

21. Pavés

21.01 MESURAGE DES PAVES MOSAIQUES.

21.02 RESISTANCE A LA COMPRESSION (produits en pierre naturelle).

21.03 ABSORPTION D'EAU – POROSITE (produits en pierre naturelle).

21.04 RESISTANCE A L'USURE (produits en béton)

21.01 MESURAGE DES PAVES MOSAIQUES

(Produits en pierres naturelles)

1. But de l'essai

Contrôler les dimensions des pavés mosaïqués.

2. Principe de la méthode

Au moyen d'un appareil déterminé, on effectue différents mesurages conventionnels sur un pavé.

3. Appareillage et produits

L'appareil de mesure (voir fig. 21.01/1) est constitué essentiellement de deux équerres coulissantes. La branche horizontale de l'équerre b est une réglette graduée à section en queue d'aronde qui coulisse dans une rainure correspondante du plateau de base. Les branches verticales des deux équerres sont constituées d'une plaque surmontée d'un montant gradué où est ménagée une fente dans laquelle peut glisser une réglette indépendante également graduée. Toutes les échelles sont graduées en mm.

4. Mode opératoire

Les mesurages sont exécutés comme suit :

4.1. Le pavé est posé sur sa tête, sur le plateau de base, dans sa position d'équilibre naturel et on fait coulisser les deux équerres de manière à serrer le pavé entre les branches verticales, dans la position d'équilibre précité.

La lecture de la branche horizontale graduée de l'équerre b donne B, dimension moyenne de la tête, suivant le plan théorique des équerres.

On glisse ensuite la réglette indépendante dans la fente de la branche verticale de chaque équerre et on la place parallèlement au plan de base, comme indiqué à la figure 21.01/2.

Les mesures de b_1 , h_1 et de b_2 , h_2 (en mm) se font par la lecture aux graduations correspondantes (la double graduation de la réglette indépendante permet de placer le zéro au point d'appui, sans devoir retourner la réglette).

Les saillies caractéristiques sur les faces latérales sont également relevées.

4.2. On tourne le pavé de 90° sur sa base et on procède aux mêmes mesures que ci-dessus, pour cette nouvelle position du pavé.

On obtient ainsi B', deuxième dimension (moyenne) de la tête du pavé ainsi que b_1, h_1, b_2, h_2 (en mm)

4.3. On place le pavé sur son assiette et on pose la réglette sur la tête du pavé comme indiqué à la fig. 21.01/3.

On fait les lectures λ, μ_1, μ_2 (en mm).

Pour la facilité des calculs ultérieurs λ est maintenu constant.

Quand la tête du pavé est telle (voir fig. 21.01/4) que la réglette puisse être posée de différentes manières, la position choisie est celle qui assure l'égalité des écarts maxima δ_{\max} .

4.4. On tourne le pavé de 90° sur sa base et on procède aux mêmes mesures pour cette nouvelle position du pavé.

On obtient ainsi : λ, μ_1, μ_2 (en mm).

4.5. On mesure directement L et l (dimensions des 2 côtés parallèles d'une tête trapézoïdale) quand $\frac{L-l}{L} \geq 0,03$ ce qui correspond pratiquement à un écart minimum entre la grande et la petite base compris entre $0,03 \cdot 80 = 2,5$ mm et $0,03 \cdot 100 = 3$ mm selon l'échantillon.

4.6. La dénivellation maximum de tête δ ainsi que les saillies sur les faces latérales se mesurent également directement.

5. Calcul

Par convention :

– l'indice de forme trapézoïdale est défini par le rapport : $\frac{L-l}{L}$

– la hauteur moyenne de queue est calculée par la formule :

$$h = \frac{1}{4} (h_1 + h_2 + h'_1 + h'_2)$$

– le démaigrissement au droit des faces latérales est donné par le plus grand des rapports suivants :

$$\frac{b_1}{h_1}, \frac{b_2}{h_2}, \frac{b'_1}{h'_1}, \frac{b'_2}{h'_2}$$

– l'inclinaison de l'assiette est donnée par le plus grand des rapports suivants :

$$\frac{\mu_2 - \mu_1}{\lambda} \text{ et } \frac{\mu'_2 - \mu'_1}{\lambda}$$

– le rapport de la surface d'assiette à la surface de tête est donné par la formule :

$$\frac{(B-b_1-b_2) \cdot (B'-b'_1-b'_2)}{B \cdot B'}$$

6. Expression des résultats

Les différentes mesures effectuées ci-avant sont exprimées en mm sans décimale.

