

**ROYAUME DU MAROC**  
— . — . —  
**MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE  
ET DE LA FORMATION DES CADRES**  
— . — . —  
**DIRECTION DES ROUTES  
ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE**  
— . — . — . — . —

**DIRECTIVE POUR MATÉRIAUX  
ENROBES À CHAUD**

*ÉDITION 1992*

## SOMMAIRE

<b>1- DIRECTIVE POUR AGREMENT DES GRANULATS DESTINES A LA FABRICATION DES ENROBES A CHAUD .....</b>	<b>9</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>A Prélèvements .....</b>	<b>12</b>
<b>B Etapes d'agrément .....</b>	<b>14</b>
<b>C Essais .....</b>	<b>16</b>
<b>D Contenu du rapport d'agrément .....</b>	<b>30</b>
<b>E Référence à déduire des essais d'agrément .....</b>	<b>31</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>33</b>
1 Défaillance de la propreté .....	33
2 Défaillance de la granularité .....	34
3 Défaillance au niveaux de la forme .....	34
<b>Bibliographie .....</b>	<b>35</b>
<b>2- DIRECTIVE POUR ESSAIS DE RECETTE DES GRANULATS DESTINES A LA FABRICATION DES ENROBES A CHAUD ...</b>	<b>37</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>39</b>
<b>I- Prélèvements et essais .....</b>	<b>40</b>
I.1 Rappel des prescriptions du C.P.C .....	40
I.2 Lots - Prélèvements - Echantillons .....	40
<b>II- Organisation du stockage et du contrôle de qualité .....</b>	<b>41</b>
<b>III- Essais .....</b>	<b>43</b>
III.1 Granulométrie .....	43

III.2 Propreté .....	43
III.3 Forme .....	44
III.4 Dureté .....	44
III.5 Angularité .....	45
<b>IV- Jugement de conformité .....</b>	<b>45</b>
IV.1 Conformité d'une caractéristique .....	45
IV.2 Conformité du lot .....	46
IV.3 Conformité de la fabrication .....	46
<b>V- .....</b>	<b>.....</b>
<b>Modalité de présentation et de transmission des résultats du contrôle .....</b>	<b>47</b>
V.1 Situation 1 .....	48
V.2 Situation 2 .....	48
V.3 Situation 3 .....	48
<b>3- DIRECTIVE POUR LA FORMULATION DES ENROBES A CHAUD ..49</b>	
<b>I- Objectif et méthodologie d'étude de la formulation .....</b>	<b>51</b>
I.1 Contenu du CPC .....	51
I.2 Etapes de la formulation .....	53
<b>II - Conditions préalables à l'étude .....</b>	<b>54</b>
II.1 Granularité des granulats .....	54
II.2 Détermination de la masse volumique réelle des granulats .....	54
II.3 Connaissance du liant à utiliser sur le chantier : .....	54
II.4 Adhésivité liant granulat : .....	55
II.5 Filler d'apport : .....	55
<b>III - Exécution de l'étude de formulation .....</b>	<b>56</b>
III.1 1ère phase : Etude Théorique .....	56
III.2 2ème phase : Etude de Laboratoire .....	58
III.3 3ème phase : Exploitation des résultats : choix de la formule retenue .....	69

<b>IV - Conclusion de l'étude de formulation</b> .....	70
<b>4- DIRECTIVE POUR LE REGLAGE ET LE CONTROLE DE REGLAGE DES POSTES D'ENROBAGE</b> .....	<b>73</b>
<b>Introduction</b> .....	75
<b>I- Conditions préalables au contrôle de réglage</b> .....	76
I.1 Réception des matériaux .....	76
I.2 Réception du liant .....	76
I.3 Identification de la centrale .....	76
<b>II- Contrôle de centrale avant sa mise en marche</b> .....	77
II.1 Conformité des équipements .....	77
II.2 Etalonnage des balances .....	78
II.3 Etalonnage des thermomètres .....	79
<b>III - Réglage et contrôle des prédoseurs minéraux</b> .....	80
III.1 Prédoseurs à granulats (d/D et 0/D) .....	80
III.2 Silos à filler .....	81
III.3 Remarque générale sur les prédoseurs minéraux .....	82
<b>IV- Contrôle des réglages en fonctionnement</b> .....	83
IV.1 Contrôle du réglage du sécheur .....	83
IV.2 Réglage et contrôle de réglage de la trémie-tampon .....	84
IV.3 Réglage et contrôle de l'introduction du liant .....	85
IV.4 Réglage et contrôle du malaxage .....	87
<b>V- Agrément de la centrale</b> .....	88
V.1 Décisions d'agrément .....	88
V.2 Conséquences de l'agrément pour le contrôle de fabrication ..	89
<b>VI- Contenu du rapport d'agrément</b> .....	90
<b>5- DIRECTIVE POUR LE CONTROLE DE QUALITE ET DE RECEPTION DE FABRICATION DES ENROBES A CHAUD</b> .....	<b>93</b>

<b>Introduction</b> .....	95
<b>I- Contrôle de qualité</b> .....	96
I.1 Suivi des températures .....	96
I.2 Suivi des teneurs en eau .....	97
I.3 Evaluation de la régularité du produit enrobé .....	98
I.4 Vérification de fonctionnement de la centrale .....	100
<b>II- Contrôle de réception</b> .....	100
II.1 Type de contrôle et cadence .....	100
II.2 Jugement de conformité .....	101
<b>III-Modalité de présentation et transmission des résultats de contrôle</b> .....	101
III.1 Contrôle de qualité .....	101
III.2 Contrôle de réception .....	102
<b>6- DIRECTIVE CONCERNANT LA REALISATION DES PLANCHES D'ETALONNAGE DE MISE EN OEUVRE DES ENROBES A CHAUD</b> .....	103
<b>I- Objectif et méthodologie de la planche d'étalonnage</b> .....	105
I.1 Rappel du contenu du Cahier des Prescriptions Communes .....	105
I.2 Méthodologie de la planche d'étalonnage .....	105
<b>II- Phase 1 : Préparation de la planche d'étalonnage</b> .....	106
II.1 Choix du type de planche .....	106
II.2 Choix du site et de la géométrie des planches .....	107
II.3 Organisation de la réalisation de la planche d'étalonnage .....	108
<b>III- Phase 2 : Exécution de la planche d'étalonnage</b> .....	114
III.1 Vérification de la réalisation des travaux préliminaires .....	114
III.2 Caractéristiques réelles de fonctionnement de l'atelier de compactage .....	115
III.3 Vérification du réglage du finisseur .....	115

III.4 Mesure des températures .....	117
III.5 Contrôle de l'opération de compactage .....	118
III.6 Mesures de densité .....	118
III.7 Vérification des épaisseurs .....	119
III.8 Qualité du matériau .....	119
III.9 Quantité du matériau .....	120
<b>IV- Phase 3 : Exploitation des résultats .....</b>	<b>120</b>
IV.1 Conformité du matériaux enrobé .....	120
IV.2 Température de mise en œuvre .....	120
IV.3 Epaisseur de la couche compactée .....	121
IV.4 Agrément des modalités de compactage .....	121
<b>V- Contenu du rapport d'agrément .....</b>	<b>123</b>
<b>7-DIRECTIVE CONCERNANT LE CONTROLE DE LA QUALITE ET DE RECEPTION DE MISE EN OEUVRE DES ENROBES A CHAUD .....</b>	<b>125</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>127</b>
<b>I- Contrôle de qualité .....</b>	<b>128</b>
I.1 Vérification du respect des conclusions de la planche d'étalonnage	128
I.2 Contrôle occasionnel de compacité .....	129
<b>I- Contrôle de réception de la mise en œuvre .....</b>	<b>131</b>
II.1 Fréquence, implantation et type d'essais .....	131
II.2 Exploitation des mesures .....	131
<b>III- Modalités de présentation et de transmission des résultats du contrôle .....</b>	<b>132</b>
III.1 Contrôle de qualité .....	132
III.2 Contrôle de réception .....	132



- 1 -

**DIRECTIVE POUR AGREMENT  
DES GRANULATS DESTINES A LA FABRICATION  
DES ENROBES A CHAUD**

# **DIRECTIVE POUR AGREMENT DES GRANULATS DESTINES A LA FABRICATION DES ENROBES A CHAUD**

## **Introduction**

- A) Prélèvements**
- B) Etapes d'agrément**
- C) Essais**
- D) Contenu du rapport d'agrément**
- E) Référence à déduire des essais d'agrément**

## **Annexe**

- 1) Défaillance de la propreté
- 2) Défaillance de la granularité
- 3) Défaillance au niveau de la forme

## **Bibliographie**

## INTRODUCTION

L'agrément d'un matériau consiste à vérifier si celui-ci répond aux exigences demandées par le document contractuel, liant le fournisseur au maître d'oeuvre (C.P.S-C.P.C).

La présente Directive a pour but de montrer les différentes étapes à suivre pour l'agrément des matériaux granulaires destinés à la fabrication de béton bitumineux et de grave bitume.

Cinq parties constituent ce document :

**Partie A** : traite des prélèvements et plus précisément de la quantité minimale à fabriquer pour agréer un matériau ainsi que du nombre et du mode de réalisation des prélèvements.

**Partie B** : décrit les trois étapes à réaliser pour aboutir à un agrément en se basant sur le principe qu'il faut d'abord tester les caractéristiques intrinsèques du matériau avant celles liées au mode d'élaboration des granulats.

**Partie C** : présente pour chacune des caractéristiques dont il convient de vérifier la conformité au C.P.S, les essais à effectuer, leur nombre, et les constatations éventuellement nécessaires. L'interprétation de chacun de ces essais aboutit à des conclusions pour l'agrément ou le rejet du matériau et formule des recommandations pour le contrôle ultérieur de la fabrication.

**Partie D** : guide le rédacteur du rapport d'agrément pour présenter, selon les étapes atteintes, les résultats obtenus et les informations recueillies.

**Partie E** : résume les éléments dégagés de l'agrément qui permettront le contrôle de fabrication des granulats. (essais de recette).

Le déclenchement et la conduite de la procédure d'agrément incombent à l'entrepreneur qui doit s'adresser à un laboratoire agréé par l'Administration pour réaliser les essais préliminaires d'information rentrant dans le cadre de cette procédure.

Rappelons que d'une manière générale, un agrément de matériau doit être fait avant le démarrage de la fabrication, étant donné l'importance des résultats des essais d'agrément sur le contrôle ultérieur de celle-ci (contrôle de recette).

Rappelons aussi que les matériaux agréés serviront à l'élaboration de la formulation en laboratoire et qu'au moment de la formulation on peut-être amené à rechercher d'autres matériaux.

Ceux-ci devront alors faire l'objet d'un agrément de la même manière.

Le rapport d'agrément ne peut donc être considéré comme valable et complet qu'une fois que la formulation a abouti à des résultats satisfaisants à partir des granulats agréés.

## **A – PRELEVEMENTS**

L'entrepreneur fait appel au laboratoire pour procéder aux prélèvements des granulats sur le lieu même de leur élaboration. Dans le même temps, le laboratoire constate quelle est la chaîne d'élaboration qui a permis la fabrication de ces granulats, ceci notamment afin de se prononcer sur leur angularité.

### **A.1 REALISATION DES PRELEVEMENTS**

Les prélèvements sont effectués par le laboratoire agréé par l'Administration. La présence d'un représentant de l'Entreprise est indispensable lors des prélèvements.

## A.2 QUANTITE MINIMALE À FABRIQUER

La quantité qu'il faut fabriquer pour agréer un matériau, est de :

- **Pour un granulat d/D** : fabrication d'une journée avec un minimum de 50 m<sup>3</sup>.
- **Pour un sable 0/D** : fabrication d'une journée avec un minimum de 100 m<sup>3</sup>.

## A.3 NOMBRE DE PRELEVEMENTS À EFFECTUER

On distinguera la classe d/D de la classe 0/D :

- Pour les granulats de la classe d/D, on prélèvera 5 échantillons globaux.
- Pour le sable 0/D, on effectuera 8 échantillons globaux afin de mieux apprécier la teneur en fines (< 80 µ).

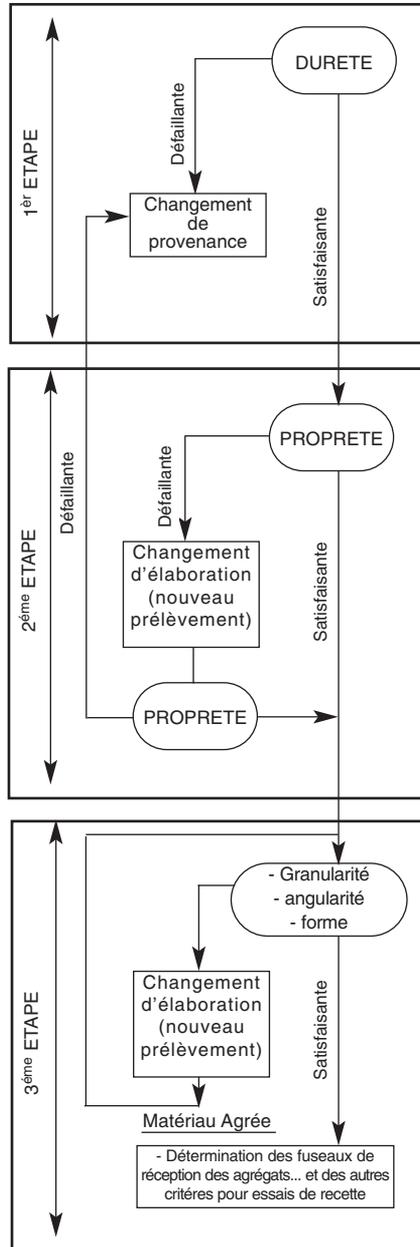
Ces échantillons globaux sont constitués comme indiqués dans la Directive pour essais de recette des granulats destinés à la fabrication des enrobés bitumineux et grave bitume (paragraphe 1.2).

Les conditions de réalisation des prélèvements sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Classe	Quantité minimale	Nombre d'échantillons
0/D (sable)	Une journée de fabrication avec un minimum de 100m <sup>3</sup> de matériau	8
d/D (grain de riz et gravettes)	Une journée de fabrication avec un minimum de 50m <sup>3</sup> de matériau	5

## B- ETAPES D'AGREMENT

Pour agréer un matériau à partir des échantillons prélevés, on franchit trois étapes distinctes qui amènent à une décision. Ces étapes sont :



## **1<sup>ère</sup> Etape / Vérification de la dureté**

La dureté est une caractéristique intrinsèque du matériau dépendant de sa nature géologique et minéralogique et non de son mode d'élaboration. Elle est donc déterminée en premier lieu.

Si elle est jugée satisfaisante, les autres essais d'agrément seront entamés; dans le cas contraire, un changement de provenance s'impose, ceci peut se faire soit par le changement de l'orientation de l'exploitation du front de taille, soit par le changement de la carrière ou de la ballastièrre.

## **2<sup>ème</sup> Etape / Vérification de la propreté**

La défaillance de la propreté provient de la présence d'éléments nocifs dans les matériaux d'origine et dans ce cas, on peut être amené à changer leur provenance ou à agir sur le mode d'élaboration pour éliminer ces éléments. En cas d'insuffisance de la propreté, la visite de l'installation de concassage et du gisement exploité permettra de prendre une décision pour remédier à la défaillance de la propreté. Il est évident que le changement de l'élaboration entraînera un nouveau prélèvement d'échantillons.

## **3<sup>ème</sup> Etape / Granularité - Angularité - Forme**

Si l'une au moins des trois caractéristiques testées à ce niveau est défaillante, on peut agir sur le mode d'élaboration pour l'améliorer. Il est évident que l'action sur le mode d'élaboration nécessitera la réalisation d'autres prélèvements, mais ne testera pas la dureté à nouveau.

Cependant, la défaillance de l'angularité peut nécessiter le changement de provenance. En fait, ce cas ne devrait pas être rencontré, car il faut toujours réaliser des essais préliminaires d'information sur les ballastières pour s'assurer qu'elles peuvent fournir l'angularité voulue.

### **N. B.:**

**1/-** Pour des raisons pratiques, les essais de la deuxième et de la troisième étape sont lancés en principe simultanément.

**2/-** Dans la pratique au moment de la formulation on peut constater la nécessité de la présence d'une classe granulaire supplémentaire (soit un sable plus ou moins fillerisé, soit un grain de riz intermédiaire). On effectuera donc à ce moment là selon le même principe l'agrément de cette nouvelle fraction granulaire.

**3/-** La mesure du coefficient de polissage accéléré non prévue au CPC peut-être imposée par le C.P.S. pour les trafics élevés ( $T_1$  et  $T_0$ ) et en cas d'utilisation de matériaux d'origine calcaire.

## C – ESSAIS

### C,1 DURETE

#### C,1.1- Essais à réaliser

La dureté des granulats est testée par l'essai Los Angeles et Micro Deval en présence d'eau (1). Ces essais sont réalisés sur des granulats de dimension minimale au moins égale à 4 mm ce qui exclut les sables 0/D.

#### C,1.2- Spécifications

Les spécifications du CPC ne portent que sur la valeur limite S du coefficient Los Angeles (2).

Matériau	Classe	Valeur limite Los Angeles (S)
G.B.B	0/20	< 30
	0/25	
B.B	0/10	< 25
	0/14	

Toutefois le CPS peut imposer une valeur limite à l'indice d'usure, Micro Deval en présence d'eau, avec possibilité de compensation entre valeur Los Angeles et valeur MDE.

#### C,1.3- Nombre d'essais à réaliser

Un seul essai Los Angeles sera réalisé par classe granulaire et selon les classes d'essai prévues dans le mode opératoire. La classe peut-être directement la classe granulaire de la gravette à agréer ou une recombinaison granulaire à partir des granulats à tester.

#### C,1.4- Commentaires sur les résultats de l'essai

1/ La dispersion de l'essai Los Angeles permet de donner une approximation suffisante de l'homogénéité du matériau. Cette dispersion est en

fait liée à la valeur elle même. On admet que la valeur obtenue (X) est valide dans la fourchette  $\pm 2,5$  points.

En d'autres termes, dès que la valeur obtenue (X) dépasse 27,5 pour la G.B.B. et 22,5 pour l'enrobé il faudra s'attendre à l'éventualité de rencontrer des valeurs supérieures à la limite S.

Il faudra donc attirer l'attention sur ce point en rappelant que l'on pourra, lors des essais de recettes être confronté à une telle situation. Le risque augmente au fur et à mesure que la valeur (X) se rapproche de S.

**2/** A ce sujet, l'étude du Micro Duval en présence d'eau peut-être très utile pour les matériaux donnant des valeurs proches des limites S utilisant la notion de compensation entre valeur Los Angeles et valeur M.D.E.

En effet les phénomènes de fragmentation et d'usure sont toujours présents quelles que soient la technique utilisée et la position de la couche dans la chaussée. Mais il est difficile de connaître l'importance relative de ces deux types d'évolution, d'où la nécessité de les prendre globalement en compte et d'admettre que pour une spécification donnée, il peut y avoir une certaine compensation de l'une par l'autre. Ainsi on peut tolérer un matériau qui s'use plus, s'il se fragmente moins et réciproquement.

### **C,1.5- Interprétation**

#### *a) Jugement de l'agrément*

**1-** Dès que la valeur du coefficient Los Angeles est inférieure à la valeur S, le granulat est agréé en ce qui concerne sa dureté.

**2-** Cependant quand ce coefficient est compris entre S - 5 et S, il est préférable de vérifier que :

- pour les graves bitumes le MDE est  $< 25$
- pour les enrobés bitumineux le MDE est  $< 20$ , compte tenu des commentaires présentés ci-dessus.

(1) et (2) voir bibliographie en annexe

*b) Critère de recette*

**1-** La valeur du coefficient Los Angeles lors des essais de recette, devra être inférieure à la valeur obtenue lors des essais d'agrément majorée de 5 points, sans dépasser la valeur fixée par le CPC.

**2-** Lorsque le coefficient Los Angeles lors des essais de recette est supérieur à S, il pourra être admise une compensation entre valeur Los Angeles et valeur MDE dans la limite de 5 points, la valeur MDE restant inférieure à:

- 25 pour les graves bitumes
- 20 pour les enrobés

**3-** Pour des facilités de chantier, on aura souvent intérêt à utiliser l'essai de fragmentation dynamique plus rapide et plus simple au moment du contrôle de recette. C'est pourquoi, dès l'agrément, il convient d'établir la correction entre les valeurs Los Angeles et celles obtenues à l'essai de fragmentation dynamique (F.D) pour le matériau considéré.

**C,2- PROPETE**

**C,2.1- Essais à réaliser**

La propreté d'un granulat est déterminée par l'essai d'équivalent de sable, par l'indice de plasticité et par la teneur en matière organiques (1)

**C,2.2- Spécifications**

Les spécifications du C.P.C (2) portent uniquement sur l'équivalent de sable et l'indice de plasticité du mélange minéral.

Matériaux	E.S.( S)	I.P
G.B.B (0/ 25 et 0/ 20)	> 30 (sur fract. 0/ 5)	non mesurable
B.B (0/ 10 et 0/ 14)	> 40 (sur fract. 0/ 5)	non mesurable

(1) et (2) voir bibliographie en annexe

Pour les enrobés, la non plasticité du mélange minéral ne figure pas littéralement dans le CPC mais se déduit de la valeur de l'équivalent de sable minimal acceptée (> 40). D'autre part, l'application de ces spécifications à chacune des classes granulaires utilisées pour le mélange implique, dans la pratique, l'introduction de la vérification de la non plasticité pour les granulats destinés aux enrobés bitumineux.

### **C,2.3- Essais à réaliser**

- Pour les sables 0/D on effectuera :
  - 8 essais d'équivalent de sable et éventuellement de mesure de limites d'Atterberg (voir 2.4.1).
- Pour les gravettes d/D on effectuera :
  - 1 mesure de limites d'Atterberg par classe granulaire sur le matériau inférieur à 0,4 mm par lavage d'un mélange des 5 échantillons de cette classe. A ce sujet, on attire l'attention sur la présence possible de mottes d'argiles agglomérées de dimensions comprises entre d et D. Il faut veiller à ce qu'elles soient bien récupérées après délitage lors de la préparation de l'échantillon pour essai.

### **C,2.4- Interprétation**

#### **2.4.1- Sable 0/D**

##### *a) Jugement d'agrément*

Pour les sables 0/D on doit mesurer en premier lieu l'équivalent de sable. Cet essai s'effectue sur la fraction 0/5 ce qui amène à deux situations :

**CAS 1/** L'équivalent de sable mesuré répond aux spécifications demandées, dans ce cas la propreté est satisfaisante.

Cependant dans le cas des G.B.B. si l'équivalent de sable est compris entre 30 et 35 on effectuera la vérification de non plasticité avant d'agréer le matériau au point de vue propreté.

