

**ROYAUME DU MAROC  
MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS**

**RECOMMANDATION POUR LA REALISATION  
DES ENROBES COULES A FROID**

**DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIERE**

# SOMMAIRE

<b>CHAPITRE I DEFINITION, DOMAINE D'APPLICATION ET CLASSIFICATION DES ENROBES COULES A FROID.....</b>	<b>3</b>
1 –DEFINITION DU PRODUIT : .....	3
2 – DOMAINE D'APPLICATION DE LA TECHNIQUE : .....	3
a) <i>En cas de revêtement de l'ancienne couche de roulement</i> : .....	3
b) <i>En cas de renouvellement de la couche de base</i> : .....	4
3 – CLASSIFICATION DES ECF : .....	4
<b>CHAPITRE II NATURE, QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX.....</b>	<b>5</b>
4- MELANGE DES GRANULATS.....	5
5 – FILER.....	5
6- EMULSION : .....	5
7 – CONTROLE DE QUALITE DES MATERIAUX AVANT ENROBAGE : .....	6
<b>CHAPITRE III MODE D'EXECUTION DES ENROBES COULES A FROID .....</b>	<b>7</b>
8 – CARACTERISTIQUES D'APPLICATION : .....	7
9 – FORMULATION : .....	7
10 – PERFORMANCE DU PRODUIT : .....	8
11 – ACCEPTATION DE L'ATELIER : .....	8
11.1 – <i>MACHINE D'ENROBAGE</i> : .....	8
11.2 – <i>EQUIPEMENT DE REPANDAGE</i> : .....	8
11.3 – <i>INSPECTION DU MATERIEL</i> : .....	9
11.4 <i>PERSONNEL DE MISE EN OEUVRE</i> : .....	9
12 – STOCKAGE DES GRANULATS ET DE L'EMULSION.....	9
13 – PREPARATION DU SUPPORT : .....	9
13.1 – <i>REPROFILAGE EVENTUEL</i> : .....	9
13.2 – <i>NETTOYAGE</i> : .....	9
13.3 – <i>COLMATAGE DES FISSURES</i> : .....	9
13.4 – <i>COUCHE D'ACCROCHAGE</i> : .....	10
14 – MODE DE MISE EN ŒUVRE : .....	10
14.1 – <i>FABRICATION</i> : .....	10
14.2 – <i>PLANCHE D'ESSAI</i> .....	10
14.3 – <i>MISE EN ŒUVRE</i> : .....	10
14.4 – <i>PLAN DE REPANDAGE</i> : .....	10
14.5 – <i>APPLICATION A LA MAIN</i> : .....	11
14.6 – <i>JOINTS</i> : .....	11
14.7 – <i>COMPACTAGE</i> : .....	11
14.8 – <i>SECHAGE DE L'ECF</i> : .....	11
15 – CONTROLE : .....	11
15.1 – <i>CONTROLE DE FABRICATION</i> : .....	11
15.2 – <i>CONTROLE DE MISE EN ŒUVRE</i> .....	12
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>14</b>

# CHAPITRE I

## DEFINITION, DOMAINE D'APPLICATION ET CLASSIFICATION DES ENROBES COULES A FROID

### 1 –DEFINITION DU PRODUIT :

C'est un mélange à froid d'émulsion spéciale, de granulats, d'eau et de fines, confectionné par un malaxage mécanique. Ils comporte de granulats dont la dimension maximale varie entre 4 mm et 12.5 mm.

### 2 – DOMAINE D'APPLICATION DE LA TECHNIQUE :

L'enrobé coulé à froid est une technique du surface destinée aux couches de roulement. Elle doit apporter en premier lieu, étanchéité et adhérence.

#### a) En cas de revêtement de l'ancienne couche de roulement :

Par rapport aux techniques couramment utilisées, l'ECF peut être employé lorsqu'un enduit superficiel paraît mal adapté, par exemple :

- Lorsque le rejet des granulats ne peut être toléré ;
- Lorsqu'il y a risque d'incrustation des granulats dans le support sous les sollicitations des poids lourds ;
- Si le support est hétérogène ;
- Lorsqu'il y a usure prononcée des bandes de roulement ;
- Si le niveau sonore doit être limité ;
- En cas de tracé sinueux et/ou accidenté.

