

NOUVELLES TECHNIQUES D'ENTRETIEN
ET DE RENFORCEMENT DE CHAUSSEES
ELEMENTS DE CHOIX DE TECHNIQUES
ADAPTÉS

A. MANAL (CERIT - LPÉE)

Les techniques nouvelles d'entretien et de renforcement de chaussées qui seront évoquées dans le présent article peuvent être classées dans deux catégories.

La première catégorie qui englobe des techniques qui figurent déjà dans ces documents normatifs édités par la DRCR et dont la généralisation en matière d'entretien de chaussée n'a pu être effectuée pour une raison quelconque. C'est le cas de certaines techniques qui figurent déjà dans le manuel de renforcement de chaussées revêtues et dans le nouveau catalogue des structures de chaussées.

La seconde catégorie qui englobe des techniques purement nouvelles, mais qui découlent de techniques déjà existantes, ces techniques peuvent donc en principe être adoptées sur le terrain moyennant quelques adaptations en matière de choix de matériaux, c'est en général le cas des différentes formules d'enrobés bitumineux qui seront exposées.

Les enrobés à froid seront traités dans d'autres exposés et donc ne feront pas objet du présent article.

TECHNIQUES NOUVELLES

Ces techniques concernant deux types de travaux:

- 1 - Les travaux de renforcement
- 2 - Les travaux de renouvellement de couche de surface

Les travaux du petit entretien courant ne seront pas abordés.

1 - LES TECHNIQUES DE RENFORCEMENT :

Les techniques présentées sont les suivantes :

- le renforcement par utilisation de matériaux locaux de type GNC GND et MHN ;
- le renforcement par retraitement de chaussée en place ;
- le renforcement par grave émulsion.

a. Matériaux GNC, GND et MHN

Les spécifications relatives à ces matériaux ont été définies dans le manuel de renforcement de chaussée revêtues et ont été reprises dans la nouvelle version du catalogue marocain des structures de chaussées neuves.

Ces spécifications constituent une révision à la baisse des caractéristiques exigées en matière de dureté, de propreté et de granularité par rapport à un matériau de référence GNB, qui constituait auparavant le matériau de caractéristiques minimales pour figurer en couche de base.

L'utilisation de ces matériaux est donc d'actualité dans le cadre du programme national d'aménagement de routes rurales. La mise en oeuvre de ces matériaux ne diffère en rien de celle des autres GNT (GNF, GNB et GNA). Les spécifications de ces matériaux se présentent comme suit:

G.N.C _____

- granularité: fuseau GNB
- angularité: $IC > 30$
- $LA < 35$ et $MDE < 30$ avec règle de compensation permettant un écart maximum de 5 points par rapport à ces valeurs.
- propreté: $IP < 6$ en zone non aride et $IP < 12$ en zone aride.

G.N.D _____

Granulométrie

- courbe continue 0/31,5
- angularité†: matériau roulé

Dureté

- $LA < 40$ et $MDE < 35$ avec règle de compensation
- MDE non retenu en zone aride

M.H.N _____

- granulométrie D max†: 20 ± 40

Dimension du tamis 20 aux normes britanniques	Pourcentage passant			
	Dimension nominale maximale			
	37,5 mm	20 mm	10 mm (1)	5 mm (1)
37,5 mm	100	-	-	-
20 mm	80 - 100	100	-	-
10 mm	55 - 80	80 - 100	100	-
5 mm	40 - 60	50 - 75	80 - 100	100
2,36 mm (N°7)	30 - 50	35 - 60	55 - 80	80 - 100
1,18 mm (N° 14)	-	-	40 - 65	55 - 80
600 m (N° 25)	15 - 30	15 - 35	-	30 - 60
300 m (N° 52)	-	-	20 - 40	20 - 45
75 m (N° 200)	5 - 15	5 - 15	10 - 20	10 - 25

(1) A ces matériaux 0/10 et 0/5 mm on peut ajouter jusqu'à 35 % de matériaux 10/40 ou 5/40 selon le cas quelque soit leur granulométrie.

