

TP N° 03 : Essai de mesure de la finesse des ciments (méthode Blaine) (EN 196-6)

Objectif de l'essai

- Les ciments se présentent sous forme de poudre finement divisée. Cette finesse est une caractéristique importante : lors du gâchage, plus la surface de ciment en contact avec l'eau est grande et plus l'hydratation est rapide et complète.
- La finesse d'un ciment est généralement exprimée par sa surface massique. On appelle surface massique ou spécifique d'une poudre, la surface (exprimée en cm^2) d'un gramme de cette poudre dont tous les grains seraient développés. L'objectif de l'essai est d'apprécier cette surface.

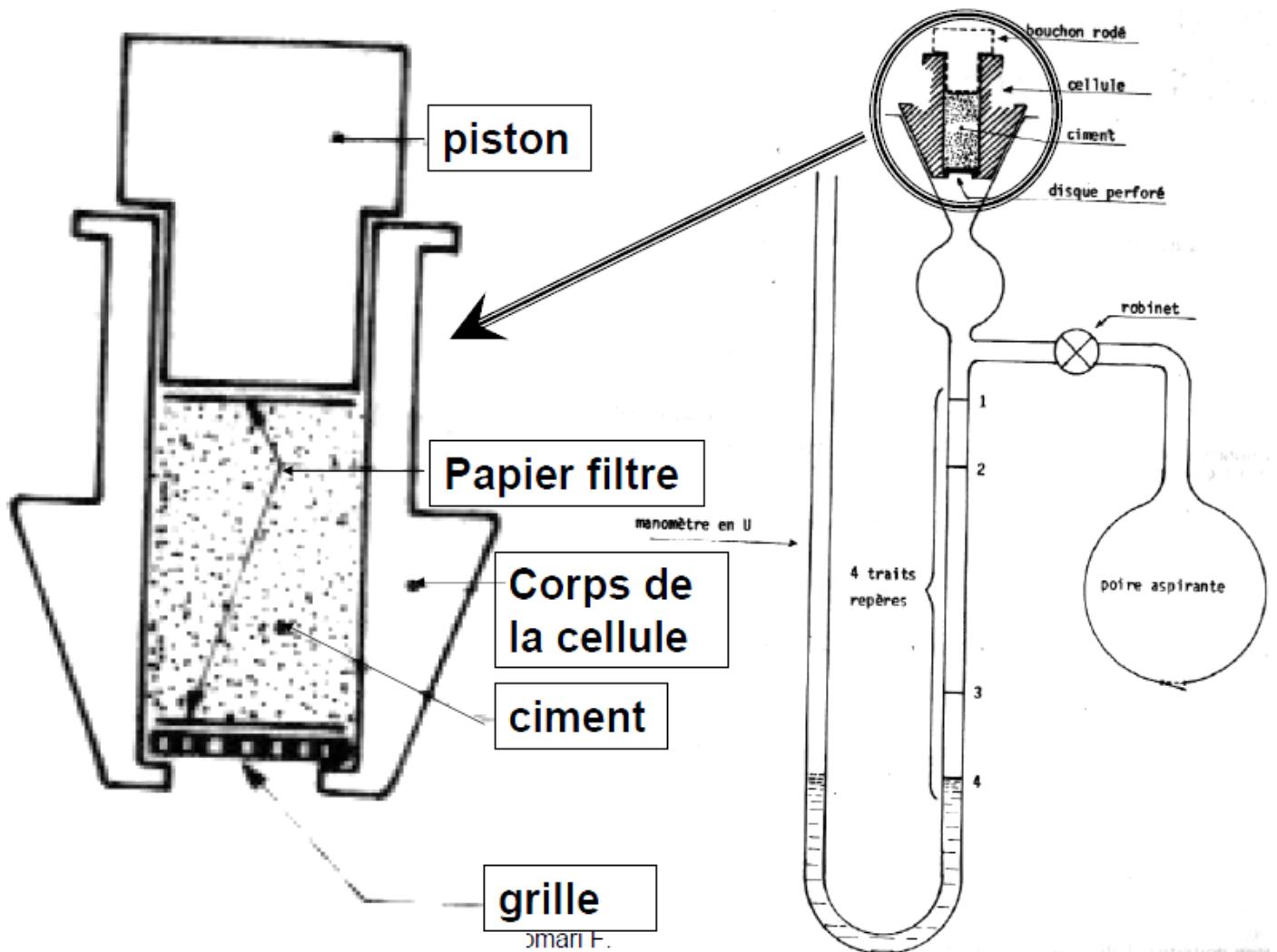
Principe de l'essai

- La finesse du ciment est mesurée sous forme de surface massique en observant le temps mis par une quantité fixée d'air pour traverser un lit de ciment compacté à des dimensions et une porosité spécifiées.
- Dans des conditions normalisées, la surface massique du ciment est proportionnelle à \sqrt{t} où t est le temps nécessaire à une quantité d'air donnée pour traverser un lit de ciment compacté. Le nombre et la distribution des dimensions des pores individuels du lit spécifié sont fixés par les dimensions des particules de ciment qui déterminent aussi le temps de passage de l'air.
- Cette méthode est plus comparative qu'absolue et c'est pourquoi un échantillon de référence de surface massique connu est nécessaire pour calibrer l'appareil.

