

**EXPERIMENTATION DE LA
GRAVE VILLAFRANCHIENNE
TRAITEE AU CIMENT**

**Mr. M. FAHIM
(CNER)**

RE S U M E

Dans la présente communication on s'intéresse à l'amélioration au ciment des graves non traitées notamment l'expérimentation de la grave Villafranchienne améliorée au ciment GVC réalisée à Bouknadel sur la RP2 et la grave améliorée au ciment réalisée sur le CT 6501 dans la province de SAFI .

Les deux expérimentations rentrent dans le cadre de la recherche d'utilisation des matériaux locaux dans la construction routière .

Dans le premier cas (GVC) la fabrication du mélange graves ciment a été faite dans une centrale à béton . Les résultats de suivi qui y correspondent sont concluants et encourageants .

Dans la deuxième expérimentation (celle de SAFI), la fabrication du mélange graves - ciment a été faite insitu moyennant un pulvimixeur.

Dans ce cas seuls les premiers résultats de suivi seront présentés étant donné que le suivi s'étale sur 5 ans et on est à peine à la première année

INTRODUCTION

Lorsqu'on a eu à construire l'autoroute Rabat-Tanger, une reconnaissance du site traversé par ce projet a montré l'insuffisance des matériaux routiers répondant aux spécifications marocaines.

La pénurie ou l'épuisement des gisements naturels des matériaux nobles nous incite à tenter une valorisation des matériaux locaux.

Dans le Gharb au Nord Ouest du Maroc, le matériau villafranchien, qui ne répond pas aux spécifications, est le matériau local le plus abondant où plus de 11 millions de m³ sont exploitables en construction routière. Il est de ce fait totalement justifié d'envisager la possibilité d'utiliser ce matériau en construction routière.

Les études de laboratoire réalisées par le LPEE/CERIT en 1989 ont montré que le traitement au ciment de la grave villafranchienne permet d'améliorer les performances. D'où une première expérimentation de ce matériau amélioré au ciment (GVC) sur la RP2 (du PK 16 + 800 au PK 17 + 400).

Dans la présente communication, sont présentés les principaux résultats de suivi de fabrication et de mise en oeuvre ainsi que ceux du suivi de comportement des quatre planches expérimentales, correspondant aux quatre campagnes de mesures et de relevés effectués depuis la mise en service jusqu'à l'âge de deux années environ.

En fin une conclusion générale résume le comportement des planches expérimentales après 26 mois de service suivi d'une part et un ensemble de recommandations d'autre part.

A / -SUIVI DE FABRICATION ET MISE EN OEUVRE

I / PRESENTATION DES STRUCTURES

Sur une longueur de 600 m et sur une couche de forme de 30 cm d'épaisseur cinq Structures sont à l'épreuve:

- Planche P1: 30 cm de GVC à 4 % de ciment + 12 cm de GBB+RS sur 150 m
- Planche P2: 20 cm de GVC à 4 % de ciment + 12 cm de GBB+RS sur 150 m
- Planche P3: 20 cm de GVC à 4 % de ciment + RS sur 150 m
- Planche P4: 20 cm de GVC à 6 % de ciment + RS sur 114 m
- Planche P5: 20 cm de GNA + RS sur 36 m.

GVC: Grave valorisée au ciment (grave villafranchienne traitée au ciment);

GBB: Grave bitume pour couche de base;

GNA : Grave non traitée pour couche de base type A;

RS: Revêtement superficiel bicouche.

Dans ces structures la GVC joue le rôle d'une couche de fondation dans les deux premières structures et celui d'une couche de base dans la troisième et la quatrième structure.

II / REALISATION DES TRAVAUX

II.1 Matériel de mise en oeuvre

L'atelier de mise en oeuvre est composé comme suit:

- Des camions bennes pour le transport à partir de la centrale de Maroc-Béton au chantier (soit une distance de 20 km environ).
- Une niveleuse pour l'étalage du matériau et son dressage en une seule couche;
- Un compacteur à pneus type ALBARET, 4 roues arrières et 3 roues avant;
- Un compacteur semi-cylindrique vibrant GB 525 CAT type CATERPILLAR
- Un chargeur.

II.2 Mise en oeuvre

La mise en oeuvre a connu les opérations suivantes:

- Un décaissement de l'ancienne structure jusqu'au sol support ce qui signifie pour les planches expérimentales qu'il s'agit de structures neuves.

- réalisation de la couche de forme;

La fabrication des mélanges a été effectuée dans une centrale à béton type discontinue.

Un retardateur de prise (Plastiroute) a été incorporé dans la cuve de pesée d'eau manuellement avant arrivée du jet d'eau, ce qui assure un mélange préalable du retardateur dans l'eau.