- angularité : peuvent être en partie concassés pour être réduit à 0/40
- propreté : IP < 6 zone non aride IP < 12 zone aride
- dureté non spécifiée, mais on peut adopter: LA < 40
- éviter les matériaux altérés pouvant se désagréger
- CBR supérieur à 80, après 4 jours d'immersion à 100 % de l'OPM (95 % de l'OPM).

b - Le retraitement de chaussées en place

Le retraitement de chaussées en place est une opération qui consiste à récupérer tout ou partie d'un corps de chaussées existant pour créer une nouvelle couche d'assise de chaussées. Ceci peut être réalisé avec ou sans apport de matériau et avec ou sans apport de liant hydraulique ou hydrocarboné.

Le manuel de renforcement de chaussées revêtues, présente dans sa note annexe n° 4 une typologie de chaussées susceptibles de faire l'objet d'une opération de retraitement en place. Il présente également les techniques de retraitement de ces chaussées avec ou sans apport de liant hydraulique.

Les tableaux ci-après résument la typologie des chaussées et les techniques retenues.

Il est à noter qu'il existe des techniques de retraitement des chaussées à l'émulsion de bitume qui est en fait une technique ancienne, mais qui connaît actuellement un nouveau développement dans certains pays (Etats-Unis et France notamment).

La technique de thermorégénération peut être classée dans cette catégorie si elle concerne une forte épaisseur bitumineuse. Elle consiste en un fraisage des couches bitumineuses supérieures et la réutilisation des fraisats pour refaire la couche de surface avec éventuellement adjonction de liant et correction granulométrique, d'où une économie importante de matériaux.

Catégorie	Nature des matériaux constitutifs			Couche de surface
	Fondation	Couche de base	Renforcement	
1		pierre cassée	--	enduit superficiel ou enrobé bitumineux
2		pierre cassée	--	
3		pierre cassée	--	
4 a	assise non liée		--	
4 b	assise non liée (e < 20 cm)		--	faïencé de faible épaisseur e < 4 cm
5 a	assise non liée (e > 20 cm)	pierre cassée	assise non liée (e < 20 cm)	
5 b	blocage	pierre cassée	assise non liée (e > 20 cm)	

Opération type	Dislocation	Concassage ou tri à la main	Malaxage		Apport matériau	Apport liant	compactage nivellement
			engins simple	engins puissant			
RT 1	pour mémoire		a	b			pour mémoire
RT 2			a	b			
RT 3			a	b			
RT 4			a	b			
RT 5				b			
RT 6				b			

Opération non nécessaire ou inefficace

TRAVAUX REALISES SUIVANT LE TYPE DE RETRAITEMENT Rti

TABLEAU 3

NATURE DES TRAVAUX REALISES			
Catégorie de chaussée	Reprofilage	Reconstitution de couches de base défaillances	Renforcement de structure par augmentation d'épaisseur et de caractéristiques mécaniques
1	RT 1a sur $e < e_{pc}$	RT2a-b (sol sableux sous jacents + pierre cassée : $e > e_{pc}$) RT 3a-b	RT 4a-b
2	RT 1a sur $e < e_{pc}$	RT 5b et RT 6b en utilisant le blocage ou RT 3b sans utiliser le blocage	RT 6b en utilisant le blocage en place ou RT 4b sans utiliser le blocage ou avec blocage tendre
3 et 5 a	RT 1a sur $e < e_{pc}$	RT 2b et RT 3b épaisseur minimale 15 cm	RT 2b RT 3b (minimum 10 cm de matériau d'apport)
4 a	RT 1a sur $e < e_{TV}$ avec 15 cm min	RT2 - b si épaisseur minimale de 15 cm possible RT 3b épaisseur finale d'au moins 20 cm	RT 4b avec épaisseur finale d'au moins 20 cm
4b et 5b	RT 1a - b sur $e = 15 \text{ à } 20 \text{ cm}$	RT 2a - b sur 15 cm d'épaisseur RT 3b sur 20 cm d'épaisseur	TR 2b sur 20 cm d'épaisseur

e_{pc} = épaisseur de la pierre cassée en place

e = épaisseur du retraitement

e_{TV} = épaisseur de tout-venant en place

c - Le renforcement par grave - émulsion

Bien qu'encore très peu utilisée au Maroc, cette technique figure déjà du manuel de renforcement de chaussées revêtues. La teneur en bitume résiduel est en général comprise entre 3 et 4 %.