APPAREIL POUR LE MESURAGE DES PAVES MOSAIQUES

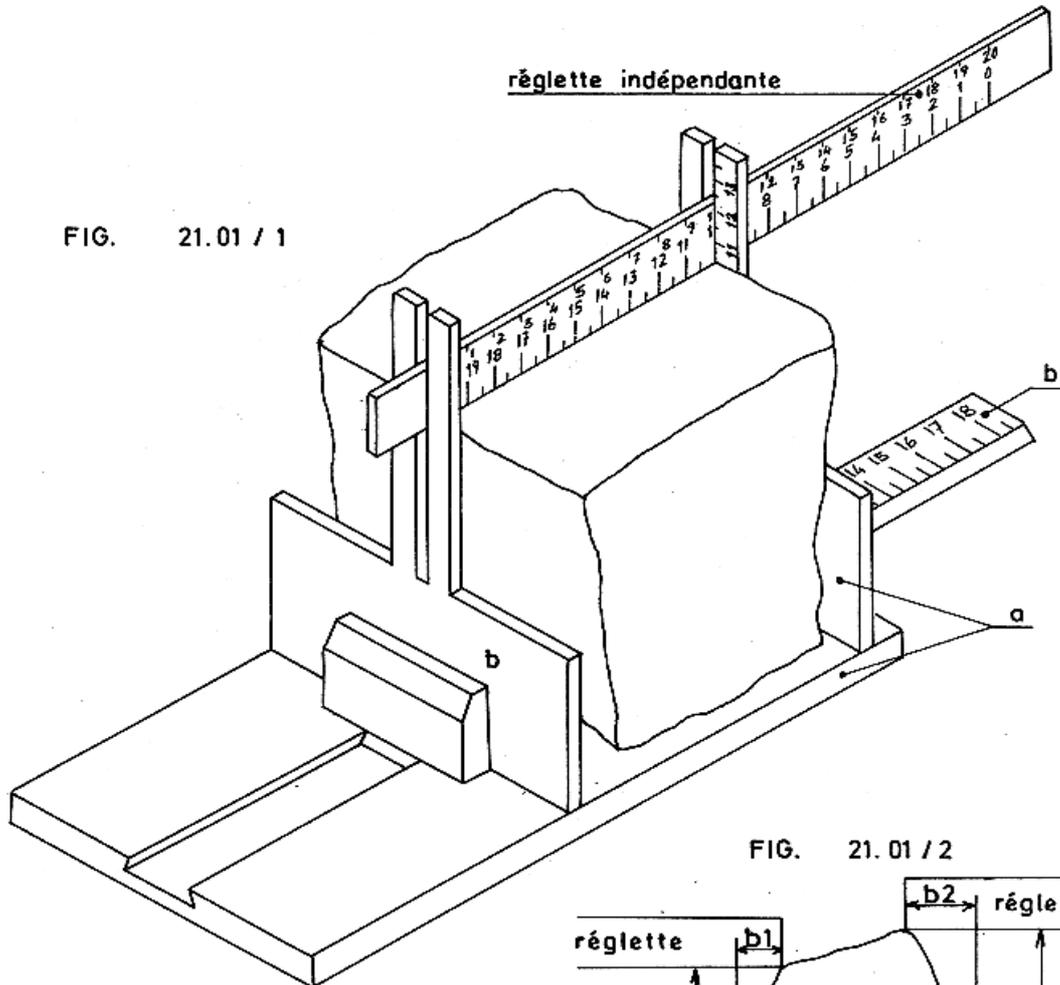


FIG. 21.01 / 1

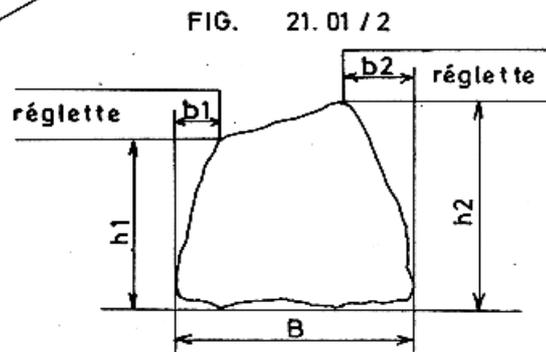


FIG. 21.01 / 2

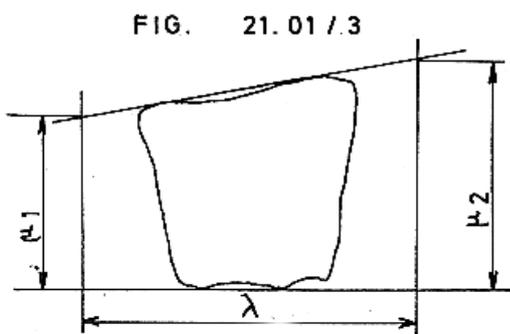


FIG. 21.01 / 3

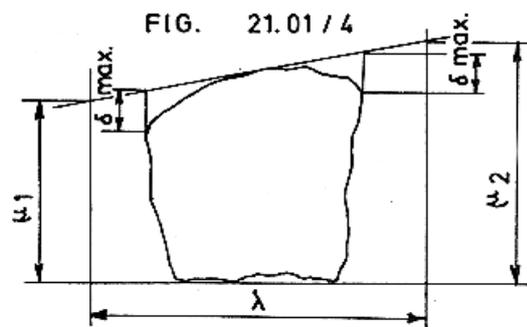


FIG. 21.01 / 4

21.02 RESISTANCE A LA COMPRESSION

(Produits en pierres naturelles)

Références de base : Note d'information technique 205 (1997) du Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC).

