

LES ENROBES ARMES
EN FIBRE DE VERRE

Alaoui (CNER)

Les enrobés bitumineux armés par incorporation de fibres de verre est une technique d'entretien routier qui présente les avantages suivants :

- Amélioration des propriétés de la couche de roulement par fixation du bitume et en renforçant l'enrobé par la réduction des ornières et des fissures ; Diminution de l'épaisseur de l'enrobé en augmentant son module de rigidité
- Cette technique a donc été expérimentée au Maroc pour la première fois dans la région du Centre-Nord (Fès) sur deux tronçons de routes différentes (RP 20 et RS 320) au cours du mois de Février 1993 .

EXPÉRIMENTATION NATIONALE

Deux types d'enrobé armés ont été expérimentés , un enrobé classique armé sur la RP 20 et un enrobé mince armé sur la RS 320

1 - PRÉSENTATION DES SECTIONS EXPÉRIMENTALES

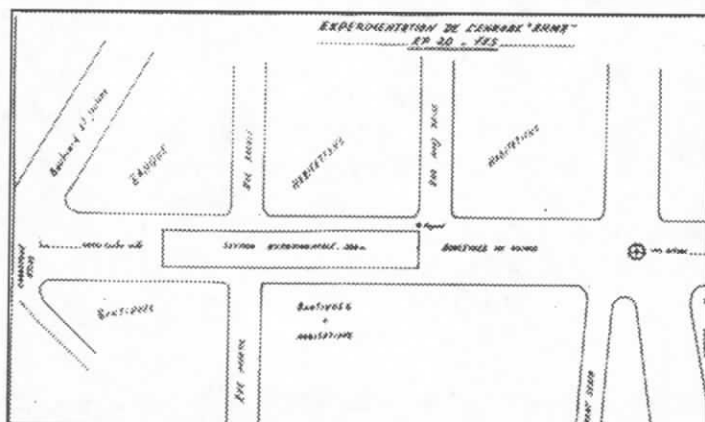
a - Section en enrobé classique

Le tronçon expérimental se situe en site urbain , sur une longueur de 234 m de la RP 20 du PK 5+650 au PK 6+000. La largeur de la chaussée est de 14 m, seule la voie centrale (voie la plus chargée) a fait l'objet d'expérimentation (Plan de situation ci-après). Elle est circulée par 7000 V/J dont 24 % de poids lourds et dont la structure en place comprend 16 cm de pierre cassée surmontée par 6 cm d'enrobé bitumineux. Par ailleurs, le produit est testé et comparé à un enrobé classique réalisé dans les mêmes conditions .

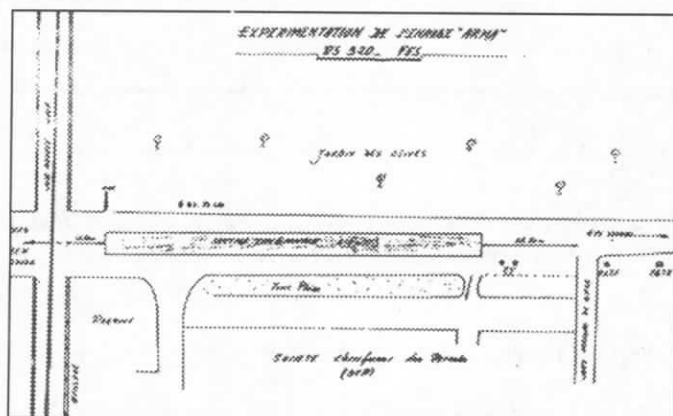
b - Section en enrobé mince

La section expérimentale se situe sur la rocade périphérique de la ville de Fès sur une longueur de 214,00 m entre les PK 3+570 et 3+970 (Plan de situation ci-après). La largeur de la chaussée est de 7,00 m et la structure en place comprend 8 cm de pierre cassée surmontée par un enduit superficiel. La section connaissant le ressuage, est affectée par 2200 v/j dont 50% de poids lourds.

