54. REVÊTEMENTS EN BÉTON HYDROCARBONÉ

54.08 COMPACITE RELATIVE D'UN REVETEMENT HYDROCARBONE (version 06/2012)

54.09 DETERMINATION DU POURCENTAGE DE VIDES D'UN REVETEMENT HYDROCARBONE (version 10/2012 + corrections 11/2012)

54.13 ESSAI AU SIMULATEUR DE TRAFIC (ESSAI D'ORNIERAGE SUR REVETEMENTS HYDROCARBONES A PARTIR DE CAROTTES DE 400 CM²) (version 03/2017)

54.16 ESSAI MARSHALL - ETUDE MARSHALL (version 10/2013)

54.17 DETERMINATION DE LA DRAINABILITE IN SITU D'ENROBES DRAINANTS (version 06/2012)

54.18 ESSAI AU SIMULATEUR DE TRAFIC (ESSAI D'ORNIERAGE SUR REVETEMENTS HYDROCARBONES A PARTIR DE MELANGES FABRIQUES EN LABORATOIRE) (version 03/2017)

54.25 MESURE EN CONTINU DE L'ORNIERAGE

54.26 PORTANCE (DEFLEXION DU REVETEMENT AU PASSAGE D'UN ESSIEU) (version 06/2012)

54.27 PRELEVEMENT DES MELANGES HYDROCARBONES (version 09/2016 - correction 04/2017)

54.28 PREPARATION DES MELANGES HYDROCARBONES (version 06/2012)

54.32 CAPACITE DE DURCISSEMENT (ENROBES STOCKABLES)

54.33 SENSIBILITE AU GEL (ENROBES STOCKABLES).

54.34 DRAINABILITE (ENROBES DRAINANT DECOLMATE)

54.35 RESISTANCE AU DESENROBAGE (ENROBES STOCKABLES)

54.36 STABILITE (ENROBES STOCKABLES)

54.37 DELTA ANNEAU ET BILLE D'UN MASTIC BITUMINEUX

54.39 COMPACTAGE GIRATOIRE (version 11/2012)

54.40 SENSIBILITE A L'EAU DES EPROUVETTES BITUMINEUSES (version 03/2015)

54.41 COULEUR DE L'ENROBE COLORE

54.42 AGREGAT D'ENROBES BITUMINEUX: DETECTION DE GOUDRON (version 11/2012)

54.08 COMPACITE RELATIVE D'UN REVETEMENT HYDROCARBONE (version 06/2012)

1. BUT DE L'ESSAI

Déterminer le degré de compaction d'un mélange hydrocarboné prélevé in situ par rapport à un compactage normalisé.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

La méthode consiste en plusieurs étapes distinctes:

- Préparation de l'éprouvette;
- Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette;
- Désagrégation de l'éprouvette;
- Recompaction du mélange à l'énergie normalisée (compactage "Marshall");
- Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette ainsi obtenue (masse volumique de référence);
- Calcul de la compacité relative.

3. REFERENCES NORMATIVE

- NBN EN 12697-6: Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses
- NBN EN 12697-29: Détermination des dimensions des éprouvettes d'enrobé hydrocarboné
- NBN EN 12697-30: Confection d'éprouvette par compacteur à impacts

4. APPAREILLAGE

- Scie diamantée;
- Rectifieuse diamantée;
- Balance précise à 0,1g avec un système de pesée sous eau;
- Bain thermostatisé (précis à ± 1°C);
- Etuve réglable à 110 ± 5°C;
- Etuve capable d'atteindre une température de 180 ± 5°C;
- Thermomètre précis à ± 1°C;
- Pied à coulisse ou autre appareillage précis à 0,1 mm permettant de déterminer les dimensions suivant NBN EN 12697-29;
- Peau de chamois;
- Compacteur à impact suivant NBN EN 12697-30 avec ses moules de compactage;
- Plaques chauffantes pour réchauffer la dame

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Préparation de l'éprouvette.

Les essais devront être réalisés sur des échantillons prélevés de 150mm de diamètre.

Les éprouvettes d'épaisseur nominale < à 30mm ne peuvent être analysées.

Pour un enrobé posé en épaisseur nominale de 30mm, les éprouvettes devront être préparées (*rectification, sciage*) de manière à ce que l'échantillon soumis à l'essai présente une épaisseur minimale de 25mm.

Il y a lieu de prévoir une quantité suffisante de mélange hydrocarboné afin de confectionner une éprouvette recompactée d'une hauteur comprise entre 5 et 7 cm.

5.1.1. Couche de roulement

Dans le cas où la carotte comporte un traitement de surface, celui-ci est éliminé par sciage d'une tranche la plus mince possible.

Sans traitement de surface, seule la couche inférieure est sciée.

5.1.2. Sous-couche

Dans le cas d'une sous-couche, les 2 faces sont traitées à l'aide d'une scie ou d'une rectifieuse, de manière à obtenir un cylindre.

5.2. Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette (méthode B de NBN EN 12697-6)

Toutes les masses sont exprimées à 0,1g près

- Après préparation des échantillons, laisser sécher celui-ci à température ambiante jusqu'à poids constant[1] puis déterminer la masse sèche de l'éprouvette (m_1)
- Vérifier la température du bain thermostatisé, régler l'agitateur sur la t° mesurée puis déterminer le Masse volumique de l'eau (ρ_w) correspondante suivant le tableau ci-dessous:

T° (°C)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ρ_w (kg/m³)	**999,2**	**999,0**	**998,8**	**998,7**	**998,5**	**998,3**	**998,1**	**997,8**	**997,6**	**997,4**	**997,1**	**996,8**	**996,6**

- Plonger l'éprouvette dans le bain pendant **minimum 30min**
- Déterminer la masse sous eau (m_2) en s'assurant qu'aucune bulle d'air n'adhère ni ne s'échappe de l'éprouvette;
- Retirer l'éprouvette de l'eau;
- Essuyer sa surface à l'aide d'une peau de chamois humide et déterminer la masse dans l'air de l'éprouvette saturée (m_3).

5.3. Désagrégation de l'éprouvette

Placer l'échantillon dans une étuve portée à maximum 125°C pendant max 120min.

Dans le même temps, placer les moules dans l'étuve.

Désagréger l'éprouvette en fragments fins et transférer dans un récipient pouvant être couvert.

[1] *Deux pesées espacées de 6h ne varie pas de plus de 0,1% en masse*

5.4. Recompaction à l'énergie "Marshall"

- La température de consigne doit être sélectionnée de telle sorte que le mélange ait pu refroidir à la température de référence dès le début du compactage. Dès lors, la température de consigne de l'étuve peut être de maximum 20°C supérieure à la température de référence.
- La température de référence est fonction du type de bitume (voir tableau ci-dessous)

Type de bitume	X = 1		X = 2	X = 7	X = 8	X = 9	X = 11
	35/50	50/70	PMB	IP+	Dur	Routier + additifs naturels	Routier + additifs synthétiques
Température de référence (°C)	**165**	**150**	**170**	**165**	**165**	**160**	**Suivant fiche technique du producteur (fonction du type d'additif)**

x = 1 désigne un bitume routier 35/50 ou 50/70
x = 2 désigne un bitume polymère (élastomère)
x = 7 désigne un bitume à indice de pénétration positif
x = 8 désigne un bitume dur
x = 9 désigne au bitume routier 50/70 additionné d'asphalte naturel
x = 11 désigne un liant avec additif(s)

Remarque:
Pour tout autre type de liant autorisé par un cahier spécial des charges, il faut se référer à la fiche technique du producteur.

- Placer les récipients couverts dans l'étuve jusqu'à ce que le mélange atteigne la T° de compactage (max 120min)
- Environ 10min avant la compaction du premier échantillon, chauffer le pied de la dame;
- Placer un disque antiadhésif dans le fond du moule complet;
- Introduire le mélange dans le moule à l'aide d'un entonnoir;
- Niveler délicatement la surface de l'échantillon et recouvrir l'ensemble d'un disque antiadhésif;
- Dans les plus bref délais, compacter l'échantillon en appliquant 50 coups;
- Retourner le corps du moule et appliquer à nouveau 50 coups;
- Le moule doit être rempli et l'éprouvette compactée en moins de 4 min
- Retirer les disques antiadhésifs et marquer l'éprouvette pour identification.
- Après cette opération, laisser refroidir les échantillons puis extraire les éprouvettes de leurs moules à l'aide du dispositif d'extrusion adapté.
- Après démoulage, procéder à la détermination de l'épaisseur des éprouvettes suivant NBN EN 12697-29 (0,1mm près) comme suit:

Epaisseur

Tracer 2 diamètres perpendiculaires sur une face de la carotte
A l'aide d'un pied à coulisse, mesurer l'épaisseur en 4 points à 1 cm du bord, sur ces diamètres ;

5.5. Détermination de la masse volumique de référence

- Procéder à la pesée sèche;
- Déterminer la masse volumique apparente des éprouvettes recompactées en répétant le mode opératoire défini au § 5.2.

6. CALCUL ET EXPRESSION DES RESULTATS

6.1. Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette

Toutes les masses sont exprimées à 0,1g près

$$\rho_b = m_1 \times \rho_w / (m_3 - m_2)$$

avec:
ρ_b = masse volumique apparente à 1 kg/m³ près
ρ_w = masse volumique de l'eau en kg/m³ (fonction de la T°, cfr tableau 5.2)
m_1 =masse sèche de l'éprouvette
m_2 = masse sous eau de l'éprouvette
m_3 = masse saturée surface sèche de l'éprouvette

6.2. Recompaction à l'énergie "Marshall"

Epaisseur :

Moyenne des 4 déterminations à 0,1 mm près

6.3. Détermination de la masse volumique de référence

Toutes les masses sont exprimées à 0,1g près

$$\rho_r = m_{1r} \times \rho_w / (m_{3r} - m_{2r})$$

avec:
ρ_r = masse volumique apparente à 1 kg/m³ près
ρ_w = masse volumique de l'eau en kg/m³ (fonction de la T°, cfr tableau 5.2)
m_{1r} =masse sèche de l'éprouvette recompactée
m_{2r} = masse sous eau de l'éprouvette recompactée
m_{3r} = masse saturée surface sèche de l'éprouvette recompactée

6.4. Détermination de la compacité relative (degré de compaction)

$$C_r = 100 \times \rho_b / \rho_r$$

avec:
C_r = degré de compaction à 0,1% près,
ρ_b = Masse volumique apparente en kg/m³
ρ_r = Masse volumique de référence en kg/m³

7. RAPPORT D'ESSAI

7.1. Rédaction du rapport d'essai

Le rapport d'essai doit au moins mentionner les informations suivantes:

- La masse sèche de l'éprouvette analysée;
- Les différentes masses volumiques exprimées au kg /m³ près;
- L'épaisseur de l'éprouvette recompactée à 0,1mm près;
- La température de compactage;
- Le type de compacteur utilisé;
- La compacité relative exprimée à 0,1% près;

7.2. Exemple de formulaire de rapport

Dossier :			Couche :			Type de béton hydrocarboné :		
Carotte n° :	**Epaisseur moyenne par couche**	**Examen visuel avant sciage**	**Masse après sciage**	**M.V.A.**	**Eprouvette recompactée**		**C.R.**	***Code pour l'examen visuel***
					épaisseur	**M.V.Réf.**		
	(mm)		**(g)**	**kg/m³**	**(mm)**	**(kg/m³)**	**%**	
								1. Fermé
								2. Semi-fermé
								3. Ouvert
								4. Ebréché
								5. Fissuré
								6. Désagrégé
								7. Vides ponctuels
								8. Carotte séparée à l'interface entre 2 couches
								9. Observations supplémentaires
Moyenne:								

.

54.09 DETERMINATION DU POURCENTAGE DE VIDES D'UN REVETEMENT HYDROCARBONE (version 10/2012 + corrections 11/2012)

1. BUT DE L'ESSAI

Déterminer l'ensemble des vides, non occupés par le granulat et le liant, qui sont présents dans le volume d'une éprouvette bitumineuse.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

La méthode consiste en plusieurs étapes distinctes:
- Préparation de l'éprouvette;
- Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette;
- Désagrégation de l'éprouvette;
- Détermination de la masse volumique réelle (MVR) de l'éprouvette;
- Calcul du pourcentage de vides.

3. REFERENCES NORMATIVE

- NBN EN 12697-5: Détermination de la masse volumique réelle (MVR) des matériaux bitumineux.
- NBN EN 12697-6: Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses.
- NBN EN 12697-8: Détermination de la teneur en vides des éprouvettes bitumineuses.

4. APPAREILLAGE

- Scie diamantée;
- Rectifieuse diamantée;
- Balance précise à 0,1g avec un système de pesée sous eau;
- Bain thermostatisé (précis à ± 0,2°C);
- Etuve réglable à 110 ± 5°C;
- Thermomètre précis à ± 0,1°C;
- Pycnomètres;
- Peau de chamois;
- Pompe à vide avec système de régulation;

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Préparation de l'éprouvette.

Les éprouvettes d'épaisseur nominale < à 30mm ne peuvent être analysées.

Pour un enrobé posé en épaisseur nominale de 30mm, les éprouvettes devront être préparées (*rectification, sciage*) de manière à ce que l'échantillon soumis à l'essai présente une épaisseur minimale de 25mm.

5.1.1. Couche de roulement

Dans le cas où la carotte comporte un traitement de surface, celui-ci est éliminé par sciage d'une tranche la plus mince possible.

Sans traitement de surface, seule la couche inférieure est sciée.

5.1.2. Sous-couche

Dans le cas d'une sous-couche, les 2 faces sont traitées à l'aide d'une scie ou d'une rectifieuse, de manière à obtenir un cylindre.

5.2. Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette (méthode B de NBN EN 12697-6)

Remarque: dans le cas des PA, la masse volumique apparente de l'éprouvette de chantier est déterminée suivant la méthode D de la NBN EN 12697-6. Toutes les masses sont exprimées à 0,1g près

- Après préparation des échantillons, laisser sécher celui-ci à température ambiante jusqu'à poids constant[2] puis déterminer la masse sèche de l'éprouvette ($\mathbf{m_1}$)
- Vérifier la température du bain thermostatisé, régler l'agitateur sur la t° mesurée puis déterminer la Masse volumique de l'eau ($\boldsymbol{\rho_w}$) correspondante suivant le tableau ci-dessous :

T (°C)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ρ_w (kg/m³)	**999,2**	**999,0**	**998,8**	**998,7**	**998,5**	**998,3**	**998,1**	**997,8**	**997,6**	**997,4**	**997,1**	**996,8**	**996,6**

- Plonger l'éprouvette dans le bain pendant **minimum 30min**
- Déterminer la masse sous eau ($\mathbf{m_2}$) en s'assurant qu'aucune bulle d'air n'adhère ni ne s'échappe de l'éprouvette ;
- Retirer l'éprouvette de l'eau ;
- Essuyer sa surface à l'aide d'une peau de chamois humide et déterminer la masse dans l'air de l'éprouvette saturée ($\mathbf{m_3}$).

Remarque: Si la compacité relative a été préalablement déterminée, le mode opératoire débute ci après sur l'éprouvette recompactée.

5.3. Désagrégation de l'éprouvette :

Placer l'échantillon dans une étuve portée à maximum 125°C le temps nécessaire à désagréger celui-ci en fines particules.

La prise d'essai à introduire dans le pycnomètre doit être d'au moins 1000g.

5.4. Détermination de la masse volumique réelle de l'éprouvette

- Peser le pycnomètre, $\mathbf{m_4}$ (correspondant à une tare bouchon compris);
- Remplir le pycnomètre avec la prise d'essai; et après refroidissement, peser (tare + matière) = $\mathbf{m_5}$ (bouchon compris);
- Remplir le pycnomètre d'eau déminéralisée jusqu'environ 30mm sous le bouchon;
- Appliquer un vide de minimum 4kPa absolu pendant minimum 15 min;
- Placer le bouchon puis remplir d'eau distillée presque jusqu'au trait;
- Placer le pycnomètre entre 60 et 180 min dans le bain thermostatisé à une température choisie, ±0,5°C, et comprise entre 20 et 30°C;

Remarque: L'eau du bain doit monter jusqu'à environ 20mm du bord du pycnomètre ;

[2] *Deux pesées espacées de 6h ne varient pas de plus de 0,1% en masse*

- Ajuster le niveau d'eau distillée au trait;

<u>Remarque</u>: L'eau ajoutée doit être préalablement placée dans le bain afin d'atteindre la T° de celui-ci

- Sortir le pycnomètre du bain;
- L'essuyer;
- Le peser immédiatement. (Tare + matière + eau) $\mathbf{m_6}$
- Le volume du pycnomètre ($\mathbf{V_p}$) doit être préalablement déterminé suivant l'annexe C de la NBN EN 12697-5[3].

6. CALCUL ET EXPRESSION DES RESULTATS

6.1. Détermination de la masse volumique apparente de l'éprouvette

Toutes les masses sont exprimées à 0,1g près

$$\rho_b = m_1 \times \rho_w / (m_3 - m_2)$$

avec:
ρ_b = masse volumique apparente à 1 kg/m³ près;
ρ_w = masse volumique de l'eau en kg/m³ (fonction de la T°, cfr tableau 5.2);

m_1 =masse sèche de l'éprouvette;
m_2 = masse sous eau de l'éprouvette;
m_3 = masse saturée surface sèche de l'éprouvette;

6.2. Détermination de la masse volumique réelle de l'éprouvette

Masse volumique réelle (ρ_{mv}), à 1 kg/m³ près, suivant la formule:

$$\rho_{mv} = \frac{m_5 - m_4}{1000 \times V_p - \left(\frac{m_6 - m_5}{\rho_w}\right)}$$

avec:
V_p = Volume du pycnomètre (m³);
m_4 = tare du pycnomètre (g), bouchon compris;
m_5 = masse du pycnomètre contenant l'échantillon (g), bouchon compris;
m_6 = masse du pycnomètre contenant l'échantillon et l'eau à la température choisie (g), bouchon compris;
ρ_w = masse volumique de l'eau en kg/m³ (fonction de la T°, cfr tableau 5.2)

6.3. Détermination du pourcentage de vide

$$V_m = \frac{\rho_{mv} - \rho_b}{\rho_{mv}} x100$$

avec:
V_m = Pourcentage de vide à 0,1% près;
ρ_{mv} = Masse volumique réelle en kg/m³;
ρ_b = Masse volumique apparente en kg/m³

[3] La température de l'étalonnage doit impérativement être identique à la température choisie pour l'essai

7. RAPPORT D'ESSAI

7.1. Rédaction du rapport d'essai

Le rapport d'essai doit au moins mentionner les informations suivantes:

- La masse sèche de l'éprouvette analysée;
- la masse volumique apparente et la masse volumique réelle exprimées au kg /m³ près;
- Pourcentage de vides individuel et moyen exprimés à 0,1% près.

7.2. Exemple de formulaire de rapport

Détermination du pourcentage de vides d'un revêtement hydrocarboné CME 54.09.

Détermination de la masse volumique apparente (cocher) : □ *Méthode B - hydrostatique*

□ *Méthode D - géométrique (Cas des PA)*

Détermination de la masse volumique maximale : *Méthode volumétrique*

Solvant utilisé : eau déminéralisée.

Dossier :			Couche :			Type de béton hydrocarboné :	
Carotte n° :	**Epaisseur moyenne par couche**	**Examen visuel avant sciage**	**Masse après sciage**	**M.V.A.**	**M.V.M (ρmv)**	**Vide (Vm)**	***Code pour l'examen visuel***
	(mm)		**(g)**	**kg/m³**	**(kg/m³)**	**(%)**	
							1. Fermé
							2. Semi-fermé
							3. Ouvert
							4. Ebréché
							5. Fissuré
							6. Désagrégé
							7. Vides ponctuels
							8. Carotte séparée à l'interface entre 2 couches
							9. Observations supplémentaires
Moyenne:							

54.13 ESSAI AU SIMULATEUR DE TRAFIC (ESSAI D'ORNIERAGE SUR REVETEMENTS HYDROCARBONES A PARTIR DE CAROTTES DE 400 cm²) (version 03/2017)

Références de base:
- NBN EN 12697-22: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 22: Essai d'orniérage
- NBN EN 12697-6: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 6: Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses (Méthode D)

1. BUT DE L'ESSAI

Estimer, dans des conditions expérimentales données, la susceptibilité à l'orniérage d'un mélange hydrocarboné à partir d'échantillons prélevés in situ par carottage.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Une éprouvette de mélange hydrocarboné, de forme parallélépipédique est soumise en surface, à l'action d'une charge de roue décrivant un mouvement aller-retour rectiligne à une fréquence donnée et à une température constante.

Cette éprouvette parallélépipédique est constituée à partir de 3 carottes de 400 cm² prélevées in situ et découpées en laboratoire.

