

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université D^r Yahia Farès de Médéa

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie de la Matière

Filière Génie Civil



Travaux pratiques :

Matériaux Cimentaires

Dirigés par : Dj. Boukhelkhal

Réalisés par :

2015 - 2016

I. But de l'essai

Il s'agit de mesurer la masse volumique absolue du ciment anhydre qui varie en fonction de la composition du ciment, tout en restant comprise entre 3.0 et 3.2 g/cm³.

II. Principe de l'essai

On opère en comparant la masse (m_c) d'un volume connu de ciment (v_c) à la masse (m_t) d'un même volume d'un liquide dont la masse volumique (ρ_t) est connue. La masse volumique du ciment (ρ_c) s'en déduit en écrivant :

$$\rho_c = \rho_t \frac{m_c}{m_t}$$

III. Equipement nécessaire

- Un pycnomètre d'une contenance minimale de 50 cm³.
- Un liquide qui ne doit pas être réactif avec le ciment, du toluène par exemple (le benzène, cancérigène, ne doit plus être utilisé).
- Une balance. Précise à 0.01 g
- Un thermomètre, précis à 0.1 °C, permettant de connaître la température du laboratoire.

Tableau 1 : Masse volumique de l'eau distillée en fonction de la température

T (°C)	14	16	18	20	22	24	26	28	30
ρ_e (g/cm ³)	0.9993	0.9990	0.9986	0.9982	0.9978	0.9973	0.9968	0.9963	0.9957

IV. Conduite de l'essai

Cinq pesées sont nécessaires :

- m_1 : masse du pycnomètre vide ;
- m_2 : masse du pycnomètre rempli d'eau distillée ;
- m_3 : masse du pycnomètre rempli de toluène ;
- m_5 : masse du pycnomètre contenant une masse m_4 (m_c) de ciment et complété avec du toluène.

V. Expression des résultats

Si ρ_e est la masse volumique de l'eau à la température de l'essai, le volume du pycnomètre est :

$$V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_e}$$

La masse volumique du toluène est alors : $\rho_t = \frac{m_3 - m_1}{V}$

La masse m_t de toluène remplacée par la masse m_4 de liant est : $m_t = m_3 - (m_5 - m_4)$

Le volume de liant remplaçant le liquide est : $V_c = \frac{m_t}{\rho_t} = \frac{m_3 - (m_5 - m_4)}{\rho_t}$

La masse volumique du liant sera : $\rho_c = \frac{m_4}{V_c}$

VI. Travail demandé

- Prendre deux types différents de ciment ;
- Déterminer la masse volumique absolue pour chaque type;
- Rapporter toutes les mesures faites au cours du TP sur les tableaux suivants ;
- Commenter les résultats obtenus.

Type de ciment	T (°C)	ρ_e (g/cm ³)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_3 (g)	$m_4 = m_c$ (g)	m_5 (g)

Type de ciment	V (cm ³)	ρ_t (g/cm ³)	M_t (g)	V_c (cm ³)	ρ_c (g/cm ³)

I. But 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**: c'est la surface totale des grains contenus dans une masse unité de poudre. La surface massique est généralement exprimée en cm^2 de surface des grains de ciment par gramme de poudre (cm^2/g). L'objectif de l'essai est d'apprécier cette surface.

II. Principe de l'essai

La surface massique du ciment étudié n'est pas mesurée directement, mais par comparaison avec un ciment de référence dont la surface massique est connue. Il s'agit de faire passer un volume d'air connu au travers d'une poudre de ciment. Toutes choses étant égales par ailleurs, plus la surface massique de cette poudre est importante et plus le temps t mis par l'air pour traverser la poudre est long. Dans les conditions normalisées décrites, la surface massique est proportionnelle à \sqrt{t} .

III. Equipement nécessaire

- Un appareil appelé «**Perméabilimètre de Blaine**». Cet appareil est schématisé sur la figure 2.1. 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 (n° 4), 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 ;
- 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.