NBN B15-220 (1990) - Détermination de la résistance à la compression.

1. But de l'essai

Apprécier la résistance des pavés en pierres naturelles face aux sollicitations auxquelles ils seront soumis.

2. Principe de la méthode

On soumet à la compression, jusqu'à rupture, des échantillons cubiques du matériau.

3. Appareillage et produits

- presse conforme à la NBN B 15-220;
- rectifieuse conforme à la NBN B 15-220;
- outil de mesure;
- feuilles de carton sec de 2 mm d'épaisseur et 60 mm de côté
- étuve ventilée réglable à la température de $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$.

4. Mode opératoire

4.1 Préparation des éprouvettes.

On réalise un cube de (50 ± 5) mm d'arête. L'éprouvette est découpée au centre du pavé et le plus près possible de la face supérieure. La direction de la force de compression est perpendiculaire à cette face supérieure. Les faces soumises à la compression sont préalablement rectifiées de façon à les rendre planes et parallèles.

La tolérance de planéité est de 0,1 mm et le hors d'équerre au maximum de 1 mm sur 100 mm. L'éprouvette est ensuite placée en étuve à $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$ jusqu'à masse constante.

4.2 Mesurage de l'éprouvette.

Les dimensions de l'éprouvette sont relevées en un minimum de 2 points par dimension. On tient compte de la régularité des formes et des dimensions pour fixer le nombre de mesures à effectuer en vue de calculer la valeur moyenne de chaque dimension.

Les mesures sont effectuées avec une précision d'au moins 0,25 %.
Calculer la surface S , section moyenne de l'éprouvette sur laquelle s'opère la compression.

4.3 Réalisation de l'essai.

On place l'éprouvette entre les deux plateaux d'une presse hydraulique munie d'une rotule en prenant soin de la centrer parfaitement. On intercale entre l'éprouvette et les plateaux une feuille de carton sec de 2 mm d'épaisseur, dépassant de 10 mm les dimensions de l'éprouvette. Celle-ci est soumise ensuite à une compression croissante, sans choc, à une vitesse constante de $(1 \pm 0,5)$ MPa par seconde. On note la charge à la rupture (F).

5. Calcul

La résistance à la compression R'_c , exprimée en Mpa, à 0,1 MPa près, est donnée par :

$$R'_c = \frac{F}{S}$$

où :

F est la charge à la rupture (N)

S est la section moyenne de l'éprouvette (à 0,01 mm² près)

6. Expression du résultat

La résistance à la compression est la moyenne de six résultats, arrondie à l'unité la plus proche.

Le rapport d'essai fait mention des références et des indications données dans la demande d'essai.

Il donne la date de réception des échantillons au laboratoire.

Au tableau des résultats figurent :

- l'identification des échantillons;
- la date de l'essai;
- l'endroit du prélèvement la section moyenne de l'éprouvette : S en mm² sans décimale;
- la hauteur moyenne de l'éprouvette en mm avec une décimale;
- la charge de rupture en N sans décimale;
- la résistance à la compression en MPa avec une décimale;
- la direction de l'essai (parallèlement ou perpendiculairement au lit de la carrière)
- la résistance à la compression moyenne en MPa arrondie à l'unité la plus proche;
- les remarques éventuelles sur l'aspect ou l'état de certaines éprouvettes et sur leur mode de préparation.

21.03 ABSORPTION D'EAU - POROSITE

(Produits en pierres naturelles)

Références de base : Note d'information technique 205 (1997) du Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC).

1. But de l'essai

Estimer la porosité du matériau.

2. Principe de la méthode

Le principe de la méthode consiste à mesurer le volume des vides et le volume apparent de l'échantillon à analyser.

Il est à noter, pour éviter toute confusion, que la porosité est le rapport entre le volume d'eau absorbée par l'éprouvette et le volume de cette éprouvette. L'absorption s'exprime quant à elle comme le rapport des masses de l'eau absorbée et de l'éprouvette sèche.

3. Appareillage et produits

- Etuve ventilée réglée à (70 ± 5) °C
- Enceinte hermétique supportant un vide de 2,67 kPa (20 mm de mercure), dont le couvercle est muni de deux tubulures avec robinet à 2 voies reliées :
 - au flacon contenant l'eau
 - à la pompe à vide.
- Pompe à vide pouvant réduire la pression à 2,67 kPa (20 mm de Hg)
- Balance équipée pour la pesée hydrostatique avec étrier porte-éprouvette assurant le dix millième de la masse à déterminer.
- Eau distillée ou déminéralisée.