On considère comme profondeur d'ornière, la dénivellation verticale permanente par rapport à la surface initiale de l'éprouvette confectionnée. Le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée est la valeur moyenne des dénivellations mesurées en principe sur deux éprouvettes par rapport à leur épaisseur.

3. APPAREILLAGE ET PRODUITS

3.1. Matériel destiné à la préparation des éprouvettes et à la détermination de la M.V.A.

- Scie diamantée;
- Appareillage de mesure précis à 0,1mm;
- Balance précise à 0,1g.

3.2. Matériel pour déterminer l'orniérage.

- Un dispositif de grandes dimensions (simulateur de trafic « grand modèle ») conforme au §6.1 de la NBN EN 12697-22 qui peut simuler une répétition de passages d'une roue dans des conditions d'une circulation canalisée. Il est équipé de 2 roues solidaires d'un chariot qui permettent de tester simultanément 2 éprouvettes. (Voir figure 54.13/1)

  Les principales caractéristiques sont:

  - Longueur de la course: (410 ± 5) mm
  - Vitesse maximale: 1,6 m/s
  - Accélération maximale: 10 m/s²
  - Fréquence du mouvement: (1 ± 0.1) Hz
  - Plaque de base en acier présentant un défaut de planéité inférieur à 1 mm lorsqu'il est contrôlé avec une règle en acier suivant les diagonales.

- Thermostatisation par une circulation d'air chaud, permettant de maintenir une température constante à ± 2°C dans l'éprouvette.
- Force appliquée sur chaque éprouvette réglable de 5 kN à ± 50 N.
- Pneus lisses: 16 X 4 ER
- Pneumatique sans sculpture 400 x 8
- Largeur de trace (80 ± 5) mm
- Pression gonflage: (6,0 ± 0,3) bars
- Dispositif d'enregistrement de la température (précision : 1°C) de l'éprouvette pendant l'essai.

- Moules en métal dont les dimensions intérieures de la cavité sont:
  - Longueur de (500 ± 2) mm
  - Largeur de (180 ± 2) mm
  - Hauteur adaptée au matériau à tester.

  Ils doivent être non déformables dans les conditions de l'essai. (Voir figure 54.13/2)
- Matériau de calage (plâtre, mortier,…) pour scellement et outils de mise en œuvre
- Une jauge de profondeur, permettant la mesure des déformations à 0,2mm près, ayant une surface de contact carrée ou circulaire comprise entre 5 et 10 mm² (conforme à la NBN EN 12697-22)

4. MODE OPERATOIRE

4.1. Préparation de l'éprouvette.

L'essai peut être réalisé soit couche par couche, soit sur une épaisseur de maximum 9 cm de revêtement.

Trois carottes de 400 cm^2 de section sont nécessaires pour la réalisation d'une éprouvette.

Après sciage des carottes à l'épaisseur désirée (l'épaisseur des trois éprouvettes doit être la plus proche possible), celles-ci sont découpées de manière à pouvoir être disposées dans le moule en se rapprochant le plus possible des dimensions renseignées sur la figure 54.13/2. La masse volumique apparente des 3 éléments est mesurée suivant la méthode D de la NBN EN 12697-6.

Les trois éléments sont retournés et sont disposés dans un moule posé à l'envers sur une surface plane. L'ensemble est calé à l'aide d'une produit de calage (plâtre, mortier,…). Araser si nécessaire.

Remarque : Utiliser un moule ou des cales de manière à ce que l'épaisseur de produit de calage soit comprise entre 0,5 et 2 cm.

Après durcissement (48 heures minimum), le moule est monté sur sa plaque de base.

4.2. Essai d'orniérage

Essai réalisé avec un appareillage de grande dimension suivant la NBN EN 12697-22 à une température précise

Remarque: Pour le CCT Qualiroutes, la température est de 50 ± 2°C

- Placer l'éprouvette dans le simulateur.
- Vérifier que la pression des pneumatiques est de 6,0 ± 0,3 bars
- A température ambiante (entre 15 et 25°C), effectuer 1.000 cycles et faire la mesure du point zéro (m_{oj}) avec un appareillage adapté aux différents points de mesure (15 points de mesure suivant la norme NBN EN 12697-22 (Voir figure 54.13/3)).

- Conditionnement et mesure de la température: Les éprouvettes sont conditionnées entre 12 et 16 heures à la température d'essai. La température est mesurée à l'aide d'une sonde placée dans les éprouvettes.
- Vérifier que la température d'essai est atteinte avec une tolérance de ± 2 °C au sein de l'éprouvette (CCT Qualiroutes: (50 ± 2) °C).
- Régler la charge sur la roue à (5 ± 0,05) kN.
- Mettre le simulateur de trafic en mouvement et effectuer le nombre de cycles recherché, à savoir 1.000 – 3.000 – 10.000 – 20.000 (si l'appareillage le permet) et 30.000 cycles. Les 1.000 cycles de conditionnement initial à température ambiante ne sont pas compris.
- Lorsque ce nombre de cycles est atteint, arrêter le simulateur.
- Enregistrer le nombre de cycles et mesurer la déformation de l'éprouvette aux 15 emplacements définis précédemment
- Vérifier que la température d'essai est conservée avec une tolérance de ± 2 °C au sein de l'éprouvette (CCT Qualiroutes: (50 ± 2) °C). Dans la négative, attendre le retour à la conformité pour ce critère.
- Poursuivre l'essai jusqu'au prochain point d'arrêt.
- L'essai est terminé soit après les 30.000 cycles, soit lorsque la profondeur d'orniérage est supérieure à 20 mm (sécurité).

Un essai est constitué en principe de deux tests exécutés sur deux éprouvettes distinctes.

5. EXPRESSION DES RESULTATS

5.1. Calcul de la profondeur d'ornière mesurée

Calculer le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée, P_i, pour chaque ensemble de mesures à partir des 15 valeurs de déformation locale, m_{ij}, et de l'épaisseur de l'éprouvette, h, à l'aide de l'équation suivante :

$$P_i\% = 100 \sum_{j=1}^{15} \frac{(m_{ij} - m_{oj})}{(15xh)}$$

Où:

- P_i est le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée (%);
- m_{ij} est la mesure locale à l'emplacement j (mm) après i cycles;
- m_{0j} est la mesure initiale (0) à l'emplacement j (mm);
- h est l'épaisseur moyenne des trois éléments de l'éprouvette, en millimètres (mm). Celle-ci est calculée à partir des hauteurs moyennes de chaque éprouvette déterminées lors de la mesure de la MVA des 3 éléments (voir 4.1).

5.2. Graphiques

Tracer un graphique de P_i % par rapport au nombre de cycles (N) pour chaque éprouvette composée de 3 éléments d'une même composition soumise à l'essai.

5.3. Calcul de la profondeur d'ornière moyenne *P*

Calculer la valeur moyenne P des P_i des éprouvettes d'une même composition soumises à essai, et pour le même nombre de cycles N (si d'application).

5.4. Détermination de la température d'essai

Calculer la température d'essai en tant que moyenne des températures enregistrées avant chaque série de mesures.

5.5. Rapport

- Le numéro d'identification de l'échantillon (carottes) et le lieu de prélèvement (avec rapport de prélèvement éventuel)
- L'épaisseur moyenne de chaque éprouvette et la masse volumique apparente de chaque plaque (moyenne des trois éléments)
- Les dimensions intérieures du moule
- La température d'essai
- La durée et conditions de conservation
- Le type d'orniéreur (type de dispositif)
- La mesure d'orniérage à 1000, 3000, 10000, (20000) et 30000 cycles avec une représentation graphique du résultat pour chaque éprouvette
- L'orniérage moyen pour la dernière durée de cycle des 2 éprouvettes (si d'application)
- Tout écart ou anomalie pouvant affecter les résultats par rapport à la présente méthode

Figure 54.13/1

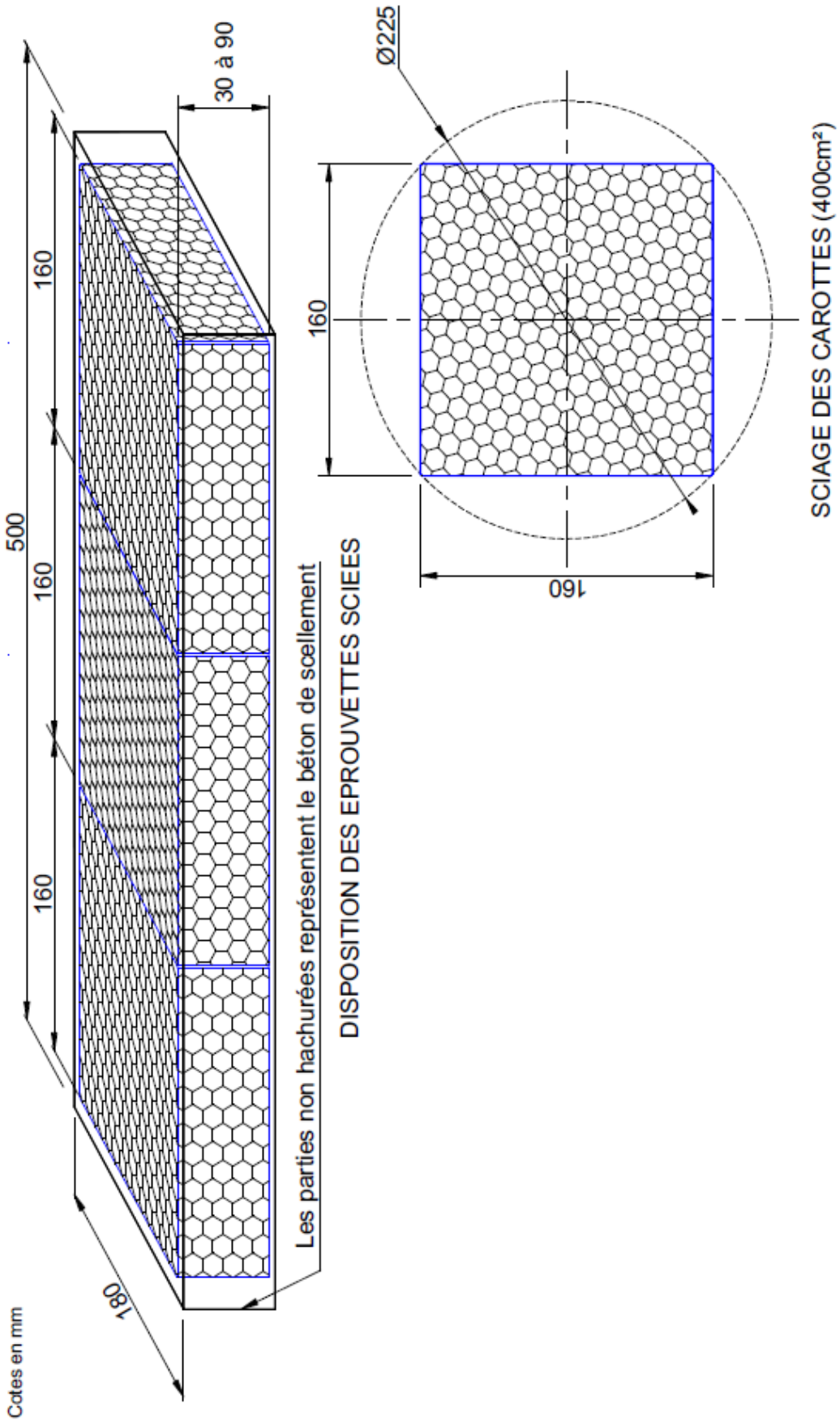


Figure 54.13/2

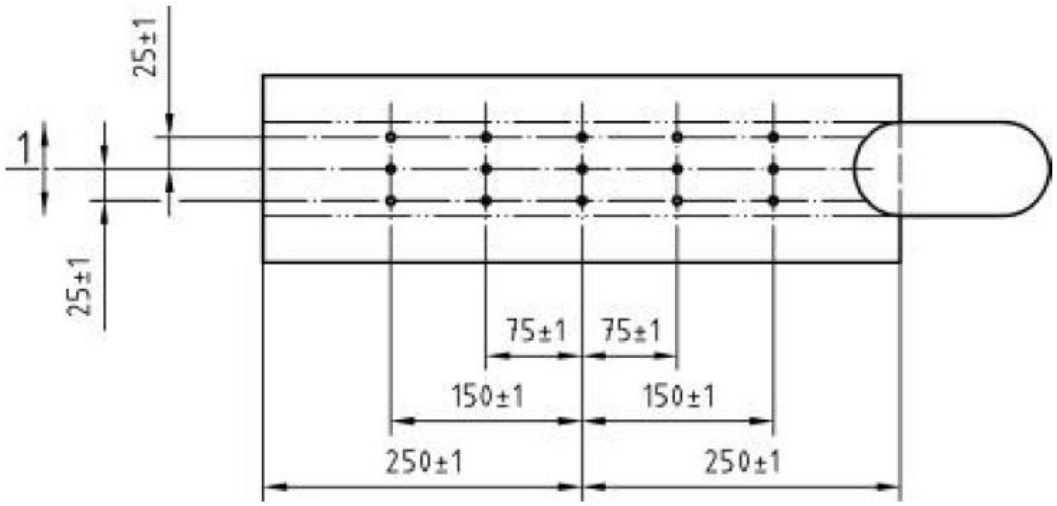


Figure 54.13/3

54.16 ESSAI MARSHALL – ETUDE MARSHALL (version 10/2013)

Référence de base:
Melanges bitumineux – Methodes d'essai pour melange hydrocarbone a chaud

- NBN EN 12697-34: Essai Marshall
- NBN EN 12697-6: Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses
- NBN EN 12697-29: Détermination des dimensions des éprouvettes d'enrobés hydrocarbonés
- NBN EN 12697-30: Confection d'éprouvettes par compacteur à impact
- NBN EN ISO 7500-1(2004): Matériaux métalliques – Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux – Partie 1: machines d'essai de traction/compression – Vérification et étalonnage du système de mesure de force

A. ESSAI MARSHALL

1. BUT DE L'ESSAI

Déterminer les caractéristiques mécaniques (stabilité, fluage Marshall et leur quotient), ainsi que le pourcentage de vides, le pourcentage de vides du granulat et le pourcentage de vides du granulat occupé par le liant, de mélanges bitumineux denses enrobés et compactés à chaud dans des conditions normalisées.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Les enrobés bitumineux sont compactés dans des moules à l'aide d'une dame en vue de réaliser des éprouvettes cylindriques.

Ces éprouvettes (température: 60°C) sont placées entre les deux mâchoires semi-cylindriques d'une presse qui se rapprochent l'une de l'autre à une vitesse constante. Au cours de l'essai, la charge et la déformation sont enregistrées jusqu'à la rupture.

On détermine également le pourcentage de vides des éprouvettes, les vides du granulat et le taux de remplissage en liant des vides du granulat.

3. Appareillage

3.1. Pour la confection des éprouvettes

cfr NBN EN 12697-30 chapitre 4.1: Compacteur à impact avec enclume métallique

3.2. Pour l'examen des éprouvettes

cfr NBN EN 12697-34

4. MODE OPERATOIRE

4.1. Confection des éprouvettes

cfr NBN EN 12697-34 avec les précisions suivantes:

- La température de consigne doit être sélectionnée de telle sorte que le mélange ait pu refroidir à la température de référence dès le début du compactage. Dès lors, la température de consigne de l'étuve peut être de maximum 20°C supérieure à la température de référence.
- La température de référence est fonction du type de bitume (voir tableau ci-dessous);

Type de bitume	X = 1		X = 2	X = 7	X = 8	X = 9	X = 11
	35/50	50/70	PMB	IP+	Dur	Routier + additifs naturels	Routier + additifs synthétiques
Température de référence (°C)	**165**	**150**	**170**	**165**	**165**	**160**	**Suivant fiche technique du producteur (fonction du type d'additif)**
x = 1 désigne un bitume routier 35/50 ou 50/70 x = 2 désigne un bitume polymère (élastomère) x = 7 désigne un bitume à indice de pénétration positif x = 8 désigne un bitume dur x = 9 désigne au bitume routier 50/70 additionné d'asphalte naturel x = 11 désigne un liant avec additif(s)							
Remarque : Pour tout autre type de liant autorisé par un cahier spécial des charges, il faut se référer à la fiche technique du producteur.							

- Placer les récipients couverts dans l'étuve jusqu'à ce que le mélange atteigne la T° de compactage (max 120min)
- Environ 10min avant la compaction du premier échantillon, chauffer le pied de la dame;
- Placer un disque antiadhésif dans le fond du moule complet;
- Introduire le mélange dans le moule à l'aide d'un entonnoir;
- Niveler délicatement la surface de l'échantillon et recouvrir l'ensemble d'un disque antiadhésif;
- Dans les plus bref délais, compacter l'échantillon en appliquant 50 coups;
- Retourner le corps du moule et appliquer à nouveau 50 coups;
- Le moule doit être rempli et l'éprouvette compactée en moins de 4 min
- Retirer les disques antiadhésifs et marquer l'éprouvette pour identification.
- Après cette opération, laisser refroidir les échantillons puis extraire les éprouvettes de leurs moules à l'aide du dispositif d'extrusion adapté.
- Après démoulage, procéder à la détermination de l'épaisseur des éprouvettes suivant NBN EN 12697-29 (0,1mm près) comme suit:

Epaisseur :
Tracer 2 diamètres perpendiculaires sur une face de la carotte
A l'aide d'un pied à coulisse, mesurer l'épaisseur en 4 points à 1 cm du bord, sur ces diamètres;

4.2. Examen des éprouvettes.

cfr NBN EN 12697-34

5. CALCULS ET EXPRESSION DES RESULTATS

cfr NBN EN 12697-34.

REMARQUE : UN FACTEUR DE CORRECTION DOIT ETRE APPLIQUE LORS DU CALCUL DE LA STABILITE DU MELANGE (voir tableau 54.16/5)

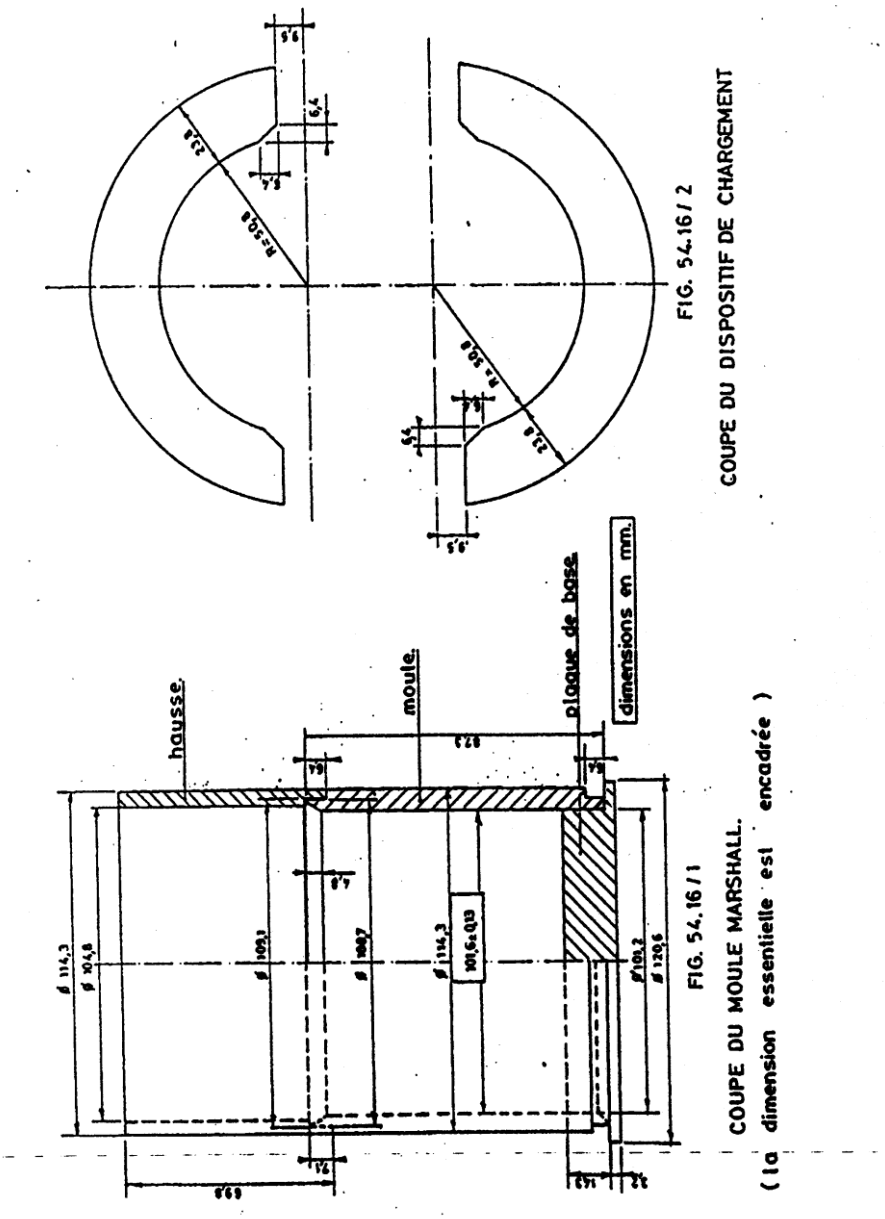


FIG. 54.16/2 COUPE DU DISPOSITIF DE CHARGEMENT

FIG. 54.16/1 COUPE DU MOULE MARSHALL. (la dimension essentielle est encadrée)

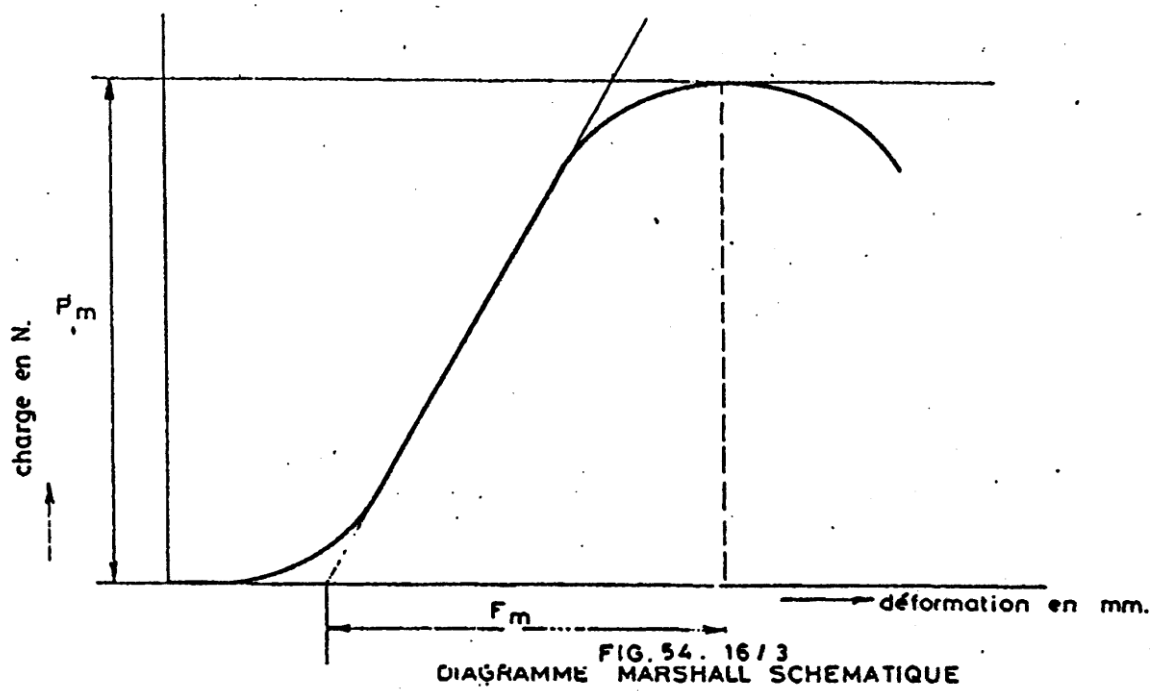


FIG. 54. 16 / 3
DIAGRAMME MARSHALL SCHEMATIQUE

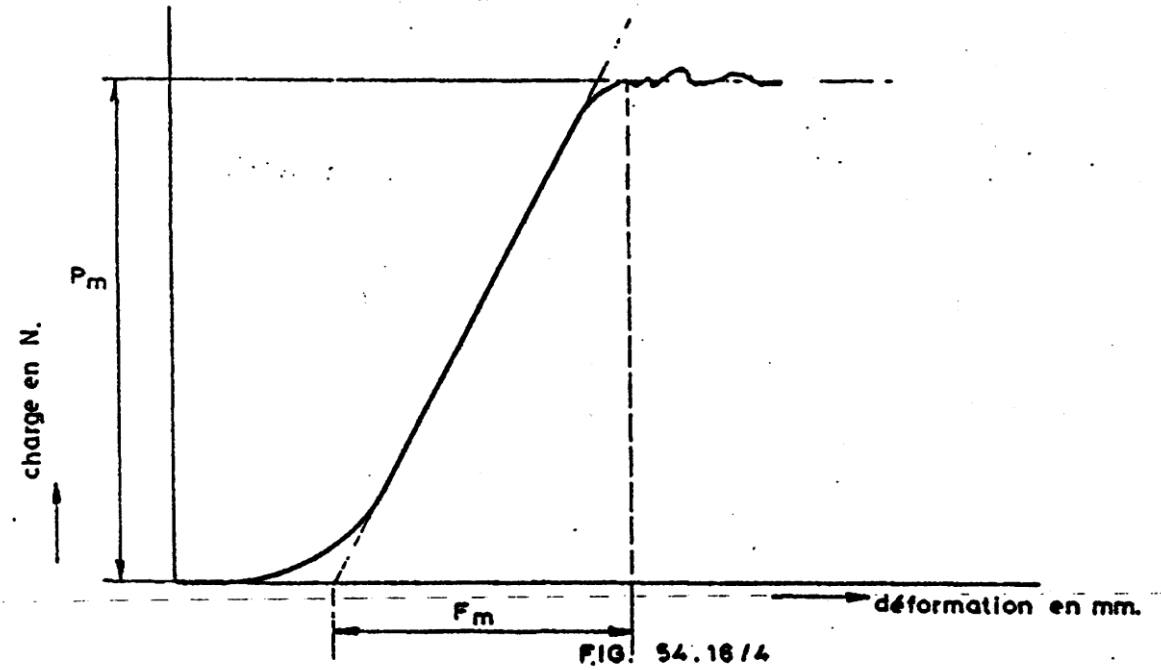


FIG. 54.16/4
DIAGRAMME MARSHALL SCHEMATIQUE

Tableau 54.16/5

Correction de la stabilité en fonction du volume de l'éprouvette Marshall

HAUTEUR	VOLUME	CORRECTION	HAUTEUR	VOLUME	CORRECTION
60,5	490	1,08	63,6	516	1,00
60,6	491	1,08	63,7	516	0,99
60,7	492	1,08	63,8	517	0,99
60,8	493	1,07	63,9	518	0,99
60,9	494	1,07	64,0	519	0,99
61,0	495	1,07	64,1	520	0,98
61,1	495	1,06	64,2	520	0,98
61,2	496	1,06	64,3	521	0,98
61,3	497	1,06	64,4	522	0,98
61,4	498	1,06	64,5	523	0,97
61,5	499	1,05	64,6	524	0,97
61,6	499	1,05	64,7	525	0,97
61,7	500	1,05	64,8	525	0,97
61,8	501	1,05	64,9	526	0,96
61,9	502	1,04	65,0	527	0,96
62,0	503	1,04	65,1	528	0,96
62,1	503	1,04	65,2	529	0,95
62,2	504	1,03	65,3	529	0,95
62,3	505	1,03	65,4	530	0,95
62,4	506	1,03	65,5	531	0,95
62,5	507	1,03	65,6	532	0,94
62,6	507	1,02	65,7	533	0,94
62,7	508	1,02	65,8	533	0,94
62,8	509	1,02	65,9	534	0,94
62,9	510	1,02	66,0	535	0,93
63,0	511	1,01	66,1	536	0,93
63,1	512	1,01	66,2	537	0,93
63,2	512	1,01	66,3	537	0,93
63,3	513	1,01	66,4	538	0,92
63,4	514	1,00	66,5	539	0,92
63,5	515	1,00			

B. ETUDE MARSHALL

1. BUT DE L'ESSAI

L'étude Marshall est effectuée pour déterminer le pourcentage de liant optimum de manière à obtenir un enrobé durable répondant aux caractéristiques prescrites au cahier des charges type.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

L'étude Marshall consiste en une série d'essais Marshall sur des éprouvettes de même granularité mais de teneur en liant variable.

3. APPAREILLAGE

cfr. Essai Marshall.

4. MODE OPERATOIRE

La granularité du mélange est vérifiée sur les tamis d'ouvertures de maille faisant partie de la série: 31,5 – 25,0 – 20,0 – 14,0 – 10,0 – 7,1 – 4,0 – 2,0 – 1,00 – 0,50 – 0,25 – 0,125 – 0,063 mm et fait l'objet d'une présentation sur diagramme.

Les essais Marshall sont réalisés pour 5 teneurs en liant espacées de 0,3 % chacune.

5. CALCULS – EXPRESSION DES RESULTATS – RAPPORT D'ETUDE MARSHALL

Les valeurs des caractéristiques sont individuellement reportées sur un graphique avec la teneur en liant pour abscisse, de manière à déterminer la valeur optimum du pourcentage de liant retenu. Si nécessaire, celle-ci peut être déterminée graphiquement par l'interpolation entre deux des cinq valeurs. Dans ce cas, toutes les caractéristiques sont vérifiées uniquement par interpolation des valeurs.

Pour un écart de $\pm$ 0,3% par rapport à l'optimum retenu, la stabilité doit être d'au moins 90% de la valeur de stabilité obtenue à l'optimum, et le fluage doit être conforme aux caractéristiques imposées. Pour vérifier ces exigences, il est parfois nécessaire d'exécuter un essai Marshall supplémentaire.

54.17 DETERMINATION DE LA DRAINABILITE IN SITU D'ENROBES DRAINANTS (VERSION 06/2012)

Référence de base: F. Perez Jimenez, C. Kraemer, A. Lacleta Munoz - «Enrobés drainants; étude de leurs caractéristiques en laboratoire et construction des premiers tronçons d'essais espagnols» - Eurobitume Symposium 1981, 270-274, Cannes, 1981).

1. BUT DE L'ESSAI

Déterminer sur chantier la drainabilité des enrobés drainants.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

On mesure la durée d'écoulement d'une quantité d'eau donnée dans un revêtement en enrobés drainants.

3. APPAREILLAGE ET PRODUIT

- Un perméamètre à hauteur d'eau variable (voir figure 54.17/1) constitué:
  - d'un support en métal présentant une ouverture de 30 mm de diamètre;
  - d'un grand cylindre en plastique transparent, d'environ 50 cm de hauteur, gradué en deux endroits déterminés, vissé et collé dans le support précité en vue d'assurer l'étanchéité;
  - d'un anneau collé à la base du même support et composé de caoutchouc cellulaire SBR étanche, dont la déformation rémanente à 23 °C est située entre 10 et 20 %.
- Un anneau avec 2 poignées et d'une masse de (20 $\pm$ 0,1) kg pouvant coulisser à l'extérieur du cylindre précité
- Une réserve d'eau d'environ 10 litres de capacité.
- Un chronomètre.

4. MODE OPERATOIRE

A l'endroit choisi pour la mesure, déposer le perméamètre. Glisser la masse de 20 kg le long du grand cylindre en plastique transparent et la déposer sur le support du perméamètre.

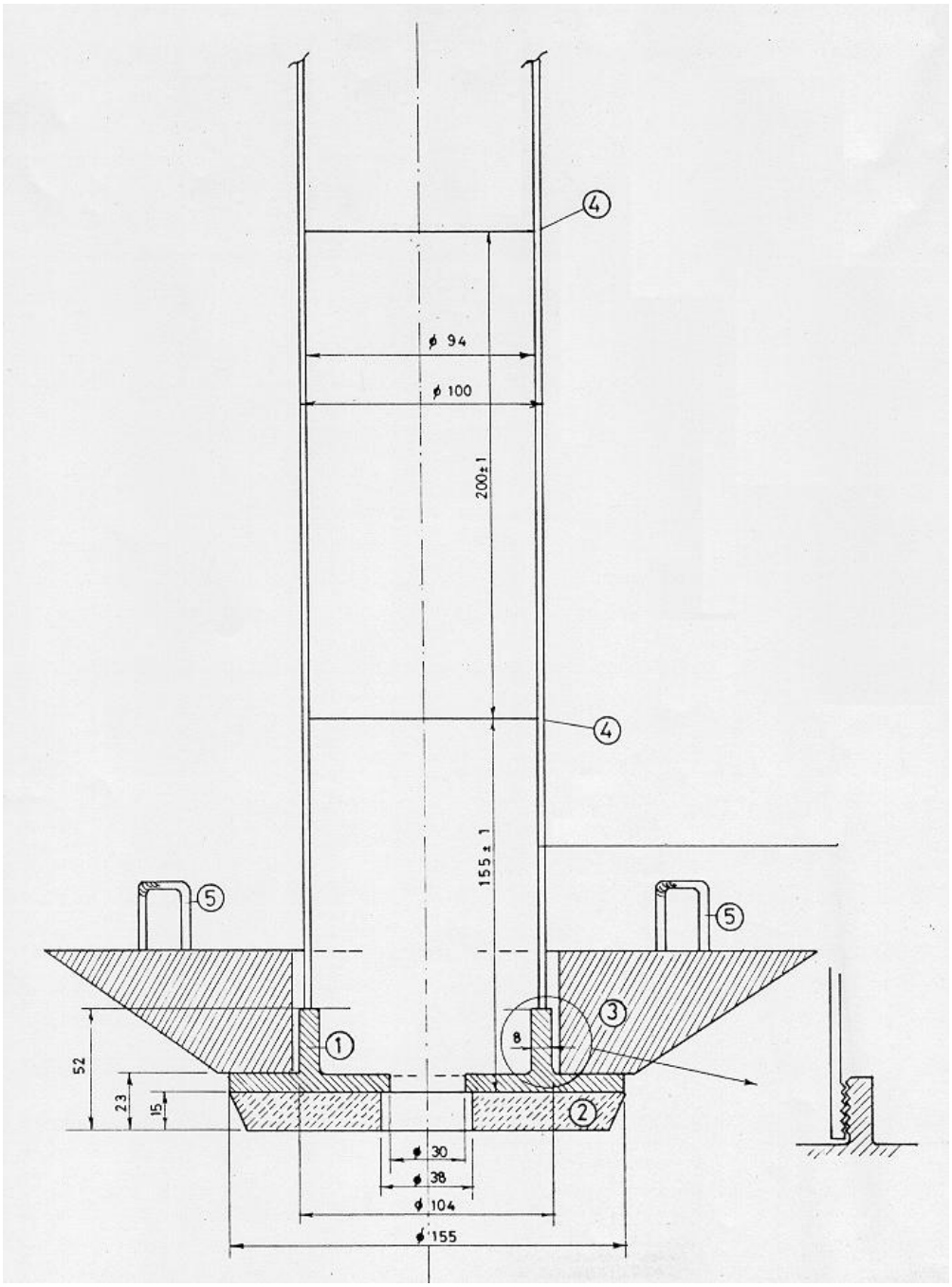
Verser (10,0 $\pm$ 0,5) litres d'eau dans le perméamètre au moyen du récipient, afin de «mouiller» le revêtement.

Verser ensuite de l'eau de manière à amener son niveau au-dessus de la graduation supérieure du grand cylindre. Ensuite, mesurer la durée d'écoulement de l'eau dans le perméamètre entre les deux graduations.

5. EXPRESSION DES RESULTATS

Le niveau de drainabilité du revêtement est conventionnellement donné par la durée d'écoulement précitée, exprimée en secondes.

APPAREIL POUR LA MESURE DE LA DRAINABILITE IN SITU
Cotes données en mm



1 : Support en métal
2 : Anneau en caoutchouc cellulaire
3 : Masse 20 kg
4 : Graduations du grand cylindre
5 : Poignées de la masse de 20 kg

Fig. 54.17/1

54.18 ESSAI AU SIMULATEUR DE TRAFIC (ESSAI D'ORNIERAGE SUR REVETEMENTS HYDROCARBONES A PARTIR DE MELANGES FABRIQUES EN LABORATOIRE) (VERSION 03/2017)

Références de base:
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud
- NBN EN 12697-35: Malaxage en laboratoire
- NBN EN 12697-33: Préparation des corps d'épreuve au compacteur de plaque
- NBN EN 12697-22: Essai d'orniérage
- NBN EN 12697-6: Masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses (Méthode D)
- NBN EN 12697-5: Masse volumique réelle des matériaux bitumineux (méthode A – Eau distillée)

1. BUT DE L'ESSAI

Estimer, dans des conditions expérimentales données, la susceptibilité à l'orniérage d'un mélange hydrocarboné préparé et compacté en laboratoire.

2. PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Une éprouvette de mélange hydrocarboné, de forme parallélépipédique est soumise en surface, à l'action d'une charge de roue décrivant un mouvement aller-retour rectiligne à une fréquence donnée et à une température constante.

On considère comme profondeur d'ornière, la dénivellation verticale permanente par rapport à la surface initiale de l'éprouvette confectionnée. Le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée est la valeur moyenne des dénivellations mesurées sur 2 éprouvettes par rapport à leur épaisseur.

3. APPAREILLAGE ET PRODUITS

3.1. Matériel spécifique pour essais sur éprouvettes d'hydrocarboné préparées en laboratoire.

1°) Matériel de fabrication de l'enrobé

- Un malaxeur conforme à la norme NBN EN 12697-35 avec:
  - Une cuve de malaxage isolée et thermostatisée, ayant une capacité minimale de 10 litres.
  - Réglage de température de (50 à 250)°C à ±5°C près.
- Une étuve ventilée et thermotatisée permettant d'atteindre des températures jusqu'à 250°C avec une précision de ±5°C.
- Une balance d'une portée minimale de 20 kg et permettant de peser au 1/10.000^{éme} de la masse totale pesée.
- Récipients métalliques pour le séchage des matériaux
- Une sonde de température (50 à 250)°C avec une précision de 1°C
- Un congélateur (si nécessaire) permettant d'atteindre une température inférieure ou égale à -10°C

2°) Matériel de compactage

- Un compacteur de plaque à roue équipée d'un pneumatique (suivant NBN EN 12697-33)
  devant:
  - permettre d'appliquer une charge F sur la ou les roues, réglable entre 1 kN ± 10% et 10 kN ± 5%,
  - comporter une roue équipée d'un pneumatique sans sculpture de dimension 400 x 8",
  - comporter un cylindre métallique lisse de diamètre permettant de s'adapter sur les roues équipées de pneumatique (diamètre intérieur 40 cm), de longueur de génératrice égale à (17,5 ± 0,2) cm, ou une plaque métallique d'une dimension d'environ 495 x 175 mm,
  - permettre la translation de la charge roulante à la vitesse Vt constante à 10 % près avec une vitesse comprise entre 200 mm/s et 500 mm/s,
  - comporter un système de positionnement de la roue sur les différents axes de compactage selon des valeurs de translation latérales prédéterminées (voir figure 54.18/3),
  - permettre un mode de fonctionnement à axe libre ou bloqué,
  - comporter éventuellement une ou plusieurs cales de dimensions appropriées pour réaliser des plaques d'épaisseur nominale E spécifiée inférieure à la hauteur H du moule,
  - comporter un dispositif de mesure de l'épaisseur E en continu ayant une résolution inférieure ou égale à 0,1 cm,
  - comporter un système permettant de ramener la surface de la plaque affleurante au bord supérieur du moule périodiquement en cours de compactage.
- Une feuille de caoutchouc, en silicone ou tout autre matériau non-adhérent de dimension supérieure à 500 x 180 mm avec:
  - Epaisseur maximum: 5 mm
- Un dispositif de mesure pour l'épaisseur de la plaque (pied à coulisse, comparateurs,…)
- Une dame métallique plane, rectangulaire.

3.2. Matériel pour déterminer l'orniérage

- Un simulateur de trafic «grand modèle» suivant la NBN EN 12697-22 qui peut simuler une répétition de passages d'une roue dans des conditions d'une circulation canalisée. Il est équipé de 2 roues solidaires d'un chariot qui permettent de tester simultanément 2 éprouvettes. (voir figure 54.18/1)

  Les principales caractéristiques sont:

  - Longueur de la course: (410 ± 5) mm
  - Vitesse maximale: 1,6 m/s
  - Accélération maximale: 10 m/s^2
  - Fréquence du mouvement: (1 ± 0,1) Hz
  - Plaque de base en acier présentant un défaut de planéité inférieur à 1 mm lorsqu'il est contrôlé avec une règle en acier suivant les diagonales
  - Thermostatisation par une circulation d'air chaud, permettant de maintenir une température constante à ±2°C dans l'éprouvette.
  - Force appliquée sur chaque éprouvette réglable de 5 KN ± 50 N.
  - Pneus lisses: 16 X 4 ER
  - pneumatique sans sculpture 400 x 8
  - largeur de trace (80 ± 5) mm
  - Pression gonflage: (6,0 ± 0,3) bar
  - Dispositif de mesure de la température de l'éprouvette pendant l'essai.
- Moules en métal dont les dimensions intérieures de la cavité sont:
  - longueur de (500 ± 2) mm

- largeur de (180 ± 2) mm
- hauteur de (50 ± 2) mm ou de (100 ± 2) mm
- Ils doivent être non déformables dans les conditions de l'essai.

- Une jauge de profondeur permettant la mesure des déformations à 0,2mm près, ayant une surface de contact carrée ou circulaire comprise entre 5 et 10 mm² (conforme à la NBN EN 12697-22)

4. MODE OPÉRATOIRE

4.1. Préparation de l'éprouvette.

4.1.1 Préparation de l'échantillon d'hydrocarboné.

Prévoir une quantité de mélange hydrocarboné pour que la hauteur de l'éprouvette après compactage atteigne la hauteur nominale du type d'enrobé hydrocarboné à tester.

Sécher les sables, gravillons et fillers dans une étuve à 110 ± 5°C jusqu'à masse constante*.

Sécher les AEB dans une étuve à 50 ± 5°C jusqu'à masse constante*.

**: La masse constante est obtenue lorsque deux pesées successives effectuées à au moins 1 heure d'intervalle ne différent pas plus de 0,1 %*

Laisser refroidir les granulats à l'air libre; peser (avec une précision de 0,1%) les quantités de matériau de base nécessaires pour le mélange (gravillons, sables ou mélanges de granulats).

Peser (avec une précision de 0,1%) séparément le filler et le cas échéant les AEB.

La quantité de bitume nécessaire doit être préparée. Pour ce faire, deux méthodes peuvent être utilisées:

1. Par congélation:

- Lorsque qu'il s'agit d'un bitume routier et durs, celui-ci peut-être directement stocké à minimum –10°C dans son récipient d'origine ou dans une barquette d'aluminium contenant la quantité nécessaire de bitume;
- Pour les bitumes modifiés par polymères, chauffer le liant à une température ne dépassant pas 100°C de plus de sa température B-A, homogénéiser puis introduire le liant dans une(des) barquette(s) d'aluminium.

Ce(s) barquette(s) est(sont) ensuite congelée(s) à minimum -10°C.

Remarque : Le bitume est considéré comme congelé lorsqu'il peut être cassé en morceaux

2. A Chaud:

- Chauffer le liant à une température ne dépassant pas 100 °C de plus de sa température B-A, homogénéiser puis préparer une quantité de liant au moins supérieure de 10% à la quantité nécessaire dans une barquette (récipient métallique);

Note: La fiche technique du bitume peut indiquer des conditions particulières quant à la préparation du liant

Les granulats et les fillers sont placés en étuve à la température de consigne*(5) ± 5°C pendant au moins 8 heures.

Placer le liant à la température de consigne du liant*(3) ± 5°C entre 3 et 5 heures. (si préparation à chaud).

Le cas échéant, placer les agrégats d'enrobés dans l'étuve à la température de consigne pour les AEB*(4) pendant 3 heures ± 1 heure.

Avant le début du malaxage, faire chauffer la cuve jusqu'à la température de consigne de malaxage *(2). Cette température sera utilisée tout au long du malaxage de l'enrobé.

Placer les sables et granulats (ou mélange de granulats) dans la cuve de malaxage (et éventuellement les fibres).

Le cas échéant, introduire les agrégats d'enrobés dans la cuve et mélanger le temps nécessaire à l'homogénéisation (15 à 45 secondes).

Introduire le liant dans la cuve de malaxage (à 1% près).

Si le liant est introduit à chaud pré-mélanger pendant environ 10 secondes. Dans le cas contraire (bitume congelé), attendre que le bitume fonde et puis pré-mélanger environ 1 minute.

Introduire les fillers.

Malaxer de manière à obtenir un mélange visuellement homogène (avec un bon enrobage des granulats). En fonction des différents cas de figure, les durées maximales de malaxage sont reprises dans le tableau ci-après.

Type de mélange	**Liant**		**Malaxage mécanique**
SMA	Classe routière		4 min
	Modifié		5 min
Autres	Classe routière	Avec AEB	5 min
		Sans AEB	3 min
	Modifié		5 min

Si la formule contient des additifs, suivre les indications du fournisseur.

4.1.2 Températures de consignes*.

1. Température de consigne pour le début du compactage *(1): Cette température dépend du bitume utilisé. Les températures, données dans le tableau ci-après, sont d'application (sauf indications contraires dans la fiche technique du bitume):

Type de bitume	X = 1		X = 2	X = 7	X = 8	X = 9	X = 11
	35/50	50/70	PMB	IP+	Dur	Routier + additifs naturels	Routier + additifs synthétiques
Température de référence (°C)	**165**	**150**	**170**	**165**	**165**	**160**	**Suivant fiche technique du producteur (fonction du type d'additif)**

x = 1 désigne un bitume routier 35/50 ou 50/70
x = 2 désigne un bitume polymère (élastomère)
x = 7 désigne un bitume à indice de pénétration positif
x = 8 désigne un bitume dur
x = 9 désigne au bitume routier 50/70 additionné d'asphalte naturel
x = 11 désigne un liant avec additif(s)

Remarque: Pour tout autre type de liant autorisé par un cahier spécial des charges, il faut se référer à la fiche technique du producteur.

2. Température de consigne pour le malaxage *(2): Cette température ne doit pas dépasser la température de compactage de plus de 20 °C. Généralement cette température est de 5 à 10 °C supérieure à celle de compactage.
3. Température de consigne pour le liant (si préparation à chaud) *(3): Cette température est identique à celle de malaxage
4. Température de consigne pour les agrégats d'enrobés *(4): La température de consigne des AEB est de 140 °C dans le cas où les AEB sont chauffés en centrale d'enrobage. Dans le cas contraire, la température de consigne est de 110 °C.
5. Température de consigne des sables, granulats et fillers *(5):
   La température de consigne est égale à la température de malaxage ou à la température de malaxage augmentée de 10°C si le bitume utilisé est réfrigéré.

Le cas échéant, si de l'AEB est utilisé, la température minimale de consigne varie en fonction de la proportion d'AEB selon la formule suivante:

$$\theta_{FA} = \frac{(100.\theta_{TLMT} - p.\theta_{RA})}{(100 - p)}$$

Où:

- θ_{TLMT} désigne la température de malaxage en laboratoire;
- θ_{RA} désigne la température de l'agrégat d'enrobés;
- θ_{FA} désigne la température à laquelle le granulat vierge doit être chauffé;
- p désigne la proportion d'agrégat d'enrobés.

4.1.3 Compactage de l'hydrocarboné.

Le compactage permet de réaliser des éprouvettes d'une épaisseur nominale précise.

Remarque: Pour le CCT Qualiroutes, l'épaisseur nominale est de 50 mm.

La masse M, du mélange bitumineux à introduire dans le moule (à 0,1% près) est une fonction de la masse volumique réelle ρ_m du mélange bitumineux, des dimensions intérieures L et l du moule, de l'épaisseur et de l'éprouvette et du pourcentage de vide (calculé selon la méthode géométrique) prévu.

$$M = 10^{-6}.L.l.e.\rho_m.\left(\frac{100 - v}{100}\right)$$

Où:

- M est la masse de la plaque, en kilogrammes (kg)
- L est la longueur intérieure du moule, en millimètres (mm)
- l est la largeur intérieure du moule, en millimètres (mm)
- e est l'épaisseur nominale à obtenir, en millimètres (mm)
- ρ_m est la masse volumique réelle du mélange bitumineux, en kilogrammes par mètre cube (kg/m³) (déterminée suivant NBN EN 12697-5 Méthode A – eau distillée)
- v est le pourcentage de vides prévu

Chauffer les moules et la plaque de base (minimum 2 heures avant leur utilisation) à une température de (175 ± 25)°C;

Introduire uniformément la masse M (à 0,1% près) de mélange dans le moule (préalablement enduit) (en deux ou trois fois) et tasser le mélange de manière à obtenir une surface aussi régulière que possible;

Le plan de balayage à respecter est le **compactage fort (suivant le tableau 3 de la NBN EN 12697-33** (Voir figure 54.18/3)**).**

Une feuille anti adhérente est utilisée durant l'ensemble du plan de balayage.

Lors des 6 dernières passes, un cylindre métallique entourant la roue ou une plaque métallique posée sur l'enrobé sont utilisés. Lors de ces 6 dernières passes, la machine travaille avec l'axe bloqué et **sans déplacement transversal**;

Enlever la feuille anti-adhérente avant le passage d'un cylindre métallique entourant la roue ou une plaque métallique posée sur l'enrobé.

Pour chaque mélange, deux plaques sont confectionnées.

4.1.4 Pesage, démoulage, sciage, mesures, conservation

Chaque plaque est pesée avec une précision de 0,1%.

La M.V.A. des deux plaques est ensuite déterminée géométriquement suivant NBN EN 12697-6 (15 mesures) et l'épaisseur de chaque plaque est mesurée en 15 points répartis sur 3 axes permettant de couvrir l'ensemble de la surface de la plaque.

Critère de validité:

La M.V.A. de chaque plaque ne peut différer de plus de 1% de la M.V.A. moyenne des deux plaques.

L'épaisseur moyenne des plaques utilisées ne doit pas différer de plus de 2,5 mm de l'épaisseur nominale lorsque celle-ci est inférieure ou égale à 50 mm, ni de plus de 5 % de l'épaisseur nominale lorsque celle-ci est supérieure à 50 mm.

Remarque: Pour le CCT Qualiroutes, L'épaisseur moyenne des plaques utilisées doit être comprise entre 47,5 et 52,5 mm

Cas des enrobés autres que les squelettes pierreux:

Les éprouvettes de ces mélanges restent/sont replacées dans les moules dans lesquelles elles ont été compactées.

Cas des enrobés à squelette pierreux:

Scier (10 ± 5) mm dans le pourtour de toute l'éprouvette puis sceller celle-ci à l'aide d'un matériau de calage (plâtre, mortier,…) dans le moule initial. Après durcissement (48 h minimum), le moule est monté sur la plaque de base.

Ce sciage peut ne pas avoir lieu en cas d'utilisation de moules à arrêtes vives.

Conservation

Les plaques sont conservées au minimum pendant deux jours après fabrication, à une température ne dépassant pas 25°C.

4.2. Essai d'orniérage

Essai réalisé avec un appareillage de grande dimension suivant la NBN EN 12697-22 à une température précise.

Remarque: Pour le CCT Qualiroutes, la température est de 50 ± 2°C

- Placer l'éprouvette mesurée dans le simulateur.
- Vérifier que la pression des pneumatiques est de 600 ± 30 kPa
- A température ambiante (entre 15 et 25°C),, effectuer 1.000 cycles et faire la mesure du point zéro (m_{oj}) avec un appareillage adapté aux différents points de mesure (15 points de mesure suivant la norme NBN EN 12697-22 (Voir figure 54.18/2)).
- Conditionnement et mesure de la température: Les plaques sont conditionnées entre 12 et 16 heures à la température d'essai. La température est mesurée à l'aide d'une sonde placée dans les éprouvettes.
- Vérifier que la température d'essai est atteinte avec une tolérance de ± 2 °C au sein de l'éprouvette (CCT Qualiroutes: (50 $\pm$ 2)°C).
- Régler la charge sur la roue à (5 $\pm$ 0,05) kN.
- Mettre le simulateur de trafic en mouvement et effectuer le nombre de cycles recherché, à savoir 1.000 – 3.000 – 10.000 – 20.000 (si l'appareillage le permet) et 30.000 cycles. Les 1.000 cycles de conditionnement initial à température ambiante ne sont pas compris.
- Lorsque ce nombre de cycles est atteint, arrêter le simulateur.
- Enregistrer le nombre de cycles et mesurer la déformation de l'éprouvette aux 15 emplacements définis précédemment (Voir figure 54.18/2).
- Vérifier que la température d'essai est conservée avec une tolérance de ± 2 °C au sein de l'éprouvette (CCT Qualiroutes: (50 ± 2) °C). Dans la négative, attendre le retour à la conformité pour ce critère.
- Poursuivre l'essai jusqu'au prochain point d'arrêt.
- L'essai est terminé soit après les 30.000 cycles soit lorsque la profondeur d'orniérage est supérieure à 20 mm (sécurité).

Un essai est constitué de deux tests exécutés sur le même produit et dans les mêmes conditions (deux éprouvettes distinctes).

5. EXPRESSION DES RÉSULTATS

5.1. Calcul de la profondeur d'ornière mesurée

Calculer le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée, P_i, pour chaque ensemble de mesures à partir des 15 valeurs de déformation locale, m_{ij}, et de l'épaisseur de l'éprouvette, h, à l'aide de l'équation suivante:

$$P_i\% = 100\sum_{j=1}^{15} \frac{(m_{ij} - m_{0j})}{(15xh)}$$

où:

- P_i est le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée (%);
- M_{ij} est la déformation locale, en millimètres (mm);
- M_{0j} est la mesure initiale à l'emplacement j;
- h est l'épaisseur de l'éprouvette, en millimètres (mm).

5.2. Graphique

Tracer un graphique de P_i % par rapport au nombre de cycles (N) pour chaque éprouvette de même composition soumise à l'essai.

5.3. Calcul de la valeur moyenne *P*

Calculer la valeur moyenne P des P_i des éprouvettes de même composition soumises à essai , et pour le même nombre de cycles N.

5.4. Détermination de la température d'essai

Calculer la température d'essai en tant que moyenne des températures enregistrées avant chaque série de mesures.

5.5. Rapport

Le rapport doit comprendre au moins les informations suivantes:

- La référence à la présente méthode
- La formule du mélange
- La courbe granulométrique du mélange (théorique et/ou vérifiée)
- La nature et l'origine des matériaux

5.5.1 Malaxage

- Le type de malaxeur
- La réalisation d'un pré-malaxage
- La température de malaxage
- La durée de malaxage
- Le cas échéant, l'utilisation de bitume réfrigéré
- Tout écart par rapport à la présente méthode

5.5.2 Compactage

- La température de compactage
- Le type de compacteur
- La masse de chaque plaque
- La masse volumique apparente de chaque plaque
- La date de compactage
- Tout écart par rapport à la présente méthode
- Les dimensions du moule
- L'épaisseur nominale

5.5.3 Orniérage

- La température d'essai
- L'épaisseur de chaque plaque
- La durée et conditions de conservation
- Le type d'orniéreur
- La mesure d'orniérage à 1000, 3000, 10000, (20000) et 30000 cycles avec une représentation graphique du résultat pour chaque éprouvette
- L'orniérage moyen pour la dernière durée de cycle des 2 éprouvettes
- Tout écart ou anomalie pouvant affecter les résultats par rapport à la présente méthode

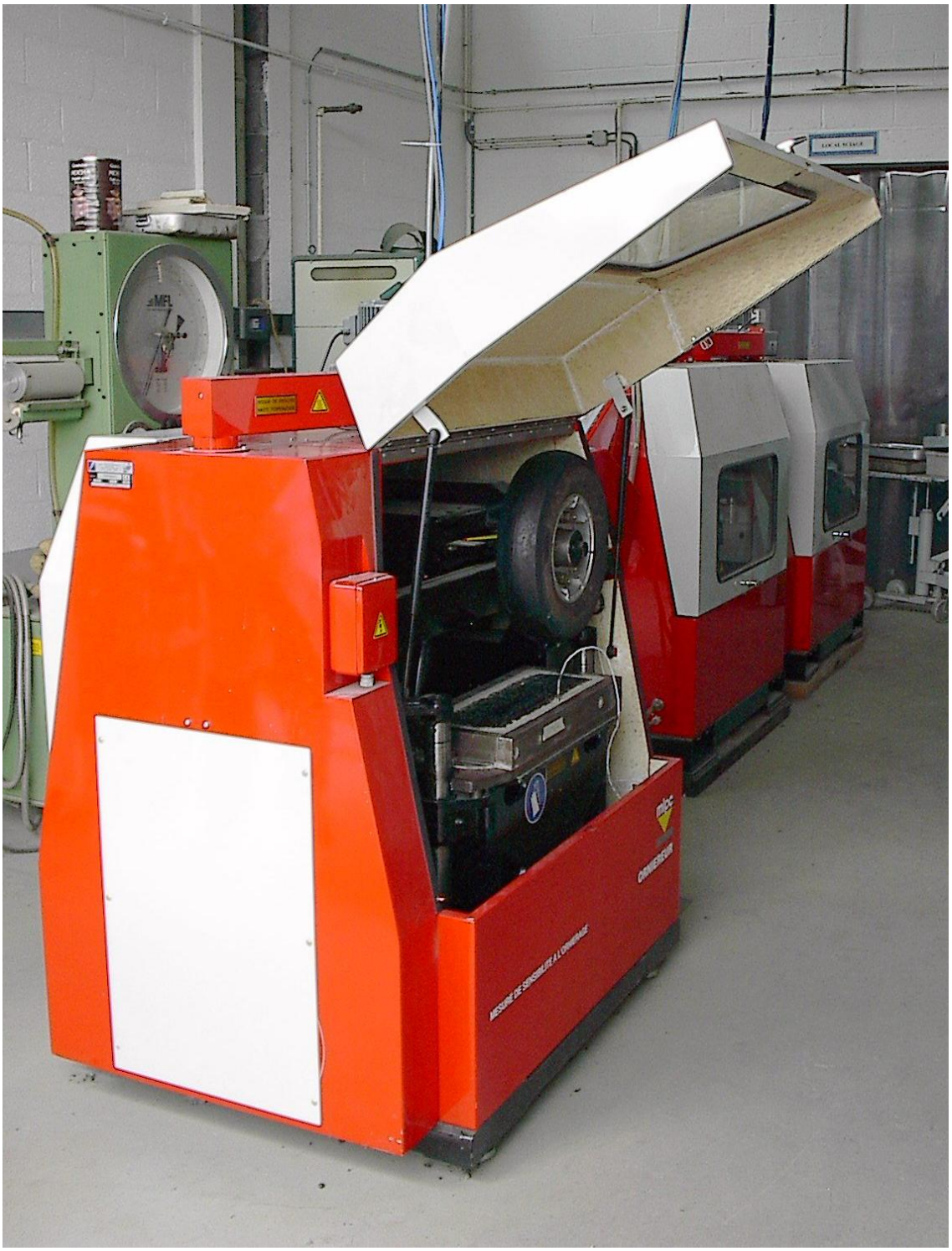


Fig. 54.18/1 : Simulateur de trafic avec une roue en acier

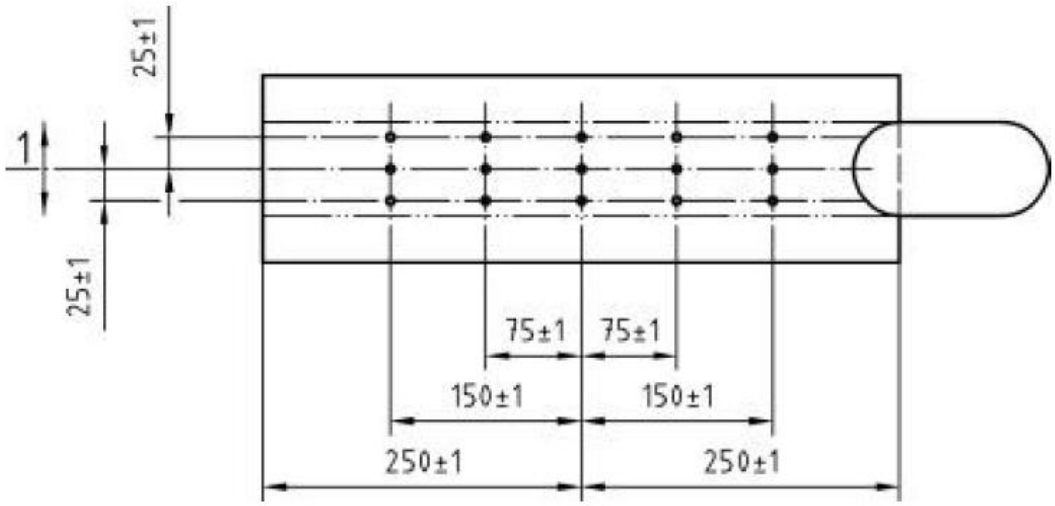


Figure 54.18/2

Tableau 3 — Plan de balayage, éprouvettes 500 mm × 180 mm × *e*, compactage fort, 1 pneu

Nombre de passes						Pression du pneu	Charge	Début	Facteur de translation	Mode de l'axe
Position de la roue										
Avant		Centre		Arrière						
	Cumulé [a]		Cumulé [a]		Cumulé [a]	MPa	F kN		*a* mm	
1						0,1	1	droite	75	bloqué
				1						
		1								
1										
				1						
		1								
2	2					0,6	5	droite	45	libre
				2	2					
		1	1							
2	4									
				2	4					
		1	2							
4	8									
				4	8					
		2	4							
8	16									
				8	16					
		4	8							
8	24									
				8	24					
		4	12							
4	28									
				4	28					
		2	14							
2	30									
				2	30					
		1	15							
2	32									
				2	32					
		1	16							
1						0,6	5		45	bloqué
				1						
		1								
1										
				1						
		1								

a) Le nombre cumulé de passes n'est indiqué que pour le fonctionnement en mode «axe libre».