**CAS 2/** L'équivalent de sable mesuré est inférieur à la limite prescrite :

- **CAS 2.a** - Si le D max du sable est supérieur à 5 mm le matériau est refusé.

- **CAS 2.b** - Si le D max du sable est inférieur à 5 mm, on effectuera les limites d'Atterberg :

- Si l'IP n'est pas mesurable, le matériau est provisoirement accepté. cependant, on devra, au moment de l'étude de formulation, vérifier sur la fraction 0/ 5, après reconstitution que l'E.S est supérieur à 40 pour le B.B et à 30 pour la G.B.B.

- Si l'IP est mesurable, le matériau n'est pas agréé.

*b) Critère de recette*

Si  $S_1$  est la valeur de l'équivalent de sable mesurée et que l'agrément est prononcé on devra faire respecter lors des essais de recette les critères suivants :

Si  $S_1 \geq S$  l'équivalent de sable devra toujours être supérieur à S  
Si  $S_1 \leq S$  l'équivalent de sable devra toujours être supérieur à  $S_1$ .  
de plus si l'équivalent de sable mesuré est inférieur à 35 on devra contrôler que l'indice de plasticité n'est pas mesurable.

Compte tenu de la dispersion propre de l'essai (qui varie avec le niveau de la valeur) on peut dire que pour des valeurs comprises entre la limite S (30 au 40 selon le cas) et  $S + 5$ , le risque de rencontrer des valeurs déficientes n'est pas négligeable, on attirera donc l'attention sur ce point sensible.

**2.4.2/ - Granulats d/D**

*a) Jugement d'agrément*

Lorsque l'indice de plasticité est strictement non mesurable, la classe granulaire est considérée comme satisfaisante vis-à-vis de la propreté.

### *b) Critère de recette*

Cette même non plasticité devra toujours être contrôlée lors des essais de recette.

## **C,3- GRANULARITE**

### **C,3.1- Essai à réaliser**

La granularité est déterminée par l'analyse granulométrique du matériau.

### **C,3.2- Spécifications**

Le C.P.C ne donne aucune spécification concernant la granularité des agrégats constituant les matériaux enrobés, mais seulement un fuseau de spécification sur le mélange minéral. Il est cependant prévu pour les essais préliminaires d'information et pour les essais de recette, un contrôle classe par classe de la granularité des agrégats.

#### **3.2.1- Classe granulaire**

• Rappelons que la Norme Marocaine (NM. 10.1.1020) définit la classe granulaire ainsi :

" Un granulat est dit granulat type  $d/D$  lorsque le rapport  $D/d$  étant supérieur ou égal à 2 :

- Le refus au tamis d'ouverture  $D$  est inférieur à  $x\%$ ,
- Le tamisât sur le tamis d'ouverture  $d$  est inférieur à  $x\%$ ,
- Le tamisât sur le tamis  $d/2$  est inférieur à  $y\%$ .

On adoptera  $x= 10\%$  et  $y= 3\%$  sauf spécifications contraires au Cahier des Prescriptions Communes ou au Cahier des Prescriptions Spéciales ".

Lorsque  $d/D$  est inférieur à 2, on adopte pour  $x$  la valeur 15% (voir CPC fascicule n° 3).

- Pour un sable  $0/D$  on adopte, en l'absence de document normatif, la même définition pour la dimension  $D$ : refus inférieur à 10%.

### C,3.3- Nombre d'essais à réaliser

Pour chaque classe granulaire, une analyse granulométrique sera réalisée sur chaque échantillon prélevé.

### C,3.4- Commentaire sur les essais de granulométrie

#### a) Classe granulaire

· Pour chaque classe on déterminera la courbe moyenne (ou courbe de référence) et l'on vérifiera que cette courbe moyenne répond au critère de dénomination du granulat d/D ou du sable 0/D de la norme Marocaine rappelée ci-dessus en définissant les valeurs d et D pour chaque classe.

· La courbe moyenne est obtenue en effectuant la moyenne des passants à chaque tamis à partir des 5 (ou 8) valeurs mesurées à ce tamis.

· Il faudra faire attention au critère, passant au tamis,  $d/2 < 3\%$ , qui peut amener à rejeter une classe granulaire (voir annexe défaillance de la granularité).

· Pour assurer une certaine continuité de la courbe granulométrique du mélange minéral de l'enrobé ou de la grave bitume, il faut, dès l'agrément des différentes gravettes, s'assurer de la continuité de la courbe moyenne des classes granulaires.

Pour cela on utilise les règles suivantes :

- Si  $D \geq 2,5 d$  : la tamisât à  $\frac{d+D}{2}$  doit être compris entre 33% et 66%
- si  $D < 2,5 d$  : voir tableau ci-après.

Classe granulaire d/D (mm)	4/ 6,3	6,3/ 10	6,3/ 14	10/ 14
Tamis médian (mm)	5	8	10	12,5
Position du fuseau à ce tamis (%)	30 à 55	37 à 62	45 à 70	52 à 77

### *b) Homogénéité - régularité*

L'homogénéité qui traduit la régularité de la fabrication est un élément essentiel pour le réglage ultérieur de la centrale d'enrobage. Il est donc utile de fixer des règles de jugement de la régularité. Le fuseau de régularité qui définit une limite supérieure et inférieure pour le passant à un tamis donné est déterminé par les règles suivantes :

#### **1/ - Pour les gravettes d/D :**

- Etendue maximale du fuseau de régularité :
  - 10% à d et D
  - 25% à  $\frac{d+D}{2}$

#### **2/ - Pour les sables 0/D :**

- Etendue maximale du fuseau de régularité :
  - 10% à D et au tamis de 0,5 mm
  - 15% au tamis de 2 et 4 mm si  $D \neq$  de 2 ou 4 mm
  - 4% à 0,08 mm si la teneur en fines < 12%
  - 6% à 0,08 mm si la teneur en fines  $\geq$  12%

On a donc à comparer les 5 ou 8 couches granulométriques à ces critères autour de la valeur moyenne.

### **C,3.5- Interprétation**

#### *a) Jugement de l'agrément*

Pour chaque granulat, l'agrément vis-à-vis de la granularité consiste à :

- définir la classe granulaire
  - d,D (pour les gravettes)
  - D (pour les sables)
- définir la courbe moyenne.
- vérifier que les règles de continuité sont respectées pour la courbe moyenne.
- vérifier que les 8 ou 5 courbes granulométriques (selon le cas) respectent le fuseau de régularité autour de la courbe moyenne.

C'est l'ensemble de ces éléments qui constitue l'agrément de la granularité.

#### *b) Critère de recette*

Pour le contrôle de recette des différentes classes granulaires on devra :

- Faire référence aux valeurs  $d$  et  $D$  définies à l'agrément.
- Contrôler le respect du fuseau de régularité de la courbe moyenne obtenue à l'agrément.

### **C,4- ANGULARITE**

#### **C,4.1 Définition**

- Le C.P.C (1) définit comme suit l'angularité :

" L'Angularité est déterminée par l'indice de concassage (I.C) qui signifie que si une grave passant à la maille "  $d$  " a été concassée à partir d'un tout-venant ayant  $x\%$  de refus à la maille "  $d$  " son indice de concassage est  $x$ .

Pour être qualifié de " concassé pur " un tout-venant de grosseur maximale  $D$  doit être obtenu à partir d'une grave dont la grosseur minimale  $d$  soit au moins égale à 4 fois  $D$  ( $d$  supérieur à  $4 D$ ).

Un indice de concassage de 100% n'est donc pas assimilable à un concassé pur ".

- De plus on appelle " rapport de concassage " (R.C) le rapport entre la plus petite dimension du matériau soumis au premier concassage et le  $D$  du granulat obtenu.
- Un indice de concassage varie entre 0 et 100% alors qu'un rapport de concassage a toujours une valeur supérieur ou égale à 1.

#### **C,4.2 Spécifications**

Le C.P.C (2) précise que l'angularité des granulats doit être la suivante :

(1) et (2) voir bibliographie en annexe

Nature de Matériau	Trafic	Angularité
G.B.B 0/ 20 et 0/ 25	T0	R.C $\geq$ 4 concassé pur
	T1	IC $\geq$ 100% (RC= 1)
	T2	IC $\geq$ 50%
	T3 et T4	IC $\geq$ 20%
B.B 0/10 et 0/ 14	toutes catégories	R.C $\geq$ 4 concassé pur

### C,4.3- Agrément de l'angularité (constatations et essais)

L'Angularité n'est mesurée que pour les matériaux d'origine alluvionnaire. Dans le cas de l'exploitation d'une roche massive, le matériau est naturellement concassé et on considère que c'est un concassé pur.

La méthodologie d'agrément de l'angularité exprimée par un rapport de concassage, diffère de celle utilisée pour l'agrément d'une angularité définie par un indice de concassage.

#### 4.3.1- Vérification d'un rapport de concassage (R.C)

- Dans le cas où l'on veut agréer un matériau ayant un  $R.C \geq 1$ , la procédure la plus adaptée est la vérification de l'installation de concassage. Il s'agit de s'assurer de l'élimination avant le concasseur primaire des matériaux de diamètre inférieur à  $R.C \times D$  (D dimension maximale du granulat à produire).

Pour cela il convient :

- de mesurer le diamètre du crible utilisé pour s'assurer qu'il permet d'obtenir l'angularité voulue ;
- de s'assurer de l'efficacité de ce crible c'est-à-dire qu'il permet d'éliminer tous les éléments ayant un diamètre inférieur à celui

qu'on veut introduire au concasseur, pour cela, on fera attention particulièrement à la pente du crible, et à la non fermeture des passoirs par colmatage des matériaux.

- Rappelons qu'il est toujours possible de fractionner par criblage le matériau à concasser et d'envoyer chaque fraction sur un concasseur produisant le granulats de grosseur maximale  $D$  telle que la règle du produit  $R.C \times D$  soit respectée pour chacune de ces fractions.

- La vérification de l'installation de concassage est essentiellement visuelle. Elle nécessite une visite sur les lieux d'un Ingénieur expérimenté.

#### **4.3.2- Vérification d'un indice de concassage (IC) :**

- Quand l'angularité est évaluée par la détermination de l'indice de concassage, on procède aux opérations suivantes :

- L'analyse granulométrique du matériau brut (criblé ou non)
- La vérification de l'installation de concassage.

Avant l'exploitation d'une ballastière, il est nécessaire de s'assurer qu'elle peut fournir les classes granulaires  $d/D$  ou  $0/D$  qui permettent d'avoir l'angularité recherchée, pour cela des essais préliminaires d'information doivent être réalisés.

S'ils ne l'ont pas été, il conviendra d'effectuer cette tâche au moment du prélèvement pour agrément sur des échantillons prélevés sur le matériau brut avant concassage.

- Deux cas peuvent se présenter :

1/ Le matériau brut analysé possède à la maille " $D$ " un refus supérieur ou égal à l'indice de concassage spécifié. Il peut alors fournir directement l'angularité recherché  $IC \geq IC_0$ .

Dans ce cas, la seule constatation que l'ensemble brut passe effectivement par le concasseur produisant le granulats de grosseur maximale  $D$  suffit à prononcer l'agrément de l'angularité.

2/ Dans le cas contraire, il faut procéder à la vérification de la chaîne d'élaboration pour constater si le matériau brut subit effectivement avant primaire un scalpage produisant l'élimination d'une partie des éléments de dimension inférieure à " D " .

D'autre part il faut vérifier que cette opération permet de répondre à L'angularité désirée.

#### **C,4.4- Critère de recette**

##### **4.4.1- Rapport de concassage**

La description de la chaîne d'élaboration des différentes classes granulaires ( $d/D$  et  $0/D$ ) servira de référence pour le contrôle ultérieur de la valeur du rapport de concassage. Il faut donc s'attacher :

- à vérifier avec détail cette chaîne d'élaboration dans son état réel au moment de l'agrément surtout dans le cas des chaînes produisant toute une gamme de matériaux.
- à contrôler, tout au long de la fabrication, que les réglages initiaux sont maintenus.

##### **4.4.2- Indice de concassage**

Ici aussi, le même soin doit être apporté à la description de la chaîne de l'élaboration pour permettre le contrôle ultérieur en cours de fabrication.

Mais on peut dans ce cas utiliser avec profit la méthode de la mesure du coefficient d'écoulement des gravillons et des sables. Pour cela il convient dès l'agrément de tracer la droite (temps d'écoulement - indice de concassage) à l'aide de l'angulomètre à partir de deux points (par exemple matériau roulé brut d'origine  $IC = 0$  et matériau partiellement concassé  $IC = ICo$  tel que produit lors de l'agrément).

On aura alors un moyen rapide d'évaluer grossièrement l'indice de concassage en cours de fabrication.

## C, 5- FORMES

### C, 5.1- Définition

La forme d'un élément granulaire est définie par trois dimensions : la longueur L, la grosseur G et l'épaisseur E.

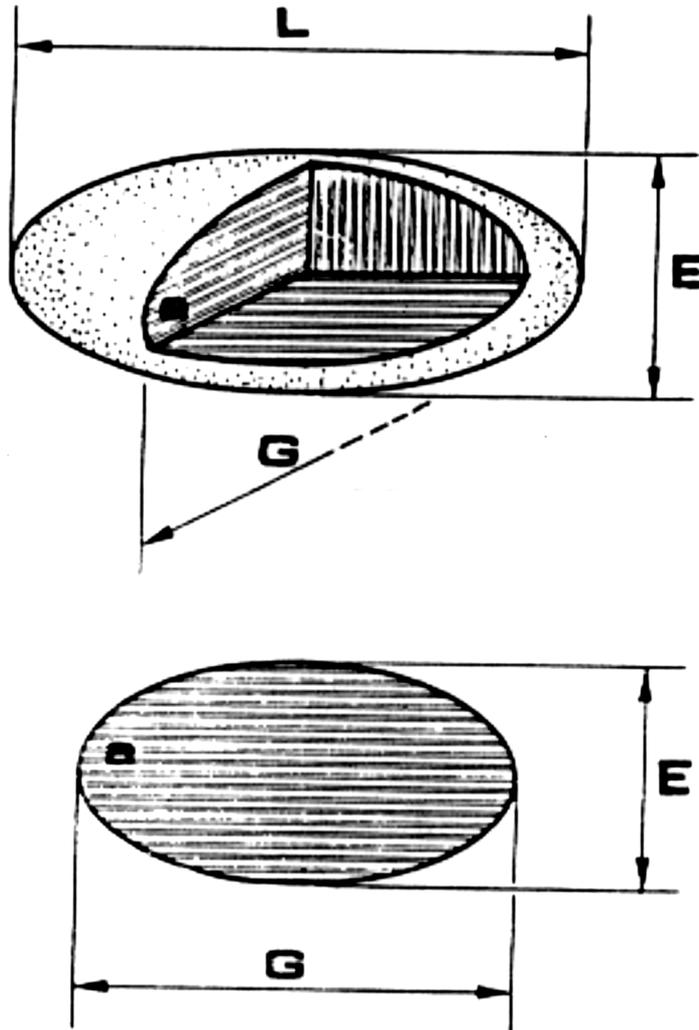


Fig. 15 -Définition de la forme d'un élément granulaire : L : Longueur; G : grosseur; E : épaisseur

### **C, 5.2- Essai à réaliser**

La forme des gravillons est appréciée par la détermination du coefficient d'aplatissement CA qui est le pourcentage d'éléments tels que :  $G/E > 1,58$ .

### **C, 5.3- Spécifications**

Le C.P.C ne donne aucune spécification relative à la forme des agrégats mais prévoit que celle-ci doit être testée au niveau de l'agrément et des essais de recette.

### **C, 5.4- Interprétation**

*a) Jugement de l'agrément :*

- La forme joue un rôle important dans la comptabilité des enrobés. C'est à partir de ces considérations qu'il a été jugé convenable d'adopter les valeurs suivantes pour des enrobés et graves-bitumes courants :

<b>Gravette</b>	<b>Coefficient d'aplatissement</b>
$\geq 10$ mm	$\leq 20$
4 mm à 10 mm	$\leq 25$

- On aura donc intérêt à obtenir des granulats ayant une forme satisfaisante à ces critères pour garantir ultérieurement une compactabilité convenable.

*b) Critère de recette*

- Pour juger de l'homogénéité de la fabrication et compte tenu de la dispersion propre des essais de forme, on peut considérer que la valeur trouvée (m) lors des essais d'agrément doit servir de référence, à + 5 points lors des essais de recette sans excéder la valeur limite fixée par le CPS.

## **D - CONTENU DU RAPPORT D'AGREMENT**

Le contenu du rapport d'agrément qui sanctionne les essais, dépendra de la phase à laquelle les résultats d'essais ont abouti. C'est pour cela que l'on distinguera les trois phases définies précédemment.

### **Phase 1 :**

Si les essais sont arrêtés au niveau de cette première phase, c'est que la dureté est défailante.

Le rapport présente l'ensemble des renseignements concernant le gisement exploité, ainsi que les valeurs de dureté jugées insuffisantes. Il peut proposer des mesures à prendre pour remédier à la défaillance de la dureté.

### **Phase 2 et phase 3 :**

Après avoir obtenu, dans la phase 1 des résultats satisfaisants, on lance simultanément les essais de la phase 2 et 3. Le rapport dressé à la fin de ces deux phases doit contenir les éléments suivants :

- Concernant le gisement exploité, il faut préciser la situation du gisement, la nature minéralogique de la roche et l'orientation du front de taille, ceci dans le cas d'une carrière. Pour les ballastières, les informations contenues dans le rapport préliminaire d'information, seront rappelées ;

- Pour l'installation de concassage, il convient d'indiquer la marque et la capacité du concasseur, ainsi qu'un schéma de la chaîne d'élaboration. Ce schéma doit montrer la procédure de fabrication des différentes classes granulaires et signaler clairement l'existence ou non de scalpage, ainsi que la dimension du crible utilisé pour cela ;

Quelques photographies illustreront le texte et le schéma des installations (photo du front de taille, du stock, des concasseurs et des cribles) ;

- Concernant les résultats des essais, il faut mentionner :
  - l'ensemble des valeurs obtenues pour chaque essai, ainsi que la moyenne de ces valeurs,
  - l'interprétation des résultats de chaque essai.

Si le matériau n'est pas agréé, la conclusion du rapport doit contenir l'ensemble des mesures conseillées pour corriger la ou les caractéristiques défailtantes.

Dans le cas contraire, c'est-à-dire que le matériau analysé est agréé, on dresse alors une conclusion qui contient l'ensemble des éléments précisés dans la partie " E " suivante.

## **E - REFERENCE A DEDUIRE DES ESSAIS D'AGREMENT**

Un matériau agréé est celui qui répond à toutes les spécifications exigées. Ceci ne peut être vérifié qu'après avoir réalisé l'ensemble des essais cités au chapitre "C ".

Les résultats des différents essais d'agrément, doivent servir comme référence à la réalisation des " contrôles de recette ". C'est ainsi que :

**a)** On définit la courbe moyenne de référence et le fuseau de régularité de chaque classe granulaire, suivant les critères indiqués en C.3.4, b.

**b)** On définit la dureté moyenne de référence de chaque classe granulaire, ainsi que la tolérance applicable lors de l'essai de recette (+ 5 points) sans toutefois dépasser la valeur limite (S) de chaque technique. La corrélation entre le F.D et le L.A est présentée pour le contrôle de la dureté sur chantier à l'aide de l'appareil F.D si nécessaire ;

**c)** On définit la droite d'écoulement permettant le contrôle de L'Angularité (IC) d'une part, et on définit, si nécessaire des dispositifs de l'installation de concassage et criblage à vérifier pour s'assurer du respect de L'angularité (IC ou RC) selon le cas.

**d)** Pour la propreté des sables on s'attachera au respect des limites (S) du C.P.C pour l'équivalent de sable. Dans le cas des sables dont le D max est inférieur à 5 mm on définira, si nécessaire, la valeur limite  $S1 < S$  qui servira de critère de recette. Pour les ES < 35, on vérifie que l'indice de plasticité est non mesurable.

Pour les gravettes c'est le critère d'indice de plasticité non mesurable qui servira pour le contrôle de recette.

**e)** Enfin pour la forme on effectuera la réception des agrégats en adoptant la valeur moyenne de l'agrément avec tolérance maximale de + 5 points.

Cependant, il est important de rappeler que si l'une des caractéristiques citées ci-dessus répond aux exigences du C.P.C sans pour autant répondre à la valeur fixée lors de l'agrément, il faudra exiger que l'étude de formulation soit refaite pour s'assurer qu'avec la nouvelle caractéristique obtenue, on peut atteindre les performances mécaniques exigées.

Par ailleurs, il est essentiel de signaler dans la conclusion du rapport d'agrément les caractéristiques qui sont à la limite des spécifications, afin de sensibiliser l'entrepreneur sur les problèmes qui peuvent être engendrés par la fluctuation de ces caractéristiques.

## **ANNEXE**

Cette annexe propose des actions à entreprendre au niveau de l'exploitation du gisement et de l'installation de concassage pour tenter de remédier à des défaillances au niveau des caractéristiques des granulats élaborés.

### **1 - DEFAILLANCE DE LA PROPETE**

#### **1,1 - Pour les sables**

La présence des éléments nocifs dans le gisement exploité est, dans la majorité des cas, la raison de la défaillance de la propreté. On peut être amené alors à deux niveaux différents de décision, à savoir

**1°/** Changer la carrière ou la direction de l'exploitation du front de taille, cette mesure s'impose si ce dernier présente une hétérogénéité importante et visible (après étude du front de taille).

**2°/** Installer un crible avant ou après le concasseur primaire pour éliminer la fraction qui contient les éléments polluants. Dans ce cas, il est essentiel de donner des directives sur les conditions d'exploitation (ne pas exploiter la carrière en temps de pluie, etc...).

**3°/** Dans le cas où le gisement exploité est d'origine alluvionnaire, un simple scalpage avant le concasseur primaire suffit généralement pour améliorer la propreté.

#### **1,2 - Pour les gravettes**

L'insuffisance de propreté des gravettes peut être due à plusieurs facteurs :

**1°/** La défaillance du système de criblage qui elle-même peut être engendrée, soit par :

- le mauvais état des cribles,
- la forte pente des cribles.

**2°/** Le mauvais emplacement de l'aire de stockage :

- transport par les vents de la poussière provenant du concasseur,
- voisinage de la piste d'accès à la carrière.

**3°/** Présence d'inclusions argileuses indurées dans le front de taille.

## **2 - DEFAILLANCE DE LA GRANULARITE**

Dans le cas où des anomalies sont observées lors des essais de granulométrie, le laboratoire peut être amené à conseiller les actions suivantes :

- réglage des cribles (état, pente...)
- réglage des concasseurs et de leur utilisation ; en effet un concasseur doit avoir une ouverture constante et doit être tout le temps en charge pour assurer une production homogène.

Après ces réglages éventuels on refera des prélèvements selon les cadences déjà fixées pour procéder à l'agrément définitif des matériaux produits.

## **3 - DEFAILLANCE AU NIVEAU DE LA FORME**

L'amélioration de la forme des granulats consiste généralement à faire " travailler " les appareils de concassage en charge et à multiplier les étages de recyclage de façon à utiliser au maximum le phénomène d'auto-concassage.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- Cahier des Prescriptions Communes Fascicule n° 5 cahier n° 1
- 2- Cahier des Prescriptions Communes Fascicule n° 5 Cahier n° 4.
- 3- Norme Marocaine  
Matériaux de construction  
Granulométrie et Granulats NM 10.01 F 005
- 4- NM 10.00F 002 Tamisage
- 5- NM 10.00F 001 Analyse granulométrique par tamisage
- 6- Rapport de recherche L.P.C. n° 114  
Les essais de granulats  
C. TOURENQ - A. DENIS

- 2 -

**DIRECTIVE POUR ESSAIS DE RECETTE  
DES GRANULATS DESTINES A LA  
FABRICATION DES ENROBES A CHAUD**

# **DIRECTIVE POUR ESSAIS DE RECETTE DES GRANULATS DESTINES A LA FABRICATION DES ENROBES A CHAUD**

## **Introduction**

### **I- prélèvements et essais**

- I. 1 Rappel des prescriptions du C.P.C
- I. 2 Lots - Prélèvements - Echantillons

### **II- Organisation du stockage et du contrôle de qualité**

### **III- Essais**

- III. 1 Granulométrie
- III. 2 Propreté
- III. 3 Forme
- III. 4 Dureté
- III. 5 Angularité

### **IV Jugement de conformité**

- IV. 1 Conformité d'une caractéristique
- IV. 2 Conformité du lot
- IV. 3 Conformité de la fabrication

### **V- Modalité de présentation et de transmission des résultats du contrôle**

- V. 1 Situation 1.
- V. 2 Situation 2
- V. 3 Situation 3

## INTRODUCTION

Les essais de recette sur les granulats ont pour objectif de vérifier la conformité des matériaux élaborés par l'installation de concassage par rapport à ceux qui ont fait l'objet du rapport d'agrément. Pour cela, on effectue des prélèvements suivant une fréquence prévue au C.P.C et on vérifie que pour chaque essai spécifié, les recommandations issues de l'agrément sont respectées.

Dans le cadre du contrôle de l'angularité, une vérification de l'installation de concassage peut s'avérer nécessaire.

Ces essais sont réalisés à la diligence de l'Administration sur demande formulée par l'Entrepreneur.

## I - PRELEVEMENTS ET ESSAIS

### I, 1 Rappel des prescriptions du C.P.C :

Dans l'article 6, le C.P.C - fascicule 5- cahier n° 4, précise les essais à effectuer ainsi que la fréquence des contrôles :

DESIGNATION DU MATERIAU	QUALITE DU MATERIAU A CONTROLER	DESIGNATION DE L'ESSAI	FREQUENCE DES ESSAIS
Granulat d/ D et sable 0/ D  Angularité  Forme	Granularité Propreté	- Granulométrie - Indice de plasticité (IP) - Equivalent de sable (ES)	1/ 500 m3 1/ 500 m3 1/ 500 m3
	Angularité Forme Dureté	- Indice de concassage (IC) - Coefficient d'aplatissement (CA) - Los Angeles (A)	1/ 5000 m3 1/ 5000 m3 1/ 5000 m3
Filler d'apport	Granularité Propreté	- Granulométrie - Indice de plasticité (IP)	1/ 100 m3 1/ 100 m3

### I.2 Lots - Prélèvements - Echantillons

#### ***lots***

Pour les granulats d/D et les sables 0/D, une quantité de 500m<sup>3</sup> est considérée comme un lot homogène de fabrication. Pour les fillers, cette quantité est ramenée à 100m<sup>3</sup>.

#### ***Prélèvements élémentaires***

Le nombre de prélèvements constituant l'échantillon global est au minimum de 10. Ces prélèvements sont à répartir aussi uniformément que possible dans l'ensemble du lot soumis au contrôle.

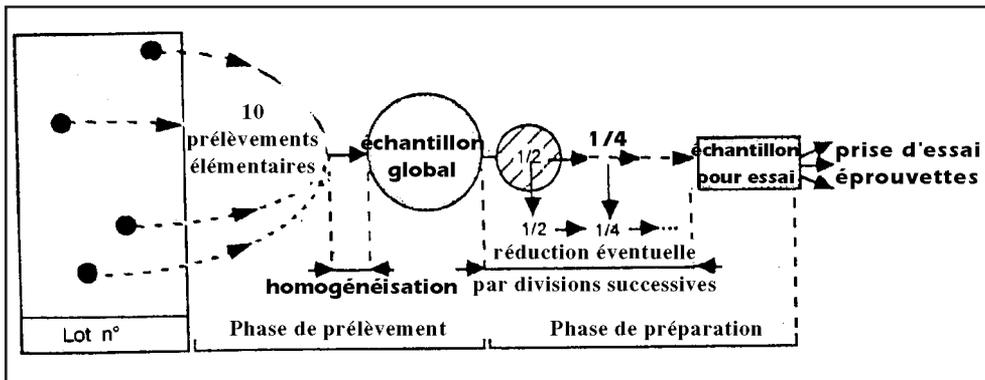
#### ***Echantillon global***

La constitution de l'échantillon global (résultat des 10 prélèvements élémentaires) est fonction de la dimension maximale des granulats.

DIMENSION MAXIMALE DU GRANULAT	MASSE MINIMALE DE L'ECHANTILLON GLOBAL
5 mm	10 kg
5 et 10 mm	20 kg
10 à 25 mm	40 kg

### ***Echantillon d'essai***

L'échantillon d'essai est obtenu par quartage à partir de l'échantillon global, la masse de l'essai est fonction de la dimension maximale et de l'essai lui-même.



## **II - ORGANISATION DU STOCKAGE ET DU CONTROLE DE QUALITE**

Il est habituel de rencontrer trois situations :

**Situation 1** : chantier important où une équipe de Laboratoire est constamment disponible.

**Situation 2** : chantier important à moyen où le Laboratoire intervient fréquemment.

**Situation 3** : chantier moyen et petit où le Laboratoire n'intervient que pour des opérations ponctuelles.

En fonction de ces situations, l'organisation du stockage et du contrôle de qualité de fabrication est différente.

## **SITUATION 1**

Dans cette situation le contrôle de qualité s'effectue lot par lot.

On a donc une intervention (prélèvement - essais) dès que le lot est fabriqué et stocké.

Une fois vérifié la conformité du lot, ce lot rejoint un stock tampon. Sinon le lot refusé est évacué sur une aire prévue à cet effet.

On a donc trois aires de stockage :

- La première reçoit les lots de 500m<sup>3</sup> (ou 100m<sup>3</sup> dans le cas de fillers) à contrôler et le stockage tampon.
- La seconde bien distincte reçoit l'ensemble des lots contrôlés et conformes. C'est sur ce stock général que viendront s'approvisionner les chargeurs d'alimentation du poste d'enrobage.
- Enfin, la troisième sert de dépôt pour les lots refusés qui pourront éventuellement servir à d'autres usages.

Un contrôle strict du respect de cette démarche doit être organisé dès le début de la fabrication des granulats.

## **SITUATION 2**

Dans cette situation, des stocks tampons sont constitués. Ces stocks sont formés de plusieurs lots de fabrication, tels que définies en 1.2. C'est sur ces stocks tampons que sont effectués les prélèvements et essais pour contrôle de qualité.

Une fois des résultats jugés satisfaisants obtenus, ces stocks tampons sont transférés sur le stock général, tel que décrit ci-dessus.

La différence essentielle avec la démarche précédente, tient au fait que les lots de fabrication ne sont pas contrôlés un par un immédiatement après leur production, mais contrôlés quand leur nombre est suffisant pour rentabiliser l'intervention du contrôle.

Il s'ensuit que les lots étant regroupés en un seul tas, ne sont plus isolables, les prélèvements ont alors lieu sur des " lots " fictifs pour respecter les fréquences des essais.

### **SITUATION 3**

Dans cette situation un seul stockage est constitué et les prélèvements et essais sont effectués une fois la fabrication terminée.

On constitue donc autant de " lots " fictifs que la fréquence des essais l'exige : par exemple volume fabriqué / 500 m<sup>3</sup> = x " lots " fictifs.

### **III - ESSAIS**

Les essais de granulométrie et propreté sont effectués sur chacun des lots définis en 1.2.

Les essais d'angularité, de forme et de dureté sont effectués sur 1 lot sur 10 choisi au hasard.

#### **III.1 GRANULOMETRIE**

La courbe granulométrique obtenue sur chaque échantillon doit être inscrite dans le fuseau de régularité défini en fin de rapport d'agrément, pour chacune des classes granulaires d/D et 0/D (voir Directive pour l'agrément des granulats destinés à la fabrication des enrobés bitumineux et grave bitume C. 3. 4b).

#### **III.2 PROPRETE**

##### **III.2.1- Gravettes d/D**

La propreté est vérifiée par les limites d'Atterberg. La non plasticité des échantillons doit être strictement vérifiée.

### III.2.2 - Sable 0/D

a)  $D_{max} > 5mm$  :

L'équivalent de sable doit être supérieur à la valeur limite (S) prescrite du C.P.C **pour être jugé conforme.**

Rappelons que  $S = 30$  pour la grave bitume et  $S = 40$  pour les enrobés bitumineux.

b)  $D_{max} < 5mm$  :

- L'équivalent de sable doit être supérieur à la limite S rappelée ci-dessus, si tel était le cas lors de l'agrément.
- Si à l'agrément on avait obtenu une valeur  $S_1$  inférieure à S mais qui avait été acceptée après recombinaison de la partie  $D_{max}/5 mm$  du mélange minéral, on doit vérifier que l'ES mesuré est strictement supérieur à la valeur  $S_1$  pour être jugé conforme.

c) Pour les valeurs de ES inférieures à 35 on effectuera systématiquement la vérification de la non plasticité des éléments fins.

### III. 3 FORME

L'essai de forme mesure le coefficient d'aplatissement qui doit être inférieur à la valeur retenue à l'essai d'agrément majorée de 5 points sans excéder la valeur limite fixée par le CPS.

### III. 4 DURETE

La dureté mesurée à l'essai Los Angeles doit être telle que la valeur obtenue, soit inférieure à la valeur obtenue lors des essais d'agrément majorée de 5 points, sans excéder la limite fixée par le C.P.C. On adoptera la même règle pour la valeur FD obtenue comme référence après l'étude de corrélation effectuée lors de l'agrément.

Dans le cas où le coefficient Los Angeles obtenu lors des essais de recette était supérieur à la valeur limite (S) du CPC, on effectuera l'essai Micro Deval en présence d'eau et on vérifiera que l'on obtient toujours :

- M.D.E < 25 pour les graves bitume
- M.D.E < 20 pour les enrobés bitumineux.

Une compensation entre valeur Los Angeles et valeur MDE pourra être admise dans la limite de 5 points.

### **III. 5 ANGULARITE**

L'angularité n'est contrôlée que lorsque les matériaux d'origine sont alluvionnaires.

#### **III. 5- 1 Angularité définie par un rapport de concassage**

Il faudra vérifier que la chaîne d'élaboration du matériau à contrôler est bien identique à celle décrite dans le rapport d'agrément.

#### **III. 5- 2 Angularité définie par un indice de concassage**

On peut de la même manière vérifier la chaîne d'élaboration.

Si un doute subsiste, cas notamment rencontrés en situation 2 et 3 décrites en II, on procédera à la mesure du coefficient d'écoulement de la granulométrie.

A partir de la droite d'étalonnage (temps d'écoulement en fonction de l'indice de concassage) déterminée à l'agrément, on pourra alors vérifier la conformité de l'indice de concassage.

## **IV JUGEMENT DE CONFORMITE**

### **IV. 1 CONFORMITE D'UNE CARACTÉRISTIQUE**

Si pour une caractéristique le résultat de l'essai répond aux critères rappelés ci-dessus, la caractéristique est jugé conforme.

Dans le cas contraire, il pourra être procédé à la demande de l'Entrepreneur à 2 nouveaux essais sur le même échantillon global représentatif du lot.

Si les deux résultats d'essais nouveaux sont conformes, la caractéristique est jugée conforme et les frais du contrôle sont à la charge de l'Administration.

Si un seul des résultats nouveaux (et donc à fortiori les deux) n'est pas satisfaisant, la caractéristique est réputée non conforme et les frais du contrôle sont mis à la charge de l'Entrepreneur.

#### **IV. 2 CONFORMITE DU LOT**

**a)** Pour les caractéristiques vérifiées pour chaque lot (granulométrie et propreté), on jugera le lot conforme si ces 2 caractéristiques sont satisfaisantes aux critères.

Si l'une au moins des caractéristiques ne répond pas au critère le lot sera réputé non conforme.

**b)** Pour les caractéristiques vérifiées uniquement sur un lot sur 10 (angularité, forme, dureté), si les résultats sont conformes, l'ensemble des lots est réputé conforme.

Si un ou plusieurs résultats ne sont pas satisfaisants il pourra être procédé à la demande de l'entrepreneur à la répétition des essais défailants sur 2 autres échantillons provenant de 2 lots différents :

**i** - si pour les 2 échantillons les nouveaux essais sont satisfaisants, l'ensemble des 10 lots est réputé conforme et les frais des essais sont supportés par l'Administration.

**ii** - Dans le cas contraire l'ensemble des lots est réputé non conforme et les frais des essais sont mis à la charge de l'Entrepreneur.

#### **IV. 3 CONFORMITÉ DE LA FABRICATION**

Suivant les 3 situations décrites en II, on juge ainsi la conformité de la fabrication :

##### **IV. 3-1 - Situation 1**

- Si un lot n'est pas conforme sur ses 2 caractéristiques (granulométrie, propreté), la décision de rejet du matériau doit

être prise et le matériau évacué sur l'aire réservée à cet effet.

- Si un lot est conforme pour ces mêmes 2 caractéristiques, il est déposé dans un stock tampon. Après essai sur les 3 autres caractéristique (1 lot sur 10), on décidera que :

- si l'ensemble des lots est réputé conforme, les matériaux vont sur l'aire de stockage général pour utilisation,
- sinon l'ensemble des lots est évacué sur l'aire réservée à cet effet.

#### **IV. 3-2 - situation 2**

On a intérêt pour chaque intervention à effectuer sur le stock tampon :

- les 2 essais caractéristiques par " lot " fictif
- les 3 essais caractéristiques pour l'ensemble des " lots " fictifs même si la fréquence n'est pas atteinte (moins de 5000m<sup>3</sup> stockés).

Le stock tampon sera réputé conforme si les essais de chaque "lot " sont conformes ainsi que les essais sur l'ensemble des " lots " (3 caractéristiques).

Si un seul " lot " fictif ou l'ensemble des " lots " sont déclarés non conforme comme décrits en IV. 2 le stock-tampon sera réputé non conforme. Il est en effet impossible d'isoler le " lot " fictif.

#### **IV. 3-3 - Situation 3**

Ce cas est identique à la situation 2 précédemment décrite à ceci près que le stock tampon représente en fait toute la fabrication. Celle-ci sera réputée conforme ou non conforme selon les mêmes critères que ceux décrits ci-dessus (situation 2).

### **V MODALITES DE PRESENTATION ET DE TRANSMISSION DES RESULTATS DU CONTROLE**

Les modalités de présentation et de transmission des résultats du contrôle seront légèrement différentes selon le type de situation de chantier, telle que décrite en II.

## **V. 1 SITUATION 1**

Les résultats lot par lot font l'objet d'un P.V d'essai mentionnant la conformité ou non conformité de chacune des caractéristiques vérifiées.

Les résultats des essais prévus sur 1 lot sur 10 font eux aussi l'objet d'un P.V d'essai.

Pour L'angularité et selon le cas, on aura un P.V d'essai (mesure du coefficient d'écoulement à l'angulomètre) ou une note de visite de la chaîne d'élaboration.

Les résultats obtenus peuvent faire l'objet d'un rapport partiel regroupant l'ensemble des résultats obtenus durant une certaine période (le mois par exemple).

Dans tous les cas, en fin de chantier, un rapport de synthèse doit être présenté (voir plan type pour rapport de synthèse des contrôles de qualité des travaux routiers).

## **V. 2 SITUATION 2**

Chaque intervention doit faire l'objet d'un rapport présentant tous les essais réalisés et les conclusions proposées concernant la conformité ou non conformité du stock tampon testé.

Le rapport de synthèse de fin de chantier est ici aussi à prévoir.

## **V. 3 SITUATION 3 :**

L'intervention unique sur la fabrication permet de rédiger directement le rapport de synthèse qui, après présentation de tous les essais effectués, conclut sur la conformité ou non de cette fabrication.

- 3 -

**DIRECTIVE POUR LA FORMULATION  
DES ENROBES A CHAUD**

## **DIRECTIVE POUR LA FORMULATION DES ENROBES A CHAUD**

### **I- Objectif et méthodologie d'étude de la formulation**

- I.1 Contenu du CPC
- I.2 Etapes de la formulation.

### **II- Conditions préalables à l'étude**

- II.1 Granularité des granulats
- II.2 Détermination de la masse volumique réelle des granulats...
- II.3 Connaissance du liant à utiliser sur le chantier
- II.4 Adhésivité liant granulat
- II.5 Filler d'apport

### **III - Exécution de l'étude de formulation**

- III.1 Etude théorique
  - III.1.1 Détermination d'un mélange minéral
  - III.1.2 Détermination des teneurs en liant
  - III.1.3 Compléments d'agrément
- III.2 Etude de laboratoire.
- III.3 Exploitation des résultats : Choix de la formule retenue
  - III.3.1 Cas des enrobés 0/10 et 0/14.
  - III.3.2 Cas des graves bitume 0/20 et 0/25.
  - III.3.3 Compacité L.P.C. Duriez.

### **IV - Conclusion de l'étude de formulation**

## I OBJECTIF ET METHODOLOGIE D'ETUDE DE LA FORMULATION :

L'étude de formulation a pour objectif :

- La détermination des dosages pondéraux des différents granulats pour l'obtention du mélange minéral.
- La détermination de la teneur en bitume en précisant éventuellement la nécessité d'un dope d'adhésivité.
- La détermination éventuelle de la teneur en filler d'apport pour compléter le mélange minéral.

Il est rappelé qu'en application de l'article 7, du Cahier 4, du fascicule 5 du CPC, l'étude de formulation est effectuée par la partie contractante qui fournit le granulat.

### I.1 - CONTENU DU CPC :

La formule retenue doit répondre aux spécifications du CPC que l'on peut résumer ainsi :

#### *a) Caractéristique du mélange minéral et nature du liant :*

Le tableau ci-dessous présente d'une part des fourchettes de passants à différents tamis qui déterminent une plage dans laquelle doit se trouver la valeur moyenne. Il est cependant laissé la possibilité de sortir de ces fourchettes si des essais de Laboratoire le justifient.

D'autre part sont rappelées pour chaque technique (EB ou GBB), les classes de bitume pur à utiliser :

Granularité % Passant au Tamis de (mm)	EB 0/10 Roulement	EB 0/14 Liaison	GBB	
			0/20	0/25
25	-	-	-	100
20	-	-	100	74 - 100
14	-	100	-	-
10	100	-	-	-
6	65 - 80	50 - 65	44 - 65	37 - 60
2	30 - 45	25 - 38	25 - 42	24 - 40
0,08	5 - 9	4 - 8	6 - 10	6 - 10
Bitume	40/50 ou 60/70 ou 80/ 100		40/50 ou 60/70	

b) *Essais de caractérisation :*

Afin d'une part d'évaluer le comportement au compactage et d'autre part d'apprécier les caractéristiques mécaniques et notamment leur maintien sous l'effet de l'eau, un ensemble de spécifications a été élaboré. Ces performances sont testées au moyen d'essais qui constituent l'étude minimale, selon le C.P.C, à réaliser pour agréer une formulation et choisir les différents paramètres (dosages pondéraux, teneur en bitume, dope).

	<b>EB 0/10 ROULEMENT</b>	<b>EB 0/14 LIAISON</b>	<b>GBB 0/20 et 0/25</b>
<b>Module de richesse :</b> K	3,45 à 3,9	3,45 à 3,9	2 à 0/25
<b>Essai Marshall :</b>			
- compacité %	93 - 97	92-96	91-97
- stabilité 40/50 (bitume)	> 1000	> 900	> 800
60/70 (Kg)	> 1000	> 900	> 700
80/100	> 950	> 850	-
Fluage (mm)	< 4	< 4	
<b>Essai L.P.C :</b>			
- compacité %	90 à 95	88 à 94	88 à 95
- compression bars			
40/50	> 60	> 60	> 50
( bitume) 60/70	> 55	> 55	> 45
80/100	> 50	> 45	-
RH/ RS	> 0,75		> 0,65

c) Cet ensemble de spécifications permet de s'assurer d'une qualité satisfaisante d'enrobés dans la gamme de trafic et de conditions d'environnement habituelles. Il permet d'éviter les orniérages et des fatigues trop rapides des couches liées au bitume. Il est certain que pour des trafics différents (par exemple, très intense ou très lourd) de telles spécifications nécessitent d'être complétées à l'aide d'études à l'orniéreur et même par des essais de fatigue (voir chapitre V).

## I.2 - ETAPES DE LA FORMULATION

Pour atteindre les objectifs de la formulation et répondre aux exigences du C.P.C il convient de suivre une procédure où l'on distinguera les trois phases suivantes :

### a) 1<sup>ère</sup> Phase : Etude théorique de la formulation

Il s'agit à partir des courbes moyennes des granulats agréés de composer un ou des mélanges minéraux dont la granulométrie s'inscrit dans les fourchettes et de déterminer la surface spécifique à prendre en compte pour chaque mélange en vue d'aboutir à la teneur en bitume.

### b) 2<sup>ème</sup> Phase : Etude de Laboratoire

#### *b.1 - cas des enrobés 0/10 et 0/14 :*

On étudie en premier lieu la compactabilité du ou des mélanges minéraux en fonction de divers dosages en bitume (dans la plage recommandée des modules de richesse), ceci à l'aide de la presse à cisaillement giratoire (P.C.G) ou à l'aide d'essais Marshall. Par la suite, on vérifie les caractéristiques mécaniques en particulier la tenue à l'eau à l'aide des essais L.P.C et Marshall, des couples mélange minéral/teneur en bitume ayant satisfait au test de compactabilité.

#### *b.2 - cas des graves bitume 0/20 et 0/25 :*

On étudie pour une formule granulométrique du mélange cinq teneurs en bitume à l'aide des essais Marshall et L.P.C en visant les compacités demandées.

### c) 3<sup>o</sup>/ Phase : Exploitation des résultats

Les résultats obtenus à chaque niveau :

- Compactabilité puis caractéristiques mécaniques pour les enrobés 0/10 et 0/14
- Caractéristiques mécaniques et compacité pour les graves bitume sont analysés pour aboutir au choix définitif de la formule retenue.

## **II CONDITIONS PREALABLES A L'ETUDE**

Avant d'entamer l'étude de formulation proprement dite il est nécessaire d'être en possession des éléments énumérés ci-dessous.

### **II.1 - GRANULARITE DES GRANULATS**

A la suite des essais préliminaires d'information, on doit avoir la courbe moyenne représentative de chacun des granulats (d/D et O/D) susceptible d'être utilisée dans la formulation.

Si des classes supplémentaires s'avèrent nécessaires, au moment de la formulation, elles seront définies comme indiquées dans la Directive relative à l'agrément des granulats.

### **II.2 - DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE RÉELLE DES GRANULATS**

Il est nécessaire pour la détermination des caractéristiques de compactabilité de connaître la masse volumique réelle de chaque classe granulaire (d/D ou O/D) utilisée (MV Rg). Il faut souligner l'importance de cette donnée car elle joue très fortement sur la valeur des compacités (ou détermination de l'indice des vides) qui est l'élément prépondérant du choix de la formule.

### **II.3 - CONNAISSANCE DU LIANT À UTILISER SUR LE CHANTIER**

Il est nécessaire d'effectuer tous les essais avec le même bitume que celui qui servira à la fabrication de l'enrobé ou de la grave bitume. Il y a donc lieu d'effectuer des prélèvements sur la fourniture de liant effectuée pour le chantier. En effet, deux bruts de pétrole différents pourront donner un bitume de même pénétration, sans que pour autant les performances des enrobés soient identiques.

Par ailleurs comme les caractéristiques mécaniques exigées dépendent de la classe du bitume, on doit effectuer sur ce prélèvement les essais d'identification prévus au cahier n° 5 fascicule 5 du C.P.C.

Dans la mesure où un choix est possible entre plusieurs classes de bitume, on s'attachera à l'utilisation des bitumes les plus durs dans le cas des forts trafics et des fortes rampes exposées au soleil, on évitera l'utilisation des bitumes les plus mous dans les zones à forte température et à trafic intense et lourd.

Enfin il peut s'avérer utile de connaître la consistance du bitume et surtout sa susceptibilité thermique pour expliquer des résultats provenant d'essais effectués à des températures différentes. Cette étude reste cependant facultative.

#### **II.4 - ADHESIVITE LIANT GRANULAT**

Le mélange liant granulats doit être tel que :

- la surface des granulats soit parfaitement couverte par le liant (adhésivité active).
- ce contact liant granulats se maintienne en présence d'eau (adhésivité passive).

L'adhésivité passive est étudiée en Laboratoire par un essai spécifique. En cas de défaillance, l'utilisation d'un dope d'adhésivité est nécessaire. Un défaut d'adhésivité peut aussi être décelé par les résultats des essais mécaniques effectués sur les éprouvettes enrobées ( rapport RH/RS faible ) sans que ce facteur soit le seul explicatif de cette faiblesse mécanique (présence des mottes d'argiles par exemple). Il convient de rappeler que la stabilité des dopes aux fortes températures d'enrobage n'est pas toujours assurée et que le choix à effectuer devra tenir compte de la conservation de l'efficacité en fonction des conditions de fabrication.

#### **II.5 - FILLER D'APPORT**

Le C.P.C prévoit l'ajout éventuel de filler d'apport dans le cas de défaut de la fraction inférieure à 0,08 mm dans le mélange reconstitué.

Ces fines ne doivent pas être plastiques.

Il est fait appel le plus fréquemment à du ciment pour jouer ce rôle.

Le filler d'apport utilisé dans la composition granulométrique du mélange minéral doit être le même que celui utilisé sur chantier.

### **III EXECUTION DE L'ETUDE DE FORMULATION**

#### **III.1 - 1<sup>ère</sup> PHASE : ETUDE THEORIQUE**

L'étude théorique de la formulation comporte deux étapes successives :

**1** - détermination d'un mélange minéral par sa courbe granulométrique (éventuellement plusieurs mélanges).

**2** - détermination des teneurs en liant possibles pour chacun de ces mélanges théoriques.

##### **III.1.1 - Détermination d'un mélange minéral**

A partir des courbes des différentes classes granulaires agréées, on recompose un mélange minéral de façon que la courbe granulométrique moyenne soit inscrite dans les fourchettes données au C.P.C (voir I;1.a).

Dans le cas où on peut obtenir à partir des mêmes agrégats plusieurs courbes de mélanges inscrites, il convient de tester 2 ou 3 mélanges pour choisir la composition qui répondra le plus aux besoins du chantier.

Le premier paramètre à prendre en considération pour élaborer ces 2 ou 3 mélanges sera le pourcentage de filler. En effet pour atteindre une compacité élevée il faut un minimum de filler, ce minimum dépend de beaucoup de paramètres (forme de granulats, angulaire etc...) et seules des expérimentations permettront de connaître ce seuil pour chaque origine de granulats.

##### **III.1.2 - Détermination de teneurs en liant**

Les teneurs en liant sur lesquelles portera l'étude seront déterminées à partir du module de richesse  $K$ , et de la surface spécifique  $\Sigma$ . Le CPC donne le domaine de variation du paramètre  $K$  (voir I.1.b). La surface spécifique est obtenue à partir de la courbe granulométrique retenue.

Teneur en liant =  $K \cdot \sqrt[5]{\Sigma} \cdot \alpha$

où :

$\Sigma$  : surface spécifique conventionnelle =  $0,20 g + 2,2 S + 12 s + 135 f$ , en  $m^2/ kg$ , avec les proportions pondérales :

g, des éléments supérieurs à 6 mm

S, des éléments compris entre 6 et 0,315 mm

s, des éléments compris entre 0,315 et 0,08 mm

f, des éléments inférieurs à 0,08 mm

$\alpha$  : coefficient correcteur, destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats. Si cette masse volumique est égale à  $2,65g/cm^3$ ,  $\alpha = 1$ .

Dans le cas contraire,  $\alpha = 2,65/\text{masse volumique du granulat}$ .

L'on respectera les valeurs minimales du module de richesse dans la détermination des teneurs en liant des études de formulation pour garantir une bonne tenue dans le temps (tenue au désenrobage, fissurations par le haut etc...).

Pour guider le choix des teneurs en bitume à expérimenter il faut rappeler que l'augmentation de la teneur en bitume a pour effet :

- d'augmenter la compacité de l'enrobé par augmentation de l'effet de lubrification des granulats et par simple effet de remplissage des vides.
- d'améliorer la tenue à l'eau d'abord par l'effet d'augmentation de compacité mais aussi par l'augmentation de l'épaisseur du film de bitume.

Enfin notons que l'effet de la teneur en liant ne peut être examiné indépendamment de la teneur en filler.

### III.1.3 - Compléments d'agrément

Avant d'effectuer l'étude expérimentale proprement dite de la

formulation, il peut s'avérer nécessaire à la suite de la détermination théorique (III.1.1) du mélange minéral :

- a)** d'agrèer des classes granulaires complémentaires (voir directive d'agrément des granulats pour enrobés et grave bitume).
- b)** de vérifier la propreté de la fraction 0/5 mm du mélange minéral lorsque cette propreté n'était que provisoirement acceptée pour les sables 0/D dont le D était inférieur à 5mm.

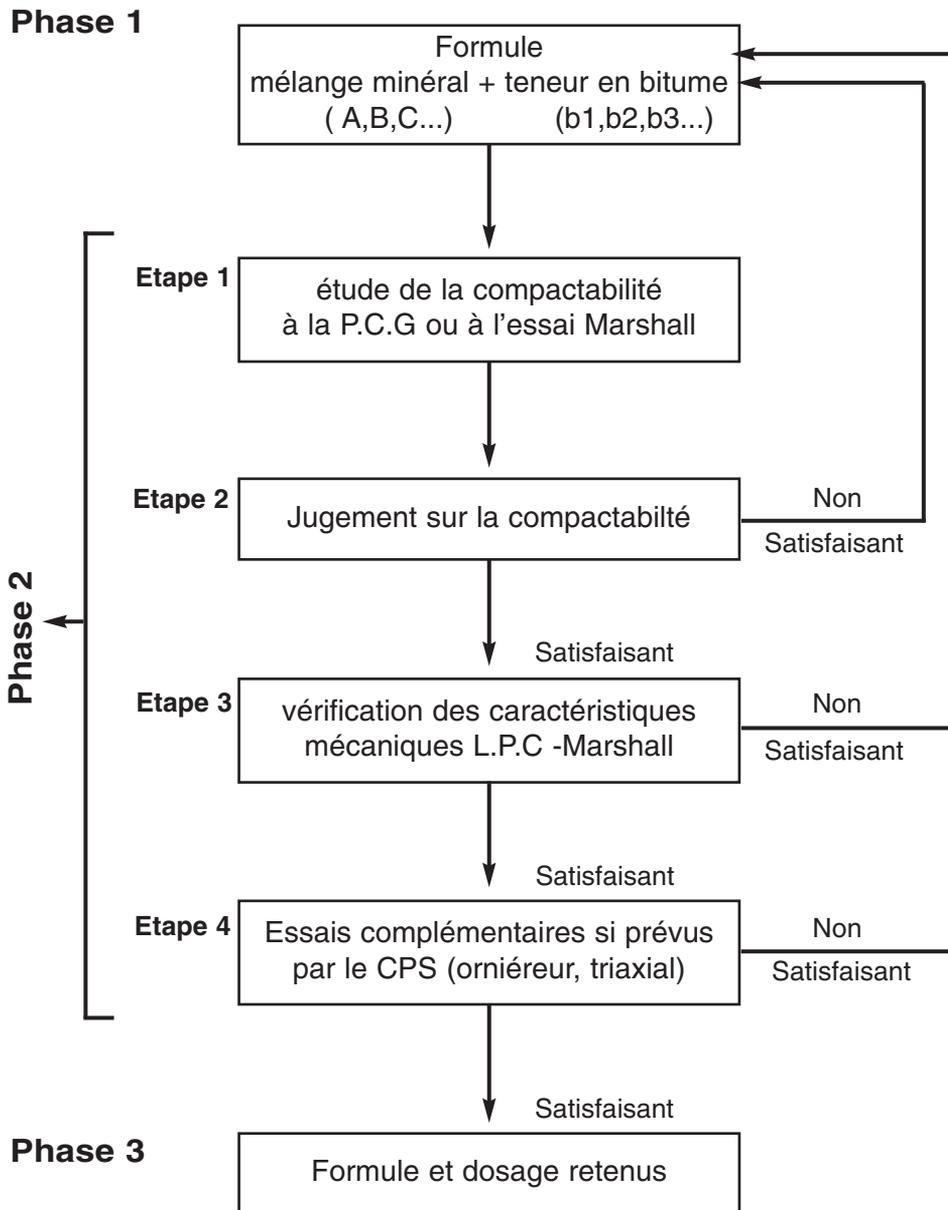
Ces deux données font en fait partie de l'agrément et non de l'étude de formulation et ne sont rappelées ici que pour mémoire et selon l'ordre logique des tâches.

### **III. 2 - 2<sup>ème</sup> PHASE : ETUDE DE LABORATOIRE**

#### ***A. Cas des enrobés 0/10 et 0/14***

##### **A.1 - Méthodologie de l'expérimentation**

L'étude expérimentale est conduite selon la procédure illustrée dans le schéma ci- dessous ;



On choisit une formule de mélange minéral (par exemple A) et une teneur en bitume (b1) correspondant à un module de richesse moyen et on effectue une étude de compactabilité (étape 1). Si les résultats sont satisfaisants, on fait varier la teneur en bitume (b2, b3) de part et d'autre de (b1) pour tester la tendance de la sensibilité à la teneur en bitume.

Si les résultats obtenus en étape 1 avec la première formule (A) paraissent insuffisants (compacité trop élevée ou trop faible), on cherche une seconde formule (B) en utilisant les principes suivants :

- Compacité trop faible (formule insuffisamment maniable) On peut alors :
  - augmenter le pourcentage de bitume
  - augmenter le pourcentage de fines
  - prévoir l'introduction d'un faible pourcentage (<10%) de sable roulé.
- Compacité trop élevée (formule trop maniable)

On joue alors sur les mêmes paramètres mais en sens inverse.

Et on effectue de nouveaux tests de compactabilité suivant le processus indiqué.

Quand en fin d'étape (2) on considère comme satisfaisant les résultats des essais de compactabilité, on vérifie en étape (3) si les caractéristiques mécaniques exigées sont atteintes pour la formule retenue.

Si le CPS l'a prévu on effectuera les essais complémentaires en étape (4).

En cas d'insuffisance des caractéristiques vérifiées en étapes 3 et (ou) 4, l'on adaptera la formule, par retour à l'étape (1).

## **A.2 - Etude de la compactabilité : (étape 1)**

La compactabilité d'un mélange granulat bitume peut-être étudiée soit à l'aide de la presse à cisaillement giratoire (P.C.G) soit, à défaut, à l'aide de l'essai Marshall.

### *a) Compactabilité à la P.C.G*

La P.C.G permet de déterminer la courbe d'évolution de la compacité absolue en fonction du nombre de girations (n) de l'appareil.

La compacité absolue pouvant être atteinte sur chantier avec un atelier normal de compactage pour une épaisseur e (en cm) de mise en oeuvre est celle obtenue à la P.C.G pour un nombre de girations (n) tel que :  $n = 10 e$

soit pour 5 cm la compacité à 50 girations

pour 7 cm la compacité à 70 girations

### *b) Compactabilité à l'essai Marshall*

L'essai Marshall procède à un compactage dynamique par chute répétée d'une dame de poids standard.

La compactabilité est étudiée en fabriquant des éprouvettes avec des énergies correspondant à 25 - 50 - 75 coups de dame sur chaque face de l'éprouvette, en respectant la cadence indiquée, soit 27 secondes pour 25 coups et 82 secondes pour 75 coups. On doit s'attendre cependant à une évolution possible de la granularité en fonction du nombre de coups.

On peut donc voir la sensibilité à l'énergie de compactage en traçant la courbe compacité absolue en fonction des nombres de coups.

### **A.3 -Appréciation des résultats d'essais de compactabilité (étape 2)**

#### *a) Essais de compactabilité à la P.C.G*

Pour juger la compactabilité d'une formule d'enrobé on adopte les critères suivants :

- compacité à 10 girations < 89%
- compacité à 60 girations 92 à 95% pour EB 0/10
- compacité à 80 girations 93 à 96% pour EB 0/14

L'on choisira parmi les formules satisfaisantes à ces critères, celle qui donnera le plus faible coefficient C1 pour limiter les phénomènes d'orniérage.

#### *b) Essais de compacité Marshall*

La compacité à 50 coups est spécifiée (voir I.1.b)

EB 0/10	93 à 97%
EB 0/14	92 à 96%
GBB	91 à 97%

Aucun critère n'existe quant à l'évolution de la compacité en fonction du nombre de coups. L'on choisira, comme pour la P.C.G, la formule évoluant le plus fortement (pente de la droite la plus élevée), garantissant ainsi une maniabilité optimale.

### **A.4 -Caractéristiques mécaniques (étape 3)**

Sur la formule retenue (mélange minéral et teneur en bitume) à partir des essais de compactabilité on effectue les essais mécaniques :

#### *a) Essais Duriez L.P.C*

1/ l'essai Duriez (L.P.C) est réalisé selon le mode opératoire L.C.P.C Il semble utile de rappeler ce qui suit :

La validité de l'essai dépend beaucoup du soin avec lequel toutes les manipulations sont faites. C'est à la suite d'une très longue étude systématique effectuée avec la collaboration de tous les Laboratoires, que ce mode opératoire a pu être rédigé.

Il conviendra donc que toutes les indications données dans le mode opératoire soient scrupuleusement suivies, aucune n'étant gratuite : des écarts, même légers par rapport aux indications du mode opératoire, ont des conséquences importantes sur les résultats obtenus.

### Extrait du mode opératoire " présentation "

2/ Les résultats de l'essai L.P.C seront présentés de la manière suivante :

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masse volumique apparente de l'éprouvette par :               <ul style="list-style-type: none"> <li>• les mesures géométrique MVA</li> <li>• la balance hydrostatique MVa</li> </ul> </li> <li>- Masse volumique réelle des granulats MVRg</li> <li>- Masse volumique réelle de l'enrobé MVR</li> <li>- Compacité de l'éprouvette C</li> <li>- Pourcentage des vides résiduels V</li> <li>- Masse volumique apparente des granulats dans l'éprouvette MVAg</li> <li>- Pourcentage des vides               <ul style="list-style-type: none"> <li>• occupés par l'air et le liant V</li> <li>• comblés par le liant V1</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pourcentage d'imbition               <ul style="list-style-type: none"> <li>• après 1 heure sous vide et 2 heures dans l'eau Wj +1</li> <li>• après 2 ou 4 jours dans l'eau Wj+ 3 ou Wj +5</li> <li>• après 7 jours dans l'eau Wj+ 8</li> </ul> </li> <li>- Résistance à la compression R en <math>10^5</math> Pa à t°C à la vitesse 1mm/ s               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 jours après confection des éprouvettes</li> </ul> </li> <li>- Résistance à la compression r en <math>10^5</math> Pa à t°C à la vitesse 1mm/ s               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 jours après confection des éprouvettes dont 7 jours d'immersion dans l'eau</li> </ul> </li> <li>- Rapport r/ R</li> </ul>
--	--

### *b) Essai Marshall*

1/ L'essai Marshall est réalisé selon le mode opératoire du L.C.P.C.

2/ Les résultats de l'essai Marshall seront présentés de la manière suivante :

- masse volumique apparente de l'éprouvette par :
  - les mesures géométriques MVA
  - la balance hydrostatique MVA
- masse volumique réelle des granulats MVRg
- masse volumique réelle de l'enrobé MVR
- compacité de l'éprouvette C
- pourcentage de vides résiduels  $V_R$
- masse volumique apparente des granulats dans l'éprouvette MVAg
- pourcentage de vides :
  - occupés par l'air et le liant V
  - comblés par le liant V1
- stabilité Marshall à 60° C en daN
- Fluage Marshall en 1/ 10mm

### **A.5 -Etudes Complémentaires Spécifiques : (étape 4)**

Dans le cas d'enrobés à utiliser sous des trafics importants et lourds (1) et pour des températures élevées, l'on complétera les études précédentes par les essais ci- après, s'ils sont prescrits par le CPS :

- des essais L.P.C Duriez à 0° C et 50° C (en plus de 18° C normal)
- des essais à l'orniéreur

Provisoirement on adoptera les critères suivants :

- pour la résistance Duriez en bras (pour le enrobés 0/10 et 0/14)

R	0° C	18° C		50° C
Bitume 80/100	180	50	40	9
		0/10	0/14	
60/70	200	55		10
40/50	220	60		11

- pour l'orniérage

profondeur d'ornièrre <10% de l'épaisseur de la dalle à 30.000 cycles et à 60° C, à la compacité P.C.G ou Duriez L.P.C.

(1) on peut considérer comme trafic important, le seuil de 12.000 v/ jour sur 2 sens de circulation, seuil qui correspond approximativement au trafic T1 du Catalogue Français STRA- LCPC.

#### **A.6 - Modulation de l'étude de Laboratoire**

En fait trois cas d'études peuvent être rencontrés :

a) le processus indiqué correspond à l'étude d'une formule nouvelle.

b) dans le cas de la vérification d'une formule déjà appliquée sur un chantier antérieur, la compactabilité sera étudiée sur un seul mélange, à la teneur en bitume utilisée encadrée, par deux teneurs à la limite des tolérances de fabrication ( $\pm 5\%$ ). De même les caractéristiques mécaniques seront vérifiées pour les mêmes teneurs en bitume.

c) enfin on peut adapter une formule déjà utilisée, mais où l'on change un ou 2 constituants.

En ce cas on aura une étude de consistance intermédiaire.

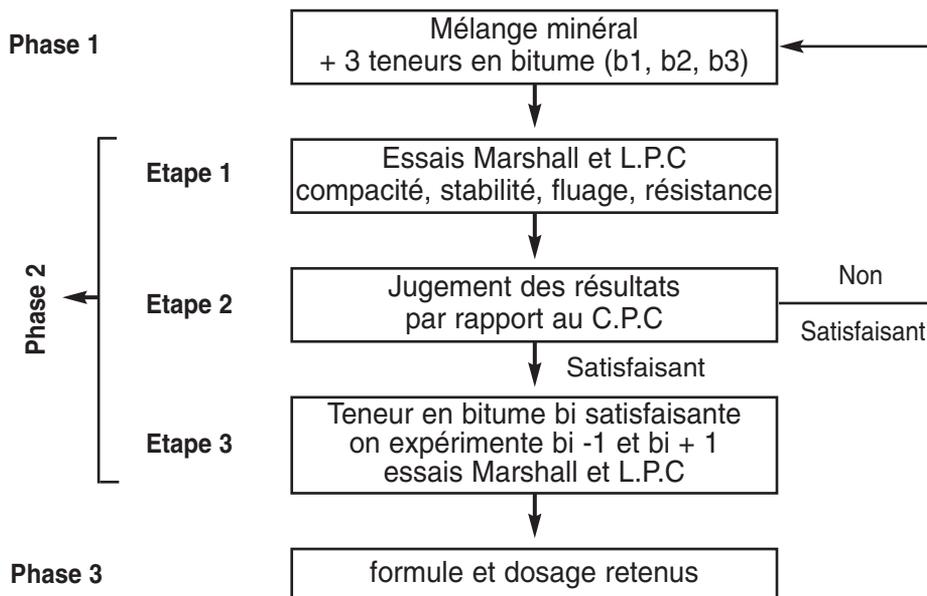
Compte tenu de ces cas d'études, on peut dresser le tableau suivant du nombre minimum de séries d'essais à réaliser à raison de 3 éprouvettes par essai.

	Cas a	Cas b	Cas c
PCG ou Marshall	3 séries x X(1) minimum	1 série	1 à 3 séries
LCPC et Marshall	1 série	3 séries	1 série
(1) x nombre de mélange minéral testé de 1 à 3 en général			

## B. Cas des graves bitumes

### B.1 -Méthodologie de l'étude

L'étude expérimentale est conduite selon la procédure illustrée dans le schéma ci-dessous :



On choisit une formule de mélange minéral et 3 modules de richesse dans l'intervalle conseillé dans le C.P.C phase (1). On effectue alors pour ces dosages les essais Marshall et L.P.C étape (1). Si les résultats sont satisfaisants pour au moins une des teneurs en bitume étape (2).

On prévoit deux teneurs en bitume, une de chaque côté pour encadrer la valeur paraissant satisfaisante. Et on exécute les essais Marshall et L.P.C pour ces 2 teneurs en bitume (bi+ 1 et bi- 1) étape (3). Cela permet de juger de la sensibilité à la teneur en bitume et finalement de choisir la teneur en bitume.

Dans le cas où les résultats ne sont pas satisfaisants après les essais Marshall et L.P.C étape (2), on recherche une nouvelle formule (retour en phase (1) et on recommence la série d'essais pour 3 teneurs en bitume jusqu'à aboutir à des résultats jugés satisfaisants.

## **B.2. - Essais Marshall et L.P.C (étape 1)**

Les essais Marshall et L.P.C (Duriez) sont présentés pour les trois teneurs en bitume conformément au mode opératoire.

Dans tous les cas les résultats sont présentés comme indiqué en (A. 4).

### *a) Essai Marshall*

Le moule standard permet l'étude des granulats de dimension inférieure à 20mm donc pour la grave bitume 0/20. Dans le cas des 0/25 on a deux possibilités soit écrêter à 20mm (au maximum 25% de matériau) et effectuer les essais sur le 0/20 soit utiliser les moules dilatés.

### *b) Essais L.P.C (Duriez)*

Pour les graves bitume il existe un moule dilaté valable pour les éléments supérieurs à 14mm et jusqu'à 31mm donc valable pour les 0/20 et les 0/25.

### **B.3 -Appréciation des résultats d'essais mécaniques (étapes 2 et 3)**

Les résultats des essais Marshall et L.P.C (Duriez) sont comparés aux spécifications du C.P.C rappelées (I.1.b).

L'ensemble des résultats doit être jugé satisfaisant, donc compacité dans les fourchettes prescrites, résistance mécanique supérieure aux valeurs limites indiquées, fluage Marshall inférieur à 4mm pour les enrobés et rapport des résistances après immersion et à sec supérieur aux valeurs limites indiquées.

On regarde aussi la sensibilité des résultats aux variations de teneur en bitume. L'on choisira une courbe plate (résistance en fonction de la teneur en bitume et compacité en fonction de la teneur en bitume) ce qui qualifie une formule peu sensible aux variations aléatoires (de chantier) de la teneur en bitume.

- En cas de résultats jugés satisfaisants on complétera (étape 3) les essais par des éprouvettes moulées avec deux teneurs en bitume, s'écartant de 5% (1) de part et d'autre de la plus faible teneur en bitume jugée satisfaisante sans franchir la limite inférieure du module de richesse.

- En cas de résultats non satisfaisants, on rectifiera la formulation et la teneur en bitume en prenant en compte les idées directrices suivantes (retour en phase 1)

- résultats satisfaisants sauf en ce qui concerne la tenue à l'eau (rapport RH/ RS). On essaie alors, selon les cas, soit un dope d'adhésivité dans le cas où les agrégats ont des caractéristiques chimiques qui ne leur permettent pas une bonne adhérence avec le bitume, soit de la chaux dans le cas où le sable contient des éléments nocifs qui empêchent l'adhésivité entre le granulat et le film de bitume.
- Compacité faible, résistance à la compression élevée : on peut alors augmenter légèrement la teneur en liant afin de réduire les vides, quitte à enregistrer une légère chute de résistance.

- Compacité faible, résistance à la compression faible : Il faut alors à la fois augmenter la teneur en liant et le pourcentage de filler.
- Compacité élevée, résistance à la compression faible : Il peut suffire d'augmenter légèrement la teneur en filler. Parfois c'est la forme des grains, ou la granulométrie elle-même qui est douteuse. Le pourcentage d'éléments concassés peut-être insuffisant.

### **III. 3- 3<sup>ème</sup> PHASE : EXPLOITATION DES RÉSULTATS : CHOIX DE LA FORMULE RETENUE**

#### **III. 3.1 - Cas des enrobés 0/10 et 0/14**

En fin de phase 2 (étude de Laboratoire) on aboutit à 1 ou 2 formules de mélange minéral offrant des garanties de compactabilité dont le comportement mécanique est jugé acceptable.

On choisira la moins onéreuse en bitume (dosage le plus faible) et la plus facile à réaliser en centrale (proportions relatives des différents granulats, sables et filler). On portera son attention également sur la sensibilité aux variations de teneur en bitume (une courbe plate est préférable à une courbe plus pointue). Il faudra préciser la nécessité ou non de l'emploi de dopes d'adhésivité.

#### **III. 3.2 - Cas des graves bitume 0/20 et 0/25**

On choisira la formule avec la teneur en bitume la plus économique qui permet de satisfaire les exigences du C.P.C. Ici aussi on recherchera les formules les moins sensibles aux variations de teneur en bitume. La

---

(1) 5% est la tolérance de fabrication admise par le CPC pour le dosage en liant hydrocarboné.

nécessité éventuelle de dope d'adhésivité devra être soulignée.

### **III.3.3 - Compacité L.P.C Duriez :**

Cette compacité doit servir de référence pour le compactage. Elle est effectuée sur un minimum de 3 éprouvettes, dont on déterminera la valeur moyenne (voir Mode Opérateur).

La reproductibilité de cet essai est d'environ 2% pour la compacité.

Ceci signifie que la densité de référence réelle ne peut- être estimé qu'à 0,05 point près ( $\text{g/cm}^3$  ou  $\text{T/m}^3$ ).

La valeur moyenne de l'essai de Laboratoire (MVA exp.) est donc dans cette fourchette.

On peut admettre qu'elle est la valeur médiane et que la valeur minimale contenant 95% des valeurs possibles se situe à la valeur expérimentale MVA- 0,025. Cette valeur servira de référence pour le contrôle du compactage.

$$\text{MVA réf.} = \text{MVA exp.} - 0,025$$

Dans le cas des enrobés, on vérifiera que cette densité est voisine de la densité obtenue à la presse à cisaillement giratoire pour un nombre de giration (n) égal à  $10e$  (e étant l'épaisseur en cm de la couche d'enrobé).

## **IV - CONCLUSION DE L'ETUDE DE FORMULATION**

Le rapport d'étude de formulation devra contenir toutes les données et résultats d'essais concernant les différentes étapes franchies pour les diverses formules étudiées. La conclusion devra pour la formule retenue :

- rappeler la détermination de chaque classe granulaire utilisée dans le mélange minéral en faisant référence au dossier d'agrément pour chacune d'elles.
- indiquer le bitume utilisé, sa provenance et sa classe et la

- présence éventuelle de dope d'adhésivité.
- indiquer la composition pondérale :
    - pourcentage pondéral des différents granulats.
    - pourcentage pondéral en filler d'apport dans le mélange minéral global.
    - teneur en bitume en poids par rapport au mélange minéral global.
  - indiquer la densité L.P.C (Duriez) de référence pour le contrôle du compactage définie comme indiqué en (III. 3.3).
  - donner la courbe granulométrique du mélange.

- 4 -

**DIRECTIVE POUR LE REGLAGE  
ET LE CONTROLE  
DE REGLAGE DES POSTES D'ENROBAGE**

# **DIRECTIVE POUR LE REGLAGE ET LE CONTROLE DE REGLAGE DES POSTES D'ENROBAGE**

## **Introduction**

### **I- Conditions préalables au contrôle de réglage**

- I.1 Réception des matériaux
- I.2 Réception du liant
- I.3 Identification de la centrale

### **II- Contrôle de centrale avant sa mise en marche**

- II.1 Conformité des équipements
- II.2 Etalonnage des balances
- II.3 Etalonnage des thermomètres

### **III- Réglage et contrôle des prédoseurs minéraux**

- III.1 Prédoseurs à granulats
- III.2 Silos à filler
- III.3 Remarques générales sur les prédoseurs minéraux

### **IV- Contrôle des réglages en fonctionnement**

- IV. 1 Contrôle du réglage du sécheur
- IV. 2 Réglage et contrôle de réglage de la trémie-tampon
- IV. 3 Réglage et contrôle de l'introduction du liant
- IV. 4 Réglage et contrôle du malaxage

### **V- Agrément de la centrale**

- V. 1 Décision d'agrément
- V. 2 Conséquences de l'agrément pour le contrôle de fabrication

## VI- Contenu du rapport d'agrément

### INTRODUCTION

Avant démarrage des travaux, le réglage du poste d'enrobage doit être effectué.

L'opération de contrôle de ce réglage permet de vérifier qu'avec les granulats agréés et réceptionnés, on arrive à fabriquer un enrobé conforme à l'étude de formulation, en utilisant le bitume ayant servi à cette étude.

D'autre part, on doit vérifier que l'homogénéité du produit fabriqué est satisfaisante (en granulat et bitume) et que les conditions de cette fabrication sont correctes (température). Enfin, il faut s'assurer que le maintien de cette homogénéité et de ces conditions de fabrication peut être suivi et contrôlé durant toute la fabrication.

Les opérations dites de réglage ne font pas partie de l'agrément du poste d'enrobage et incombent à l'Entrepreneur. Ce sont seulement les opérations de contrôle de réglage ou étalonnage qui sont strictement du domaine de l'agrément et doivent être effectuées par l'Administration.

Cependant il est fréquent d'effectuer ces deux opérations à la suite l'une de l'autre et avec l'aide du Laboratoire. Le rapport d'agrément comportera alors les deux opérations réunies.

## **I CONDITIONS PREALABLES AU CONTROLE DE REGLAGE**

### **I.1 - RECEPTION DES MATERIAUX**

Il faut s'assurer que les matériaux qui vont être utilisés pendant les opérations du réglage et de contrôle de ce réglage, sont bien conformes à ceux agréés et utilisés lors de l'étude de formulation. On aura donc effectué les opérations de recette des matériaux conformément à la Directive correspondante sur le stock à utiliser.

### **I. 2 - RECEPTION DU LIANT**

Normalement le liant ayant servi à l'étude de formulation a été prélevé sur le stock approvisionné au chantier. Dans le cas où un doute subsiste, deux prélèvements doivent être effectués. Le premier est conservé en cas de litige. Le second sert à effectuer les essais classiques d'identification qui permettent de vérifier la classe et le comportement du bitume qui peuvent alors être comparés aux essais effectués au niveau de l'étude de formulation.

La présence du dope, si nécessaire, doit être vérifiée également (procès verbal de mise en oeuvre du dope ou essais d'adhésivité).

### **I. 3 - IDENTIFICATION DE LA CENTRALE**

L'entrepreneur doit faire parvenir à l'Administration une fiche descriptive de la centrale qu'il compte utiliser.

- Type de centrale : continu, discontinu - T.S.E
- Marque : éventuellement
- Doseurs à granulats :
  - nombre de trémies - capacité
  - système de dosage - volumétrique, pondéral
  - présence de système de contrôle de niveau dans la trémie et type
  - présence de palpeur de veine à la sortie de la trémie

- conjugateur de vitesse
  - Dossier à filler d'apport
- capacité silo
- type de doseur volumétrique - à vis - etc...
- système de sécurité d'écoulement
  - Sécheur (continu ou discontinu)
- débit horaire
- système de régulation et de prise de température
  - Dépoussiéreur
- type
- réintroduction des fines : direct, par trémie tampon, etc...
  - Trémie tampon
- système de prise de température
- grilles existantes (écrétagage et de séparation (discontinu))
- système de pesée cumulative ou fractionnée (discontinu)
- contrôle volumétrique ou pondéral
  - Malaxeur
- débit horaire
  - Dosage liant
- volumétrique ou pondéral
- contrôle des températures et régulation
- régulation de dosage
  - Trémie de stockage
- existence
- contrôle de température
- système anti-ségrégation

## **II CONTROLE DE CENTRALE AVANT SA MISE EN MARCHE**

### **II.1 CONFORMITE DES EQUIPEMENTS**

Il convient de vérifier la conformité des équipements en relation

avec la fiche descriptive prévue en I.3.

- a) Vérifier que la largeur du godet d'alimentation des trémies est inférieure d'au moins 50 cm à la largeur des trémies.
- b) Vérifier dans les trémies l'existence des systèmes de contrôle de niveau, des vibreurs et des palpeurs de veine, (de même façon pour les doseurs à filler).
- c) Vérifier la présence, l'état d'usure et l'intégrité de la grille d'écrétage sur la trémie tampon.
- d) Vérifier la dimension des grilles de classement dans la trémie tampon (poste discontinu) et leur état. Vérifier aussi l'état des volets de classement.
- e) Vérifier l'état du malaxeur, des palettes, du volet de retenue et de la trappe. Décrire le plan de palettage.

## II. 2 - ETALONNAGE DES BASCULES

### II.2.1 - Trémie tampon

Dans le cas des postes discontinus, la bascule de la trémie tampon doit être vérifiée :

- 1- des masses connues sont déposées et on vérifie les valeurs lues et on effectue les rectifications éventuelles (vérification statique).
- 2- On utilise des matériaux de la trémie, on les pèse et on vérifie les quantités après récupération des matériaux (vérification dynamique).

### II.2.2 - Doseurs à filler

Dans le cas des postes **continus** ou **discontinus** les fillers d'apport ou de récupération sont introduits par système pondéral. A la sortie d'une trémie tampon, les systèmes de pesée doivent être vérifiés selon les prospectus du constructeur (vérification

statique et dynamique).

### II.2.3 - Doseurs à bitume

Dans le cas des postes **discontinus et continus** le système de pesée du bitume doit être vérifié selon les 2 critères :

- 1- vérification statique
- 2- vérification dynamique comme en I. 3-1 ci-dessus.

A rappeler qu'il y a deux systèmes de pesée du bac peseur :

- **Additive** : avec une tare constante et le bac peseur est rempli jusqu'au point de consigne.
- **Soustractive** : le bac étant rempli plus que nécessaire est vidé de la quantité désirée.

### II.2.4 - Pont bascule

Dans le cas où un pont bascule doit être utilisé pour l'approvisionnement du chantier ou en étalonnage du poids des gâchées (voir article 21 du C.P.C - fascicule n°5 - cahier 4), il est conseillé d'obtenir le P.V du dernier étalonnage du pont bascule.

## II.3 - ETALONNAGE DES THERMOMETRES

Des thermomètres sont placés dans :

- la colonne de récupération à la sortie des sécheurs (centrale continue et discontinue) ;
- certains filtres à poussières pour récupération (tous types de centrales) ;
- les trémies- tampons (centrale continue et discontinue) ;
- les circuits d'alimentation en bitume (tous types de centrale) ;
- les trémies de stockage d'enrobés.

Tous ces thermomètres doivent être vérifiés : leur présence et leur fonctionnement, les systèmes d'asservissement éventuels et les enregistrements. Ces constatations doivent faire l'objet d'un procès

verbal joint à l'agrément de la centrale.

### **III REGLAGE ET CONTROLE DES PREDOSEURS MINERAUX**

#### **III.1 - PREDOSEURS A GRANULATS (d/ D et O/ D) :**

Pour chaque sortie de trémie, on doit régler le débit pour obtenir la quantité voulue d'agrégat. Ensuite une fois le réglage fait, un contrôle de ce réglage doit être effectué. Actuellement, les trémies d'alimentation sont équipées uniquement en dosage volumétrique.

##### **III. 1.1 - Réglage du prédoseur**

- Le réglage du prédoseur s'effectue sur le principe suivant : pour une vitesse donnée de la bande transporteuse, on détermine le poids de matériau transporté pendant une certaine unité de temps, en fonction de la hauteur de la trappe d'ouverture de sortie de la trémie.

- On établit une courbe à vitesse constante, quantité de matériau sec en fonction de la hauteur de la trappe. La quantité de matériau par pesée est d'environ 500 kg. A partir de la droite, on extrapole la hauteur à régler pour obtenir la quantité voulue de matériau sec pour un certain débit (volume global du mélange) de la centrale.

- Dans le cas de prédoseur à hauteur de trappes variable, mais à position prédéterminée (3 ou 4 positions d'ouverture de trappe), il faudra alors faire varier la vitesse de la bande transporteuse. On aura donc à établir une ou des courbes pour une hauteur de trappe donnée, indiquant la vitesse de la bande en fonction de la quantité de matériaux pesée.

- Dans tous les cas, mais plus particulièrement dans le cas des matériaux contenant des éléments fins, il faudra tenir compte de la teneur en eau pour ajuster la quantité de matériau au matériau sec. On peut d'ailleurs dans le cas des sables être amené à effectuer des courbes en faisant varier la teneur en eau pour procéder à des réglages

éventuels en cours d'utilisation.

### III. 1.2 - Contrôle du réglage ou étalonnage

Une fois le réglage effectué, il est nécessaire de réaliser un contrôle de ce réglage en début de fonctionnement, afin de respecter les

DEFINITION DES MESURES	TOLERANCE	
	E.B	G.B.B
- Dosage en granulats	± 3%	± 5%
- Dosage en sable		
1/ sable à teneur en fines >10%	± 5%	± 10%
2/ sable à teneur en fines <10%	± 5%	± 5%

tolérances prévues à l'article 10 et rappelées ci-dessous :

Pour cela, on procède pour chaque trémie à 3 prélèvements de 50 à 100 kg (Pi poids de matériau sec) sur une période de 1 à 2 heures.

On calcule la moyenne  $P_m$ , on étudie donc le rapport  $r = \frac{(P_m - P)}{P}$

P : étant le poids sec prévu pour le granulats de la trémie considérée.  
Et on vérifie que le rapport r respecte bien les tolérances fixées.

Dans le cas des centrales discontinues avec trémie tampon à compartiment, la vérification, dès les prédoseurs, de l'homogénéité du réglage facilite les réglages ultérieurs de la trémie-tampon.

### III.2 - SILOS A FILLER

Les fillers sont contrôlés par mesure pondérale qu'ils proviennent d'un silo de filler d'apport ou d'un silo de récupération des fillers par les dépoussiéreurs.

#### III.2.1 - Réglage du système d'alimentation

L'extraction se fait généralement à l'aide d'une vis dont une partie est peseuse ou qui déverse sur un tapis peseur. Le réglage de la vitesse en fonction du débit doit être effectué par expérimentation avec le filler approvisionné. Pour cela, on trace la courbe-vitesse poids sec de filler pour différentes vitesses l'on ajuste la vitesse au débit désiré, en fonction du pourcentage de filler prévu dans le mélange minéral.

### III. 2.2 - Contrôle de réglage et d'étalonnage

En début de fonctionnement normal, on effectue un contrôle d'homogénéité sur le même principe que pour les doseurs à granulats et on a les données suivantes :

- 3 prélèvements,  $P_i$  avec  $P_m$  : on détermine les rapports :  $\frac{\overline{(P_m - P)}}{P}$

On prendra les mêmes spécifications que pour les sables, à teneur en fines supérieures à 10%

Soit  $\frac{\overline{(P_m - P)}}{P} < \pm 5\%$  pour E.B  
ou  $< \pm 10\%$  pour G.B.B

### III.3 - REMARQUE GENERALE SUR LES PREDOSEURS MINERAUX

Il faudra en fin d'agrément de la centrale d'enrobage, attirer l'attention sur les moyens existants ou à mettre en oeuvre pour le contrôle de veine des matériaux, surtout dans le cas des centrales continues et des centrales discontinues où la trémie tampon n'est pas équipée en compartiments de reconstitution granulométrique. Ceci est particulièrement important pour les sables dont l'écoulement peut beaucoup varier avec la teneur en eau et la charge (hauteur) dans la trémie. Ceci peut donc imposer parfois la nécessité de prévoir des vibreurs sur la trémie et de modifications de réglage en fonction de la teneur en eau.

## IV CONTROLE DES REGLAGES EN FONCTIONNEMENT

### IV.1 - CONTROLE DU REGLAGE DU SECHEUR

Ces opérations doivent être effectuées pour tous types de centrale.

#### IV.1.1 - Température des agrégats

La température des agrégats est fonction du débit des agrégats, de leur temps de présence dans le sécheur et du réglage du brûleur.

- Le niveau des températures à ne pas dépasser n'est pas fixé dans le C.P.C, mais on peut le relier à la classe du bitume utilisé. Le minimum est donc égal à la température minimale exigée pour ce bitume. Le maximum est de 180° C.

- Une étude de dispersion rend compte du réglage. Elle est effectuée sur une dizaine de mesures sur une journée en début de fabrication normale ( $T_i$ ) dont on calcule la moyenne  $T_m$  et l'on vérifiera que

$$\begin{aligned} T_i - T_m &< \pm 5^\circ \text{ C pour E.B} \\ &< \pm 10^\circ \text{ C pour G.B.B} \end{aligned}$$

Ceci est fait avec le thermomètre situé à la sortie du sécheur et en même temps avec le thermomètre placé dans la trémie tampon.

#### IV.1.2 - Teneur en eau

La teneur en eau résiduelle doit être inférieure à 0,5% (article 10.4).

A la sortie du sécheur, sur la bande transporteuse ou dans la trémie-tampon, on prélèvera des matériaux en boîtes étanches ( $W_i$ ) pour vérifier la teneur en eau résiduelle  $W_i$ . La moyenne  $W_m$  doit être strictement inférieure à 0,5%.

Cette vérification ne peut se faire que pour les centrales continues et discontinues. Pour les tambours sécheurs malaxeurs, il faudra prévoir un fonctionnement sans bitume pour récupérer les matériaux

à la sortie.

## **IV. 2 - REGLAGE ET CONTROLE DE REGLAGE DE LA TREMIE - TAMPON :**

### **VI.2.1- Poste continu : système d'extraction**

Un réglage doit être effectué pour ajuster la vitesse de la bande d'extraction à la sortie de la trémie tampon de telle manière qu'il n'y ait ni débordement ni manque dans la trémie.

Ce réglage s'effectue par réglage de la vitesse et éventuellement du dispositif de sortie (hauteur de trappe).

Le contrôle du réglage s'effectue par une série de 3 prélèvements effectués sur la bande transporteuse ou à la sortie du malaxeur sans introduction de bitume (voir IV. 2- 3).

### **IV. 2.2 - Poste discontinu : trémie tampon et trémie peseuse**

Si la trémie tampon est constituée de plusieurs compartiments contenant chacune une classe granulaire, la préparation de la gâchée se fait par une suite de pesées (qui peut- être cumulative). Sinon, il n'y a qu'une seule pesée.

Chacune des pesées ou la pesée unique doit faire l'objet d'un contrôle de dispersion par une série de 3 pesées pour chacun des niveaux comme indiqué ci-après.

### **IV. 2.3 - Conformité du réglage**

Pour les pesées effectuées , on jugera la conformité de la manière suivante :

- Si  $p$  est le poids visé et  $pm$  la moyenne des mesures effectuées,

	Pour la pesé totale		Pour les pesées intermédiaires (discontinues)	
Pour E.B	$\frac{P_m - P}{P}$	< 3%	$\frac{P_m - P}{P}$	< 5%
Pour G.B.B	$\frac{P_m - P}{P}$	< 5%	$\frac{P_m - P}{P}$	< 5%

on doit avoir :

En cas de forte dispersion, on doit jouer sur le remplissage de la trémie et vérifier les systèmes de commande d'ouverture et fermeture des trappes (postes discontinus).

### IV.3 - REGLAGE ET CONTROLE DE L'INTRODUCTION DU LIANT

#### IV.3.1 - Température du bitume

Selon la classe de bitume le C.P.C prévoit un chauffage pour aboutir aux températures suivantes :

- Bitume 80/100 - 130° C à 140° C
- 60/ 70 - 140° C à 150° C
- 40/ 50 - 150° C à 160° C

A noter que pour des tambours sécheurs enrobeurs, ces températures peuvent être réduites de 20° à 30° C.

D'autre part, l'homogénéité des températures a été fixée ainsi par dérogation à l'article 10 du C.P.C :

pour E.B  $\pm 5^\circ$  C et pour G.B.B  $\pm 10^\circ$  C

La vérification du niveau de ces températures et de leur dispersion, très importante pour la qualité du malaxage, sera effectuée en début de fonctionnement par une dizaine de mesures (Ti) sur 1 journée.

- On compare la valeur moyenne Tm à la fourchette admise pour le bitume.

- Et on vérifie que l'écart :

$$T_m - T_i \begin{matrix} \text{max} \\ \text{min} \end{matrix} < 5^\circ \text{ C pour E.B}$$

$$T_m - T_i \begin{matrix} \text{max} \\ \text{min} \end{matrix} < 10^\circ \text{ C pour G.B.B}$$

### IV.3.2 - Dosage du liant

#### a) Centrale continue et T.S.E

Le dosage généralement volumétrique est asservi à l'approvisionnement en granulats. Le C.P.C prévoit une précision de  $\pm 2\%$  sur le dosage en liant des enrobés bitumineux et de  $\pm 5\%$  pour les graves bitume.

#### Réglage :

S'il existe un débitmètre à bitume, on peut calculer le débit horaire et le comparer à celui des granulats.

Sinon, on peut étalonner la pompe en la faisant débiter pendant un certain temps dans une cuve que l'on pèsera par la suite.

#### Contrôle :

Aucun contrôle n'est envisagé à ce niveau.

#### b) Poste discontinu

Pour la même prescription ( $\pm 2\%$  sur le dosage en bitume), le contrôle de réglage est facilité par le fait de la notion de gâchée.

Pour les gâchées (prévues en IV. 3), on recueillera le bitume qui devait être envoyé au malaxeur et on effectuera les pesées (3)  $P_i$  dont la moyenne  $P_m$  par rapport au poids théorique visé  $P$  doit être telle que :

$$\frac{P_m - P}{P} < 2\% \text{ pour EB et } < 5\% \text{ pour GBB}$$

#### IV.4 - REGLAGE ET CONTROLE DU MALAXAGE

Le malaxage doit être réglé pour éviter des problèmes de ségrégation et surtout pour assurer un parfait enrobage des granulats avec une homogénéité satisfaisante.

Les opérations de réglage sont différentes suivant le type de centrale (T.S.E, continu ou discontinu) et demande des tâtonnements multiples en fonction du matériau et du dosage en liant.

Le contrôle du réglage se fait par prélèvements des matériaux enrobés et analyse de la dispersion des teneurs en bitume au sein d'un même lot de fabrication.

La centrale doit être en cours de fonctionnement normal et l'on vient effectuer, si possible, 10 prélèvements (cas des chantiers importants) avec un minimum absolu de 3 dans un même camion. On effectue des extractions pour déterminer les différents dosages en bitume  $B_i$ .

La moyenne des mesures  $m$  doit être telle que :

$$\frac{(m - b)}{b} < 2\% \text{ pour E. B et } < 5\% \text{ pour G.B.B}$$

où  $b$  est le dosage en liant qui est désiré.

Si le nombre des mesures est de 10, on étudiera l'écart type  $\gamma$  de façon à atteindre  $\gamma m < 5\%$

#### REMARQUE

La durée du malaxage inscrite au compteur de temps doit être considérée comme une donnée à respecter lors de la fabrication, de même que toutes les autres dispositions adoptées : position des trappes, etc...

## V. AGREMENT DE LA CENTRALE

### V.1 - DECISIONS D'AGREMENT

L'agrément de la centrale est prononcé :

- quant le mélange minéral sec est conforme à la formulation de l'enrobé aux dispersions admises près,
- quant le dosage en bitume est celui prévu à la formulation et ceci avec une homogénéité suffisante à la sortie du malaxeur,
- quant les équipements de la centrale permettent d'assurer une fabrication régulière et contrôlée.

C'est ainsi que l'on peut arriver à trois cas :

#### **Cas 1 :**

Certains équipements de la centrale sont défectueux et l'agrément ne peut-être prononcé.

Même les réglages et essais de conformité ne sont pas envisageables.

C'est le cas :

- des défauts de bascule (bitume et trémie tampon)
- des défaillances de grille d'écrêtage.
- des défaillances des grilles de classement et des volets
- des défaillances du malaxeur (palettes, trappe de retenue, etc...)
- des défaillances du circuit de chauffage du liant.

Dans ce cas l'agrément n'est pas prononcé.

#### **Cas 2 :**

Les réglages sont effectués et éventuellement après tâtonnement, les essais de conformité sont satisfaisants, mais certains équipements de la centrale sont défectueux et nécessitent réparation ou remplacement.

C'est le cas notamment :

- de l'inadaptation du chargeur à granulats par rapport aux trémies
- pour le doseurs et silos (des indicateurs de niveau, des palpeurs de veine, des vibreurs, etc...)
- des défaillances de certains thermomètres (circuit granulats ou bitume)
- des défaillances au niveau des régulateurs de vitesse de bande et extraction (doseur, silo, trémie tampon)
- pour la trémie : défaillances des manoeuvres de trappes.

Dans ce cas, l'agrément est prononcé mais sous réserve de mise en conformité des défaillances signalées.

### **Cas 3 :**

Les réglages sont effectués et, éventuellement après tâtonnement, les essais de conformité sont satisfaisants, les équipements de la centrale paraissent satisfaisants pour garantir une fabrication homogène et régulière.

L'agrément est alors prononcé.

## **V.2 - CONSEQUENCES DE L'AGREMENT POUR LE CONTROLE DE FABRICATION**

L'agrément confirme la courbe granulométrique moyenne de la formulation comme référence ultérieure du contrôle de fabrication, de même pour le dosage en liant.

Pour les centrales discontinues, on doit fixer les paramètres suivants qui serviront de contrôle de fabrication:

- la température des agrégats
- la pesée des granulats (gâchée totale et par fraction granulaire si nécessaire)
- la pesée du liant
- la pesée des fines d'apport
- les températures fixant le temps de malaxage à sec et le temps

de malaxage avec liant.

Pour les centrales continues et les sècheurs enrobeurs, les paramètres sont :

- fixer les vitesses de bande d'extraction
  - prévoir les corrections pour teneur en eau (cas des sècheurs enrobeurs)
  - fixer la température des agrégats (centrale continue)
  - fixer les systèmes de régulation débit granulat - débit liant
  - fixer le système de contrôle du malaxage (niveau dans la cuve)
- Enfin dans tous les cas, doivent être fixés :
- les éventuelles modifications de réglage des prédoseurs en fonction de la teneur en eau.
  - la température du liant
  - les systèmes de contrôle de niveau des trémies et des veines de granulat et de filler.
  - la température dans la trémie de stockage.

L'ensemble de ces éléments doit permettre un contrôle à tout moment dans le poste de commande de la centrale où les informations doivent clairement figurer.

## **VI CONTENU DU RAPPORT D'AGREMENT**

Le rapport d'agrément doit comporter trois parties :

**1/** Un descriptif de la centrale

- marque, type, etc...

avec photos éventuellement

**2/** Les résultats des réglages et des contrôles de réglage tels

qu'indiqués dans la Directive :

- a) conformité des équipements, balances, thermomètres
- b) prédoseurs minéraux
- c) réglage en fonctionnement : sècheurs, trémie- tampon, dosage liant, malaxage.

3/ Le rappel des conclusions d'agrément faisant ressortir les éléments permettant le contrôle ultérieur de fabrication tels que décrits en V.2

#### TOLERANCE DE DOSAGE ET DE TEMPERATURE A LA FABRICATION

DEFINITIONS DES MESURES	TOLERANCES	
	E.B	G.B.B.
- Dosage en liant hydrocarboné	± 2%	± 5%
- Dosage en granulats	± 3%	± 5%
- Dosage en sable		
1) Sable à teneur en fines supérieure à 10%	± 5%	± 10%
2) Sable à teneur en fines inférieure à 10%	± 5%	± 5%
- Température des matériaux traités à la sortie de la centrale	± 5° C	± 10° C
- Teneur en eau granulats après séchage	< 0,5%	< 0,5%
- Température des liants hydrocarbonés	± 5° C	± 10° C

Rectificatif de l'annexe à l'article n° 10

- 5 -

**DIRECTIVE POUR LE CONTROLE  
DE QUALITE ET DE RECEPTION  
DE FABRICATION DES ENROBES A CHAUD**

# **DIRECTIVE POUR LE CONTROLE DE QUALITE ET DE RECEPTION DE FABRICATION DES ENROBES A CHAUD**

## **Introduction**

### **I- Contrôle de qualité**

- I.1 Suivi des températures.
- I.2 Suivi des teneurs en eau
- I.3 Evaluation de la régularité du produit enrobé
- I.4 Vérification de fonctionnement de la centrale

### **II- Contrôle de réception**

- II.1 Type de contrôle et cadence
- II.2 Jugement de conformité

### **III- Modalité de présentation et transmission des résultats de contrôle**

- III.1 Contrôle de qualité
- III.2 Contrôle de réception

## INTRODUCTION

En l'absence de contrôle intégré permettant la saisie des données de fabrication de la centrale, le contrôle de qualité de fabrication est basé d'une part sur l'évaluation de la régularité de la granularité et de la teneur en bitume et d'autre part sur le suivi des températures du liant et des granulats séchés avant introduction dans le malaxeur, ainsi que le suivi des teneurs en eau des sables et des mélanges secs.

D'autres vérifications occasionnelles en cours de fonctionnement de la centrale sont envisagées soit pour s'assurer de son fonctionnement normal, soit à la suite de dérives constatées d'un des paramètres mesurés (température, granulométrie, teneur en liant), pour détecter un dérèglement d'un organe de la centrale.

Le contrôle de réception de la fabrication est basé sur le contrôle de performances mécaniques des produits enrobés au moyen des essais Marshall et L.P.C.

Les contrôles de qualité et de réception sont effectués à la diligence de l'Administration.

## I CONTROLE DE QUALITE

### I.1 - SUIVI DES TEMPERATURES

Au niveau de la centrale, la température du liant et des granulats séchés avant introduction dans le malaxeur, doit être contrôlée au moins toutes les heures (article 13- du C.P.C).

#### I.1.1 - Cas 1 : Centrale équipée d'un enregistrement continu des températures

##### *a) Agrégats séchés*

- Les températures relevées ne doivent pas dépasser 180° C.
- Les minimums sont ceux prévus à l'enrobage pour la classe de bitume utilisée,
- Sur la journée de fabrication, la dispersion sera jugée bonne si l'écart entre les températures maximales et minimales enregistrées reste de 10° C pour les enrobés et de 20° C pour les graves bitumes.

##### *b) Bitume*

Les températures maximales et minimales à l'enrobage pour la classe de bitume doivent être strictement respectées.

Sur la journée de fabrication la dispersion sera jugée bonne si l'écart entre les températures maximales et minimales enregistrées reste dans les mêmes limites que ci-dessus.

10° C pour les enrobés

20° C pour les graves -bitumes

#### I.1.2 - Cas 2 : Centrale équipée de thermomètres à lecture directe

Une lecture toutes les heures en moyenne doit être effectuée sur les thermomètres.

- 1 - dans le circuit d'alimentation du bitume
- 2 - à la sortie du sécheur (poste continu et discontinu)
- 3 - à la trémie tampon (poste continu et discontinu)
- 4 - à la trémie de stockage

Pour les trois premiers points relevés, les lectures seront exploitées comme décrit ci-dessus :

- Jugement de la dispersion à partir de l'écart entre maximum et minimum
- Strict respect des limites rappelées ci-dessous :
  - **bitume** : limite de la température d'enrobage de la classe de bitume
  - **Granulats** : limite inférieure de la classe de bitume. Limite supérieure : 180° C

### **I.1.3 - Dans tous les cas**

Si la dispersion sur une journée de fonctionnement normale, tant pour les agrégats que pour le bitume n'est pas jugée bonne, l'attention de l'entrepreneur doit être attirée pour vérifier le fonctionnement du brûleur et du circuit de réchauffement du liant.

Dans le cas où les limites ne sont pas respectées, la fabrication est jugée non conforme.

## **I. 2 SUIVI DES TENEURS EN EAU**

Les teneurs en eau des agrégats surtout des sables, doivent être connues pour apporter les modifications nécessaires au débit d'extraction dans les prédoseurs. Leur suivi doit être effectué de façon continue et parfois renforcé dans le cas de conditions climatiques particulières (pluviométrie, humidité et forte sécheresse).

Il est prévu dans le C.P.C une teneur en eau par jour au minimum et pour toutes les 500 T de matériau enrobé.

Le prélèvement est effectué sur le tapis d'extraction.

Le teneur en eau déterminée par une méthode rapide permet de vérifier si tous les réglages de la centrale sont conformes (débit des prédoseurs, durée du séchage), aux dispositions fixées en fin de réglage.

Ce suivi est particulièrement important dans le cas des tambours - sècheurs enrobeurs.

On doit distinguer 2 cas :

- teneur en eau du sable et des agrégats dans les prédoseurs (pour les tambours - sécheur enrobeurs) ;
- teneur en eau du mélange sec après passage dans le tambour sécheur (voir directive pour le réglage et contrôle de réglage des postes d'enrobage - paragraphe IV. 1.2).

### **I. 3 - EVALUATION DE LA REGULARITE DU PRODUIT ENROBE**

#### **I.3.1 - Type de contrôle et cadence**

La régularité de la fabrication du produit enrobé est évaluée à travers des prélèvements effectués à la sortie du malaxeur ou dans les camions d'approvisionnement du chantier.

Cette régularité est contrôlée chaque jour de production normale au minimum ou par lots de 500 tonnes.

Ce contrôle porte sur la granulométrie du mélange minéral et en particulier la teneur en filler et sur la teneur en liant.

Etant donné la dispersion des mesures de teneur en liant et en filler par extraction, le contrôle doit porter sur 4 ou mieux 6 prélèvements effectués dans la journée ou dans le lot de 500 tonnes, ceci pendant la période de démarrage (4 à 6 jours) jusqu'à stabilisation des résultats.

On effectue à partir de ces mesures la moyenne :

- de la teneur en liant  $b_m$
- de la teneur en filler  $f_m$
- des passants à 6mm et 2mm ( $P_{6m}$  et  $P_{2m}$ )

Après cette période un seul prélèvement par jour avec extraction en effectuant quotidiennement des contrôles de dosage en liant, suivant la méthode L.C.P.C « débit mètre-camion ».

Si une dérive est constatée, on reprend une fréquence de 4 prélèvements par jour jusqu'à stabilisation.

### I.3.2 - Jugement sur la régularité

Compte tenu de l'ouverture du fuseau de régularité des agrégats et des tolérances admissibles sur les réglages des dosages en liant et en granulats au niveau de la centrale, on peut juger bonne une fabrication journalière où les **moyennes** ( $b_m$ ,  $f_m$ ,  $P_{6m}$  et  $P_{2m}$ ) déterminées à partir des mesures effectuées dans la journée, sont comprises dans les fourchettes suivantes :

TENEUR EN LIANT ( $b_m$ ) (1)	PASSANT AU TAMIS DE (2)		
	0,08 mm ( $f_m$ )	2mm ( $p_{2m}$ )	6mm ( $p_{6m}$ )
$\pm 2\%$ de la valeur désirée (E.B)	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$
$\pm 5\%$ (G.B.B)	autour du pourcentage prévu à chacun des tamis		

(1)  $0,98 \cdot b < b_m < 1,02 \cdot b$  pour E. B ou  $0,95 \cdot b < b_m < 1,05 \cdot b$  pour G. B. B.

(2)  $p - 5\% < p_m < p + 5\%$  et  $f - 1\% < f_m < f + 1\%$

$b$ ,  $p$  et  $f$  étant les valeurs du dosage en liant et des passants aux différents tamis pour la formule adoptée et retenue après réglage de la centrale.

Si l'une de ces valeurs sort des fourchettes ci-dessus, on vérifiera le bon fonctionnement de la centrale et de ses réglages. Ce n'est qu'après 3 à 4 jours continus de non respect de ces fourchettes dans les contrôles journaliers que l'on décidera que la fabrication n'est pas conforme et nécessite un nouveau réglage de la centrale avec vérification de réglage.

Cependant si les valeurs dépassent le double des tolérances, il sera procédé à l'arrêt de la fabrication.

## **I.4 - VERIFICATION DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE**

L'autorisation de mise en exploitation de la centrale a été prononcée au vu d'un rapport d'agrément qui contient, selon le type de centrale, un ensemble d'éléments permettant de juger d'un bon fonctionnement.

Ces éléments peuvent à tout moment être vérifiés dans le poste de commande ou par inspection des principaux organes de la centrale en cours de fonctionnement.

Il peut s'agir soit de contrôles occasionnels qui permettent de s'assurer d'une conduite normale du poste, soit d'un contrôle provoqué par l'apparition d'une dérive apparente d'après les résultats d'une journée de fabrication fournis par les extractions ou les enregistrements de température.

La description détaillée de ces éléments qui fait partie du rapport d'agrément de la centrale doit être consultable à tout moment à la centrale elle-même.

En cas d'anomalies constatées lors de ces contrôles, un procès verbal sera établi pour les consigner et décrire les opérations rectificatrices prévues.

## **II CONTROLE DE RECEPTION**

### **II.1 - TYPE DE CONTROLE ET CADENCE**

Le contrôle de réception de la fabrication de produits enrobés se fait par vérification des performances mécaniques obtenues par écrasement d'éprouvettes Marshall et L.P.C. Ces éprouvettes sont fabriquées à l'aide de matériaux prélevés à la sortie du malaxeur ou dans les camions d'approvisionnement.

Les cadences prévues au C.P.C sont les suivantes :

- 1- stabilité Marshall pour 500 tonnes de produits et au minimum chaque jour.
- 1- résistance L.P.C pour 2000 tonnes de produit.

Les éprouvettes sont fabriquées en respectant les modes opérations Marshall et L.P.C, notamment en ce qui concerne les températures et les réactions nécessaires (cas du Marshall).

Les valeurs mesurées sont seulement :

- les stabilités Marshall à 60° C (3 éprouvettes)
- les résistances L.P.C après 8 jours de conservation à 18° C (3 éprouvettes).

## II.2 - JUGEMENT DE CONFORMITE

Les valeurs obtenues sont traitées statistiquement et pour cela il faut prévoir au minimum 16 mesures (article 8).

On comparera ces valeurs aux critères suivants :

NATURE DU PRODUIT		ENROBES BITUMINEUX						GRAVE BITUME	
		0/10			10/14				
Classe du bitume		80/100	60/70	40/50	80/100	60/70	40/50	60/70	40/50
Résistance L.P.C en bars	80% des valeurs	> 50	> 55	> 60	> 50	> 55	> 60	> 45	> 50
	95% des valeurs	--	> 50	>55	--	> 50	>55	>40	>45
Stabilité Marshal en kg	80% des valeurs	> 950	>1000	> 1000	> 850	> 900	> 900	> 700	> 800
	95% des valeurs	--	> 900	> 900	--	> 880	< 800	> 600	> 700

Les produits répondant à ces critères seront considérés comme conformes. Dans le cas contraire, il conviendra de faire application des dispositions de l'article 22 du CCAG prévoyant : soit le remplacement des matériaux soit un abattement sur les prix.

## III MODALITE DE PRESENTATION ET DE TRANSMISSION DES RESULTATS DE CONTROLE

### III.1 - CONTROLE DE QUALITE

a) *Suivi des températures et des teneurs en eau*

Le suivi des températures et des teneurs en eau fait l'objet d'un P.V

minute remis au représentation de l'Ingénieur Subdivisionnaire sur place le jour même de la mesure pour que celui-ci puisse intervenir immédiatement.

Les différentes mesures peuvent être consignées dans un rapport périodique et doivent être réunies dans le rapport de synthèse.

#### *b) Essais sur la régularité du produit*

Chaque intervention journalière doit faire l'objet d'un P.V, présentant les résultats des 4 ou 6 extractions effectuées.

En cas de non conformité, l'attention doit être attirée.

Au bout de 3 jours consécutifs de non conformité, le P.V doit conclure à un dérèglement de la fabrication et les mesures effectuées durant la période incriminée, doivent faire l'objet d'un rapport de synthèse. Sinon, les résultats peuvent être regroupés dans un rapport périodique éventuel et doivent être présentés et analysés dans un rapport de synthèse en fin de chantier.

#### *c) Fonctionnement de la centrale*

Le procès verbal faisant suite à l'examen contradictoire du fonctionnement de la centrale, tel que prévu en 1.4 doit être rédigé le jour même en présence des personnes ayant participé à cette visite.

Les informations éventuelles sur la qualité du travail peuvent être introduites dans le rapport de synthèse.

### **III.2 - CONTROLE DE RECEPTION**

Les résultats d'essais Marshall et L.P.C sont présentés éventuellement dans un rapport périodique, si celui-ci a bien été prévu. Dans tous les cas, ils doivent faire l'objet du rapport de synthèse de fin de chantier pour permettre de conclure sur la qualité des produits fabriqués.

- 6 -

**DIRECTIVE CONCERNANT LA REALISATION  
DES PLANCHES D'ETALONNAGE DE MISE  
EN OEUVRE DES ENROBES A CHAUD**

# **DIRECTIVE CONCERNANT LA REALISATION DES PLANCHES D'ETALONNAGE DE MISE EN OEUVRE DES ENROBES A CHAUD**

## **I- Objectif et méthodologie de la planche d'étalonnage**

- I.1 Rappel du contenu du Cahier des Prescriptions Communes
- I.2 Méthodologie de la planche d'étalonnage.

## **II- Phase 1 : Préparation de la planche d'étalonnage**

- II.1 Choix du type de planche
- II.2 Choix du site et de la géométrie des planches
- II.3 Organisation de la réalisation de la planche d'étalonnage

## **III- Phase 2 : Exécution de la planche d'étalonnage**

- III.1 Vérification de la réalisation des travaux préliminaires
- III.2 Caractéristiques réelles de fonctionnement de l'atelier de compactage
- III.3 Vérification du réglage du finisseur
- III.4 Mesure des températures
- III.5 Contrôle de l'opération de compactage
- III.6 Mesures de densité
- III.7 Vérification des épaisseurs
- III.8 Qualité du matériau
- III.9 Quantité du matériau

## **IV- Phase 3 : Exploitation des résultats**

- IV.1 Conformité du matériau enrobé
- IV.2 Température de mise en oeuvre
- IV.3 Epaisseur de la couche compactée
- IV.4 Agrément des modalités de compactage

## **V- Contenu du rapport d'agrément**

## I OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE LA PLANCHE D'ETALONNAGE

### I.1 - RAPPEL DU CONTENU DU CAHIER DES PRESCRIPTIONS COMMUNES

La planche d'étalonnage doit permettre de fixer les modalités de mise en oeuvre des enrobés, notamment la composition de l'atelier de compactage et son utilisation (charge, plan de marche, vitesse, pression de gonflage, température de l'enrobé).

La méthode de compactage est jugée satisfaisante par référence aux densités L.C.P.C obtenues lors de l'étude de formulation sur la formule retenue et mise en oeuvre à l'agrément de la centrale.

Cet étalonnage est effectué sous la responsabilité de l'entrepreneur. C'est un essai préliminaire d'information qui peut éventuellement être répété en cas de compacité non conforme lors de contrôle occasionnel de qualité.

Cet essai doit être réalisé à partir des matériaux granulaires réputés conformes au C.P.C et sur des mélanges réceptionnés en qualité.

### I.2 - MÉTHODOLOGIE DE LA PLANCHE D'ÉTALONNAGE

L'entrepreneur connaissant le débit de sa centrale, le volume de matériaux à mettre en oeuvre et la distance entre le chantier et la station d'enrobage élabore un projet de mise en oeuvre prévoyant :

- les moyens de transport nécessaires en qualité ;
- les moyens de répannage (nombre de finisseur, largeur de répannage);
- les moyens de compactage (type d'engins et nombre).

Il est alors possible de concevoir la planche d'étalonnage de la mise en oeuvre, pour atteindre les objectifs rappelés ci-avant. Pour cela, il convient de suivre une procédure où l'on peut distinguer les 3 phases suivantes :

#### *a) Phase 1 : Préparation de la planche d'étalonnage*

La phase 1 dite de préparation de la planche, consiste à la définition d'un programme d'essai d'un commun accord entre l'entrepreneur et l'Administration.

Ce programme doit :

- fixer le type de planche à exécuter ;
- définir la ou les planches à réaliser et les situer ;
- définir le programme d'essais de Laboratoire.

**b) Phase 2 : Exécution de la planche d'étalonnage**

Cette phase s'effectue en présence du représentant de l'Administration. Elle consiste pour l'entrepreneur à réaliser le programme défini en phase 1, tandis que le Laboratoire vérifie et contrôle toutes les modalités de réalisation effectivement pratiquées durant l'exécution de la planche. De plus, le Laboratoire procède aux mesures de température, de compacité et d'épaisseur sur le chantier.

**c) Phase 3 : Exploitation des résultats**

La phase 3 d'exploitation de la planche d'étalonnage évalue le résultat des planches et juge les modalités de mise en oeuvre testées.

## **II PHASE I : PREPARATION DE LA PLANCHE D'ETALONNAGE**

### **II.1 - CHOIX DU TYPE DE PLANCHE**

On rencontre 2 types de planches d'étalonnage : la planche de vérification et la planche d'essai.

**Cas a) Planche de vérification**

Il s'agit d'une planche au cours de laquelle on vérifie qu'un atelier de compactage fonctionnant suivant des modalités précises, donne des résultats jugés satisfaisants.

Le rôle du Laboratoire est de constater les modalités de compactage réellement pratiquées et d'effectuer les mesures nécessaires. Ceci se fait sur une seule planche.

Ce cas correspond aux chantiers où l'on met en oeuvre des enrobés déjà utilisés avec succès à l'aide d'un matériel identique ou très proche

lors d'un chantier antérieur.

### ***Cas b) Planche d'essai***

Il s'agit de 2 ou 3 planches unitaires au cours des quelles on fait varier 1 ou à la rigueur 2 paramètres de fonctionnement de l'atelier (généralement le nombre de passes d'un compacteur).

Le Laboratoire constate la réalité de ces modalités et pour chacune des planches unitaires, effectue les mesures nécessaires au jugement de l'état final obtenu.

Ce cas correspond aux chantiers pour lesquels on utilise des matériaux enrobés nouveaux ou des matériaux déjà utilisés, mais avec un atelier de compactage ou des conditions de mise en oeuvre (épaisseur par exemple) très différentes de l'emploi précédent.

## **II.2 - CHOIX DU SITE ET DE LA GEOMETRIE DES PLANCHES**

La planche doit être réalisée sur une zone représentative des conditions moyennes du chantier (déformabilités, état de surface etc...) et non pas forcément sur la zone la plus proche de la centrale.

Compte tenu d'une part des surfaces minimales pour effectuer les mesures de Laboratoire et d'autre part des contingences relatives aux engins de compactage (recouvrement de balayage, zones latérales déformées moins bien compactées), la géométrie de la planche unitaire est de l'ordre de :

**20 m de long x largeur de répandage**

A cela il faut rajouter 3 à 5 m aux extrémités pour les manoeuvres des engins de compactage.

Dans le cas de planche de vérification, une planche unitaire sera suffisante.

Pour la planche d'essai, la géométrie de la planche dépendra du nombre de planches unitaires et de la conception du plan de balayage

de l'atelier.

### **II.3 - ORGANISATION DE LA REALISATION DE LA PLANCHE D'ETALONNAGE**

A partir des caractéristiques des ateliers de répandage et de compactage, il faut définir pour chaque type de planche d'étalonnage :

- le plan de balayage de l'atelier de compactage
- la zone où doivent être effectuées les mesures de Laboratoire

#### **II.3.1 - Caractéristiques de l'atelier de mise en oeuvre**

L'atelier de mise en oeuvre est composé de deux éléments essentiels :

##### *a) L'atelier de répandage*

- le finisseur est indispensable pour les enrobés bitumineux et conseillé pour les grave-bitumes;
- les deux paramètres à connaître sont :
  - **l'épaisseur de la couche compactée** (hors reprofilage).
  - **la largeur de répandage** (L) il faut en effet définir si le répandage se fait par demi-largeur ou en pleine largeur avec 2 finisseurs.
- Pour le (ou les ) finisseur (s) utilisé( s), il faut vérifier la possibilité de répandage dans la largeur désirée (équipement éventuel de rallonge des vis et des tables).

##### *b) L'atelier de compactage*

L'atelier de compactage est généralement composé de plusieurs types de compacteurs associés fonctionnant suivant un ordre préétabli.

#### **b.1 - Atelier - type**

L'atelier le plus court au moins pour les enrobés bitumineux est composé d'un compacteur pneumatique (ou plusieurs) associé à un rouleau lisse (ou plusieurs).

Un autre type d'atelier est celui composé par un rouleau vibrant assurant l'essentiel du compactage et complété, soit par un rouleau à pneu, soit par un rouleau lisse. Une variante de cet atelier type

consiste à l'utilisation d'un seul engin mixte vibrant pneu ou vibrant lisse. Cet atelier est utilisé principalement pour les graves bitume et quelques fois pour les enrobés bitumineux.

## b.2 - Caractéristiques des engins

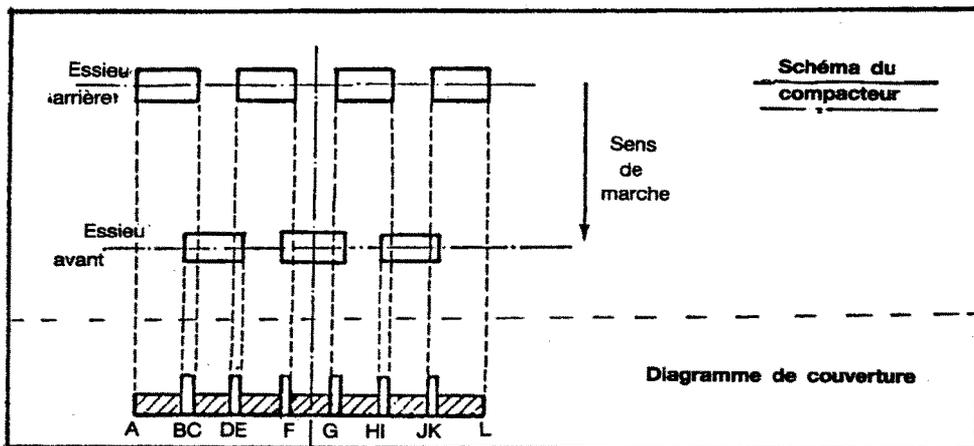
Selon le cas et l'atelier-type, on devra connaître :

- le type de chaque engin
- la largeur de passe de chacun : L en cm (variant de 150 à 250cm)
- pour les pneumatiques :
  - la charge par roue P (en tonnes généralement 2 à 3 T)
  - la pression de gonflage en bar (généralement 6 à 9 bars)
- pour les rouleaux lisses : la charge totale  $M_1$  (en tonnes) (en tandem généralement 6 à 10 T)
- pour les parties vibrantes :
  - la charge statique totale  $M_1$  (en tonnes) (généralement  $M_1/L$  35kg/cm)
  - les fréquences de vibration (en hertz) réglables (généralement on utilise la fréquence maximale).

### II.3.2 - Conception de la planche d'étalonnage

a) Rappel

- **Passé** : un voyage aller et retour soit 2 passages en 1 point
- **Diagramme de couverture** : nombre de passages en 1 point lors d'une demi-passe (aller ou retour).



Exemple d'un rouleau à pneus

**- Plan de balayage :**

organisation de la circulation de chaque engin pour recouvrir l'ensemble de la surface à compacter, compte tenu du diagramme de couverture de chaque engin.

*b) Détermination du plan de balayage*

Sur chaque planche unitaire, le plan de balayage de chaque engin (mais surtout de l'engin principal, pneu ou vibrant, selon le cas), doit être organisé de manière qu'en tout point de la surface, on connaisse le nombre de passages de cet engin. Il faut d'autre part minimiser le nombre de voyages de l'engin tout en uniformisant au maximum le nombre de passages en tout point.

**b.1 - Cas du répannage en  $\frac{1}{2}$  largeur :** L du finisseur  $\approx 3,50$  m.

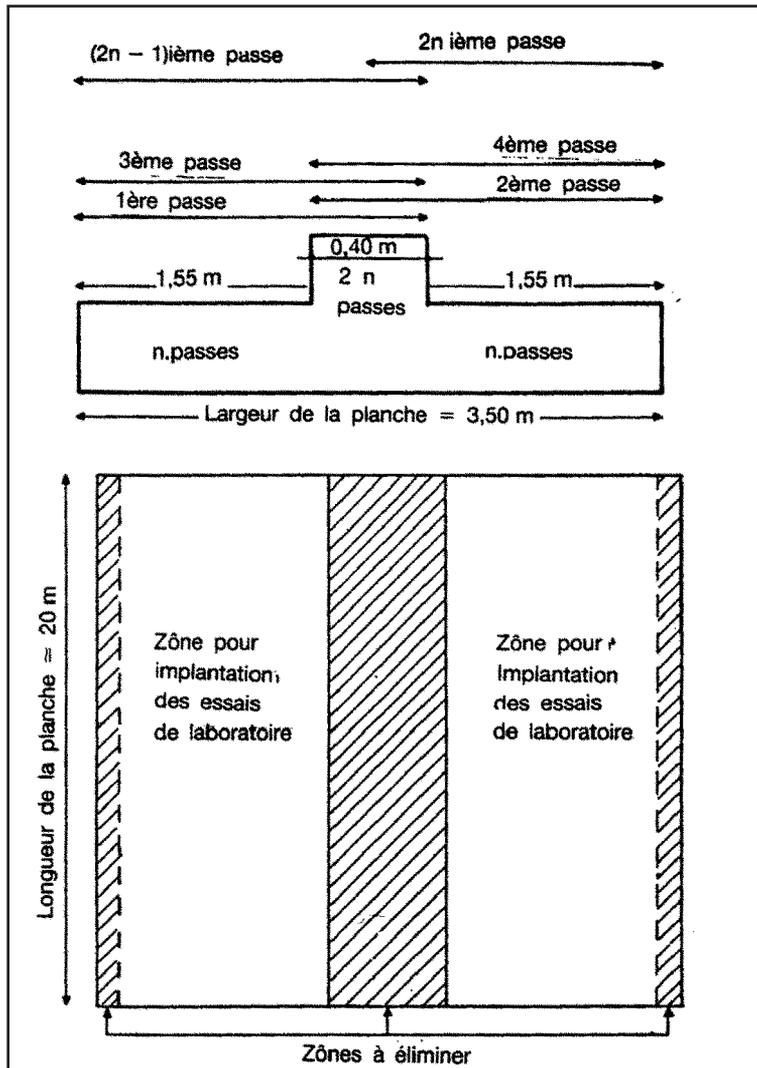
Le plan de balayage sera organisé différemment selon la largeur de l'engin principal de compactage.

**i) L compacteur  $> \frac{1}{2}$  L finisseur**

• Cas des compacteurs à pneus de largeur L de 1,95 m (Orthopactor P<sub>3</sub>- Autopactor- Richier C 782 D).

**Exemple :**

Diagramme de couverture pour 2 n passes d'un seul engin (on peut réaliser le même diagramme avec n passes de 2 engins ).



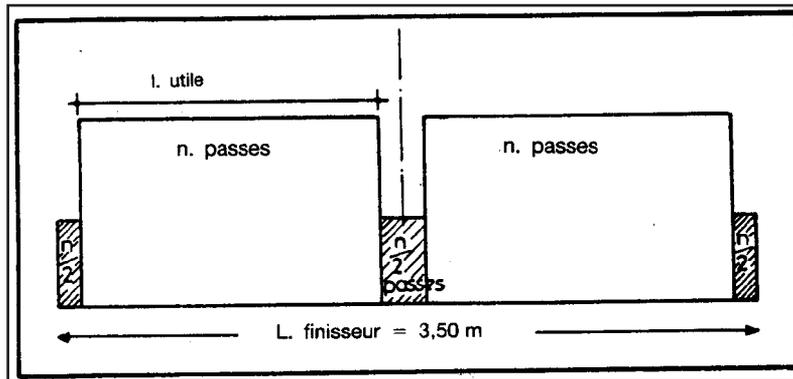
- Cas des compacteurs plus larges (2,30 m à 2,50 m)
  - Richer C 791. C 785
  - Isopactor Standard - Orthopactor P<sub>5</sub>.

La partie centrale à éliminer augmente. Elle est déterminée par  $(L \text{ compacteur} - 1/2 L \text{ finisseur}) \times 2$ . La partie utile qui est

alors  $L_{\text{finisseur}} - L_{\text{compacteur}}$  est plus réduite.

$$\text{ii) } L_{\text{compacteur}} < \frac{1}{2} L_{\text{finisseur}}$$

- Cas des compacteurs les moins larges
  - Richter C782 B et C - Amman DPW 15.



Ex  
: dia-  
gram-  
me de  
cou-  
vertu-  
re  
pour  
2xn  
pas-

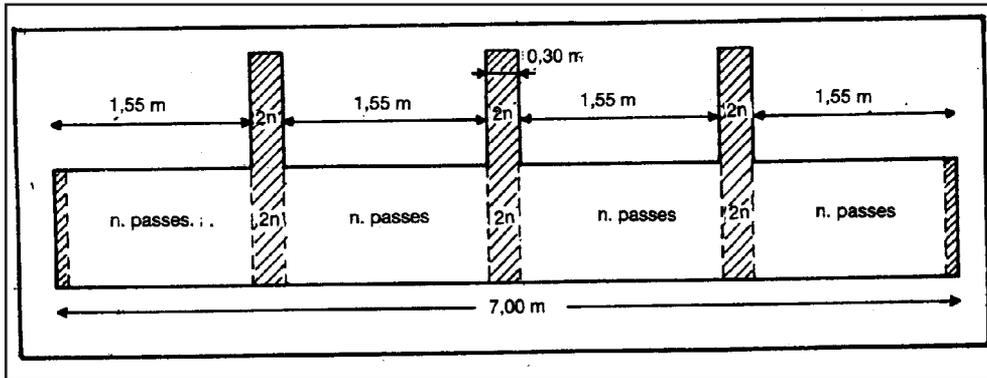
ses avec un engin ou n passes avec 2 engins

La largeur utile  $l = 3 L_{\text{compacteur}} - L_{\text{finisseur}}$

#### NOTA :

A noter que les 2 premiers Richier ont une largeur égale à 1,75 m donc la partie à éliminer est pratiquement nulle.

Pour le 3ème (Amman) la largeur est de 1,65m et la partie à éliminer est très réduite 10cm en bords et 20 cm en axe.



### b.2 - Cas du répandage en pleine largeur (L finisseur = 7,00 m)

- Les compacteurs les plus larges  $L = 2,30$  à  $2,50$  m permettent avec un atelier de 3 compacteurs d'obtenir un recouvrement presque parfait.
- Les compacteurs moyens ( $L = 1,95$  m) nécessitent soit une flotte de 4 compacteurs exécutant  $n$  passes soit une flotte de 2 compacteurs exécutant  $2n$  passes pendant le temps nécessaire. Ce sera donc le débit de mise en oeuvre et les problèmes de température qui permettront de choisir.

Le recouvrement sera du type :

- Les petits compacteurs seront utilisés comme dans le cas précédent avec un diagramme exactement double de celui déterminé en b.1

### b.3 - Plan de balayage de l'engin de finition

Le plan de balayage de l'engin de finition (rouleau lisse après les pneumatiques ou rouleau lisse ou à pneus après vibrant), doit être étudié de manière, à uniformiser au maximum le nombre de passes en tout point.

### b.4 - Cas des planches d'essai

Pour les planches d'essai nécessitant 2 à 3 planches unitaires, on

peut utiliser une de répandage pour réaliser une planche unitaire quand on travaille en pleine demi-largeur largeur (7,00 m) uniquement.

On a donc une planche unitaire de largeur maximale de 3.50 m

Ainsi dans le schéma présenté en b. 2 on peut faire varier le nombre de passes entre la partie droite et la partie gauche, soit  $n_1$  à gauche,  $n_2$  à droite et  $n_1 + n_2$  ou  $\frac{n_1 + n_2}{2}$  dans les zones de recouvrement.

### *c) Détermination de la zone utile pour les essais de Laboratoire*

La zone utile pour les essais de Laboratoire est celle qui représente une aire homogène, comportant un nombre connu minimum de passes de l'engin principal de compactage (pneu ou vibrant selon le cas).

Ce sont les zones non hachurées des schémas présentés en b.1 et b. 2 puisque sont à exclure :

- les bords de planche (compactage déficient et éventuel affaissement)
- la partie de recouvrement ou de non recouvrement de l'engin principal (partie centrale et de bord).

Les recouvrements éventuellement nécessaires de l'engin de finition d'uni (rouleau lisse pour les pneus, rouleau lisse au rouleau à pneus pour les vibrant, n'interviennent pas dans le choix de la zone utile pour essai.

Dans le cas de mesures ponctuelles, les points d'implantation d'essais doivent être séparés d'au moins 0,50 m et répartis sur la surface de manière à la représenter dans sa totalité (implantation en quinconce par exemple).

## **III PHASE II : EXECUTION DE LA PLANCHE D'ETALONNAGE**

L'exécution de la planche d'étalonnage se fera conformément aux décisions prises en fin de phase 1 et selon les modalités décrites ci-dessous de III.1 à III.5 compris.

Le contenu des paragraphes III. 6 à III. 8 concerne les mesures à

effectuer sur les planches.

### **III.1 - VERIFICATION DE LA REALISATION DES TRAVAUX PRELIMINAIRES**

La planche d'étalonnage pour être représentative doit être réalisée dans les mêmes conditions que le reste du chantier, il faut donc vérifier que sur la zone choisie, tous les travaux préliminaires ont bien été effectués :

- déflachage prévu qui permettra d'avoir une bonne régularité d'épaisseur d'enrobé ;
- le balayage et la pose de la couche d'accrochage en renforcement d'une chaussée revêtue ou sur grave bitume ;
- l'imprégnation au moins 24h à l'avance dans le cas de la chaussée avec couche de base non liée (type GNA).

### **III.2 - CARACTERISTIQUES REELLES DE FONCTIONNEMENT DE L'ATELIER DE COMPACTAGE :**

Il s'agit de vérifier que l'atelier de compactage présent sur le chantier a effectivement les caractéristiques prévues initialement lors de la phase de préparation (voir II.3- 1).

On doit en particulier vérifier :

- Le type et la marque des engins
- La présence ou non du lest éventuel.
- La pression de gonflage des pneus
- L'existence et le fonctionnement des systèmes de variation de fréquence sur les rouleaux vibrants
- La présence de jupes sur les rouleaux à pneus

Ces éléments doivent être soigneusement notés pour être transcrits sur le rapport final.

### **III.3 - VERIFICATION DU REGLAGE DU FINISSEUR**

Le réglage du finisseur avant démarrage doit être effectué. Un

contrôle visuel permet de vérifier rapidement que le (ou les) finisseur (s)

IL FAUT VERIFIER que :	DEFAUT	OBSERVATIONS
- L'état d'entretien est correct		Dénote l'attention que l'équipe porte à sa machine
- Les rouleaux pousseurs à l'avant de la trémie ne sont pas bloqués	Uni	Propreté des rouleaux.
- Les convoyeurs (chaînes à barreaux en fond de trémie) sont en bon état - Les trappes d'accès au tunnel sont bien réglées.	Ségrégation par mauvaises alimentation de la chambre de répartition	Propreté, usure et montage Trappes à régler en fonction de l'épaisseur à répandre et du profil en travers répandu
Les pneumatiques sont gonflés à l'eau	Uni	Adhérence du finisseur (lest) Oscillations verticales si gonflage à l'air
- La répartition des vis est correcte et leur diamètre constant	Uni et Ségrégation	- Vérifier en particulier que les vis des extensions n'ont pas un plus grand diamètre que les principales
- La contre-vis près du palier central est bien montée	Ségrégation dans l'axe de la bande répandue	la contre-vis alimente derrière le palier
- La hauteur des vis par rapport au sol est supérieure à l'épaisseur à répandre	Ségrégation par mauvaise répartition	Faire poser la table sur le sol et mesurer la garde au sol des vis ; comparer avec l'épaisseur à répandre
- La présence, le positionnement et le réglage des palpeurs de niveau dans la chambre de répartitions sont corrects	Ségrégation et uni	En marche courante, on doit toujours voir la partie supérieure des vis et jamais leur moyen et ceci même à l'arrêt entre deux camions
- La largeur et le bombement de la table sont adaptés au travail à effectuer	Non respect eu profil en travers demandé	Voir aussi les réductions
- La différence entre le bas de portes latérales et table est inférieure à l'épaisseur à répandre	Non respect de l'épaisseur	
- La table est propre	Arrachements et traces	
- Les vibreurs sont montés sur les extensions et qu'ils fonctionnent	Sous compactage en rive; déformation du profil en travers	
- Le chauffage de la table est efficace	Etat de surface de l'enrobé au début de bande	
- Pour le travail " vis calées " le verrouillage du point d'attache du bras est effectué ou que le deux robinets sur les vérins sont fermés	Uni Epaisseur mise en oeuvre	Très important.
- Pour les réglages automatiques (fil et dévers) les palpeurs et asservissements fonctionnent	Mauvais réglage en nivellement uni, épaisseur, pente transversale défectueuse	Agir à l'arrêt sur les palpeurs et observer les mouvements des organes commandant la table.

est en état de bon fonctionnement et présente bien les caractéristiques prévues (largeur de répandage).

