techniques plus économiques, permettant de maintenir un niveau d'usage satisfaisant pour l'utilisateur. Les revêtements superficiels s'intègrent parfaitement dans le cadre de cette approche.

L'entretien du patrimoine routier est un enjeu majeur qui permet de conserver les qualités de confort et de sécurité des revêtements pour l'utilisateur, de faciliter les échanges économiques et de préserver les structures des conditions climatiques usuelles.

Par l'adaptabilité de leur formulation à l'hétérogénéité et la déformabilité des supports, les ESU sont particulièrement pertinents pour l'imperméabilisation sur les chaussées de trafic faible à moyen. Ils restent cependant fragiles aux efforts de cisaillement et leur forte macrotexture peut générer un bruit de roulement important. Cette technique peut également, à la remise en circulation, entraîner un rejet qui est parfois mal accepté par les usagers et les gestionnaires.

Les MBCF, par une meilleure tenue aux efforts de cisaillement et par une macrotexture plus faible, trouvent un domaine d'emploi complémentaire à celui des ESU sur les supports peu déformés.

Ces deux techniques trouvent parfois leurs limites en termes de durabilité et de prescription quand les supports sont fortement dégradés, hétérogènes et déformables, ainsi que sur les trafics les plus élevés.

La technique des RSC présente le double avantage de protéger à moindre coût les chaussées fatiguées ou dégradées et de leur redonner leurs qualités de service, permettant ainsi de prolonger leur durée de vie.

3 Etat de l'art

Les premières réalisations de revêtement combiné datent des années 1950. Cette technique, connue sous le nom de « *Cape Seal* », a été inventée en Afrique du Sud (à Cape Town, d'où son nom). Elle se composait, pour la structure d'origine, d'un enduit superficiel de grosse granulométrie recouvert plusieurs semaines après par un coulis bitumineux.

A ce jour, la technique se répand à travers le monde, avec des évolutions sur la formulation de l'ES et du MBCF, y compris en France depuis 2010.

On la retrouve également sous l'appellation « *Enduit Scellé* ».