4. Mode opératoire

L'échantillon (un pavé entier ou un cube de 70 mm d'arête) est séché à (70 ± 5) °C jusqu'à masse constante ensuite; il est pesé à 0,1 g près (M_1). L'éprouvette est placée dans une enceinte hermétique où l'on fait le vide pour obtenir une pression réduite de 2,67 kPa (20 mm de mercure). Le vide est maintenu à ce niveau pendant 2 h 30 de façon à éliminer l'air contenu dans les pores du matériau. La phase suivante consiste à introduire dans l'enceinte, goutte à goutte, l'eau distillée ou déminéralisée à (20 ± 3) °C, tout en maintenant le vide. L'immersion complète de l'échantillon est obtenue en 2 h environ. L'ensemble est alors ramené à la pression atmosphérique et conservé ainsi pendant 24 h.

On pèse l'échantillon sous eau à 0,1 g près (M_3). L'éprouvette est ensuite égouttée à l'aide d'une peau de chamois humide. On pèse à nouveau l'éprouvette dans l'air à 0,1 g près (M_2).

5. Calcul

5.1 Absorption d'eau.

L'absorption d'eau est donnée, en pour cent, par la formule :

$$\text{Absorption} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100$$

5.2 Volume apparent.

Le volume apparent (V_{apparent}) est calculé suivant la formule :

$$V_{\text{apparent}} = \frac{M_2 - M_3}{\rho_{\text{eau}}}$$

où :

M_1 est la masse sèche de l'éprouvette

M_2 est la masse de l'éprouvette dans l'air après immersion en grammes

M_3 est la masse sous eau de l'échantillon en grammes

ρ_{eau} est la masse volumique de l'eau (arrondie à 1 g / cm³)

5.3 Porosité ouverte.

La porosité ouverte se déduit aisément de l'essai de détermination de la masse volumique apparente et s'exprime en % par le rapport multiplié par 100 entre le volume des vides accessibles à l'eau et le volume apparent :

$$P = 100 \cdot \frac{A}{V_{\text{apparent}}} = 100 \cdot \left(\frac{M_2 - M_1}{M_2 - M_3} \right)$$

où :

A est le volume des vides accessibles par l'eau, égal à

$$\frac{M_2 - M_1}{\rho_{\text{eau}}}$$

6. Expression du résultat

Le résultat (absorption d'eau et porosité), exprimé en %, arrondi au dixième le plus proche, est la moyenne de six déterminations individuelles.

Le rapport d'essai mentionne la valeur moyenne et les résultats individuels.

21.04 RESISTANCE A L'USURE

(Produits en béton).

Référence de base : Note technique NTN 017 de Probeton – Mesure de l'abrasion du béton, Méthode CAPON modifiée à large roue. NTN 017 – T 98/0833F – C1 : 1999-02-22 – 2e Proposition de projet

1. But de l'essai

Déterminer l'abrasion de surfaces de béton.

2. Principe de l'essai d'abrasion

L'essai consiste à réaliser, au moyen d'un tambour d'abrasion et d'un abrasif, l'abrasion de la surface de béton dans des conditions normalisées et à mesurer l'abrasion.

3. Abrasif

L'abrasif spécifié pour cet essai est du corindon (alumine fondue blanche) dont la désignation abrégée de la granulométrie conformément à la norme FEPA 42F (1984) est F80.

L'abrasif n'est pas utilisé plus de trois fois.

4. Eprouvette

4.1 Forme et dimensions.

L'éprouvette est un produit en béton entier ou une pièce sciée dans le béton d'au moins 100 mm x 70 mm et qui comprend la face d'usure.

4.2 Préparation de la surface d'essai.

L'éprouvette est sèche et propre. La surface soumise à l'essai est lisse et plane. La déviation de la planéité est au maximum ± 1 mm sur 100 mm, mesurée dans deux directions perpendiculaires. Si la surface d'essai comporte une texture rugueuse ou si la planéité est hors tolérance, la surface est rectifiée légèrement jusqu'à ce qu'une surface d'essai conforme aux exigences soit obtenue. Immédiatement avant le début de l'essai, la surface d'essai est nettoyée au moyen d'une brosse rigide et colorée à l'encre (p.e. au moyen d'un marqueur) afin de faciliter la lecture de l'empreinte.

5. Appareillage

5.1 Machine d'usure.

La machine d'usure (cfr. fig. 21.04/1) est essentiellement constituée d'un tambour d'abrasion, d'une trémie de stockage du matériau abrasif munie d'un ou de deux dispositifs de réglage du débit, d'un entonnoir de guidage de l'écoulement, d'un chariot porte-éprouvette et d'un contrepoids.

Lorsque l'appareillage possède deux dispositifs de réglage, l'un est utilisé pour régler la vitesse d'écoulement et peut être ajusté d'une façon permanente tandis que l'autre est utilisé pour ouvrir ou fermer l'écoulement du matériau abrasif.

