

1. But de l'essai

Il s'agit de déterminer par l'analyse granulométrique la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différents grains constituant chaque échantillon de granulat étudié. (Norme EN 933-1).

2. Matériel utilisé

Tamis à trous carrés – Fond de tamis et couvercle – Tamiseuse – Balance

La norme actuelle (EN 933-2) préconise, pour l'analyse granulométrique, la série de tamis soulignées en gras dans la progression suivante donnée en millimètres (mm):

Module	20	25	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Ø Tamis	0,063	0,08	0,10	0,125	0,16	0,20	0,25	0,315	0,40	0,50	0,63	0,80	1,0

Module	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Ø Tamis	1,25	1,60	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8	10	12,5	16	20

Module	45	46	47	48	49	50	51	52
Ø Tamis	25	31,5	40	50	63	80	100	125

Les diamètres des tamis peuvent être repérés par des numéros d'ordre appelés « Module ».

Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse *Mf*. Il correspond à la somme des pourcentages des refus cumulés, ramenés à l'unité, pour les tamis en italique soulignés ci-dessus d'ouverture (en mm) : *0,16* *0,315* *0,63* *1,25* *2,5* *5*.

Ce paramètre est utilisé en particulier dans le calcul de la composition du béton.

3. Mode opératoire

- a- Sécher d'abord les granulats prélevés de manière progressive et à température d'environ 103°C pour ne pas faire éclater les grains et ne pas modifier la nature chimique de l'échantillon.
- b- Emboîter les tamis utilisés les uns sur les autres, les dimensions croissant de bas en haut. Mettre au-dessous un récipient à fond plein pour recueillir les éléments fins, et au-dessus un couvercle pour éviter la dispersion des poussières.
- c- La « charge » placée sur les tamis doit être d'autant plus faible que les ouvertures sont plus petites ; au besoin, la quantité à tamiser sera traitée en 2 ou 3 fois, ou davantage.
- d- Verser le granulat sur le tamis supérieur, mettre le couvercle, et appliquer à l'ensemble une série de secousses. Le granulat sera ainsi réparti sur les différents tamis, mais cette répartition ne sera pas complète, et il faudra reprendre chaque tamis séparément.
- e- Prendre le tamis supérieur seul, avec son contenu. Au-dessus d'un plateau propre, agiter ce tamis horizontalement, en le tenant d'une main et on le frappant contre l'autre main (120 coups/minute environ). Tous les 40 coups (30 coups pour les éléments < 1 mm), appliquer au tamis une rotation d'un quart de tour, et poursuivre l'agitation dans la nouvelle direction. On pourra achever le tamisage en présentant chaque grain au droit des ouvertures. On cessera cette agitation lorsque, en une minute, le tamisat n'aura pas été supérieur au millième du refus correspondant.
- f- Le refus est pesé à 0.1% près, et le tamisat versé sur le tamis suivant, avec ce qui s'y trouve déjà.
- g- De même avec le 2^e tamis, et le nouveau refus est placé sur la balance avec le premier ; le nouveau tamisat est versé sur le 3^e tamis. On pèse donc les refus cumulés.
- h- De même jusqu'au dernier tamis. Le dernier tamisat (récipient à fond plein) est ajouté sur la balance aux refus précédents. On doit retrouver le poids pesé au départ, aux pertes près.

4. Analyse et interprétation des résultats

- a- Renseigner les feuilles d'essais (F1 et F2) des échantillons des granulats analysés.
- b- Tracer dans le graphe de la feuille (F3) d'essai, les courbes granulométriques des différents échantillons des granulats analysés. Donner la nature de ces courbes (continues ou discontinues).
- c- Vérifier la classe granululaire d/D de chaque échantillon étudié.
- d- Déterminer le module de finesse du sable. Et en déduire sa nature (fin, moyen ou grossier).
- e- déterminer le pourcentage des fines du sable.

TP N° 01 : Analyse Granulométrique par Tamisage

Laboratoire de Matériaux De Construction			Feuille d'essai : F2	
Binôme			Date de l'essai :	Groupe:
			Température :	Humidité :
Nature de l'échantillon :			Classe granulaire d / D : 16 / 25	
Masse sèche: M = 5 Kg \geq 0,2 D (D en mm)			Procédé utilisé: Tamisage par voie sèche	
Ouverture de Tamis (mm)	Masse des refus mi (g)	Masse des refus cumulés Mc (g)	Pourcentage des refus cumulés Pr = (Mc/M)100	Pourcentage des Tamisats cumulés Pt = 100 - Pr
40				
31,5				
25				
20				
16				
12,5				
10				
Fond				
Nature de l'échantillon :			Classe granulaire d / D : 8 / 16	
Masse sèche : M = 3,2 Kg \geq 0,2 D (D en mm)			Procédé utilisé : Tamisage par voie sèche	
25				
20				
16				
12,5				
10				
8				
6,3				
5				
Fond				
Nature de l'échantillon :			Classe granulaire d / D : 3 / 8	
Masse sèche: M = 1,6 Kg \geq 0,2 D (D en			Procédé utilisé: Tamisage par voie sèche	
12,5				
10				
8				
6,3				
5				
4				
3,15				
2,5				
2				
Fond				