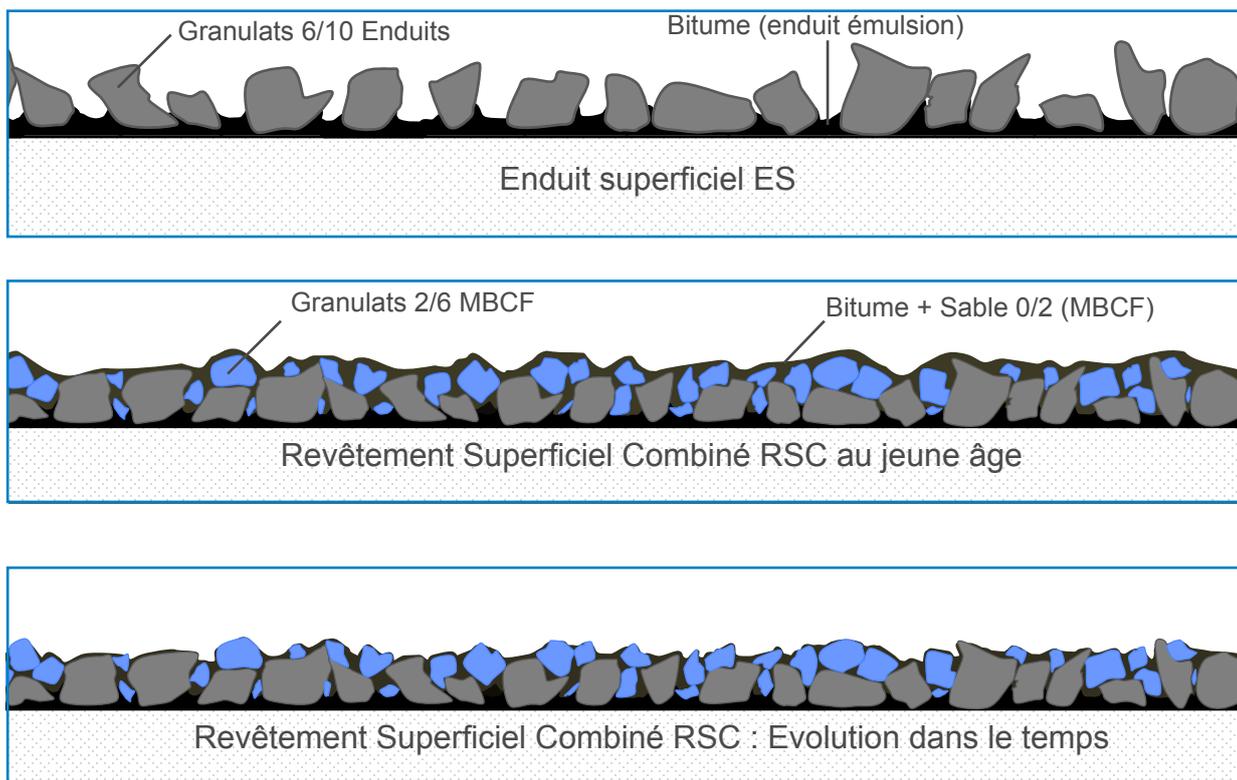


Figure 1 - Schéma de principe des Revêtements Superficiels Combinés (RSC)

Le « *Cape Seal* » est utilisé lorsque les dégradations de la chaussée sont trop importantes pour être traitées par un MBCF ou par un ESU. Il redonne une imperméabilité à la surface de la route tout en restaurant l'adhérence de la couche de roulement.

De façon générale, cette technique est composée des éléments suivants :

- Une première couche d'ES monocouche simple gravillonnage 6/10 ou 10/14 mm à maille ouverte afin de garantir une bonne répartition du MBCF entre les granulats (action de scellement).
- Une deuxième couche constituée d'un MBCF.
- Il peut exister dans certains cas une discontinuité granulométrique entre l'ES et le MBCF pour permettre un meilleur scellement de l'ES.



Figure 2 - Photo d'un ES à maille claire



Figure 3 - Photo application MBCF sur ES

Le RSC ainsi réalisé permet d'obtenir une imperméabilisation de la chaussée, d'éviter le phénomène de rejet et de garantir la macrotexture dans le temps. En effet, la macrotexture initiale du MBCF pouvant être relayée, après usure de celui-ci, par la macrotexture émergente des têtes de gravillons de l'ES.

Près d'un million de m² ont été réalisés à ce jour. Le détail des retours d'expérience est présenté en annexe à cette note. Il donne des exemples de différents procédés de RSC donnant satisfaction ainsi que les références des chantiers réalisés dans le cadre du Comité Innovation Routes et Rues (CIRR). Ces chantiers couvrent des trafics allant de T5 à T0.

4 Etapes de réalisation

Les principes de fabrication et de mise en œuvre des RSC relèvent des fondamentaux décrits dans les documents de référence sur les ES et les MBCF, notamment les guides IDRRIM de réalisation des enduits superficiels d'usure et des matériaux bitumineux coulés à froid (IDRRIM - Juillet 2017). Les points plus spécifiques à cette technique combinée sont indiqués dans la suite de cette note.

Comme pour tout revêtement superficiel, il est recommandé de suivre les étapes suivantes :

- Reconnaissance du support (homogénéité, niveau de déflexion souhaitable pour moyen et fort trafic, fissuration, localisation).
- Formulation du revêtement.
- Préparation du support, éventuellement.
- Réalisation.
- Evaluation des performances à un an.

4.1 - Formulation

Le choix des constituants se fait selon les normes en vigueur rappelées ci-dessous :

- Les gravillons de l'ES sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 12271.
- Les gravillons et les sables du MBCF sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 12273.
- Les émulsions de bitume pour les ES et pour les MBCF satisfont aux exigences de la norme NF EN 13808.

A ce jour, les techniques utilisées depuis les années 2010 par les entreprises comportent les spécificités suivantes :

- Emulsions de bitume pur ou émulsions modifiées (les bitumes fluxés sont à proscrire pour l'ES).
- Ajout, si nécessaire, de fibres de verre dans l'ES.
- Ajout, si nécessaire, de fibres (de verre, de cellulose ou synthétique) dans le MBCF.

Suivant les entreprises, des adaptations de formulation existent.

Les paramètres de formulation sont arrêtés sur la base des éléments de la reconnaissance du support qui est obligatoire comme pour les ESU et MBCF.