L'émulsion utilisée est de type cationique à 65 % avec un liant de base 80/100 ou 40/50.

Les spécifications généralement retenues pour cette technique sont les suivantes :

- granularité : 0/14 ou 0/20
- performance :

- * compacité LCPC en % > 85
- * résistance à la compression bitume 80/100 > 30 bars
- * résistance à la compression bitume 40/50 > 40 bars
- * rapport RH/RS > 0,55

2 - LES TECHNIQUES DE RENOUVELLEMENT DE COUCHE DE SURFACE :

Les techniques présentées concernent les enrobés bitumineux à chaud et les techniques anti-remontées de fissures.

a - Famille des enrobés à chaud

Elle comprend :

- les enrobés épais : $e > 4$ cm
- les enrobés minces : $2,5 \text{ cm} < e < 4 \text{ cm}$ (BBM)
- les enrobés très minces: $1,5 \text{ cm} < e < 2,5 \text{ cm}$ (BBTM)
- les enrobés ultra minces: $e < 1,5 \text{ cm}$ (BBUM) qui ne sont pas présentés dans cet article.

* Les enrobés épais sont les enrobés classiques 0/10 et 10/14.

* Les enrobés minces ont pour objectif d'assurer à l'usager la sécurité et le confort par reprise des dégradations superficielles, tout en protégeant les couches inférieures grâce à leur imperméabilité.

Mis au point dans un souci d'économie, ces enrobés, différents des bétons bitumineux classiques, ne pouvant être appliqués en 4 cm (difficultés d'obtention de la compacité) par la présence d'une discontinuité granulaire avec parfois du sable roulé pour augmenter la maniabilité et par la présence de davantage de fines. Les compositions types de ces enrobés sont données ci-après :

Formule type	1		2		3	
0/D Discontinuité fractions nécessaires	0/10 2-6-3 0/2 - 6,3/10	0/14 2-10 0/2 - 10/14	0/1 4-6,3 0/2,2/4-6,3/10 ou 0/4 - 6,3/10	0/14 4-6,3 0/2 , 2/4 6,3/10 - 10/14 ou 0/4 - 6,3/10 10/14	0/10 4-6,3 0/2,2/4 6,3/10 ou 0/4 - 6,3/10 0/2 roulé	0/14 4-6,3 0/2,2/4-6,3/10 - 10/14 ou 0/4-6,3/10-10/14 0/2 roulé
Passant (mm) Tamis 14		100	100		100	100
" 10	100	33	75	100	76	76
" 6,3	35	33	50	53	50	50
" 4	35	33	50	53	50	50
" 2	35	33	35 (*)	38 (*)	32 (*)	32 (*)
" 0,08	8 (**)	8 (**)	11 (**)	8 (**)	8 (**)	8 (**)
Teneur moyenne en liant PPC	5,7	5,7	6	6	5,7	5,7
Pénétrabilité du liant ***	60/70 ou 40/50	60/70 ou 40/50	60/70 ou 40/50	60/70 ou 40/50	60/70 ou 40/50	60/70 ou 40/50
Epaisseurs moyennes en cm	3 à 4	4	3 à 4	4	3 à 4	4

* Valeurs obtenues avec fraction 0/2 et 2/4.

** Les fines seront constituées par les fines du sable concassé et par des fines d'apport.

*** L'emploi du 40/50 est, en fait, limité à la zone climatique 1 altitude < 500 m (recommandation sur les enrobés SETRA, Décembre 1979).

* Les enrobés très minces ont pour objectif de restaurer ou de conserver économiquement l'intégrité des couches de surface. Ils n'apportent rien sur le plan structurel et peuvent apporter une solution à l'adhérence, l'étanchéité et l'imperméabilité des supports fissurés. Ils sont obligatoirement mis en oeuvre après une couche d'accrochage fortement dosée (de 350 g/m² à 600 g/m² de liant résiduel). Leurs caractéristiques sont résumés dans le tableau ci-après.

