

LE RETRAITEMENT A FROID
DES CHAUSSÉES A
L'ÉMULSION DE BITUME

Safir - GTR

INTRODUCTION

Les corps de chaussée sont constituées d'une masse importante de matériaux dont la mise en place à l'origine était coûteuse (transport, mise en oeuvre, etc.....).

Il est possible grâce à la technique de recyclage en place de leur donner une meilleure stabilité par l'adjonction d'une émulsion appropriée de bitume.

Le retraitement en place est une technique très ancienne, et l'on conçoit aisément, comme dans de nombreux autres domaines, qu'il ait été toujours tentant pour l'ingénieur routier, de réutiliser, de renover, et de revaloriser des matériaux en place, donnant des signes de fatigue structurelle ou de surface. Les premiers retraitements ont été faits il y a bien plus d'un demi siècle, par utilisation de ciment, de chaux ou de fines calcaires ou d'émulsion de bitume.

La conception des émulsions d'enrobage, la maîtrise de leur rupture, la coalescence des mélanges et la technique de fabrication ont fait des progrès suffisants pour relancer la technique de retraitement à froid à l'émulsion.

A l'heure actuelle, cette technique connaît un intéressant développement en France et aux Etats Unis. Les raisons de cette essor résident dans :

L'apparition de matériel nouveau à haut rendement

Le caractère économique du procédé :

- pas d'évacuation des anciens matériaux
- économie de matériaux neufs
- économie de frais de transport
- économie des matières premières
- absence de nuisances polluantes.

DÉFINITION

Le retraitement des chaussée à froid consiste à recycler tout ou partie d'une chaussée avec de l'émulsion de bitume, régénérante ou non, avec ou sans apport complémentaire de granulats.

L'objectif de cette opération, est l'obtention de l'imperméabilité et d'une plus grande résistance aux efforts tangentiels dûs au trafic, bien entendu par rapport aux matériaux non traités.

LES DIFFÉRENTES CLASSES DE TRAITEMENT

1 - EXPÉRIENCE ESPAGNOLE

En Espagne, la technique de retraitement des chaussées à Émulsion est de plus en plus employée, notamment dans le cas des matériaux locaux et/ou marginaux, qui ne répondent pas aux spécifications relatives à la grave-émulsion, mais qui, convenablement analysés et employés, peuvent constituer différents types de couches. Les expérimentations dans ce sens sont assez concluantes.

En 1993, il a été procédé à l'analyse de 92 types différents de granulats parmi lesquels, on peut citer :

- Tout-venant provenant des carrières
- Matériaux provenant des afouillements de montagnes
- Déchets de l'industrie minière et laitière de haut fourneaux
- Laitiers volcaniques et roches météorisées, par exemple, granites

Dans chaque cas, le schéma suivi du travail était le suivant :

Analyse des conditions propres du chantier :

- Trafic
- Géométrie de la route
- Climatologie de la zone
- Structure projetée
- Disponibilité et coût des matériaux granulaires

Analyse technique des alternatives existantes en matériaux type grave-émulsion :

- Étude économique préalable
- Étude de la composition du produit pour les différents matériaux alternatifs

- Etude technico-économique complète
- Mise à point des équipes de travail et du contrôle de qualité de la mise en oeuvre.

Il y a lieu de faire une première étude économique, avec les différents matériaux disponibles en tenant compte des facteurs suivants :

- La rareté et le coût des matériaux granulaires de bonne qualité
- La distance de transport des centres de production des enrobés à chaud, etc.....

En deuxième lieu, l'étude relative à la qualité des produits :

- Granulométrie
- qualité des fines : E.S, I.P, V.B
- caractéristiques mécaniques : Wopm et (dmax.).

A partir des caractéristiques, des matériaux bruts, il a été effectué une étude des matériaux traités à l'émulsion et à chaque fois on tâchera de déterminer :

- La résistance à la compression R_s (25°C) sur éprouvettes séchées.
- La résistance après immersion 4 jours dans l'eau à 49°C
- Le rapport RH/RS entre les deux

(VLT-162/73) pour différents pourcentages d'émulsion 3, 4, 5 et 6%.