Équipement nécessaire

- Un appareil appelé «**Perméabilimètre de Blaine**». Il se compose pour l'essentiel d'une cellule dans laquelle est placé le ciment à tester et d'un manomètre constitué d'un tube en verre en forme de U rempli, jusqu'à son repère inférieur d'une huile légère. La cellule est équipée d'une grille en sa partie inférieure. Un piston sert à tasser le ciment dans la cellule sous un volume V défini.

TP N° 03 : Essai de mesure de la finesse des ciments (méthode Blaine) (EN 196-6)

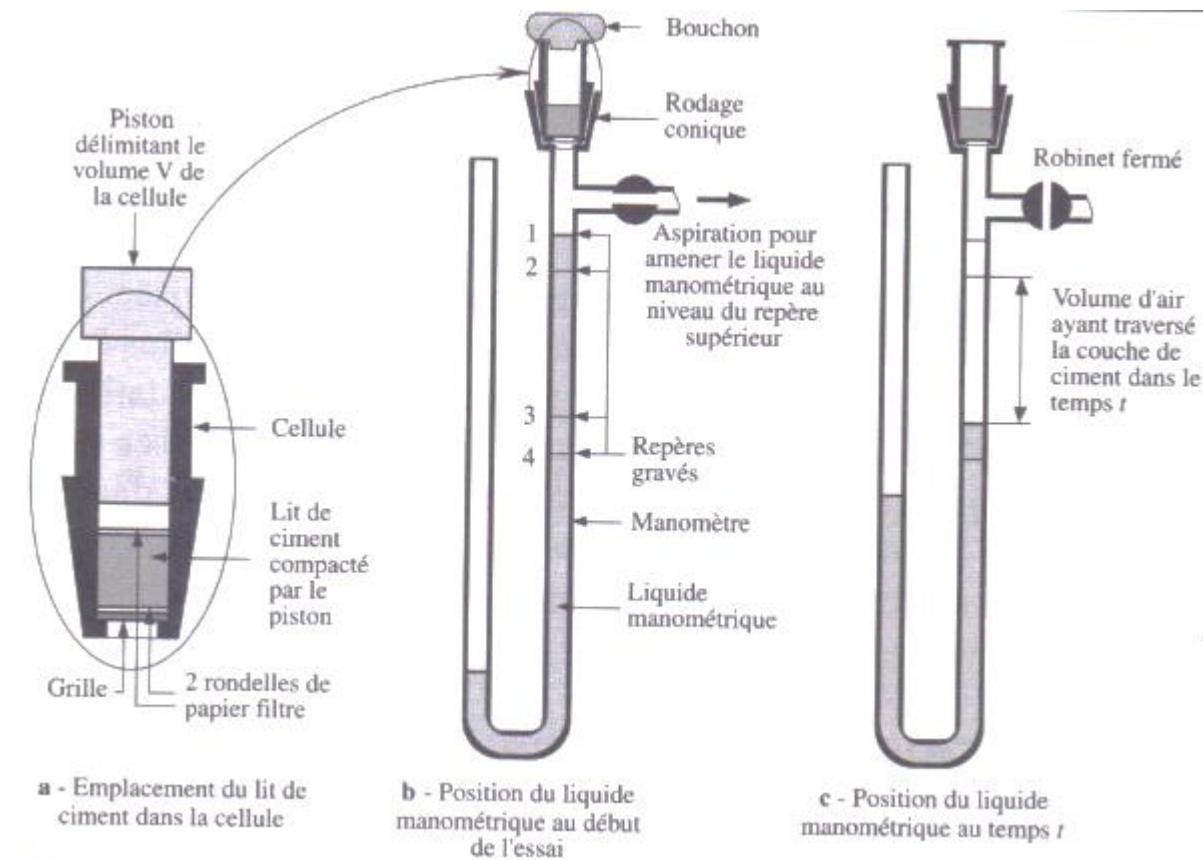


- Une balance précise à 0,001 g.
- Un chronomètre précis à 0,2 s près.
- Du ciment de référence de surface massique (S_0) et de masse volumique (ρ_0) connues.
- Des rondelles de papier filtre adaptées au diamètre de la cellule.
- Du mercure pour mesurer le volume V de la couche tassée.
- Un thermomètre précis à 0,1 °C près pour mesurer la température de l'air.