Les sections expérimentales ont fait l'objet de plusieurs campagnes de suivi de comportement; Avant d'en présenter les résultats, il y a lieu de donner un bref aperçu sur les formules d'enrobés utilisées ainsi que les résultats des essais de laboratoire



PLAN DE SITUATION DE LA SECTION EXPERIMENTALE
SITUÉE SUR LA RP 20



PLAN DE SITUATION DE LA SECTION EXPERIMENTALE
SITUÉE SUR LA RS 320

c- Formules d'enrobés expérimentées

L'étude de formulation a abouti aux formules suivantes :

Pour l'enrobé classique : 7 % de 0/0.1
31 % de 0.1/2
33 % de 2/6.3
29 % de 6.3/10
5.8 à 5.9 % de BP 40/50
3 % de fibres

Pour l'enrobé mince : 53 % de 0/4
47 % de 6/10
5.4 % de BP 40/50
3 % de fibres

Les résultats des essais de laboratoire seront limités aux essais d'orniérage comme présenté dans le tableau ci-dessous, puisque c'est un des paramètres dont l'amélioration est désirée .

	Mélange sans fibres	Mélange avec fibres
Après 1000 cycles	5.1 mm	4 mm
Après 3000 cycles	8.4 mm	5.7 mm

Dans les deux cas, les ornières sont inférieures aux seuils recommandés, néanmoins on remarque l'effet des fibres de verre sur la très faible évolution de l'ornièr

c- Résultats de suivi de comportement des sections expérimentales

le suivi de comportement des sections expérimentales comprend les mesures in-situ suivants :

Mesure in-situ	Périodicité
Relevé visuel	6 mois
Tâche au sable	1 an
Pendule SRT	1 an
Déflexion	6 mois
Uni (Bump)	6 mois

Plusieurs campagnes de mesures ont été réalisées traçant ainsi l'évolution de chaque paramètre mesuré :

1 • L'uni

Les mesures d'uni ont été effectuées avant et après renforcement en Mai 93 et Janvier 94 dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

• RP 20

SENS	Carrefour ATLAS - CLINIQUE			CLINIQUE - Carrefour ATLAS		
	Avant Renf	Après Renf Mai 93	Après Renf Janv 94	Avant Renf	Après Renf Mai 93	Après Renf Janv 94
RI Moyen (mm/km)	2811	2213	1690	3319	2141	1860

Une légère amélioration est notée , par ailleurs , la valeur du RI dans les deux sens avec et sans fibre est inférieure à 2500 mm/km ce qui confère à la route un uni acceptable

• RS 320

Sens	De la voie ferrée	Vers la voie ferrée
	Mai 93	Janvier 94
RI moyen (mm/km)	1609	1524

L'uni est resté pratiquement le même, il est inférieur à 2500 mm/km et est donc réputé acceptable

2 • Rugosité géométrique

Les hauteurs au sable sont mesurées en Mai 93, Janvier 94 et Août 95

• RP 20

	Section sans fibres			Section avec fibres		
	Mai 93	Janv 94	Août 95	Mai 93	Janv 94	Août 95
Hmoy (mm)	0.50	0.48	0.30	0.47	0.36	0.30
Ecart-Type	0.053	0.04	0.03	0.016	0.05	0.04
Marge de variation	0.47-0.60	0.35-0.80	0.27-0.33	0.45-0.50	0.25-0.50	0.24-0.40

Les hauteurs au sable sont restées pratiquement les mêmes durant une période de 9 mois, puis décroissent pour les deux cas ; La valeur moyenne étant de 0.30 mm < 0.40 mm :elle offre ainsi une faible rugosité géométrique à la surface.

b - 2 • RS 320

	Section sans fibres			Section avec fibres		
	Mai 93	Janv 94	Août 95	Mai 93	Janv 94	Août 95
Hmoy (mm)	0.50	0.50	0.42	0.56	0.60	0.37
Ecart-Type	0.08	0.08	0.03	0.07	0.10	0.05
Marge de variation	0.37-0.70	0.40-0.68	0.38-0.47	0.40-0.60	0.50-0.80	0.28-0.49

Les valeurs de la hauteur au sable ont également diminué dans les cas des enrobés mince aussi bien sur la section sans fibres que celle avec fibres .Elles sont à la limite de 0.40 mm valeur pour laquelle , la vitesse de l'usager peut atteindre 80 km/h sans toutefois la dépasser. En outre aucune différence n'existe entre les sections avec et sans fibres.

3 • Le coefficient de frottement

Le coefficient de frottement est mesuré à l'aide du pendule TRRL. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats des mesures effectuées sur les deux routes. On constate que les coefficients de frottement mesurés sur la RS 320 sont légèrement supérieures à ceux mesurés sur la RP 20 mais elles restent tout aussi faibles.

