



NOTE D'INFORMATION

CHAUSSEES
DEPENDANCES

95

Auteur : Observatoire des
Techniques de Chaussées

Editeur :



ENDUITS SUPERFICIELS

Avril 1997

Cette note d'information, écrite dans le cadre de l'Observatoire des Techniques de Chaussées, décrit les évolutions techniques observées ces dernières années dans le domaine des enduits superficiels.

Elle précise, essentiellement, le développement de la technique, les performances et leurs évolutions.

Les deux principales fonctions d'un enduit superficiel sont l'imperméabilisation du support et la rugosité superficielle.

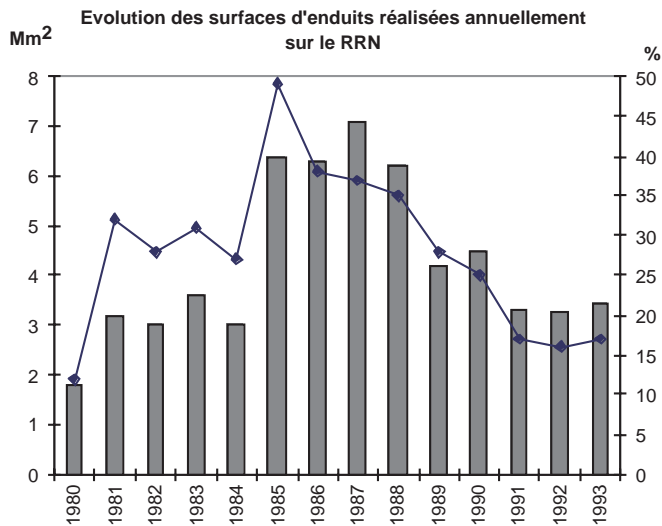
Si l'imperméabilisation du support est relativement bien maîtrisée, la fonction rugosité conduit souvent à l'obtention de revêtements bruyants. Le niveau de bruit de roulement, directement lié à la macrotecture (HSv), peut être réduit en envisageant l'utilisation de granulats de plus petites dimensions, en restant toutefois attentif à la notion de drainabilité de surface.

DEVELOPPEMENT DE LA TECHNIQUE

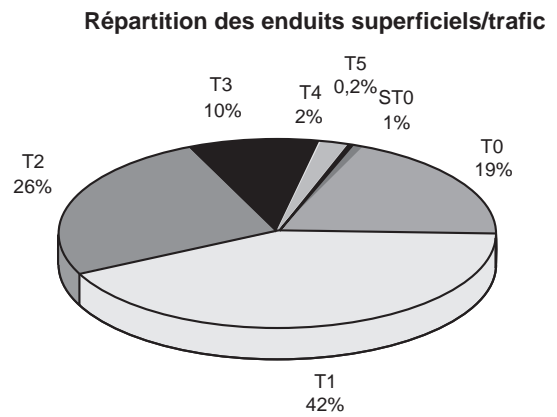
A partir de recoupements d'éléments provenant de diverses origines (consommation de liants, enquête auprès des entreprises, enquête du groupement des chefs de parcs), les surfaces réalisées annuellement en enduits superficiels sont d'environ 300 à 350 millions de m².

Toutefois, on remarque des évolutions différentes en fonction de la catégorie de réseau concerné :

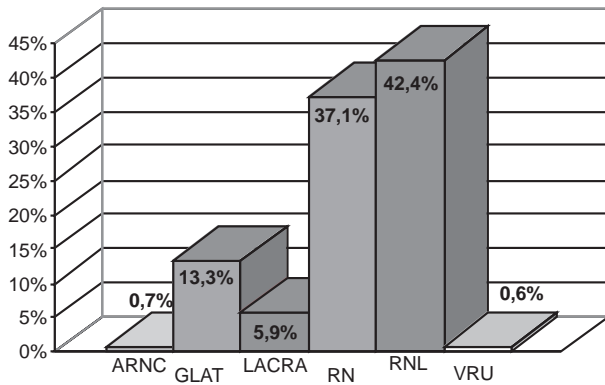
- sur les autoroutes concédées, les surfaces recouvertes en enduits superficiels sont passées en 10 ans de 13 % à 3 % du réseau. La raison principale de l'abandon de cette technique provient des difficultés d'exploitation lors des chantiers et du développement des enrobés en couches très minces ;
- sur les réseaux départementaux et communaux, les surfaces d'enduits superficiels représentent 80 à 90 % des surfaces entretenues ;
- en ce qui concerne la voirie urbaine, lors d'une récente enquête (1994) menée par l'AIVF et le réseau technique auprès de 133 villes de plus de 15 000 habitants, il a été constaté que le pourcentage des surfaces recouvertes en enduit avait sensiblement diminué pour passer de 53 % en 1984 à 41 % en 1994 ;
- sur le réseau national, l'exploitation des données de l'IQRN 1994 a permis de sortir les graphiques ci-après. La répartition des surfaces par trafic, âge ou catégorie de réseau représente l'image au 31/12/1993 du réseau des routes nationales.



