

**EXPERIMENTATION DE LA
TECHNIQUE DES
ENROBES EN COUCHE MINCE**

Mme S. OUADRHIRI (CNER)

RESUME

Présentation de la technique

L'enrobé en couche mince est une technique d'entretien routier qui trouve son domaine d'utilisation dans le cas des chaussées où se posent les surfaces, la présence de dégradations superficielles (pelade - plumage), la glissance par ressuage et (ou) le polissage des granulats. C'est une technique intermédiaire entre les enduits superficiels (technique jugée parfois insuffisante ou mal adaptée) et les enrobés épais (technique considérée parfois surabondante).

EXPERIMENTATION DE LA TECHNIQUE

La technique des enrobés en couche mince (E.C.M.) a été expérimentée sur deux sites au Maroc:

- * En Novembre 1990, trois sections expérimentales ont été réalisées sur la RR 71 8 :

- * En Août 1991, trois sections expérimentales ont été réalisées sur la CT 2524.

Deux types de formule d'enrobés en couche mince ont été expérimentées. Il s'agit de la formule 0/10 discontinue 4/6 sur la RN 6 et sur la RR 718 et de la formule 0/14 discontinue 4/6 sur le CT 2524 .

COMPORTEMENT DES SECTIONS EXPERIMENTALES

Un suivi a été programmé pendant 5 années pour évaluer le comportement des sections expérimentales et conclure quant à l'efficacité de cette technique. La périodicité des mesures et relevés est d'une année pour les mesures de la déflexion, d'uni et de macrorugosité et de 6 mois pour le relevé visuel. Des relevés de profils en travers au transversoprofilographe ont été programmés pour la section réalisée sur le CT 2524 dont la périodicité est d'une année.

Au stade actuel de suivi de ces sections, les mesures et les relevés effectués montrent que:

* Les sections expérimentales réalisées dans la région du Centre - Sud connaissent actuellement des problèmes de fissuration qui sont surtout graves dans la section réalisée sur la RR 718 après 3 ans de service environ .

A/ INTRODUCTION

Les différentes interventions d'entretien routier pratiquées au Maroc se subdivisent en deux grandes familles ; l'entretien courant (les emplois partiels et l'entretien des dépendances) et l'entretien périodique dont les techniques les plus utilisées sont les enduits superficiels et les enrobés bitumineux (6 à 12 cm d'épaisseur). Cependant, il se trouve des cas où les bétons bitumineux en forte épaisseur serait une solution coûteuse non nécessaire sur le plan structure, s'accompagnant d'un réhaussement du niveau de la chaussée, entraînant des travaux annexes non négligeables et la solution enduits superficiels serait inadaptée, tel que risque de poinçonnement sous trafic lourd important.

Ainsi, la mise au point d'enrobé d'entretien pouvant être appliquées en couche mince est nécessaire. Ces enrobés dont l'épaisseur varie entre 3 et 4 cm avaient pour but non seulement l'économie en matériaux mais aussi celle des dépenses de mise à niveau des accotements ou des bandes d'arrêt d'urgence inhérentes aux couches épaisses, des enrobés d'entretien.

L'enrobé en couche mince est donc utilisé dans les cas où:

- l'imperméabilité de la couche de surface est insuffisante;
- il y a un problème de glissance par ressuage et / ou polissage des granulats;
- il y a des dégradations superficielles (pelade ou plumage);
- il y a des fissures transversales en début d'évolution mais ne remettant pas en cause la structure ou la couche de roulement.

B/- EXPERIMENTATION DE LA TECHNIQUE

En 1990, il a été décidé d'expérimenter, pour la première fois au Maroc, la technique des enrobés minces dans la région du Centre-Sud. Une autre expérimentation a suivi en Août 1991, dans la région du Nord-Ouest.

Ainsi, trois sections expérimentales ont été réalisées au Centre-Sud, sur la RN6 et sur la RR 718:

ROUTE	SECTION		TRAFFIC	DATE REALISATION	DE
	PK D	PK F			
RN 6	117+216	- 119+615	To	Novembre 90	
	122+616	- 122+616	To	Novembre 90	
RR 718	0+924	- 2+939	To	Novembre 90	

et une section expérimentale de 600 m de longueur sur le CT 2524 dans la région du Nord-Ouest, réalisée en Août 91, et supportant un trafic estival important.