Résultats des essais

Une classification des différents cas analysés a été faite sur la base des résultats de l'essai immersion/compression.

Type C : R_s (12KN, RH (10KN RH/S (15%

Type B : R_s (7.5KN, RH (5KN, RH/S (50%

Type A : RH (5KN

Le type C dont les caractéristiques sont proches de celles d'un enrobés à chaud, sont obtenus seulement en 1.5 cas. Tout ceux-ci, sont des matériaux du type tout-venant concassé provenant des carrières calcaires, avec les caractéristiques suivantes :

- Granularité : 0/20, 0/25 ou 0/40
- Fraction fine ((2.5mm) : $22 \pm 40\%$
- Filler ((0.08mm) : $2.5 \pm 8\%$
- IP : non plastique
- Equivalent de sable : (50%

Le pourcentage d'émulsion est inférieur $\pm 5.5\%$ et en moyenne de 4.5%

Le type B sont les cas similaires à la grave-émulsion. Pour les 92 échantillons analysés, 42 répondent aux critères de la classe B, en plus de 15 de la classe C.

Les caractéristiques de ces matériaux sont :

- Granularité : 0/20 , 0/25, 0/40 ou 0/50
- Fraction fine (passant à 2.5mm) : 19 à 58%
- Filler : (passant à 0.08mm) : 2 à 15%
- Plasticité : IP (5
- Equivalent de sable : ES (28

Le pourcentage d'émulsion est assez variable de 3 à 6%

Les échantillons qui répondent aux critères de la classe A sont de 20

- Granularité : 0/10 à 0/80mm
- Fraction fine (passant à 2.5 mm) : 9 à 60%
- Filler (passant à 0.08mm) : 1 à 22%
- Plasticité : (10%
- Equivalent de sable : ES (17%

Enfin 15 cas sont restés sans possibilité de traitement.

La conclusion qui ressort de l'expérience Espagnole, est que :

a - L'emploi des matériaux granulaires locaux et/ou marginaux traités avec de faibles pourcentages d'émulsion qui va être utilisée et qui doit garantir une stabilité suffisante du matériaux et un mûrissement rapide après la mise en oeuvre.

b- La caractérisation des matériaux doit être simple et rapide. L'analyse granulométrique et de la qualité des fines doit être l'indicateur de taille pour amorcer l'étude en profondeur l'essai immersion/Compression permet de faire une évaluation correcte des matériaux traités du point de vue comportement mécanique.

2 - LES DIFFÉRENTS TYPES DE CLASSE DE RETRAITEMENT

On connaît que la conception, l'étude et la réalisation du retraitement seront fonction des caractéristiques globales des matériaux à recycler (composition minérale, qualité des granulats et des fines, teneur en bitume, etc..) du site (conditions climatiques, géométrie du tracé et de la route) et du trafic (Intensité, agressivité).

En fonction des différents critères évoqués ci-dessus, il existe trois types de classes de retraitement.

Classe I _____

Elle concerne les itinéraires caractérisés par une grande variation des compositions des épaisseurs et des qualités des matériaux constitutifs de la chaussée à traiter. Généralement, ces chaussées supportent des trafics faibles. La faible couche régénérée deviendra une couche de base de caractéristiques mécaniques améliorées.

Nous incluons dans cette classe la grande majorité des retraitements de chaussées en matériaux non traités revêtues par de faibles épaisseurs de mélanges bitumineux (maximum 3 à 4 cm d'enduits superposés).

l'émulsion de traitement sera à base de bitume routier mou 180/220 ou 80/100. En fonction du trafic, la couche superficielle sera un enduit ou un enrobés mince et la profondeur de retraitement sera le plus souvent comprise entre 10 et 15 cm

Classe II _____

Elle est caractérisée par une moindre variabilité des qualités des matériaux en place, mais on ne traite pas uniquement des matériaux hydrocarbonés .