Figure 54.18/3

54.25 MESURE EN CONTINU DE L'ORNIERAGE
54.25.A – MESURE AU MOYEN DU TUS

Références de base: «TUS: Mesure en continu du profil transversal» - Division du CETE de l'Ouest – 2 bis avenue du Général Foy – 49100 Angers (France);
«Fiche MLPC TUS – Appareil de mesure de l'uni transversal d'une chaussée par capteurs à ultrasons» - Division du CETE de l'Ouest – 2 bis avenue du Général Foy – 49100 Angers (France);
«La méthode LPC de mesure et d'interprétation du profil en travers» - Division du CETE de l'Ouest – 2 bis avenue du Général Foy – 49100 Angers (France).

1. BUT DE L'ESSAI

Caractériser l'uni transversal de la couche de roulement d'un revêtement routier.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

L'essai consiste à déterminer l'ornière caractéristique moyenne par section de 100 m. L'ornière caractéristique est la valeur brute du maximum entre la profondeur d'ornière d'axe et celle de rive. La profondeur d'ornière est égale à la distance maximale entre une règle de 1,5 m posée sur les 2 lèvres de l'ornière et le fond de celle-ci.

3. Appareillage

a) Un transversoprofilomètre à ultrasons (TUS) conforme aux spécifications du Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC – France).
b) Une unité de restitution destinée au traitement des données et au calcul de l'ornière caractéristique (Oc) et/ou d'autres paramètres éventuels.

4. REALISATION DE L'ESSAI

L'essai se réalise sur un revêtement propre, sec et exempt de débris. En cas de nécessité, les moyens adéquats sont mis en œuvre en vue de nettoyer celui-ci.

La vitesse de base de l'essai est de 50 km/h maximum. La conduite doit être régulière et sans à-coups pour permettre de relever un profil en travers au minimum tous les trois mètres.

La mesure est effectuée sur chaque voie de circulation.

N.B. : La présence d'eau sur le revêtement rend impossible la réalisation de l'essai.

5. EXPLOITATION DES RESULTATS

Chaque section de mesure est caractérisée par trois fichiers :
- un fichier d'identification,
- un fichier d'étalonnage (comportant les valeurs mesurées sur une surface plane de référence),
- un fichier de mesures.

Le traitement en différé de ces trois fichiers par le logiciel TUS permet la création d'un fichier résultats comportant pour chaque profil, l'abscisse de la section de la mesure, la température, un code de validité de la mesure et les paramètres de déformations transversales suivants :

- ornière caractéristique;
- déformation de rive;
- déformation hors rive;
- déformation totale;
- indice de planéité transversal;
- indice de reprofilage transversal.

L'ornière caractéristique par section hectométrique est ensuite calculée comme étant la moyenne des valeurs individuelles relatives aux profils qui la composent. Elle est exprimée en mm avec 1 décimale et arrondie, au ½ mm le plus proche.

N.B. : Le traitement permet également d'obtenir d'autres paramètres tels que déplanéité, bombement, indices de déformation, d'orniérage, etc …

54.25.B – MESURE AU MOYEN DE L'ARAN.

Références de base: «ARAN: Automatic road analyser». Véhicule multifonctions permettant de réaliser en continu diverses mesures dont la mesure de profondeur S: Mesure en continu du profil transversal» - Division

1. BUT DE L'ESSAI

Caractériser l'uni transversal de la couche de roulement d'un revêtement routier.

2. PRINCIPE DE LA MESURE DU PROFIL TRANSVERSAL ET DE LA PROFONDEUR D'ORNIERE

L'essai consiste à relever en continu le profil transversal à vitesse variable (max. 90 km/h). La largeur de voie auscultée est ajustable par pas de 10 cm et comprise entre 1m90 et 3m60. Les profils sont mesurés à intervalles constants déterminés par l'opérateur (min. 1m). Les profils sont relevés à l'aide de capteurs ultrasoniques espacés de 10 cm et fixés sur une rampe de largeur variable. La précision de la mesure est de l'ordre de 1 mm.

En plus du profil transversal une plate-forme inertielle permet de mesurer les angles de tangage et de roulis du véhicule. Ceux-ci sont utilisés pour calculer le profil vrai de la route.

Le traitement de ces données permet de calculer les profondeurs d'ornières droite et gauche selon la méthode développée par le fournisseur de l'appareillage ou celle du CRR. Elles se basent toutes deux sur la méthode du fil tendu. La méthode du CRR procède en plus à un prétraitement de validation du profil.

3. APPAREILLLAGE

- Le transversoprofilomètre de l'ARAN équipé de capteurs ultrasoniques conformes aux spécifications de Roadware.
- Une plate-forme inertielle (2 gyroscopes)
- Un PC embarqué pour l'acquisition et le stockage des données
- Divers logiciels pour le calcul des profondeurs d'ornières droite et gauche selon les différentes méthodes de calculs.

4. REALISATION DE L'ESSAI

Avant chaque campagne d'essais, on procède à:

- vérification et étalonnage de la rampe de mesure,
- étalonnage de l'odomètre,
- vérification du bon fonctionnement des gyroscopes,

conformément au mode opératoire du véhicule.

L'essai se réalise par temps sec sur un revêtement propre.

L'étendue de la rampe est adaptée à la largeur de voie auscultée et aux conditions de trafic.

Etant donné le principe de la mesure, le conducteur de l'ARAN peut généralement[4] Adapter sa vitesse aux conditions de trafic en évitant toutes variations brusques de direction et de vitesse.

5. EXPLOITATION DES RESULTATS

L'ensemble des données récoltées lors de l'essai est contenu dans un fichier unique. Après divers traitements informatiques de ce fichier, nous obtenons pour chaque station transversale de mesure :

- la cumulée,
- l'angle de tangage,
- le dévers,
- les profondeurs d'ornière droite et gauche,
- les valeurs individuelles fournies par chaque capteur.

Les valeurs sont alors présentées sous forme de texte et/ou de graphiques en fonction de l'objet de la demande à choisir parmi les éléments suivants :

- valeurs d'ornières droite et gauche en fonction de la cumulée au format texte,
- ces mêmes valeurs moyennées par blocs de longueur fixe au format texte,
- valeurs d'ornières droite et gauche en fonction de la cumulée sous forme de graphique,
- la moyenne glissante des ornières droite et gauche sous forme d'un graphique,
- des profils transversaux sous forme de graphiques.

Note :
- sur base des mêmes mesures, une reconstruction tridimensionnelle de la route permet de déterminer les zones de rétention et de fort débit d'eau,
- les mesures peuvent être couplées à un enregistrement vidéo de la chaussée.

[4] A moins qu'un autre essai réalisé simultanément n'impose une vitesse constante, comme par exemple l'APL.

54.26 PORTANCE (DEFLEXION DU REVETEMENT AU PASSAGE D'UN ESSIEU) (version 06/2012)

Pour effectuer la mesure de la déflexion d'une chaussée souple, trois appareils peuvent être utilisés:

A. Le curviamètre ;
B. Le déflectographe LACROIX ;
C. Le déflectomètre à masse tombante (FWD).

A. CURVIAMETRE

Références de base:
1) NF P98-200-7 «Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante. Détermination de la déflexion et du rayon de courbure avec un curviamètre», Décembre 1997, ISSN 0335-3931.
2) M. du MESNIL-ADELEE, J. PEYBERNARD. Traitement automatique des résultats de mesure en continu. Application aux mesures de déflexion. Bull. liaison Labo P. et Ch. 130, mars-avril 1984, pp 76-81.

1. BUT DE L'ESSAI

Evaluer la portance résiduelle à partir des mesures de la déflexion et du rayon de courbure données par un appareil de mesure appelé curviamètre.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Appareil roulant à 18 km/h (5m/s) et mesurant, à intervalles réguliers (par pas de 5 m) et à l'aide de géophones fixés sur une chenille, la déflexion et le rayon de courbure de la chaussée sous son jumelage arrière droit.

La mesure de la déflexion provoquée par la charge roulante se rapprochant du point de mesure est faite en un point donné de la chaussée correspondant à l'endroit où est déposé le géophone.

A partir du signal fourni par le géophone, on calcule:

- l'accélération du géophone;
- la déflexion par double intégration du signal d'accélération du géophone;
- la déflexion maximale;
- le rayon de courbure au maximum de la déflexion.

Ces calculs se font en cours de mesures.

3. APPAREILLAGE

Le curviamètre (référence 1) construit par le Centre expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux publics français (CEBTP) permet la mesure en continu et rapide de la déformée (en 100 points) des chaussées le long d'une frayée de mesure par le passage d'un jumelage chargé (80-130 kN, modifiable). La ligne d'influence de la déflexion ainsi mesurée démarre 1 mètre avant le jumelage pour se terminer 3 mètres après celui-ci. Une chaîne (de 15 m comprenant trois géophones) déroulante passant entre les pneus du jumelage dépose à intervalles réguliers (5 m) les géophones qui lui sont fixés. Ces géophones servent à la mesure de déflexion. Cette chaîne est asservie au mouvement du camion porteur de manière à éviter le glissement

des capteurs sur la surface du revêtement ausculté tant en ligne droite qu'en virage et en fonction des pentes longitudinales de la chaussée.

Les températures moyennes de l'air et de la surface du revêtement (par radiomètre infrarouge) sont également enregistrées pour chaque mesure au géophone.

Le traitement des mesures est réalisé par une informatique embarquée. Les logiciels permettent l'obtention des lignes d'influence de la déflexion, de la déflexion maximale et du rayon de courbure à l'endroit de la déflexion maximale.

4. MODE OPERATOIRE

La procédure adoptée met en œuvre les points suivants:

- Calibrage des thermomètres (air et surface; une fois l'an).
- Ajustage de la charge à l'essieu arrière (8 à 13 tonnes) selon la demande du client. Pesage de l'essieu et des jumelages.
- Contrôle de la pression des pneus des jumelages droit et gauche (avant chaque campagne de mesure).
- Calibrage des géophones (avant chaque journée de mesure et en cas de changement d'un géophone).
- Exécution de l'essai: après démarrage du véhicule, la mesure est réalisable valablement dès que la vitesse constante de ($5 \pm 0{,}2$) m/s, soit ($18 \pm 0{,}7$) km/h, est atteinte et maintenue.
- En cours de mesure: enregistrement des repères (bornes kilométriques, début et fin d'ouvrage d'art, …).

5. CALCUL

Le traitement des données et les interprétations statistiques associées sont effectués à partir des résultats livrés par l'informatique embarquée du curviamètre. Un logiciel est prévu à cet effet. Il permet:

- le lissage des déflexions à l'aide de moyennes glissantes,
- l'analyse du produit de la déflexion maximale par le rayon de courbure,
- le découpage en zones homogènes (référence 2),
- les interprétations statistiques (moyennes, écarts types et distributions des déflexions par tronçons choisis).

6. EXPRESSION DU RESULTAT

Le résultat des essais peut comprendre:

- Les fichiers des mesures individuelles comprenant les valeurs de la déflexion maximale, la largeur du bassin à mi-déflexion (lambda), le rayon de courbure, les températures de surface et de l'air, la vitesse de mesure, les repères. Ces informations sont livrées sous forme de fichiers informatiques sur disquettes, chaque section faisant l'objet d'un fichier ASCII validé.
- Les graphiques des variations de la déflexion, du rayon de courbure et de leur moyenne glissante en fonction de la distance parcourue.
- Les tableaux des zones homogènes comprenant les moyennes des déflexions et déflexions caractéristiques, des écarts types de déflexion, des rayons de courbure, et les cumulées.

7. RAPPORT D'ESSAI

- Le rapport d'essai comprend l'identification de la demande et du demandeur.

- Les dates des mesures.
- La présentation des résultats décrits en 7, en tout ou en partie.

B. DEFLECTOGRAPHE LACROIX

Référence de base: Le déflectographe Lacroix, modèle 1964 par J. Hubert, Bull. liaison Labo P et Ch n° 11 de janv. – fév. 1965, pp. 1 à 28.

1. BUT DE L'ESSAI

Evaluer la portance résiduelle d'une chaussée souple en vue de déterminer sa durée de vie résiduelle et d'en calculer son redimensionnement éventuel.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Appareil roulant à (3 $\pm$ 1) km/h et mesurant, à intervalles réguliers (par pas de 3,7 m) et à l'aide d'une poutre de mesure qui à la forme d'un T munie de capteurs de déplacement, la déflexion et le rayon de courbure de la chaussée sous l'essieu arrière.

La ligne d'influence d'une charge mobile est déterminée via la mesure de la déflexion d'une chaussée souple soumise à la charge d'un essieu standard de 13 tonnes. Les extrémités du traîneau de mesure (poutre) constituant un triangle de référence. La déflexion du revêtement est égale au déplacement vertical du palpeur placé sur le bras de mesure lorsqu'il est au droit de la charge. Les déflexions sont mesurées en continu sur une distance de 1,70 m par pas de 3,70 m.

3. APPAREILLAGE

Il est fait usage d'un déflectographe LACROIX.

L'appareil de mesure est monté sous un camion dont la charge d'essieu arrière, simple à roues jumelées, peut être ajustée grâce au remplissage d'un réservoir à eau. La pression de gonflage des pneus arrière est de 7,36 bars.

L'équipement de mesure proprement dit est assemblé sur un traîneau en T composé d'une poutre et d'un pied orienté vers l'avant. Les trois extrémités du traîneau sont pourvues de patins qui, au contact avec le revêtement, déterminent le triangle de référence. La poutre du traîneau est équipée de deux bras de mesure orientés vers l'arrière et pourvus de palpeurs ; la distance entre les bras est de 1,9 mètres.

A chaque mesure de la déformation de la structure, les bras effectuent un mouvement vertical transmis aux capteurs de déplacement, via un axe de rotation horizontal.

4. REALISATION DE L'ESSAI

La mesure s'effectue par cycles; le camion se déplace à une vitesse constante se situant entre 2 et 4 km/h, et le traîneau est posé sur le sol. Au départ, ce dernier est en position avancée et les extrémités arrières des bras palpeurs sont à 1,70 m en avant de l'essieu arrière, dans l'alignement des vides présentés entre les jumelages des pneus; en fin d'essai, le camion ayant avancé, ces mêmes extrémités de bras se trouvent à la verticale de l'essieu arrière. En fin de cycle, le traîneau est remis en position de départ grâce à un mécanisme à câble. Lors du déplacement des roues, la rotation des bras de mesure autour de l'axe horizontal est tranformée en courant électrique; le signal est enregistré et traité par l'électronique embarquée à bord.

Avant de débuter les mesures, les deux bras de mesure sont étalonnés. Cet étalonnage s'effectue en baissant par paliers le palpeur, au moyen d'un comparateur. La déflexion

ainsi simulée et enregistrée se produit en paliers de 25/100 de mm, jusqu'à 3 mm max. Ainsi l'échelle pour les mesures est fixée et les écarts par rapport au parcours linéaire sont connus, ce qui permet d'éliminer les erreurs de mesure éventuelles.

Lors de la réalisation des essais, il faut bien garder à l'esprit que d'éventuels défauts de la chaussée peuvent fausser les résultats (notamment les pierres errantes) voire compromettre l'essai même; c'est le cas de nids de poules qui peuvent bloquer le traîneau qui risquera donc d'être brisé par les roues arrière.

5. EXPLOITATION DES RESULTATS

La déflexion est exprimée en centièmes de mm, la précision des mesures étant de $\pm$ 0,05 mm. La portance résiduelle d'une section de chaussée souple auscultée à l'aide du déflectographe Lacroix est celle de la frayée la plus déformable de toute la section et est caractérisée par :

- d, la déflexion moyenne de 5 valeurs consécutives (sur une distance d'environ 20 m);
- d_m, la déflexion moyenne de 55 – 35 valeurs consécutives (sur une distance d'environ 200 – 130 m);
- d_c, la déflexion caractéristique ($d_c = d_m + 2s$) des mêmes 55 – 35 déflexions consécutives (s étant l'écart type de ces valeurs).

C. DEFLECTOMETRE A MASSE TOMBANTE (FWD)

Référence de base: Rapport final de l'action COST 336, version 2 (COST 336 «Use of Falling Weight Deflectometers in Pavement Evaluation», Final Report of the Action, European Commission, Directorate General Transport (2nd edition, April 2005).

1. BUT DE L'ESSAI

Le but de l'essai consiste à permettre d'établir sur tout type de structure (souples, semi rigides ou rigides) le profil partiel de bassins de déflexion du revêtement lorsque ce dernier est soumis à une force temporaire imprimée par une charge tombante.

La valeur de la charge imprimée au revêtement doit pouvoir être ajustable. Elle doit en outre être maîtrisée et enregistrée par le système d'acquisition. Il en va de même pour le temps durant lequel le revêtement sera mis en charge.

L'essai doit pouvoir fournir directement les valeurs de déflexion maximales enregistrées par chaque capteur.

En post traitement, ces informations conjuguées à d'autres (volume et type de trafic, épaisseurs des couches,…) permettent de procéder au calcul de durée de vie résiduelle de la chaussée et d'évaluer la rigidité des différentes couches qui la constitue. Dans la politique d'entretien de son réseau, les résultats de ces post traitements épauleront le gestionnaire quant à la nature et à la programmation des interventions éventuelles à réaliser.

Cet essai peut être réalisé sur des structures souples, semi-rigides et rigides.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

L'essai se déroule à l'arrêt. Le schéma d'auscultation classique consiste à effectuer une mesure à intervalles de 100m. Sur des courtes sections, il est recommandable que la distance entre deux stations de mesures consécutives soit réduite à 50m, 25m ou 20m.

Une charge dynamique est appliquée en disposant sur le revêtement un disque métallique sur lequel on laisse tomber une masse d'une hauteur et d'un poids déterminés.

Entre le disque et la masse, une interface en caoutchouc amortit l'impact ce qui se traduit par une mise en charge progressive du revêtement.

A chaque station de mesure, des capteurs du type géophone sont déposés simultanément et automatiquement sur le revêtement au droit et aux alentours immédiats du point d'impact. Chaque capteur, à l'endroit où il se situe, enregistre l'emprunte du fléchissement temporaire du revêtement. Le premier géophone est positionné au centre du point d'impact et les suivants, dans un alignement parfait, progressivement de plus en plus éloigné de ce point d'impact. La distance d'éloignement maximale est de 2400mm. Le signal de chaque géophone est échantillonné par le système informatique d'acquisition et enregistré sur une période de 60 ou 120ms.

Pour chaque station de mesure, le bassin de déflexion partiel est aussi reconstruit sur base de grandeurs physiques mesurées à l'aide d'un nombre minimum de 9 capteurs situés dans la zone de chargement.

La déflexion maximale est bien entendu observée à l'endroit de l'impact.

Le calcul de la déflexion maximale, celui de la force exacte imprimée au revêtement de même que le temps de mise en charge du revêtement se fait automatiquement en cours de mesures.

3. APPAREILLAGE

Il est fait usage d'un déflectomètre à masse tombante (FWD). Le FWD permet la mesure à un endroit précis d'un nombre limité de points sur la déformée des chaussées issue d'un impact de force généré par une masse importante qu'on laisse tomber sur le revêtement. Un capteur de force mesure l'impact.

Des géophones doivent se trouver aux distances suivantes du point de l'impact: 0mm, 300mm, 600mm, 900mm. On choisit les distances des autres géophones entre les distances suivantes: 200mm, 450mm, 1500mm, 1800mm, 2100mm et 2400mm. Le choix de l'emplacement des capteurs s'appuiera sur les recommandations mentionnées dans le rapport final de l'action COST 336 et les positions retenues doivent être mentionnées dans le rapport d'essais.

Les températures moyennes de l'air et de la surface du revêtement sont automatiquement enregistrées pour chaque station de mesure. La température à une profondeur de 40mm au sein du revêtement est mesurée ponctuellement par l'opérateur.

L'enregistrement et le traitement des informations est assuré par un système d'acquisition informatique embarqué. Il, permet de calculer la déflexion maximale mesurée par chaque géophone, de mesurer les différentes températures, de calculer la force appliquée et le temps d'application de celle-ci sur le revêtement.

4. MODE OPERATOIRE

La procédure adoptée met en œuvre les points suivants:
- vérification par comparaison avec un autre thermomètre des mesures de température enregistrées par le FWD
- calibrage des géophones (une fois par an, ou après introduction d'un nouveau géophone),
- calibrage du capteur de force (une fois tous les deux ans),

- calibrage des capteurs de température,
- vérification du bon fonctionnement des géophones sur zones de référence,
- les terrains d'application,
- les conditions d'exécution de la mesure.

Vérification des thermomètres et de la sonde de température infrarouge

En cours de mesure, les valeurs de la température de l'air affichées dans la fenêtre du logiciel d'acquisition, doivent être vérifiés par comparaison avec un simple thermomètre qui se trouve à l'extérieur, à proximité ou monté sur le FWD. Une trop grande différence entre la température mesurée par les thermomètres intégrés au FWD et affichée à l'écran et la température donnée par l'autre thermomètre doit être noté et doit faire partie des remarques mentionnées dans le rapport d'essais.

Au moins tous les deux ans, les thermomètres intégrés au FWD doivent faire l'objet d'un test de comparaison avec un autre thermomètre.

Calibrages

Les calibrages des géophones et du capteur de force doivent être assurés régulièrement par un organisme compétent. L'opérateur du FWD doit être en possession du dernier rapport de calibrage des géophones et du capteur de force de même que d'un justificatif d'un calibrage initial des thermomètres et de la sonde de température infrarouge.

Vérification des géophones

Une fois par mois une vérification de la réponse des géophones est effectuée. Deux façons de vérification sont envisageables:

- Sur un point de référence, insensible aux changements climatiques et hors d'influence d'un trafic important, une mesure classique est effectuée et comparée aux résultats issus de vérifications précédentes au même endroit. Les géophones mesurent la déflexion au même endroit sous les mêmes conditions et doivent donc donner les mêmes réponses (une faible tolérance est toutefois acceptée).
- La vérification à l'aide du «stacking tower»: les géophones sont montés et alignés verticalement sur une tour métallique, La tour est placé à proximité immédiate du FWD. L'opérateur lancera une séquence de 12 chargements du revêtement. Les géophones mesurant la déflexion au même endroit doivent donner la même réponse (à une petite tolérance près). Les documents de référence mentionnés ci-dessus décrivent la méthode de calcul à utiliser afin de vérifier les résultats obtenus et stipulent la tolérance acceptable.

Terrains d'application

Le FWD peut être utilisé sur des chaussées souples, semi-rigides et rigides, disposant ou non en surface d'enrobés bitumineux, réalisées à l'aide du béton armée continu, de plaques de béton,… . A condition de ne pas avoir de déformation plastique de la surface, le FWD peut également être utilisé sur des fondations et sous fondations en cours d'exécution d'un chantier. L'appareillage est aussi d'application sur des terrains industriels et privés, ainsi que sur des pistes et des taxiways d'aérodromes et aéroports.

Les conditions d'exécution de la mesure

Pour chaque station et quel que soit le nombre de forces retenues, un premier chargement sous forme d'une première chute de la masse sera automatiquement réalisé

mais non enregistré par le système. Il s'agit du «Settle drop» destiné à mettre les matériaux «en place». Ensuite et pour chaque valeur de force retenue, le revêtement subira une séquence de minimum 2 chargements (= 2 chutes de la masse) avec enregistrement des données mesurées par les géophones.

Sur route, la force de chargement imprimée au revêtement sera comprise entre 30kN à 135kN, plage pour laquelle les géophones doivent être étalonnés. Cette force dépendra des facteurs suivants : le nombre de lest ajoutés à la masse, la hauteur à partir de laquelle la masse sera librement lâchée, le facteur de rigidité des amortisseurs en caoutchouc (buffer) et enfin de la rigidité même de la structure auscultée. Afin d'approcher au mieux la force de chargement retenue, l'opérateur peut intervenir sur les trois premiers facteurs, à savoir, ajouter ou soustraire des lests à la masse, modifier la hauteur de chute de celle-ci et monter d'autres type d'amortisseurs de rigidité différente.

Généralement, afin d'évaluer la portance de la structure routière, la valeur de la force de référence sera égale à 50kN sur les structures souples ou semi-rigides et égale à 65kN sur une structure rigide.

Toutefois, la valeur de la force de référence doit être choisi telle qu'il soit possible de réaliser des mesures valables. Pour être considérée comme valable, une mesure doit rencontrer deux conditions. D'une part, la valeur de déflexion maximale enregistrée par le géophone à une distance de 1500 mm sera au moins de 20 µm. Si cette valeur est trop petite, la mesure doit être répétée avec une force appliquée plus élevée. D'autre part, pour chaque géophone situés à une distance maximum de 1500mm du point d'impact, la différence des valeurs de déflexions maximales enregistrées lors des 2 dernières chutes de la masse (= 2 dernières mise en charge du revêtement) n'excédera pas 5% et 10% pour les autres géophones.

Dans tous les cas, sur site et avant de procéder à l'enregistrement des données, l'opérateur adaptera si nécessaire la ou les forces de chargement de manière à rencontrer les deux critères précités. Il est recommandé de maintenir cette ou ces mêmes forces sur l'ensemble de la section de manière à permettre par la suite la détermination de zones homogènes lorsque basées sur les valeurs de déflexion.

Un système d'acquisition informatique enregistre les informations provenant de chaque géophone dans un, voire deux types de fichiers résultats. Le premier type de fichier résultat est généré d'office. On y retrouve notamment la cumulée à laquelle la mesure est réalisée, la déflexion maximale enregistrée par chaque géophone, la force réellement appliquée au revêtement, la durée de mise en charge du revêtement, différentes valeurs de températures,... . Le second type de fichier est optionnel et ne sera généré que lorsque l'opérateur en aura explicitement fait le choix. Ce second type de fichier enregistre, pour chaque chargement du revêtement, l'ensemble du signal échantillonné fourni par chacun des géophones et ce durant une période de 60 ou 120ms au choix.

Dans le cas d'un revêtement bitumineux, la température au sein du revêtement doit être mesurée régulièrement. La température au sein du revêtement bitumineux est mesurée de temps en temps en forant un trou dans le revêtement. Un liquide qui consiste à un mélange d'eau et de glycérine est introduit dans le trou et un thermomètre y est inséré. La quantité de liquide à introduire est limitée à un fond de 5 mm d'hauteur dans le trou. Il est important que l'opérateur attende un moment après avoir foré le trou (sinon on mesure le réchauffement induit par la création du trou). Cette mesure est relevée une première fois en début de chaque section auscultée.

En cours de journée, la température du revêtement évolue peu lorsque le ciel est couvert uniformément et que la température de l'air n'évolue pas de manière significative, Dans ce cas, pour un même type de revêtement, l'opérateur pourra se contenté d'un minimum de deux relevés par jour.

Dans tous les autres cas, lorsque la température de l'air évolue de manière significative en cours de journée ou que la nature du revêtement change ou encore lorsque le revêtement ne subit plus directement l'ensoleillement (zones ombragées,...) on multipliera la fréquence de ces relevés jusqu'à, dans le moins favorable des cas, procéder à un relevé toutes les 10 stations de mesure. Il est confié à l'opérateur le soin d'évaluer sur place la fréquence de ces relevés.

Si les auscultations sont réalisées durant la nuit, le nombre de relevés de température au sein du revêtement peut être réduit.

Pour tous les types de revêtements, les essais ne sont valables que s'ils sont réalisés à une température de surface supérieure ou égale à 5°C. Pour les revêtements bitumineux uniquement, ils ne peuvent pas être réalisés si la température de surface est supérieure à 32°C, ou si la température moyenne journalière a excédé 25°C au cours des 72 heures écoulées.

Typiquement les points de mesures sont situés dans la frayée droite de la voie de la route. Si les points de mesures sont situés dans l'axe central de la voie, le rapport d'essai doit en faire compte. Dans le cas d'un revêtement en dalles de béton les stations de mesures (c.-à-d. les endroits où la charge est appliquée) sont typiquement situées au milieu des dalles. Dans le cas d'un revêtement en dalles de béton le rapport d'essai doit faire compte de la position des stations de mesure par rapport aux dalles.

5. Calcul

Le toilettage des mesures consiste à une transformation à posteriori des fichiers générés pendant les mesures. On met en tableau les résultats de mesure pour chaque point ausculté. Ces résultats comprennent pour chaque point de mesure:

- la déflexion maximale,
- les déflexions mesurées par tous les géophones,
- les températures mesurées,
- la valeur mesurée de la force appliquée,
- la durée mesurée de l'application de la force («pulse time»), et
- une identification de l'endroit ausculté.

A partir de ces mesures, il est possible de déterminer les «zones homogènes». Typiquement on étudie la variation des déflexions mesurées aux points consécutivement auscultés. Les documents de référence mentionnés ci-dessus décrivent une méthode de détermination de zones homogènes.

Afin de pouvoir comparer les mesures de déflexion de tous les points auscultés, il est préférable de «normaliser» les valeurs observées avec la formule suivante:

$$D_n = (D_a / F_a) . F_n$$

avec:

D_n la déflexion normalisée,
D_a la déflexion auscultée,
F_a la force appliquée, et
F_n la force de référence.

Dans la procédure de la détermination de zones homogènes prévue dans le rapport final de l'action COST 336 les «déflexions cumulées» sont calculées à partir des déflexions normalisées. La détermination des zones homogènes se fait à partir du graphe donnant

les déflexions cumulées en fonction de la distance de mesure. La pente de la polygonale reliant les points du graphe est descendante lorsque la déflexion locale est supérieure à la déflexion moyenne. Inversement, si la pente est ascendante, la déflexion locale est inférieure à la déflexion moyenne. La valeur de la pente est une mesure de l'écart par rapport à la moyenne. Une section pour laquelle la pente est constante peut être considérée comme une zone homogène. Afin de bien délimiter les zones homogènes, il est utile de vérifier aussi les valeurs de la déflexion maximale dans les tableaux de mesures.

6. Expression du résultat

Le résultat des essais doit comprendre:
- les fichiers générés pendant les mesures,
- les tableaux et les graphiques issues de la phase de toilettage, décrit en paragraphe 5,
- les zones homogènes issues de la phase d'analyse décrite au paragraphe 5.

7. Rapport d'essai

Le rapport d'essai comprend l'identification de la demande et du demandeur, les dates des mesures, la présentation des résultats décrit en paragraphe 6, en tout ou en partie. Le rapport d'essai mentionne aussi toutes les observations utiles consignées en cours de mesure par les opérateurs du FWD.

54.27 PRELEVEMENT DES MELANGES HYDROCARBONES (VRACS) (version 09/2016 - correction 04/2017)

Réf. de base: NBN EN 12697-27: Mélanges bitumineux - Essais pour enrobés à chaud - Partie 27: Echantillonnage.

1. BUT DE L'ESSAI

Prélever les matériaux hydrocarbonés après leur fabrication ou pendant la mise en œuvre.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

La méthode consiste à prélever un échantillon représentatif de la quantité totale de matériaux à examiner et permettant d'effectuer les essais de granulométrie, de teneur en liant, de maniabilité (PCG) et, le cas échéant, de réaliser les contre-essais et de tout autre essai (sensibilité à l'eau, essais sur bitume, …).

3. DEFINITIONS

Les définitions suivantes s'appliquent:

Prise élémentaire: Quantité unique de matériau prélevée sur une plus grande quantité de matériau à examiner.

Echantillon: Un échantillon est obtenu en combinant des prises élémentaires en quantité suffisante pour réaliser tous les essais projetés.

Echantillon représentatif: Echantillon composé d'un nombre spécifique de prises élémentaires afin de représenter une quantité ou surface donnée du matériau. Un échantillon représentatif est supposé présenter la même composition que le matériau échantillonné, dans les limites de précision associées à la méthode d'échantillonnage.

Echantillon de laboratoire: Echantillon fourni au laboratoire; il peut s'agir de tout ou partie de l'échantillon ou de l'échantillon représentatif et il doit être en quantité suffisante pour permettre d'effectuer tous les essais requis.

4. APPAREILLAGE

- Pelle type "écope" à fond plat et rebords (exemple sur figure 1 ci-dessous) d'une capacité de minimum 2,5 kg;
- boîtes métalliques (à l'intérieur lisse) d'une capacité d'environ 5 litres, avec couvercles d'un diamètre supérieur à la largeur de la pelle écope;
- sacs en papier kraft paraffiné d'une capacité d'environ 5 litres

Figure 1

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Echantillonnage de matériaux à la centrale d'enrobage (prélèvement au skip[5]).

5.1.1. Eviter l'échantillonnage sur les 30 premières tonnes

5.1.2. Pour les matériaux contenant des granulats de dimension inférieure ou égale à 14 mm, effectuer, à l'aide de la pelle, des prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 5 litres (une boîte). Dans le cas où l'essai de maniabilité à la PCG (presse à cisaillement giratoire) est également réalisé, la prise d'échantillon est inchangée.

5.1.3. Pour les matériaux contenant des granulats de dimension supérieure à 14 mm, effectuer, à l'aide de la pelle, des prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 10 litres (deux boîtes). Dans le cas où l'essai de maniabilité à la PCG (presse à cisaillement giratoire) est également réalisé, doubler la prise d'échantillon.

5.1.4. Combiner les prises élémentaires ainsi obtenues pour former l'échantillon.

5.1.5. La préparation de l'échantillon doit être effectuée selon la norme CME 54.28.

5.2. Echantillonnage de matériaux à la centrale (dans la benne d'un camion).

5.2.1. Pour les matériaux contenant des granulats de dimension inférieure ou égale à 14 mm, effectuer, à l'aide de la pelle, des prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 5 litres (une boîte). Les prises élémentaires s'effectuent dans les différents dômes du chargement. Dans le cas où l'essai de maniabilité à la PCG (presse à cisaillement giratoire) est également réalisé, la prise d'échantillon est inchangée.

5.2.2. Pour les matériaux contenant des granulats de dimension supérieure à 14 mm, effectuer, à l'aide d'une pelle, des prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 10 litres (deux boîtes). Dans le cas où l'essai de maniabilité à la PCG (presse à cisaillement giratoire) est également réalisé, la prise d'échantillon est doublée. Les prises élémentaires s'effectuent dans les différents dômes du chargement.

5.2.3. Effectuer les prises élémentaires à environ 100 mm sous la surface du matériau, à différents emplacements les plus espacés possibles les uns des autres mais à au moins 300 mm des bords du camion. Retirer tout le matériau de surface, y compris les agglomérats, susceptibles de tomber dans le trou.

5.2.4. Combiner les prises élémentaires ainsi obtenues pour former l'échantillon.

5.2.5. La préparation de l'échantillon doit être effectuée selon la norme CME 54.28.

5.3. Echantillonnage du matériau situé autour des vis du finisseur.

Cette méthode est utilisée dans les cas suivants:

a) dans le cas des couches de roulement
b) dans le cas de mélanges où la différence entre l'épaisseur posée et le diamètre maximal des pierres est inférieure à 20 mm

[5] Skip : bac récoltant la gâchée dans une centrale en discontinu

Prélever les prises élémentaires uniquement lorsque:

- les vis sont chargées sur toute la longueur;
- le finisseur est en mouvement
- le camion alimentant le finisseur n'est ni en début ni en fin de déchargement (non applicable en cas d'utilisation d'un alimentateur).

Une prise élémentaire est prélevée en poussant complètement la pelle dans la charge de matériau, au plus près du palier des vis du finisseur sous le bouclier avant, et en la retirant quand elle est pleine.

Effectuer, à l'aide de la pelle, le prélèvement de prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 5 litres (une boîte).

Combiner les prises élémentaires ainsi obtenues de façon à former un échantillon.

La préparation de l'échantillon s'effectue conformément à la CME 54.28.

5.4 Echantillonnage de matériaux mis en œuvre mais non compactés.

Cette méthode ne peut pas être utilisée dans les cas suivants:

a) dans le cas des couches de roulement
b) dans le cas de mélanges où la différence entre l'épaisseur posée et le diamètre maximal des pierres est inférieur à 20 mm

Pour les matériaux contenant des granulats de dimension **inférieure ou égale à 14 mm**, prélever des prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 5 litres (une boîte). Les prises élémentaires doivent être réalisées à plus d'un mètre du bord du tapis.

Pour les matériaux contenant des granulats de dimension **supérieure à 14 mm**, prélever des prises élémentaires de matériaux de manière à obtenir un échantillon d'environ 10 litres (deux boîtes). Les prises élémentaires doivent être réalisées à plus d'un mètre du bord du tapis.

Combiner les prises élémentaires ainsi obtenues pour former l'échantillon. La préparation de l'échantillon s'effectue conformément à la CME 54.28.

6. MARQUAGE, EMBALLAGE ET CONSERVATION DES ECHANTILLONS DE LABORATOIRE (CONCERNE UNIQUEMENT LES POINTS 5.3 ET 5.4)

6.1. Marquage et emballage des échantillons

Les échantillons sont marqués de manière indélébile et de façon univoque en reprenant au minimum la date de prélèvement, le type d'enrobé, la localisation (chantier, BK,…), l'identification de l'échantillon.

Les échantillons de mélange bitumineux doivent être conditionnés dans les boîtes métalliques ou dans des sacs en papier de façon à ce que les matériaux échantillonnés ne subissent aucune contamination ni aucun endommagement.

6.2. Rapport d'échantillonnage.

Les échantillons du même type et du même jour de pose doivent être accompagné d'une fiche de prélèvements contenant au moins, pour chaque échantillon, les informations suivantes:

a) contrat/projet/dossier/ chantier;
b) localisation (route, BK, voie, n° maison,…);
c) identification de l'échantillon;
d) date et heure de l'échantillonnage;
e) n° de bon de livraison;
f) type de matériau;
g) fabricant (s'il est connu);
h) nom et signature du responsable de l'échantillonnage;

La fiche de prélèvements doit à tout le moins se conformer au modèle annexé.

6.3. Rapport de prélèvements

Le rapport d'essais sera accompagné d'un rapport de prélèvements qui reprendra au moins, pour chaque échantillon, les informations suivantes:

a) emplacement;
b) identification de l'échantillon;
c) date et heure de l'échantillonnage;
d) n° de bon de livraison;
e) type de matériau;
f) fabricant (s'il est connu);
g) Entité responsable du prélèvement (laboratoire ou administration)

remarque : Les vracs prélevés sont, par défaut, acceptés par l'adjudicataire SAUF s'il conteste le prélèvement sur place en indiquant le motif de désaccord.

6.4. Conservation

L'excèdent (solde du quartage) non utilisé de chaque échantillon doit être conservé par le laboratoire pendant une période de minimum 6 mois après la date de prélèvement.

CME 54.27 : FICHE DE PRELEVEMENT DES MELANGES HYDROCARBONES EN VRAC SUR CHANTIER

Renseignements :

Date: Nom: Signature:	Dénomination du chantier: Tronçon :	Type d'enrobé: Centrale d'enrobage: Entreprise de pose: Epaisseur posée: ……..mm Surface prévue: ……m² Méthode utilisé *(cocher)*: ☐ §5.3 (vis) ou ☐ §5.4 (épandu)

Ech. n°	Heure	Emplacement (B.K. – Voie – n° maison …)	Bon n°	Essais à réaliser (cocher)	Remarque éventuelle
	… h …			☐ Teneur en liant ☐ Analyse granulométrique ☐ Nature des granulats ☐ Caractérisation du bitume récupéré: ☐ Pénétrabilité ☐ Retour élastique	
	… h …			☐ Teneur en liant ☐ Analyse granulométrique ☐ Nature des granulats ☐ Caractérisation du bitume récupéré: ☐ Pénétrabilité ☐ Retour élastique	
	… h …			☐ Teneur en liant ☐ Analyse granulométrique ☐ Nature des granulats ☐ Caractérisation du bitume récupéré: ☐ Pénétrabilité ☐ Retour élastique	
	… h …			☐ Teneur en liant ☐ Analyse granulométrique ☐ Nature des granulats ☐ Caractérisation du bitume récupéré: ☐ Pénétrabilité ☐ Retour élastique	
	… h …			☐ Teneur en liant ☐ Analyse granulométrique ☐ Nature des granulats ☐ Caractérisation du bitume récupéré: ☐ Pénétrabilité ☐ Retour élastique	

54.28 PREPARATION DES MELANGES HYDROCARBONES

(version 06/2012)

Réf. de base: NBN EN 12697-28:2001 - Mélanges bitumineux – Essais pour enrobés à chaud - Partie 28: Préparation des échantillons pour la détermination de la teneur en liant, de la teneur en eau et de la granularité.

1. BUT DE L'ESSAI

Préparer les échantillons de mélanges hydrocarbonés pour la réalisation des essais requis.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Au départ de l'échantillon représentatif, préparer l'échantillon d'essai par la méthode de réduction obtenue par quadripartition.

3. DEFINITION

Echantillon de laboratoire: Echantillon fourni au laboratoire; il peut s'agir de tout ou partie de l'échantillon représentatif et il est recommandé qu'il soit en quantité suffisante pour permettre d'effectuer tous les essais requis.

Prise d'essai: Partie de l'échantillon de laboratoire à utiliser pour une méthode d'essai spécifique et produisant un résultat d'essai unique.

Echantillon d'essai: Partie de la prise d'essai sur laquelle est effectué un essai unique. Plusieurs essais peuvent être nécessaires pour produire un résultat d'essai.

Résultat d'essai: Résultat obtenu en appliquant le mode opératoire d'essai à une prise d'essai. Lorsque le mode opératoire doit être effectué sur plusieurs échantillons, le résultat d'essai est calculé en tant que résultat moyen d'un certain nombre de déterminations.

4. APPAREILLAGE

- balance;
- étuve;
- outils divers (pelle, spatule, truelle, …);
- plaques en acier ou en faïence;
- récipients divers.

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Contrôle préliminaire.

Dès réception, contrôler l'échantillon de laboratoire et relever son état et sa masse.

5.2. Pré-traitement de l'échantillon de laboratoire prélevé avant et en cours de mise en œuvre.

5.2.1. Migration du liant

Si une migration du liant s'est produite, le noter, recueillir et peser le plus de matériau égoutté possible. Lorsque l'échantillon de laboratoire a été réduit à une taille correcte pour les essais, ajouter à la prise d'essai une fraction pondérée, proportionnelle, représentative du matériau égoutté. Si le matériau drainé ne peut être recueilli, le noter.

5.2.2. Granulat non enrobé

Noter la présence de tout granulat non enrobé ou cassé mais sans retirer ces granulats.

5.3. Traitement thermique avant réduction de l'échantillon de laboratoire.

Pour les échantillons de laboratoire ne pouvant pas être mélangés à nouveau à température ambiante, procéder comme suit:

Chauffer dans une étuve tout le matériau ou la couche séparée à analyser. La température ne peut dépasser les valeurs indiquées au tableau 1, afin que l'enrobé soit suffisamment mou pour être facilement mélangé et divisé sans toutefois dégrader le liant. Ne pas laisser le matériau dans l'étuve pendant plus de 4 h.

Note: la contrainte de température consiste à minimiser la perte de constituants volatiles du liant.

Grade du liant dans l'échantillon Pénétration à 25 °C	Température maximale de l'étuve (°C)
> 330	105
de 60 à 330	120
de 25 à 60	135
< 25	150

Tableau 1: Températures de l'étuve pour réchauffage des échantillons de laboratoire préalablement à la réduction d'échantillon.

5.4. Réduction de l'échantillon pour la détermination de la teneur en liant et de la granularité.

5.4.1. Peser la totalité de l'échantillon de laboratoire et le poser sur une surface dure et propre, par exemple un plateau en tôle. Mélanger le matériau avec soin et le réduire jusqu'à la quantité requise pour l'essai, comme indiqué au tableau 2, grâce à un échantillonnage par quadripartition.

NOTE
1 A supposer qu'il y ait une subdivision équivalente de l'échantillon de laboratoire après chaque procédé de quadripartition, il est possible, en pesant l'échantillon d'origine, d'estimer si la masse restant après la quadripartition est comprise dans la plage indiquée tableau
2 Si la masse estimée se trouve au-dessus de la limite supérieure, la masse de l'échantillon d'origine peut être réduite d'un quart. Il est recommandé d'effectuer la quadripartition à deux reprises, en rejetant deux quarts opposés du second processus de quartage et en combinant le reste du second processus de quadripartition au matériau écarté du premier processus, puis en suivant le mode opératoire décrit aux §§ 5.4.2 à 5.4.8.

Type de matériau	Taille maximale du granulat dans le matériau (mm)	Masse de la prise d'essai pour chaque détermination (g)
Mélange bitumineux	50	3 000 à 5 000
	32	1 500 à 2 800
	25	1 000 à 2 000
	20	1 000 à 2 000
	14	800 à 1 400
	10	300 à 1000
	7	300 à 1000
	4	250 à 500
Gravillons préenrobés	Toutes tailles	2 000 à 3 000

Tableau 2 : Masse de matériau pour chaque détermination.

5.4.2. Mélanger soigneusement le matériau en formant un cône et en tournant pour former un nouveau cône, à trois reprises, selon les descriptions des paragraphes suivants.

5.4.3. Former un tas conique en déposant le matériau au sommet du cône. Répartir le matériau roulant sur les côtés le plus régulièrement possible, de sorte que le centre du cône ne se déplace pas. Repousser au bord du tas les agglomérats grossiers, susceptibles de s'éparpiller autour de la base.

5.4.4. Aplatir le troisième cône formé à partir de l'échantillon mélangé par insertions verticales répétées du bord d'une pelle ou d'une planche, en commençant par le centre puis en progressant autour du cône, en soulevant la pelle ou la planche hors du matériau après chaque insertion.

5.4.5. Veiller à ce que le tas ainsi formé ait une épaisseur et un diamètre réguliers et à ce que son centre coïncide avec celui du cône d'où il provient.

5.4.6. Partager le tas en quatre parts égales le long de deux lignes perpendiculaires. Mélanger une paire de quarts, diamétralement opposés, et remettre le reste dans la boîte pour essai complémentaire ou contre-essai éventuel.

5.4.7. Répéter les opérations des §§ 5.4.2 à 5.4.6 jusqu'à ce que la masse restante soit à peu près quatre fois égale à celle de l'échantillon requis pour l'essai. Le cas échéant, recommencer à nouveau et mettre de côté les deux quarts qui, autrement, seraient jetés, dans un conteneur étanche, afin d'estimer leur teneur en eau. Toutefois, si la teneur en liant et donc en eau doit être calculée par la méthode d'extraction à chaud, rejeter ces quarts.

5.4.8. Répéter les opérations des §§ 5.4.2 à 5.4.6 encore une fois pour obtenir l'échantillon requis pour les essais.

Note 1: L'utilisation, pour la quadripartition, d'une croix en bois ou en tôle introduite à travers le tas, facilite souvent cette opération, dans les cas où le matériau est susceptible de ségrégation.

Note 2: Si le liant égoutté a été recueilli lors du premier traitement de l'échantillon (voir 5.2.1), il convient d'adjoindre une quantité proportionnelle de liant aux échantillons prélevés pour l'essai.

5.5. Réduction de l'échantillon pour effectuer les autres essais requis.

Se conformer aux différents modes opératoires correspondants aux essais requis.

54.32 CAPACITE DE DURCISSEMENT (Enrobés stockables)

1. BUT DE L'ESSAI

Contrôler le durcissement d'un échantillon d'enrobé à froid après exposition à l'air à une température déterminée.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

On détermine la perte de masse d'un échantillon d'enrobé à froid après un séjour dans une étuve à 110°C.

3. APPAREILLAGE

- balance permettant de peser 1000g à 0,01g près;
- plaque métallique avec bord, d'environ 200mm de diamètre;
- étuve réglée à (110 $\pm$ 5)°C.

4. MODE OPERATOIRE

Prélever (1000 ± 50) g d'enrobé à froid et placer ce matériau sur la plaque métallique propre et sèche qui a été préalablement pesée avec une précision de ± 0,01g.
Soit M_0 la masse de la plaque.

Peser la plaque métallique avec l'enrobé à froid (masse M_1).

Laisser sécher la plaque avec l'enrobé à froid durant (24,0 $\pm$ 0,5) h à température ambiante.

Peser ensuite l'ensemble (masse M_2).

Placer la plaque avec l'échantillon à tester dans l'étuve à (110 ± 5)°C durant (72,0 $\pm$ 0,5) h.

Déterminer ensuite à nouveau la masse (masse M_3).

5. CALCUL

Soit V_1 la perte de masse en % après séchage durant 24 heures à température ambiante.

$$V_1 = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} . 100$$

Soit V_2 la perte de masse (en %) après séchage durant 72 heures à l'étuve à (110 $\pm$ 5)°C.

$$V_2 = \frac{M_1 - M_3}{M_1 - M_0} . 100$$

où :

M_0 = tare de la plaque (g)
M_1 = masse de la plaque et de l'échantillon (g)
M_2 = masse de la plaque et de l'échantillon après 24h à température ambiante (g)

M_3 = masse de la plaque et de l'échantillon après 72h à l'étuve à (110 $\pm$ 5)°C (g)

6. EXPRESSION DU RESULTAT

Le résultat est la moyenne arithmétique, exprimée avec 2 décimales, de 2 déterminations qui en valeur absolue ne s'écartent pas de plus de 0,5 % de la moyenne.

Si ce n'est pas le cas, exécuter deux nouveaux essais.

Le rapport mentionne les résultats individuels des valeurs V_1 et V_2 ainsi que leurs moyennes respectives.

54.33 SENSIBILITE AU GEL (Enrobés stockables)

Référence : Cahier des charges type RW99.

1. BUT DE L'ESSAI

Déterminer l'influence des variations de température sur l'adhérence d'un enrobé à froid et son système d'accrochage sur un revêtement bitumineux existant.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Compacter un enrobé à froid sur un enrobé type BB4-C, le soumettre à des cycles gel-dégel et contrôler l'adhérence.

3. Appareillage

- balance permettant de peser 2000g à 0,01g près;
- malaxeur pour enrobés : contenance 5 l;
- four permettant d'atteindre 220°C;
- dame de compactage Marshall;
- matériaux permettant de confectionner un enrobé type BB4-C;
- émulsion à tester;
- banc d'essai permettant d'exercer un effort de traction avec une vitesse de 2,0 mm/min.;
- colle époxy;
- armoire climatique permettant de programmer des cycles de température ou système équivalent;
- matériel d'isolation et collier de serrage.

4. MODE OPERATOIRE

Confectionner 2 échantillons support de type BB4-C de 4 cm d'épaisseur suivant le § 4.1 du CME 54.16. Les enduire de 1,5 g d'émulsion.

Compacter dessus 300 g de l'enrobé à froid au moyen de la dame Marshall (50 coups).

Après 7 jours de durcissement à l'air, appliquer le système d'isolation contre le gel sur la face latérale de l'éprouvette en utilisant le collier de serrage.

Placer les deux éprouvettes dans l'armoire climatique et réaliser 14 cycles gel-dégel comportant 14 heures à (– 15° ± 0,5) °C suivies de 10 heures à (18 ± 0,5) °C.

Enlever avec précaution l'enveloppe de l'éprouvette et poursuivre les essais à température ambiante comme indiqué ci-après :

- Exercer avec le plat de la main une pression latérale sur l'enrobé à froid de la première éprouvette. Celle-ci doit rester collée au mélange type BB-4C.
- Coller les deux faces de la deuxième éprouvette au moyen de colle époxy aux plateaux du banc de traction.
- Exercer un effort de traction à la vitesse de 2 mm/min jusqu'à la rupture. L'adhérence est satisfaisante si la rupture ne se produit pas à l'interface entre le type IV C et l'enrobé à froid, mais bien dans l'enrobé à froid.

5. EXPRESSION DU RESULTAT

Noter où s'est produit la rupture.
Noter la température d'essai.

54.34 DRAINABILITE (ENROBES DRAINANTS DECOLMATES)

Voir méthode CME 54.23.

54.35 RESISTANCE AU DESENROBAGE (Enrobés stockables)

1. BUT DE L'ESSAI

Contrôler l'influence de l'eau ou d'une solution d'eau salée sur un échantillon d'enrobé à froid.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Déterminer visuellement si un échantillon d'enrobé à froid est sensible au désenrobage sous l'action de l'eau bouillante d'une part et d'une solution d'eau salée d'autre part.

3. APPAREILLAGE

- deux erlenmeyers de 250 ml;
- balance permettant de peser 1000 g à 0,01 g près;
- dispositif de chauffage (bec bunsen ou plaque électrique);
- une solution constituée de (10 % en masse de paillettes de $CaCl_2$ dans l'eau).

4. MODE OPERATOIRE

Prendre 2 x 50 g d'enrobé à froid et placer ces 2 échantillons dans 2 erlenmeyers.

Remplir le 1er erlenmeyer de 100 ml d'eau bouillante et faire bouillir l'eau avec l'échantillon pendant encore 1 minute. Contrôler si un désenrobage se produit.

Remplir le 2ème erlenmeyer avec la solution aqueuse de $CaCl_2$ et laisser reposer pendant 7 jours.

Contrôler alors le degré de désenrobage.

5. EXPRESSION DU RESULTAT

Noter pour chaque solution utilisée, suivant la quantité de bitume qui s'est déposée sur les parois de l'erlenmeyer ou qui flotte dans l'eau, le degré de désenrobage :

- pas de désenrobage;
- désenrobage léger (irrisation à la surface moins de 1/3 de la surface supérieure);
- désenrobage important (dépôt sur les parois de l'erlenmeyer).

54.36 STABILITE (Enrobés stockables)

1. BUT DE L'ESSAI

Contrôler si un enrobé à froid, après compactage et durcissement, est encore sensible aux déformations.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Déterminer le changement de forme d'un échantillon d'enrobé à froid compacté et durci, après un séjour au repos et après flexion sous son propre poids.

3. APPAREILLAGE

- un moule métallique en 5 parties, de dimensions suivantes: 40 mmx160 mmx40mm (lxLxH);
- une dame à base carrée 30 mm x 30 mm;
- 2 appuis, distants de 140 mm l'un de l'autre, d'une hauteur de 40 mm;
- un chronomètre.

4. Mode opératoire

Remplir le moule métallique avec l'enrobé à froid en 3 couches, en compactant chaque fois avec la dame métallique, de façon à obtenir une éprouvette ayant la forme d'une poutre.

Laisser l'éprouvette durcir pendant 72 heures dans le moule.

Enlever ensuite les parois du moule métallique.

Après 10 jours, contrôler visuellement si la forme de l'éprouvette est restée la même.

Noter le degré de déformation: aucun, déformation légère, moyenne ou dégradation totale.

S'il n'y a pas eu de déformation, ou seulement une faible déformation, placer l'éprouvette sur les 2 points d'appui, distants de 140mm.

Chronométrer le temps nécessaire pour que l'éprouvette se rompe par fléchissement sous son poids propre. Noter ce temps en secondes.

Si l'éprouvette est suffisamment solide pour qu'il n'y ait pas rupture endéans 5 min., arrêter l'essai et noter > «5 min».

5. EXPRESSION DU RESULTAT

Indiquer dans le rapport d'essai:

- la déformation après 10 jours, en utilisant un des termes suivants: pas de déformation, légère déformation, déformation moyenne, dégradation totale;
- le temps nécessaire à la rupture de l'échantillon après flexion sous son poids propre (en secondes).

Exécuter 2 essais par échantillon d'enrobé à froid.

54.37 DELTA ANNEAU ET BILLE D'UN MASTIC BITUMINEUX

Références de base :
- StB 250 – Morteltest 4.2.
- NBN EN 12594
- EN 1427

1. BUT DE L'ESSAI

Evaluer le pouvoir rigidifiant d'un filler additionné au liant de manière à caractériser le mastic utilisé dans un enrobé hydrocarboné.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

On mesure l'augmentation du point de ramollissement $\Delta_{A\&B}$ d'un mélange bitume/filler par rapport au point de ramollissement du bitume seul.

3. APPAREILLAGE

- Appareillage prévu pour la détermination du point de ramollissement suivant NBN EN 1427.
- Béchers d'une contenance de 250 ml.
- Etuve pouvant atteindre 220 °C.
- Balance ayant une précision de 0,01 g.

4. MODE OPERATOIRE

Peser une quantité de filler qui est mélangée à une quantité de bitume suivant les proportions prévues dans l'enrobé hydrocarboné.

Peser 30 g de filler (filler d'apport et de récupération suivant les proportions prévues dans l'enrobé hydrocarboné) à 0,01 g près dans un bécher et calculer une quantité de bitume à ajouter comme suit:

$$m_b = \frac{30 \,.\, B}{F}$$

dans laquelle :

m_b = la masse de bitume à 0,01 g près;
B = le %-m du bitume prévu dans l'enrobé;
F = le %-m du filler prévu dans l'enrobé.

Placer les deux composants recouverts dans l'étuve durant 30 minutes à une température conforme aux recommandations de la NBN EN 12594 § 7.11. (Pour les bitumes normaux, la température doit être supérieure de 80 à 90 °C au point de ramollissement présumé du bitume).

Mélanger les deux composants manuellement (durant 3 minutes) à l'aide d'une petite baguette ou spatule jusqu'à ce que la température ait chuté de 25 °C.

Placer à nouveau le tout dans l'étuve durant 10 minutes et remélanger une deuxième fois. Replacer une dernière fois dans l'étuve et remélanger encore 10 minutes.

Remplir deux anneaux de l'essai de ramollissement avec le bitume et remplir les deux autres anneaux avec le mastic ; et placer ces derniers dans un frigo à environ 5 °C afin d'éviter le plus possible la sédimentation du filler. Après une heure, couper le mastic excédentaire qui dépasse le dessus des anneaux avec une lame de couteau chaude.

Déterminer les températures de ramollissement du bitume (t_{b1} et t_{b2}) et celles du mélange bitume/filler (t_{bf1} et t_{bf2}) comme spécifié dans la norme NBN EN 1427. Pour chaque partie de l'essai, utiliser un anneau en laiton dans lequel a été versé le bitume et un anneau en laiton dans lequel a été versé le mélange bitume/filler.

Répéter l'essai dans son ensemble si :

$$|t_{b1} - t_{b2}| > 3 \quad ou \quad |t_{bf1} - t_{bf2}| > 3$$

5. CALCUL

Calculer la moyenne (t_B) des deux températures de ramollissement du bitume et la moyenne (t_{BF}) des deux températures de ramollissement du mélange bitume/filler, à 0,1 °C près, suivant les formules ci-après:

$$t_B = \frac{t_{b1} + t_{b2}}{2}$$

$$t_{BF} = \frac{t_{bf1} + t_{bf2}}{2}$$

Calculer la différence $\Delta_{A\,\&\,B}$ entre ces deux moyennes à 0,5 °C près:

$$\Delta_{A\,\&\,B} = t_{BF} - t_B$$

Remarque : calcul du rapport volumique filler/bitume:

$$\frac{f}{b} = \frac{1{,}025}{B} \cdot \frac{F}{r_f}$$

dans laquelle :

1,025 = la masse volumique absolue du bitume à 25 °C, exprimée en g/cm^3;
B = le %-m du bitume prévu dans l'enrobé;
F = le %-m du filler prévu dans l'enrobé.
r_f = la masse volumique du filler, exprimée en g/cm^3 et déterminée selon la norme NBN B11-224

6. EXPRESSION DES RESULTATS

Le rapport mentionne :

- le delta anneau et bille, désigné par $\Delta_{A\,\&\,B}$, ainsi que les valeurs individuelles de t_{b1}, t_{b2},t_{bf1}, t_{bf2}, t_B et t_{BF};
- le point de ramollissement t_B du bitume en °C à une décimale près;
- le rapport volumique filler/bitume (f/b);
- le type de liquide utilisé dans le bain prévu à la norme NBN EN 1427;
- l'identification de l'échantillon.

Si l'essai a été effectué avec plusieurs rapports volumiques f/b, les points de ramollissement obtenus doivent être représentés sur une courbe en fonction des rapports

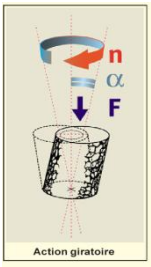
ou en fonction des teneurs en bitume. Lors de l’utilisation de glycérine, ceci doit être mentionné dans le rapport d’essai.

54.39 COMPACTAGE GIRATOIRE (version 11/2012)

1. BUT DE L'ESSAI

- Evaluer l'aptitude au compactage de mélanges bitumineux ou
- Confectionner des éprouvettes en vue d'autres essais.

2. PRINCIPE DE LA METHODE



Les mélanges bitumineux sont compactés, dans un moule cylindrique, avec une force verticale constante conjuguée à une force giratoire. La hauteur de l'éprouvette est mesurée en continu ce qui permet de déterminer l'évolution de la masse volumique géométrique, et donc du pourcentage de vides, en fonction du nombre de girations.
Le pourcentage de vides correspond à la moyenne de trois déterminations élémentaires issues d'un même échantillon.

3. REFERENCES NORMATIVES

- NBN EN 12697-5: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 5 : Masse volumique maximale (masse volumique réelle des matériaux bitumineux) – méthode volumétrique à l'eau.
- NBN EN 12697-8: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 8 : Détermination des pourcentages de vides caractéristiques des éprouvettes bitumineuses
- NBN EN 12697-31: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 31: Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire.
- NBN EN 12697-35: Mélanges bitumineux : Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 35 : Malaxage en laboratoire

4.APPAREILLAGE

- Etuve(s) réglable(s) jusque 190°C avec une précision de ± 5°C;
- Balance avec une précision de ± 1g;
- Moules:
  - Ø interne 100 ± 0,1 mm pour Dmax ≤ 16 mm.
  - Ø interne 150 ± 0,1 mm pour Dmax > 16 mm.
- Pastilles métalliques + papier de démoulage
- P.C.G. (étalonnée annuellement selon l'annexe C de la NBN EN 12691-31):
  - Angle d'inclinaison giratoire interne (Φ) de 0,82 ± 0,02° (*14,32 mrad*)
  - Vitesse de rotation de 30 ± 2 t/min
  - Charge verticale de 600 ± 18 kPa
- Cales d'épaisseur;
- Thermomètre ou sonde étalonné permettant une vérification rapide de la T° du mélange avant l'essai;

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Généralité

5.1.1. Température

Définitions:

- Température d'essai: température de référence ± 10°C.
- Température de consigne: température à laquelle l'étuve doit être réglée afin de s'assurer que le mélange atteigne la température d'essai dans le temps imparti (cfr pt. 5.2.3 et 5.2.4)

Remarque: la température de consigne de l'étuve peut être de maximum 20°C supérieure à la température de référence.