Le tableau ci-après résume les vérifications concernant le matériel.

### **LISTE DES VERIFICATIONS A EFFECTUER SUR UN FINISSEUR**

D'autres part, l'obtention d'un bon résultat dépend de l'utilisation de ce matériel, il faudra notamment que :

- La vitesse d'avancement soit constante (uni)
- Le niveau des enrobés dans la chambre soit constant (uni et épaisseur)
- La fréquence des vibrations soit constante (épaisseur)

On vérifiera après répandage sur les premiers mètres que l'épaisseur derrière le finisseur est bien constante dans le profil en travers et correspond à environ 1,20 à 1,25 fois l'épaisseur finale requise.

On notera dans le rapport final les conditions d'utilisation du finisseur, à savoir :

- La largeur de répandage
- Vitesse d'avancement moyen
- Fréquence de vibration de la table
- Largeur de la table

### **III.4 - MESURE DES TEMPERATURES**

Lors de la réalisation de la planche d'étalonnage, des mesures de

températures doivent être effectuées régulièrement:

- dans le camion d'approvisionnement
- dans la trémie ou juste derrière la table du finisseur
- durant le compactage à intervalles réguliers jusqu'à la fin du compactage de la dernière planche unitaire (la difficulté pratique de la mesure s'accroît avec la compacité et on utilisera les bords de planche éventuellement).

Les mesures de température doivent figurer dans le rapport final en précisant leur emplacement, le temps écoulé entre deux mesures et la phase de réalisation de la planche au moment de la mesure (début de compactage, fin de compactage, etc...).

### **III.5 - CONTROLE DE L'OPERATION DE COMPACTAGE**

Pendant l'exécution du compactage, on doit :

- vérifier la vitesse de fonctionnement des compacteurs
- vérifier le respect du plan de balayage prévu et compter les passages en chaque point pour déterminer le nombre de passes exactement effectué sur la planche unitaire utile.

Pour cela, des consignes précises et claires doivent être données aux conducteurs des engins de compactage, car toute erreur sera très préjudiciable pour l'interprétation des planches.

Les vitesses réellement pratiquées et le nombre exact de passages des différents compacteurs, composant l'atelier sur les planches unitaires, doivent être notés et devront figurer dans le rapport final.

Les surfaces unitaires seront clairement repérées (à la peinture par exemple) pour faire l'objet des mesures ultérieures si celles-ci ne peuvent pas être effectuées immédiatement (cas du carottage).

### **III.6 - MESURES DE DENSITE**

Les mesures de densité à effectuer doivent permettre :

- de juger de l'évolution de la densité moyenne pour un nombre

- de passes croissant (planche d'essai) ;
- de juger de la compacité atteinte pour 95% des valeurs obtenues par rapport à la densité du L.C.P.C déterminée lors de la formulation.

Le nombre minimal de mesures à effectuer est de 20 par planche unitaire.

Dans le cas d'utilisation de la méthode par carottage, on attendra 24H pour effectuer l'opération de carottage.

Les carottages seront implantées sur la zone utile déterminée lors de l'organisation du balayage, donc en dehors des zones éliminées pour fluage ou recouvrement excessif ou douteux.

Les carottes prélevées servent à déterminer les densités par mesure hydrostatique. Il est aussi possible à l'aide d'un banc de gamma-densimètre fixe en Laboratoire d'avoir une idée sur le gradient de densité sur toute la hauteur de la carotte.

Des moyens à la fois plus rapides et plus performants (quasi continuité des valeurs) existent actuellement, il s'agit du P.S.M (petit sabot mobile) et du G.D.F 30 (gamma densimètre fixe, appareil de surface travaillant sur 6cm environ par diffusion). Le P.S.M donne une valeur relative, c'est pourquoi il est associé au G.D.F qui, lui, donne une valeur absolue après étalonnage.

### **III.7 - VERIFICATION DES EPAISSEURS**

A l'aide du carottage effectué, on peut déterminer l'épaisseur moyenne de chacune des carottes.

- Dans le cas où la surface inférieure de la carotte est bien nette et plane, la mesure de l'épaisseur doit se faire au pied à coulisse en 3 directions à 120°.
- Dans le cas où cette surface n'est pas bien délimitée (enrobé sur grave imprégnée - enrobé sur matériau de déflachage peu compact ou sur grave bitume, la mesure de la hauteur est effectuée

à la règle sur les parois de la carotte (au moins 3 mesures). Cette donnée ne peut être considérée que comme approximative et n'a pas la même valeur que dans le cas précédent.

### **III.8 - QUALITE DU MATERIAU**

La qualité du matériau enrobé utilisé lors de la planche d'étalonnage est jugée conformément à la Directive sur le contrôle de qualité de fabrication des enrobés bitumineux et des graves bitume.

Les matériaux fabriqués pour cette planche sont considérés comme un lot de fabrication.

Les mesures de température durant la fabrication de ce lot doivent être effectuées à la centrale.

Les six (6) prélèvements nécessaires pour caractériser le lot sont effectués sur le matériau utilisé pour la planche. (soit sous la trémie, soit dans les camions de transport).

### **III.9 - QUANTITE DU MATERIAU**

La quantité du matériau enrobé utilisée lors de la planche d'étalonnage devra être déterminée par pesage de chaque camion.

## **IV PHASE 3 : EXPLOITATION DES RESULTATS**

### **IV.1 - CONFORMITE DU MATERIAU ENROBE**

BITUME	80/100	60/70	40/50
température* minimal °C	120	130	135

Les essais effectués sur le lot de fabrication, seront jugés comme

indiqué dans la Directive de contrôle de qualité déjà citée (voir III. 8).

Il est impératif que les résultats de ces essais confirment la conformité de la fabrication, sinon la planche ne pourrait être considérée comme représentative du matériau enrobé agréé pour la mise en oeuvre

#### **IV.2 - TEMPERATURE DE MISE EN OEUVRE**

Les températures de la masse de l'enrobé dans la trémie doivent toujours être supérieures aux minimas indiqués au C.P.C à savoir :

(\*) A majorer de 10° C en cas de pluie, ou arrière saison.

Les températures qui ont été relevées lors de la planche au déversement dans la trémie et en fin de compactage, seront considérées comme devant être respectées durant la poursuite du chantier pour autant que la modalité de mise en oeuvre testée sur cette planche soit effectivement agréée (voir TV. 4).

#### **IV.3 - EPAISSEUR DE LA COUCHE COMPACTEE**

L'épaisseur de la couche compactée dépend :

- de l'état du support qui peut, par exemple, être légèrement déformé (cas de renforcements).
- du réglage du finisseur.

Le premier point doit être réglé au moment du choix de l'implantation de la planche et le second doit être en début de planche sur les premiers mètres qui serviront aux manoeuvres des **engins** ne sont donc pas pris en compte dans la planche unitaire.

Les vingt épaisseurs mesurées sur les carottes (voir III. 7) sont représentatives du chantier courant et du réglage normal du finisseur, pour un quantité moyenne mise en oeuvre par unité de surface.

Les valeurs ainsi obtenues permettront à l'Administration d'ajuster

la quantité moyenne à mettre en oeuvre par unité de surface en fonction de l'épaisseur de la couche à réaliser.

Il est rappelé que pour les répandages " à vis calées " le contrôle des profils porte sur la quantité moyenne mise en oeuvre par unité de surface pour chaque journée de travail (article 20.2.b - cahier 4 - fascicule 5 du C.P.C).

En cas de réglage en nivellement, c'est à l'Entrepreneur qu'il appartient de fixer l'épaisseur et par voie de conséquence la quantité à mettre en oeuvre par unité de surface, pour respecter les côtes du projet, sous réserve de l'accord de l'Administration.

## IV.4 - AGREMENT DES MODALITES DE COMPACTAGE

### IV.4.1 - Jugement de la compacité atteinte

Les densités mesurées par carottage (au nombre de 20 au minimum rapportées à la densité de référence LCPC retenue en fin de formulation, permettent de calculer les compacités de chacune des carottes. Deux types de traitement sont possibles :

#### - Traitement statistique

On calcule la moyenne  $m$  et l'écart-type  $\sigma$  de ces compacités.

i) On détermine la valeur inférieure probable à 95% par la formule :

$$C_{95\%} = m + 1,64 \sigma$$

ii) On dégage la valeur minimale absolue obtenue

$$C_{\text{minimale}}$$

#### - Traitement ponctuel

On classe les 20 valeurs obtenues par ordre décroissant et on dégage les valeurs :

$$C_{n^{\circ} 19} \text{ (correspondant à 9,5\% des valeurs)}$$

$$C_{n^{\circ} 20} \text{ (correspondant à la valeur ultime)}$$

• Dans le cas des mesures plus nombreuses obtenues avec les appareils à grand rendement évoqués en III.6, seul le traitement statistique doit être utilisé.

### IV.4.2 - Cas de la phase de vérification

a) *Si les compacités sont déclarées satisfaisantes, c'est-à-dire si :*

- en cas de traitement statistique

$$C_{95} \geq 100\% \text{ de la densité de référence L.C.P.C}$$

$$\text{et } C_{\text{minimale}} \geq 95\% \text{ de la densité de référence L.C.P.C}$$

- en cas de traitement ponctuel

$$C_{n^{\circ}19} \geq 100\% \text{ de la densité de référence L.C.P.C}$$

$$C_{n^{\circ} 20} \geq 95\% \text{ de la densité de référence L.C.P.C}$$

Les modalités de la planche de vérification, sont agréées pour la poursuite du chantier.

b) Dans les cas contraire une nouvelle planche doit être effectuée en suivant la même méthodologie.

#### **IV.4.3 - Cas de la planche d'essai**

a) Les différentes planches unitaires doivent être jugées d'après les mêmes critères.

Seront jugées satisfaisantes les modalités permettant d'obtenir :

$$\text{Soit } C_{95} \geq 100\% \text{ et } C_{\text{minimale}} \geq 95\%$$

$$\text{Soit } C_{n^{\circ} 19} \geq 100\% \text{ et } C_{n^{\circ} 20} \geq 95\%$$

b) Si les planches unitaires ont été conçues de manière à juger un seul paramètre : par exemple nombre de passes (n) du compacteur principal, croissant d'une planche à l'autre, deux voies sont possibles :

i) On peut tracer les courbes :

$$\text{Soit } C_{95} \text{ et } C_{\text{minimale}} \text{ en fonction de } n$$

$$\text{Soit } C_{n^{\circ} 19} \text{ et } C_{n^{\circ} 20} \text{ en fonction de } n$$

et on choisit le nombre n (par interpolation seulement entre 2 valeurs testées) pour obtenir simultanément :

$$C_{95} \text{ ou } C_{n^{\circ} 19} \geq 100\%$$

$$\text{et } C_{\text{minimale}} \text{ ou } C_{n^{\circ} 20} \geq 95\%$$

ii) on choisit comme nombre n de passes de ce compacteur, le premier n testé qui satisfait à la relation :

$$C_{95} \text{ ou } C_{n^{\circ} 19} \geq 100\%$$

à condition de vérifier que :

$$C_{\text{minimale}} \text{ ou } C_{n^{\circ} 20} \geq 95\%$$

### **V CONTENU DU RAPPORT D'AGREMENT**

Le rapport d'agrément doit contenir :

1/ Une description détaillée de toutes les opérations effectuées lors de la planche d'étalonnage :

- choix du site
- type de planche
- rappel des travaux préliminaires effectués
- pour chaque planche unitaire :
  - diagramme de couverture de l'atelier
  - zone utilisée pour les essais
  - l'ensemble des mesures de températures effectuées durant la mise en oeuvre .
  - les mesures in- situ, leur type et leur nombre
  - les épaisseurs relevées sur les carottes
  - les densités hydrostatiques mesurées sur les carottes
- les résultats des essais de contrôle de qualité du matériau utilisé lors de la planche d'étalonnage.

2/ Chaque modalité de mise en oeuvre agréée doit être décrite en précisant :

- le débit de mise en oeuvre réalisé
- le répandage :
  - avec 1 ou 2 finisseurs
  - largeur de répandage de chacun
  - vitesse d'avancement moyen
  - la fréquence de vibration de la table
  - la largeur de la table
  - la hauteur derrière la table
- pour le compactage
  - type d'atelier utilisé, sa composition et l'ordre de marche des différents engins
  - les caractéristiques physiques et d'utilisation de chacun des engins composant l'atelier
  - le plan de balayage appliqué pour chaque engin
  - la température de répandage (au déversement dans la trémie du finisseur et en fin de compactage).

- 7 -

**DIRECTIVE CONCERNANT LE CONTROLE  
DE LA QUALITE ET DE RECEPTION DE MISE  
EN OEUVRE DES ENROBES A CHAUD**

# **DIRECTIVE CONCERNANT LE CONTROLE DE LA QUALITE ET DE RECEPTION DE MISE EN OEUVRE DES ENROBES A CHAUD**

## **Introduction**

### **I - Contrôle de qualité**

- I.1 vérification du respect des conclusions de la planche d'étalonnage
- I.2 Contrôle occasionnel de compacité

### **II - Contrôle de réception de la mise en oeuvre**

- II.1 Fréquence, implantation et type d'essais
- II.2 Exploitation des mesures

### **III - Modalités de présentation et de transmission des résultats du contrôle**

- III.1 Contrôle de qualité
- III.2 Contrôle de réception

## INTRODUCTION

Cette Directive s'intéresse au seul contrôle de la mise en oeuvre à l'exclusion du contrôle des profils.

Le contrôle de qualité de mise en oeuvre consiste essentiellement en la vérification du respect des conclusions de la planche d'étalonnage de mise en oeuvre depuis la température du matériel enrobé, en passant par les moyens et la qualité des répandage jusqu'au fonctionnement de l'atelier de compactage. Ce contrôle peut comprendre les contrôles occasionnels de compacité sur une journée de travail, notamment en cas de doute sur la qualité du travail effectué.

Le contrôle de réception comporte en fin de travaux des mesures systématiques de densité pour connaître les compacités obtenues.

## I CONTROLE DE QUALITE

### I.1 - VERIFICATION DU RESPECT DES CONCLUSIONS DE LA PLANCHE D'ETALONNAGE

Il appartient aux surveillants de travaux sous l'autorité du conducteur de travaux, dans le cadre du contrôle de la D.T.P de vérifier la conformité de l'exécution de la mise en oeuvre avec les prescriptions du C.P.C, du C.P.C et des recommandations agréées par l'Ingénieur Subdivisionnaire après la planche d'étalonnage.

Ceci comporte :

- la vérification des moyens de transport
- la mesure des températures :
  - dans le camion
  - dans la trémie du finisseur (au moins 1 fois par heure)
- la vérification du respect des caractéristiques physiques et de fonctionnement du finisseur (ou des finisseurs)
- la vérification du respect des modalités d'utilisation de l'atelier de compactage depuis sa composition, son état de fonctionnement jusqu'au plan de balayage de chaque engin.
- le respect de prescriptions relatives aux différents joints entre couches et reprises de répandage.

De plus, le Laboratoire, lors de ses interventions pour prélèvement de matériaux enrobés dans le cadre du contrôle de qualité ou de réception de fabrication des enrobés bitumineux et des graves bitume, peut procéder à des mesures de température inopinées dans la trémie du finisseur, suivant la cadence des interventions fixées par la directive n° 5 (6 prélèvements) par jour ou par lot de 500 tonnes).

Ces températures seront communiquées immédiatement au Surveillant du chantier.

## **I.2 - CONTROLE OCCASIONNEL DE COMPACITE**

A la demande de l'Ingénieur Subdivisionnaire responsable de la réalisation des travaux, le Laboratoire procède à un contrôle occasionnel de compacité sur la production d'une journée de mise en oeuvre de la manière suivante :

### **I.2.1 - Implantation et nombre des mesures**

Dans le cas de contrôle ponctuel par carottage, 20 mesures seront effectuées sur la section mise en oeuvre durant la journée à contrôler, indiquée par le représentant de l'Ingénieur Subdivisionnaire

La zone utile pour implantation de ces essais sera identique à celle définie lors de la planche d'étalonnage avec le même atelier de compactage et même plan de balayage (élimination des zones extrêmes et de chevauchement). L'implantation exacte au sein de cette zone est de la responsabilité du Laboratoire et doit représenter au mieux l'ensemble de la surface à contrôler.

Dans le cas d'appareil de mesures à grand rendement, le nombre de points n'est pas limité et dépend de l'appareillage utilisé, la zone utile étant la même que celle définie ci-dessus.

### **I.2.2 - Exploitation des mesures**

Les carottes prélevées permettent d'effectuer la mesure des densités hydrostatiques et des épaisseurs à titre indicatif.

Les valeurs de compacité ainsi obtenues sont exploitées de manière à calculer :

\* soit statistiquement :

- la compacité  $C_{95}$  atteinte par au moins 95% des valeurs
- et la valeur minimale  $C_{\min}$

\* soit la compacité atteinte par la 19ème valeur classée par ordre décroissant  $C_{n^{\circ} 19}$  et l'ultime valeur la plus faible  $C_{n^{\circ} 20}$ .

A partir de ces valeurs 2 cas sont rencontrés :

*a) Critère de conformité satisfaisant*

Le critère de conformité est le même que celui utilisé lors de la planche d'étalonnage :

- soit  $C_{95} \geq 100\%$  et  $C_{\min} \geq 95\%$  de la densité de référence LCPC
- soit  $C_{n^{\circ} 19} \geq 100\%$  et  $C_{n^{\circ} 20} \geq 95\%$

Le compactage est déclaré satisfaisant.

*b) Critère de conformité non satisfait*

Le critère ci- dessus n'est pas satisfait pour un ou deux termes (par exemple  $C_{95}$  et (ou)  $C_{\min}$ ), une nouvelle planche de vérification est à prévoir (voir Directive pour la réalisation des planches d'étalonnages).

\* Si les résultats de cette nouvelle planche viennent confirmer ceux de la planche d'étalonnage initial, le compactage durant la période précédent le contrôle occasionnel est déclaré non satisfaisant (y compris la journée testée) et les pénalités pour insuffisance de compactage, pourront être appliquées sur toute la période, sans que celle-ci dépasse une semaine.

L'entrepreneur peut demander au Laboratoire de confirmer les compacités obtenues les jours précédents la journée testée, pour ne pas subir la pénalité sur ces quantités mises en oeuvre. Il conviendra alors d'effectuer le contrôle de la même manière : 20 prélèvements sur la zone utile de chacune des journées et jugement de chacune suivant les critères de conformité ci-dessus.

\* Par contre si les résultats de la nouvelle planche ne confirment pas ceux de la planche d'étalonnage initiale, aucune conclusion ne peut être déduite (compactage satisfaisant ou insatisfaisant). L'Ingénieur subdivisionnaire doit envisager de nouvelles dispositions (autres planche d'étalonnage, autre référence, etc...).

## II CONTROLE DE RECEPTION DE LA MISE EN OEUVRE

En dehors des contrôles de réglage de surface, de réglage en nivellement et des contrôles de flaches exécutés par l'équipe de contrôle, mise en place par la DTP un contrôle de réception de la mise en oeuvre par mesure de densité doit être effectué.

### II.1 - FREQUENCE, IMPLANTATION ET TYPE D'ESSAIS

Le C.P.C prévoit un essai par 250 ml de route. Par ailleurs l'exploitation statistique prévue, impose un minimum de 20 mesures quelque soit la longueur du chantier (donc fréquence d'essais à augmenter pour les chantiers de longueur totale inférieure à 5km).

Les essais seront effectués conformément à la planche d'étalonnage (voir rapport d'agrément) sur les zones " utiles " (élimination des zones de bord et de recouvrement).

Dans le cas d'utilisation d'appareils à grand rendement, les mesures seront plus nombreuses, mais seront toujours effectuées sur les mêmes zones utiles.

Les essais consistent en des carottages pour mesure de densité hydrostatique sur les carottes obtenues. Les épaisseurs de chaque carotte pourront aussi être mesurées (voir Directive sur la réalisation des planches d'étalonnage).

### II.2 - EXPLOITATION DES MESURES

Les valeurs de compacité ainsi obtenues par rapport à la densité L.C.P.C de référence sont exploitées :

**\* Soit statistiquement :**

Par calcul de  $C_{95}$  (valeur atteinte par au moins 95% des valeurs)

$$C_{95} = C_m + 1,64 \sigma$$

où  $C_m$  et  $\sigma$  sont la valeur moyenne et l'écart type des valeurs mesurées et par relevé de la valeur minimale  $C_{min}$  atteinte au sein des mesures.

**\* Soit pour 20 mesures :**

$C_{19}$  : compacité atteinte par la 19ème valeur classée par ordre décroissant et

$C_{20}$  : l'ultime valeur la plus faible.

*a) Compactage satisfaisant*

Le compactage est déclaré satisfaisant si l'ensemble des 2 conditions ci-dessous est satisfait

- soit  $C_{95} \geq 100\%$  et  $C_{\min} \geq 95\%$  de la densité LCPC de référence
- soit  $C_{19} \geq 100\%$  et  $C_{\min} \geq 95\%$  de la densité LCPC de référence

*b) Compactage insuffisant*

Le compactage est jugé insuffisant si l'un au moins des 2 critères ci-dessus n'est pas respecté et les pénalités prévues par l'article 23.1 du CPC sont appliquées.

### **III MODALITES DE PRESENTATION ET DE TRANSMISSION DES RESULTATS DU CONTROLE**

#### **III.1 - CONTROLE DE QUALITE**

a) à l'issue d'un contrôle occasionnel de compacité et d'une vérification du compactage des journées antérieures à la journée testée, un rapport présente les résultats obtenus avec ses conclusions sur la conformité des résultats.

b) En cas de planche de vérification, le rapport sera rédigé comme prévu dans la Directive concernant la planche d'étalonnage de la mise en oeuvre.

#### **III.2 - CONTROLE DE RECEPTION**

A l'issue de la campagne de carottage et d'essais de densité, un rapport de synthèse présente l'ensemble des résultats obtenus en fin de chantier. C'est à partir de ces éléments que le compactage sera déclaré satisfaisant ou non satisfaisant.