Ce sera, par exemple, le cas de retraitement d'une couche enrobés bitumineux minces ou épais (4 à 8 cm) sur chaussée souple ou semi-rigide (couche de base traitée aux liants hydrauliques). On espère pouvoir trouver une formule de retraitement adaptée, et en fonction du résultat on aura une couche de base ou de roulement, après scellement et enduit superficiel. Dans le cas contraire, et si le retraitement s'avère toujours intéressant, on sera amenés à enlever préalablement la couche de roulement par fraisage et à traiter séparément les deux types de matériaux (couche de base en place d'abord et enrobés, fraisés ensuite).

Dans le cas favorable de recyclage en une seule phase, on traitera sur une épaisseur variant de 5 à 12 cm ou même plus, mais en maintenant la proportion de matériaux noirs à au moins 75% afin d'obtenir un mélange de caractéristique satisfaisante sans excès de liant d'apport. La dimension maximale du fraisat sera de 50mm (30mm paraît une bonne valeur).

l'émulsion sera à base de bitume mou routier 180/220 ou de bitume régénérant, et on aura intérêt de traiter avec un atelier in situ pour que le délai entre le malaxage et la mise en oeuvre soit réduit au maximum.

Classe III

Dans cette classe, la chaussée est bien structurée. Les matériaux sont uniformes en caractéristiques, composition (matériaux hydrocarbonés en totalité) et épaisseur, et on fait l'objet d'un contrôle correct lors de leur fabrication/mise en oeuvre.

En principe, on n'aura pas trop de problème pour trouver une formule de retraitement, et la couche régénérée sera, en fonction du trafic, une base ou une couche de roulement après scellement de surface ou enduit. On pourra, en effet, le plus souvent différer la réalisation de la couche de roulement définitive en béton bitumineux.

Pour cette classe, l'émulsion sera à base de bitume à effet régénérant (composition et caractéristiques spécifiques à l'entreprise), et les trafics pourront être très élevés? Notre expérience née de cinq à six ans de recul montre un excellent comportement même pour un trafic T1 fort.

L'épaisseur de retraitement sera toujours supérieur à l'épaisseur de la couche de surface ancienne pour traiter les problèmes d'interface ; elle sera de l'ordre de 7 à 12 cm, ou même plus.

DOMAINE D'EMPLOI

Classe I

Le retraitement à l'émulsion permet de corriger des structures présentant des dommages sérieux.

Le traitement aura pour conséquence l'amélioration des caractéristiques mécaniques et géométriques de chaussée fatiguées, déformées, de structure existante très endommagés mais pour lesquelles il n'y a pas de problème de portance du sol support (le traitement décohesionne le corps de chaussée et ceci peut ne pas être bénéfique si celui-ci s'est consolidé sous l'effet du trafic). Le retraitement n'est pas techniquement valable que si le matériau en place présente un granularité potentiellement valorisable par l'ajout d'émulsion et s'il est totalement exempt de fines argileuses, d'où l'intérêt, comme nous le verrons plus loin, d'une étude préalable de faisabilité très poussée et très complète.

Ces limites font que le domaine d'emploi est relativement restreint, mais le procédé est intéressant et fait régulièrement l'objet d'applications, souvent ponctuelles, surtout en traverses d'agglomérations, à condition que les regards et bouches à clefs ne soient pas trop nombreux.

Classe II et III

Pour ces cas de figure, le retraitement à l'émulsion permet :

- de traiter une couche bitumineuse dont la fissuration due au vieillissement ou aux contraintes techniques est trop importante ou avancée pour être traitée par simple apport d'une couche de roulement (cas très fréquent sur nos chaussées ;
- de traiter un enrobés fissurée à cause de son décollement de la couche sous-jacente avec ou sans altération de la partie supérieure de cette couche ;

- de s'affranchir des problème de niveau dans le cas où il est impossible de recharger.

Bien sûr, cette technique est d'autant plus intéressante qu'elle réduit le nombre de voies à traiter (par exemple, voie lente uniquement).