La température de référence est fonction du type de bitume (voir tableau ci-dessous)

Tableau 1: Température de référence

Type de bitume	X = 1		X = 2	X = 7	X = 8	X = 9	X = 11
	35/50	50/70	PMB	IP+	Dur	Routier + additifs naturels	Routier + additifs synthétiques
Température de référence (°C)	**165**	**150**	**170**	**165**	**165**	**160**	**Suivant fiche technique du producteur (fonction du type d'additif)**

x = 1 désigne un bitume routier 35/50 ou 50/70
x = 2 désigne un bitume polymère (élastomère)
x = 7 désigne un bitume à indice de pénétration positif
x = 8 désigne un bitume dur
x = 9 désigne au bitume routier 50/70 additionné d'asphalte naturel
x = 11 désigne un liant avec additif(s)

Remarque :
Pour tout autre type de liant autorisé par un cahier spécial des charges, il faut se référer à la fiche technique du producteur.

Les **moules, cales, pastilles** doivent être placés pendant **minimum 2h** dans une étuve à la T° de référence +/- 10°C;

Remarque: Cependant, en fonction des capacités techniques du laboratoire, il peut modifier cette imposition à condition de s'assurer que le temps d'étuvage et la température de consigne choisis n'influencent pas le résultat.

5.1.2. Détermination de la masse M à introduire dans le moule

M est calculé suivant la méthode ci-après:

La masse **M** du mélange à introduire dans le moule est déterminée à partir de la MVR de celui-ci suivant la formule ci après:

$$M = \frac{10^{-6}.\pi.D^2.h_{\min}.MVR}{4}$$

Avec:
- D = diamètre du moule, **en *mm***
- h_{min} = hauteur minimale de l'éprouvette compactée (correspond à un pourcentage de vides nul), **en *mm***
- M = masse du mélange à introduire dans le moule, **en *g***
- MVR = masse volumique réelle *(déterminée suivant CME 54.09. § 5.4.),* **en *kg/m³***

Par convention, lors de la réalisation de l'essai en vue de la détermination du pourcentage de vide (cfr 4.3.), h_{min} a été fixé à 80mm pour un moule de Ø 100 mm et à 120 mm pour un moule de Ø 150 mm.

Pour une éprouvette standard Ø 100mm: $M = 0{,}6283 \times MVR$
Pour une éprouvette standard Ø 150mm: $M = 2{,}1206 \times MVR$

5.2. Préparation des échantillons

5.2.1. Mélange préparé en laboratoire

- Réaliser le mélange suivant NBN EN 12697-35;
- Lubrifier le moule à l'aide de graisse de silicone ou autre huile adéquate;
- Insérer la masse **M** (avec une exactitude de 0,1%) de mélange dans le moule.
- Replacer l'ensemble 40 ± 10 min dans l'étuve à la température de consigne;
- A la sortie de l'étuve, réaliser une mesure rapide de la T° du mélange dans les moules;
- Placer dans le moule sur le mélange, le papier de démoulage et la pastille métallique;

5.2.2. Echantillon en vrac prélevé à la sortie de la centrale (chaud)

- Après prélèvement suivant CME 54.27, séparer l'échantillon en trois sous échantillons d'une masse légèrement supérieure à la quantité M à introduire dans le moule;
- Placer chaque sous-échantillon dans une boîte métallique fermée;
- Si nécessaire, laisser refroidir l'échantillon jusqu'à la température d'essai;
- Insérer la masse **M** (avec une exactitude de 0,1%) de mélange dans le moule.
- Replacer l'ensemble 40 ± 10 min dans l'étuve à la température de consigne;
- A la sortie de l'étuve, réaliser une mesure rapide de la T° du mélange dans les moules;
- Placer dans le moule sur le mélange, le papier de démoulage et la pastille métallique;

5.2.3. Echantillon en vrac prélevé sur site (froid)

- Si l'échantillon n'a pas été préalablement quarté, placer celui-ci dans une étuve à 125°C pendant maximum 2h;
- Dès que possible, désagréger et quarter le mélange afin d'obtenir trois sous-échantillons d'une masse légèrement supérieure à la quantité M à introduire dans le moule;
- Placer chaque sous-échantillon dans une boîte métallique fermée;
- Introduire les trois boîtes dans une étuve à la température de consigne ;
- Vérifier fréquemment l'évolution de la T°;

Remarque: le temps de séjour des sous échantillons dans cette étuve ne peut dépasser 2 h pour les moules Ø 100 et 4h pour les moules Ø 150

- Dès que les sous-échantillons ont atteint la T° de référence, lubrifier le moule à l'aide de graisse de silicone ou autre huile adéquate;

- Insérer la masse M (avec une exactitude de 0,1%) de mélange dans le moule (voir 4.1.2.).
- Placer dans le moule sur le mélange, le papier de démoulage et la pastille métallique;

5.2.4. Carotte prélevée sur site

- Traiter le nombre de carottes nécessaire à l'obtention de la masse requise pour la réalisation des trois déterminations (également fonction du Dmax);
- Placer la(/les) carotte(s) dans une étuve à 125°C pendant maximum 2h;
- Dès que possible, désagréger et quarter le mélange afin d'obtenir trois sous-échantillons d'une masse légèrement supérieure à la quantité M à introduire dans le moule;
- Placer chaque sous-échantillon dans une boîte métallique fermée;
- Introduire les trois boîtes dans une étuve à la température de consigne ;
- Vérifier fréquemment l'évolution de la T°;

Remarque: le temps de séjour des sous échantillons dans cette étuve ne peut dépasser 2 h pour les moules Ø 100 et 4h pour les moules Ø 150

- Dès que les sous-échantillons ont atteint la T° de référence, lubrifier le moule à l'aide de graisse de silicone ou autre huile adéquate;
- Insérer la masse M (avec une exactitude de 0,1%) de mélange dans le moule (voir 4.1.2.);
- Placer dans le moule sur le mélange, le papier de démoulage et la pastille métallique;

5.3. Compactage du mélange hydrocarboné en vue de la détermination du pourcentage de vide

- Mettre la P.C.G. sous tension et commencer l'essai (compactage de 0 à 200 girations);
- Une fois l'essai terminé, démouler les éprouvettes à l'aide du vérin adapté;

5.4. Compactage du mélange hydrocarboné en vue de la confection d'éprouvettes.

- Mettre la P.C.G. sous tension et commencer l'essai en faisant varier les paramètres : M (masse à introduire), Hmin, nombre de girations et/ou densité souhaitée, et ce, en fonction de l'application (ex: CME 54.40,…);
- Laisser refroidir 10min puis démouler les éprouvettes à l'aide du vérin adapté;
- Scier les deux extrémités de l'éprouvette;

6. CALCULS ET EXPRESSION DES RESULTATS

Le pourcentage de vides de chaque détermination à n girations est calculé comme suit:

$$V_{(ng)} = \frac{MVR - MVA_G}{MVR} x100$$

Avec:
- $V_{(ng)}$ = pourcentage de vide à n girations ; à 0,1% près;
- MVR = masse volumique réelle (déterminée suivant CME 54.09. § 5.4.), en kg/m³ à 1 kg/m³ près;
- MVAG = masse volumique apparente géométrique calculée en fonction de $h_{(ng)}$ à 1 kg/m³ près;

Le résultat d'essai final correspond à la moyenne des trois déterminations élémentaires, exprimée à 0,1% près.

Critère d'acceptation de l'essai :
le coefficient de variation (C_v) entre les 3 déterminations de h doit être inférieur à 1,5%, et ce, à 25, 60, 100, 120 et 200 girations.

$$C_v = \frac{Etype_{3dét.}}{\bar{h}} x100$$

7. RAPPORT D'ESSAI

Le rapport d'essai doit comprendre au minimum les informations suivantes :

- Identification du mélange;
- Type et modèle de PCG;
- Informations techniques relatives à l'essai : Ø, h_{min}, vitesse, température de référence, angle d'inclinaison, force appliquée;
- Masse volumique réelle;
- Vide moyen, hauteur moyenne et masse volumique apparente moyenne à 25, 60, 100, 120 et 200 girations (dans le cas de la détermination du pourcentage de vide);
- Vide moyen, hauteur moyenne et masse volumique apparente moyenne au terme du compactage (dans le cas de la confection d'éprouvettes);

54.40 SENSIBILITE A L'EAU DES EPROUVETTES BITUMINEUSES (version 03/2015)

1. BUT DE L'ESSAI

Déterminer l'effet d'une saturation en eau dans un bain à température de conservation élevée sur les propriétés mécaniques.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

Comparer les résistances à la traction indirecte de deux lots de trois éprouvettes cylindriques d'un même mélange, soumis à deux conditionnements différents.

Le premier lot étant conservé sec et à température ambiante, le second étant saturé d'eau et conservé dans un bain à T° élevée.

La sensibilité à l'eau (ITSR) est le rapport entre la résistance à la traction indirecte de chacun des deux lots exprimé en pourcent.

3. REFERENCES NORMATIVES

- NBN EN 12697-6 (méthode D): Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 6: Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses (méthode géométrique)
- NBN EN 12697-12 (méthode A): Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 12: Détermination de la sensibilité à l'eau des éprouvettes bitumineuses.
- NBN EN 12697-23: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 23: Détermination de la résistance à la traction indirecte des éprouvettes bitumineuses.
- NBN EN 12697-27: Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 27: Prélèvements d'échantillons.
- NBN EN 12697-35: Mélanges bitumineux: Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 35: Malaxage en laboratoire.
- CME 54.39 Compactage giratoire.

4. APPAREILLAGE

- Machine d'essais de traction indirecte y compris cadre d'essai et bande de chargement conforme à la NBN EN 12697-23.
- Bain thermostatisé ou incubateur (40 et 15°C précis à ± 1°C).
- Sacs en plastique souple.
- Système de mise sous vide (pression résiduelle dans la cloche = 6,7 ± 0,3kPa en 10 ± 1 min).
- Dessiccateur avec plaque perforée.
- 1 balance précise à 0,1g avec un système de pesée sous eau.
- Thermomètre précis à ± 1°C
- Pied à coulisse précis à 0,1 mm.

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Dimensions des corps d'épreuve

Essai réalisé sur éprouvettes de chantier:	Ø (mm)	Energie de compactage
Eprouvette prélevée suivant NBN EN 12697-27	100 ± 5 mm	**note (1)**
note (1) Vérification dans le cas d'une teneur en liant ou d'une granulométrie non-conforme: 6 échantillons sont prélevés aléatoirement sur la section litigieuse. Vérification dans le cas d'une compacité relative ou d'un pourcentage de vides non-conforme: 3 x 2 échantillons sont prélevés dans les 3 zones considérées comme étant les plus problématique. Ces zones sont définies sur base des résultats d'essais réalisés en vue de la réception de l'enrobé.		

Essai réalisé sur éprouvettes fabriquées en laboratoire:	Ø (mm)	Energie de compactage
Eprouvette moulée suivant CME.54.39 §5.4	AC20 Base3-x: 150 ± 3mm Autre mélange: 100 ± 3mm	Minimum 25 girations ou voir **note (2)**
note (2) Les corps d'épreuve doivent être compactés, de manière à obtenir une MVA qui permet d'obtenir un % de vides correspondant à la valeur requise la plus élevée pour l'application locale. Ex: AC-14base 3-1 fourchette requise 4,5 à 10% la carotte est donc compactée à une densité permettant d'obtenir un % de vides de 10% avec un minimum de 25 girations. Par détermination, 6 corps d'épreuve cylindriques doivent être préparés de manière à obtenir l'épaisseur maximale disponible (avec un maximum de 75mm).		

5.2. Préparation

5.2.1. Eprouvette de chantier

- Essai réalisé sur carotte dont les faces sont sciées et/ou rectifiées sur ses deux faces.
- Déterminer la Masse volumique apparente géométrique des 6 éprouvettes ainsi obtenue.
- Répartir ceux- ci en 2 lots en respectant un écart max entre les moyennes de chaque lot:

MVA ≤ 30kg/m³.
Ep ≤ 5mm.

- Laisser reposer les corps d'épreuve pendant une période minimum de 16h dans le laboratoire avant de commencer la procédure de conservation.

5.2.2. Eprouvette moulée suivant CME.54.39 §5.4

- Réalisation d'un mélange conformément à la NBN EN 12697- 35,
- La masse de mélange M à introduire est à calculer en fonction de la masse volumique et/ou de la hauteur désirée pour l'essai en question.

$$M = \frac{10^{-6}.\pi.D^2.h_{min}.MVM}{4}$$

–

– Avec:
– D =diamètre du moule, en mm.
– h_{min} = hauteur minimale de l'éprouvette compactée. (correspond à un % de vides nul), en mm
    – h_{min} standard = 80 mm pour un moule de Ø 100mm
    – h_{min} standard = 120mm pour un moule de Ø 150mm
– M = masse du mélange à introduire dans le moule, en g.
– MVM = masse volumique maximum (liquide de mesure = eau), en kg/m³.
    – Pour une éprouvette standard Ø 100mm: M = 0,6283xMVM
    – Pour une éprouvette standard Ø 150mm: M=2,1206xMVM
    –

- Placer l'échantillon dans le moule, puis compacter celui-ci jusqu'à atteindre la densité voulue. cf §5.1 note (2)
- Démouler, scier/rectifier les deux extrémités puis, scier chaque éprouvette en deux parties égales.
- Déterminer la Masse volumique apparente géométrique des 6 éprouvettes ainsi obtenues
- Répartir ceux- ci en 2 lots en respectant un écart max entre les moyennes de chaque lot:

$$MVA \leq 30kg/m^3.$$
$$Ep \leq 5mm.$$

- Laisser reposer les corps d'épreuve pendant une période minimum de 16h dans le laboratoire avant de commencer la procédure de conservation.

5.3. Conditionnement des éprouvettes

5.3.1. Corps d'épreuve secs:

Lot 1: 3 éprouvettes sont conservées à température ambiante (20±5°C) sur une surface plane.

5.3.2. Corps d'épreuve humides:

Lot 2: 3 éprouvettes sont placées sur une plaque perforée dans une cloche à vide ou un cristallisoir puis la/le remplir d'eau distillée, le niveau d'eau étant 20mm au-dessus de la face sup. des échantillons.

- Mettre sous vide (6,7 ± 0,3kPa en 10 ± 1 min). rem: faire chuter la pression progressivement.
- Maintenir le vide pendant 30 ± 5 min
- Retour à la pression atmosphérique "progressif".
- Laisser les échantillons sous eau 30 ± 5 min supplémentaires
- Mesurer les dimensions des corps d'épreuve suivant NBN EN 12697-29
- Déterminer le volume des corps d'épreuve
- Ecarter ceux dont le volume a augmenté de + de 2%
- Placer les éprouvettes dans un bain d'eau à 40 ± 1°C pendant 70 ± 2 heures

5.4. Essai de traction indirecte

5.4.1. Mise à température des éprouvettes pour essai de traction

Corps d'épreuve secs: maintenir les échantillons à 15 ± 2°C pendant minimum 2 heures. Soit sous plastique dans un bain d'eau soit dans un incubateur.

Corps d'épreuve humides: Placer directement les éprouvettes dans un bain d'eau à 15± 2°C pendant minimum 2 heures.

Moins d'une minute après la sortie du bain, chaque éprouvette est soumise à l'essai de traction indirecte suivant NBN EN 12697-23.

6. CALCUL ET EXPRESSION DES RESULTATS

$$ITSR = 100 x ITS_w / ITS_d$$

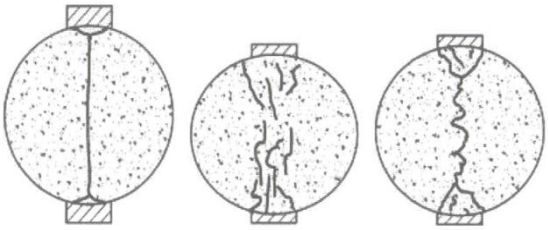
Avec:
ITSR = Rapport des résistances à la traction indirecte (%)
ITSW = Moyenne des résistances à la traction indirecte du lot "humide" (kPa)
ITSd = Moyenne des résistances à la traction indirecte du lot "sec" (kPa)

7. RAPPORT D'ESSAIS

Le rapport d'essais doit comprendre au minimum les informations suivantes:

- Type de mélange et de corps d'épreuve *(échantillons de labo ou carottes de chantier).*
- Valeurs moyennes du Ø, la hauteur et la $MVA_{géom}$.
- Résistance à la traction indirecte moyenne de chacun des deux lots.
- Valeurs de ITSR.
- Type de rupture*.

* :



54.41 COULEUR DE L'ENROBE COLORE

54.42 AGGREGAT D'ENROBES BITUMINEUX: DETECTION DE GOUDRON (version 11/2012)

1. BUT DE L'ESSAI

Détecter la présence éventuelle de goudron dans un agrégat d'enrobés bitumineux afin de déterminer si l'enrobé bitumineux peut être recyclé dans un nouveau mélange hydrocarboné.

2. PRINCIPE DE LA METHODE

La méthode consiste en :
- une détermination directe à l'aide du PAK-marker®;
- une vérification éventuelle de la présence de goudron par solubilisation sélective.

3. RÉFÉRENCES

Pour le PAK-marker:
- TRA M10/11: toepassingsreglement voor de certificatie van de milieuhygiënische kwaliteit van puin- en sorteerzeefgranulaten volgens het eenheidsreglement van de OVAM

Pour la méthode par solubilisation sélective:
- Méthode SPW

4. APPAREILLAGE

Pour le PAK-marker:
- Bombe PAK-marker®

Pour la méthode par solubilisation sélective:
- Papier absorbant de couleur blanche (type papier-filtre)
- Diméthylsulfoxyde (DMSO)

5. MODE OPERATOIRE

5.1. Méthode PAK-marker®

Bien agiter la bombe avant utilisation (minimum 30 s).

En cas de test d'un agrégat d'enrobé bitumineux (AEB) en vrac, pulvériser un échantillon à granulométrie assez importante (taille des agrégats supérieure à 8 mm plutôt que fraisat fin) sur une surface d'environ 0.30 m X 0.30 m.

En cas de test sur carotte, pulvériser un trait de bombe sur toute la hauteur de la tranche de la carotte.

Laisser sécher.

L'échantillon est exempt de goudron si la coloration pulvérisée reste blanche. Une coloration jaunâtre est indicative de la présence de goudron. Dans ce cas, les pierres décolorées seront examinées (dans un environnement obscur ou semi-obscur) à l'aide d'une lampe à UV (longueur d'onde de 366 nm). Une confirmation par la méthode suivante (voir point 5.2) est réalisée.

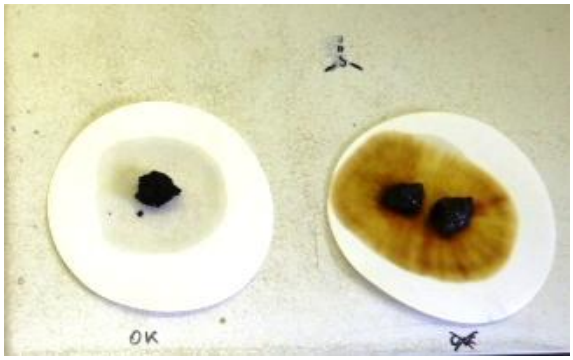
5.2. Méthode par solubilisation sélective

Disposer un échantillon contenant du liant hydrocarboné sur le papier.

Mouiller l'échantillon avec quelques gouttes de DMSO (diméthylsulfoxyde) en quantité telle que le papier s'humidifie.

Laisser le papier s'imprégner de solvant pendant 5 minutes.

Si une coloration orangée apparait sur le papier endéans les 5 minutes, l'échantillon contient des traces de goudron. L'intensité de l'orangé sera d'autant plus forte que la teneur en goudron sera élevée.



6. RAPPORT D'ESSAI

Le rapport d'essai doit au moins mentionner les informations suivantes :

- Etiquetage et provenance de l'échantillon;
- Si nécessaire, la référence de la couche et son épaisseur;
- La méthode utilisée;
- Le résultat: présence ou non de goudron.