	Valeurs du coefficient de frottement			
	Section sans fibres		Section avec fibres	
	RP 20	RS 320	RP 20	RS 320
Frottement moyen	36.2	47.2	38.7	42.3
Ecart-type	3.1	4.1	2.4	3.3

En conclusion, il est inutile de suivre encore l'évolution des paramètres hauteur au sable et coefficient de frottement puisqu'ils ne sont pas influencés par la présence des fibres de verre.

Seuls les paramètres déflexion et relevé visuel ont été suivis et la dernière campagne de mesures date de Mai 1997.

d • Relevé visuel

Le relevé visuel a fait constater que, durant toutes les campagnes de mesures réalisées, l'état de la chaussée est bon et sans dégradations hormis l'aspect lisse de la surface confirmé d'ailleurs par les valeurs de la macrorugosité.

e • La déflexion

Les mesures de la déflexion ont été réalisées avant et après renforcement. Les résultats sont illustrés sur les graphiques ci-dessous qui illustrent l'évolution de ce paramètre. La dernière campagne de mesures effectuée en Mai 1997 montre que :

- Sur la RS 320, les valeurs relevées sont toujours réputées bonnes et sont inférieures au seuil exigé (75/100 mm) et ce dans les deux sens en axe comme en rive.

- Pour ce qui est de la RP 20 , les deux sens sont à distinguer , en effet :

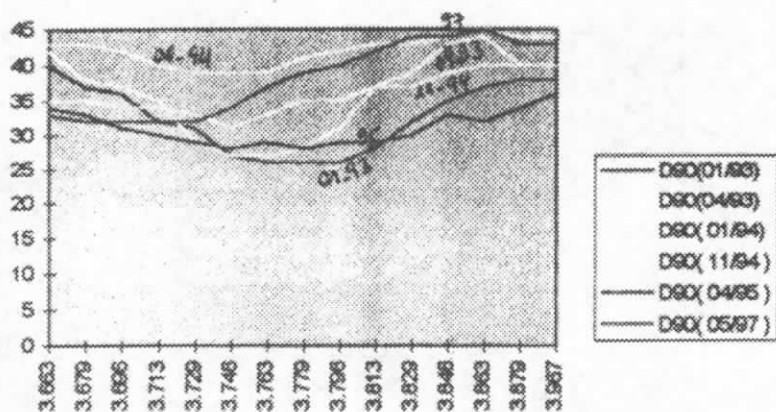
- Dans le sens des PK décroissants , la déflexion ne dépasse pas en moyenne 75/100 mm en axe et 65/100 mm en rive et ce dans la section renforcée avec les fibres de verre (le début et la fin de cette section sont marquées par les flèches sur les figures n°7 et 8); Quant à la section normalement renforcée, les déflexions dépassent le seuil de 75/100 mm
- Dans le sens des PK croissants , la déflexion dépasse 75/100 mm sur presque 400 m en rive et sur 300 m environ en axe (figures n° 5 et 6)

Quant à l'évolution de ce paramètre, on constate que :

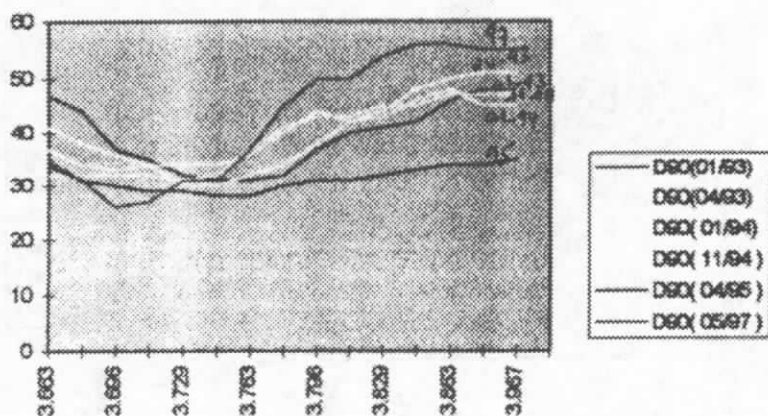
- Sur la section en fibre de verre (RP 20), la déflexion n'a pas changé et est restée presque stable après 4 années de renforcement (en axe et en rive), alors que des variations sont constatées sur la section sans fibres de verre .