Les avantages et les limites de la technique de retraitement à l'émulsion sont ceux des techniques de retraitement en place, à savoir :

- Utilisation des matériaux en place, d'où économie de liant, de granulats et de transport ; moindre fatigue du réseau adjacent pour la circulation des matériaux et exploitation sous trafic plus aisée ;
- Amélioration de l'uni longitudinal, du profil transversal et de l'omogénéité transversale de la chaussée, avec effet favorable de réduction des surcharges dynamiques du trafic lourd ;
- Réduction ou suppression de la surlargeur de plate-forme qu'entraîne un rehaussement du profil ;
- Réduction du rehaussement des accotements , des accès, des seuils, des bordures ;
- Pollution très réduite : matériaux à froid, pas de centrale d'enrobage sur aire de stockage ;
- Limite liée à la faisabilité, pas toujours possible en définitive ;
- Étude préalable indispensable et généralement très lourde, c'est-à-dire longue et coûteuse ;
- Qualité des matériaux traités au mieux égale, a priori, à celle des matériaux traités en centrale, mais compensation appréciable amenée par le fait que, dans le cas général de traitement in situ, l'enrobage est très rapidement suivi du répandage, et notre expérience des matériaux traités à l'émulsion permet d'affirmer que ce fait est primordial et d'effet très favorable ;
- Protection contre le gel plus faible que celle obtenue par apport de matériaux.

PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

Elle consiste à :

1 - fraiser à froid, sur l'épaisseur choisie, la partie de chaussée à traiter et à obtenir un fraisat de Granularité maximale 0/25mm en calssse II et II et 0/30 en classe I.

2 - Ajouter de l'eau à ce fraisat pour permettre la dispersion homogène du liant, puis à mélanger le tout. cette phase peut être intégrée à la machine de fraisage, réalisée entre le fraisage et le répandage (cas de petits chantiers de classe I) ou enfin être associée au matériel de répandage.

On peut également réaliser une correction granulométrique en répandant préalablement sur la chaussée à recycler les granulats jugés nécessaires en Granularité et dosage. Pour des raisons de coût et pour se maintenir dans le domaine du recyclage, cet apport n'excédera pas 50%. Pour des problèmes d'enrobage, homogénéité de dispersion et de teneur en liant, cette correction ne pourra s'effectuer que pour les chantiers de classe I ou de classe III, sous réserve, dans ce cas, de limiter l'ajout à 25% au plus pour se ramener à un problème de classe II.

3 - Répandre le matériau à l'aide d'un finisseur traditionnel ou mieux à haut pouvoir de compactage, ou d'une machine assurant en même temps la fabrication du mélange (type Motor-Paver). L'alimentation de la machine de répandage (que ce soit en fraisat ou en matériaux retraités) est réalisée à l'aide d'un élévateur de cordon.

La mise en oeuvre à la niveleuse ne sera tolérée que sur les chantiers de classe I et de très faible trafic.

4 - Réaliser, dans la majorité des cas, un scellement de surface à l'aide d'une émulsion gravillonnée (2/4, 4/6 ou 2/6). Ce scellement pourra ne pas être réalisé sans cohésion immédiate de surface du retraitement est suffisante, si l'on travaille en saison chaude et surtout s'il n'y a pas de risque de fortes pluies dans les heures qui suivent la mise en oeuvre, donc avant que la circulation n'ait eu le temps d'effectuer le « serrage » superficiel. L'absence de l'enduit de scellement est très bénéfique au « mûrissement » de la couche, mais il faut garder présent à l'esprit que la pluie, dans les premières heures,

peut avoir des effets catastrophiques se traduisant par des arrachements superficiels ou profonds.

5 - Réaliser le plus tard possible la couche de roulement (enduit ou enrobés) pour laisser le temps au produit retraité de «mûrir» au maximum. En fonction de notre expérience, on peut préciser qu'un décalage de deux à trois semaines minimum est impératif. Généralement, ce délai est d'au moins quatre semaines, ce qui est une raison supplémentaire pour effectuer les travaux de retraitement à l'émulsion en bone saison. Dans le cas de couche de roulement en enrobés à chaud, on choisira des formules de type «souple».

Principe de fonctionnement du procédé

Essais sur le terrain et en laboratoire Détermination de la formule

Comme pour toutes les techniques routières , mais avec une nécessité encore plus impérieuse, le retraitement à l'émulsion nécessite un solide étude préalable pour l'établissement de la formule à mettre en oeuvre sur chantier.

Les chaussées dont le retraitement est envisagé sont souvent relativement anciennes et hétérogènes, il faut donc effectuer un nombre de sondage suffisant pour :

- Connaître avec précision la constitution et l'épaisseur des différentes couches.
- Obtenir une quantité suffisante d'échantillons représentatifs.

Les sondages seront implantés de manière à balayer les profils en long et en travers. Leur nombre, pour une section supposée homogène, sera au minimum de :

- 1 tous les 100 mètres pour les sites de classe I ;
- 1 tous les 200 mètres pour les sites de classe II ;
- 1 tous les 400 mètres pour les sites de classe III.

Diagramme d'une étude de retraitement en place de chaussée

Diagramme 13/228 du bordereau/Emulsion

1 - CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX PRÉLEVÉS

Cette phase de l'étude, réalisée en laboratoire, doit aboutir à la décision ou au rejet de faisabilité du retraitement.

On doit déterminer en premier lieu sur les échantillons prélevés.

Classe I _____

Granularité, nature et qualité du matériau ;
qualité des fines : nature et propreté.

Le retraitement ne sera envisageable que si la couche à traiter est, par sections suffisamment importantes, homogène en épaisseur et en qualité et si la nature et la qualité des matériaux les rendent assimilables à ceux utilisés en technique grave-émulsion. Le liant de base d'ajout sera de grade 80/100 ou 180/220 en fonction du trafic, du rôle de la couche et de la situation climatique du chantier.

Le seul paramètre sur lequel on puisse envisager d'avoir une action correctrice est la Granularité.

Si le diagnostic est favorable, on doit s'assurer que les perturbations apportées par le fraisage à la cohésion de la chaussée existante conduisent à un «fond de forme» de portance suffisante pour pouvoir réaliser une mise en oeuvre du retraitement compatible avec les exigences de compacité déduites de l'étude de formulation proprement dite.

Classes II et III _____

Pour les enrobés de surface à traiter, après désenrobage du fraisat et des carottes, on détermine la Granularité des matériaux, la teneur en liant, sa pénétrabilité, son point de ramollissement et éventuellement sa teneur en asphaltène et sa viscosité à 60°C.

Pour les matériaux de la couche sous-jacente, on effectue les déterminations correspondant à la classe I dans le cas de grave non traitée ou hydraulique, et aux classes II et III dans le cas de grave-bitume ou de bÉton bitumineux.

Les informations recueillies après les essais ci-dessus permettent de :

- S'assurer que le retraitement est possible en vérifiant en particulier :
 - l'épaisseur des couches en place, en déterminant par calcul les caractéristiques du «fraisat moyen» (X% de fraisat de couche superficielle et Y% de couche sous-jacente) et en s'assurant que l'opération de fraisage, sur l'épaisseur moyenne envisagée, n'affaiblira pas trop l'épaisseur de la couche sous-jacente ;
 - l'homogénéité de l'enrobé ;
 - que le liant ne soit pas exagérément dur: pénétrabilité moyenne (15, pas de valeurs inférieures à 10 et TBA moyenne (75° (sans jamais dépasser 80°C) ;
 - que la teneur en liant n'est pas trop élevée, surtout si l'on veut ramollir le liant par ajout d'émulsion régénérante en cas de liant trop dur.
- Déterminer les caractéristiques du liant d'ajout.

En général, il s'agit en classes II et III de ramollir le liant existant. Pour cela, on utilisera une émulsion régénérante (souvent émulsion de liant automatique de pénétrabilité 200 à 400). Le grade du liant et son dosage seront fixés en fonction de la dureté du liant initial, du dosage de ce dernier et du rôle que l'on veut faire jouer à l'enrobé retraité (assise, liaison, roulement). Il est souhaitable que ce dosage ne soit pas inférieur à 1% pour pouvoir être dosé avec une régularité suffisante ; en général, on le situera aux environs de 2% d'émulsion.

L (ou les) planche(s) de fraisage réalisé(s) avec un matériel d'efficacité comparable à celui envisagé pour les travaux, doit (doivent) confirmer que la granulométrie du fraisat, sa dimension maximale et sa teneur en eau sont peu fluctuantes, au moins à l'intérieur d'une zone qualifiée d'homogène.

