ICS: 93.080.20

norme belge enregistrée

NBN EN 12697-31

2e éd., septembre 2007

Indice de classement: B 63

Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 31 : Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire

Bitumineuze mengsels - Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 31: Proefstukken verdicht met een gyratorverdichter

Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor

Autorisation de publication: 12 septembre 2007

Remplace NBN EN 12697-31 (2004).

La présente norme européenne EN 12697-31:2007 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

standards for .be

Bureau de Normalisation - Avenue de la Brabançonne 29 - 1000 Bruxelles - Belgique
Tél: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Banque 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOT BEB1 TVA: BE 0880.857.592

© NBN 2007

Prix: groupe 17

ICS: 93.080.20

Geregistreerde Belgische norm

NBN EN 12697-31

2e uitg., september 2007

Normklasse: B 63

Bitumineuze mengsels - Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 31: Proefstukken verdicht met een gyratorverdichter

Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 31 : Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire

Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor

Toelating tot publicatie: 12 september 2007

Vervangt NBN EN 12697-31 (2004).

Deze Europese norm EN 12697-31:2007 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Bureau voor Normalisatie Brabançonnelaan 29 B-1000 Brussel België
Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Bank 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOT BEB1 BTW: BE 0880.857.592

© NBN 2007

Prijsgroep: 17

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

EN 12697-31

Avril 2007

ICS 93.080.20

Remplace EN 12697-31:2004

Version Française

Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 31 : Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire

Asphalt - Prüfverfahren für Heißasphalt - Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter

Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 4 février 2007.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion du CEN ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion du CEN, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Centre de Gestion: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2007 CEN Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

Réf. n° EN 12697-31:2007 F

Sommaire

Page

Avant-propos 3

1 Domaine d'application 6

2 Références normatives 6

3 Termes, définitions et symboles 7
3.1 Termes et définitions 7
3.2 Symboles 8

4 Principe 9

5 Appareillage 9
5.1 Dispositif d’essai 9
5.2 Moules métalliques 10
5.3 Pastilles métalliques circulaires 10
5.4 Dispositif de mesurage de la distance entre les pastilles 11
5.5 Dispositif de comptage du nombre de girations pendant la rotation 11

6 Confection des éprouvettes 11
6.1 Masse de mélange à introduire dans le moule 11
6.2 Confection des éprouvettes 11

7 Mode opératoire d'essai 12
7.1 Réglage préalable 12
7.2 Compactage 13

8 Rapport d'essai 14

9 Fidélité 14

Bibliographie 30

Avant-propos

Le présent document (EN 12697-31:2007) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 227 “Matériaux pour les routes”, dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 2007, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en janvier 2008.

Le présent document remplace l’EN 12697-31:2004.

Ce document fait partie du groupe de normes énumérées ci-dessous :

EN 12697-1, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 1 : Teneur en liant soluble.*

EN 12697-2, *Mélange bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 2 : Granulométrie.*

EN 12697-3, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 3 : Récupération des bitumes : Evaporateur rotatif.*

EN 12697-4, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 4 : Extraction des bitumes à la colonne à distiller.*

EN 12697-5, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 5 : Masse volumique maximale (masse volumique réelle) des matériaux bitumineux.*

EN 12697-6, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 6 : Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses.*

EN 12697-7, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 7 : Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses par les rayons gamma.*

EN 12697-8, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 8 : Détermination des pourcentages de vides caractéristiques des éprouvettes bitumineuses.*

EN 12697-9, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 9 : Détermination de la masse volumique de référence.*

EN 12697-10, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 10 : Compactabilité*

EN 12697-11, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 11 : Détermination de l’affinité granulat-bitume.*

EN 12697-12, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 12 : Détermination de la sensibilité à l'eau des éprouvettes bitumineuses.*

EN 12697-13, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 13 : Mesure de la température.*

EN 12697-14, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 14 : Teneur en eau.*

EN 12697-15, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 15 : Détermination de la sensibilité à la ségrégation.*

EN 12697-16, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 16 : Abrasion par pneus à crampons.*

EN 12697-17, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 17 : Perte de matériau des éprouvettes d'enrobé drainant.*

EN 12697-18, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 18 : Essai d'égouttage du liant.*

EN 12697-19, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 19 : Perméabilité des éprouvettes.*

EN 12697-20, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 20 : Essai d'indentation sur cubes ou éprouvettes Marshall.*

EN 12697-21, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 21 : Essai d'indentation de plaques.*

EN 12697-22, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 22 : Essai d'orniérage.*

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.*

EN 12697-24, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 24 : Résistance à la fatigue.*

EN 12697-25, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 25 : Essai de compression cyclique.*

EN 12697-26, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 26 : Module de rigidité.*

EN 12697-27, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 27 : Prélèvements d'échantillons.*

EN 12697-28, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 28 : Préparation des échantillons pour la détermination de la teneur en liant, de la teneur en eau et de la granularité.*

EN 12697-29, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 29 : Détermination des dimensions des éprouvettes d'enrobés hydrocarbonés.*

EN 12697-30, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 30 : Confection d'éprouvettes par compacteur à impact.*

EN 12697-31, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 31 : Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire.*

EN 12697-32, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 32 : Compactage en laboratoire de mélanges bitumineux par compacteur vibratoire.*

EN 12697-33*, Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 33 : Confection d'éprouvettes au compacteur de plaque.*

EN 12697-34, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 34 : Essai Marshall.*

EN 12697-35*, Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 35 : Malaxage en laboratoire.*

EN 12697-36, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 36 : Détermination des épaisseurs de chaussée bitumineuse.*

EN 12697-37, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 37 : Essai au sable chaud de l'adhésion du liant sur des gravillons pré-enrobés pour HRA (hot rolled asphalt).*

EN 12697-38, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 38 : Appareillage commun, calibrage et étalonnage.*

EN 12697-39, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 39 : Détermination de la teneur en liant par calcination.*

EN 12697-40, Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 40 : Drainabilité in situ.

EN 12697-41, Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 41 : Résistance aux fluides de déverglaçage.

EN 12697-42, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 42 : Quantité de matériaux grossiers étrangers présents dans les agrégats d'enrobés.*

EN 12697-43, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 43 : Résistance aux carburants.*

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

1 Domaine d'application

La présente Norme Européenne spécifie la méthode de compactage des éprouvettes cylindriques de mélanges bitumineux à l'aide d'une presse à compactage giratoire. Ce type de compactage est obtenu en combinant une action de cisaillement rotative et une force résultante axiale appliquée par une tête mécanique.

Cette méthode est utilisée pour :

a) la détermination du pourcentage de vides d'une éprouvette pour un nombre de girations donné ou pour la dérivation d'une courbe de la masse volumique (ou pourcentage de vides) en fonction du nombre de girations ;

b) la confection d'éprouvettes d'une hauteur donnée et/ou à une masse volumique prédéterminée, pour réaliser par la suite des essais de leurs propriétés mécaniques.

L'équipement utilisé dans le cadre de cette méthode doit être conforme à l'Annexe A, à l'Annexe B ou à l'Annexe C.

NOTE L'Annexe A convient pour l'évaluation du pourcentage de vides et pour effectuer des recherches dans le domaine du compactage tandis que les Annexes B et C ont pour objet de permettre la confection d'éprouvettes en vue des essais mécaniques.

La présente Norme Européenne s'applique aux mélanges bitumineux (à la fois ceux confectionnés en laboratoire et ceux provenant d'un prélèvement de chantier), ayant une dimension granulaire maximale inférieure à 31,5 mm.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

EN 12697-5, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 5 : Masse volumique maximale (masse volumique réelle) des matériaux bitumineux*.

EN 12697-6, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 6 : Détermination de la masse volumique apparente des éprouvettes bitumineuses*.

EN 12697-8, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 8 : Détermination des pourcentages de vides caractéristiques des éprouvettes bitumineuses*.

EN 12697-27, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 27 : Prélèvements d'échantillons*.

EN 12697-35, *Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 35 : Malaxage en laboratoire*.