Les limites d'emploi de la technique sont indiquées ci-après :

#### Etat structurel de la chaussée

Les ECF n'ont aucun effet sur la structure et nécessitent un support en bon état structurel. Ils ne permettent pas d'empêcher la remontée des fissures de l'ancien revêtement

La valeur de la déflexion maximale admissible est donnée par le tableau ci-dessous :

Déflexion (1/100 mm)	Trafic
75	T0
100	T1 - T2
150	T3 - T4

## Etat de surface

Les ECF ne permettent pas de rattraper les déformations en profil en long.

Les caractéristique du surface admissibles sont les suivantes :

- La profondeur des ornières : Elle ne doit pas excéder 1 cm sous la règle de 3m. Si elle dépasse 1 cm, tout en restant inférieure à 3 cm, un reprofilage est nécessaire ;
- La profondeur des flache : Elle ne doit pas dépasser 1,5 à 2 cm sous la règle de 3m, sinon un déflachage est nécessaire.

### **b) En cas de renouvellement de la couche de base :**

L'ECF peut être utilisé en couche de roulement neuve sur une couche de base en grave bitume, en enrobés à froid, en grave émulsion ou en grave non traitée.

## **3 – CLASSIFICATION DES ECF :**

Selon l'état de la route, les ECF peuvent être appliqués en monocouche ou en bicouche.

Les ECF peuvent être classés selon :

- la nature de l'émulsion utilisée ;
- la couleur ;
- la granulométrie.

Selon la granulométrie, les ECF sont répartis en 4 classes :

L'ECF type 1 correspond à un mélange de granulométrie maximale de 12,5 mm, il est utilisé pour les routes à fort trafic T0, en une seule couche ou en 2<sup>ème</sup> couche.

Les ECF type 2 et 3 correspondent à un mélange de granulométrie maximale comprise entre 10 et 6 mm. Le premier est utilisé comme traitement des chaussées à trafic moyen T1 en une couche ou en 2<sup>ème</sup> couche. Le deuxième pour corriger les faibles irrégularités de surface en 1<sup>ère</sup> couche, en 2<sup>ème</sup> couche ou en une seule couche pour les trafics faibles (T2,T3,T4).

L'ECF type 4 est utilisé en 1<sup>ère</sup> couche d'un bicouche pour le scellement et l'imperméabilisation des supports ou en une seule couche pour les accotements revêtus, les BAU, les aires de stationnement, les pistes de sport ect...

## CHAPITRE II

# NATURE, QUALITE ET PREPARATION DES

# MATERIAUX

### 4- MELANGE DES GRANULATS

Les granulats doivent répondre aux spécifications ci-après :

EQUIVALENT DE SABLE SUR FRACTION 0/2 A 10%	> 35 pour l'émulsion anionique > 50 pour l'émulsion cationique
COEFF. D'APLATISSEMENT	< 30
ANGULARITE	concassé pur pour T0,T1,ET T2 IC > = 75% pour T3,T4 et Accotements
DURETE LOS ANGLES (LA) (mesuré sur la roche mère)	< 20 pour T0 et T1 < 25 pour T2, T3 et T4

Les fractions granulaires nécessaires à une fabrication déterminée doivent avoir une provenance fixe.

### 5 – FILER

Le filler minéral (chimiquement inerte : fines calcaires ou réactif le ciment ou la chaux) doit satisfaire aux spécifications ci-après :

la valeur au bleu (pour les fillers non réactifs) < 1  
granulométrie conforme au fuseau ci-dessous :

tamis	% passant
630 μ m	100
160 μ m	90 – 100
80 μ m	75 – 100

### 6- EMULSION :

Le liant utilisé est une émulsion à rupture lente ou contrôlée de bitume pur 80/100, en général cationique.

La concentration en bitume pur est comprise entre 60 et 65%. Des additifs élastomères ou autres peuvent être introduits pour les trafics forts.