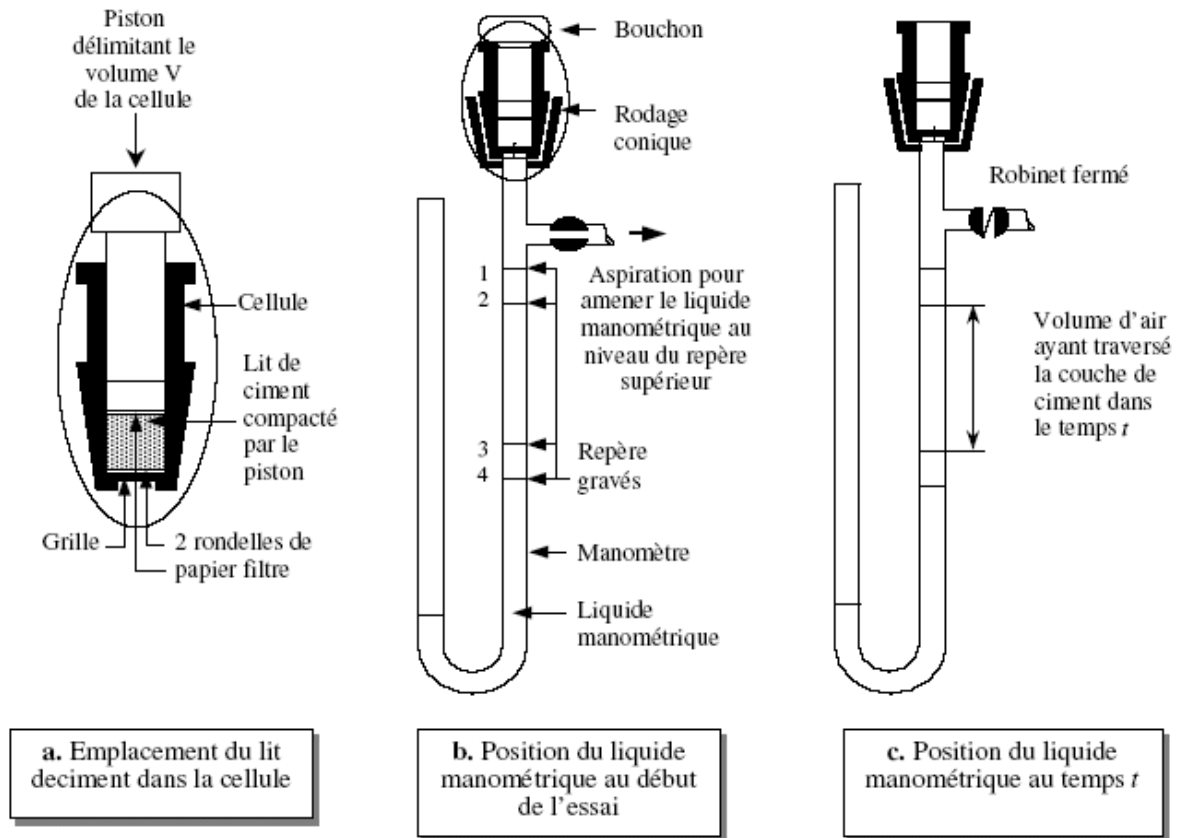


Fig.2.1: Principe de fonctionnement du Perméabilimètre de Blaine

IV. Conduit de l'essai

- Agiter l'échantillon de ciment d'environ 1 kg pour essai l'en secouant pendant 2 min dans un récipient bouché, pour disperser les amas éventuels.
- Attendre 2 min, remuer doucement la poudre résultante en utilisant une baguette sèche et propre, de façon à disperser les fines dans tout le ciment.
- Peser à 0,01 g près, une masse m de ciment telle que, compte tenu de son volume V après tassement dans la cellule, sa porosité soit égale à 0,5.

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

- m : masse du ciment en g.
- e : porosité de la couche de ciment prise égale à 0,5.
- ρ : masse volumique absolue du ciment en g/cm^3 .
- V : volume apparent de la poudre en cm^3 , après tassement dans la cellule (volume utile de la cellule $V = 1,9 \text{ cm}^3$).

