

TECHNIQUE DE L'ENTRETIEN ROUTIER

Rapporteur Coordinateur:

J.P. DENCAUSSE
Ingénieur, Département des
Infrastructures de Transport. LPPE.

Rapporteurs:

M. LARAICHI
Ingénieur Direction Régionale
de l'Equipement Centre.
A. OUADGHIRI
Service Conception et
Structures des Chaussées. CNER- DRCR.

I - BILAN ET EVOLUTION DES TECHNIQUES D'ENTRETIEN ROUTIER UTILISEES AU MAROC

A - Entretien des chaussées:

On distingue 4 types d'entretien pratiqués au Maroc :

- 1 - L'entretien courant .
- 2 - Les enduits superficiels .
- 3 - Les enrobés à chaud .
- 4 - Les coulis bitumineux "Slurry" (à titre expérimental) .

1 - L'entretien courant

L'entretien courant a pour objectif de conserver un niveau de service acceptable de la chaussée et des dépendances. Il est toujours effectué en régie. Ces interventions localisées sont généralement désignées sous l'appellation d'"emplois partiels".

Les deux techniques utilisées sont :

- Le point à temps à l'émulsion
- Les enrobés à froid à l'émulsion

Elles sont employées en réfections localisées pour l'entretien et pour la préparation du support avant la pose d'un revêtement d'entretien .

a) Le point à temps à l'émulsion

* Il est utilisé lors que les dégradations sont de faible profondeur (nids de poule) et de faible étendue (flaches) .

* Il consiste en répandage d'une ou plusieurs couches de liant, alternées avec des couches de gravettes cylindrées en fin d'opération .

* Il est effectué à l'aide d'un point à temps automobile qui assure le transport du personnel, du liant, de la gravette et du petit matériel nécessaire à l'opération .

* L'émulsion cationique de répandage à 65% de bitume stocké dans une citerne fixe ou dans une maison cantonnière, est utilisée comme liant .

* Les granulats mis en œuvre sont des 4/6 et 6/10 éventuellement des 10/14 . Ils sont approvisionnés le long de la section à entretenir si les dégradations sont très importantes .

* Le cylindrage est effectué avec un petit cylindre vibrant ou avec des cylindres lisses .

b) Les enrobés à froid à l'émulsion

* Ils sont utilisés lorsque les dégradations (nids de poules) deviennent plus profonds ou lorsque le support est plus déformé .

* Ils sont fabriqués à froid à l'aide d'une bétonnière à partir d'émulsion de bitume cationique d'enrobage à 65% et de granulats 4/6 et 6/10, au parc ou dans une maison cantonnière .

* Les enrobés à froid peuvent être fournis par l'Entreprise .

* Ils sont transportés par camion puis répandus à la main sur une couche d'accrochage, et cylindrés par un petit cylindre vibrant ou un cylindre lisse .

2 - Les enduits superficiels

La mise en place d'enduits superficiels a pour objet de renouveler la couche d'usure de chaussée afin d'améliorer l'imperméabilité et la rugosité de la chaussée. Elle peut être une solution d'attente d'un renforcement ultérieur .

Ils sont toujours effectués par l'entreprise et les diverses techniques utilisées sont :

- l'enduit superficiel monocouche .
- l'enduit superficiel bicouche .
- l'enduit monocouche double gravillonnage .

a) L'enduit monocouche

* L'enduit monocouche est généralement réalisé sur les routes à trafic T2, T3 et T4 .

* Le liant utilisé est le bitume fluidifié CB 400/600, éventuellement dopé en cas de support ou de granulats de roche acide . (L'utilisation de l'émulsion de bitume est déconseillée à cause du délai de rupture et de remise en service) .

* Le granulat est 6/10 pour les classes T3 et T4, et 10/14 pour T2 .

* Le monocouche est déconseillé pour les classes T1 et T0. La réussite de l'enduit reste cependant dépendante de plusieurs paramètres : (le liant, les granulats, le support, la formulation, la mise en oeuvre) .

b) Enduit bicouche

* L'enduit bicouche est utilisé sur des chaussées de trafic T1 et T0 .