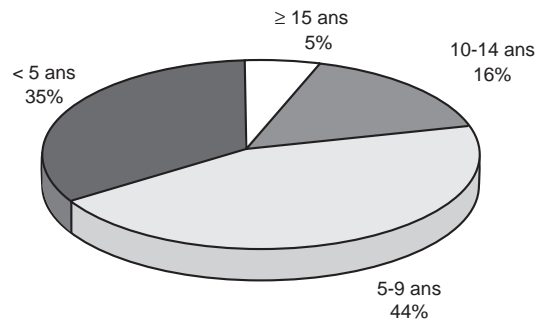
Les barres correspondent aux surfaces réalisées en enduits chaque année (échelle de gauche), les points correspondent à la proportion d'enduits par rapport à l'ensemble des différentes techniques d'entretien (échelle de droite)



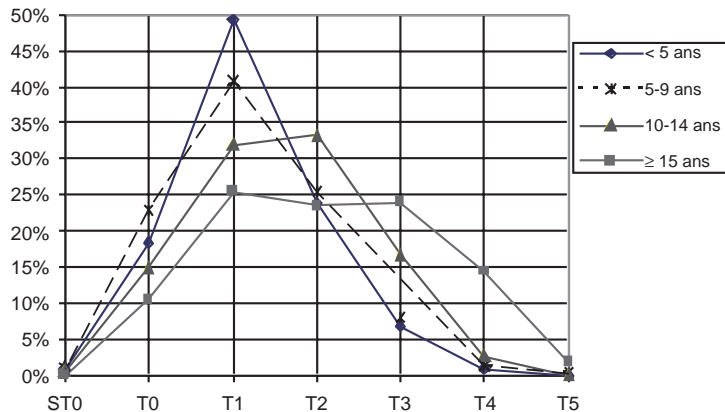
Répartition des ES/catégorie de routes



Age des enduits superficiels



Répartition des enduits superficiels/trafic et âge



Ces différents graphiques montrent qu'environ 80 % des enduits superficiels, sur le réseau national, ont moins de 10 ans, et que les enduits les plus récents se trouvent essentiellement sur les trafics élevés.

PERFORMANCES ET EVOLUTION

1 - Performances

a) Normalisation Française

La norme NF P 98-160 a été révisée en janvier 1994. Par rapport à la précédente édition, les modifications portent sur la rugosité qui s'exprime maintenant en 5 niveaux au lieu de 4 :

Anciens niveaux	Nouveaux niveaux
R0 HSv < 0,6 mm	R0 HSv < 0,6 mm
R1 HSv ≥ 0,6 mm	R1 HSv ≥ 0,6 mm
	R1 bis HSv ≥ 1,2 mm
R2 HSv ≥ 1,6 mm	R2 HSv ≥ 1,6 mm
R3 HSv ≥ 2,2 mm	R3 HSv ≥ 2,2 mm

Les niveaux d'aspect visuel restent inchangés.

Le nouveau tableau de « Spécifications minimales en fonction des classes d'enduits superficiels d'usure » (applicable obligatoirement), devient le suivant :

Les cases grisées sont les cases qui ont été modifiées lors de la révision de la norme.

b) Imperméabilité

D'une manière générale, les enduits superficiels permettent l'obtention d'une bonne imperméabilisation de la chaussée. Les méthodes classiques de mesures de la perméabilité ne permettent pas de classer les différentes structures d'enduits. Cependant, on peut admettre, compte tenu des quantités de liant utilisées et de la position de la couche de liant (sur le support ou enrobage d'une couche de gravillons déjà répandus), que les bicouches sont les plus efficaces et les monocouches prégravillonnées les moins efficaces à ce niveau.

Les bicouches prégravillonnées permettent de résoudre les hétérogénéités du support en gardant une bonne efficacité au niveau de l'imperméabilisation de la chaussée.

Classes d'enduits			Chaussées routières				Chaussées aéronautiques
			ESU0	ESU1	ESU2	ESU3	
Enduits	Rugosité minimale		R3	R2	R1 bis		R1
	Aspect visuel minimal		V3	V3	V2	V1	V3
Liant stabilisé	Minimum de la cohésion maximale		≥ 0,8 J/cm ²				
Granulats (1) (2)	Classe	P 18-540 (ex P18-101)	A I	B I	B II (4)	C II	B II
	C.P.A. (5)		≥ 0,55	≥ 0,50			
	Rc Ic		Rc ≥ 2			Ic = 100	
Dispositifs d'épandage de liant	Tolérance (g/m ²)		NF P 98-726		± 50	± 100	± 50
	CVT (%)	Poste fixe	NF P 98-726		≤ 5		
		In situ	NF P 98-275-1 NF P 98-275-2		≤ 10		
Dispositifs d'épandage des gravillons	Tolérance		NF P 98-739 NF P 98-276-1		± 1		
	CVT (%)		NF P 98-739 NF P 98-276-2		≤ 10	≤ 15	≤ 10
REJET			Balayage dans les 48 heures		—		Elimination (3)

(1) Les classes granulaires d/D utilisées en enduits superficiels sont 2/4 - 4/6,3 - 6,3/10 - 10/14 - 14/20.

(2) Pour les chaussées aéronautiques, la classe granulaire maximum à utiliser est 2/4.

(3) Pour les chaussées aéronautiques, le voile de scellement est obligatoire après élimination du rejet et avant mise en service.

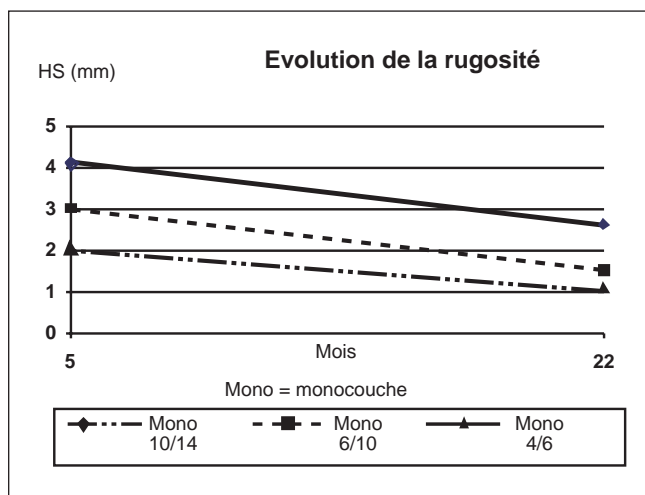
(4) Pour cette classe d'enduits, les granulats de type B II devront avoir une propreté inférieure ou égale à 0,5.

(5) La règle de compensation 100 CPA par la somme des coefficients LA + MDE ou inversement s'applique.

c) Rugosité géométrique

Par rapport à beaucoup d'autres revêtements superficiels, l'enduit superficiel présente une bonne rugosité géométrique. Cette fonction est mise en évidence par l'essai de Hauteur au Sable vraie (HSv) qui conduit généralement à des valeurs largement supérieures à 1 mm.

Cette rugosité est très variable en fonction de la dimension des gravillons et de la structure de l'enduit réalisé. Le graphique suivant donne une idée de l'évolution de la rugosité d'enduits monocouches pour des trafics T1/T2.



La macrotexture des enduits 10/14 est toujours supérieure à celle des enduits 6/10 et le reste dans le temps. Les enduits à granulométrie fine présentent, après deux ans, des valeurs de Hauteur au Sable toujours satisfaisantes et comparables à celles obtenues sur des BBTM.

Pour les principales structures d'enduits utilisées, le classement dans l'ordre croissant de la rugosité obtenue pour une même granularité de la première couche de gravillons est la suivante :

- 1 - bicouche et bicouche prégravillonnée
- 2 - monocouche prégravillonnée
- 3 - monocouche simple gravillonnage
- 4 - monocouche double gravillonnage.

d) Adhérence

Pour la majorité des types d'enduits, le coefficient de frottement longitudinal (CFL) se situe dans la partie haute du fuseau national, essentiellement aux vitesses élevées.

Aux faibles vitesses, le CFL semble assez lié au coefficient de polissage accéléré (CPA) des gravillons, et conduit, en général, à des valeurs plutôt meilleures avec des granularités plus petites. Cette caractéristique est beaucoup moins sensible lorsque la vitesse augmente.