- 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 ciment lentement dans la cellule en utilisant un entonnoir.
- Donner quelques légères secousses à la cellule pour niveler la couche supérieure du ciment, puis placer sur celui-ci un autre disque neuf de papier filtre.
- 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.
- Vérifier le niveau du liquide du manomètre qui doit affleurer au trait inférieur.
- Enduire de vaseline les parois extérieures de la cellule.
- Placer la cellule sur l'appareil et enlever le piston lentement (Il est commode de pratiquer une légère rotation alternative).
- Aspirer lentement au moyen de la poire l'air du tube jusqu'à ce que le niveau du liquide atteigne le trait supérieur (n°1). Fermer le robinet.
- Lorsque le niveau de liquide atteint le deuxième trait (n°2), déclencher le chronomètre.
- Arrêter le chronomètre quand le niveau de liquide atteint le troisième trait (n°3).
- Relever le temps écoulé t_1 à 0,2 s près ainsi que la température de la salle à 0,1 °C près.
- L'essai est répété une deuxième fois sur le même lit de ciment. Puis un deuxième lit est préparé et essayé de la même manière. Soit t la moyenne des quatre temps t_i ainsi obtenus

V. Expression des résultats

La surface spécifique (massique) du ciment **SSB** est calculée par la formule:

$$S_{\text{cm}^2/\text{g}} = K \frac{\sqrt{e^3} \cdot \sqrt{t}}{\rho (1-e) \sqrt{0.1 \eta}}$$

S : Surface spécifique (cm²/g).

K : Constante de l'appareil à déterminer à partir d'un échantillon de ciment étalon (masse volumique absolue et surface spécifique connues).

e : Porosité du ciment tassé dans la cellule (0,5).

L'expression $\frac{\sqrt{e^3}}{(1-e)}$ est égale dans ce cas à 0,708.

t : Temps mesuré en secondes.

ρ : Masse volumique absolue du ciment (g/cm³).

η : Viscosité de l'air à la température d'essai en pascals * secondes (Pa.s) donnée dans le tableau suivant :

Température du laboratoire T (°C)	Viscosité de l'air (Pa.s)	
	η	$\sqrt{0,1\eta}$
16	0,000 018 00	0,001 342
17	0,000 018 05	0,001 344
18	0,000 018 10	0,001 345
19	0,000 018 15	0,001 347
20	0,000 018 19	0,001 349
21	0,000 018 24	0,001 351
22	0,000 018 29	0,001 353
23	0,000 018 34	0,001 354
24	0,000 018 39	0,001 356

VI. Travail demandé

- Prendre deux types différents de ciment ;
- Déterminer la finesse de mouture de chaque type;
- Commenter les résultats obtenus.

I. But de l'essai

La consistance de la pâte de ciment caractérise sa plus ou moins grande fluidité qui évolue au cours du temps. Pour pouvoir étudier l'évolution de la consistance en fonction des différents paramètres il faut pouvoir partir d'une consistance qui soit la même pour toutes les pâtes étudiées. L'objectif de cet essai est de définir une telle consistance dite « *consistance normale* ».

II. Principe de l'essai

La consistance est évaluée ici en mesurant l'enfoncement dans la pâte, d'une tige cylindrique sous l'effet d'une charge constante. L'enfoncement est d'autant plus important que la consistance est plus fluide. La consistance évaluée de cette manière sera appelée « *CONSISTANCE VICAT* ».

III. Equipement nécessaire

- Un malaxeur avec une cuve de 5 litres de contenance et d'une pale de malaxage pouvant tourner à 2 vitesses (dites lente 140 tr/mn et rapide 285 tr/mn) ;
- Un appareil de VICAT (figure 1). L'appareil est composé d'un moule tronconique de 40 mm de hauteur et d'une tige coulissante équipée à son extrémité d'une sonde 10 mm de diamètre. La partie coulissante a une masse totale de 700 g (y compris la sonde amovible) ;
- Une balance permettant de peser à 1 g près ;
- Un Chronomètre précis à 1 s près.

IV. Conduit de l'essai

IV-1. Fabrication de la pâte

- Introduire la quantité d'eau choisie dans la cuve du malaxeur ;
- On pèse 500 g de ciment qui seront ajoutés à l'eau en un temps compris entre 5 et 10s ;
- Les opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Séquence du malaxage

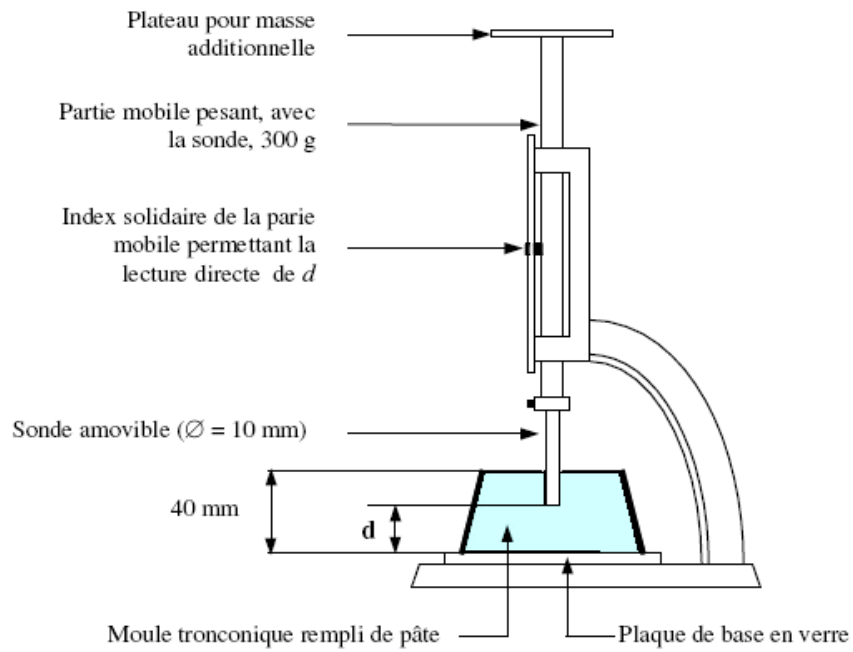
Opérations	Introduction de l'eau	Introduction du ciment		Raclage de la cuve	
Durée des opérations		5 à 10 s	90 s	15 s	90 s
Etat du malaxeur	Arrêt		Vitesse lente	Arrêt	Vitesse lente

IV-2. Mesure de la consistance

- Introduire la pâte rapidement dans le moule tronconique posé sur une plaque de verre ;
- Enlever l'excès de pâte par un mouvement de va-et-vient effectué avec une truelle maintenue perpendiculairement à la surface supérieure du moule (sans tassement ni vibration excessifs), puis l'ensemble est placé sur la platine de l'appareil de Vicat ;
- Quatre minutes après le début du malaxage, la sonde est amenée à la surface supérieure de l'échantillon (moule tronconique) ;
- Relâcher la sonde sans élan. La sonde alors s'enfonce dans la pâte. Lorsqu'elle est immobilisée (ou après 30 s d'attente), on mesure la distance **d** séparant l'extrémité de la sonde et de la plaque de base.

Cette distance **d** caractérise la consistance de la pâte étudiée.

- Si **d** = 6mm ± 1mm, on dit que la consistance de la pâte étudiée est normalisée. (Consistance normale).
- Si **d** n'atteint pas cette valeur ($d > 7$ mm ou $d < 5$ mm), il convient de refaire l'essai avec une valeur différente du rapport E/C jusqu'à atteindre la valeur recherchée de la consistance.



V. Travail demandé

- Prendre un type de ciment ;
- Déterminer sa consistance normalisée en complétant le tableau ci-dessous;
- Commenter les résultats obtenus.

E/C										
Eau (g)										
d (mm)										

I. But de l'essai

Il s'agit de définir les qualités de résistance normale d'un ciment.

II. Principe de l'essai (EN 196-1)

L'essai consiste à étudier les résistances à la traction et à la compression d'éprouvette de mortier normal. Dans un tel mortier la seule variable est la nature du liant hydraulique ; la résistance du mortier est alors considérée comme significative de la résistance du liant utilisé.

- **Résistance normale**

La résistance dite résistance normale pour un ciment donné est la résistance ainsi mesurée à l'âge de 28 jours. C'est cette résistance qui définit la classe vraie du ciment. La classe commerciale, celle qui est indiquée par le fabricant, peut s'éloigner notablement de cette classe vrai.

- **Mortier normal (EN 196-1)**

Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d'un ciment et notamment sa résistance. Le sable utilisé pour ce mortier est un sable appelé « sable normalisé ». Ce sable est commercialisé en sac plastique de $1\,350\text{ g} \pm 5\text{ g}$.

Notation :

- la résistance en compression à 28 jours est désignée par f_{c28} .
- la résistance en traction à 28 jours est désignée par f_{t28} .

III. Equipement nécessaire

- Une balance permettant de peser à 1 g près,
- Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier,
- Des moules normalisés permettant de réaliser 3 éprouvettes prismatiques de section carrée 4 cm \times 4 cm et de longueur 16 cm (ces éprouvettes sont appelées « éprouvettes 4 \times 4 \times 16 »),
- Un appareil à chocs permettant d'appliquer 60 chocs aux moules en les faisant chuter d'une hauteur de $15\text{ mm} \pm 0.3\text{ mm}$ à la fréquence d'une chute par seconde pendant 60 sec,
- Une machine d'essais de résistance à la flexion,
- Une machine d'essais de résistance à la compression.

IV. Conduit de l'essai

IV-1. Préparation du mortier normal

Le sable normalisé et le ciment à tester sont gâchés avec de l'eau dans les proportions suivantes :

- 450 g \pm 2 g de ciment,
- 1 350 g \pm 5 g de sable normalisé,
- 225 g \pm 1 g (le rapport E/C de ce mortier est donc 0.50).

Le mortier normalisé est malaxé pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme, les opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Séquence de malaxage du mortier normal

Opérations	Introduction de l'eau	Introduction du ciment		Introduction du sable		Raflage de la cuve		
Durée			30 s	30 s	30 s	15 s	1 mn 15 s	60 s
Etat du malaxeur	Arrêt		Vitesse lente		Vitesse rapide	Arrêt		Vitesse rapide

IV-2. Fabrication des éprouvettes

Avec le mortier normal préparé, on remplit un moule 4 \times 4 \times 16. Le serrage du mortier dans ce moule est obtenu en introduisant le mortier en deux couches et en appliquant au moule 60 chocs à chaque fois. Après quoi le moule est arasé et recouvert d'une plaque de verre.

Après 24 h de début du malaxage, ces éprouvettes sont démoulées et entreposées dans l'eau à 20 $^{\circ}$ C \pm 1 $^{\circ}$ C jusqu'au moment de l'essai de rupture.

IV-3. Essai de flexion (flexion trois points)

La rupture de chaque éprouvette en flexion est effectuée conformément au dispositif décrit sur la figure 1.

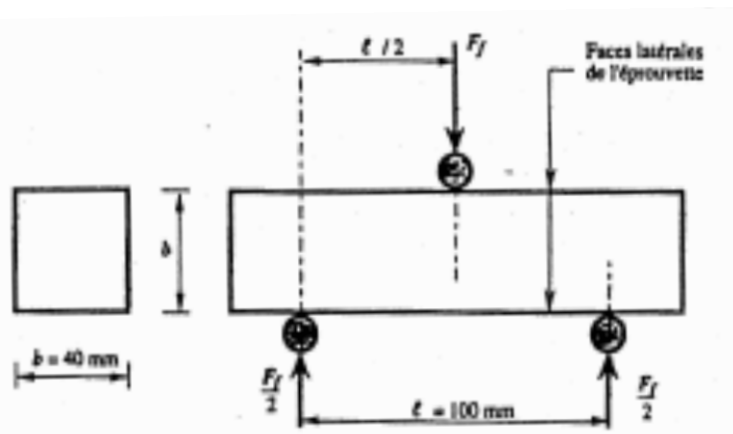


Fig. 1 : Essai de traction par flexion

La contrainte de flexion sur la fibre inférieure est donnée par la formule suivante : $\sigma_t = \frac{M}{I} v$

Avec :

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge : $M = \frac{F_r L}{4}$

I : Moment d'inertie de la section transversale : $I = \frac{a^4}{12}$

v : La distance de la fibre inférieure la plus éloignée : $v = \frac{a}{2}$

La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante : $\sigma_t = \frac{1.5 F_r L}{a^3}$

On affecte un coefficient de 0,6 aux valeurs trouvées pour tenir compte de la plastification du mortier en on déduit la résistance à la traction (σ_t) :

$$f_{t28} = \frac{0.9 F_r L}{a^3}$$

IV-4. Essai de compression

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenus après rupture en flexion seront rompus en compression comme indiqué sur la figure 2.

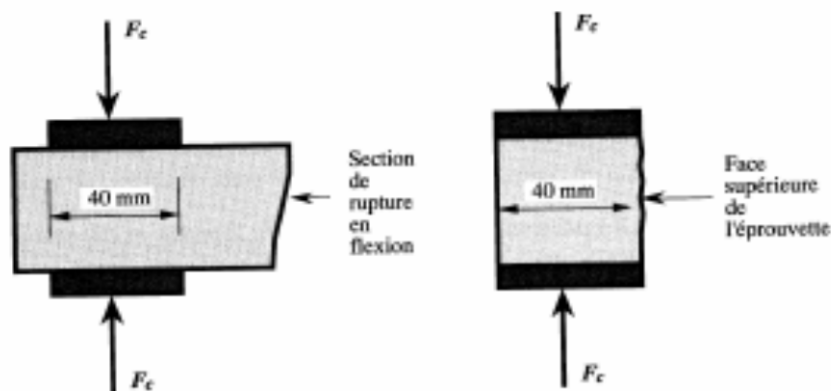


Fig. 2 : Essai de compression

Si F_c est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra : $\sigma_c = \frac{F_c}{a^2}$

Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si F_c est exprimée en newtons, cette résistance exprimée en méga pascals vaut :

$$f_{c28} \text{ (MPa)} = \frac{F_c \text{ (N)}}{1600}$$

Les résultats obtenus pour chacun des 6 demi-prismes sont arrondis à 0.1 MPa près et on en fait la moyenne. Si l'un des 6 résultats diffère de $\pm 10 \%$ de cette moyenne, il est écarté et la moyenne est alors calculée à partir des 5 résultats restants.

V. Travail demandé

- Prendre deux types différents de ciment ;
- Déterminer la résistance mécanique pour chaque type;
- Rapporter toutes les mesures faites au cours du TP sur le tableau suivant ;
- Commenter les résultats obtenus.

Feuille de calcul :

Type de ciment	Eprouvette	F _{t28} (MPa)	F _{c28} (MPa)
	01		
	02		
	03		
	01		
	02		
	03		
Résistance moyenne			
Type de ciment		F_{t28} (MPa)	F_{c28} (MPa)

I. But de l'essai

C'est une mesure qui est utile pour apprécier l'efficacité d'un adjuvant plastifiant, ou superplastifiant, sur la fluidité d'un mortier ou sur la réduction d'eau qu'il permet de réaliser à consistance égale.

II. Essai au maniabilimètre B (NF P 15-437)

II-1. Principe de l'essai

Dans cet essai la consistance est caractérisée par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.

II-2. Equipement nécessaire

- Une balance permettant de peser à 1 g près,
- Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier,
- Un *maniabilimètre B* et est schématisé sur la figure 1. Il comporte :
 - Un boîtier parallélépipédique métallique (9 cm × 9 cm × 18 cm),
 - Une cloison amovible,
 - Un vibreur.
- Un chronomètre.

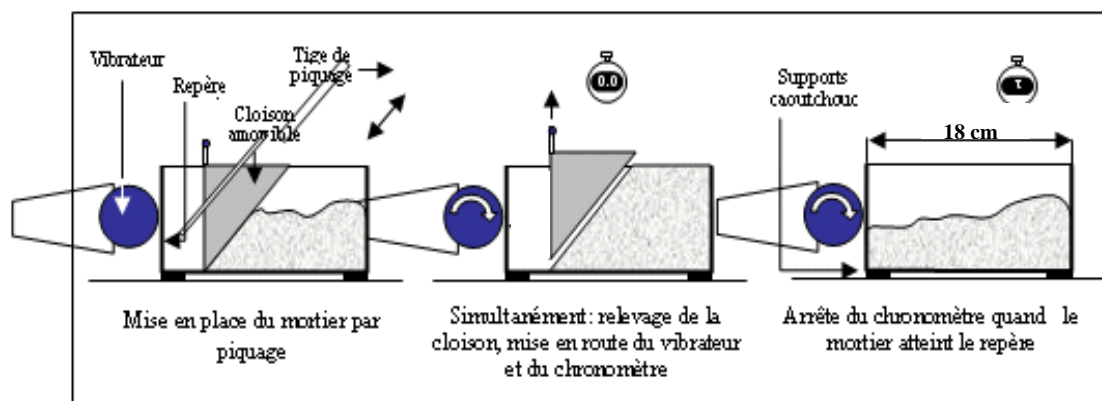


Fig. 1 : Principe de fonctionnement du maniabilimètre B

III. Conduite de l'essai

L'essai doit être conduit d'une part sur une gâchée de mortier normal sans adjuvant et d'autre part, sur une gâchée de mortier normal adjuvanté.

III-1. Formulation des mortiers

La composition des deux mortiers est indiquée dans le tableau suivant :

Tableau 1: Formulation des différents mortiers

Composant	Mortier normal	Mortier normal adjuvanté
E/C	0.5	0.5
Ciment (g)	450	450
Sable (g)	1350	1350
Eau (g)	225	225
Superplastifiant (%)	0	1

Note: le dosage en superplastifiant sera en % de poids du ciment.

III-2. Séquences de malaxage

III-2-1. Mortier normal

La séquence de malaxage suit les étapes suivantes:

- Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur, y verser ensuite le ciment, mettre le malaxeur en marche à vitesse lente ;
- Après 30 s de malaxage, introduire régulièrement le sable pendant les 30 s suivants. Mettre alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30s supplémentaires ;
- Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30s. Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci ;
- Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s.

III-2-2. Mortier normal adjuvanté

La séquence de malaxage suit les étapes suivantes:

- Malaxer à sec le ciment et le sable afin d'homogénéiser le mélange (vitesse lente),
- Ajouter pendant 1 minute la première quantité d'eau (Eau1 = 70% Eau) (vitesse rapide),

- Ajouter pendant 1 minute le restant de l'eau de gâchage (Eau2 = 30% Eau) mélangé avec le superplastifiant (vitesse rapide),
- Malaxer le mélange pendant 3 minutes (vitesse rapide).

III-3. Exécution de l'essai

- Huiler légèrement les parois internes de la cuve ;
- Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place en 4 couches ;
- Chaque couche piquée de 6 coups au moyen de la tige de piquage ;
- Araser la dernière couche ;
- 4 minutes après la fin du malaxage la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur en même temps que la cloison est retirée ;
- Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule, Le chronomètre est arrêté quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier ;
- Le temps t mis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance. Ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide.

V. Travail demandé

- Prendre un type de ciment, et un type de superplastifiant,
- Réaliser deux mortiers différents (avec et sans adjuvant), faire ensuite tester la consistance de chacun de ces deux mortiers,
- Commenter les résultats obtenus.

Feuille de calcul :

Type de mortier	Type d'adjuvant	Dosage en adjuvant (%)	Temps d'écoulement (sec)
Sans adjuvant			
Avec adjuvant			

I. Introduction

Afin de faciliter la mise en place du ciment et pour augmenter sa durée de vie, des adjuvants captant l'air sont ajoutés au ciment lors de sa préparation. Il a été démontré que les caractéristiques mécaniques du ciment étaient optimales lorsqu'il contenait 3 à 4 % d'air en volume.

Les aéromètres permettent de suivre l'effet des adjuvants sur la quantité d'air introduite dans le ciment lors du processus de fabrication. Leur fonctionnement repose sur la loi de Boyle Mariotte relative à la compressibilité des gaz.

II. But de l'essai

Il s'agit d'évaluer la quantité d'air occlus de manière à vérifier que le minimum prévu par la norme en cas de gel est bien atteint (5 %).

III. Principe de l'essai (NF P 18-353)

Une cuve hermétiquement close accueille un volume donné de mortier. Ce ciment contient de l'air, susceptible d'être comprimé sous l'action d'une pression.

Lorsque l'on applique une pression à l'ensemble mortier + air occlus par l'intermédiaire d'un fluide incompressible, la pression se transmet intégralement à l'air occlus (on suppose les autres éléments du mortier incompressibles). L'air est comprimé sous une pression permettant de négliger son volume final au regard de son volume initial.

Le fluide incompressible occupe la place de l'air occlus dans le mortier. Le rapport de son volume déplacé au volume total utilisé permet de déterminer le pourcentage volumique d'air occlus.

IV. Equipement nécessaire

- Une balance permettant de peser à 1 g près,
- Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier,
- Un aéromètre à mortier d'une capacité de 1l.

V. Conduite de l'essai

L'essai doit être conduit d'une part sur une gâchée de mortier normal sans adjuvant et d'autre part, sur une gâchée de mortier normal adjuvanté (la formulation ainsi la séquence du malaxage des deux mortiers est la même comme le TP précédant).

V-1. Exécution de l'essai

- Introduire le mortier dans la cuve de mesure en trois couches approximativement de même volume. Mettre en place chaque couche de mortier par 25 coups de tige de piquage également répartis sur toute la section, suite au piquage de chaque couche, tapoter de coups secs les parois du bol 10 à 15 fois avec un maillet, jusqu'à ce que tous les vides laissés par le piquage soient comblés et que de grosses bulles d'air n'apparaissent plus à la surface de la couche qui vient d'être mise en place par piquage ;
- Ajouter la couche de mortier finale de manière à éviter un trop plein excessif, araser la surface supérieure à l'aide d'une règle métallique ;
- Mettre en place le couvercle sur la cuve, le fixer en bloquant les attaches rapides diamétralement opposées ;
- Ouvrir les vannes rouges sur le couvercle ;
- Par la vanne de gauche, au moyen d'une pissette remplir l'aéromètre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles d'air et que l'eau parvienne à la vanne de droite. A la fin du remplissage, incliner légèrement l'appareil de façon à ce que la vanne de droite se trouve plus haut que la vanne de gauche. Fermer les deux vannes ;
- A l'aide de la pompe à main, amener l'aiguille du manomètre en face du repère rouge sur le cadran. Laisser s'équilibrer la pression (qui peut retomber) et pomper de nouveau de sorte à dépasser légèrement le repère. Ajuster alors précisément la position de l'aiguille à l'aide du bouton poussoir noir ;
- Tapoter légèrement sur le manomètre et l'aéromètre pour assurer que la pression ne change pas,
- Appuyer sur le bouton poussoir vert quelques secondes jusqu'à ce que les pressions entre cuve et chambre de compression s'équilibrent ;
- Le manomètre indique alors directement en pourcentage le volume d'air occlus dans le mortier.

VI. Travail demandé

- Prendre un type de ciment, et un adjuvant,
- Réaliser deux mortiers différents (avec et sans adjuvant), faire ensuite tester le pourcentage d'air occlus pour chaque type de mortier,
- Commenter les résultats obtenus.

Feuille de calcul :

Type de mortier	Type d'adjuvant	Dosage en adjuvant (%)	% d'air occlus
Sans adjuvant			
Avec adjuvant			