EN 13108-1, *Enrobés bitumineux — Spécifications relatives au matériau — Partie 1 : Béton bitumineux.*

EN ISO 4287, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface : méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface (ISO 4287:1997).*

EN ISO 6508-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Rockwell — Partie 1 : Méthode d'essai (échelles A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) (ISO 6508-1:2005).*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1
type de presse à cisaillement giratoire
exemplaire représentatif d'une production donnée de presse à cisaillement giratoire

3.1.2
chaîne de calibrage angle et force
la force F et l'angle ϕ déterminés pour un type de presse à cisaillement giratoire tels qu'ils soient conformes aux exigences requises des matériaux centraux de référence selon le Tableau A.1

NOTE Les presses à cisaillement giratoire appartenant au même type sont réglées aux valeurs de F et de ϕ déterminées. La conformité d'une presse à compactage giratoire à un type peut être vérifiée en réalisant un essai comparatif sur des matériaux bitumineux ou en contrôlant les variations de l'angle interne conformément à la description donnée en A.3.3.

3.1.3
matériaux centraux de référence
deux mélanges bitumineux, élaborés dans des conditions définies à partir de constituants stockés sur un site donné ; leur composition n'est pas spécifiée, mais leur pourcentage de vides (dont la variabilité est maîtrisée) est spécifié pour des nombres de girations donnés

NOTE Les caractéristiques des matériaux centraux de référence sont décrites au Tableau A.1.

3.1.4
angle interne
angle formé par le plan transversal à l'intérieur du moule avec la pastille métallique, lorsqu'un moule est soumis à des girations dans une presse à compactage giratoire

3.1.5
angle interne supérieur
angle formé par le plan transversal à l'intérieur du moule avec la pastille métallique supérieure, lorsqu'un moule est soumis à des girations dans une presse à compactage giratoire

3.1.6
angle interne inférieur
angle formé par le plan transversal à l'intérieur du moule avec la pastille métallique inférieure, lorsqu'un moule est soumis à des girations dans une presse à compactage giratoire

3.1.7
angle interne effectif
moyenne de l'angle interne supérieur et de l'angle interne inférieur

3.1.8
excentricité
distance, *e*, par rapport à l'axe de giration à laquelle une force, F, exerce une action ? à l'une des extrémités d'un moule d'une presse à cisaillement giratoire

NOTE L'excentricité est illustrée sur la Figure C.1.

3.1.9
moment d'inclinaison
produit de l'excentricité, *e*, et de la force, F, agissant à l'une des extrémités d'un moule d'une presse à cisaillement giratoire, dans une direction parallèle à l'axe de giration

NOTE Le moment d'inclinaison est illustré sur la Figure C.1.

3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants s'appliquent.

α est l'angle interne, en degrés (°) ;

ϕ est l'angle d'inclinaison de l'axe de l'éprouvette, en degrés (°) ;

F est la force résultante axiale applicable aux extrémités de l'éprouvette, en newtons (N) ;

. est la vitesse de rotation de l'axe de symétrie de révolution de l'éprouvette, en tours par minute (t/min) ;

D est le diamètre interne du moule, en millimètres (mm) ;

M est la masse du mélange à introduire dans le moule, en kilogrammes (kg) ;

$\cdot_{\mathrm{M}}$ est la masse volumique réelle du mélange, en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3) ;

$h_{\min}$ est la hauteur minimale de l'éprouvette compactée, correspondant à un pourcentage de vides nul, en millimètres (mm) ;

$h(n_g)$ est la hauteur de l'éprouvette après un nombre de girations, n_g, en millimètres (mm) ;

$\cdot(n_g)$ est la masse volumique apparente de l'éprouvette après un nombre de girations, n_g, en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3) ;

P est la pré-charge, valeur initiale de F, en newtons (N) ;

$v_{\%}$ est le pourcentage de vides, (%) ;

e est l'excentricité, en millimètres (mm) ;

$ITa_{1...4}$ est l'angle interne supérieur mesuré (4 mesurages individuels) ;

$ITa_{\min}$ est l'angle interne supérieur minimal mesuré (parmi 4 mesurages) ;

$ITa_{\max}$ est l'angle interne supérieur maximal mesuré (parmi 4 mesurages) ;

ITA est l'angle interne supérieur (moyenne de 4 mesurages) ;

ITA_{240} est l'angle interne supérieur pour un moment d'inclinaison de 240 Nm ;

$IBa_{1...4}$ est l'angle interne inférieur mesuré (4 mesurages individuels) ;

$IBa_{\min}$ est l'angle interne inférieur minimal mesuré (parmi 4 mesurages) ;

$IBa_{\max}$ est l'angle interne inférieur maximal mesuré (parmi 4 mesurages) ;

IBA est l'angle interne inférieur (moyenne de 4 mesurages) ;

IBA_{240} est l'angle interne inférieur pour un moment d'inclinaison de 240 Nm ;

IEA est l'angle interne effectif (moyenne de *ITA* et de *IBA*) ;

IEA_{240} est l'angle interne effectif pour un moment d'inclinaison de 240 Nm ;

IEA_{425} est l'angle interne effectif pour un moment d'inclinaison de 425 Nm ;

$\alpha_{TB(240)}$ est la différence entre *ITA* et *IBA pour 240 Nm* ;

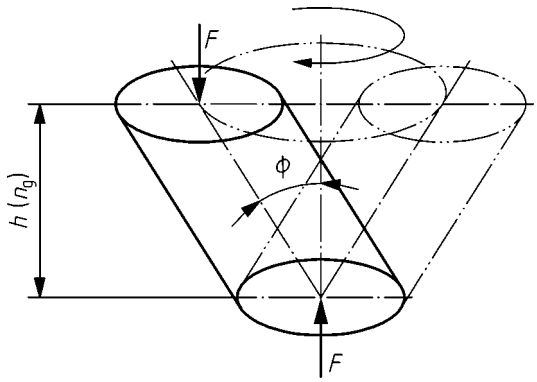
$\alpha_{TB(425)}$ est la différence entre *ITA* et *IBA pour 425 Nm* ;

α_{LH} est la différence entre IEA_{240} et IEA_{425}.

4 Principe

Le mélange bitumineux est contenu dans un moule cylindrique délimité par des pastilles et conservé à une température constante comprise dans les tolérances spécifiées pendant toute la durée de l'essai.

Le compactage est réalisé par l'action simultanée d'une faible compression statique et de l'action de cisaillement résultant du mouvement de l'axe du moule qui génère une surface conique de révolution, de sommet O et d'angle 2 ϕ, au niveau du sommet. Il convient que les extrémités de l'éprouvette restent, idéalement, perpendiculaires à l'axe de la surface conique (voir Figure 1).



Légende

F Force axiale résultante

$h\ (n_g)$ Hauteur de l'éprouvette après *n* girations

ϕ Angle

Figure 1 — Schéma du mouvement de l'éprouvette

NOTE Lorsque l'éprouvette est extraite de l'appareillage pour d'autres essais mécaniques, la température et la pression changent et peuvent avoir une incidence sur la masse volumique mesurée. Il convient de mesurer la masse volumique conformément à la partie pertinente de l'EN 12697-6.

5 Appareillage

5.1 Dispositif d'essai

Dispositif d'essai :

. permettant à l'éprouvette d'être soumise à une contrainte conformément au principe décrit à l'article 4 et conformément aux exigences de l'article 7 relatives à l'angle et à la force ;

. capable de maintenir, au moins en un point à proximité du plan médian, situé entre 30 mm et 45 mm de l'axe du moule, la température d'essai prescrite à ±10 °C près pendant l'essai ;

. capable de maintenir constante la vitesse de rotation pendant l'essai à ± 10 % près, à une vitesse inférieure à 32 tr/min.

L'angle et la force doivent être conformes aux dispositions de l'Annexe A, de l'Annexe B ou de l'Annexe C.

NOTE L'Annexe A convient pour l'évaluation du pourcentage de vides et pour effectuer des études dans le domaine du compactage tandis que les Annexes B et C ont pour objet de permettre la confection d'éprouvettes en vue d'essais mécaniques.

5.2 Moules métalliques

Moules métalliques,

. présentant en surface une dureté supérieure à 48 HRC selon l'EN ISO 6508-1;

. ayant soit :

  . une rugosité *Ra* inférieure à 1 ∝m selon l'EN ISO 4287; soit

  . une rugosité initiale inférieure à 0,8 µm selon l'EN ISO 4287 et sans défaut, rayure ou trace visible à l'œil nu ;

. ayant dans la zone en contact avec le matériau pendant le compactage, un diamètre intérieur de (150,0 ± 0,1) mm ou (160,0 ± 0,1) mm ou (100,0 ± 0,1) mm ;

. ayant une hauteur compatible avec le volume de matériau nécessaire pour l'éprouvette pendant l'essai ;

. ayant une épaisseur supérieure à 7,5 mm.