TP N°2 : MASSES VOLUMIQUES DES GRANULATS

1. Définition

La masse volumique ou masse volumique apparente est la masse d'un corps par unité de volume total y compris les vides entre les grains de ce corps (volume apparent).

La masse spécifique ou masse volumique absolue est la masse d'un corps par unité de volume de matière pleine sans aucun vide entre les grains (volume absolu).

2. Masses volumiques apparentes

- Prendre le granulat dans les deux mains formant un entonnoir,
- Placer les deux mains à 10 cm environ au dessus d'une mesure d'un litre ($V_{app} = 1 \text{ l}$) et laisser tomber ce granulat, ni trop vite, ni trop lentement,
- Verser le granulat au centre de la mesure jusqu'à ce qu'il déborde en formant un cône,
- Araser à la règle,
- Peser le contenu, soit M .

Il est recommandé de faire plusieurs essais et de prendre la moyenne. L'idéal : 5 essais avec une mesure de 1 litre ou 3 essais avec une mesure de 5 litres.

La masse volumique apparente est donc : $\rho_{app} = M / V_{app}$

3. Masses volumiques absolues :

3.1 Méthode de l'éprouvette graduée : C'est une méthode simple, rapide et qui utilise un matériel simple. Mais son inconvénient est qu'elle n'est pas très précise.

Mode opératoire :

Mettre dans une éprouvette graduée un volume V_1 d'eau. Peser une masse M du corps (de l'ordre de 300 g) et l'introduire dans l'éprouvette. Bien éliminer les bulles d'air.

Lire le nouveau volume V_2 .

Le volume absolu recherché est : $V_{abs} = V_2 - V_1$

La masse volumique absolue est : $\rho_{abs} = M / V_{abs}$

3.2 Méthode du ballon : C'est plus précis, mais plus délicat. Il n'y a plus de lectures de volumes, mais seulement des pesées.

Matériel nécessaire :

Récipient en verre dont les bords du goulot sont rodés – Plaque de verre épais, pour recouvrir le goulot – Balance de précision – Chiffons propres.

Mode opératoire :

- Peser le récipient plein d'eau et recouvert de la plaque de verre : soit M_1
 - Peser un échantillon du corps étudié : M_2
 - Introduire le corps dans le ballon, remplir à nouveau d'eau, remettre la plaque et peser M_3
- La masse de l'eau chassée par le corps est

$$M = M_1 + M_2 - M_3$$

La densité de l'eau étant sensiblement égale à 1 à la température ambiante, la masse M est égale à son volume V_{abs} .

D'où la masse spécifique de l'échantillon est :

$$\rho_{abs} = M_2 / V_{abs}$$

4. Analyse et interprétation des résultats :

- Renseigner la feuille d'essai : « Masses volumiques des granulats »
- Interpréter les résultats obtenus.

TP N° 02 : Masses Volumiques des granulats

Laboratoire de Matériaux De Construction		Feuille d'essai	
Binôme		Date de l'essai:	Groupe :
		Température :	Humidité :

Masse volumique apparente			
Echantillon	Sable	Gravier 3/8	Gravier 8/16
Volume mesuré	1 litre	1 litre	1 litre
1 ^{ère} pesée (g)			
2 ^{ème} pesée (g)			
3 ^{ème} pesée (g)			
ρ_{app} moyenne (Kg / m ³)			

Masse volumique absolue ou masse spécifique						
Echantillon	Méthode de l'éprouvette graduée					
	Sable		Gravier 3/8		Gravier 8/16	
	Masse (g)	Vol. (l)	Masse (g)	Vol. (l)	Masse (g)	Vol. (l)
1 ^{er} Essai						
2 ^{ème} Essai						
3 ^{ème} Essai						
ρ_{abs} moy (Kg / m ³)						

Essai		Méthode du ballon			
		Ballon+eau M ₁ (g)	Echantillon M ₂ (g)	Ballon + eau + Echantillon M ₃ (g)	Volume de l'échantillon V = (M ₁ + M ₂ - M ₃) / ρ_{eau} (l)
Sable	1 ^{er} Essai				
	2 ^{ème} Essai				
	3 ^{ème} Essai				
	$\rho_{abs} = M_2 / V$ (Kg/m ³)				
Gravier 3/8	1 ^{er} Essai				
	2 ^{ème} Essai				
	3 ^{ème} Essai				
	$\rho_{abs} = M_2 / V$ (Kg/m ³)				

TP N°3 : MASSE VOLUMIQUE DES LIANTS

1. Masse volumique apparente

Pour les liants hydrauliques, il faut éviter tout contact avec la peau. On utilise pour cela un entonnoir porté par un trépied, muni d'une passoire et d'un opercule mobile.