Conditions d'essai

- Le laboratoire dans lequel l'essai de perméabilité à l'air est exécuté est maintenu à une température de ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) et une humidité relative n'excédant pas 65 %. Tous les matériaux pour les essais et le calibrage sont à la température du laboratoire au moment de leur usage et sont protégés pendant leur conservation de toute absorption d'humidité atmosphérique.

TP N° 03 : Essai de mesure de la finesse des ciments (méthode Blaine) (EN 196-6)



Conduite de l'essai

- Le liant hydraulique dont on désire mesurer la surface spécifique doit être à porosité constante (égale à 0,500).

Méthode :

peser à 0,01 g près, une masse m de liant telle que, compte tenu de son volume V après tassemement dans la cellule, sa porosité soit égale à 0,500.

- La masse de matière à prendre s'écrit : $m = (1 - e) \rho V$

ρ - masse volumique absolue

V – volume utile de la cellule.

- Placer la grille au fond de la cellule. Appliquer sur cette grille, au moyen d'une tige à face inférieure plane et d'une équerre, un disque neuf de papier filtre.
- Verser le liant dans la cellule en utilisant un entonnoir.
- Donner quelques légères secousses à la cellule pour niveler la couche supérieure du liant, puis placer sur celui-ci un autre disque neuf de papier filtre.

TP N° 03 : Essai de mesure de la finesse des ciments (méthode Blaine) (EN 196-6)

- Tasser avec précaution au moyen du piston en évitant la remontée de la poudre au-dessus du papier filtre jusqu'à ce que le collier vienne buter contre le haut de la cellule.
- Placer la surface conique de la cellule dans le rodage conique au sommet du manomètre en utilisant si nécessaire un peu de graisse légère pour assurer un joint étanche. Faire attention de ne pas perturber le lit de ciment.
- Obturer le dessus du cylindre avec un bouchon adéquat. Ouvrir le robinet d'arrêt et amener par une

aspiration modérée le niveau du liquide manométrique jusqu'à la ligne la plus haute (voir figure)

- Fermer le robinet d'arrêt et observer que le niveau de liquide manométrique reste constant. Si ce n'est pas le cas, refaire le joint cellule/manomètre et vérifier le robinet d'arrêt. Refaire l'essai de fuites jusqu'à ce que le joint étanche amélioré conduise à un niveau du liquide constant.
- Ouvrir le robinet d'arrêt et ajuster par une aspiration modérée le liquide manométrique au niveau de la ligne la plus haute. Fermer le robinet d'arrêt. Enlever le bouchon du sommet du cylindre.
- Le fluide manométrique va commencer à couler. Démarrer le chronomètre lorsque le liquide atteint la deuxième ligne et l'arrêter lorsque le liquide atteint la troisième ligne. Relever le temps t à 0,2 s près et la température à 1°C près.
- Faire trois mesures et prendre la moyenne arithmétique des trois temps. La surface spécifique est calculé par la formule :

$$S = \frac{K}{\rho} \times \frac{\sqrt{e^3}}{1 - e} \times \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{0,1\eta}} \text{ (cm}^2/\text{g)}$$

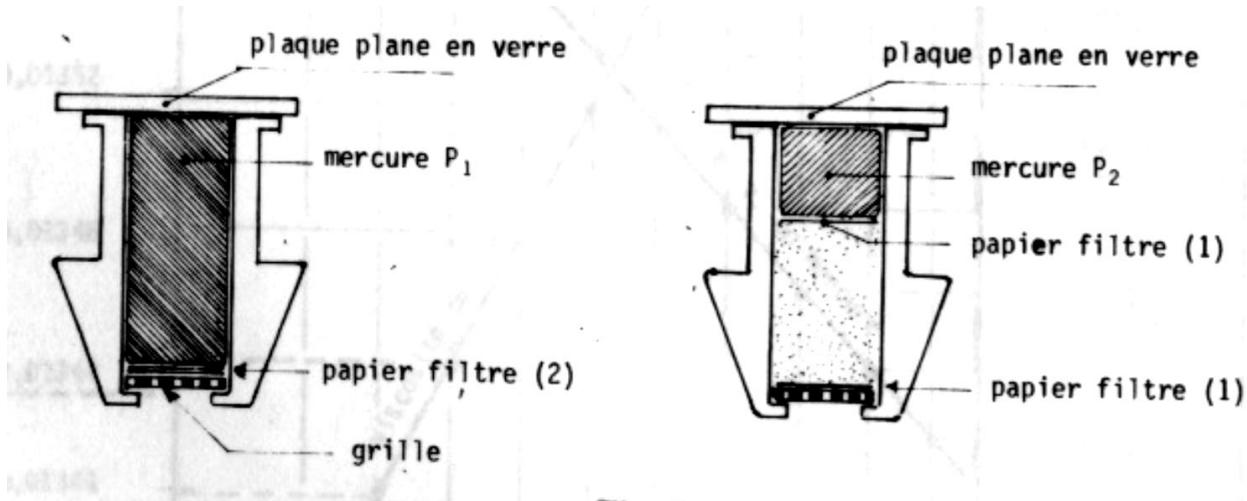
- dans laquelle :
- . S : Surface spécifique (cm^2/g).
. K : Constante de l'appareil.
. e : Porosité de la couche tassée
. t : Temps mesuré en secondes.
. ρ : Masse volumique (g/cm^3).
. η : Viscosité de l'air à la température d'essai (en Pa.s).