Pour exemple, le tableau ci-dessous donne la teneur en liant résiduel d'un RSC comparée à un ESU bicouche ou à un MBCF bicouche (sans correctif appliqué). Le fort taux surfacique de liant explique en partie le grand intérêt de cette technique pour l'imperméabilisation sur des supports fissurés.

Tableau 1 - Exemples de formulation de Revêtements Superficiels

Technique	Comparaison de formulation pour un chantier spécifique*	
	Structure et dosage du RS	Dosage en liant résiduel (kg/m ²)
RSC 6/10 - 0/6	ES 1,6 kg/m ² d'une émulsion à 69 % et 15 kg/m ² de MBCF	2,2 kg/m ²
ESU bicouche 6/10 - 2/4	ES 1,0 kg/m ² d'une émulsion à 69 % pour la première couche et 1,30 kg/m ² d'émulsion pour la seconde couche	1,6 kg/m ²
MBCF bicouche 0/4 - 0/6	9 kg/m ² de MBCF 0/4, suivi de 12 kg/m ² de MBCF 0/6 21 kg/m ² de matériau contenant 12 % d'émulsion à 60 % de bitume	1,5 kg/m ²

* : Ces valeurs sont données à titre indicatif, elles devront être adaptées selon le trafic et l'état du support.

Les variations de formulation visent à améliorer les performances et la durabilité du RSC pour les supports les plus déformés et/ou pour les trafics les plus forts. Des exemples typiques sont présentés dans l'annexe 1.

L'ES est assimilable à un ESU dont le dosage en gravillons ne doit pas excéder un pouvoir couvrant de 80 %.

4.2 - Préparation du support

Les travaux préparatoires et la préparation du support ne diffèrent pas des autres techniques de revêtements superficiels.

Les travaux préparatoires sont à exécuter préférentiellement à l'année N-1 comme pour les ESU et MBCF.

Préalablement au balayage, avant exécution du RSC, une élimination des résines thermoplastiques (marquage au sol et bande de ralentissement) est à prévoir.

4.3 - Mise en oeuvre

4.3.1 Enduit Superficiel (ES)

L'objectif de l'ES est d'obtenir une maille granulaire ouverte (limitée à 80% du pouvoir couvrant) afin de garantir l'imbrication du MBCF au sein de la matrice granulaire.

L'ES doit faire l'objet d'un compactage avant la fin de la montée en cohésion de l'émulsion afin de stabiliser la mosaïque.

La circulation de véhicules sur l'ES est fortement déconseillée.

La montée en cohésion du liant de l'ES doit être suffisante pour recevoir l'atelier de pose du MBCF.

4.3.2 Matériaux Bitumineux Coulés à Froid (MBCF)

L'application du MBCF est réalisée préférentiellement le même jour que l'ES.

Dans certaines configurations de chantier et de situation climatique, elle peut être différée d'un ou plusieurs jours. Dans ce cas, le chantier doit être fermé à la circulation tant que l'ES n'est pas recouvert.

La mise en œuvre est obligatoirement suivie d'un compactage dès que le début de la montée en cohésion est constaté.

Cette opération permet d'enchâsser le MBCF dans l'ES.

La remise sous trafic pourra se faire rapidement derrière le compactage. Elle s'effectue en général entre une demi-heure et une heure après la fin de la mise en œuvre, selon les conditions météorologiques et les caractéristiques du trafic.

5 Evaluation des performances

L'évaluation des performances du RSC se fait à un an (11 à 13 mois), sur la base de l'évaluation visuelle des défauts du MBCF selon la norme NF EN 12274-8.

6 Recommandations contractuelles

Le nouveau fascicule 26 intègre les évolutions issues des normes européennes de spécifications (NF EN 12271 et NF EN 12273) qui imposent le marquage CE aux ESU et aux MBCF, réalisés dans le cadre d'une approche performantielle (<https://www.idrrim.com/publications/4748.htm>).

Ce cadre contractuel peut s'appliquer à l'exécution des RSC sous réserve que :

- Le maître d'ouvrage spécifie les niveaux de performance :
 - ❖ du MBCF (aspect visuel : EVD, granularité maximale et macrotecture)
 - ❖ des constituants du MBCF (caractéristiques des granulats et cohésion des liants résiduels) ;
 - ❖ des constituants de l'ES (caractéristiques des gravillons et cohésion du liant résiduel).