Mode opératoire :

- Placer l'entonnoir au dessus du centre de la mesure (bol 1 litre). Fermer l'opercule.
- Verser une petite quantité environ 200 g du liant sur la passoire et la faire descendre dans l'entonnoir à l'aide de la spatule.
- Ouvrir l'opercule, le liant tombe dans le bol. Refermer l'opercule.
- Recommencer avec d'autres quantités du liant, jusqu'à ce que le bol déborde.
- Araser à la règle et peser le contenu soit une masse M .

La masse volumique apparente est : $\rho_{app} = M / 1$

2. Masse spécifique ou masse volumique absolue

Pour les matériaux comme le ciment, on utilise le Toluène pour déterminer la masse spécifique.

Deux méthodes peuvent être utilisées :

L'une basée sur la lecture de graduations : *Densitomètre Le Châtelier*

L'autre ne comportant que des pesées : *Le Pycnomètre.*

Densitomètre Le Châtelier.

Mode opératoire : Même principe que pour l'éprouvette graduée ; mais il faut introduire une quantité de matériau telle que le liquide arrive au droit de la graduation supérieure.

Prendre par exemple pour le ciment environ 60 g et procéder comme suit :

- Mettre du Toluène jusqu'à un volume V_1 , voisin de zéro. Noter V_1 , en valeur algébrique (négatif au-dessous du zéro). Peser le tout M_1 .
- Introduire le corps étudié jusqu'à ce que le niveau du liquide soit dans la partie utile de la graduation supérieure. Bien chasser les bulles d'air ; et noter V_2 . Peser, soit M_2 .
- On détermine la masse spécifique ou masse volumique absolue : $\rho_{abs} = (M_2 - M_1) / (V_2 - V_1)$.

Pycnomètre à liquide.

Il existe différents types de pycnomètre, on utilise ceux munis d'un trait de niveau. Ce trait limite donc de façon précise un volume V qui est caractéristique de l'instrument.

Mode opératoire :

- Peser le pycnomètre vide : M_0 ;
- Peser le pycnomètre rempli de Toluène jusqu'au trait de repère. Soit M_1 ;
- Peser un échantillon du corps étudié (50 g pour un ciment). Soit M_2 ;
- Introduire le corps dans le pycnomètre, après avoir vider au moins de moitié ce dernier. Eliminer toute trace d'air, amener le niveau du Toluène au trait repère. Peser : M_3 .

La masse du Toluène déplacé correspondant au volume du corps, soit : $M_T = M_1 + M_2 - M_3$

Le volume du Toluène déplacé : $V_T = M_T / \rho_T$; ρ_T étant la masse spécifique du Toluène.

On tire la masse spécifique de l'échantillon : $\rho_{abs} = M_2 / V_T$.

Remarque : La masse spécifique du Toluène peut être déterminer en fonction du volume V du pycnomètre utilisé. Pour $V = 250 \text{ cm}^3$ on a :

$$\rho_T = (M_1 - M_0) / V$$

3. Analyse et interprétation des résultats :

- Renseigner la feuille d'essai : « Masses volumiques des liants »
- Interpréter les résultats obtenus

TP N° 03 : Masses Volumiques des liants

Laboratoire de Matériaux De Construction		Feuille d'essai	
Binôme		Date de l'essai:	Groupe :
		Température :	Humidité :

Masse volumique apparente			
Echantillon	Ciment	Chaux	Plâtre
Volume mesuré	1 litre	1 litre	1 litre
1 ^{er} pesée (g)			
2 ^{ème} pesée (g)			
3 ^{ème} pesée (g)			
ρ_{app} moyenne (Kg / m ³)			

Masse volumique absolue ou masse spécifique					
Echantillon de ciment	Méthode du Densitomètre Le Châtelier				
	V ₁ (ml)	M ₁ (g)	V ₂ (ml)	M ₂ (g)	$\rho_{abs} = M_2 - M_1 / V_2 - V_1$
1 ^{er} Essai					
2 ^{ème} Essai					
3 ^{ème} Essai					
ρ_{abs} moy (Kg/m ³)					
Echantillon de ciment	Méthode du Pycnomètre				
	Pic+liquide M ₁ (g)	Liant M ₂ (g)	Pic + liquide + Liant M ₃ (g)	Vol. de l'échant. (l) V = (M ₁ +M ₂ -M ₃) / ρ_T	$\rho_{abs} = M_2 / V$
1 ^{er} Essai					
2 ^{ème} Essai					
3 ^{ème} Essai					
ρ_{abs} (moy) (Kg / m ³)					

1. Essais d'équivalent de sable :

Il s'agit de déceler la présence d'éléments fins contenue dans un sable et d'en caractériser l'importance par une valeur numérique. On agite une certaine quantité de sable dans une solution lavante (cette solution contient 111 g de chlorure de calcium anhydre, 480 g de glycérine et 12 g de formaldéhyde pour 40 l d'eau). La norme NF P 18-598 définit le processus d'exécution.

Matériels utilisés :

Eprouvettes en matière plastique de 32 mm de diamètre et 430 mm de hauteur munis de deux traits repères ; bouchons – Entonnoir – bonbonne de 5 litres de solution lavante avec son bouchon, son siphon et un tube souple de 1,5 m – tube laveur métallique – machine agitatrice électrique ou manuelle – réglelet métallique de mesure – piston taré à masse mobile de 1000 g. Plus du matériel d'usage courant non spécialisés (balance, chronomètre, spatule, récipients...).

Mode opératoire :

Remplir les éprouvettes de la solution lavante jusqu'au premier trait – Verser la quantité de sable voulue (l'équivalent de 120 g de sable sec) – Eliminer les bulles d'air (frapper contre la pomme de la main). Laisser reposer 10 mn – Boucher les éprouvettes et les agiter dans une machine conçue à cet effet qui leur fera subir un mouvement rectiligne horizontal, avec 90 allers et retours en 30 secondes – Laver et remplir les éprouvettes avec le tube laveur (rincer le bouchon au dessus de l'éprouvette ; faire descendre le tube laveur en le faisant tourner entre les doigts pour laver les parois intérieures ; laver le sable en faisant descendre le tube dans la masse de sable et le faire remonter en dégageant les particules fines ; faire sortir le tube laveur dès que le niveau du liquide atteint le trait supérieur – Laisser reposer 20 mn, éviter toute vibration. Tolérance faible : ± 10 secondes – Mesurer à vue d'abord h_1 puis h_2 . (pour le ESV) – Faire descendre lentement le piston taré dans le liquide à travers le floculat jusqu'à ce qu'il s'immobilise au contact du sable, noter la hauteur h'_2 . (pour ESP)

La hauteur du dépôt de sable visible étant h_2 et h_1 celle de la hauteur totale y compris le floculat (fines en suspension), h'_2 est mesurée avec le piston. L'équivalent de sable est :

$$ESV = 100 \frac{h_2}{h_1} \quad \text{et} \quad ESP = 100 \frac{h'_2}{h_1}$$

La valeur optimale de l'Equivalent de Sable (ESV) est comprise entre 70 et 80, en ne contenant que peu de fines argileuses nocives dont la faible importance doit alors être confirmée par l'essai « au bleu » (Norme NF P 18-592).

2. Propreté des graviers

Pour **les graviers** il convient d'éviter surtout la présence de gangue argileuse ou de poussière ce qui risque de compromettre l'adhérence du mortier sur les graviers. L'essai de propreté consiste donc à déterminer le pourcentage d'éléments inférieur à 0,5 mm. Norme P 18-591.

Mode opératoire :

On prend dans un récipient une certaine quantité de matériau, on la dessèche et on la pèse, soit M_1 . Puis on la lave à grande eau, dans le même récipient (en frottant les cailloux les uns avec les autres), les impuretés sont éliminées par trop plein d'eau, on arrête lorsque l'eau reste claire, on égoutte, on dessèche à nouveau et on pèse on obtient un poids M_2 .

La masse des impuretés est donc : $m_i = M_1 - M_2$

Le pourcentage des impuretés est $i = m_i / M_2$

Le matériau est propre si $i < 1,5 \%$ dans le cas de gravillons n'ayant pas subi de concassage et $i < 3\%$ pour les gravillons provenant de concassage de roches massives.

3. Analyses et interprétation des résultats

- a- Renseigner les feuilles d'essai « impuretés des graviers » et « l'Equivalent de Sable »,
- b- Interpréter les résultats obtenus,
- c- Conclusion.

TP 5 : FORMES DES GRANULATS

Coefficient volumétrique ou coefficient de forme

Les grains d'un gravier se distinguent par leurs formes. Les uns se rapprochent de la sphère ou du cube : ils sont excellents ; d'autres se présentent en aiguilles ou plaquettes ; ils donnent de mauvais bétons. Le « coefficient de forme » est une grandeur numérique, qui permet de caractériser un grain ou granulat, et dont la valeur donne une idée précise sur la forme de l'élément considéré et sa possibilité d'emploi.

Le « coefficient volumétrique d'un grain » est le rapport du volume v du grain au plus petit volume V de la sphère circonscrite au grain de diamètre d .

d est la plus grande distance séparant deux plans tangents au grain.

$$V = \pi \cdot \frac{d^3}{6} \quad \text{et} \quad cf = \frac{v}{V}$$

Le coefficient volumétrique moyen d'un granulat :

Pour avoir $\sum v$, il suffit de mettre les grains dans une éprouvette graduée contenant un volume V_1 , et on lit le nouveau volume V_2 . on a : $\sum v = V_2 - V_1$.

Pour avoir $\sum \pi \cdot \frac{d^3}{6}$, on ne calcule pas le volume de la sphère pour chaque grain, on ne mesure même pas d avec précision. On se sert plus simplement d'un calibre. Pour utiliser ce calibre, on recherche la plus grande encoche qui retienne le grain : le nombre porté en face de cette encoche est le volume (en cm^3) de la sphère correspondant à ce grain. (Norme NF P 18-301).

Mode opératoire :

a- Préparer un échantillon du granulat étudié, le sécher. b- Tamiser avec un tamis de 5 mm, et ne garder que le refus. c- En prendre environ 250 g (au minimum). d- Rechercher le volume des sphères en présentant successivement chaque grain dans les encoches du calibre, et noter les volumes des sphères portés sur le calibre. e- Multiplier le nombre de graviers semblables par les volumes de sphère correspondants. f- Remplir d'eau une éprouvette graduée d'un volume V_1 et y mettre tous les graviers. Lire le volume V_2 .

On calcul sur la feuille d'essai : $\sum v = V_2 - V_1$ et $\sum \pi \cdot \frac{d^3}{6}$ et on a : $cf = \frac{\sum v}{\sum \pi \cdot \frac{d^3}{6}}$

Le coefficient volumétrique moyen d'un granulat est d'autant plus élevé que ce granulat comporte une grande proportion de grains de forme massive. Il est d'autant plus faible que ce granulat comporte une grande proportion de plaquettes et d'aiguillettes.

Pour les granulats d/D avec $d \geq 5$ mm, il est recommandé d'avoir un coefficient de forme moyen supérieur à 0,2. C'est une valeur difficile à obtenir pour des granulats concassés, mais il faut au moins avoir un coefficient de forme supérieur à 0,15.

Dans la norme, NF P 18-561, la forme d'un granulat est définie par son coefficient d'aplatissement (A) qui est représenté par trois grandeurs géométriques :

La longueur L : distance maximale de deux plans parallèles tangents aux extrémités du granulats.

L'épaisseur E : distance minimale de deux plans parallèles tangents aux extrémités du granulats.

La grosseur G : dimension minimale de la maille carrée du tamis qui laisse passer le granulat.

Le coefficient d'aplatissement A d'un ensemble de granulats est le pourcentage pondéral des éléments qui vérifient la relation : $(G / E) > 1,58$

Interprétation des résultats et conclusion

1. Renseigner la feuille d'essai correspondante
2. Interpréter les résultats obtenus
3. Conclusion

TP 5 : FORMES DES GRAVIERS

Laboratoire de Matériaux De Construction		Feuille d'essai	
Binôme		Date de l'essai :	Groupe :
		Température :	Humidité :

Résultats des mesures des volumes des sphères des grains de graviers analysés											
V (cm ³)	1	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60
N											
P (cm ³)											

N est le nombre de sphères correspondant à chacun des volumes portés sur le calibre.

P est le produit de V par N correspondant

Mesure du volume absolu total des grains de graviers analysés		Evaluation du coefficient volumétrique	
V1 (cm ³)		$\sum P$ (cm ³)	
V2 (cm ³)		$Cf = \frac{\sum v}{\sum P}$	
$\sum v = (V2 - V1)$ (cm ³)			

Interprétation des résultats et conclusion :

TP 6 : COEFFICIENT D'ABSORPTION DES GRAVILLONS

Graviers mis dans l'eau portée à ébullition pendant 2 heures		Gravier immergé dans l'eau pendant 24 heures à 20 °C	
M_s (g)		M_s (g)	
M_i (g)		M_i (g)	
$M_i - M_s$		$M_i - M_s$	
$A_b = \frac{M_i - M_s}{M_s} \cdot 100$		$A_b = \frac{M_i - M_s}{M_s} \cdot 100$	

Interprétation des résultats et conclusion :

TP 6 : ABSORPTION DES GRAVIERS

Coefficient d'absorption des granulats

La norme NF P 18-554 permet d'évaluer la porosité d'un granulat par son coefficient d'absorption.

Le coefficient d'absorption A_b est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse d'un échantillon de granulat après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon. Cette imbibition est obtenue par immersion de l'échantillon dans de l'eau pendant 24 heures à 20 °C.

Le coefficient d'absorption A_b est défini par la relation :

$$A_b = \frac{M_i - M_s}{M_s} \cdot 100$$

M_s : Masse de l'échantillon sec après passage à l'étuve à 103°C

M_i : Masse de l'échantillon imbibé, surface sèche, après être soigneusement épongé.

On peut retenir comme valeur limite du coefficient d'absorption à 2% pour un béton de qualité.

En général, les granulats naturels utilisés pour la confection du béton sont peu poreux et n'absorbent pratiquement pas d'eau lorsqu'ils sont gâchés dans le béton. Par contre, les granulats artificiels, tels que les granulats d'argiles expansés sont poreux et il faut donc tenir compte de cette absorption d'eau lors du dosage en eau de ce béton léger.

Interprétation des résultats et conclusion

1. Renseigner la feuille d'essai correspondantes
2. Interpréter les résultats obtenus
3. Conclusion

1. Foisonnement du sable :

Le foisonnement du sable engendre une variation de sa masse volumique apparente en fonction de la teneur en eau. Cette variation est donnée par $\rho_{app} = f(\omega)$

Mode opératoire :

Peser 2000 g de sable sec ($\omega = 0\%$) déterminer ρ_0 - Ajouter 1% soit 20 g d'eau, aux 2000g de sable. Bien mélanger, et déterminer la nouvelle masse volumique ρ_1 ($\omega = 1\%$) - Ajouter encore 1% = 20g d'eau, et déterminer ρ_2 - Et ainsi de suite, pour les valeurs croissantes de ω : 3%, 4%,.....20% . - Porter les résultats sur un graphique. (Feuille d'essai ci-joint)

Importance de cette variation :

Le sable approvisionné sur un chantier n'est jamais sec ; et sa teneur en eau correspond pratiquement toujours à une valeur faible de la masse volumique apparente. Le volume de sable prévu initialement pour la composition du béton doit être corrigé pour prendre en compte cette variation. La courbe de foisonnement donne les valeurs de masse volumique apparente pour différentes teneurs en eau.

2. Teneur en eau d'un granulat :

« Teneur en eau » d'un corps = pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec :

$$\omega \% = \frac{\text{Masse de l'eau contenue}}{\text{Masse du matériau sec}} \times 100$$

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

➤ Flambage à l'alcool à brûler : C'est le procédé couramment dit de « la poêle à frire »

Peser l'échantillon humide : soit M_h - Le placer dans un récipient métallique plat, et l'arroser d'alcool à brûler (1/2 litre pour 2 kg de sable ; jamais d'essence, beaucoup trop dangereuse) - Allumer, et agiter avec une tige métallique - Quand l'alcool est éteint, et le sable est sec (si c'est nécessaire, chauffer une 2^{ème} fois) - Peser l'échantillon sec ; soit M_s .

D'où :
$$\omega \% = \frac{M_h - M_s}{M_s} \times 100$$

➤ Emploi du carbure de calcium

Avec un appareil tel que le « Speedy » (appareil pour la mesure rapide de la teneur en eau),

a- Placer une quantité bien déterminée de sable humide dans l'appareil Speedy. Cette quantité est mesurée par la balance pré-réglée de l'Appareil prévue à cet effet.

b- Mettre un peu de carbure de calcium (3 mesures) dans le couvercle de l'appareil. Bien fermer, en prenant soin d'éviter que le carbure vienne au contact du sable humide avant que l'appareil ne soit parfaitement bouché.

c- Retourner l'appareil, et l'agiter, pour que le sable mouillé et le carbure se mélangent.

d- Il se dégage de l'acétylène en quantité d'autant plus grande qu'il y avait plus d'eau dans le sable. La pression créée dans l'appareil croît donc avec la teneur en eau.

e- Un manomètre, commandé par la pression interne, est gradué directement en pourcentages, donne ainsi la teneur en eau par simple lecture.

Il est possible d'utiliser l'appareil pour de faibles teneurs en eau : il suffit de mettre 2 fois de sable (ou 3 fois), et de diviser le résultat obtenu par 2 ou 3. Pour des teneurs en eau supérieures au maximum de la graduation, il suffit de mettre la moitié du poids de sable, et de doubler le résultat.

Des billes en acier fournies, qui, introduite dans l'appareil avec le corps étudié, peuvent briser à la façon d'un broyeur à boulets les grains de corps divers (argile agglomérée, roche friable, etc.... ou tout autre corps tel que le sucre, le sel...).

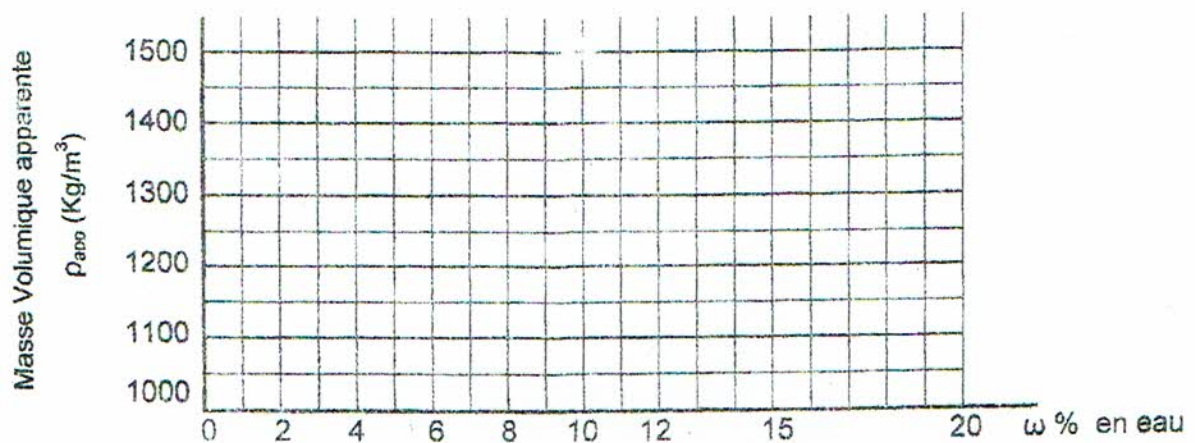
➤ L'Humidimètre : C'est un appareil muni d'une sonde qui permet, une fois plongée dans le sable humide, de donner sa teneur en eau grâce à une simple lecture sur un cadran digital.

TP N° 07 : Courbe de foisonnement du sable et Teneur en eau

Laboratoire de Matériaux De Construction		Feuille d'essai	
Binôme		Date de l'essai:	Groupe :
		Température :	Humidité :
Prélever 2 Kg de sable sec tamisé au tamis de 2 mm		Type de sable :	

Teneur en eau (ω %)	0	1	2	3	4	5	6
Masse Vol. ρ_{app} (Kg/m ³)							

Teneur en eau (ω %)	7	8	9	10	12	15	20
Masse Vol. ρ_{app} (Kg/m ³)							



Courbe de Foisonnement du sable

Teneur en eau :

Prendre une certaine quantité de sable humide et déterminer sa teneur en eau par les deux méthodes : (Méthode de l'alcool à brûler, Appareil de Speedy)

➤ Résultats, Interprétation et conclusion

TP N° 8 : Consistance et prise du ciment

1. Essai de consistance avec l'appareil de Vicat conformément à la norme EN 196-3

Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer l'enfoncement dans la pâte de ciment d'une sonde cylindrique sous l'effet d'une charge constante (tige + sonde amovible) de 300 g.

La consistance évaluée de cette manière est appelée « consistance de Vicat »

Mode opératoire

La quantité d'eau choisie est pesée de préférence directement dans la cuve du malaxeur. On peut commencer avec un poids de $m_e = 27 \% m_c$

Quantité de ciment $m_c = 500$ g : le ciment est ajouté à l'eau en 5 à 10 secondes

Le reste des opérations de malaxage est récapitulé comme suit :

Opérations	Introduction de l'eau	Introduction du ciment	Vitesse 1	Raclage de la cuve	Vitesse 1
Durée des opérations	Le temps de peser la quantité d'eau	5 à 10 s	90 s	15 s	90 s
Etat du malaxeur	Arrêt		Vitesse lente	Arrêt	Vitesse lente

Après ces opérations, la pâte est rapidement introduite dans le moule tronconique posé sur une plaque de verre, sans tassement ni vibration excessifs. Il suffit d'enlever l'excès de la pâte par un mouvement de va-et-vient grâce à une truelle maintenue perpendiculaire à la surface du moule. Puis l'ensemble est placé sur la platine de l'appareil Vicat. On amène la sonde à la surface de la pâte et on la relâche sans élan. Quand la sonde s'immobilise, ou au plus tard 30 secondes après l'avoir relâchée, on mesure la distance d entre l'extrémité de la sonde et le fond du moule. Cette distance d caractérise la consistance.