Étalonnage de l'appareil

Détermination du volume du lit de ciment

- En raison de la nécessité d'un jeu entre la cellule et le piston plongeur, le volume du lit de ciment compacté varie pour chaque ensemble cellule/piston.

TP N° 03 : Essai de mesure de la finesse des ciments (méthode Blaine) (EN 196-6)



Le volume du lit de ciment compacté doit

être établi pour un jeu donné entre cellule et piston. Ce volume est déterminé comme suit:

1. Enduire la paroi intérieure de la cellule d'une très mince pellicule d'huile pour éviter l'amalgame.
2. Placer la grille au fond de la cellule, puis deux disques de papier filtre appliqués sur la grille.
3. Remplir la cellule jusqu'au bord avec du mercure, en chassant les bulles d'air adhérant aux parois.
4. Niveler la surface de mercure en appliquant une lamelle de verre sur le sommet de la cellule. Puis recueillir dans un récipient taré le mercure se trouvant dans la cellule, et peser à 0,01 g près soit (m_1) la masse en gramme du mercure utilisé.
5. Préparer ensuite la cellule dans les conditions prévues pour l'essai, avec une quantité de ciment portland telle que la couche obtenue soit suffisamment comprimée (2,8 à 3 g), (Il est nécessaire que la poudre soit plus compacte pour l'étalonnage que pour les essais, afin d'éviter son tassemement par le mercure), et remplir à nouveau la cellule avec du mercure en enlevant les bulles d'air et en arasant le sommet comme précédemment. Enlever le mercure, le peser à 0,01 g près (m_2) et vérifier la température.

Le volume du lit V est donné par:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho \cdot Hg}$$

V : Volume de la couche tassée (cm^3).

m_1 et m_2 : Masse de mercure (g)

$\rho \cdot Hg$: Masse volumique du mercure à la température d'essai (g/cm^3) (voir tableau, les valeurs $\rho \cdot Hg$)

TP N° 03 : Essai de mesure de la finesse des ciments (méthode Blaine) (EN 196-6)

6. Répéter la procédure avec des lits de ciment frais jusqu'à ce que deux valeurs de V diffèrent de moins de 0,005 cm³ soient obtenues. La moyenne arithmétique de ces deux valeurs sera enregistrée comme V.

Détermination de la constante k de l'appareil

- Avec une poudre étalon de surface spécifique et de masse volumique absolue connue, opérer selon le processus précédent.

$$K = S_o \times \rho_o \times \frac{(1 - e) \sqrt{0,1 \eta_o}}{\sqrt{e^3} \sqrt{t_o}}$$

- Calculer k en appliquant la formule fondamentale :

dans laquelle :

- S_o : surface massique du ciment de référence en centimètres carrés par gramme (cm²/g),
- ρ_o : masse volumique du ciment de référence en grammes par centimètre cube (g/cm³),
- t_o : moyenne des trois mesures de temps en secondes (s),
- η : viscosité de l'air correspondant à la moyenne des trois températures en pascals-secondes (Pa.s) (tableau), avec la porosité spécifiée de $e = 0,500$,
- La valeur adoptée sera la moyenne arithmétique résultant de trois prises d'échantillons différentes.

Tableau:

Massé volumique du mercure ρ_{Hg} viscosité de l'air η et $\sqrt{0,1\eta}$ en fonction des températures données

Température du laboratoire (°C)	Massé volumique du mercure (g/cm ³)	Viscosité de l'air (Pa.s)	
		η	$\sqrt{0,1\eta}$
16	13,560	0,000 018 00	0,001 342
17	13,560	0,000 018 05	0,001 344
18	13,550	0,000 018 10	0,001 345
19	13,550	0,000 018 15	0,001 347
20	13,550	0,000 018 19	0,001 349
21	13,540	0,000 018 24	0,001 351
22	13,540	0,000 018 29	0,001 353
23	13,540	0,000 018 34	0,001 354
24	13,540	0,000 018 39	0,001 356

Note : des valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire.