

Les matériaux de reprofilage des chaussées

Jean-François CORTÉ

Directeur technique chargé du pôle Chaussées
Laboratoire central des Ponts et Chaussées

Le reprofilage est une technique d'entretien essentielle pour la réhabilitation des caractéristiques géométriques des chaussées souples des routes à faible trafic. Malgré l'importance économique que représentent ces travaux, rares sont les publications sur ce sujet. Dans ce contexte, il est apparu intéressant de publier les trois courts textes suivants, qui décrivent, pour l'un, les résultats d'un chantier comparatif de différentes techniques de reprofilage et, pour les deux autres, les emplois possibles de grave-émulsion et de grave-bitume, tels qu'ils résultent des expériences acquises dans les zones d'actions des Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées (LRPC) de Toulouse et d'Aix-en-Provence.

Note

technique

Bilan d'un chantier comparatif

Gilles LAURENT

Division Sécurité et techniques routières
Centre d'études techniques de l'Équipement de l'Ouest

Préambule

Lorsque l'on évoque le reprofilage des chaussées, on imagine les problèmes d'orniérage sur les chaussées supportant de forts trafics de poids lourds.

En fait, le reprofilage intéresse surtout les chaussées à faibles et très faibles trafics, déformées en rive (manque d'épaulement), point faible des chaussées souples non renforcées. Les quantités de matériaux utilisés annuellement sont importantes, de l'ordre de 2 millions de tonnes par année, pour l'ensemble de la France.

Les travaux sont souvent réalisés en régie ou par de petites entreprises avec des moyens matériels souvent réduits. Les us et coutumes locales conduisent à utiliser divers matériaux et techniques qu'il convenait de tester et de comparer.

Une première approche de la tâche « reprofilage », par analyse de la valeur, sous la conduite du Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE) du Sud-Ouest, avait conduit à classer, de façon théorique, les matériaux à partir des critères suivants :

- possibilité de mise en œuvre de 0 (raccordement en sifflet) à 15 cm, en une seule couche,
- facilité de mise en œuvre manuelle et mécanique,
- nécessité ou pas d'une couche d'accrochage et d'une couche de surface à la mise en œuvre,
- disponibilité sur le marché.

Selon ces critères, les matériaux ont été, après analyse, classés dans l'ordre suivant d'adaptation décroissante pour la tâche de reprofilage :

- grave-émulsion,
- grave non traitée de catégorie B et enrobé non stockable,

- grave-bitume enrichie, enrobé à chaud et grave-ciment,
- matériaux 20/40 plus enrobé à froid, sable-enrobé et enrobé à chaud stockable.

Pour vérifier les résultats de l'analyse de la valeur, le Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA) a financé (en 1988) un chantier en vraie grandeur, pour tester une large panoplie de matériaux.

Le contexte du chantier

La route départementale 163 en Loire-Atlantique a été retenue car elle présentait une déformation uniforme en rive de 8 à 10 cm, sur une longueur d'environ 3 kilomètres.

Le trafic était un T3 faible (50 à 60 poids lourds par jour et par sens).

Les déflexions côté rive étaient homogènes et de l'ordre de 150/100 de millimètres.

La mise en œuvre des matériaux a été faite en régie par la subdivision de l'Équipement de Chateaubriant.

Quinze matériaux différents ont été employés avec pour objectifs de vérifier :

- le comportement à la déformation après reprofilage sous trafic,

Le contexte du chantier



Vue de la section avant travaux.



Vue de la chaussée après reprofilage.



Dégradation de la chaussée.



Dégradation sur la partie GNT 0/30 après travaux à un an.

➤ la nécessité ou non d'une couche d'accrochage. Chaque section de 200 m comprenait 100 m avec une couche d'accrochage (mise en œuvre manuellement à la lance) et 100 m sans.

Les caractéristiques principales des matériaux qui ont été mis en œuvre sont indiquées dans le tableau I.

Le comportement, pour chaque section, a été jugé au bout d'un an à partir :

- de mesures au transversoprofilographe (trois par 100 m), effectuées à 8 j (post compactage) et à un an (tenue sous trafic),
- d'observations visuelles de la surface de la chaussée.

Résultats obtenus

Le tableau II présente un classement des matériaux par valeurs croissantes des déformations après un an (écart maximal par rapport à un profil théorique de 2,5 %).

TABLEAU I
Caractéristiques des matériaux mis en œuvre

Matériaux	Caractéristiques obtenues	Observations
Grave-émulsion 0/14	Passant à 2 mm : 35 % Passant à 6,3 mm : 55 % Fines : 7 % Teneur en bitume : 4 %	<i>Teneur en liant plus faible que ce que prévoit la norme (> 4,2 %)</i>
Béton bitumineux coulé au soufre	Granularité : 0/6 Bitume : 7,5 % Fines : environ 30 % Soufre : 5,3 %	<i>Utilisé à titre expérimental, coût de la fourniture très élevé (2 200 F/t)</i>
Enrobé 0/10	Passant à 2 mm : 35 % Passant à 6,3 mm : 72 % Bitume 70/100 : 6,2 % Fines : 6,8 %	<i>Distance de transport 30 km</i>
Grave-bitume 0/10 enrichie	Passant à 2 mm : 30 % Passant à 6,3 mm : 50 % Bitume 50/70 : 5 % Fines : 8 %	<i>Distance de transport 30 km</i>
Enrobé à froid 1/14	Bitume résiduel : 3,5 %	<i>Fabrication parc de Charente</i>
Enrobé à froid 4/6	Bitume résiduel : 4 %	<i>Fabrication locale</i>
Grave non traitée de type A, 0/30	Passant à 2 mm : 20 % Passant à 6,3 mm : 35 % Fines : 10 % Teneur en eau : 1 %	<i>Matériaux hétérogènes à la fourniture</i>
Grave non traitée de type A, 0/14	Passant à 2 mm : 15 % Passant à 6,3 mm : 40 % Fines : 5 % Teneur en eau : 1 %	<i>Matériaux hétérogènes à la fourniture</i>
Grave non traitée de type B, 0/30 (la grave fabriquée a été en fait une grave 0/20)	Passant à 2 mm : 20 % Passant à 6,3 mm : 40 % Fines : 5 % Teneur en eau : 6 %	<i>Difficulté pour maîtriser la teneur en eau pour des fabrications en petite quantité</i>
Grave non traitée de type B, 0/14	Passant à 2 mm : 25 puis 30 % Passant à 6,3 mm : 50 et 60 % Fines : 5 puis 8 % Teneur en bitume : 5 %	<i>Difficulté pour maîtriser la teneur en eau</i>
Grave-ciment 0/10	Passant à 2 mm : 40 % Fines (y compris ciment) : 10 % Ciment + retardateur : 4 %	<i>Techniques utilisées à titre expérimental</i>
Béton maigre 0/14	Passant à 2 mm : 45 % Fines (y compris ciment) : 15 % Ciment + retardateur : 10 %	<i>Coût 300 F/t</i>

L'intérêt ou non de la couche d'accrochage est indiqué en fonction du comportement observé, selon la codification suivante :

- ++ : indispensable, - : déconseillée ou sans intérêt
 + : de préférence, par rapport à la technique.
 = : sans incidence,

TABLEAU II
Classement des matériaux de reprofilage selon le comportement des sections après un an

Matériaux	Déformation (mm)		Couche de surface	Couche d'accrochage	Perméabilité	Dégrada­ tions à 1 an
	à 8 jours	à 1 an				
Grave-émulsion 0/14	3	4	Gravillonnage 4/6 puis monocouche 4/6 à 3 mois	+	Moyenne	Néant
Béton maigre 0/10	5	5	Néant	-	Pas mesurée	Façonnage fin et arrachement en bord
Grave-bitume 0/10	5	6	Scellement du bord au 2/4	+	Moyenne	Léger désenrobage
Enrobé 0/10	6	7	Scellement du bord au 2/4	+	Moyenne	Néant
Grave-ciment 0/10	7	7	Bicouche 6/10 + 4/6	-	Moyenne	Néant
Grave non traitée de type B, 0/14	6	8	Bicouche 6/10 + 4/6	++	Perméable	Néant
Béton bitumineux coulé au soufre	7	9	Néant	-	Imperméable	Glaçage
Matériaux 20/40 + enrobé froid 4/6	5	9	Gravillonnage 4/6 puis monocouche 4/6 à 1 an	-	Très perméable	Désenrobage (avant enduit)
Enrobé froid 1/14	5	10	Gravillonnage 4/6 puis monocouche 4/6 à 1 an	=	Très perméable	Désenrobage (avant enduit)
Grave non traitée de type A 0/14	8	10	Bicouche 6/10 + 4/6	++	Perméable	Ressuage et nid de poule
Enrobé à froid 4/6	8	13	Gravillonnage 4/6 puis monocouche 4/6 à 3 mois	-	Très perméable	Plumage de l'enduit
Multicouche 10/14	7	13	Tricouche	-	Perméable	Plumage de l'enduit
Grave non traitée de type A, 0/30 + enrobé à froid 4/6	7	17	Gravillonnage 4/6 puis monocouche 4/6 à 3 mois	-	Très perméable	Plumage de l'enduit
Grave non traitée de type A, 0/30	10	20	Bicouche 6/10 + 4/6	=	Perméable	Ressuage de l'enduit
Matériaux 16/31	15	23	Tricouche	=	Perméable	Ressuage de l'enduit

Principaux renseignements

Les matériaux élaborés, tels que grave-émulsion, enrobé à chaud, grave-ciment, et dans une moindre mesure grave non traitée de type B (GRH) et enrobé à froid 1/14, ont eu un comportement meilleur que les matériaux peu élaborés, pourtant souvent utilisés en subdivision.

Certains, comme la grave-ciment 0/10 ou le béton maigre, ont montré qu'ils pouvaient être employés. Cependant, leur coût, la disponibilité et les sujétions de mise en œuvre n'incitent pas à les conseiller.

L'efficacité du compactage à la mise en œuvre doit être suffi-

sante, ce qui est parfois difficile à obtenir pour ce type de travaux.

La performance des matériaux, en reprofilage localisé, est d'autant meilleure que leur formulation est adaptée à cette nature de tâche d'entretien.

**Note
technique**

Emploi de graves-émulsion en reprofilage de chaussées

Jean-François LAFON
Section Techniques
hydrocarbonées
Laboratoire régional
des Ponts et Chaussées
de Toulouse

Le reprofilage est défini comme une technique d'entretien d'une chaussée consistant à améliorer son uni ou son profil. Pour les itinéraires à trafic moyen ou faible, il est souvent indissociable du déflachage, qui est la remise au profil de la surface d'une chaussée par des compléments de matériau approprié dans les affaissements localisés ou flaches. Implicitement, ces « corrections » de profil et d'uni mettent en exergue, par souci d'économie, les techniques susceptibles de bien fonctionner mécaniquement en épaisseur faible mais variable de 0 à 10 voire 15 centimètres.

En outre, sur ces chaussées, la couche de roulement est presque sys-

tématiquement un enduit superficiel d'usure. Les spécialistes, confortés maintenant par la norme performantielle NF P 98-160, s'accordent depuis longtemps sur le fait que la réussite d'un enduit est, entre autres, tributaire de l'homogénéité du support. Le traitement des surfaces par reprofilage et déflachage participent indubitablement à homogénéiser les surfaces par traitement des points bas ressuaux, lisses, « fermés ».

Parmi les techniques éprouvées pour satisfaire tous ces objectifs, la grave-émulsion s'est révélée être, depuis de nombreuses années dans la région du Sud-Ouest de la France, une technique durable et particulièrement adaptée au « passage à zéro ».