5.3 Pastilles métalliques circulaires

Des pastilles métalliques circulaires :

. ayant une surface active plane à ± 0,1 mm près (la surface devant être en contact avec le matériau) ;

. ayant une dureté de surface d'au moins 55 HRC selon l'EN ISO 6508-1 ;

. ayant soit une rugosité *Ra* inférieure à 0,8 µm selon l'EN ISO 4287, soit une rugosité initiale inférieure à 0,8 µm selon l'EN ISO 4287, et sans défaut, rayure ou trace visible à l'œil nu ;

. ayant une forme appropriée à la cinétique du mouvement et un diamètre tel que le jeu pastille/moule soit compris entre 0,1 mm et 0,6 mm.

5.4 Dispositif de mesurage de la distance entre les pastilles

5.5 Dispositif de comptage du nombre de girations pendant la rotation

6 Confection des éprouvettes

6.1 Masse de mélange à introduire dans le moule

6.1.1 Préparation des éprouvettes en vue d'autres essais mécaniques

La masse, M, du mélange à introduire dans le moule doit être calculée à partir de la masse volumique requise et du volume des éprouvettes.

6.1.2 Préparation des éprouvettes pour répondre à l'exigence concernant le pourcentage de vides

La masse, M, du mélange à introduire dans le moule doit être déterminée par l'Equation (1) à partir de la masse volumique réelle ρ_M, du mélange, déterminée conformément à l'EN 12697-5 en utilisant de l'eau, et à partir de la hauteur minimale de l'éprouvette compactée h_{min} correspondant à un pourcentage de vide nul :

$$M = 10^{-9} \pi \frac{D^2}{4} h_{min} \cdot \rho_M \qquad (1)$$

où

M est la masse du mélange à introduire dans le moule, en kilogrammes (kg) ;

D est le diamètre interne du moule, en millimètres (mm) ;

h_{min} est la hauteur minimale de l'éprouvette compactée, correspondant à un pourcentage de vide nul, en millimètres (mm) ;

ρ_M est la masse volumique réelle du mélange, en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3).

Pour un type donné de presse à cisaillement giratoire calibré conformément à l'Annexe A, h_{min} sera constante. Le rapport de h_{min} au diamètre interne du moule, D, doit être compris entre 0,66 et 1,05.

6.2 Confection des éprouvettes

Si le mélange bitumineux est préparé en laboratoire, il doit être préparé conformément à l'EN 12697-35.

S'il est prélevé ou carotté dans une couche compactée, les dimensions de l'échantillon doivent être telles que la masse, M, prescrite en 6.1.2 puisse y être prélevée.

Si la dimension nominale maximale des granulats est inférieure ou égale à 16 mm, le diamètre des éprouvettes doit être de 100 mm, 150 mm ou 160 mm. Si la dimension maximale nominale des granulats est supérieure à 16 mm, le diamètre des éprouvettes doit être de 150 mm ou 160 mm.

Les opérations suivantes doivent être effectuées :

- placer les moules et les pastilles pendant au moins 2 h dans une enceinte portée à la température d'essai, à ± 10 °C près ;
- lubrifier les moules avec un film de graisse de silicone ou d'oléate de soude glycériné appliqué à l'aide d'un pinceau ;

- si l'échantillon a été découpé ou carotté dans une couche compactée, l'amener à une température à laquelle le mélange bitumineux est suffisamment friable pour que la masse prescrite, M, puisse être prélevée ;

- peser le moule et les pastilles, remplir le moule avec le mélange à l'aide d'un entonnoir, puis peser le moule contenant le mélange et les pastilles, de façon à obtenir la masse prescrite, M, du mélange bitumineux dans le moule, avec une exactitude de 0,1 % ;

- sinon, peser la masse, M, du mélange bitumineux dans un conteneur intermédiaire, avec une exactitude de 0,1 %, et introduire le mélange bitumineux dans le moule à l'aide d'un entonnoir en une seule opération.

NOTE Le moule rempli, l'éprouvette et les pastilles sont généralement stockés dans une enceinte à la température d'essai, à ± 10 °C près, pendant une durée comprise entre 30 min et 2 h. Toutefois, pour les SMA, il y a un risque de ségrégation.

7 Mode opératoire d'essai

7.1 Réglage préalable

7.1.1 Pré-charge

Dans le cas d'application d'une pré-charge P, celle-ci doit être comprise entre 150 N et 3 000 N inclus.

7.1.2 Force F

La force F est définie en A.3.2 en vue de la détermination du pourcentage de vides et en B.4.1 ou C.1, pour les éprouvettes soumises aux autres essais mécaniques.

7.1.3 Réglage de l'angle d'inclinaison

L'angle doit être conforme aux dispositions de l'Annexe A, de l'Annexe B ou de l'Annexe C.

NOTE L'Annexe A convient, en particulier, pour effectuer des études dans le domaine du compactage tandis que les Annexes B et C ont pour objet de permettre la confection d'éprouvettes en vue d'essais mécaniques. Si ces deux activités doivent être couvertes, il est recommandé d'appliquer l'Annexe B ou C. Cependant, il convient de souligner que les presses à compactage giratoire calibrées conformément à l'Annexe A peuvent également servir à confectionner des éprouvettes en vue d'essais mécaniques bien que cette option ne soit pas recommandée.

Pour l'Annexe A, le réglage de l'angle ϕ du type est vérifié sur la base d'un essai conduit sur des matériaux centraux de référence avec le modèle représentatif conforme aux dispositions de A.1. Les conditions minimales de conformité d'un modèle de presse à cisaillement giratoire à un modèle normalisé sont définies en A.2. Le réglage de l'angle d'inclinaison α ou ϕ est celui qui est déterminé pour la presse à cisaillement giratoire conformément aux dispositions de A.2 à ± 0,02 ° près.

7.1.4 Vitesse de rotation

La vitesse de rotation doit rester constante pendant l'essai, à ± 10 % près.

7.1.5 Température

Les températures de compactage doivent être celles indiquées dans l'EN 12697-35.

7.2 Compactage

7.2.1 Début du compactage

Placer le moule contenant le mélange et les pastilles dans le dispositif d'essai.

Dans le cas d'une pré-charge, celle-ci doit être appliquée pendant un intervalle de moins de 30 s. La tête mécanique étant en contact avec la pastille supérieure, mettre en rotation la machine. La charge F et l'angle d'inclinaison ϕ doivent être appliqués pendant la première giration.

Dans les autres cas, appliquer la charge F et l'angle d'inclinaison ϕ et mettre la machine en rotation.

7.2.2 Eprouvettes en vue de la détermination du pourcentage de vides

Sans interrompre la rotation, mesurer la hauteur de l'éprouvette $h(n_g)$, à ± 0,2 mm près, pour les nombres de girations suivants : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, et si nécessaire 120, 150, 200, 300, 400, 500 girations.

A partir de l'Equation (2), calculer le pourcentage de vides moyen $v(n_g)$, conformément à l'EN 12697-8, pour chaque nombre de girations spécifié n_g.

$$v\left(n_g\right)\% = 100\left[\frac{h\left(n_g\right) - h_{min}}{h\left(n_g\right)}\right] \qquad (2)$$

où

$v(n_g)$ est le pourcentage de vides après un nombre de girations n_g, (%) ;

$h(n_g)$ est la hauteur de l'éprouvette après un nombre de girations n_g, en millimètres (mm) ;

h_{min} est la hauteur minimale de l'éprouvette compactée, correspondant à un pourcentage de vide nul, en millimètres (mm).

Sauf indication contraire, si le résultat de l'essai doit être interprété isolément, un résultat d'essai sur un mélange donné doit correspondre à la moyenne d'au moins trois déterminations élémentaires.

Si le coefficient de variation des hauteurs des éprouvettes est supérieur à 1,5 % pour un nombre de girations supérieur à 20, l'essai doit être rejeté.