2 Formules sont appliquées :

- 10/14 + 6/10 Formule continue
- 10/14 + 4/6 Formule discontinue présentant de meilleures rugosité et drainabilité .

* Le liant utilisé est :

- Soit le bitume fluidifié CB 400/600 (éventuellement dopé en cas de support ou de gravillons de roche acide), pendant la saison chaude à partir du mois de Mai (5 à 10 ans auparavant, le liant utilisé était surtout du CB 150/200) .

Le dopage le plus utilisé est un dopage à l'interface .

- Soit l'émulsion de bitume cationique (de répandage à 65% de bitume) .

Le rejet doit être balayé et ramassé manuellement ou mécaniquement (par aspiration) .

c) Enduit monocouche double gravillonnage

* L'enduit monocouche double gravillonnage est composé d'une seule couche de liant suivie de 2 couches de gravillons de granularité discontinue .

La 1^o couche de granulats 10/14 est répandue en faible dosage et la 2^o couche 4/6 vient colmater et caler les gros éléments limitant ainsi les risques de ressuage .

* Il est utilisé pour des trafics TO

* Il constitue une synthèse entre le monocouche (pour la rugosité) et le bicouche (durabilité équivalente) .

* Le liant est de l'émulsion à 69%, le risque réside dans la rupture totale avant le répandage de la 2^o couche de gravillon .

3 - Les enrobés bitumineux à chaud

Lorsque le support est déjà en enrobés ou que la majorité du réseau routier d'une D.P.E est en enrobés, ou que le trafic est supérieur à 3000 V/J, le revêtement d'entretien est effectué en enrobés bitumineux EB 0/10 .

Ce sont des enrobés classiques denses à chaud fabriqués en centrale d'enrobage et définis par les C.P.C "travaux routiers courants" .

Le dosage d'enrobés est de 90 à 100 kg/m² .

Un reprofilage préalable doit être effectué éventuellement aux enrobés EB 0/10 .

4 - Les coulis bitumineux (Slurry)

Une expérience de revêtement d'entretien en Slurry a été réalisée sur la RP 1, entre les PK 207 et 208 en 1977 .

Le Slurry est un coulis bitumineux fabriqué avec du sable et de l'émulsion de bitume et répandu à froid en couche de 5 à 7 mm d'épaisseur, soit un dosage de 8 kg par m².

Les constituants sont :

- Sable 0/5 de la carrière Sebaat Aïun
- Emulsion cationique fluide (viscosité 2 à 6°E), à 52%, dosé à 16% d'émulsion, soit 8,3% de bitume pur) .

A - Entretien des dépendances :

L'entretien des dépendances comprend :

- Le curage des fossés
- Le reprofilage des accôttements
- Le rechargement des accôttements
- La protection des talus
- Le curage des ouvrages d'assainissement

1 - Le curage des fossés

Le curage des fossés a pour objectif de rétablir l'écoulement normal des eaux et leur évacuation vers un exutoire . Il est normalement exécuté en régie avant le début de la saison pluvieuse .

Le travail s'effectue soit à la main (travail ponctuel), soit le plus souvent à la niveleuse .

En l'absence d'obstacles au delà du fossé, les matériaux extraits par la niveleuse, sont répandus latéralement . Dans le cas contraire, une reprise des matériaux est nécessaire .

2 - Le reprofilage des accôttements

Le reprofilage des accôttements permet de rétablir une pente transversale convenable aux accôttements et d'en niveller la surface .

Il est effectué en régie, à la niveleuse, l'opération est le plus souvent combinée avec le curage des fossés . Elle est parfois suivie d'un cylindrage .

3 - Le rechargement des accôttements

Le rechargement des accôttements s'effectue lorsque :

- la qualité des bas en place est médiocre .
- la dénivelée chaussée - accotement est devenue importante .