- Le producteur / applicateur choisit la structure, la nature et le dosage des constituants du RSC pour atteindre les performances spécifiées par le maître d'ouvrage.

Les pièces techniques du marché doivent prendre en compte ces éléments afin de permettre la sélection de la meilleure offre (cf. guides techniques IDRRIM Enduits Superficiels d'Usure et Matériaux Bitumineux Coulés à Froid - Juillet 2017).

7 Aide au choix : Conseils aux Maîtres d'Ouvrage

La technique :

Les revêtements superficiels combinés (RSC) sont une technique à part entière.

A ce titre, il est recommandé de confier la réalisation des 2 couches mises en œuvre au même applicateur.

Il est important de ne pas considérer qu'il s'agit de la simple superposition d'un ES et d'un MBCF. Les formulations de chaque couche sont spécifiquement étudiées pour que leur agencement génère un mélange indissociable.

Domaines et limites d'emploi :

Comme pour les autres revêtements superficiels, les RSC sont uniquement préconisés pour traiter des problèmes de surface, à savoir :

- Redonner de l'adhérence.
- Imperméabiliser la surface.
- Stopper l'évolution des arrachements.
- Restituer une homogénéité de texture pour faciliter l'entretien et redonner du confort d'usage.
- Prolonger la durée de vie de la chaussée.

La période de réalisation est identique à celle des revêtements superficiels ESU et MBCF.

Leur application de nuit est déconseillée. La température et l'humidité sont souvent défavorables. De plus, le suivi visuel de la rupture et de la montée en cohésion des émulsions est difficile.

Dans le domaine des techniques d'attente sous faible trafic, des formulations spécifiques peuvent être proposées pour s'adapter à certains supports présentant des caractéristiques particulières (déflexions élevées et fissurations importantes).

Les performances sur le bruit de roulement et la gêne à l'usager des RSC sont similaires aux MBCF. Ils peuvent donc être conseillés en milieu urbain et péri-urbain à trafic élevé sans contrainte à l'usager après remise en service.

Points de Vigilance :

Les facteurs pouvant produire des phénomènes de ressuage sont :

- Sections orniérées.
- Zones à fortes sollicitations (trafic, géométrie, etc.).
- Vitesse lente des véhicules.
- Trafic canalisé (poids lourds, bus, etc.).
- Support indentable et/ou riche en liant.

Dans ces cas de figure, il convient d'ajuster les paramètres de formulation (choix du liant, dosage, etc.)

Recommandation pour la rédaction des DCE avec approche performantielle :

Il est recommandé de :

- Faire réaliser aux soumissionnaires une visite obligatoire du site avant la réponse à l'offre.
- De fournir aux soumissionnaires les éléments nécessaires à son évaluation préalable (trafic, déflexions, âge des couches sous-jacentes, etc.).
- D'intégrer les travaux préparatoires (à l'année N-1) dans le même marché pour que le titulaire gère aux mieux la planification et pour qu'il maîtrise l'ensemble de la chaîne de fabrication et de mise en œuvre.
- D'indiquer précisément les contraintes d'exploitation (heures de chantier, trafic, etc.).
- De réaliser le contrôle de conformité avec une évaluation visuelle des défauts à un an similaire à celle des MBCF.

Recommandation pour la rédaction des DCE sans approche performantielle :

Dans le cas où l'approche performantielle n'est pas retenue par le maître d'ouvrage, les travaux seront réalisés en respectant les procédures, les contrôles, les essais réguliers et/ou les évaluations dédiés au contrôle des matières premières, des équipements, des procédés de fabrication et de mise en œuvre ainsi que du produit final.

Il conviendra que la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre définissent précisément les exigences visées en termes d'exigence qualité du producteur.

A ce titre, le système de maîtrise de la production proposé dans les normes NF EN 12271 et NF EN 12273 peut être utilisé comme référence.