7.2.3 Eprouvettes pour d'autres essais

Lorsque la hauteur requise de l'éprouvette est atteinte, arrêter la rotation de la machine.

Si d'autres essais sont requis, l'éprouvette doit être soumise à essai perpendiculairement à ses axes en utilisant l'une des trois méthodes ci-dessous :

- appliquer deux à dix révolutions supplémentaires, l'angle ϕ étant progressivement ou graduellement amené à zéro ;
- sortir le moule de la presse à compactage giratoire, appliquer, sur les pastilles, une charge statique de (8 000 ± 500) N pour les éprouvettes de diamètre 100 mm ou de (20 000 ± 1 000) N pour les éprouvettes de diamètre 150 mm ou 160 mm, parallèlement à l'axe du moule ;
- découper à la scie les extrémités.

Extruder l'éprouvette du moule à l'aide d'un vérin, si nécessaire, après l'avoir laissée refroidir pendant 5 min à 10 min.

Avant d'utiliser l'éprouvette pour d'autres essais, le cas échéant, déterminer sa masse volumique par la méthode appropriée conformément à l'EN 12697-6.

8 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit faire référence à la présente Norme européenne, à savoir l'EN 12697-31, et doit inclure au moins les informations suivantes :

a) identification du mélange ;

b) méthode de production du mélange ou, s'il a été échantillonné à partir d'une couche compactée, dimensions et localisation de l'échantillon ;

c) type et modèle de presse à cisaillement giratoire ;

d) conditions d'essai (diamètre et hauteur h_{min} de l'éprouvette, vitesse de rotation, température d'essai, angle d'inclinaison, force F) ;

e) méthode de calibrage (Annexe A, Annexe B ou Annexe C).

Si le mode opératoire est utilisé pour confectionner des éprouvettes :

f) hauteur de l'éprouvette et sa masse volumique apparente.

Si l'essai est utilisé pour déterminer une courbe d'évolution de la masse volumique ou du pourcentage de vides en fonction du nombre de girations :

g) pourcentage de vides pour les nombres prescrits de girations.

Dans les deux cas, le rapport d'essai doit mentionner les détails opérationnels non spécifiés dans la présente Norme européenne, ainsi que toutes les anomalies, le cas échéant, pouvant avoir eu une incidence sur les résultats.

9 Fidélité

La répétabilité et la reproductibilité ont été déterminées selon l'Annexe A pour le pourcentage de vides à 60 girations.

. Répétitivité r = 0,950 % (variance V_r = 0,115) ;

. Reproductibilité R = 1,384 % (variance V_R = 0,244).

L'étude sur la répétabilité et la reproductibilité du compactage à l'aide d'une presse à cisaillement giratoire a été menée par 20 laboratoires travaillant avec le même type de dispositif d'essai, selon l'ISO 5725-2, dans les conditions suivantes :

. h_{min} = 150 mm, diamètre des moules = 160 mm ;

. un mélange bitumineux ;

. méthode de production du mélange ;

. nombre de répliques : 4.

Annexe A
(normative)

Mode opératoire de réglage de l'angle et de la force pour les différents types de presse à compactage giratoire, au moyen de matériaux centraux de référence

A.1 Domaine d'application

Ce mode opératoire s'applique aux presses à cisaillement giratoire et aux équipements qui leur sont associés, décrits dans le corps de la présente Norme européenne, produites selon un modèle de fabrication. La procédure s'applique à un seul exemplaire d'un modèle de presse à cisaillement giratoire fabriqué par un fournisseur d'équipements.

A.2 Principe

Un exemplaire-type d'un modèle de presse à cisaillement giratoire doit être utilisé pour compacter les échantillons de deux mélanges bitumineux centraux de référence. L'angle interne est réglé de manière à obtenir des fourchettes de pourcentages de vides aux nombres fixés de girations, sous l'effet d'une force définie. L'angle interne ainsi obtenu, répondant aux critères fixés, peut être utilisé pour tous les exemplaires de ce modèle de presse à cisaillement giratoire.

A.3 Epreuve pour presse à cisaillement giratoire-type

A.3.1 Matériaux centraux de référence pour l'épreuve d'une presse à cisaillement giratoire-type

Les matériaux sont des mélanges bitumineux A et B.

Les mélanges A et B sont des enrobés bitumineux conformes à l'EN 13108-1. Les caractéristiques des mélanges sont fondées sur des performances concernant le pourcentage des vides.

Avec une machine conforme à la présente Norme Européenne, on obtient, avec les matériaux A et B, les pourcentages de vides spécifiques x_A, y_A, z_A et x_B, y_B, z_B aux seuils de girations 10, 100, 200 et 10, 40, 100.

Les valeurs de x_A, y_A, z_A et x_B, y_B, z_B , calculées comme moyenne d'au moins 27 essais élémentaires, doivent être comprises dans les intervalles du Tableau A.1. L'écart-type, calculé pour au moins 27 essais élémentaires pour les valeurs de chaque seuil de giration, doit être inférieur à 0,5 %.

Les valeurs de x_A, y_A, z_A et x_B, y_B, z_B, doivent être constantes à $\pm$ 0,2 % près.

Le Tableau A.2 donne un exemple de matériau A et de matériau B. Ces mélanges sont conformes aux prescriptions données dans le Tableau A.1 et répondent aux exigences requises en matière de valeurs constantes.

NOTE L'approche fondée sur les performances pour la définition des matériaux centraux de référence permet d'organiser une chaîne de calibrage en utilisant des mélanges constitués d'autres composants. Les mélanges centraux de référence peuvent ne pas être uniques.

Tableau A.1 — Spécifications concernant les pourcentages de vides des matériaux centraux de référence avec une presse à cisaillement giratoire conforme à la présente Norme européenne

Mélange	Nombre de girations	Pourcentage de vides %		Pourcentages de vides spécifiques des matériaux centraux de référence considérés %
		minimum	maximum	
A	10	14,0	18,0	x_A
	100	6,5	9,5	y_A
	200	4,5	7,5	z_A
B	10	8,0	12,0	x_B
	40	4,0	8,0	y_B
	100	2,0	5,0	z_B

Tableau A.2 — Exemple de matériaux A et B

Matériau / Dimension	Matériau A		Matériau B	
	Origine/Classe	Proportion	Origine	Proportion
Gravillon 10/14 mm	Maraîchères [a]	35 %		
Gravillon 6/10 mm	Maraîchères [a]	16,5 %	Maraîchères [a]	66 %
Gravillon 2/6 mm	Maraîchères [a]	24,5 %		
Sable 0/1 mm	Nemours [b]	11 %	Nemours [b]	27%
Filler	Airvaut [c]	13 %	Airvaut [c]	7 %
Bitume	50/70 pen	4,31 %	50/70 pen	5,03 %
Pourcentage de vides spécifique	x_A	16,4 %	x_A	10,6 %
	y_A	8,4 %	y_A	6,2 %
	z_A	6,5 %	z_A	3,6 %

[a] Maraîchères est d'origine éruptive.

[b] Nemours est d'origine éolienne.

[c] Airvaut est d'origine calcaire.

A.3.2 Force

L'appareillage doit appliquer une force *F* dont la valeur moyenne pendant l'essai est déterminée pour une presse à cisaillement giratoire.

Cette valeur déterminée est comprise :

. entre 11 500 N et 13 500 N pour les presses à cisaillement giratoire dotées de moules de 160 mm de diamètre ;

. entre 10 000 N et 12 000 N pour les presses à cisaillement giratoire dotées de moules de 150 mm de diamètre ;

. entre 4 500 N et 4 900 N pour les presses à cisaillement giratoire dotées de moules de 100 mm de diamètre.

Les valeurs moyennes de F, pendant un essai élémentaire, excepté une période de démarrage inférieure à 30 s, ne doivent pas s'écarter de la valeur déterminée, de plus de ± 250 N.

A.3.3 Essai portant sur l'angle d'une presse à cisaillement giratoire

Le réglage de l'angle est tel que, durant une épreuve expérimentale réalisée avec ce réglage d'angle et en utilisant au moins 27 éprouvettes de chacun des matériaux centraux de référence A et B, les moyennes des pourcentages de vide au nombre de girations requis, exprimé en pourcentage, soient conformes au Tableau A.3. L'écart-type, calculé pour au moins 27 éprouvettes pour chacun des seuils de girations mentionnés doit être inférieur ou égal à 0,5 %.

Tableau A.3 — Variations maximales des pourcentages de vide pour la vérification de l'angle

Nombre de rotations	10	40	100	200
Matériau A (moyenne d'au moins 27 éprouvettes)	$x_A \pm 0{,}50$	–	$y_A \pm 0{,}35$	$z_A \pm 0{,}35$
Matériau B (moyenne d'au moins 27 éprouvettes)	$x_B \pm 0{,}50$	$y_B \pm 0{,}35$	$z_B \pm 0{,}35$	–
Ecart type pour au moins 27 éprouvettes	= 0,5	= 0,5	= 0,5	= 0,5

A.4 Procédure visant à vérifier la conformité d'une presse à cisaillement giratoire à un type donné

Le fabricant atteste la conformité des exemplaires fournis, à un type particulier de presse à cisaillement giratoire.

L'attestation implique que si des essais sont réalisés au cours d'une épreuve comportant trois essais de compactage sur un mélange AC 10 ou AC 11,2 conforme à l'EN 13108-1, l'écart entre les valeurs moyennes du pourcentage de vides à 60 girations entre l'exemplaire fourni et une presse à compactage conforme à la présente Norme Européenne, est inférieur à 0,6 % sachant que l'écart type de chacun des deux groupes de neuf éprouvettes est inférieur à 0,5 %.

La conformité peut être obtenue lorsque l'angle giratoire interne α (angle entre la pastille supérieure et le moule et la pastille inférieure et le moule) est égal à l'angle interne du type de dispositif essayé à ± 0,02° près (la force F doit être conforme aux dispositions du Tableau A.1).

A.5 Résumé de la chaîne de calibrage des presses à cisaillement giratoire

Tableau A.4 — Résumé de la chaîne de calibrage des presses à cisaillement giratoire

Etape	Action	Procédure	Résultat	Observations
Etape 1	Matériaux centraux de référence A.1	Mélange A et mélange B avec le pourcentage de vides requis au nombre prescrit de girations. Ecart type (27 éprouvettes) du pourcentage de vides < 0,5% x_A, y_A, z_A, x_B, y_B, z_B constants	x_A, y_A, z_A x_B, y_B, z_B	Les matériaux centraux de référence peuvent ne pas être uniques
Etape 2	Recherche et réglage de l'angle et de la force pour une presse à cisaillement giratoire	Non décrit dans la présente Norme Européenne	Force Ft et angle ϕt estimés pour la presse de ce type	Pour ne pas consommer de matériaux de référence pour cette recherche, d'autres matériaux peuvent être utilisés
Etape 3	Essai de type pour le réglage de l'angle et de la force A.1	27 éprouvettes sur le mélange A et 27 éprouvettes sur le mélange B : être conforme en moyenne à X_A, Y_A, Z_A, X_B, Y_B, Z_B Ecart type sur le pourcentage de vide < 0,5 %	Force F_t et angle ϕt déterminés pour les presses de ce type	Epreuve fondée sur des performances
Etape 4	Conformité d'un exemplaire à un type A.2	Comparaison entre la machine candidate réglée à l'angle ϕt et à la force Ft et une machine conforme à cette Norme européenne : – soit en utilisant AC10 or AC11,5 (3 essais [9 éprouvettes] sur chaque machine. Critère: pourcentage de vides à 60 girations) – ou en utilisant la mesure d'angle interne	La presse est conforme à la présente Norme Européenne	
Etape 5	Vérifications périodiques	Essais croisés Vérification avec AC de l'étape 3 Vérification de la constance de l'angle interne		Non décrit dans la présente Norme Européenne

Annexe B
(normative)

Mode opératoire d'évaluation de l'angle interne de giration en utilisant un dispositif de mesure autocalibré

B.1 Domaine d'application

Ce mode opératoire s'applique aux presses à cisaillement giratoire et aux équipements associés, décrits dans le corps de la présente Norme européenne. Il est recommandé que la presse à cisaillement giratoire soit en état de fonctionnement à la pression de compactage de (600 ± 18) kPa et être munie d'un système de mesurage de la hauteur de l'éprouvette. Ce mode opératoire s'applique aux éprouvettes qui ont un diamètre de 150 mm et une hauteur compactée finale de (115 ± 5) mm.

B.2 Principe

Les presses à cisaillement giratoire sont utilisées pour produire des éprouvettes de mélange bitumineux en laboratoire dans le but d'évaluer et de prédire les performances d'une chaussée. Ces éprouvettes sont cylindriques avec un diamètre de 150 mm et une hauteur finale de 115 mm. Pour fabriquer une éprouvette à la presse à cisaillement giratoire, on dépose un mélange bitumineux foisonné à l'intérieur d'un moule métallique que l'on introduit ensuite dans une presse. Une pression de consolidation constante est appliquée à l'échantillon pendant que le moule décrit une giration à une vitesse et à un angle nominal constant (dénommé angle de giration). L'uniformité de la masse volumique des éprouvettes de mélange bitumineux produites a une importance cruciale pour la validité des essais réalisés. On produit des éprouvettes de masse volumique constante lorsque la presse à cisaillement giratoire conserve une pression constante et un angle de giration connu également constant durant l'opération de compactage. Pendant le calibrage, on mesure dynamiquement l'angle interne de giration de la presse en insérant un instrument dans le moule pendant le compactage du mélange. Les angles internes à chaque extrémité du moule sont mesurés, puis leur moyenne est calculée afin d'obtenir un angle effectif de giration.

NOTE 1 Il existe plusieurs fabricants et modèles de presses à cisaillement giratoire. Chaque modèle emploie sa propre méthode de réglage, d'asservissement et de maintien de l'angle de giration. Chaque modèle emploie également un système unique de calibrage pour mesurer l'angle de giration externe au moule. Ces systèmes de calibrage ne peuvent pas être utilisés de manière universelle sur tous les modèles de presses à cisaillement giratoire disponibles dans le commerce. Certaines hétérogénéités des éprouvettes de mélange bitumineux produites à l'aide de modèles de presses différents ont été attribuées aux variations de l'angle de giration.

NOTE 2 Ce mode opératoire fournit un moyen uniforme indépendant pour valider l'angle de giration de tout modèle de presse à cisaillement giratoire, quel qu'en soit le fabricant.

B.3 Appareillage

B.3.1 Instrument de mesure

Instrument autocalibré, conçu pour mesurer l'angle interne de giration de manière dynamique, au cours du compactage des mélanges bitumineux contenus dans le moule. L'instrument doit pouvoir être placé à l'intérieur d'un moule standard de presse à cisaillement giratoire, soit sur le mélange bitumineux, soit au-dessous, sans raccordement extérieur. Il doit être capable de mesurer et d'enregistrer l'angle de giration durant le cycle de compactage.

B.3.2 Cale d'angle statique

Une cale étalon d'angle comportant quatre angles intégrés est utilisée pour calibrer et vérifier le calibrage qui a été effectué par l'instrument de mesure. Cette cale doit être fabriquée en un matériau permettant une montée en température uniforme à 75 °C, sans déformation.

B.4 Mode opératoire

B.4.1 Généralités

Avant chaque utilisation de l'instrument de mesure, vérifier le système de mesurage des angles par rapport à un ensemble d'angles connus. La cale d'angle statique qui fournit un jeu de quatre angles statiques peut être utilisée pour confirmer que l'instrument de mesure fonctionne dans les limites du calibrage. L'instrument de mesure et la cale doivent être à la même température uniforme et stable pour garantir l'exactitude de la vérification.

NOTE 1 Il convient d'effectuer cette vérification de manière régulière avant d'utiliser l'instrument avec des mélanges bitumineux. La fréquence est fonction de l'utilisation de la presse à cisaillement giratoire. Etant donné que l'instrument de mesure s'échauffe lors de son emploi, il convient de le laisser refroidir à la température ambiante avant de l'utiliser dans la cale d'angle statique.

Préparer le mélange bitumineux approprié conformément à l'EN 12697-27 ou à l'EN 12697-35. Les masses d'éprouvette doivent être ajustées de façon à obtenir une éprouvette compactée ayant 150 mm de diamètre et une hauteur de (115 ± 5) mm au nombre requis de girations. La dimension nominale maximale des granulats des éprouvettes de mélange bitumineux doit être de 8 mm ou de 11,2 mm.

NOTE 2 Le nombre recommandé de girations en vue du mesurage de l'angle de giration est de 100. Ce nombre permet un équilibre entre la plus grande réduction possible de l'échauffement de l'instrument de mesure et la réalisation d'un échantillonnage adéquat des données angulaires lors du compactage de l'éprouvette à une masse volumique appropriée. Il est possible de spécifier d'autres niveaux de giration.

Le mélange doit être amené à la plage des températures de compactage par un chauffage uniforme dans une étuve avant moulage.

Introduire un moule propre dans une étuve à la température de compactage requise ± 5 °C et l'y laisser pendant au moins 45 min avant de procéder au compactage de la première éprouvette de mélange.

Vérifier les réglages de la presse à compacter. Sauf indication contraire, la presse à cisaillement giratoire doit être initialement réglée de manière à compacter l'éprouvette avec une pression de consolidation de (600 ± 18) kPa à une vitesse de giration de (30 ± 0,5) tr/min.

Préparer l'instrument de mesure en vue du recueil des données. Lorsque l'on fixe le délai de déclenchement de l'appareil d'enregistrement des données, il y a lieu de s'assurer que l'on a bien pris le temps d'assembler correctement le moule utilisé pour le compactage. Choisir une durée d'enregistrement des données dépassant le temps de giration prévu d'environ (45 ± 15) s.

Vérifier que les extrémités de la sonde et la base de l'instrument de mesure sont dépourvues de salissures. La température interne de l'instrument de mesure doit également être contrôlée pour garantir qu'elle ne dépassera pas la température de service admissible durant l'essai.

Dès que la température de l'éprouvette de mélange bitumineux s'inscrit dans la plage des températures de compactage, sortir un moule de l'étuve.

B.4.2 Détermination de l'angle inférieur

Mesurer l'angle interne inférieur en armant l'instrument de mesure et en plaçant ce dernier dans le moule en orientant sa base vers le fond du moule. Placer la plaque intermédiaire directement sur le haut de l'instrument de mesure, le biseau orienté vers l'instrument de mesure. Poser un disque de papier sur la plaque intermédiaire à l'intérieur du moule pour faciliter la séparation de l'éprouvette et de la plaque après l'opération de compactage.

Introduire rapidement l'échantillon de mélange dans le moule à l'aide d'un bol de transfert ou de tout autre dispositif approprié. Veiller à réduire le plus possible la ségrégation de l'échantillon dans le moule. Une fois le moule complètement rempli de mélange, poser un disque de papier sur l'échantillon pour éviter que le matériau n'adhère à la tête du vérin ou à la plaque supérieure du moule. Pour les presses giratoires qui nécessitent des pastilles supérieures en métal, placer la plaque supérieure du moule sur la surface supérieure du disque de papier.

Introduire le moule dans la presse à cisaillement giratoire. Faire démarrer l'opération de compactage dès que le compteur du logiciel de l'instrument de mesure indique que le recueil des données va bientôt commencer. La presse doit appliquer une pression verticale, induire l'angle et commencer le compactage. Effectuer le mesurage à l'aide de l'instrument et enregistrer l'angle interne à au moins 0,01° près à chaque rotation. Poursuivre le compactage jusqu'au nombre de girations voulu.

NOTE 1 Sur la plupart des presses à cisaillement giratoire, le démarrage est automatique ; il intervient suite à la pression que l'on exerce sur un bouton pour démarrer le processus de compactage.

Noter la valeur de mesure finale obtenue par la presse à cisaillement giratoire correspondant à la hauteur de l'éprouvette de mélange et de l'instrument de mesure.

NOTE 2 La hauteur finale enregistrée par la presse correspond à l'éprouvette, à l'instrument de mesure et à la plaque intermédiaire de l'instrument.

Sauvegarder le fichier de données obtenu par l'intermédiaire de l'instrument de mesure.

Vérifier que l'instrument de mesure a opéré une ou plusieurs rotations dans le moule pendant l'opération de compactage. Si tel est le cas, une simple répétition permet d'obtenir une bonne image de l'angle selon différentes orientations, pendant une rotation complète (en observant une régularité circulaire de la rotation) et les mesures ainsi réalisées permettent d'obtenir l'angle interne inférieur.

NOTE 3 Si l'on ne connaît pas encore le comportement en rotation de l'instrument de mesure, il peut être déterminé en suspendant provisoirement le compactage d'une éprouvette témoin toutes les 15 à 20 girations et en notant la position des sondes de l'instrument. Il est alors possible de trouver le nombre requis de girations pour une rotation complète. Pour déterminer la rotation de l'instrument de mesure, une autre méthode consiste à placer un morceau de ruban résistant aux températures élevées sur la paroi intérieure du moule en un emplacement approprié de manière à ce que seule, l'une des deux extrémités de la sonde de l'instrument soit en contact avec la paroi, le moule entraînant l'instrument de mesure. La sonde entrera en contact avec le ruban et produira un pic dans le signal correspondant à l'angle, ce qui permettra de contrôler la rotation de l'instrument de mesure. En général, l'instrument accomplit 1 à 3 rotations complètes pour 100 girations.

Si l'instrument de mesure ne tourne pas à l'intérieur du moule, une seconde série de répétitions est requise pendant laquelle il convient d'orienter les sondes de l'instrument avec un décalage de 90° par rapport à l'orientation qui avait été retenue la première fois. Ensuite on calcule la moyenne des valeurs de mesure fournies par l'instrument lors des deux répétitions et l'on obtient ainsi l'angle interne inférieur. Cette mesure de l'angle interne inférieur est considérée comme une seule réplique.

B.4.3 Détermination de l'angle supérieur

Mesurer l'angle interne supérieur en plaçant un disque de papier sur la plaque du fond du moule pour faciliter la séparation de l'éprouvette et de la plaque après l'opération de compactage. Introduire rapidement le mélange dans le moule à l'aide d'un bol de transfert ou de tout autre dispositif approprié. Veiller à réduire le plus possible la ségrégation du mélange dans le moule. Une fois le moule complètement rempli de mélange, poser un disque de papier sur l'échantillon pour éviter que le matériau n'adhère à la plaque intermédiaire de l'instrument de mesure.

Placer la plaque intermédiaire de l'instrument de mesure sur l'éprouvette de mélange bitumineux (disque de papier), le biseau n'étant pas orienté vers le mélange. Armer l'instrument de mesure, puis le placer sur la plaque intermédiaire à l'intérieur du moule. Orienter la base de l'instrument de mesure vers la partie supérieure du moule. Pour les presses giratoires qui nécessitent normalement des plaques supérieures de moule, placer ladite plaque sur la surface supérieure de l'instrument.

Introduire le moule dans la presse à cisaillement giratoire et faire démarrer l'opération de compactage dès que le compteur du logiciel de l'instrument de mesure indique que le recueil des données va bientôt commencer. La presse doit appliquer une pression verticale, induire l'angle et commencer le compactage. Poursuivre le compactage jusqu'au nombre de girations voulu.

NOTE 1 Sur la plupart des presses à cisaillement giratoire, le démarrage est automatique ; il intervient suite à la pression que l'on exerce sur un bouton pour démarrer le processus de compactage.

Noter la valeur de la hauteur finale obtenue par la presse à cisaillement giratoire, correspondant à la hauteur de l'éprouvette de mélange et de l'instrument de mesure. Sauvegarder le fichier de données obtenu par l'intermédiaire de l'instrument de mesure.

NOTE 2 La hauteur finale enregistrée par la presse correspond à l'instrument de mesure et à la plaque intermédiaire de l'instrument.

Vérifier que l'instrument de mesure a opéré une ou plusieurs rotations dans le moule pendant l'opération de compactage. Si tel est le cas, une simple répétition permet d'obtenir une bonne image de l'angle selon différentes orientations, pendant une rotation complète (en observant une régularité circulaire de la rotation) et les mesures fournies par l'instrument lors de cette répétition doivent donner l'angle interne inférieur.