Il est effectué soit en régie, soit à l'entreprise et généralement combinée avec le curage des fossés .

Il consiste en la mise en place de matériaux sélectionnés après décaissement des accôttements .

4 - La protection des talus

La protection des talus a pour objectif de maintenir le bon état, et la stabilité des talus de déblais et de remblais .

Suivant l'importance des travaux, ceux-ci sont réalisés en régie ou à l'entreprise .

Cette opération englobe plusieurs activités :

Réparation des saignées d'érosion, le dégagement des éboulements, la plantation des talus (plantes grasses par exemple), la construction d'ouvrage de soutènement (béton, maçonnerie, gabion) et le drainage superficiel (bourelets de crête de remblai, fossé de crête de déblai, descente d'eau) .

5 - Le curage des ouvrages d'assainissement

Cette intervention consiste à réparer, nettoyer ou éventuellement remplacer tout ou partie des ouvrages d'assainissement de surface . Elle s'effectue en régie avant la période pluvieuse .

6 - L'épaulement des chaussées

Cette intervention consiste à la création de coulisse longitudinale à la jonction chaussée accotement, afin d'épauler la chaussée et d' éviter la création d'épaufrures .

Elle est réalisée en bordures coulées sur place ou préfabriquées .

C - Insuffisances et difficultés des techniques d'entretien :

1 - Chaussée

a - Le petit entretien courant

* Problèmes de liant

- Rupture trop rapide de l'émulsion (point à temps)
- Dosage difficile à maîtriser
- Manque de formulation dans le cas des enrobés à froid

b - Les enduits superficiels

* Problèmes de liant

- Mauvaise fiabilité des Cut-Backs
- Non ou mauvaise utilisation des dopes

* Problèmes d'exécution

- Granulats mouillés ou de mauvaise qualité

c - Les enrobés bitumineux à chaud

- Compacités insuffisantes par suite de la faible épaisseur des couches entre autres
- Epaisseur parfois irrégulière (selon le support)

d - Coulis bitumineux (Slurry)

- Ne permet aucun reprofilage de support
- Insuffisance de rugosité (glissance)

2 - Dépendances

- Matériau de curage laissé en cordon sur le bord du fossé
- Non curage à temps des ouvrages d'assainissement
- Mauvaise conception des ouvrages existants (buse travaillant en siphon)
- Fossés souvent non raccordés à des exutoires
- Fossés souvent obstrués par des éboulis de talus ou par les passages de riverains.

II - BILAN DE L'EVOLUTION DES TECHNIQUES DE L'ENTRETIEN ROUTIER AU NIVEAU INTERNATIONAL

A - Amélioration des techniques classiques de l'entretien routier:

1 - Chaussées

a - L'entretien courant au point à temps

Il est à noter que le matériel de point à temps, n'a pas évolué depuis 30 ans, cependant, les efforts semblent porter sur une amélioration du jet à débit réglable. Certains points à temps sont équipés d'un marteau piqueur, mais en fait, sont rarement utilisés .

Pour les liants, l'utilisation de l'émulsion à 65% de bitume avec un répandage à 55° C, permet de maintenir constante la viscosité du liant et d'éviter les bouchages de la lance .

Il est recommandé l'utilisation de granulats propres et bien calibrés, l'utilisation de granulats discontinus (10/14 - 4/6 ou 6/10 avec 2/4 ou 4/6) est conseillée .

R E M A R Q U E

Un point à temps entièrement automatique, équipé d'un train de pneumatiques sous le porteur, a été mis au point: il permet de réaliser en une passe le répandage du liant, le gravillonnage et le compactage sur des surfaces de faible dimension aussi bien en largeur qu'en longueur .

2 - L'entree courante aux enrobés à froid

. Un camion enrobeur "Lebon", permet la fabrication insitu d'enrobés à froid, il comprend :

- Un stockage de matériaux en 3 compartiments
- Un stockage d'émulsion de bitume
- Un malaxeur discontinu
- L'outillage nécessaire au découpage, nettoyage et la finition de la réparation .