8 Conclusions

Les premiers enseignements après un retour d'expérience de 5 ans permettent de dégager les tendances suivantes :

- Le complexe RSC permet de combiner les avantages des ESU et des MBCF en minimisant leurs inconvénients.
- L'extension du domaine d'application vers les chaussées dégradées à faible trafic permet de préserver la structure et de reporter des interventions plus coûteuses. Le RSC est une technique supplémentaire pour le gestionnaire du réseau dans ses choix d'entretien.
- Les caractéristiques d'adhérence et de bruit apportent un niveau d'usage satisfaisant.
- Pour les techniques d'attente sous faible trafic (inférieur à T3), on note généralement un bon comportement sur support faïencé.

A ce jour, un certain nombre de chantiers sont suivis dans le cadre de l'innovation routière par différents maîtres d'ouvrage.

ANNEXE 1 - Exemples de procédés disponibles sur le marché

			Produit Générique	Procédés d'entreprise			
			RSC	COLBI-FIBRE	ACTI-SEAL	ACTI-SEAL F*	GRIP-SEAL
Première couche ES	Type d'émulsion	PUR	X				X
		MODIFIEE	X	X	X	X	X
	Fibres	NON	X		X	X	X
		OUI		X		X	
	Granulats		6/10 - 10/14	6/10	6/10	6/10	6/10
Deuxième couche MBCF	Type d'émulsion	PUR	X		X		
		MODIFIEE	X	X		X	X
	Fibres	NON	X		X	X	
		OUI		X		X	X
	Granulats		0/4 - 0/6	0/6	0/4 - 0/6	0/4 - 0/6	0/6

* : Présence de fibres dans au minimum une des deux couches

Le recul sur cette technique, depuis sa réintroduction en France, remonte à 2010. Le suivi des premiers chantiers permet de mettre en évidence le potentiel de ces revêtements superficiels combinés qui présentent un intérêt technique et économique pour l'ensemble des réseaux routiers.

Les variantes de formulation s'appuient sur le savoir faire des entreprises.

Au-delà de la formulation, cette technique, à l'instar de ses deux composantes, requiert non seulement de la technicité mais aussi un savoir-faire à la mise en œuvre.

Un des points les plus sensibles de la réalisation est la maîtrise du séquençage entre les ateliers de mise en œuvre de l'ES et celui du MBCF. En effet, la circulation de véhicules sur l'enduit est fortement déconseillée, par contre la montée en cohésion du liant de l'enduit superficiel doit être suffisante pour recevoir l'atelier de pose du MBCF. Le délai doit donc être le plus court possible mais suffisant.

L'application du MBCF est réalisée préférentiellement le même jour que l'enduit. Dans certains cas de chantier et de situation climatique, elle peut être différée de quelques jours.

ANNEXE 2 - Chantiers dans le cadre du concours innovation routière

Le tableau ci-dessous regroupe des références de chantiers de différentes formulations ainsi que les constats sur leur comportement après quelques années de service.

Date	Lieu du chantier	Trafic	Etat initial du support	Nom
2012	Rebreuve Ranchincourt	T5	Enrobé très faïencé et très fissurée Déflexion : 250/100 mm	COLBIFIBRE
2013	Bethune Rue Conflans Sainte-Honorine	T5	Enduit multicouche Déflexion : 230/100 mm Support très fissuré	COLBIFIBRE
2013	Autoroute A23 Lille Valenciennes Pr 12400-pr 12700	T1	Fissuration par le haut Anciens BBSG fabriqué au liant multigrade	COLBIFIBRE
2013	RN 27 Bacqueville en Caux	T1	Fissure transversale et faïençage	COLBIFIBRE
2013	RN 176 Dol de Bretagne	T2	Fissure longitudinales et transversales	COLBIFIBRE
2016	RD 30 Alpes de Haute-Provence	T4		ACTISEAL P