Plusieurs formules d'enrobé mince peuvent être utilisées (voir Annexe), seules deux ont fait l'objet d'expérimentation.

I/- EXPERIMENTATION AU SUD

1-1/- Etude de laboratoire

Pour l'expérimentation réalisée au Centre Sud, il a été choisie la formule (type 3) 0/10 discontinu 4/6 avec 7 à 9% de fines. L'étude de la formulation a abouti à la composition:

- 45 % gravette 6/10 (Bhallil)
- 55 % sable 0/3 (Sbaâ Ayoun)

Les caractéristiques des granulats étaient:

Granulats	Classe granulaire	E.S	% fines	Forme
Sable	0/3	68 à 72 %	13 à 15 %	-
Gravette	6/10	-	-	4 à 5%

Les caractéristiques du bitume pur 40/50 étaient:

		Spécifications
Pénétrabilité 1/10 mm	45	40 à 50
Point de ramollissement °C	49,5	47 à 60
Densité	1,08	1,00 à 1,1
Pénétrabilité résiduelle (%)	37,5	> 55
Point d'éclair en vase ouvert	295 °C	> 250 °C

L'enrobé ainsi formulé répondait pour 3 teneurs en bitume aux résultats de comportement suivants:

	% Bitume 40/50	5,5	5,6	5,7	Spécifications françaises
DURIEZ	r/R	0,811	0,821	0,84	r/R > 0,8
PCG (%)	C 10	90,7	89,9	91,1	C 10 < 91
	C 40	95,80	91,1	93,50	93 < C 40 < 96
ORNIERAGE (mm)	P1000 cycles		6,26	6,67	< 10 mm
	P3000 cycles		8,12	8,42	< 20 mm

I-2/ Réalisation de l'expérimentation

Trois tronçons (illustrés au tableau ci-dessous) de la route principale n° 1 ont été objets de l'expérimentation des enrobés minces:

Section du Pk au Pk	Structure de la chaussée	Déflexion (1/100 mm)	Uni (mm/km)	Aspect de la surface
117+216 - 119+615 RN6	* 25 à 40 cm d'enrobé * 5 à 10 cm de pierre casser * 20 cm blocage	30 à 45	1650	présence de fissuration longitudinale en cours d'évolution
121+617 - 122+616 RN6	même structure que le 1er tronçon	35 à 50	1345	* présence de fissures fines longitudinales et transversales ramifiées par endroits * présence d'arrachement rares et localisées
0+924 - 2+939 RR718	* 17 à 20 cm d'enrobé + enduit superficiel * 6 à 10 cm de P.c * 20 à 25 cm Blocage	25 à 30	1321	* présence de fissures fines longitudinales et transversales atteignant par endroits un degré d'ouverture et de ramification grave.

Ainsi, la mise en oeuvre des enrobés en couche mince a été réalisée au cours du mois de Novembre 1990 sous un temps pluvieux. Une couche d'accrochage à l'émulsion, réalisée à la lance, a précédé le répandage des enrobés minces. Plusieurs contrôles de fabrication ont été effectués par le LPEE et ont révélé que:

- certaines fabrications présentent des fluctuations par rapport au mélange de l'étude

70% des teneurs en fines sont inférieures à 7% valeur minimale stipulée par la directive;

- 43,5 % des résultats ont des dosages en bitume supérieurs à 5,7 %
- le Marshall et le LCPC sont respectés.

Enfin, une campagne de sondages a eu lieu après la fin des travaux afin de connaître l'épaisseur mise en place et la compacité atteintes, celles-ci sont de 2 à 4,5 cm pour l'épaisseur et 100% de la densité LCPC pour la compacité.

II/- EXPERIMENTATION AU NORD-OUEST

La section expérimentale réalisée au Nord-Ouest se situe sur le CT 2524 sur 600 ml de longueur.

2-1/ Etude de laboratoire

Pour cette expérimentation, il a été choisi la formule type 3: 0/14 discontinue 4/6 avec 7 à 9% de fines. L'étude de la formulation a aboutit à la composition suivantes:

- 45 % de sable 0/4 (sable Oued Yekem)
- 15 % de gravette 6/10 (gravette Oued Bouregreg)
- 40% de gravette 8/14 (gravette Oued Bouregreg)

Les caractéristiques des granulats étaient:

Agregats	Gravette 1	Gravette 2	Sable concassé	Spécifications recommandées
Classe réelle	8/14	6/10	0/4	
Dureté L.A	18 %	18%		< 20
M.D.E.	14 %	15%		< 15
Angularité	pur	concassé	pur	concassé
Forme	11 %	13%		< 20
Propreté	0,6	1,6		-
E.S			68%	
Masse spécifique	2,69	2,67	2,71	

Les caractéristiques du bitume pur 40/50 étaient

		Spécifications recommandées
Pénétrabilité	45,8	40 à 50
Point de ramollissement	48,4 °C	47 à 60
Densité (25°C)	1,04	1 à 1,10
Perte à la chaleur	0,05	< 1
Pénétrabilité résiduelle	78,20	> 55
Ductilité	> 100 mm	> 60

L'enrobé ainsi formulé répondait pour deux teneurs en bitume aux performances suivantes:

Teneur en liant	4,9	5,1	Spécifications recommandées
Essai			
PCG : C 10 (%)	87	89,5	< 91
C 40 (%)	94,7	95,5	93< C40< 96
Duriez :			
Compacité %	92,8	93,4	
Résistance Rc 24 h	81	87	
Résistance Rs à 8 j	85	93	
Résistance Th (7 j humide)	75	82	
RH/RS	0,88	0,89	> 0,8
Omiérage			
P1000 cycles (mm)	7	6,5	< 10mm
P 3000 cycles (mm)	9	8,5	< 20 mm

II-2/ Réalisation de l'expérimentation

La section expérimentale concerne une chaussée de 11 m de largeur dont 7 m (partie centrale) est un enrobé bitumineux et 2 m (élargissement) en enduit superficiel.

Un relevé visuel de l'état de surface de la chaussée montre sur la partie centrale un support en bon état hormis quelques fissures longitudinales très fines; Sur les parties élargies il y a présence d'arrachements de gravillons, des débuts d'affaissement, des nids de poules mais très localisés.

Les travaux de réalisation de l'expérimentation ont été exécutés au cours du mois d'Aout 1991 par un temps chaud et ensoleillé. La préparation du support a consisté en un balayage systématique, suivi d'un répandage à la lance de la couche d'accrochage en émulsion à raison de 300 à 400 g/m². L'enrobé a été réalisé en 3 bandes.

C/ COMPORTEMENT DES SECTIONS EXPERIMENTALES

1/- Comportement des sections expérimentales réalisées dans la région du Centre-Sud

Un programme de suivi de comportement des planches expérimentales a été mis en place et comprend jusqu'à l'année 95:

Nature de suivi	périodicité
Relevé visuel des dégradations	6 mois
Uni	1 an
Déflexion	1 an
Mesure de la rugosité géométrique	1 an

Ainsi, la première campagne de mesures a eu lieu 5 mois après l'exécution des travaux c-à-d en Mars 91 et les autres campagnes de mesures respectivement en Juin 92 et Mai 93, une quatrième campagne de mesures sera effectuée au cours de Mai 94.

Les résultats de l'uni et de la rugosité géométrique des trois campagnes de mesures sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ce même tableau illustre l'évolution de chacun des paramètres mesurés.

Section du PK au PK	Nature de suivi	Mesure en Mars 91	Mesure en Juin 92	mesure en Mai 93	Mesure avant travaux
117+216 - 119+615 (RN6)	Uni (mm/km) Rugosité géométrique hauteur au sable (mm)	783 0,60	720 0,57	1200 0,54	1650 —
121+617 - 122+616 (RN6)	Uni (mm/km) Rugosité géométrique hauteur au sable (mm)	965 0,60	820 0,59	1200 0,50	1345 —
0+924 - 2+939 RR 718	Uni (mm/km) Rugosité géométrique hauteur au sable (mm)	889 0,78	850 0,48	1300 0,50	1321 —

Pour la mesure de la déflexion, celle-ci sera illustrée par le graphe ci-après, d'après lequel, on constate que la déflexion, en augmentation, est toujours inférieure à 75/100 mm sur les sections de la RN6 et sur la section 222-223 de la RR 718, elle dépasse par contre ce seuil sur la section 221-222 de la RR 718.

Pour ce qui est de l'état actuel de la surface de la chaussée, une visite a été réalisée en Novembre 93 en présence des responsables de travaux publics, de la GTR et du LPEE, lors de laquelle, il a été constaté que les sections réalisées sur la RN6, sont affectées d'un type de fissuration presque homogène, ces fissures se présentent sous forme de faïençage à mailles larges. Il a été aussi remarqué la présence d'eau et de fines au droit des fissures, laissant penser à une remontée possible d'eau.

Pour la section réalisée sur la RR718, celle-ci sur I km, commence à connaître l'apparition de fissures longitudinales et transversales (du Pk 0+924 au Pk 1+924) sur l'autre partie de la section, sont apparues des fissures longitudinales très ouvertes accompagnées de décrochement pouvant laisser penser à une instabilité du support.

II-3/ Comportement de la section expérimentale réalisée au Nord- Ouest

Un programme de suivi a été mis en place, s'étalant sur cinq années et comprend les opérations suivantes:

Nature de suivi	Périodicité
Relevé visuel des dégradations	6 mois
Uni	1 an
Déflexion	1 an
Rugosité géométrique	1 an
Profil transversal	1 an

Deux campagnes de mesures ont été réalisées respectivement en Août 91 et Novembre 92, la troisième campagne de mesures sera réalisée au cours du mois de Février 93.

Ainsi, les résultats peuvent être illustrés comme suit:

Nature de suivi	Mesure en Août 91	Mesure en Novembre 92
Macrorugosité (HS en mm)	1	0,60
Uni (mm/km)	1700	2200

Pour la déflexion, les mesures ainsi que son évolution seront illustrées sur le schéma ci-après, d'après lequel on constate que sur les deux voies de la chaussée, la déflexion est inférieure à 75/100 mm.

Quant à l'évaluation des profils transversaux, celle-ci est effectuée au moyen du transversoprofilographe. A travers les résultats de cette mesure, on constate que l'uni transversal, après s'être améliorée dans le sens pont-RS 222 est resté pratiquement la même après une année de mise en circulation et que par contre, on note une évolution dans l'autre sens (25 % des profils, sont bons et 75 % sont déformées) .

Pour ce qui est de l'état visuel de la chaussée, aucune dégradation n'a été décelée, et l'enrobé mince se comporte, bien actuellement.

D/ CONCLUSION

La technique des enrobés en couche mince, en cours d'introduction au Maroc, a été expérimentée sur deux sites différents, surtout au niveau trafic et support.

En effet, l'expérimentation dans la région du Centre-Sud a été réalisée sur un support fatigué, qui connaissait déjà le problème du faïençage. Le trafic y est fort et agressif et en plus la mise en oeuvre a eu lieu par un temps pluvieux. Ainsi, après une mise sous circulation pendant 2 ans et demi, les problèmes ont commencé à réapparaître (mission en Mai 93) tels que la présence de fissures fines longitudinales et transversales donnant naissance à un faïençage à mailles très larges. Cette même dégradation s'était accentuée et a été mise en évidence au cours de la visite du mois de Novembre 93.

Pour l'expérimentation dans la région du Nord-Ouest, celle-ci par contre a été réalisée sur un support jugé apte à la technique, et par un temps chaud. Le trafic affectant la section est considérable notamment en été mais surtout moins agressif que celui affectant l'expérimentation du Centre-Sud. Au bout de 2 ans et demi de mise sous circulation, la section se comporte bien. Ainsi, en première conclusion, il apparaît que le support est un facteur important dans la réussite de la technique en plus de la période de mise en oeuvre, pour laquelle il est préférable qu'elle ait lieu par temps ensoleillé.

A notre avis, on pourrait prévoir une durée de vie d'environ 5 années pour la section des enrobés en couche mince réalisée au Nord-Ouest.

Enfin, il est à rappeler que la technique des enrobés en couche mince est une technique de surface et n'a aucun apport structural, en plus, elle nécessite un bon support c-à-d qu'on peut l'utiliser pour les cas suivants:

- problème de perméabilité de la chaussée;
- problème de désenrobage des gravillons de la couche de roulement;
- problème de glissance par ressuage et / ou polissage des granulats sur enduits superficiels et enrobés.

En revanche, dans le cas où le processus de dégradations est plus avancé (fissures ramifiés), les enrobés en couche mince seront insuffisants et l'on devra faire appel à des couches d'enrobés en plus forte épaisseur.

ANNEXE

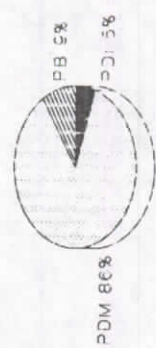
FORMULES D'ENROBES EN COUCHE MINCE

Type	Catégorie	Aspect de surface	Perméabilité	Rugosité	CFE (3) 80 et 100	Fabrication et mise en oeuvre
1	Formules discontinues ; - 0/14 discontinu 2/10 - 0/10 discontinu 2/6	Ouvvert	De perméabilité à l'imperméable suivant compacté obtenu	Très bonne	Bon	A souigner : respect rigoureux des proportions de sable et de gravillans
2	Formules discontinues avec forte teneur en fines ; - 0/14 discontinu 4/6 - 10 à 12 % de fines - 0/10 discontinu 4/6 - 10 à 12 % de fines.	Fermé	Imperméable plus souvent	Moyenne	Moyen	Assez difficile, température de réglage élevée. Limitation du débit de la centrale (proportion élevée de fines).
3	Formules faiblement discontinues avec ou sans sable roulé et 7 à 9 % de fines ; - 0/14 discontinu 4/6 avec 0 ou 10 % de sable roulé - 0/10 discontinu 4/6 avec 0 ou 10 % de sable roulé avec 0 ou 10 % de sable roulé 0/2.	Fermé	Imperméable plus souvent	Moyenne à faible	Moyen	Facile.
4	Formules d'enrobés fins 0/6 cloutés avec des gravillons 10/14 (2)	Fermé	Imperméable plus souvent	Très bonne	Très bon	Opération de cloutage délicate ; limitation du débit de la centrale (humidité du sable).

RS 222 - PONT

AVANT RENFORCEMENT

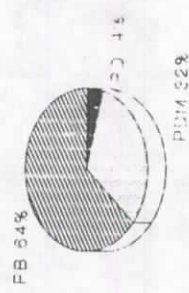
(JUILLET 1991)



RS 222 - PONT

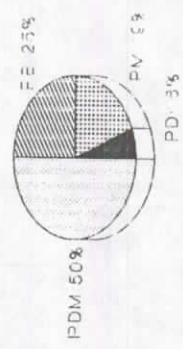
APRES RENFORCEMENT

(AOÛT 1991)



RS 222 - PONT

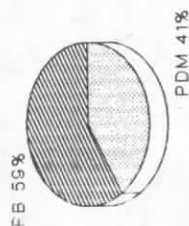
(NOVEMBRE 1992)



52

PONT - RS 222

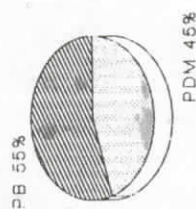
(NOVEMBRE 1992)



PONT - RS 222

APRES RENFORCEMENT

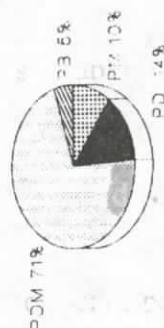
(AOUT 1991)



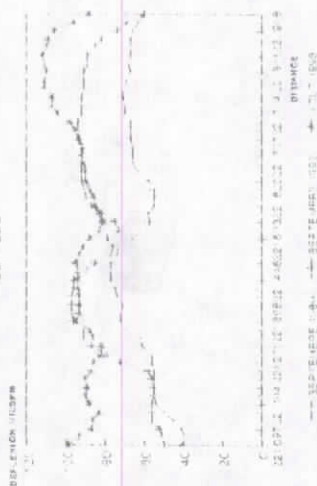
PONT - RS 222

AVANT RENFORCEMENT

(JUILLET 1991)



EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN AXE SUR LA SECTION 221-222



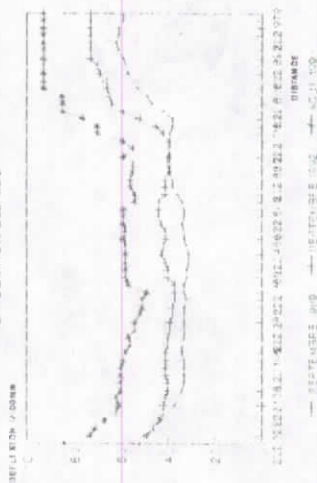
LES 100 CM DE DEFLEXION

EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN RIVE SUR LA SECTION 222-223



LES 100 CM DE DEFLEXION

EVOLUTION DE LA DEFLEXION SUR LA SECTION 222-223

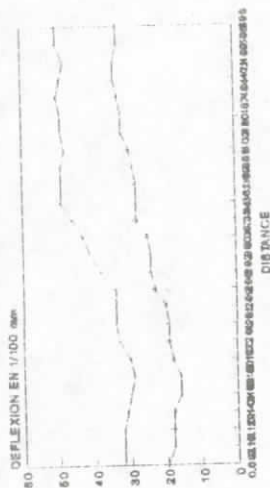


EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN RIVE SUR LA SECTION 222-223



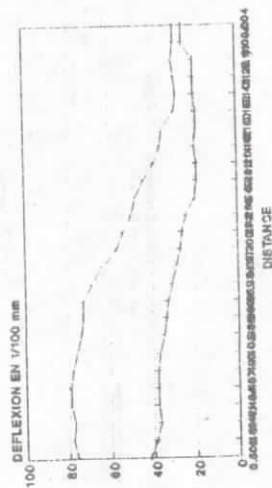
LES 100 CM DE DEFLEXION

EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN AXE SUR
LE CT2524 DANS LE SENS PONT-RS222



--- JUN 1992 — JULIET 1993

EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN AXE SUR
LE CT2524 DANS LE SENS RS222-PONT



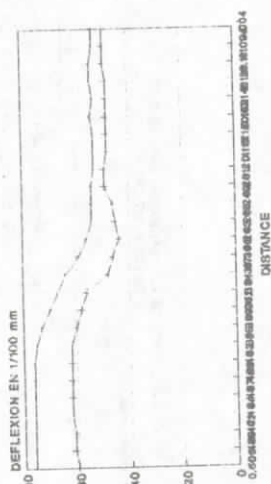
--- JUN 1992 — JULIET 1993

EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN RIVE SUR
LE CT2524 DANS LE SENS PONT-RS222



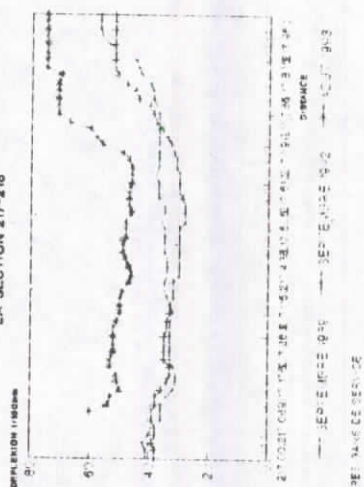
--- JUN 1992 — JULIET 1993

EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN AXE SUR
LE CT2524 DANS LE SENS RS222-PONT



--- JUN 1992 — JULIET 1993

EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN AXE SUR
LA SECTION 217-218



EVOLUTION DE LA DEFLEXION EN RIVE SUR
LA SECTION 217-218