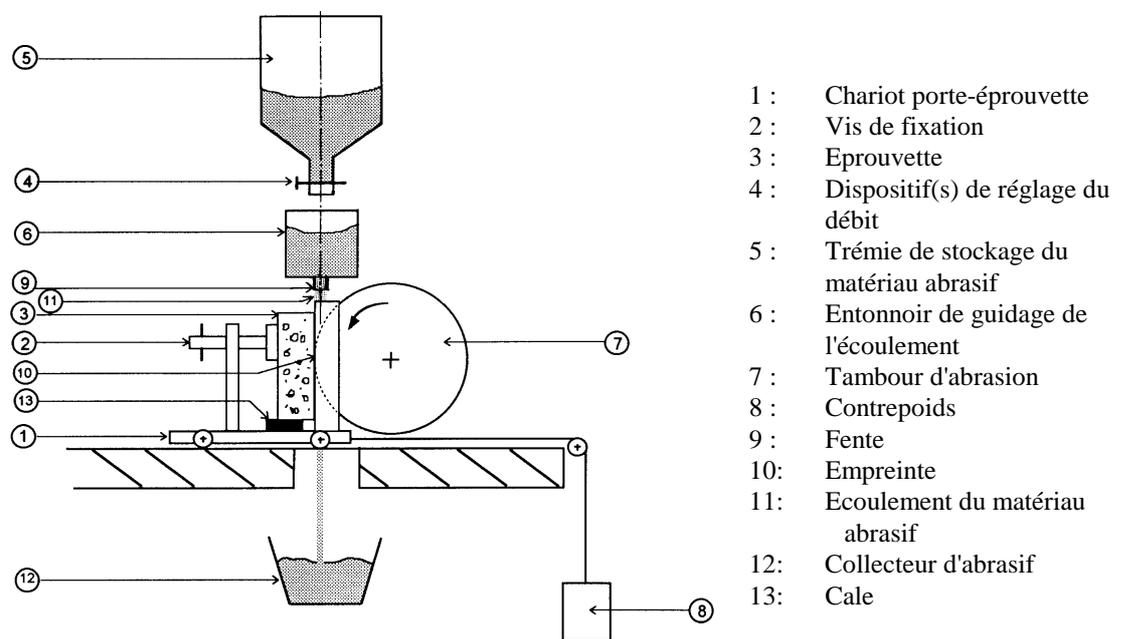


Fig. 21.04/1

SCHEMA DU PRINCIPE DE LA MACHINE D'USURE

Le tambour d'abrasion est en acier Fe 690 conforme à la norme EN 10025 présentant une dureté Brinell comprise entre 203HB et 245HB. Son diamètre est de (200 ± 1) mm et sa largeur de (70 ± 1) mm. Sa vitesse de rotation est de 75 tours en (60 ± 3) secondes.

Le chariot mobile est monté sur roulements à billes et contraint à se déplacer vers le tambour d'abrasion sous l'action d'un contrepoids.

La trémie de stockage du matériau abrasif alimente l'entonnoir de guidage de l'écoulement.

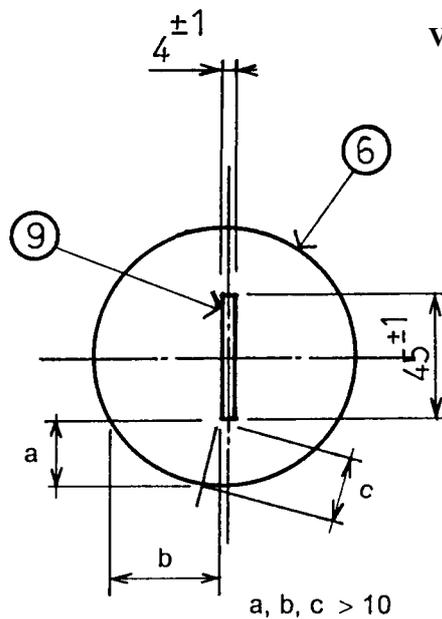
L'entonnoir de guidage de l'écoulement peut être cylindrique ou rectangulaire et est muni d'une sortie étroite et longue; cette fente a une longueur de (45 ± 1) mm et une largeur de (4 ± 1) mm.

Le corps du dispositif de guidage de l'écoulement est dans toutes les directions au moins 10 mm plus grand que la fente de la sortie (cfr. fig. 21.04/2 - Exemple 1). Au cas où la trémie est rectangulaire avec au minimum l'un des côtés incliné dans le sens de la longueur de la fente, ces limitations dimensionnelles pour le corps du dispositif de réglage ne sont pas applicables (cfr. fig. 21.04/2 - Exemple 2).