L'émulsion doit provenir d'une usine soumise au contrôle de fabrication conformément au fascicule n° 5, du cahier des prescriptions communes applicables aux travaux routiers courants et à la directive sur le contrôle des émulsions de bitume.

Les caractéristiques de cette émulsion doivent être consignées sur une fiche technique précisant en outre les règles d'utilisation, les conditions de transport et de contrôle.

Une fiche technique précisant les caractéristiques du bitume pur se référant à la norme MN 03.4.003 est à produire par le fabricant dans le cas où la fourniture du liant de base est à sa charge.

**7 – CONTROLE DE QUALITE DES MATERIAUX AVANT ENROBAGE :**

Les matériaux destinés à la fabrication des ECF sont soumis à des essais préliminaires d’information et à des essais de recette dont la nature et la fréquence sont données dans le tableau ci-après.

**a) granulats et filler**

La réception des fractions granulaires s’effectue sur la base des caractéristiques des produits ayant servi à établir la formulation.

**b) liant**

Emulsion de bitume

- essais prévus par la norme MN 03.4.029.
- Bitume pur (en cas de fourniture par l’entrepreneur)  
essais prévus par la norme NM 03.4.002.

**TABLEAU DE NATURE ET FREQUENCES  
DES CONTROLES DE QUALITE DES MATERIAUX**

DESIGNATION DU MATERIAUX	QUALITE DU MATERIAU A CONTROLLER	DESIGNATION DE L’ESSAI	FREQUENCE DES ESSAIS	
			ESSAIS PRELIMINAIRE D’INFORMATION	ESSAIS DE RECETTE
GRANULATS ET SABLE	Granularité	Granulométrie	Un essai pour chaque fraction de matériau et par provenance.	Un essai tous les 500 m3 avec en essai minimum par aire de stockage
	Propreté	Equivalent De sable	“ “ “ “ “ “ “ “ “	“ “ “ “ “ “ “ “ “
	Dureté	Los Angeles (LA) (*)	“ “ “ “ “ “ “ “ “	“ “ “ “ “ “ “ “ “
	Forme	Coefficient d’aplatissement	“ “ “ “ “ “ “ “ “	“ “ “ “ “ “ “ “ “
	Angularité	Indice de concassage	“ “ “ “ “ “ “ “ “	“ “ “ “ “ “ “ “ “
FILLER D’APPORT	Granularité	Granulométrie	Un essai chaque fraction de matériau et par provenance.	Un essai par 100 m3
	Propreté	valeur au bleu	“ “ “ “ “ “ “ “ “	“ “ “ “ “ “ “ “ “

(\*) Mesuré sur la roche mère

## CHAPITRE III

### MODE D'EXECUTION DES ENROBES COULES A FROID

#### 8 – CARACTERISTIQUES D'APPLICATION :

Les caractéristiques d'application des ECF, sont les suivantes :

TYPE DOSAGE DU MELANGE ENkg/m <sup>2</sup>	ECF1 14 – 18	ECF2 11 – 14	ECF3 8 – 11	ECF4 5 – 8
Teneur en bitume résiduel (en %) par rapport aux poids des granulats secs	5 – 7	6 – 10	7 – 11	8 - 13

Ces dosages sont donnés à titre indicatif, le dosage à appliquer dépendra de l'état du support et sera arrêté au moment de la réalisation de la planche d'essai.

#### 9 – FORMULATION :

La formule est élaborée par l'entrepreneur à la suite d'une étude de laboratoire dont il communique les résultats à l'administration.

L'objet de l'étude de formulation est de définir les teneurs en chacun des différents constituants.

La formule est définie par :

la nature, l'origine, les caractéristique et le dosage des granulats et du filler ;

la courbe granulométrique du mélange : passants à 12,5 mm – 10 mm – 6,3 mm – 2,5 mm – 125 µm 630 µm – 315µm – 160 µm et 80µm.

TYPE TAMIS	% DES PASSANT			
	ECF1	ECF2	ECF3	ECF4
12,5 mm	100			
10	85 – 95	100		
6,3	70 – 90	80 – 95	100	
5	60 – 85	70 – 90	85 – 95	100
2,5	40 – 60	45 – 70	65 – 90	85 – 95
1,25	28 – 45	28 – 50	45 – 70	60 – 85
630µm	18 – 33	18 – 33	30 – 50	40 – 60
320	11 – 25	12 – 25	18 – 35	25 – 45
160	6 – 15	7 – 17	10 – 25	15 – 30
80	4 – 8	5 – 10	7 – 15	12 – 20

- la nature de l'émulsion et son dosage
- la teneur de l'émulsion en liant résiduel
- les adjuvants et leurs dosages.

Elle sert au contrôle de régularité de la fabrication.

La quantité moyenne au mètre carré (exprimée en kg de granulats secs) hors travaux de reprofilage est proposée par l'entrepreneur à l'issue de l'étude.

## 10 – PERFORMANCE DU PRODUIT :

Les ECF sont des produits d'entreprises qui garantissent leurs performances en fonction de l'usage auquel ils sont destinés.

Les produits doivent présenter lors de l'étude de laboratoire les performances minimales ci-après :

TRAFIC	T0 et T1	T2 et T3 et T4	Norme d'essai
Perte à l'abrasion g/m <sup>2</sup>	< 575	< 650	NLT – 320/86
Consistance au cône	De 2 à 3 cm		NLT 317/87

## 11 – ACCEPTATION DE L'ATELIER :

La centrale de fabrication de l'enrobé est type continue. Elle est installée sur un camion et comporte les équipements habituels des centrales fixes d'enrobage : stockage, dosage et malaxage. Elle comporte en outre un traîneau attelé à la machine de fabrication.

### 11.1 – MACHINE D'ENROBAGE :

La machine mobile d'enrobage doit assurer les fonctions suivantes :

le stockage des divers constituants et leur dosage dans les proportions définies la formulation proposée ;

le malaxage des constituants et l'enrobage des granulats pour obtenir un produit homogène et de composition conforme à la formulation.

La précision des organes de dosage doit être la suivante :

- - mélange des granulats : +/- 10%
- - fines d'apport : +/- 15 %
- - émulsion : +/- 2 %
- - eau d'apport : +/- 2 %

### 11.2 – EQUIPEMENT DE REPANDAGE :

Le matériau est répandu au moyen d'un traicteur épandeur à la machine de fabrication.

Ce traicteur épandeur doit permettre :

de répartir mécaniquement le matériau sur toute la largeur de la bande de mise en œuvre, en maintenant son homogénéité.

de régler l'épaisseur de matériau constituant la couche.



**11.3 – INSPECTION DU MATERIEL :**

L'inspection du matériel de mise en œuvre intervient avant sa mise en fonctionnement et consiste en :

l'examen visuel de l'équipement d'enrobage, de répandage et des compacteurs ;  
l'adaptation de la largeur du traîneau au plan de répandage.

Il est procédé à la vérification des équipements de dosage des granulats, de l'émulsion de bitume et de tous autres composants qui entrent dans la formulation.

L'acceptation du matériel sera prononcée après mise en place, vérification de son état d'entretien et de son aptitude à réaliser les performances exigées.

**11.4 PERSONNEL DE MISE EN OEUVRE :**

Le personnel de mise en œuvre doit être suffisamment qualifié et entraîné pour assurer dans de bonnes conditions la conduite et le réglage du matériel.

**12 – STOCKAGE DES GRANULATS ET DE L'EMULSION**

Les aires de stockage des granulats doivent :

être facilement accessibles aux engins de transport ;

être bien réparties le long du chantier ;

avoir une capacité suffisamment importante ( de 200 à 400 m<sup>3</sup>) ;

être suffisamment espacées pour éviter les mélanges de granulats de provenances différentes.

Etre propres pour éviter toute pollution et introduction d'éléments indésirables.

Le chantier doit disposer de réservoirs de stockage d'émulsion dont la capacité est au moins égale à la consommation journalière moyenne et comportant chacun une jauge préalablement étalonnée.

**13 – PREPARATION DU SUPPORT :****13.1 – REPROFILAGE EVENTUEL :**

Un reprofilage préalable de la surface à revêtir est effectué si l'état de surface ne satisfait pas aux conditions définies en 2.

Le mode de répandage et le dosage sont arrêtés au préalable par l'administration.

**13.2 – NETTOYAGE :**

Le nettoyage a pour but de faire disparaître toute trace de corps étranger susceptible d'empêcher l'adhérence de l'ECF à la surface des chaussées à revêtir. Ce nettoyage comprend :

Le balayage mécanique et le soufflage à l'air comprimé

Le grattage des adhérences résistant au balayage.

**13.3 – COLMATAGE DES FISSURES :**

Les fissures isolées actives ou de largeur à 3 mm doivent être colmatées avant application des ECF.

### **13.4 – COUCHE D'ACCROCHAGE :**

Il est effectué une couche d'accrochage à l'émulsion quand la couche de roulement est constituée d'un enrobé poreux ou pauvre en liant.

Le dosage minimum est de 250 g/m<sup>2</sup> de bitume résiduel.

## **14 – MODE DE MISE EN ŒUVRE:**

### **14.1 – FABRICATION :**

Elle est assurée par une machine mobile sur chantier à chargement contenu.

La fabrication des ECF commence une fois que :

- la reconstitution granulaire a été effectuée et réceptionnée ;
- l'atelier de répandage est réglé ;
- les consignes de travail sont arrêtées ;
- la planche d'essai, telle que définie ci-après, est réalisée et a donné satisfaction ;

Les tolérances de fabrication sur les prélèvements effectués à la sortie du malaxeur pour :

- teneur en liant : +/-2%
- teneur en fines : +/-3%

par rapport aux valeurs fixées par l'étude de formulation.

### **14.2 – PLANCHE D'ESSAI**

Avant mise en œuvre, une planche d'essai (de 50 à 150 m de longueur) destinée à vérifier le bon fonctionnement et le bon réglage du matériel de fabrication et d'application est réalisée sur la chaussée à revêtir.

Cette planche d'essai permettra aussi de vérifier la rugosité et les valeurs de perte à l'abrasion et de consistance.

### **14.3 – MISE EN ŒUVRE:**

Le répandage de ECF est une opération qui doit s'effectuer avec beaucoup de soin et de vigilance. Il doit être interrompu lorsqu'il pleut ou sur un support ruisselant.

La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5°C.

Par temps chaud, la surface du support, si elle sèche, doit être légèrement humidifiée immédiatement avant coulage du matériau.

### **14.4 – PLAN DE REPANDAGE :**

Le répandage est effectué par bandes accolées. La largeur des bandes de répandage et la position de joints longitudinaux doivent être fixés de manière à éviter soit manques de produit, soit des surépaisseurs.

L'utilisation de traîneaux de répartition de diverses largeurs et des dispositifs de guidage appropriés favorise une bonne réalisation.

Le plan répandage est soumis à l'agrément de l'administration

**14.5 – APPLICATION A LA MAIN :**

Les parties qui ne peuvent être traitées à la machine sont traitées manuellement à la raclette de manière à obtenir un revêtement uniforme.

**14.6 – JOINTS :****a) Joints longitudinaux :**

Dans le cas de couches successives des ECF, les joints longitudinaux sont décalés. Ils ne doivent comporter ni saillie ni manque de matériaux. Les surépaisseurs sont lissées immédiatement à la raclette ou au balai avant rupture de l'émulsion.

**b) joints transversaux de reprise :**

En cas multicouche, les joints transversaux sont décalés d'au moins 1m et ne présentent pas de bourrelets de recouvrement.

Le découpage transversal de l'extrémité de la bande tirée est réalisé soit par enlèvement d'un papier kraft préalablement fixé sur le support, soit par enlèvement manuel direct du matériau en fin de bande, à la pelle et au balai.

**14.7 – COMPACTAGE :**

Si un compactage est réalisé, les conditions d'exécution sont les suivantes :

Compactage par rouleau à pneumatiques dont la pression sera comprise entre 4 et 7 bars.

Le compactage de la bande mise en œuvre est réalisé de manière uniforme et à vitesse régulière.

**14.8 – SECHAGE DE L'ECF :**

Une fois répandu, l'ECF n'est ouvert à la circulation qu'après rupture complète de l'émulsion.

**15 – CONTROLE :****15.1 – CONTROLE DE FABRICATION :**

Les ECF sont soumis à des essais préliminaires (A) d'information et aux contrôles de qualité (B) dont les conditions de fréquence sont indiquées dans le tableau ci-après :

Nature du contrôle ou de l'essai	Catégorie du contrôle		Fréquence
	A	B	
Etude de formulation.	X		"pour chaque type d'ECF et à chaque changement de provenance.
Contrôle de réglage de l'atelier d'enrobage et de répandage (planche d'essais) et vérification des performances.			Au moment de la réalisation de la planche d'essais
• rugosité	X		10 essais
• coefficient frottement	X		2 essais
• consistance	X		4 essais
Contrôle de composition du produit en cours de fabrication.			
• granulométrie du mélange		X	Chaque 100 T(*)
• teneur en liant résiduel		X	Chaque 100 T (*)

## 15.2 – CONTROLE DE MISE EN ŒUVRE

### 15.2.1 – Contrôle du produit

L'essais à effectuer sur le produit au moment du répandage est le suivant :

La perte à l'abrasion chaque 8000 m<sup>2</sup> (\*).

### 15.2.2 – Contrôle du joint longitudinal :

Les joints longitudinaux doivent se réaliser avec recouvrement de 10 cm.

L'accumulation des matériaux à ce niveau doit être lissée immédiatement à la raclette avant la rupture de l'émulsion de telle sorte que les dénivellations entre 2 bandes jointives la rupture de l'émulsion de telle sorte que les dénivellations entre 2 bandes jointives restent inférieure à 2 mm.

### 15.2.3 – Contrôle de la texture superficielle :

Il comporte la détermination de la rugosité et du coefficient de frottement.

(\*) Avec un minimum d'un essai par jour.

#### a/ Rugosité :

Elle est mesurée par la hauteur au sable équivalente, chaque 200 ml, dans les 15 jours qui suivent la mise en oeuvre.

**b/ Coefficient de frottement**

Ces mesures sont réalisées dans les 15 jours après la mise en service.

Les résultats obtenus doivent être supérieurs à ceux indiqués dans le tableau ci-après :

Type d'ECF	ECF1	ECF2	ECF3	ECF4	NORMES
Hauteur au sable (en mm)	1,1	0,9	0,7	0,5	NLT – 335/87
Coefficient de Frottement minimum	0,65	0,60	0,60	0,55	NLT – 175/73

**15.2.4 – Contrôle du dosage moyen mis en œuvre :**

Lorsque la couche est répandue avec indication de la quantité moyenne de matériaux à mettre en œuvre par unité de surface, le contrôle est réalisé :

soit pour chaque section (ou partie de section) de travaux ;

soit par longueur correspondant à une demi-journée de travail.

En divisant le total des quantités de matériaux livrés à la machine sur le chantier par le mètre de la surface recouverte.

La quantité moyenne de matériaux mise en œuvre par unité de surface ne doit pas différer de +/-% de la quantité prescrite.

## **REFERENCES** **BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1) Cahier des Clause Techniques Générales – Fabrication et mise en œuvre des enrobés  
Fascicule 27 – juin 1989
- 2) Lechadas Bituminosas  
Proyecto, dosificación y Control de la fabricación y puesta en obra – Antonio Ubach Calvo  
Mopu – Centre de Estudios de Carreteras Espagne
- 3) Pavimentos Bituminosas en Frio  
J.A Fernandez del Campo, Editores tecnicos asociados, S.A Barcelona – Espagne
- 4) Route Actualité – Novembre 1993 – N° 29
- 5) Note d'Information – Setra Avril 1985 – N° 9
- 6) Documents du "IX Curso International de Carreteras" - Madrid du 17 Mars au 25 Juin 1993
- 7) Chantiers expérimentaux : voie de contournement à Rabat, Nationale 6 et Nationale 2 à  
Oujda et traversée de Khénifra.