

TECHNIQUES INNOVANTES D'ENROBES EN INFRASTRUCTURES ROUTIERE

Par Guy Ranger/ P.R.Industrie Maroc

PREAMBULE

Une technique innovante a permis , par l'ajout d'additifs particuliers, de fabriquer des enrobés spécifiques éprouvés, agréés et mis en œuvre dans de nombreux pays, y compris le Maroc, afin de répondre aux exigences des applications des enrobés et revêtements dans les domaines ; autoroutier, routier, de voirie urbaine, portuaire, aéroportuaire (pistes – aires de stationnement anti-kérosène dans la masse), ferroviaire , ouvrages d'art, industriel, complexes administratifs et urbains, aires de repos et de service autoroutières.

Ces additifs au comportement spécial permettent une amélioration considérable des caractéristiques et performances des enrobés avec,dans le cadre de certaines applications,l'obtention de modules très élevés.

Ils sont compatibles avec tous les grades de bitume et, par ailleurs, ces additifs peuvent palier certaines carences du bitume utilisé.

Ce procédé nouveau intéresse les ouvrages neufs, l'entretien, la rénovation et augmente énormément la durée de service diminuant ainsi le séquençement de l'entretien très coûteux.

I - ADDITIFS SPECIFIQUES DESTINES A L'AMELIORATION DES CARACTERISTIQUES DES ENROBES BITUMINEUX

1 - Additif pour enrobé bitumineux

C'est un polymère particulier d'une granulométrie de 0/4 mm introduit lors du malaxage, sur les granulats chauds avant enrobage en centrale d'enrobage , et conditionné en bige – bag pour les centrales en continue avec une introduction, par l'intermédiaire d'un doseur et en sacs thermo fusibles prédosés pour les centrales discontinues.

Cet additif dénommé PR PLAST S offre, au niveau de l'enrobé, un triple effet de renforcement :

- A - Un effet de liant obtenu par dissolution d'une certaine partie du polymère offrant notamment un abaissement de la pénétrabilité, une augmentation de la température bille et anneau, un abaissement de la susceptibilité thermique.
- B - Un effet d'armature initié par des fibres plastiques présentes en créant des pont à l'intérieur du squelette granulométrique.
- C - Un effet bloquant dû aux particules ramollies provisoirement lors de la mise en œuvre et qui seront ainsi thermoformées lors du compactage en remplissant les vides du squelette granulométrique. L'ensemble de ces trois effet permet à l'enrobé ainsi amélioré d'obtenir une amélioration importante des performances des chaussées et de leur durée de service.

Dans le cadre du domaine routier traditionnel le taux d'ajout est généralement compris entre 4 et 6 kg par tonne d'enrobé ou plus précisément par tonne de granulats secs et la température de fabrication comprise entre 170°C et 180°C maximum.

+ bige bag pour l'utilisation en centrale continue avec une introduction, par L'intermédiaire d'un doseur et en sacs thermo fusibles prédosés pour les centrales discontinues.

1.1 Caractéristiques principales :

Caractéristique	unité	Valeurs type
Densité	g/cm3	0.910-0.965
Point de fusion	°C	140-150
granulométrie	Mm	4
charge	%	Inférieur à 5%
plastomères	%	Supérieur à 95%

1.2- Principaux avantages

- résistance élevée au fluage.
- amélioration considérable de la tenue à la fatigue de l'enrobé.
- résistance très élevée à l'orniérage de l'enrobé notamment à haute température.
- amélioration de la souplesse et de la cohésion de l'enrobé.
- diminution de l'épaisseur de la couche de roulement d'environ 25%.
- diminution de l'épaisseur des GNF (sans ajout d'additif) d'environ 25% lors de la mise en œuvre de cet additif dans les couches d'enrobé (CR-BB-GB) et dans certaines configurations suppression de la CF (couche de forme).
- souplesse d'utilisation et de fabrication .
- conditionnement en big - bag pour les centrales continues.
- utilisable avec tous les grades de bitume.
- conditionnement en sacs thermofusibles prédosés pour les centrales discontinues dont le poids unitaire est fonction de celui des gâchées.
- procédé sans aucune perte.
- facilité remarquable de dosage.
- durée de stockage illimitée.
- pas besoin de qualification particulière du personnel pour la conduite en centrale et l'application.
- insensibilité aux écarts de températures diurnes, nocturnes, saisonnières.
- impact sécuritaire important pour le trafic en toutes conditions climatiques et d'utilisation.
- gain économique.