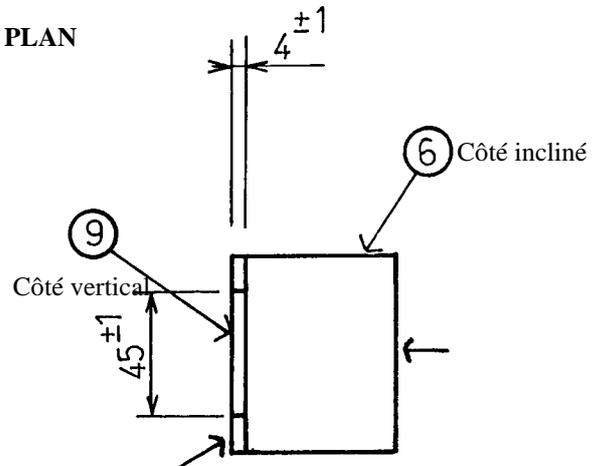
La hauteur de chute entre l'ouverture de la fente et l'axe du tambour d'abrasion est de (100 ± 5) mm et l'écoulement de l'abrasif se situe à une distance comprise entre 1 mm et 5 mm du côté du tambour, derrière le plan tangent de contact du tambour avec l'éprouvette (cfr. fig. 21.04/3).

La quantité de matériau abrasif s'écoulant à travers l'entonnoir de guidage vers le tambour d'abrasion est au minimum égale à 2,5 litres par minute. Le débit est constant et le niveau minimal d'abrasif dans l'entonnoir de guidage est de 25 mm (cfr. fig. 21.04/3).

Exemple 1
(Trémie rectangulaire)



Exemple 2
(Trémie cylindrique)



VUE EN PLAN

Fig. 21.04/2

POSITION DE LA FENTE A LA BASE DE L'ENTONNOIR DE GUIDAGE DE L'ECOULEMENT (DIMENSIONS EN mm)

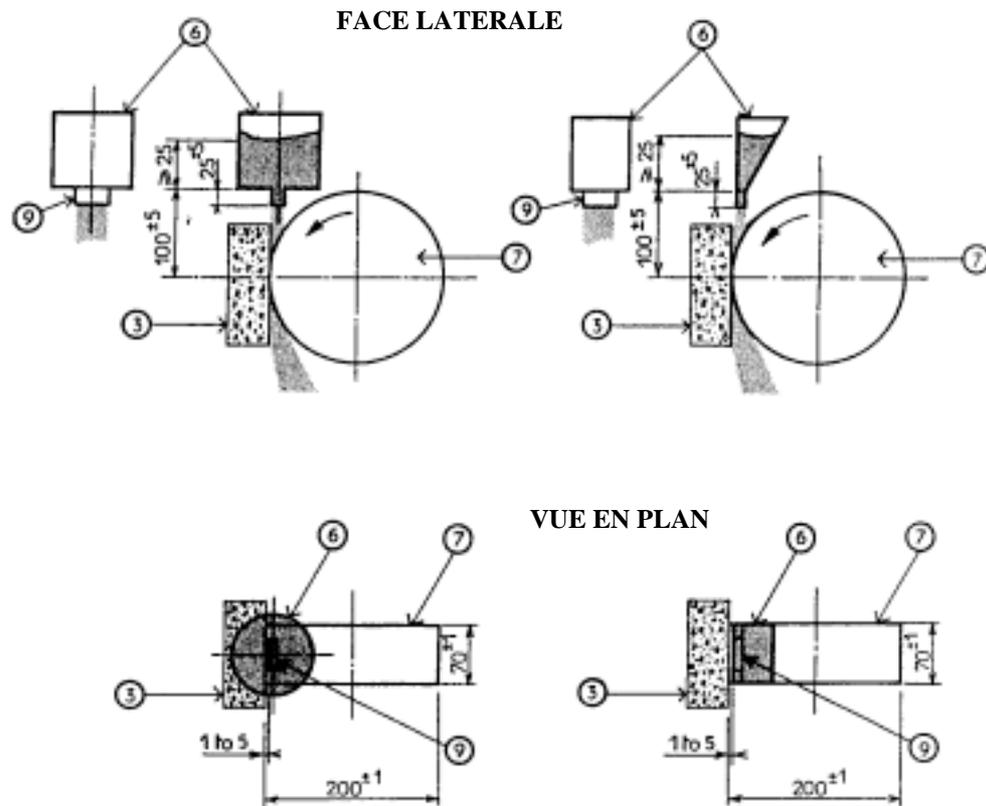


Fig. 21.04/3

POSITION DE LA FENTE PAR RAPPORT AU TAMBOUR
D'ABRASION (DIMENSIONS EN MM)

5.2 Autres équipements.

L'équipement d'essai comporte ensuite les éléments suivants:

- une loupe à grossissement au moins double, de préférence équipée d'une lampe;
- une règle en acier;
- un pied à coulisse;
- un crayon dont le diamètre de la mine est 0,5 mm et de dureté 6H ou 7H;
- une brosse dure;
- un gros marqueur;
- 2 récipients rigides et tarés dont le volume est connu:
 - le récipient A a une hauteur de (90 ± 10) mm et un volume d'environ 1 litre;
 - le récipient B a un volume d'au moins 3 litres.

6. Etalonnage

6.1 Fréquence d'étalonnage.

L'appareillage est étalonné chaque fois que 400 empreintes par abrasion ont été réalisées ou au moins tous les deux mois et en cas de nouvel opérateur, de nouveau lot de matériau abrasif ou de remplacement du tambour d'abrasion.

6.2 Débit d'abrasif.

Le débit d'abrasif est vérifié en versant le matériau abrasif d'une hauteur approximative de 100 mm dans le récipient A (cfr. 5.2). Au fur et à mesure que le récipient se remplit, le verseur est relevé de façon à maintenir une hauteur de chute de 100 mm.

Une fois le récipient rempli, il est arasé et pesé pour déterminer la masse de matériau abrasif pour un volume donné, c'est-à-dire la masse spécifique.

On laisse ensuite l'abrasif s'écouler dans la machine d'usure pendant (60 ± 1) s et on le récolte dans l'espace sous le tambour d'abrasion dans le récipient B (cfr. 5.2). Ce récipient ainsi rempli est pesé et, sur base de la masse spécifique déterminée ci-dessus, on peut vérifier si le débit d'abrasif est au minimum de 2,5 litres par minute.

6.3 Matériau de référence.

Le matériau destiné à l'étalonnage de la machine d'usure est du "marbre boulonnais"⁽¹⁾.

Un autre matériau peut être utilisé comme matériau de référence à condition d'établir une corrélation fiable avec le matériau de référence "marbre de Boulonnais".

6.4 Détermination de la valeur d'étalonnage.

L'appareillage est étalonné par rapport à une éprouvette du matériau de référence en appliquant la procédure décrite au 7.

Au préalable, il y a lieu de vérifier que:

- l'éprouvette est d'équerre par rapport au tambour d'abrasion,
- le chariot porte-éprouvette et la fente de la trémie de guidage de l'écoulement sont parallèles à l'axe du tambour,

(1) La référence du "marbre boulonnais" est : Lunel demi-clair, épaisseur: 5 cm, c/passe 2 faces rectifiées à l'aide d'un disque diamanté 100/120; rugosité classe 7 ($R_a = 1,6 \mu\text{m}$) conformément à la norme ISO/2632.

- l'écoulement du matériau abrasif à travers la fente est régulier,
- l'ensemble chariot/contrepois doit pouvoir circuler librement.

Lors de chaque étalonnage de l'appareillage, l'équerrage des supports de l'éprouvette est également vérifié.

La masse du contrepoids est ajustée de telle sorte qu'après 75 tours du tambour en (60 ± 3) secondes, la valeur de l'empreinte (valeur d'étalonnage) soit de $(20,0 \pm 0,5)$ mm. La masse du contrepoids doit être accrue ou réduite suivant que la valeur de l'empreinte doit être augmentée ou diminuée.

L'empreinte est mesurée suivant la procédure du § 8 à 0,1 mm près. La moyenne des 3 résultats donne la valeur d'étalonnage.

L'empreinte sur l'éprouvette du matériau de référence formera un rectangle avec un écart inférieur à 0,5 mm entre les mesures effectuées aux extrémités de l'empreinte. Si nécessaire, la vérification indiquée ci-dessus est répétée.

7. Mode opératoire

Remplir la trémie de stockage de matériau abrasif sec, c.-à-d. ayant un taux d'humidité inférieur à 1%.

Ecarter le chariot porte-éprouvette du tambour d'abrasion en acier.

Positionner l'éprouvette sur le chariot de telle façon que l'empreinte produite se trouve espacée d'au moins 15 mm de chaque bord de l'éprouvette et fixer l'éprouvette sur une cale pour permettre à l'abrasif de s'écouler en dessous de l'éprouvette.

Mettre le collecteur de matériau abrasif en dessous du tambour.

Amener l'éprouvette en contact avec le tambour d'abrasion.

Ouvrir le dispositif de réglage du débit du matériau abrasif et mettre simultanément en marche le moteur de façon que le moteur effectue 75 rotations en (60 ± 3) secondes.

Vérifier visuellement la régularité de l'écoulement de l'abrasif au cours de l'essai. Après les 75 tours du tambour, stopper la rotation du tambour et l'écoulement de l'abrasif.

Si les dimensions de l'éprouvette le permettent, il est admis d'effectuer plusieurs essais sur cette éprouvette.

8. Mesure de l'empreinte (fig. 21.04/4)

Placer l'éprouvette sous la loupe.

Au moyen du crayon et de la règle en acier, marquer les limites longitudinales extérieures de l'empreinte (l_1 et l_2).

Tracer ensuite un axe A-B au milieu de l'empreinte perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'empreinte.