C'est ainsi que la norme NF P 98-121 prévoit, avec les graves-émulsion de type 1, une grave-émulsion dite de reprofilage. Aucune exigence au travers des essais habituels de laboratoire n'est spécifiée pour cette grave-émulsion, exceptée la tenue à l'eau de l'essai Duriez LPC. Cette grave-émulsion est définie par les éléments suivants :

- teneur en fines $\approx 7\%$
- passant à 2 mm $\approx 40\%$
- teneur en liant résiduel $\geq 4,2\%$
- tenue à l'eau $\tau/R \geq 0,55$

et correspond aux épaisseurs de mise en œuvre selon le calibre maximal des gravillons :

- de 0 à 8 cm pour la grave-émulsion 0/10
- de 0 à 12 cm pour la grave-émulsion 0/14

Le recours fréquent, dans certaines régions, en entretien des chaussées et en préparation du support, à ce type de grave-émulsion a permis de développer l'expérience, d'affiner les compositions, en relation avant tout avec les épaisseurs mises en œuvre. Le champ d'investigation est vaste puisque, dans certains départements, des campagnes annuelles oscillent entre 40 000 et 50 000 t, intéressant des trafics généralement faibles mais pouvant atteindre sur certains itinéraires le niveau T3, exceptionnellement T2. C'est ainsi que plusieurs variantes de formules ont été éprouvées, avec un recul supérieur à dix ans ; elles sont mentionnées dans le tableau I.

En fonction de la nature des granulats utilisés et de la saison d'application, les quatre derniers types de matériaux peuvent être élaborés à partir d'émulsion de bitume légèrement fluxé ou fluidifié (1 à 3 % d'huile de houille ou 2 à 5 % de bitume fluidifié 0/1, parfois plus).

TABLEAU I
Composition de matériaux traités à l'émulsion de bitume utilisés en reprofilage

Caractéristiques	Matériaux				
	Grave-émulsion Type 1 de la norme	Grave-émulsion Type 1 de la norme	Grave-émulsion Hors norme	Enrobé dense Hors norme	Enrobé dense Hors norme
Épaisseur de mise en œuvre	5 - 10 cm	0 - 5 cm	0 - 4 cm		
Granularité	0/14	0/14 - 0/10	0/6	0/10	0/6
Passant à 80 μ m	6 - 7 %	7 - 8 %	6 - 8 %	7 %	7 %
Passant à 2 mm	32 - 37 %	35 - 40 %	35 - 45 %	30 - 36 %	35 - 40 %
Teneur en liant résiduel	4,2 - 4,4 %	4,7 - 4,9 %	4,9 - 5,1 %	5,6 %	6,2 %
Domaine d'emploi	Reprofilage Rechargement	Reprofilage Déflachage	Préparation du support avant enduit	Réparation localisée - Régie subdivision	Réparation localisée - Régie subdivision

La mise en œuvre s'effectue généralement à la niveleuse, même si le finisseur peut être utilisé pour les plus fortes épaisseurs, ou le répandage manuel pour certains travaux de faible extension réalisés en régie.

Ces graves-émulsion, caractérisées par une teneur en liant relativement élevée, sont mises en œuvre sans couche d'accrochage. Les contrôles effectués par carottages révélant un parfait collage au support après le passage d'une saison chaude.

En revanche, lorsque la température en surface du support atteint ou dépasse 45 °C, il est souhaitable de procéder à une humidification par léger arrosage ; cette opération aide au collage et améliore la cohésion du fond de couche.

Lorsque les travaux sont effectués en bonne saison, et sauf cas particulier de cisaillement important par le trafic, ces défilages ne nécessitent pas de scellement de surface, et la couche de roulement définitive n'est mise en œuvre que plusieurs mois (ou années parfois) plus tard.

Même en très faibles épaisseurs, ces graves-émulsion doivent être énergiquement compactées. C'est ainsi qu'il est recommandé d'effectuer vingt à vingt-cinq passes de compacteur à pneumatiques ayant une charge par roue égale à 3 t avec une pression de gonflage de 0,7 MPa. Le compactage vibrant est inadapté et conduit à une fissuration ou à un glissement du matériau préjudiciable à sa tenue.



Les graves-bitume en reprofilage de chaussées

Patrick VAN GREVENYNGHE
Service Matériaux bitumineux
Laboratoire régional des Ponts et Chaussées
d'Aix-en-Provence

**Note
technique**

Pour les enrobés, les normes françaises n'identifient qu'un matériau conçu pour les reprofilages de chaussées, la grave-émulsion de type 1 de la norme NF P 98-121. Or, pour des raisons diverses - culture locale, prix de revient, proximité de centrales d'enrobage - de nombreux maîtres d'œuvre choisissent d'effectuer ces reprofilages en enrobés à chaud.

Bien souvent, lorsque la couche de roulement est prévue en enrobé à chaud, le reprofilage y est intégré, par économie. Cette pratique, qui peut paraître attrayante, est cependant source d'ennuis techniques et de gaspillage des ressources : ennuis techniques, car aucun matériau de couche de roulement n'est véritablement apte à être mis en œuvre en épaisseur très variable ; de plus, la mise en œuvre en une seule passe de finisseur ne fournit pas généralement l'amélioration d'uni escomptée sur des

supports très déformés ; gaspillage de ressources naturelles, car les granulats doivent avoir les caractéristiques requises pour les couches de roulement, ce qui exclut les calcaires, très abondants en France.

C'est la raison pour laquelle il semble intéressant de développer des enrobés à chaud adaptés au reprofilage des chaussées.

Le domaine d'emploi de cette technique couvre à la fois le domaine routier et le domaine aéroportuaire. Pour les routes, la technique est limitée aux chaussées à faible trafic (inférieur ou égal à T3).

Cette limite est grossièrement celle qui sépare les chaussées souples traditionnelles, sujettes à des déformations importantes, des chaussées correctement structurées sur lesquelles les besoins de reprofilage sont beaucoup moins impor-

tants. Elle correspond également à la frontière du risque d'ornièrage, mais aussi à celle du niveau de déflexion élevé. Ainsi, une chaussée qui serait soumise à un trafic élevé, serait très déformée et aurait évidemment pas dans le champ d'application de cette technique.

Comme le montrent les campagnes de mesure d'optimisation des quantités de reprofilage récemment lancées sur routes secondaires, le reprofilage des chaussées routières intéresse plutôt la restauration du profil en travers, ce qui génère des épaisseurs fortes de matériau de reprofilage dans les bandes de roulement.

Pour les pistes d'aéroport, la plupart des travaux d'entretien comprennent des travaux de reprofilage qui intègrent à la fois la restauration de l'uni longitudinal dans la partie centrale du profil en travers de la piste, et de l'uni transversal de toute la piste pour assurer l'évacuation de l'eau vers les dispositifs de drainage latéraux. Compte tenu des caractéristiques géométriques spécifiques de ces ouvrages (faible pente longitudinale, grande largeur), ils doivent être reprofilés avec des tolérances d'exécution très serrées. Les variations d'épaisseur peuvent être très importantes car l'uni longitudinal à restaurer intéresse pratiquement toujours les grandes

ondes (défauts de 11,3 à 45,2 m de longueur d'onde).

Enfin, que ce soit sur chaussées routières ou aéroportuaires, ces matériaux sont recouverts d'une couche de roulement qui peut être un enduit superficiel, un enrobé coulé à froid, ou un enrobé à chaud : béton bitumineux ultra-mince, très mince, mince, semi-grenu ou aéronautique, selon le cas.