Son utilisation parait pour l'instant très restreinte, on peut parler de période d'essais .

Ce camion "enrobeur" serait apte à fabriquer des enrobés denses à froid .

3 - Les enduits superficiels

a - Améliorations apportées aux matériels

- Balayeuses : Les balayeuses sont toujours du type tractées ou portées. Les balayeuses aspiratrices sont réservées au milieu urbain .

- Répandeuses: Les répandeuses de liant fonctionnent soit par :
pompe entraînée , soit par mise en pression du liant et peuvent être décrites ainsi :



Point à temps automatique

: RAMPES :	: DOMAINE D'EMPLOI :	: AVANTAGES :	: INCONVENIENTS :
: - type :	: - tout liant :	: - réglage :	: - micropeignage :
: "Leroux" :	: peu visqueux :	: continu de :	: avec liants :
: (B.P.) :	: :	: la largeur :	: visqueux :
: :	: - pas d'emul- :	: - pas d'inf- :	: - surdosage sur :
: :	: sion :	: luence de :	: l'axe :
: :	: :	: la hauteur :	: :
: :	: :	: de rampe :	: :
: :	: :	: - peu de :	: :
: :	: :	: nuisances :	: :
: :	: :	: :	: :
: - bar- :	: - tout liant :	: - pas d'inf- :	: - micropeignage :
: rettes :	: peu visqueux :	: luence de :	: avec liants :
: à trous :	: :	: la hauteur :	: visqueux :
: (B.P.) :	: :	: de rampe :	: :
: :	: :	: - peu de nui- :	: :
: :	: :	: sances :	: :
: :	: :	: :	: :
: - jets :	: - tout liant :	: :	: - réglage :
: plats :	: - :	: - bonne :	: discontinu :
: (M.P.) :	: :	: qualité du :	: de la largeur :
: :	: :	: répandage :	: :
: :	: :	: :	: :
: - jets :	: - tout liant :	: - adapté à :	: - réglage :
: coniques :	: :	: tous les :	: discontinu de :
: (H.P.) :	: :	: liants :	: la largeur :
: :	: :	: :	: :
: :	: :	: :	: - projections :
: :	: :	: :	: importantes :
: :	: :	: :	: :
: :	: :	: :	: :

On note l'apparition récente de deux améliorations importantes :

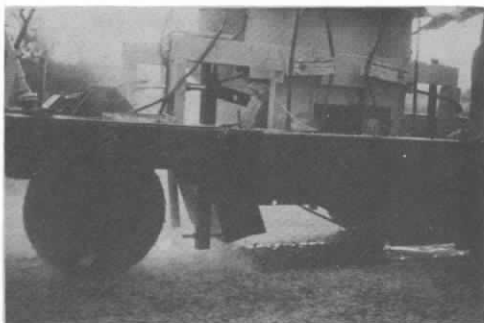
- La radiocommande de la rampe de répandage, permettant à l'opérateur de s'éloigner de la zone des pulvérisations et fumées,

- Un dispositif électronique calculant et régulant en permanence la vitesse de rotation de la pompe nécessaire à l'obtention du dosage choisi, en fonction de la vitesse d'avancement du véhicule, pour la densité du liant affichée et le nombre de pulvérisateurs en service .

- Gravillonneuses :

les gravillonneuses utilisées, sont toujours de type portées (le plus répandu), poussées et automoteurs . Cependant, tous ces matériels sont l'objet de critiques .

Un gravillonneur a été mis au point à titre expérimental comportant deux trémies et deux rouleaux de distribution permettant de réaliser un enduit double gravillonnage en une seule passe .



Bigravillonneur

- Compacteurs : En dehors des compacteurs à pneus qui donnent totale satisfaction, des essais ont été effectués avec succès pour des cylindres lisses, munis de bandage en caoutchouc .