NOTE 3 Si l'on ne connaît pas encore le comportement en rotation de l'instrument de mesure, il peut être déterminé en suspendant provisoirement le compactage d'une éprouvette témoin toutes les 15 à 20 girations et en notant la position des sondes de l'instrument. Il est alors possible de trouver le nombre requis de girations pour une rotation complète. En général, l'instrument accomplit 1 à 3 rotations complètes pour 100 girations.

Si l'instrument de mesure ne tourne pas à l'intérieur du moule, une seconde série de répétitions est requise pendant laquelle les sondes de l'instrument doivent être orientées avec un décalage de 90° par rapport l'orientation qui avait été retenue la première fois. Ensuite, on calcule la moyenne des valeurs de mesure fournies par l'instrument lors des deux répétitions et l'on obtient ainsi l'angle interne supérieur. Cette mesure de l'angle interne supérieur est considérée comme une seule réplique.

B.4.4 Répétitions de la détermination des angles inférieur et supérieur

Recommencer les opérations des paragraphes B.3.3 et B.3.4 durant au moins trois répliques au total tout en plaçant l'instrument de mesure au-dessus de l'éprouvette de mélange et trois avec l'instrument placé sous l'éprouvette. Il convient que la différence haut-bas entre les relevés soit inférieure à 0,04°. Effectuer d'autres répétitions jusqu'à ce que la fourchette des valeurs hautes-basses soit inférieure à 0,04°, quelle que soit la réplique, parmi les trois.

B.5 Calculs

NOTE 1 Les analyses suivantes ne sont valables que pour des presses à cisaillement giratoire associées à des tailles de moule suffisantes pour être compatibles avec des éprouvettes de grande hauteur s'ajoutant à l'instrument de mesure (h = (115 ± 5) mm).

Pour chaque éprouvette, calculer l'angle interne moyen.

Etudier la courbe représentant l'angle en fonction du nombre de girations afin de déceler un glissement éventuel, des composantes sinusoïdales et des dérives de l'angle mesuré. Ne pas tenir compte, pour évaluer l'angle, des groupes de données pour lesquels le graphique indique une légère diminution de l'angle durant les premières girations, avant stabilisation.

NOTE 2 Il est normal que la courbe décrive une légère diminution de l'angle pendant les premières girations et qu'elle se stabilise ensuite.

Des courbes dentelées et comportant des pics aigus montrent que des salissures ou des éléments endommagés ont influé sur le mesurage. Les essais avec des données qui, sur le graphique, engendrent des formes irrégulières ou ont des propriétés non uniformes, doivent être répétés. Si le résultat non uniforme est récurrent, examiner les composants de la presse à cisaillement giratoire et l'instrument de mesure afin de déceler d'éventuels dommages ou salissures.

NOTE 3 Des salissures ou des composants endommagés peuvent engendrer d'importantes erreurs de lecture.

Des valeurs angulaires sinusoïdales indiquent une giration de forme elliptique associée à une lenteur de rotation de l'instrument de mesure. Déterminer l'angle de giration en moyennant le signal sur une période complète unique ou sur des périodes complètes multiples.

Une augmentation progressive de l'angle de giration vers la fin du processus de compactage peut indiquer que l'éprouvette de mélange bitumineux est caractérisée par une faible résistance au cisaillement. Si cette augmentation couvre une grande partie des résultats de mesure, il faut réitérer les mesurages en utilisant un mélange plus dur pour l'éprouvette.

NOTE 4 Dans une presse à cisaillement giratoire, l'angle de giration peut varier pendant le déroulement du compactage : il peut décroître au fur et à mesure que la résistance au cisaillement du mélange augmente, puis augmenter avec l'abaissement de la résistance au cisaillement de l'éprouvette. Pour enregistrer le résultat obtenu par chaque éprouvette, il faut utiliser la partie représentative du graphique fourni par l'instrument de mesure. Les résultats de l'essai complet peuvent être moyennés mais dans un essai de 100 girations, l'angle le plus représentatif est obtenu habituellement de la dixième giration à la quatre-vingt-dixième.

Si l'instrument de mesure ne tourne pas au fond du moule, calculer la moyenne des deux mesures prises en B.4.2 pour obtenir l'angle interne inférieur, $\alpha(inf, h)$. Si l'instrument de mesure ne tourne pas en haut du moule, calculer la moyenne des deux mesures prises en B.4.3 pour obtenir l'angle interne supérieur, $\alpha(sup, h)$. Ces mesures cumulées de l'angle interne sont considérées comme une seule réplique.

Pour chaque éprouvette, calculer la hauteur finale, h, en millimètres (mm) d'après l'Equation (B.1).

$$h = h_{GC} - h_{DAVkit} \qquad \text{(B.1)}$$

où

h_{GC} est la hauteur mesurée par la presse à cisaillement giratoire à la dernière giration (mm) ;

h_{DAVkit} est la hauteur cumulée de l'instrument de mesure et de la plaque intermédiaire.

Calculer l'angle interne effectif global de giration d'une presse à cisaillement giratoire lors du compactage d'éprouvettes ayant une hauteur finale h obtenue d'après l'Equation (B.2).

$$\alpha(effective,h) = \frac{\alpha(top,h) + \alpha(bottom,h)}{2} \quad \text{(B.2)}$$

où

$\alpha(sup,h)$ est l'angle intérieur supérieur moyen d'une éprouvette de mélange bitumineux de hauteur finale *h* conformément à l'Equation (B.3).

$$\alpha(top,h) = \frac{\alpha(top,h)_1 + \alpha(top,h)_2 + ... + \alpha(top,h)_n}{n} \quad \text{(B.3)}$$

$\alpha(inf,h)$ est l'angle intérieur inférieur moyen d'une éprouvette de mélange bitumineux de hauteur finale *h* conformément à l'Equation (B.4).

$$\alpha(bottom,h) = \frac{\alpha(bottom,h)_1 + \alpha(bottom,h)_2 + ... + \alpha(bottom,h)_n}{n} \quad \text{(B.4)}$$

B.6 Conformité

La presse à cisaillement giratoire doit satisfaire à toutes les spécifications suivantes :

— la différence maximale entre au moins trois valeurs de mesure individuelles de l'angle interne supérieur ou inférieur ne doit pas dépasser 0,05°;

— l'angle interne effectif $\alpha(effectif,h)$ doit être de (0,82 ± 0,02)° ;

— la différence entre l'angle interne inférieur moyen $\alpha(inf,h)$ et l'angle interne supérieur moyen $\alpha(sup,h)$ ne doit pas dépasser 0,10° ;

— la différence entre l'angle interne effectif $\alpha(effectif,h)$ dans le cas d'un mélange bitumineux facile à compacter et l'angle interne effectif $\alpha(effectif,h)$ dans le cas d'un mélange bitumineux difficile à compacter, ne doit pas dépasser 0,10°.

B.7 Rapport

Le rapport doit contenir les informations suivantes :

a) des renseignements relatifs à la presse à cisaillement giratoire : identification du fabricant, numéro de modèle, numéro de série ;

b) des informations sur l'instrument de mesure : numéro de série, date d'étalonnage, date prévue pour le prochain étalonnage ;

c) la date et l'heure de l'essai ;

d) l'identification du mélange bitumineux : propriétés (dosages, teneur en liant, type de granulats, girations), type d'échantillon (confectionné en usine ou en laboratoire) ;

e) la masse de chaque éprouvette à 0,1 g près ;

f) la hauteur finale de chaque éprouvette, à 1,0 mm près (calculée par la presse à cisaillement giratoire) ;

g) l'angle interne supérieur moyen de chaque éprouvette ;

h) l'angle interne inférieur moyen de chaque éprouvette ;

i) l'angle interne effectif pour une hauteur d'éprouvette de (115 ± 5) mm.

B.8 Données de fidélité

L'incertitude composée de l'instrument de mesure (utilisant le kit de validation angulaire dynamique) et de la cale d'angle statique est estimée à ± 0,022°.

L'étude nécessaire pour établir la fidélité du présent mode opératoire n'a pas été réalisée.

L'étude nécessaire pour établir la dispersion du présent mode opératoire n'a pas été réalisée.