Caractéristiques du produit	A un an EVD, PMT	Etat revêtement
ESU 6/10 émulsion modifiée : 2.3 kg/m ² + 8 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S60 : 16 kg/m ² + fibre	EVD I PMT > 1.1	Suivi à quatre ans Absence de fissure PMT Moyenne = 1
ESU 6/10 émulsion modifiée : 2.2 kg/m ² + 9 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S60 : 16 kg/m ² + fibre	EVD I PMT > 0.9	Suivi à trois ans Maintien du niveau de déflexion à 150/100 mm pour 230/100 en valeur initial PMT Moyenne = 0.88
ESU 6/10 émulsion modifiée : 2 kg/m ² + 9 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S60 : 13 kg/m ² + fibre	T0 : PMT _{moy} = 0.89 1 an PMT _{moy} = 0.93 3 ans PMT _{moy} = 0.75 / PMT _{mini} = 0.67	Apparition d'une fissure longitudi- nale à 2 ans CFT T0 : 0.63, T1an : 0.61 et T3ans : 0.58 Bruit : à 3 ans : micro iso 110 km/h : 100.3 dB(A) soit -2 dB(A) /BBSG0-10
ESU 6/10 émulsion modifiée : 1.8 kg/m ² + 9 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S60 : 13 kg/m ² + fibre	T0 : PMT _{moy} = 1.38 PMT _{mini} = 1.03 EVD I : PMT _{moy} = 1.07	Apparition de quelques fissures à 1.5 ans Apparition de 16% des fissures à 3 ans
ESU 6/10 émulsion modifiée : 2 kg/m ² + 8 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S60 : 16 kg/m ² + fibre		
ESU : 6/10 émulsion modifiée 1.65 kg/m ² +Fibres+8 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S 60 : 15 kg/m ²		

Date	Lieu du chantier	Trafic	Etat initial du support	Nom
2016	RD 13 Wallers	T3	Traversée urbaine	ACTISEAL
2015	RD 32 Eure et Loire	T4	Support Enrobé	ACTISEAL P
2015	RD 974 Mont Ventoux	T3	Pente de 11% DC < 100/100 mm Ancienne couche de roulement fortement fissurée	ACTISEAL P
2015	RD 741 Rocade de Poitiers	T1	Support enrobé	ACTISEAL P
2013	RD1314 Londiniere	T3 Trafic semi-urbain	Ancien BBSG avec faïençage en rive	GRIPSEAL
2014	RD 1029 Lignièrès Châtelain	T1	Ancien BBSG dégradé avec PMT =1	GRIPSEAL
2014	RD 54 Fretin	T2	Ancien BBSG 1 dégradé Deflexion : 43 1/100	GRIPSEAL
2014	RD 13 Dangu	T5	Retraitement en place Neuf avec enduit de cure	GRIPSEAL

Caractéristiques du produit	A un an EVD, PMT	Etat revêtement
ESU 6/10 émulsion modifiée à 1.95 kg/m ² et 6.5 litres de 6/10 MBCF 0/6 11% émulsion bitume pur – 13 kg/m ²		
ESU 6/10 émulsion modifiée : 1.7 kg/m ² + 9 kg 6/10 MBCF 0/6 11.5% émulsion modifiée S60 : 15 kg/m ²		
ESU 6/10 émulsion modifiée : 1.6 kg/m ² + 12 kg 6/10 MBCF 0/6: 11.5% émulsion modifiée S60 : 15 kg/m ²	T0 : PMT Moyen = 1.29 EVD I : PMT Moyen = 1.18	
ESU 6/10 émulsion modifiée : 1.7 kg/m ² + fibres + 8 kg 6/10 MBCF 0/6: 11.5% émulsion modifiée S60 : 15 kg/m ²		
ESU émulsion pure MBCF 0/6 fibré : 11.5 % émulsion modifiée S60	EVD I	Suivi à 3 ans : CFT Moyen = 0.51 PMT ≥ 1.0 Apparition de quelques fissures de rives
ESU émulsion modifié MBCF 0/5 fibré : 11.5 % émulsion modifiée S60	EVD I	PMT ≥ 1.0
ESU émulsion modifié MBCF 0/5 fibré : 11.5 % émulsion modifiée S60	EVD I	PMT = 1.5 axe de voie PMT = 1.0 BdR droite
ESU émulsion pure MBCF 0/6 fibré : 11.5 % émulsion modifiée S60	EVD I	PMT > 0.9

Cette note a été préparée par les membres de la commission de normalisation « Revêtements Superficiels » du BNTRA, ainsi que par Christophe Priez (Colas Nord-Est) et Luc Beaudelot (Cerema).

Avertissement : La présente note est destinée à donner une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.



9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com

 @IDRRIM

Association loi 1901