- Sur la RS 320, la déflexion a augmenté tout en restant inférieure à 60/100mm, par ailleurs, toutes les courbes relatives aux différentes années varient dans le même sens.

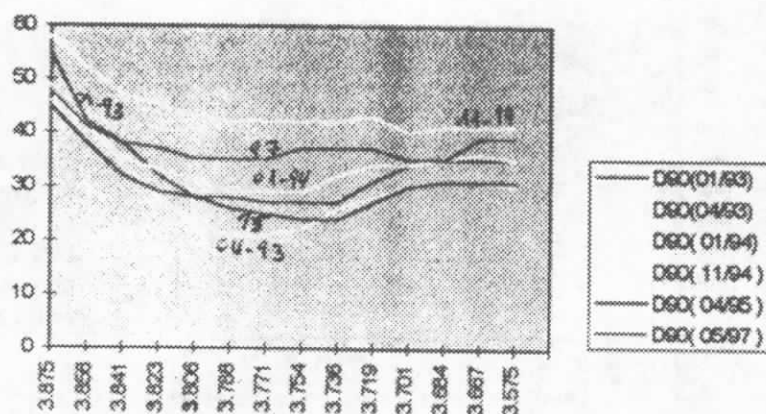
RS 320 DU PK 3.571 AU PK 3.971 (AXE)



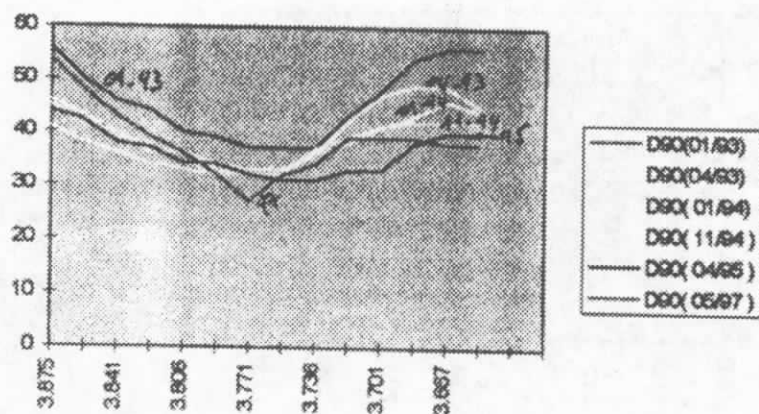
RS 320 DU PK 3.571 AU PK 3.971 (RIVE)



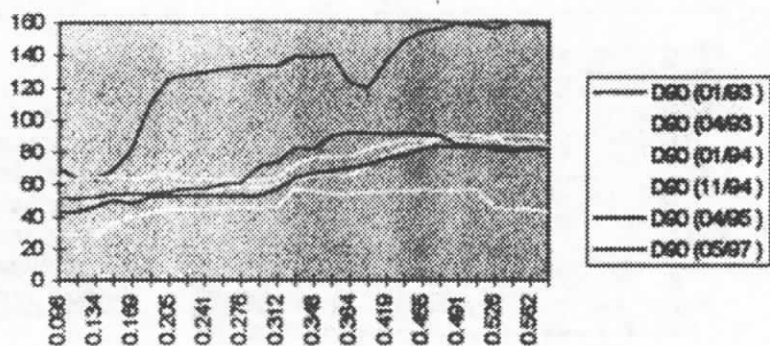
RS 320 DU PK 3.971 AU PK 3.571 (AXE)



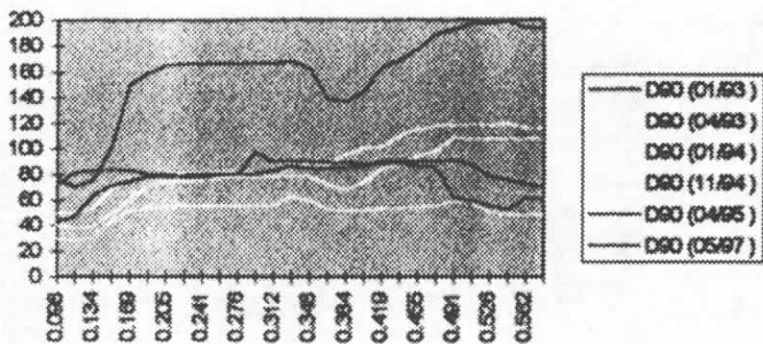
RS 320 DU PK 3.971 AU PK 3.571 (RIVE)