Classification	Epaisseur (cm)	Objectifs	Domaine d'emploi	Granulométrie	Fabrication	Mise en oeuvre
Enrobés à chaud	1,5 à 2,5	Adhérence imperméabilisation	Entretien voirie urbaine Possibilité couche d'usure sur autoroute	0/6 - 0/8 - 0/10 discontinu 0/2 concassé sable alluvionnaire sable éolien	Fourchettes de t° globale 120 °C à 180 °C unité mobile liant 70 à 230 °C prémalaxage si additif introduit dans le malaxeur	- Couche d'accrochage. Emulsion > 350 g/m ² Parfois émulsion à liant modifié - Répandage finisseur ou niveleuse - Compactage tandem + pneus ou tandem seul
Enrobés à chaud	0,5 à 1,5	Adhérence Etanchéité imperméabilisation	Couche d'usure sur Autoroute Entretien voirie urbaine	0/8 - 0/10 entièrement concassé	Fabrication et mise en oeuvre à froid avec matériel spécifique	
Coulis bitumineux	0,5 à 1,5	Etanchéité imperméabilisation Insonorisation	Entretien couche de surface trafic moyen à faible	0/4 ou 0/6 sables fillerisés	Répandage en 1 ou 2 couches par cadre tiré. Pas de compactage ou compactage léger après rupture (20 à 45).	

b - Les techniques anti-remontées de fissures

Ces techniques reposent sur deux modes d'action :

- Limiter la fissuration de l'assise traitée.
- Ralentir, voire empêcher, la remontée de la fissure à travers la couche de roulement.

Les techniques les plus efficaces qui sont associées à ces actions sont respectivement:

- La préfissuration et la sciage, techniques couramment utilisées pour la chaussée en béton au niveau des chaussées aéronautiques déjà réalisées au Maroc et au niveau des chantiers expérimentaux de la DRCR (CT 1063 et CT 1213).
- Les couches de roulement (appelées complexes bicouches) comportent à leur base une membrane en sable enrobé à forte teneur en liant ou en géotextile imprégné de liant. Cette dernière technique a déjà été testée sur des chaussées aéronautiques au Maroc.

ÉLÉMENTS DE CHOIX DES TECHNIQUES ADAPTÉES

1 - ÉLÉMENTS DE CHOIX : CRITÈRES GÉNÉRAUX :

Les éléments de choix généralement retenus pour l'adoption d'une solution parmi d'autres, sont les suivants:

Pour les renforcements de chaussées

- L'inventaire des matériaux existants
- L'environnement hydrique et géotechnique
- Le trafic
- L'état de la structure en place et notamment au niveau de la couche de base
- Les données d'uni (planéité)
- Les données de déflexion

Pour les renouvellements de couche de surface

Les critères ci-dessus sont toujours valables, mais l'accent est mis sur les points suivants :

- la déflexion,
- la planéité,
- le bruit tolérable,
- l'adhérence nécessaire.

2 - CAS DES RENFORCEMENTS DE CHAUSSEES :

a - matériaux GNC, GND et MHN

La grave GNC est habilitée à figurer en couche de base pour les trafics de classe T4 et T3-. Ces matériaux doivent recevoir une couche de surface en enduits superficiels bicouche.

La grave GND et les matériaux MHN sont habilités à figurer en couche de base pour la gamme de trafic T5. Une couche de surface en enduits superficiels monocouche minimum est nécessaire. En dehors de l'aspect lié à la disponibilité de ces matériaux, le critère de choix est donc essentiellement le trafic.

b - La grave émulsion

Ce matériau aux caractéristiques intermédiaires entre une grave non traitée GNA et une grave bitume GBB, présente des possibilités intéressantes pour la gamme de trafic intermédiaire T3+, T2 et T1-. Le manuel de renforcement le préconise pour la gamme T3+ et T2.