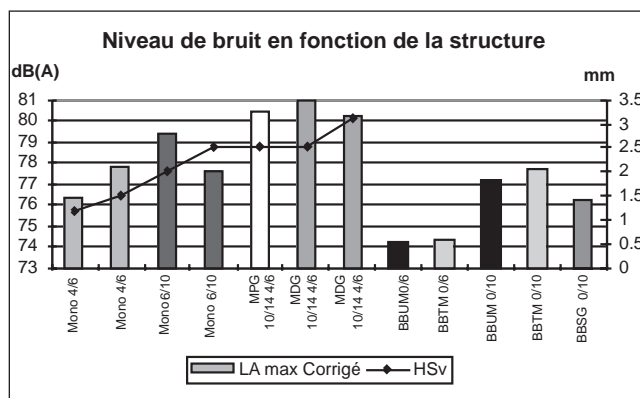
	CFL 40	CFL 80	CFL 120
Mono 4/6	0,48	0,39	0,36
Mono 6/10	0,46	0,39	0,36
MDG 10/14 - 4/6	0,49	0,40	0,37
MPG 10/14 - 4/6	0,49	0,40	0,37
Enduit Epais 10/14	0,47	0,41	0,39

Les résultats, figurant dans le tableau ci-dessus, extraits du fichier national glissance, montrent qu'il n'y a pas de différences significatives de l'adhérence, en fonction du type d'enduit réalisé.

e) Bruit

Le niveau de bruit de roulement des enduits superficiels est relativement élevé et présente une dispersion importante. Cependant, ce niveau de bruit de roulement, qui est directement lié à la rugosité du revêtement, peut être facilement réduit en choisissant judicieusement la dimension des gravillons. Quelques essais ont été réalisés, à un an, sur différentes structures en fonction de leur rugosité.

Le graphique ci-dessous récapitule les résultats ponctuels obtenus sur différents types d'enduits, et les compare avec les valeurs moyennes connues sur certains enrobés extraites de la base de données « bruit de roulement » du LRPC de Strasbourg.



Méthode de mesure franco-allemande avec véhicule maîtrisé (norme NFS 31-119)

- Mono. = Monocouche
- M.D.G. = Monocouche Double Gravillonnage
- M.P.G. = Monocouche Prégravillonné

2 - Evolution

a) Liants

L'utilisation des liants modifiés se développe. Plus de 20 % des liants utilisés en enduits superficiels sont maintenant modifiés :

- environ 25 % sous forme de liant anhydre ;
- environ 15 % sous forme d'émulsion.

Il apparaît également sur le marché des liants à niveau de modification inférieur à ceux faisant l'objet des premiers Avis Techniques. Ils se proposent de résoudre les conditions difficiles d'utilisation dans le cas de trafics faible et moyen (efforts tangentiels, conditions climatiques sévères...).

b) Formulation

Après un développement rapide des monocouches pré-gravillonnées qui peuvent cependant présenter un point faible au niveau de l'étanchéité de support très poreux, on voit se développer surtout dans le Sud-Ouest, l'utilisation de structures bicouches pré-gravillonnées permettant d'assurer l'étanchéité en s'accommodant de supports hétérogènes.

c) Aspect visuel

Norme XP 98-277-1 - Enduit Superficiel d'Usure - Evaluation de l'aspect visuel

La réalisation de cette norme a été décidée afin de faciliter et rationaliser la quantification des dégradations des enduits superficiels, définies en niveaux d'Aspect Visuel, dans la norme produit « NF P 98-160 - Enduit superficiel d'usure ».

Elle peut être utilisée **en cas de désaccord** entre le maître d'œuvre et l'entreprise sur le niveau de gravité et l'étendue des dégradations.

Le but de cette norme est de définir :

- d'une part, à partir de quel degré de gravité la dégradation est prise en compte ;
- d'autre part, de quantifier précisément la surface dégradée, en s'appuyant sur un mode opératoire précis.

Le principe consiste à mesurer, dans un cadre de 20 x 20 cm :

- dans le cas de ressuage, la proportion de surface recouverte par le liant ;
- dans le cas de plumage, la proportion de gravillons absents de la grille.

Cette approche permet, par exemple, de définir :

- la présence de ressuage quand plus de 50 % de la surface est recouverte par le liant ;
- la présence de plumage quand plus de 10 % de gravillons sont absents de la grille.

Cette norme permet de déterminer la surface à prendre en compte pour chaque type de dégradations (plumage, ressuage, pelade, peignage).

d) Utilisation de petites granularités

Dans un souci de réduction du coût de revient de l'enduit réalisé et d'obtention d'un niveau de bruit de roulement plus faible, **en restant toujours attentif à la notion d'évacuation de l'eau et au volume de trafic**, la réalisation d'enduits de plus petites dimensions peut s'envisager.

Plusieurs expérimentations ont été réalisées ces deux dernières années en Monocouche simple gravillonnage 4/6, Monocouche double gravillonnage 6/10-2/4 et Monocouche prégravillonnée 6/10-2/4 sur des routes supportant des trafics T2 et T1.

Ces différents chantiers font l'objet de suivi dans le temps afin de permettre d'apprécier les domaines et limites d'emploi de ces enduits « fins ».

Il faut noter que les enduits bicouche ou monocouche prégravillonnée 4/6 2/4 ne permettent pas d'atteindre le niveau R1bis de rugosité soit une HSv > 1,2 mm. Ces structures sont utilisées par certains en préparation de support.

e) Enduits sur Bétons Bitumineux Drainants

Afin de résoudre, dans certains cas, les problèmes d'adhérence sur les enrobés drainants, la réalisation d'enduits superficiels peut s'envisager.

Le principe consiste, en fait, à isoler partiellement le support de l'enduit superficiel à réaliser.

Les deux principales solutions ayant déjà été testées sont :

- soit la réalisation d'un préenduit préalablement à la réalisation de l'enduit superficiel définitif afin d'imperméabiliser l'enrobé drainant ;
- soit la réalisation d'une structure d'enduit prégravillonnée, où la première couche de gravillons répandus à « secs » permet de s'affranchir en partie du support.

3 - Normalisation européenne

A l'instar de la norme française NF P 98-160, la Commission Européenne de Normalisation a également adopté une démarche performancielle. Plusieurs normes sont actuellement en cours d'élaboration. Ces normes sont des méthodes d'essais (taux de répannage, régularité transversale, adhésivité, durabilité) et des spécifications (liants, granulats, précision des taux d'épandage et de répartition transversale, performance de l'enduit).

Ces méthodes d'essais sont très largement inspirées des méthodes françaises.

Les projets de spécifications prévoient différents niveaux de performances.

En ce qui concerne les performances de l'enduit, les propriétés, actuellement les moins controversées, à introduire dans ces spécifications sont : la résistance au glissement (adhérence) - la texture (rugosité) - l'absence de défauts visuels.

4 - Documents et logiciels de référence

Le Fascicule 26 du CCTG -Travaux « Exécution des enduits superficiels d'usure », consacré pour l'essentiel aux clauses relationnelles entre le maître de l'ouvrage, maître d'œuvre et entrepreneur, doit faire l'objet d'une nouvelle édition en 1997.

Le GUIDE TECHNIQUE « Enduits Superficiels d'Usure » est publié depuis le mois de mai 1995. Il est

disponible auprès du SETRA ou du LCPC. Ce guide, traitant des différents aspects de la technique (matériaux, formulation, préparation des chantiers, matériels et mise en œuvre), actualise et remplace la Directive de 1978.

Le logiciel SOFIE est un outil d'aide à la formation destiné aux formateurs. Il traite de l'ensemble de la technique des enduits superficiels sous la forme d'animations, de photos, de séquences vidéos et de textes. Il est disponible auprès du SETRA.

Le logiciel ALOGEN est un système d'aide à la décision en matière de formulation d'enduits superficiels. Il est disponible auprès du LRPC d'AUTUN.

Cette note a été rédigée par :

Nicolas BARASZ - Stéphane LEROUX - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 34 54
Jean-Claude MENARD - CETE de LYON/LR AUTUN - ☎ 03 85 86 67 22

S.E.T.R.A. 46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 BAGNEUX Cedex - France
☎ 01 46 11 31 31 - Télécopie 01 46 11 31 69 - 01 46 11 34 00

Renseignements techniques : S. LEROUX - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 34 54
JC. MENARD - LR AUTUN - ☎ 03 85 86 67 22

Bureau de vente : ☎ 01 46 11 31 55 - 01 46 11 31 53 - référence du document : **D9722**

Ce document a été édité par le SETRA, il ne pourra être utilisé ou reproduit même partiellement sans son autorisation.

AVERTISSEMENT

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

ISSN 1250-8683