- Balayeuses pour élimination du rejet : On utilise les balayeuses aspiratrices, des balayeuses ramasseuses mécaniques ou des balayeuses simples .

b - Améliorations apportées aux liants

Les liants classiques sont présentés dans le tableau ci-après :

:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:	:	:
:		

Les liants améliorés :

l'amélioration des liants se fait par adjonction de polymère dans un liant classique. Les liants améliorés ont une meilleure cohésivité et une faible susceptibilité thermique, une bonne adhésivité étant réalisée par dopage dans la masse .

Leur domaine d'emploi est généralement celui des routes à fort trafic (TO, T1) et des zones fortement agressées (virages, carrefours, etc ...).

Ces liants fabriqués par des entreprises, ne sont connus que sous des appellations commerciales et leur composition est ignorée, citons :

.. COLASPHALTE E 1015	/ bitume fluxé
.. STYRELF 103	/ bitume fluxé
avec un solvant pétrolier	
.. COLACID R 69 P	/ émulsion
.. ACTIFLEX	/
.. NEOFLEX	/ émulsion
.. NEOLASTIC	/
.. VIAPRENE	/ bitume fluxé
.. MICPRENE	/ avec un solvant
	/ pétrolier

Cette liste n'est pas exhaustive .

Il existe aussi des liants améliorés par l'adjonction de résine epoxy pour des enduits à haute performance (coût 10 à 15 fois un enduit classique) .

Sur le plan international, l'identification et la caractérisation des liants classiques et améliorés, restent à l'ordre du jour .

c - Amélioration des granulats

Le souci de qualité du granulat, conduit à l'exigence du respect des normes et directives en vigueur .

L'amélioration de l'adhésivité en plus des dopages, peut s'effectuer par des préenrobages des granulats (préenrobage à l'émulsion et à chaud ou laquage) .

d - Evolution des formulations

Les formules classiques (monocouche, monocouche double gravillonnage et bicouche), sont utilisées .

Dans le cas de chaussées fissurées à fort trafic, il a été utilisé une formule avec un dosage élevé en première couche en liant élastomère (3 kg/m²) .

A titre indicatif on présente 2 formulations d'enduit monocouche au liant amélioré Néolastic à base d'émulsion cationique .

: Structure de	: liant Néolastic	: Granulats 6/10	:
: l'enduit	: Kg/m ²	: l / m ²	:
: Formule 1	: 1,66	: 10	:
:	:	:	:
:	: à 68%	:	:
: Formule 2	: 1,6	: 8	:
:	:	:	:

4 - Les enrobés bitumineux à chaud

a - Amélioration des liants

En dehors des liants classiques, des liants améliorés au polymère ont été utilisés suivant la composition spéciale du liant .

On peut citer les enrobés à base de bitume élastomère griflex - sacerflex, des bitumes caoutchouc flexochape, gracole caoutchouc, etc ...

Ces liants ont été créés afin d'améliorer l'adhésivité, la cohésivité, la résistance à l'allongement et à la fatigue .

* Evolution des formulations

Formule mixte d'enrobés

"Des formules mixtes" composées d'enrobés classiques reconstitués avec des matériaux d'origines différentes ont été expérimentées .

Ces formules sont basées sur des sables calcaire (tendres, mais ayant une forme adhésivité), alors que les gravillons devront parvenir de roches dures .

En France les limites sont les suivantes :

. Fraction calcaire ≤ 4 mm pour T0 et T1
 $\leq 6,3$ mm pour autres trafics

. Dureté calcaire inférieure à + 5 points de la valeur exigée

. exemple : pour T1 (France) LA $\leq 20 \rightarrow$ LA < 25
 (gravillon) $\rightarrow$ (calcaire)

Des formulations pour entretien de chaussées souples, sont en cours d'élaboration en France .

2 - Dépendances

a - Curage des fossés et traitement des talus

Le matériel d'entretien est classé en deux catégories :

* Engins spécialisés :

La fraise portée par des tracteurs agricoles, projette les terres au delà des fossés .