2 - FORMULATION DU MÉLANGE

Cette partie de l'étude est effectuée sur les matériaux de chacune des zones définies plus haut comme homogènes. Il s'agit de sélectionner l'ossature minérale et de déterminer les caractéristiques et le dosage de l'émulsion, le taux d'eau d'ajout, qui permettent une bonne répartition du liant ; comme pour les enrobés à froid, on procède par test d'enrobage.

Il ne faut pas perdre de vue que le but de l'opération de retraitement est d'obtenir une couche présentant des caractéristiques mécaniques homogènes et supérieures à celles de l'ancienne chaussée et dont les profils transversaux et longitudinaux sont bons.

Pour obtenir ces résultats, on doit :

1 - Pour le cas de la classe I, sélectionner un squelette de composition voisine de celui d'une grave-émulsion, c'est-à-dire propre et bien gradué (D maximum d'environ 30mm). On pourra, bien sûr, procéder à des ajouts granulaires.

En classe II et III, l'expérience a montré que le squelette minéral issu du fraisage est toujours acceptable sous réserve d'un D(25mm).

2 - Formuler une émulsion de bitume compatible avec la nature et la granulométrie des matériaux à retraiter, comme pour les graves-émulsion ou les enrobés denses à l'émulsion, dont la stabilité permet avant rupture une répartition aussi complète que possible du bitume résiduel au sein du fraisat. On dispose de deux degrés de liberté : teneur et nature de l'émulsifiant et teneur en eau totale (eau provenant des matériaux après fraisage et eau d'ajout).

Avec la ou les émulsions retenues après test d'enrobage-malaxage, on procédera à la sélection du meilleur squelette minéral, des teneurs en liant et eau totale qui ont toute chance (encore l'expérience !) de conduire au mélange le plus performant vis-à-vis des essais classiques de caractérisation des mélanges hydrocarbonés à froid.

REMARQUE

Il faut noter qu'en classe O, il est difficile, a priori, d'appréhender le rôle joué par le bitume présent dans la partie superficielle de la couche à traiter (superposition de plusieurs enduits superficiels en général).

Le fractionnement de cette couche de roulement ancienne est le plus souvent grossier, ce qui conduit à comptabiliser le vieux bitume, davantage dans la fraction minérale que dans la partie liant proprement dite.

3 - DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-MÉCANIQUES

La détermination des optima de dosage en émulsion et de teneurs en eau totale se fait par :

- L'essai Duriez LCPC à 18°C, après mûrissement de sept jours, pour connaître la compacité, la résistance en compression, la tenue à l'eau I/C et éventuellement le comportement à la traction par fendage ; à ce propos, il serait intéressant de mettre au point un essai spécifique avec conservation à 60°C d'éprouvettes en étuve ventilée dans le but de réduire le temps de réponse de telles études ;

- L'étude à la Presse à Cisaillement Giratoire (PCG) permettant de prévoir l'ordre de grandeur de la compacité en place et d'ajuster les teneurs en eau totale et en liant pour obtenir, avec un compactage sur chantier réaliste, une compacité en place intermédiaire entre une grave-émulsion (82%) et une grave-bitume ((88%).

On peut utilement compléter les données en réalisant un essai d'ornièrage à 50° ou 60°C après mûrissement des plaques d'au moins soixante-dix jours.

Comme pour les graves-émulsion et les enrobés denses, en raison du comportement particulier de ces mélanges et de l'évolution de leurs caractéristiques dans le temps, on peut préciser que ces essais sont encore mal calés et que l'essai PCG, en particulier, amène des résultats pessimistes par rapport au comportement réel sur chantier.

Nous pouvons cependant mentionner, suite aux études effectuées à ce jour dans notre laboratoire, les fourchettes de résultats obtenus aux divers essais mentionnés plus haut. Dans le cadre d'action de recherche, nous avons pu faire varier les divers paramètres dans des fourchettes étendues, ce qui rend plus fiables les résultats communiqués.