Les mélanges ont été effectués par gachée de 1/2 m³ car des difficultés de malaxage ont été rencontrées sur des gachées de 1 m³. L'opération de mise en oeuvre effectuée du 08/09/90 au 08/09/90 comportait les phases suivantes:

- fabrication de la GVC; son transport au chantier par camions bennes bâchés; mise en oeuvre de la GVC à la niveleuse en une seule couche;

- une pulvérisation d'eau systématiquement réalisée à la fin de chaque compactage pour maintenir une humidification de la surface de la GVC;

- protection de la couche de GVC par un produit de cure (émulsion répandue à la lance) pour éviter les variations de teneur en eau de la GVC;

- réalisation de la couche de GBB pour les deux premières planches revêtement superficiel en enduit bicouche .

III/ RESULTATS DE SUIVI DE LA REALISATION DES TRAVAUX:

Les résultats de suivi de la réalisation des planches expérimentales portent sur le sol support, la couche de forme, la couche de GVC, le produit de cure, la grave bitume et le revêtement superficiel.

a) Sol SUPPORT:

Il est constitué de sable S2 (S 1 Sm selon la classification LCPC) ayant un CBR égal à 8%. La compacité moyenne est de 95% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM)

b) Couche de forme:

Elle est constituée de la calcarénite grésifiée, compactée à une compacité moyenne de 99 % de l'OPM. La dureté des matériaux est caractérisée par un Los Angeles (LA) égale à 47,6 % sur la fraction 25/50. Leur propreté est satisfaisante (un équivalent de sable égale à 76%)

c) Couche de GVC

La GVC est fabriquée à partir de matériaux élaborés de la carrière Krus de Lalla Mimouna (DPTP de kénitra).

La dureté moyenne des matériaux est caractérisée par un LA égal à 41 % dépassant d'un point la valeur limite de 40 % donnée par les spécifications françaises (SETRA/LCPC) relatives à la grave ciment.

La teneur en eau (W) de malaxage est comprise entre $W_{opt} - 1,8$ et W_{opt} conformément aux spécifications françaises relatives à la grave ciment (w_{opt} étant la teneur en eau optimale Proctor, $5,0 < w < 6,8$).

La teneur en eau, sur chantier avant compactage est comprise entre $W_{opt} - 2,4$ et w_{opt} , soit une diminution maximale de la teneur en eau de l'ordre de 0,6 % qui n'a pas eu d'effet sur la qualité de compactage. En effet le contrôle de la compacité n'a révélé aucun phénomène anormal.

d) Produit de cure

Le produit de cure utilisé est une émulsion cationique à 64,1% de bitume pur résiduel juste après la pulvérisation d'eau sur GVC.

Le répandage de l'émulsion a été effectué à la lance de manière à assurer une couverture suffisante de la GVC sans engendrer une agglutination du liant

Au jeune âge (pendant la première semaine), un décollage à la main de la couche de protection (produit de cure + fines) a été observé. Ce phénomène n'a pas eu lieu 10 jours après la mise en oeuvre du produit de cure.

e) Couche en grave bitume:

Elle a été réalisée dans les planches P1 et P'2, 11 jours après la mise en oeuvre de la GVC (ou produit de cure). Elle est fabriquée à partir de matériaux de la carrière GTR à Oued Yekem.

Les caractéristiques Marshall sont satisfaisantes. La compacité moyenne insitu est égale à 98,9 % de la densité LCPC.

L'épaisseur moyenne obtenue est de 11,1 cm;

f) Revêtement superficiel

Le revêtement superficiel bicouche a été réalisé 11 jours après la réalisation de la GVC. Il n'y a pas eu d'ajout de liant sur la couche de protection.

Concernant le bicouche sur la GVC, le dosage du liant sur la première couche est satisfaisant alors que celui obtenu sur la deuxième couche est inférieur à la valeur visée (1,500 kg/m² au lieu de 1,800 kg/m²). Le dosage en gravette mesuré montre une hétérogénéité importante (entre 7 et 17 L/m²).

En conclusion, les résultats de suivi de la réalisation sont globalement satisfaisants. Cependant des difficultés ont été rencontrées:

Un manque de malaxage supplémentaire in-situ de la couche de GVC car les dimensions de la lame de la niveleuse ne sont pas adaptées à la largeur de la planche de GVC qui est de 3.50m.

B/-SUIVI DE COMPORTEMENT

1/ L'UNI AU BUMP INTEGRATOR

I. 1 Référence:

L'appréciation de l'uni au Bump integrator est celle préconisée par le CNER. Dans notre cas où la couche de roulement est en enduit superficiel cette appréciation est rappelée dans le tableau N° 1 ci-dessous.

TABLEAU N°1 : Appréciation de l'uni
- couche de roulement en enduit superficiel

Uni	Trafic	T1-T2	T3-T4
Bon		< 2000	< 2500
Acceptable		2000 - 3300	2500 - 4000
Mauvais		3300 - 4800	4000 - 5500
Très mauvais		> 4800	> 5500

1.2 Présentation des résultats

Les résultats de RI qui correspondent à l'avant mise en oeuvre des planches expérimentales, et aux âges de 2, 10, 16 et 26 mois sont résumés dans le tableau N°2 ci-dessous et illustrés dans le diagramme de la figure n° 1.

TABLEAU N°2 RI moyen par planche

Age Planche	Avant mise en oeuvre	2 mois	10 mois	16 mois	26 mois
P 1	1298	2879	2540	2879	2800
P 2	1467	2963	2879	2964	2880
P 3	1072	3641	3725	3980	3895
P 4	1468	3556	3556	4064	4445
P 5	1468	4826	5080	5080	5080

L'analyse des résultats de RI permet de faire les constatations suivantes:

- L'uni avant mise en oeuvre était réputé Bon;
- Après un âge de 2 mois runi pour les planches P1 et P2 est réputé acceptable alors qu'il est réputé mauvais pour les planches P3 et P4.
- L'uni n'a pratiquement pas changé pour toutes les planches que ce soit après un âge de 10, 16 ou 26 mois.

II/- DEFLEXION

1/- Référence

La déflexion est essentiellement un indicateur de mauvaise qualité d'une chaussée à assise traitée. En effet certaines natures de dégradation (par exemple fracturation de l'assise en maille large) ne sont pas mises en évidence par la déflexion.

Les niveaux usuels des déflexions sur assise traitée aux liants hydrauliques sont mentionnés dans le tableau N°3 (réf 1) .

TABLEAU N°3

- Chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques
signification des mesures de déflexion

Chaussées épaisses Epaisseur totale supérieure à 60 cm (1) ou Assise traitée supérieure à 30 cm			Autres chaussées Epaisseur totale inférieure à 60 cm (1) ou Assise traitée inférieure à 30 cm		
Déflexion en un point inférieure à 20/100 mm.	Déflexion en un point comprise entre 20/100 mm et 40/100 mm	Déflexion en un point supérieure à 40/100 mm	Déflexion en un point inférieure à 40/100 mm.	Déflexion en un point comprise entre 40/100 mm et 60/100 mm.	Déflexion en un point supérieure à 60/100 mm.
Risque peu probable de problèmes dans l'assise traitée.	Risque notable de problème dans l'assise traitée : hétérogénéité dégradations, localisées, interfaces...	Mauvaise assise traitée: portance et rigidité insuffisantes, dégradation par décohesion	Risque peu probable de problèmes dans l'assise traitée.	Risque notable de problème dans l'assise traitée: toutes dégradations possibles.	Mauvaise assise traitée: décohesion.
(1) Y compris l'ancienne chaussée dans le cas d'un renforcement.					

2/- Présentation et analyse des résultats

Les valeurs brutes de déflexion sont présentées sur la figure ci après. A signaler que pour toutes les structures de GVC, on est en présence d'assise traitée au ciment d'épaisseur inférieure ou égale à 30 cm .

Planche P1:

Les déflexions aussi bien de rive que d'axe (du côté axe de la chaussée) mesurées en Juillet 1991, en Janvier et Novembre 199 sont inférieures à 40/100 mm ce qui signifie (d'après le critère mentionné au tableau N°3) un risque peu probable de problèmes dans l'assise traitée.

Planche P2:

Les valeurs brutes de déflexion mesurée en Janvier 1992 sont en grande partie inférieures à 40/100 mm en rive et dépassent cette valeur pour la première moitié de cette planche, ce qui fait que le risque de carence existe (d'après le tableau N°3).

Les autres planches

Pour les planches P3, P4 et P5, la variation de la déflexion entre Octobre 1991 et Janvier 1992 est faible avec une certaine dispersion (de 30/100 à 60/100 mm).

D'après les résultats de mesures effectuées en Novembre 1992 (soit 5 mois de service). La déflexion dépasse 40/100 mm mais elle reste dans tous les cas inférieure à 60/100 mm ce qui fait qu'on n'est pas en présence d'une mauvaise assise mais une probable insuffisance en portance et de rigidité et une probable dégradation par décohésion est en cours ce qui reste à vérifier par un sciage.

En conclusion toutes les planches expérimentales de GVC présentent une déflexion inférieure à 60/100 mm. Les planches P1 et P2 ne dépassent même pas une déflexion de 40/100 mm. Ce qui signifie un bon comportement structurel pour ces deux planches pour m i e u x conclure pour les autres planches de GVC on fait appel aux résultats du produit R. d.

III / - PRODUIT R.d

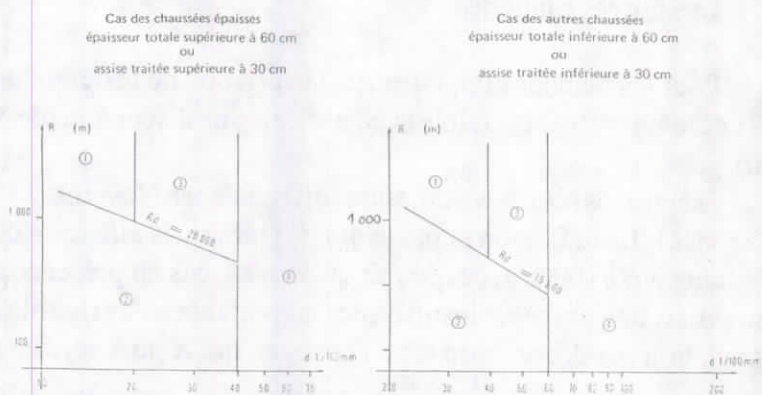
III -1/ Principe de l'essai

En un point donné de la chaussée, on mesure la déformation provoquée par une charge de 6,5 T qui se déplace par rapport au point de mesure. Cette charge est constituée par le jumelage du déflectographe La croix.

La mesure permet de tracer la ligne d'influence qui traduit les variations de la déformation de la chaussée en fonction de la distance du point de mesure à charge mobile. On en déduit la déflection maximale d (le déplacement vertical maximal du point de mesure) et le rayon de courbure R au sommet de la ligne d'influence.

III -2/ Référence pratique

l'expérience - acquise - en France - a permis un étalonnage des valeurs de Rd sur les assises traitées courantes. Une représentation graphique bilogarithmique $\log d$ et $\log R$ a été dégagée, dans laquelle on distingue des zones réputées bonnes, douteuses ou mauvaises.



Zone 1: Assises traitées de bonne tenue sur un support correct

Zone 2: Assise traitée dégradée sur un support correct

Zone 3: Assise traitée douteuse

Zone 4: Assise traitée et support défectueux

Fig 2 : Interprétation de la mesure du produit $R.d$

Le produit R_d est particulièrement utile, il renseigne sur les zones fragiles. En effet de telles zones se traduisent par une diminution du rayon de courbure beaucoup plus rapide que l'augmentation de la déflexion. D'où l'utilité de ce critère, beaucoup plus sensible que la déflexion seule, pour déceler les zones fragiles.

3/- Présentation et analyse des résultats

Les mesures ont été faites à l'aide du déflectographe Lacroix, par l'enregistrement de la courbe d'influence engendrée par le déplacement de la charge correspondante au demi-essieu de 13 tonnes.

Le guide LCPC pour l'auscultation des chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques (semi-rigides), dont on fait référence, distingue le cas des chaussées épaisses, c'est à dire dont l'épaisseur totale est supérieure à 60 cm (ou assise traitée inférieure à 30 cm) et le cas des autres chaussées, c'est à dire dont l'épaisseur totale est inférieure à 60 cm (ou assise traitée inférieure à 30 cm). Les structures expérimentées présentent toutes des couches traitées au ciment (GVC) dont les épaisseurs ne dépassent pas 30 cm (cas des autres chaussées de la figure . ci-dessus).

Les figures 3 à 6 situent le nuage des points de coordonnées (d, R) dans un diagramme bilogarithmique. Pour les planches P1 et P'_, ce nuage se trouve toujours en totalité, après 26 mois de service, dans la zone 1 qui correspond aux assises traitées de bonne tenue sur support correct. Pour la planche P3, après 26 mois de service, 58% du nuage des points se trouve dans la zone 3 qui correspond à une assise douteuse. Après 16 mois de service le nuage des points se trouvaient en grande partie (75%) dans la zone 1 et une partie du nuage (5%) se trouvait dans la zone 3.

La comparaison des nuages de points de la planche P3 qui correspondent aux âges des 16 et 26 mois permet de constater une évolution du nuage de point de la zone 1 à la zone 3 ce qui se traduit par une augmentation du risque de problème dans l'assise traitée.

Quant à la planche P4 le nuage de points qui avait, après 16 mois de service, un aspect allongé traversant les trois zones 1, 3 et 4 se trouve, après 26 mois, en grande partie dans la zone 4 (soit 55% des points dans la zone 4 contre 28% dans la zone 2 et 17% dans la zone 1). Rappelons ici qu'il s'agit d'un taux de 6% de ciment au lieu de 4% comme c'est le cas des planches P1, P2 et P3. En comparaison avec la structure 3 (planche P3) seul le dosage en ciment diffère et cet aspect allongé du nuage de points peut être dû à une mauvaise répartition du ciment (ou de l'eau) pendant la mise en oeuvre, dans ce cas les performances mécaniques se trouvent dispersées.

UNI AU BUMP INTEGRATOR (GVC RP2 BOUKNADEL)

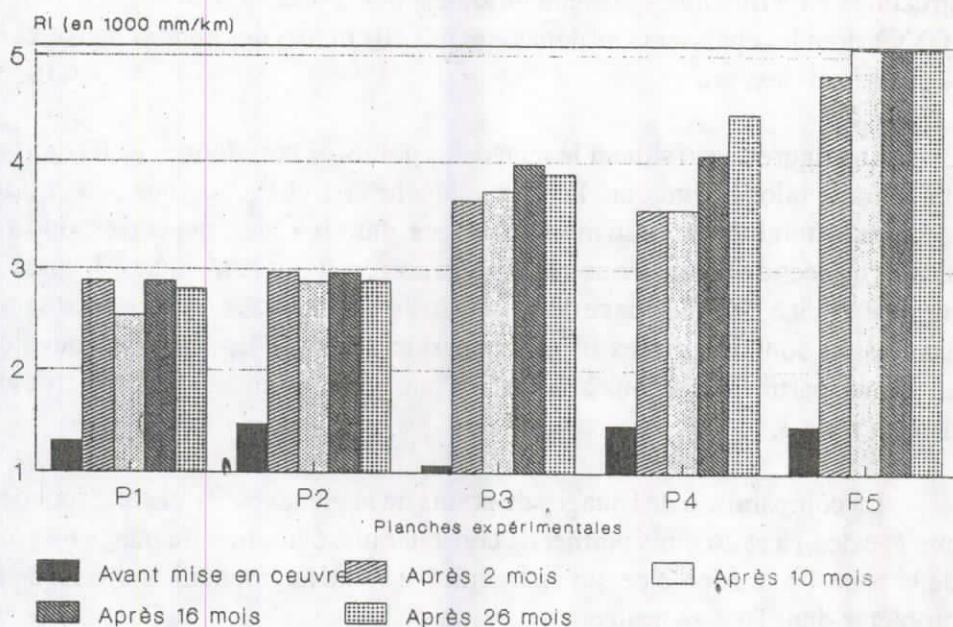


FIG 1

EVALUATION DES STRUCTURES

STRUCTURE	16.800	16.850	17.800	17.850	17.900	17.950
	12 GBB	12 GBB	20 GVC $c = 4\%$	20 GVC $c = 4\%$	20 GVC $c = 6\%$	20 GNA
	30 GVC $c = 4\%$	20 GVC $c = 4\%$				
	30 CF	30 CF	30 CF			

C : % DE CIMENT
 GBB : GRAVE BLANCHE
 GNA : GRAVE NON TRAITEE
 GVC : GRAVE VAPORISEE AU CIMENT
 CF : COUCHE DE FORME

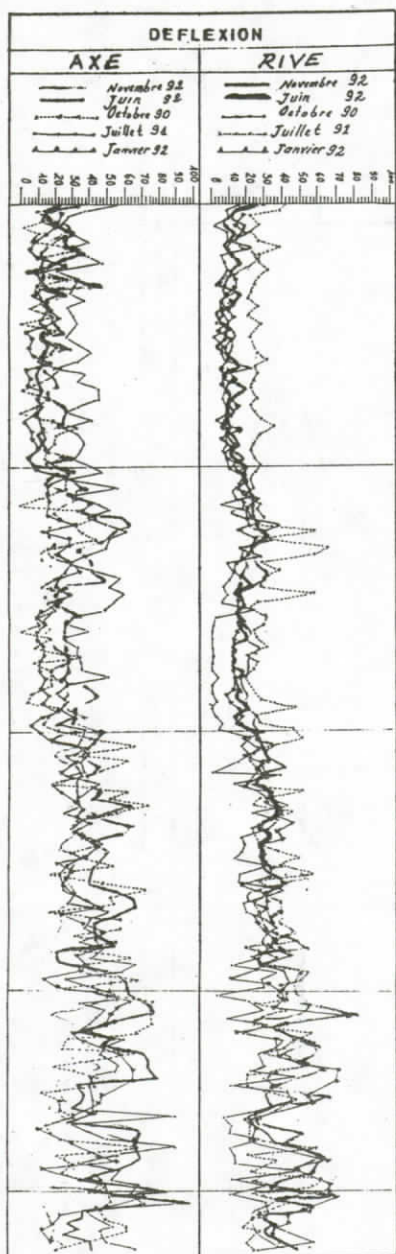


FIG 2

PRODUIT Rd

Planche P1

Planche P2

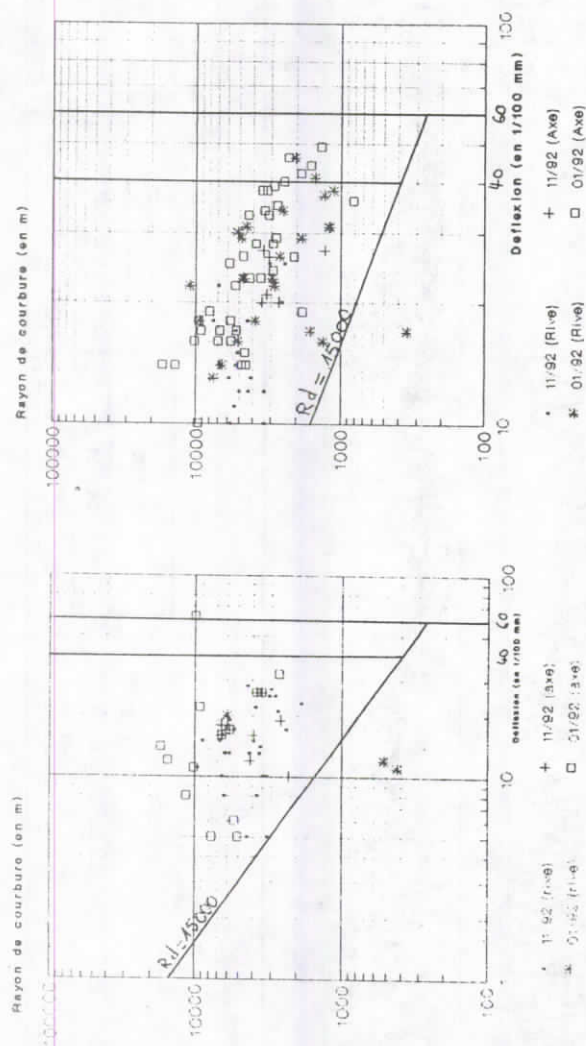


Fig. 3

Fig. 4

PRODUIT Rd

Planche P3

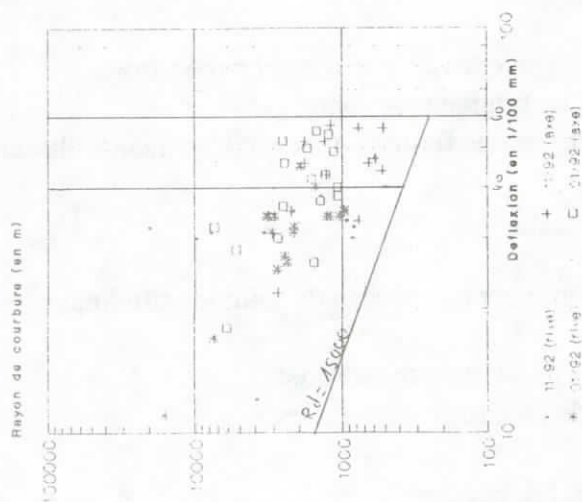


Fig.5

Planche P4

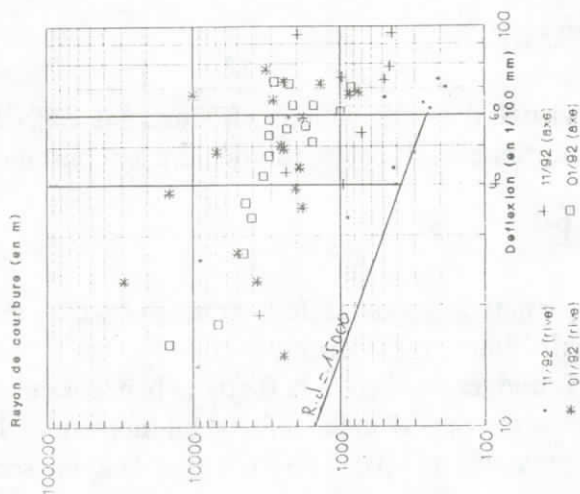


Fig.6

Concernant la planche P5 de structure souple le critère adopté ne s'applique pas; dans ce cas pour évaluer cette structure on fait référence aux seuils relatifs aux chaussées souples préconisés par le CNER, lesquels utilisent uniquement le paramètre déflexion qui reste nettement inférieure à 100/100 mm.

I V/- RELEVÉ VISUEL

Les relevés visuels des dégradations, effectués par le CNER sont illustrés par les graphiques en annexe. Ils ont permis de faire les constatations suivantes:

1- Planche P1:

- Départ important de gravettes de joint transversal avec la planche P2;
- Remontée de bitume par endroits;
- Présence d'un léger ressuage à la fin de la bande (côté accotement). Cette anomalie provient d'une mal façon au moment de l'exécution
- Départ de gravettes au niveau du joint avec la 2ème section.

2- Planche P2

- Départ des gravettes du revêtement par endroits;
- Remontée de bitume (ressuage);
- Présence de petites fissures transversales très localisées.

3- Planche P3

- Léger affaissement au niveau du joint longitudinal avec l'ancienne chaussée;
- Départ des gravettes par endroits;
- Présence de fissures transversales.

4- Planches P4 et P5

- Départ des gravettes de revêtement par endroits;
- Apparition de fissures longitudinales et transversales;
- Apparition de fissures au niveau du joint de contact (longitudinal) avec l'ancienne chaussée.

Remarque:

Pour les planches P3 et P4 le ressuage a contribué à la fermeture de certaines fissures par le liant hydrocarboné .

C/- COMPARAISON DES STRUCTURES EXPERIMENTALES DE GVC AVEC DES STRUCTURES SOUPLES

Sur la même route, près des planches expérimentales de GVC et a peu près pendant la même période ont été réalisés des travaux de renforcement. Les structures qui ont été adoptées sont les suivantes:

S1: 12 GBB + 5 EB entre les PK 9 et 13; S2: 3 EB (reprofilage) + 6 EB entre les PK 13 et 15.

Les résultats de mesures de déflexion effectuées sur la voie gauche de ces deux sections dans le sens Rabat-Kénitra en Janvier 1992 (présentés en annexe) donnent des valeurs de déflexion caractéristiques ($D_{90} = D_{max} + 1,280$) comme suit:

- Structure S1: $22 < D_{90} < 45$ avec une moyenne de $3 \frac{1}{100}$ mm et un écart type de 6; -Structure S2 : $38 < D_{90} < 63$ avec une moyenne de $50/100$ mm et un écart type de 6,87;

La comparaison de ces structures avec celles de GVC de point de vue portance permet de faire les constatations suivantes:

- Les planches P1 et P2 ont un comportement structurel meilleur que celui des sections S 1 et S2 à l'exception des planches P4 et P5, les trois autres planches expérimentales de GVC ont une portance meilleure que celle de la section S2.

A signaler, dans cette comparaison, qu'il s'agit de planches neuves de GVC (l'ancienne chaussée a été décaissée) d'une part et d'un renforcement où l'ancienne structure contribue à la portance globale de l'ensemble des couches au dessus du sol support d'autre part. Quant aux conditions de sollicitations mécaniques et climatologiques les planches expérimentales de GVC et les sections S 1 et S2 se trouvent exactement dans les mêmes conditions et elles ont en plus à peu près le même âge (âge de renforcement et de construction neuve des planches de GVC).

En conclusion, après un âge de 16 mois, les planches de GVC présentent un comportement structurel jugé bon.

D/- LE TRAFIC

I/ INTRODUCTION

Deux systèmes de mesure du trafic installés au PK14 de la RP. (à 2,800Km des planches de GVC) ont été exploités:

- Le système SL4 pour une durée de 5 mois et demi (du 16/04/92 au 31/09/92) qui donne les variations du trafic dans le temps, la vitesse des véhicules ainsi que sa composition en silhouettes;

- Le système AP16 qui permet de peser les essieux et de les classer 1 en 1 tonne de 0 jusqu'à 20 tonnes. Le système a été utilisé au cours des mois de Février, Mars, Août et Septembre 1992.

II / PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

2.2 Le système SL4:

L'exploitation des résultats de mesures du système SL4 (du 16/04/92 au 31/09/92), montre que sur la section considérée, le trafic est composé en moyenne de 88% de véhicules légers (voitures et camionnettes) .

Le trafic lourd (environ 12% du trafic global) est composé de 60 % de camions solidaires dont le poids total en charge (PTC) réglementaire est limité à 26 tonnes. Le tableau N° 4 ci-dessous, présente la composition moyenne du trafic .

TABLEAU N° 4 : COMPOSITION DU TRAFIC

N CATEGORIE	DESIGNATION	% DANS LE TRAFIC	EXEMPLE DE SILHOUETTE
1	VOITURES ET CAMIONNETTES	87.8 %	
2	CAMIONS	7.5 %	
3	AUTOCARS AUTOBUS	2.1 %	
4	CAMIONS MI-ARTICULES	1.8 %	
A	AUTRES	0.8 %	

L'analyse de l'évolution de la composition du trafic pendant les mois concernés par les mesures a permis de faire les constatations suivantes:

- D'une manière générale, la composition du trafic n'a pas subi de fortes fluctuations en fonction du temps;

- La catégorie des voitures et camionnettes atteint son maximum de 89,6% au cours du mois d'Août.

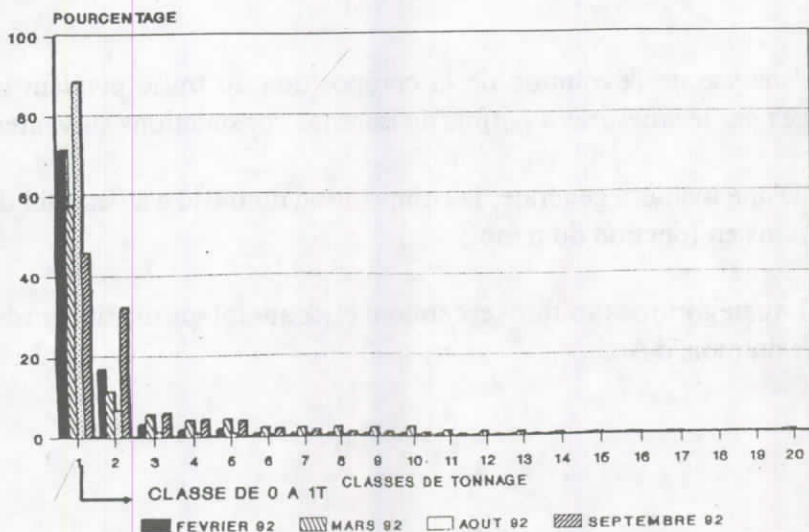
2.3 Le système AP16

Les campagnes de pesage dynamique des essieux des véhicules effectuées moyennant le système AP16 ont concerné la voie de droite dans le sens Kénitra Rabat (même voie que les planches de GVC).

La figure ci-dessous présente la répartition des poids des essieux; lourd (poids supérieur à 2 tonnes) pour les différentes campagnes de pesage effectuées. On constate que:

- La proportion des essieux de la classe de tonnage 0 à 1 tonne est très élevée dans le trafic global (elle varie de 46 à 88% selon les mois);
- La proportion des essieux légers (0 à 1 tonne) varie selon les mois et a atteint un maximum de 88% au cours du mois d'Août qui correspondait à une forte augmentation du trafic léger.

HISTOGRAMME DE REPARTITION DES POIDS
DES ESSIEUX
(EVOLUTION DANS LE TEMPS)



III/ AGRESSIVITE

Dans le calcul de l'agressivité l'effet de superposition des essieux tendems et tridems sera négligé. Ainsi l'agressivité sera calculée à partir de la formule suivante:

$$K = \sum_i \frac{(P_i)^a}{13} y_i$$

Dans laquelle:

Pi: Centre-classe des poids des essieux.

Pi: Pourcentage des essieux dans la classe considérée;

a: Facteur essentiellement lié à la structure de la chaussée

(a= 12 pour les structures en graves hydrauliques).

La connaissance du coefficient d'équivalence permet de transformer le trafic en essieux de 13 tonnes.

En conclusion pendant la période de suivi (26 mois) on estime un trafic cumulé de 5.240.000 véhicules qui est équivalent à 500.000 essieux de 13 tonnes.

E/- CONCLUSION GENERALE

Après une période de 26 mois sous un trafic cumulé de 5.240. 000 véhicules (environ 500.000 essieux de 13 tonnes), le comportement des planches expérimentales peut être résumé ainsi:

-l'uni réputé mauvais (pour la classe de trafic To) depuis la mise en service pour les planches dépourvues de GBB (P3 et P4) et acceptable pour les planches P1 et P2, n'a pratiquement pas changé. A signaler que le même uni serait considéré acceptable s'il s'agissait des classes de trafic T3 et T4;

- les planches de GVC présentent un bon comportement structurel mis en évidence par des mesures de déflexion et de rayons de courbures;

- la surface des planches expérimentales présente globalement un bon état visuel (quelques dégradations très localisées ont été constatées). Des fissures surtout transversales réparties d'une manière plus ou moins homogènes, ont été constatées sur les planches P3 et P4. Elles sont plus accentuées dans la planche P4 qui correspond à un taux de ciment de 6%. Pour les planches P1 et P2 où la couche de GVC est surmontée d'une couche de GBB, il y a absence de fissures en surface.

Le trafic cumulé qui a affecté les sections pendant 26 mois est équivalent pour un taux d'accroissement du trafic de 6% et un pourcentage de poids lourd de 35%, à:

- un trafic de classe T3 pendant une durée de vie de 20 ans;
- un trafic de classe T2 pendant une durée de vie de 10 ans.

Ainsi, sur la base des résultats de cette expérimentation, on peut conclure que la grave villafranchienne améliorée au ciment peut être utilisée en couche de fondation ou en couche de base avec une épaisseur de 20 cm et un pourcentage de 4% de ciment.

Dans le cas de son utilisation en couche de base des dispositions particulières, sont à prévoir pour améliorer l'uni, notamment pour la classe de trafic T2 et ce soit par l'amélioration de la mise en oeuvre soit par sa correction éventuelle moyennant une couche de roulement convenable.

Suite aux résultats concluants de l'expérimentation de la GVC on recommande ce qui suit:

-adopter une structure de 20 GVC à 4% de ciment + RS dans les cas suivants:

- * un support de classe S2 au moins sinon une couche de forme qui permet de se ramener à un support de classe S2 est nécessaire (1)
- * une classe de trafic inférieure ou égale à T2;

-élaborer une directive sur les graves traitées au ciment qui permettra d'orienter le lecteur sur les détails de la technique (spécifications des matériaux, fabrication et mise en oeuvre, contrôle des travaux);

N.B.:

-Dans la mesure où l'identification du Villafranchien, ne met pas en évidence une différence notable avec le matériau expérimenté la formulation adoptée lors de l'expérimentation reste valable. Dans le cas contraire, ceci ne condamne pas la technique mais nécessite une étude de formulation au laboratoire.

(1) Pour cela se référer à la refonte de catalogue des structures types de chaussées neuves

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Guide pour l'auscultation des chaussées à assises traitées au:: hydrauliques (semi- rigides) LCPC 1979.
2. Directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves ciment LCPC Mars 1969.
3. Rapport de synthèse de l'expérimentation en renforcement de technique de grave- ciment (RP3 du PK 52+300 au PK 53+ 600) CNER juillet 1 990 .
4. Rapport LPEE " Recherche sur le traitement au ciment des matériaux villafranchiens de Lalla Mimona dossier N° 891641 601.
5. Rapport LPEE " Expérimentation GVC (villafranchien traité au c i m e n t) Dossier N° 90164 1 131 4.
6. Coopération Maroc-Finlandaise - Analyse fine du trafic routier RP2 Pk 14. Exploitation des résultats d'analyse. CNER. Novembre 1992.