La chargeuse pelleteuse, munie à l'avant d'un godet de chargeur classique et à l'arrière d'une pelle hydraulique, permet (éventuellement de forme trapézoïdale) .

Le reprofilage des fossés .

* Engins polyvalents :

- Pelles hydrauliques pour les travaux de déserbage et débroussaillage .

b - Reprofilage des accôttements

Il est parfois utilisé une pelle hydraulique et même des chargeurs pelleteuses surtout quand cette opération est combinée avec le curage des fossés .

B - Développement des techniques nouvelles

1 - Traitement des couches de roulement

a - Cloutage d'enrobés

Le cloutage d'enrobés consiste à enchasser des granulats (10/14 ou 16/18) appelés "clous" dans des matériaux enrobés (enrobés support) .

Ceci permet de séparer la fonction adhérence pneu chaussée des autres fonctions .

On peut donc clouter avec des gravillons "durs" des enrobés fabriqués avec des granulats plus tendres .

Les clous sont des gravillons préalablement laqués, c'est-à-dire enrobés à chaud au bitume pur, au moins une semaine avant utilisation à des dosages de 0,5 à 1% de bitume, pour le mottage des granulats . Ils sont répandus après le passage du finisseur à des dosages de 3,7 à 5 l/m² .

Leur répandage est réalisé à l'aide de clouteuses automotrices, tractées ou poussées .

L'enchassage des clous est réalisé rouleau lisse en tête .

b - Enrobés en couches minces

Ce sont des enrobés à mettre en oeuvre en 3 ou 4 cm

Le principe de constitution est basé sur :

. Une discontinuité granulaire (suppression d'une fraction 4/6 ou 2/6 ou 2/10.),

. Une augmentation des fines,

. Une incorporation éventuelle de sable roulé .

Ce type d'enrobé exige des supports très peu déformés, leur fabrication et leur mise en oeuvre est assez délicate (problème de ségrégation, d'humidité des sables, de refroidissement des enrobés) .

c - Les enrobés en couches très minces

Ce sont des enrobés dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 2,5 cm .

Il existe des techniques qui sont souvent des procédés d'entreprise et que l'on peut classer en :

- . Enrobés à chaud (sable enrobés, coulis bitumineux)

- . Microbétons bitumineux coulés à froid (à base d'émulsion modifiée par des élastomères et des granulats 0/8 à 0/10, nécessitant un matériel spécifique) .

Pour l'instant, cette technique est réservée aux voiries urbaines, mais un important effort de recherche est en voie dans cette direction .

Elle nécessite bien évidemment des supports très peu déformés .

d - Scellement des fissures

Le but de cette opération est de rétablir l'étanchéité de la couche et de fixer les gravillons en position de fragilité aux bords des lèvres de la fissure .

On distingue trois méthodes de scellement :

- . La pénétration :

Consiste à introduire de façon gravitaire un liant ou produit d'étanchéité .

- . Le garnissage :

Consiste à faire une saignée qui est alors garnie par un produit d'étanchéité, (bien adaptée aux fissures rectilignes entre bandes d'enrobé) .

- . Le pontage :

Consiste à réaliser un répandage de mastic en faible surépaisseur, sur une largeur de 5 à 15 cm à cheval sur la fissure .

2 - Régénération des couches en place

Des techniques de régénération des couches de surface en place ont vu le jour, et font appel à :

- Des actions mécaniques

- . Rabotage (raclage à la lame)

. Fraisage à froid ou après réchauffage de la surface (largeur de 0,50 à 4,0 m, profondeur _ 6 cm suivant les appareils) .

. Striage et rainurage (largeur 0,5 à 2,00 m, profondeur 0,8 à 4 cm) .

- des actions thermiques et mécaniques

. Thermoreprofilage :

.. chauffage, scarification, nivellement et récompactage des matériaux en place (largeur 2,5 à 4 m, profondeur 3 cm) .