Cette solution est particulièrement intéressante au niveau des itinéraires où l'environnement géotechnique est défavorable avec existence de mouvements d'ensemble qui empêche toute adoption de solution plus rigide en GBB par exemple, et au niveau des itinéraires à très forte déflexion (> 250 1/100 de mm). Une température de 12 cm est un maximum.

Cette technique est cependant assez pointue et demande des précautions particulières au niveau de la mise en oeuvre. Une couche de surface en ES bicouche ou en EB nécessaire.

c - Les retraitements de chaussées en place

Les techniques dites 'classiques' sont en général réservées aux trafics moyens à faible. Les critères essentiels de choix sont les suivants :

- trafic faible (T5 , T4 voire T3-)
- pénurie de matériaux nobles
- existence d'un déficit de couche de base.

Ces techniques peuvent également être retenues comme mesure d'accompagnement quant il s'agit d'un reprofilage avant pose de couche de base nouvelle.

En ce qui concerne la thermorégénération, elle est en général préconisée au niveau des zones où existent des problèmes de seuils et où la structure existante est suffisamment épaisse, notamment en ce qui concerne les matériaux bitumineux, ce qui est en général le cas pour les matériaux bitumineux, ce qui est en général le cas pour les routes à très fort trafic, pour lesquelles on revient souvent refaire la couche de surface avec un pouvoir plus ou moins renforçant.

3 - CAS DE RENOUVELLEMENT DE COUCHE DE SURFACE :

a - Les enrobés bitumineux

Comme il a été cité ci-dessus, le choix d'une couche de roulement en enrobés à chaud dépend, entre autres :

- des caractéristiques imposées par le support,
- l'adhérence nécessaire.

Les enrobés minces et très minces ont très peu de pouvoir reprofilant et structurel.

Les enrobés épais, au contraire, s'accommodent parfaitement avec un ornié-
rage et une déformabilité (déflexion) importants. Les critères de choix en
fonction des caractéristiques imposées par le support peuvent être résumées
dans le tableau suivant :

COMMENT CHOISIR UNE COUCHE DE ROULEMENT EN ENROBE

EXAMEN DES CARACTERISTIQUES DU SUPPORT

Planéité Déformations < cm	1	1,5	2,0	3,0	4,0
Déformabilité Déflexion 1/100 mm					
0 à 35	*	Très minces classique ou modifiés	Minces classiques	Epais 0/10 classiques	Epais 0/14 classiqu es
35 à 50	*	Très minces modifiés et cloutés	Minces classiques ou modifiés	Epais 0/10 classiques	Epais 0/14 classiqu es
50 à 75	*	Minces souples modifiés		Epais 0/10 classiques	Epais 0/14 ou Spécial R
75 à 120		Minces très souples modifiés		Epais 0/14R	Epais 0/14 Ou Spécial R
120 à 200		Epais ou Spécial R	Epais ou Spécial R	Epais ou Spécial R	Epais ou Spécial R

R = RE NFORCEMENT

* BBUM (examen complémentaire nécessaire)

En ce qui concerne l'adhérence, elle peut être qualifiée comme suit :

- Moyenne à insuffisante pour les enrobés épais 0/10 et 0/14 classiques et bonne pour les 0/10 cloutés.
- Moyenne à insuffisante pour les enrobés minces «microbétons» classiques 0/6 ou 0/8 et elle est bonne pour les minces discontinus, cloutés ou drainants.
- En ce qui concerne les enrobés très minces l'adhérence peut être classée de moyenne à satisfaisante.
- Les ultra-minces présentent en général une adhérence assez bonne ou moins égale à celle des très minces.

b - Systèmes anti-remontées de fissure

Ces techniques permettent globalement d'allonger la «durée de vie» d'une chaussée d'à peu près le tiers par rapport à une solution classique d'enrobés bitumineux uniquement.

Ces techniques notamment celles avec géotextile (géogrille) sont bien adaptées aux forts trafics et aux trafics lourds. Elles permettent de réaliser des apports de matériaux moindres que pour les solutions classiques dans les zones où existent des problèmes de seuils.