La définition technologique du produit de reprofilage n'est que la conséquence des besoins définis ci-dessus ; ce matériau doit donc être à la fois :

- **souple**, pour admettre sur chaussées de fortes déflexions (sous faible trafic cependant),
- **à faible granularité**, pour une mise en œuvre en épaisseur la plus faible possible,
- **maniable**, pour permettre un compactage correct en faible épaisseur.

La destination du produit (pistes aéronautiques ou chaussées à faible trafic) fait qu'une bonne stabilité n'est pas indispensable, ce qui facilite alors la tâche du formulateur.

Le choix s'est naturellement porté vers une granularité 0/10 continue, analogue à celle d'un BBSG 0/10 ; le liant d'enrobage est volontairement choisi assez mou : bitume pur de classe 50/70 ou 70/100 ; le dosage en liant est tel que le module de richesse soit supérieur ou égal à 2,8.



Atelier de mise en œuvre. Au premier plan, on peut observer la variation importante de l'épaisseur répandue.

En fait, il s'agit d'une extension des graves-bitume de classe 3 de la norme NF P 98-138 à la granularité 0/10, par analogie avec ce qui existe pour les EME dans la norme NF P 98-140.

Le contenu de l'étude de performances en laboratoire est réduit puisque ce matériau n'a qu'un pouvoir de renforcement très limité à cause de sa faible épaisseur et de sa souplesse. L'étude ne contient donc que les essais PCG et Duriez à 18 °C ; pour des sollicitations et des mélanges faisant craindre l'orniérage - ce qui devrait rester rare - un essai d'orniérage peut être demandé.

Deux départements utilisent cette technique de façon systématique sur leur réseau routier : la Lozère, depuis 1994, et les Alpes de Haute-Provence, depuis 1998 ; le SSBA Sud-Est l'a également choisie pour les reprofilages sur la piste de la base aérienne de Salon-de-Provence réalisés en été 1999.

L'introduction de cette technique dans les marchés est assez simple : la qualité minimale des granulats, le module de richesse minimal et les performances minimales à obtenir lors de l'épreuve de formulation sont celles prévues pour les graves-bitume de classe 3 de la norme NF P 98-138. Le contenu de l'étude de performances a été vu ci-dessus.

Dans les deux départements utilisateurs, chaque entreprise applicatrice a réalisé une épreuve de formulation qui a conduit sans difficulté à l'obtention des performances requises ; on note simplement que l'usage d'une granularité 0/10 conduit souvent à un module de richesse nettement supérieur au minimum requis (2,8) pour obtenir une aptitude au compactage suffisante à l'essai PCG : les teneurs en liant retenues sont plutôt proches de 5 %.

La fabrication ne pose aucune sujétion. La mise en œuvre est effectuée le plus souvent au finisseur, parfois à la niveleuse et plus

rarement à la main ; le répandage est évidemment précédé d'une couche d'accrochage à l'émulsion cationique de bitume pur ; le dosage retenu est très classique, 300 à 400 g/m² de bitume résiduel.

Le compactage s'effectue avec un rouleau tandem vibrant VT0 ou VT1 de faible encombrement (largeur inférieure ou égale à 1,6 m) ; le compactage au pneu n'est pas utilisé car les zones de mise en œuvre sont souvent ponctuelles et l'usage d'un rouleau à pneus poserait de nombreux problèmes (collage, transfert, encombrement sur routes de faible largeur).

Depuis 1994, de très nombreux chantiers ont été suivis au titre du contrôle extérieur ; l'épaisseur mesurée par carottage varie de 2 à 10 cm pour une mise en œuvre au finisseur ; les pourcentages de vides, mesurés sur carottes, varient de 4 à 11 %, avec des moyennes par chantier proches de 6 % ; les épaisseurs les plus faibles conduisent évidemment aux pourcentages de vides les plus élevés, ce qui signifie que localement se trouve, par exemple, un matériau en 2 cm d'épaisseur et à 11 % de vides. Malgré cela, et en dépit du climat rude, le comportement des chantiers est globalement bon, sous réserve qu'ils soient revêtus avant l'hiver qui suit leur réalisation.