. Thermorégénération avec apport :

.. chauffage, scarification, enlèvement et mise en oeuvre d'une nouvelle couche mince (largeur 2,5 à 4 m, profondeur 3 à 6 cm) .

- recyclage des enrobés

Deux types de techniques, sont utilisées :

.Recyclage en centrale :

- . Nécessite des centrales spécialement équipées (T.S.E)
- . Permet d'utiliser des enrobés anciens pour 50 à 65% du nouvel enrobé .
- . Nécessite un ancien enrobé encore de bonne qualité (fissures, décollement) .
- . Nécessite une étude et une connaissance sérieuse de l'homogénéité des enrobés anciens .
- . Dans le cas d'enrobés peu homogènes, le taux de réutilisation devient plus faible 15 à 20% .

- Recyclage en place :

- . Supprime par rapport au précédent les dépenses de transport
- . Nécessite une machine spéciale assurant le rechauffage, l'approvisionnement d'enrobés correcteurs ainsi qu'une machine de recyclage en place .

III - O R I E N T A T I O N S \

A - Chaussée :

1 - L'entretien courant

. Promouvoir des stages de formation pour les chefs d'équipe, chefs de brigade et chefs de secteur .

. Rétablir des brigades d'entretien aussi complètes que possible .

. Mise à jour de guide technique, précisant l'identification, la caractérisation, la réception et la formulation des liants, et des enrobés à froid à l'usage des chefs de secteur et de brigade .

2 - Les enduits superficiels

. Promouvoir des stages de formation aussi bien pour l'Administration que pour l'Entreprise, pour cadres moyens en particulier :

- .. programmation et planification
- .. techniques et mise en oeuvre, contrôle, etc ...

. Instaurer des guides d'acceptation du matériel

. Introduire du matériel nouveau (répandeuse avec radiocommande dispositifs de régulation de débit-vitesse) .

. Prévoir la possibilité de l'utilisation de cylindre lisse à bandage caoutchouc .

Il est recommandé de généraliser l'emploi de l'émulsion cationique (au lieu du bitume fluidifié) en raison de sa souplesse d'emploi et de ses avantages technico-économiques (utilisation en arrière saison sans dope, même si le gravillon ou le support sont humides, excellente adhésivité sur tous les matériaux quelle que soit leur nature, utilisation pratiquement à froid ou avec léger chauffage .

3 - Les enrobés bitumineux à chaud

. Dans le cas des faibles épaisseurs, introduire les formules discontinues (si support peu déformé) .

. Dans le cadre de l'utilisation des produits locaux, il est recommandé d'introduire les formules mixtes d'enrobés (granulat de dureté différente) .

. Dans le cadre d'utilisation des produits locaux, introduire les techniques de cloutage sur enrobés fabriqués avec des granulats polissables .

. Prévoir l'utilisation des coulis bitumineux sur bande d'arrêt d'urgence et accôttements stabilisés à la place du revêtement.

B - Dépendances:

. Formation du personnel pour la conduite des engins et pour l'encadrement .

. Pour les chaussées neuves en terrain plat, il est recommandé de réaliser les chaussées sur un léger remblai pour assurer l'assainissement correct de la plate forme .

. Dans les zones de déblais instables, prévoir des risbernes pour faciliter l'entretien et éviter le comblement des fossés

C - Nouveaux axes de recherches :

*1/ - Enduit superficiel

- . Recherche de nouvelles qualités de liants composés
- . Inciter les entreprises à développer les expérimentation de nouveaux produits .

*2/ - Enrobés bitumineux à chaud

- . Etablir de nouvelles directives, concernant les enrobés spéciaux pour chaussées souples .
- . Etude de faisabilité des différentes techniques de régénération de surface pour couche d'enrobés .

*3/ - En général, prévoir des crédits pour l'expérimentation des nouvelles techniques d'entretien .

*4/ - Elaboration et diffusion de directives marocaines pour l'entretien avec des guides de chantier .