Positionner les becs à pointe du pied à coulisse sur les points A et B vers le bord intérieur des limites longitudinales l_1 et l_2 de l'empreinte, effectuer la lecture et l'enregistrer avec une précision de $\pm 0,1$ mm. Lors d'un étalonnage, répéter la mesure de la largeur de l'empreinte à (10 ± 1) mm des extrémités suivant les axes C-D (cfr. Figure 21.04/4) afin de pouvoir disposer de 3 lectures.

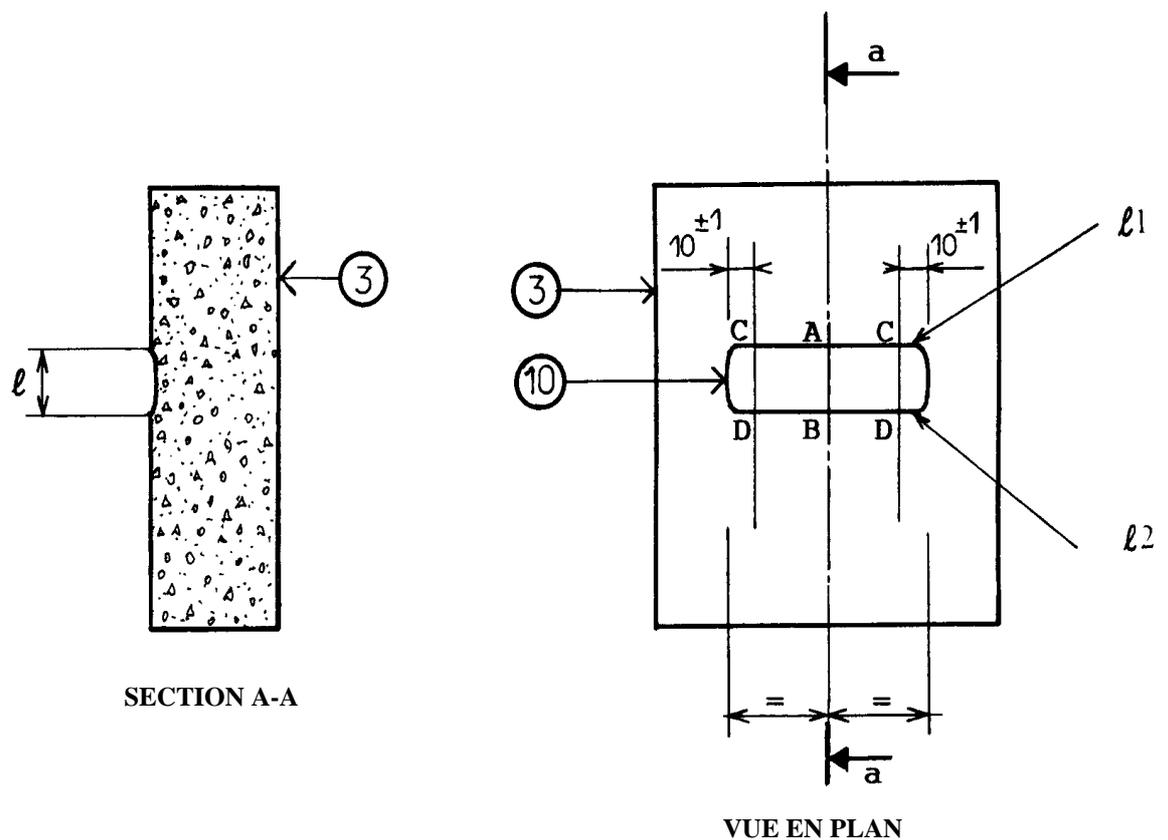


Fig. 21.04/4

EXEMPLE D'UNE EPROUVETTE AVEC EMPREINTE

Note : Certaines teintures superficielles peuvent être effacées au-dessus de l’empreinte suite à l’action de l’abrasif. Il y a lieu de ne pas en tenir compte en établissant les limites longitudinales l_1 et l_2 . Celles-ci doivent être tracées à l’endroit où la surface de l’éprouvette est usée.

9. Résultat d’essai

Le résultat d’essai est la valeur de mesure de l’empreinte (cfr. 8) majorée d’un facteur d’étalonnage et arrondie à 0,5 mm. Le facteur d’étalonnage est la différence arithmétique entre 20,0 et la valeur d’étalonnage déterminée au 6.4.

Exemple:

Si la valeur d’étalonnage est de 19,6 et la mesure de l’empreinte de 22,5 mm le résultat d’essai est $22,5 + (20,0 - 19,6) = 22,9$ mm , ce qui est arrondi à 23,0 mm.

10. Rapport d’essais

Mentionner dans le rapport d’essais :

- la référence à la présente note;
- la date d’essai;
- l’âge de l’éprouvette;
- le facteur d’étalonnage à 0,1 mm;
- les résultats d’essais, à 0,5 mm.