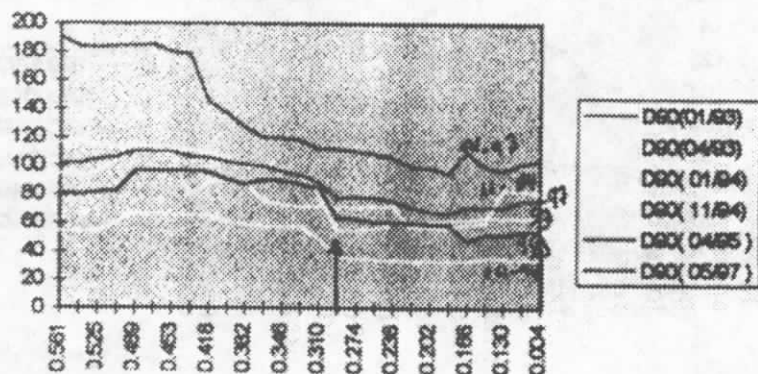
RP 20 DU PK 0.000 AU PK 0.660 (AXE)



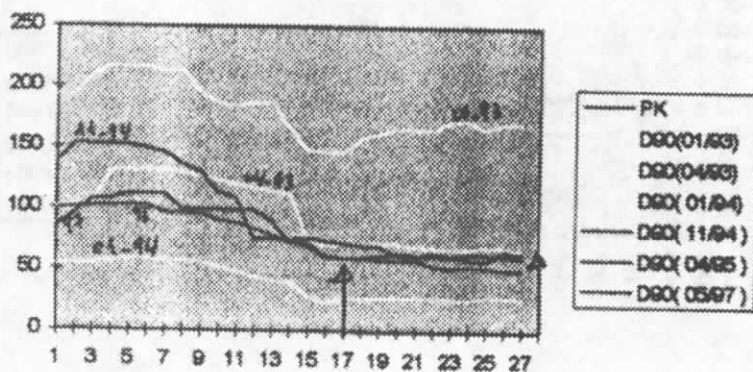
RP 20 DU PK 0.000 AU PK 0.660 (RIVE)



RP 20 DU PK 0.660 AU PK 0.000 (AXE)



RP 20 DU PK 0.660 AU PK 0.000 (RIVE)



L'enrobé bitumineux en fibre de verre <<arma>>, produit conçu par la société ORGEL SA filiale du groupe français ST GOBAIN, est une technique d'entretien routier qui selon l'expérience française présente des avantages, en effet la présence des fibres de verre dans le bitume améliore les propriétés de la couche de roulement en fixant le bitume ce qui se matérialise par la réduction des ornières et des fissures, en outre le module de rigidité augmentant permet de diminuer l'épaisseur de l'enrobé

A travers l'expérimentation marocaine, on peut conclure qu'au niveau dégradations, celles-ci sont inexistantes avec ou sans fibres de verre : pas de fissure, pas de ressuage.

Quant à l'orniérage, les essais de laboratoire réalisés au CNER ont confirmé que la présence des fibres de verre influe sur ce paramètre, en effet comme il a été mentionné ci-avant, l'ornière obtenue sur l'enrobé armé est plus faible que celle obtenue sur enrobé non armé.

Ainsi la seule différence qui peut être attribuée à la présence des fibres de verre existe au niveau de la portance évaluée par la mesure de la déflexion. Cette différence de déflexion est surtout apparente dans l'enrobé classique puisque l'enrobé mince n'a aucun apport structurel.

En conclusion, quatre années de suivi paraissent insuffisantes pour juger de l'utilité du fait d'incorporer les fibres de verre dans un enrobé.

On propose alors de poursuivre le suivi et noter l'instant à partir duquel les deux sections armée et non nécessitent un renforcement pour aboutir normalement à la conclusion suivante : Au bout de tant d'années, la section non armée doit être renforcée alors que celle armée peut encore résister x années ce qui se traduit par :

**x épaisseur d'enrobé armé est équivalente à
y épaisseur d'enrobé normal avec $y > x$**