1.3 - Domaines d'applications

- autoroutes, routes à fort trafic.

- circulation agressive.
- carrefours et giratoires.
- voirie urbaine –voies de bus.
- pistes des aéroports *.
- sols industriels et zones portuaires.
- aires de stockage des containers.
- régénération de voies à circulation lourde.

* Cet additif est très utilisé pour les pistes d'aéroport où il est réputé pour répondre efficacement aux sollicitations dynamiques et statiques, offrir une sécurité importante intégrant tous les effets climatiques, accorder une souplesse de réception à l'atterrissage, permettre une stabilité au freinage, être insensible aux effets thermiques du décollage.

Remarque 1 : Au MAROC , à l'initiative et sous la responsabilité du CNER il a été réalisé les 08 et 09 -11 -2001 une planche d'essai qui est suivi régulièrement et à donné satisfaction.

Remarque 2 : Une étude a été réalisée pour la section autoroutière Asilah – Tanger Proposant les gains d'épaisseur de structure.associé à un impact économique.(objet du chapitre 2).

Remarque 3 : Une étude identique avait été effectuée pour les sections de l'ouvrage Settat – Marrakech.

Remarque 4 : A nos nombreuses références de l'Union Européenne élargie, du continent africain, de la Guyane, de l'Océanie, de la Turquie auxquels s'ajoute l'important marché de la Chine pour ne citer que les principales.



Présentation du PR PLAST S



Application PR PLAST S sur voie lente autoroute

2 - Additif haut module pour enrobés bitumineux

En regard de la présentation de « l'additif pour enrobé bitumineux » en 1.1 cet additif momenclaturé PR PLAST MODULE permet d'obtenir des modules complexes élevés atteignant 17 000 M Pa voire supérieur.

Ce polymère de couleur noir, d'une granulométrie de 5 mm est mis en œuvre à l'identique de « l'additif pour enrobé bitumineux » et est également disponibilité en big-bag pour centrales continues ou en sacs thermofusibles prédosés pour les centrales discontinues.

Le taux d'ajout est généralement compris entre 5 et 8 kg par tonne d'enrobé ou plus précisément par tonne de granulats secs et, il est injecté dans le malaxeur des postes d'enrobage.

La température de fabrication est de 180 °C.

2.1 - Caractéristiques principales

Caractéristique	Unité	Valeurs type
Densité	g/cm ³	0.930-0.965
Point de fusion	°C	175- °C
Granulométrie	mm	0/5

2.2- Résultats Module Complexe- Fatigue

Grade bitume	50/70	35/50	50/70	35/50
% bitume	4.4	4.4	5.9	5.9
PR PLAST Module	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%
Module de	2.7	2.7	3.6	3.6
Teneur en vides	7%	7%	3%	3%
Module complexe	12 930	17 000	12 500	16 000
Fatigue 15°C-10 Hz	112.10(-6)	105.10(-6)	140.10(-6)	135.10(-6)
Nom /classe		EME Classe 1	BBME Classe 3	EME Classe 2

2.3 - Principaux avantages

En plus de ceux présentés intéressant « l'additif pour enrobés bitumineux – PR PLAST S » et en regard des deux tableaux précédents :

- la fabrication des enrobés hauts modules avec des bitumes classiques
- la réduction d'épaisseur de 20 à 30%
- la possibilité d'un mélange PR PLAST S et PR PLAST MODULE pour certaines applications
- en rappel, la réduction du coût.

2.4 - Domaines d'applications

- couche de roulement BBME (bitume 50/70)
- couche de base EME – BBME (bitume 35/50 ou 50/70)
- couche de fondation EME – BBME (bitume 35/50 ou 50/70)



Présentation du produit



PR ELAST MODULE A40 ANNECY



PR PLAST MODULE A 40 ANNECY

3 - Additif Anti-kérosène

Devant les solutions classiques dont la couche anti-kérosène appliquée sur la surface de l'enrobé ou d'un revêtement subit rapidement des dégradations mécaniques ou de charges statiques, le procédé proposé élimine ces risques et permet d'obtenir un revêtement anti-kérosène dans la masse très performant associé à une durée de service élevée.

Cet anti-kérosène de nouvelle génération, le PR PLAST AK est fabriqué au niveau de la centrale d'enrobage continue ou discontinue à l'image des deux précédents additifs , c'est – à- dire directement au malaxage des enrobés .

Il est également conditionné en big-bag pour les postes continus et en sacs thermofusibles prédosés pour les postes discontinus.

Cet anti-kérosène dans la masse dont la technique d'application est identique à celle d'un enrobé conventionnel entre dans une fabrication acceptant tous les grades de bitume et permet, par ailleurs, de corriger les aléas d'une fourniture en bitume.

L'intérêt de cet additif , autre ses performances concerne sa facilité d'application et de fabrication auquel il faut ajouter le faible temps d'indisponibilité de la zone traitée.

3.1- Caractéristiques principales

Caractéristiques	unité	Valeurs type
Densité	g/cm3	0.910-0.965
Point de fusion	°C	140-150
Granulométrie	mm	0-2
Charges	%	Inférieur à 5%
Plastomères	%	Supérieur à 95%

Dosages : Le taux d'ajout de l'additif est généralement compris entre 10 et 12 kg par tonne d'enrobé ou plus précisément de granulats secs. Afin de conserver une bonne maniabilité de l'enrobé il est conseillé d'enrichir la formule de l'enrobé bitumineux de 0.5% de bitume supplémentaire. La température de fabrication doit être de 180 °C.

3.2 - Principaux avantages

- supprime l'utilisation des dérivés carbochimiques (brais de houille) étiquettes R . reconnus dangereux.
- répond aux exigences des Béton Bitumineux à Module Elevé de classe 3.
- amélioration importante de la résistance à l'orniérage, au poinçonnage.
- amélioration de la tenue à la fatigue.

- ne nécessite pas l'application supplémentaire d'un revêtement de surface.
- dosage aisé et procédé sans perte.
- diminution de l'épaisseur de l'enrobé anti-kérosène dans la masse de 20 à 25%.
- intérêt économique de ce procédé.

3.3 - Domaines d'application

- aires de stationnement des aéroports.
- aires sensibles en raffinerie.
- stations service.
- stationnement poids lourds.
- parking
- dépotage et chargement de produits pétrochimiques..

Remarque 1 : Au MAROC, aires de stationnement de l'aéroport d'AL HOCEIMA.

Remarque 2 : Ce procédé d'obtention l'enrobé anti-kérosène dans la masse est une technologie nouvelle très utilisée dans de nombreux pays..



Présentation du produit AK





Mise en œuvre de l'anti-kérosène dans la masse

4 - Mélange maître pour les enrobés

Cet additif – le PR FLEX 20- est un mélange d'élastomère et de polymère thermoplastiques prédisagés dans un bitume spécial permettant de les rendre compatibles entre eux.

Il s'agit donc d'un bitume modifié concentré en granulé employé directement à la fabrication des enrobés.

Cette technologie nouvelle intègre deux aspects structurels :

- les polymères qui possèdent normalement un temps de gonflement important sont ici prédisagés au cours de la fabrication de la solution mère et peuvent ainsi passer par un temps très court de malaxage.
- Le malaxeur combiné à l'agrégat chaud constitue un mélangeur à taux de cisaillement très élevé qui permet d'obtenir un mélange homogène en un temps très court de malaxage.

Comme pour les autres additifs il est également conditionné en big-bag pour les centrales continues équipées d'un doseur et en sacs thermofusibles prédosés pour les centrales discontinues.

Ce mélange maître se présente sous forme d'un granulé noir et est introduit directement lors du malaxage des enrobés de préférence sur les granulats avant enrobage.

4.1- Caractéristiques principales

Caractéristiques	unité	Valeurs type
Densité	g/cm ³	0.98
granulométrie	mm	4
Point de fusion	°C	110-130

Le dosage est généralement compris entre 5 et 10 % par rapport au liant soit 2,5 à 5 kg par tonne d'enrobé.

4.2 - Principaux avantages

- Amélioration considérable de la cohésion interne des enrobés soumis à des efforts tangentiels importants.
- Amélioration de la résistance au post-compactage permettant de garder une bonne rugosité superficielle..
- pas besoin d'usine de liants modifiés .
- impact environnemental.
- souplesse de mise en œuvre et de fabrication.
- facilité de fabrication de petites quantités.
- produit stockable à froid.
- facilité de dosage.
- intérêt économique.

4.3 - Domaines d'application

- Tous enrobés nécessitant une cohésion élevée et soumis à des sollicitations tangentiels importantes.
- Béton bitumineux mince (BBM).
- Béton bitumineux très mince (BBTM).
- Béton bitumineux drainant (BBD).
- Béton bitumineux antibruit.

Remarque 1 : Mélange maître mis en œuvre sur la RN 1 à Benslimane en BBTM dont les objectifs ont atteint et confirmé la faisabilité de cette technique répondant ainsi aux attentes de la DRCR en matière de développement de techniques nouvelles.

Remarque 2 : Mise en œuvre du PR FLEX 20 en voirie urbaine pour Casablanca.

Remarque 3 : Références en Europe et Chine.



Présentation du produit



Exemple d'application du mélange maître pour les enrobés

5 - Additif anti-ornerant pour enrobés bitumineux, mise en œuvre avec le procédé de thermorégénération

L'EVAPLAST est spécialement formulé pour les enrobés bitumineux thermorégénérés qui sont fabriqués à une température inférieure à celle des enrobés classiques.

Il s'introduit directement au malaxage des enrobés et, est conditionné en big-bag ou en sacs thermofusibles prédosés . Le dosage est compris 0,4 et 0,6 %-

5.1 - Principaux avantages

- amélioration considérable de la résistance à l'orniérage de l'enrobé thermorégénère.
- amélioration importante de la tenue à la fatigue.
- souplesse d'utilisation et de fabrication.
- facilité de dosage.
- produit stockable à température ambiante.
- procédé sans perte.
- durée de stockage illimité.

5.2 -Domaines d'applications

Thermorégénération des enrobés in situ intéressant ; les chaussées déformées, fissurées, orniérées, et les voies lentes d'autoroutes.

6 - Revêtement à haute résistance au poinçonnement

Ce produit, le PR COL , composé de ciment, de silice et d'adjuvants, est un coulis de remplissage prêt à l'emploi pour enrobés ouverts mis en œuvre pour les revêtements à très haute résistance, notamment au poinçonnement.

6.1- Principaux avantages

- performances mécaniques élevées.
- résistance aux agressions chimiques accidentelles.
- amélioration de la résistance aux carburants et kérosène.
- sans joint, d'où un excellent confort de roulement.

6.2 - Domaines d'application

- péages d'autoroutes.
- plateformes portuaires, industrielles.
- bases aériennes.
- pistes d'engins.
- Aires de stockage de containers.



Présentation du produit



Application sur enrobé ouvert

6 - Autres applications routières

6.1- Traitement de fissures et microfissures

Ce produit est une émulsion de bitume de synthèse modifiée et chargée qui permet de traiter efficacement les fissures et microfissures apparues sur le réseau routier et l'environnement routier : chaussées, ilots directionnels, accotements de chaussées, terre-pleins centraux, bandes d'arrêt d'urgence et ce, pour ne citer que l'essentiel.

Ce produit- URBACOAT- présente une surface continue et légèrement grenue. Ses qualités antidérapantes liées à sa souplesse et à sa granulométrie assurent une sécurité appréciable pour les utilisateurs et une durée de service élevée.

Il est spécialement formulé pour des surfaces en enrobé bitumineux, en béton ou en asphalte coulé.

6.2 - Domaines D'utilisation

- reprise des zones fissurées et microfissurées.
- reprise des zones de ségrégation.
- améliore l'étanchéité du revêtement traité.
- permet de limiter le gravillonnage des enrobés.
- à l'application des enrobés, lors des reprises évite les fissurations.

6.3 - Additif anti bruit pour enrobés bitumineux

Pour mémoriser son existence cet additif caoutchouteux introduit directement dans le malaxeur des postes d'enrobés réduit considérablement le bruit de roulement des véhicules et est d'un excellent rapport qualité / prix.

Il est très utilisé en voirie urbaine Europe , en Chine,...pour les rues VL, voie bus, boulevards, et toutes chaussées ayant une nuisance sonore (exemple les hôpitaux). DRCCR en connaît l'efficacité.



Exemple d'une application en zone sensible

7 - Autres produits

En application urbaine ; voirie, aménagements urbains et routiers, signalisation au sol – il existe une gamme de produits spécifiques.

8 Intérêt économique

Il peut être appréhendé à partir de la formule :

$$G = A+B+C1+C2-D$$

G = gain financier global.

A = gain en matériaux.

B = gain en bitume.

C1= gains périphériques représentant notamment :

- . Facilité de mise en œuvre et stockage .
- . Aucune perte de produit.
- . Temps d'arrêt chantier nul.
- . Avantage temps machine et équipements.
- . Impact temps chantier-main d'œuvre.

C2 = Augmentation de la durée de service d'où l'allègement du séquençement de l'entretien..

D = Achat de l'additif..

Commentaires sur certains paramètres :

A = gain en matériaux

Facteur important diminuant de 25 à 30 % la quantité des matériaux mis-en-œuvre d'où une optimisation des zones d'impact, de la difficulté d'approvisionnement en matériaux de qualité, ainsi que la diminution des rotations de transport, la réduction de la détérioration des chaussées de liaison et du risque d'accident.

Un meilleur rapport coût pour le maître d'ouvrage et l'entreprise.

C 1 = Gains périphériques

Ils sont spécifiques à chaque entreprise et font partie de l'optimisation chantier qui permet un « allègement » des charges induites.

C2 = Gain inhérent à l'augmentation de la durée de service.

Remarque 1

A titre d'exemple, dans l'étude élaborée pour la section autoroutière Asilah – Tanger – poste chaussées – la mise en œuvre de l'additif PR PLAST S ou du mélange PR PLASTS/PR PLAST Module représente des gains financiers respectifs de 21 % pour la section courante et de 28 % pour la pénétrante.

Remarque 2

Il faut ainsi chiffrer l'opération d'entretien en termes de coût direct complété par les nuisances occasionnées à la circulation (déviation de sens de chaussées, travaux de nuit, interventions des autorités, risques usagers,...) les calculs sont établis sur une durée de service de 15 ans.

Remarque 3

Le dossier intéressant les sections de l'ouvrage Settat-Marrakech présente un avantage économique identique à la remarque1.

CONCLUSION

Module élevé, excellente rugosité superficielle, amélioration considérable de la cohésion interne des enrobés soumis à des effets tangentiels importants, forte résistance au post-compaction, résistance très élevée à l'orniérage et au poinçonnement, insensibilité aux écarts de températures, élimination de tout fluage, sécurité routière accrue, simplicité d'utilisation, fabrication sans perte, durée de stockage illimitée, aucun besoin d'usine de liants modifiés, compatibilité avec tous les grades de bitume, durée de service élevée, forte diminution du séquençement de l'entretien, diminution de l'épaisseur des couches de structure en représentent les principales caractéristiques techniques les plus recherchées par les utilisateurs dans le cadre de la mise en œuvre d'additifs issus d'un procédé innovant, performant auquel il faut ajouter l'impact financier en terme de gain pour les ouvrages neufs, l'entretien et la régénération de ceux-ci.

Il faut aussi signaler l'intérêt qu'accorde ce procédé au respect de l'environnement tant par l'utilisation à la fabrication de certaines matières recyclées que par l'élimination d'usines de liants.

Citons quelques références concernant les pays de l'actuelle Union Européenne, l'Océanie, les Antilles, la Turquie, la Chine et plus proche de nous, le Maroc, la Tunisie, la Mauritanie, le Sénégal, représentant une transformation de plus de 35 millions de tonnes d'enrobés avec prochainement d'autres extensions en Afrique de l'Ouest et au Canada.