Annexe C
(normative)

Mode opératoire d'évaluation de l'angle interne de giration de la presse à cisaillement giratoire et des paramètres connexes, avec mise en charge simulée

C.1 Domaine d'application

Ce mode opératoire s'applique à une presse à cisaillement giratoire et à l'équipement qui lui est associé, décrits dans le corps de la présente Norme européenne. La presse à cisaillement giratoire doit être en bon état de fonctionnement à la pression de compactage de (600 ± 18) kPa et être munie d'un système de mesurage de la hauteur de l'éprouvette.

C.2 Principe

L'angle interne d'une presse à cisaillement giratoire est mesuré de manière dynamique, à l'aide d'un instrument inséré dans le moule (Figure C.1).

L'instrument induit un moment sur la presse pendant une mesure simultanée de l'angle interne. Les conditions de mise en charge simulée sont similaires à celles créées par le compactage d'une éprouvette de mélange bitumineux.

Les angles internes à chaque extrémité du moule sont mesurés, puis moyennés de façon à obtenir l'angle interne effectif de giration.

C.3 Mode opératoire

Mesurer l'angle interne effectif, *IEA,* à un moment d'inclinaison de (240 ± 10) Nm, en procédant de la manière suivante :

— mesurer l'angle interne supérieur, *ITA*, à quatre reprises. Chacun des mesurages est réalisé avec une exactitude d'au moins 0,01° dans une direction différente des autres, en tournant la sonde de l'instrument de mesure angulaire successivement vers la gauche, vers l'arrière, vers la droite et vers l'avant de la presse à cisaillement ;

— mesurer l'angle interne inférieur, *IBA*, à quatre reprises. Chacun des mesurages est réalisé avec une exactitude d'au moins 0,01° dans une direction différente des autres, en tournant la sonde de l'instrument de mesure angulaire successivement vers la gauche, vers l'arrière, vers la droite et vers l'avant de la presse à cisaillement .

Recommencer le mesurage de l'angle interne effectif, *IEA,* à un moment d'inclinaison de (425 ± 10) Nm.

NOTE 1 Ce mode opératoire comprend un total de 16 mesurages angulaires distincts.

NOTE 2 La plus basse valeur du moment d'inclinaison correspond à un mélange bitumineux facile à compacter et la plus haute valeur à un mélange difficile à compacter.

C.4 Calcul des résultats

Calculer l'angle interne supérieur, *ITA,* d'après l'Equation (C.1).

$$ITA = \frac{(ITa_1 + ITa_2 + ITa_3 + ITa_4)}{4} \quad \text{(C.1)}$$

où

ITa_1 est l'angle interne supérieur mesuré avec la sonde tournée vers la gauche ;

ITa_2 est l'angle interne supérieur mesuré avec la sonde tournée vers l'arrière ;

ITa_3 est l'angle interne supérieur mesuré avec la sonde tournée vers la droite ;

ITa_4 est l'angle interne supérieur mesuré avec la sonde tournée vers l'avant.

Calculer l'angle interne inférieur, *IBA,* d'après l'Equation (C.2).

$$IBA = \frac{(IBa_1 + IBa_2 + IBa_3 + IBa_4)}{4} \quad \text{(C.2)}$$

où

IBa_1 est l'angle interne inférieur mesuré avec la sonde tournée vers la gauche ;

IBa_2 est l'angle interne inférieur mesuré avec la sonde tournée vers l'arrière ;

IBa_3 est l'angle interne inférieur mesuré avec la sonde tournée vers la droite ;

IBa_4 est l'angle interne inférieur mesuré avec la sonde tournée vers l'avant.

L'exactitude de chaque mesurage doit être au moins de 0,01°.

Calculer l'angle interne effectif, *IEA*, d'après l'Equation (C.3).

$$IEA = \frac{(ITA + IBA)}{2} \quad \text{(C.3)}$$

Calculer δ_{TB} d'après l'Equation (C.4).

$$\delta_{TB} = |(ITA - IBA)| \quad \text{(C.4)}$$

Calculer δ_{LH} d'après l'Equation (C.5).

$$\delta_{LH} = IEA_{240} - IEA_{425} \quad \text{(C.5)}$$

C.5 Conformité

La presse à cisaillement giratoire doit satisfaire à toutes les spécifications suivantes :

— la différence maximale entre les quatre valeurs de mesure individuelles (haut ou bas, dans la fourchette de 240 Nm ± 10 % ou de 425 Nm ± 10 %) ne doit pas dépasser 0,5°;

— l'angle interne effectif, *IEA*, à un moment d'inclinaison fixé dans la fourchette de 240 Nm ± 10 %, IEA_{425}, doit être de (0,82 ± 0,02)° ;

— la différence δ_{TB} entre l'angle interne supérieur, *ITA*, et l'angle interne inférieur, *IBA*, ne doit pas dépasser 0,10° ;

— la différence δ_{LH} entre l'angle interne effectif, à 240 Nm ± 10 %, IEA_{240} , et l'angle interne effectif, à 425 Nm ± 10 %, IEA_{425} , ne doit pas dépasser 0,10°.

C.6 Rapport

Le rapport doit contenir les informations suivantes :

a) des renseignements relatifs à la presse à cisaillement giratoire : fabricant, modèle, numéro de série, propriétaire et emplacement ;

b) l'identification de l'instrument de mesure angulaire : fabricant, modèle, numéro de série, date de l'étalonnage précédent et date prévue pour le prochain étalonnage ;

c) le résultat de chacun des mesurages angulaires : angle (à 0,01° près), avec l'indication de l'angle supérieur ou inférieur et du moment d'inclinaison bas ou haut ;

d) les résultats calculés : ITA_{240} , IBA_{240} , IEA_{240} et $\delta_{TB(240)}$;

e) ITA_{425} , IBA_{425} IEA_{425} et $\delta_{TB(425)}$;

f) δ_{LH} ;

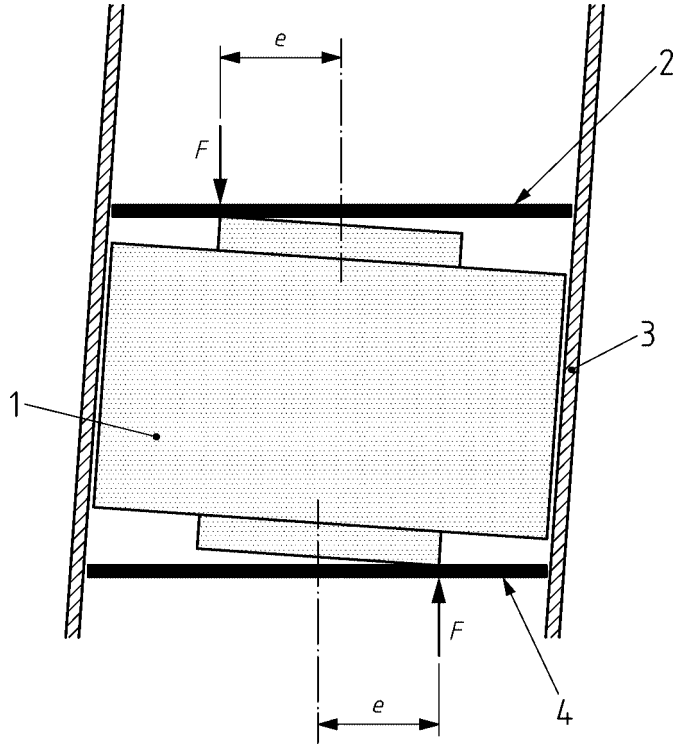
g) la différence entre ITa_{min} et ITa_{max} à 240 Nm et 425 Nm ;

h) la différence entre IBa_{min} et ITa_{max} à 240 Nm et 425 Nm ;

i) de plus, le technicien qui a effectué l'essai doit signer et dater le rapport.

C.7 Fidélité et biais

L'étude nécessaire pour établir la fidélité et le biais du présent mode opératoire n'a pas encore été réalisée.



Légende

1 Instrument de mesure de l’angle
2 Plaque d’extrémité supérieure
3 Moule de la presse à cisaillement giratoire
4 Plaque d’extrémité inférieure

Figure C.1 — Moments d'inclinaison (supérieur et inférieur) induits par l'instrument de mesure de l'angle

Bibliographie

[1] EN 12591, *Bitumes et liants bitumineux — Spécifications des bitumes routiers.*

[2] ISO 5725-2, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 2 : Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée*.