Si $d = 6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, on a « la consistance normalisée »

Si d n'atteint pas cette valeur il convient de refaire l'essai avec une valeur différente de m_e jusqu'à atteindre la valeur recherchée de la consistance.

Résultats et interprétation

Pour chaque valeur de m_e , déterminer le rapport E/C : Quantité d'eau / quantité de ciment

Donner le rapport E/C pour une pâte de consistance normalisée.

Tracer sur un graphe m_e en fonction de d pour toutes les valeurs de m_e utilisées. Choisir une échelle convenable pour une bonne lecture des résultats.

Expliquer le choix des valeurs de m_e et donner vos conclusions quand au résultat trouvé.

2. Essai de prise du ciment

L'essai de prise consiste à suivre l'évolution de la consistance d'une pâte de consistance normalisée. L'appareil de Vicat est alors équipé d'une aiguille de 1,13 mm de diamètre.

Quand sous l'effet d'une charge constante (tige + aiguille amovible) de 300 g, l'aiguille s'arrête à une distance d du fond du moule telle que $d = 4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, on dit que le début de prise est atteint. Ce moment, mesuré à partir du début de malaxage est appelé « temps de début de prise ». Ce temps est enregistré à 5 minutes près.

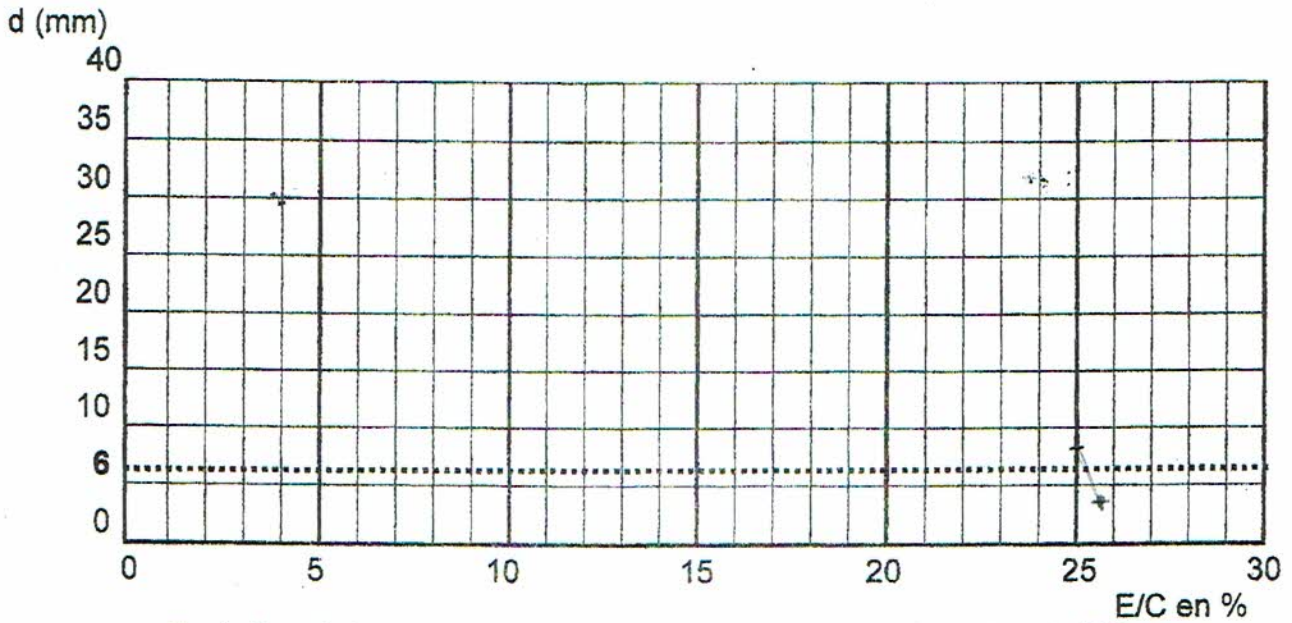
Le « temps de fin de prise » est celui au bout duquel l'aiguille ne s'enfonce plus que de 0,5 mm dans le moule tronconique retourné. On peut munir l'aiguille d'un accessoire annulaire pour faciliter l'observation précise des faibles pénétrations. Ce temps, enregistré à 15 minutes près, est celui au bout duquel l'accessoire annulaire cesse de laisser une trace sur l'éprouvette.

L'essai doit se dérouler dans une salle dont la température est de $20 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$ et dont l'humidité relative soit supérieure à 90 %. A défaut d'une telle humidité relative, l'échantillon testé pourra, entre deux mesures, être entreposé dans de l'eau maintenue à $20 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$.

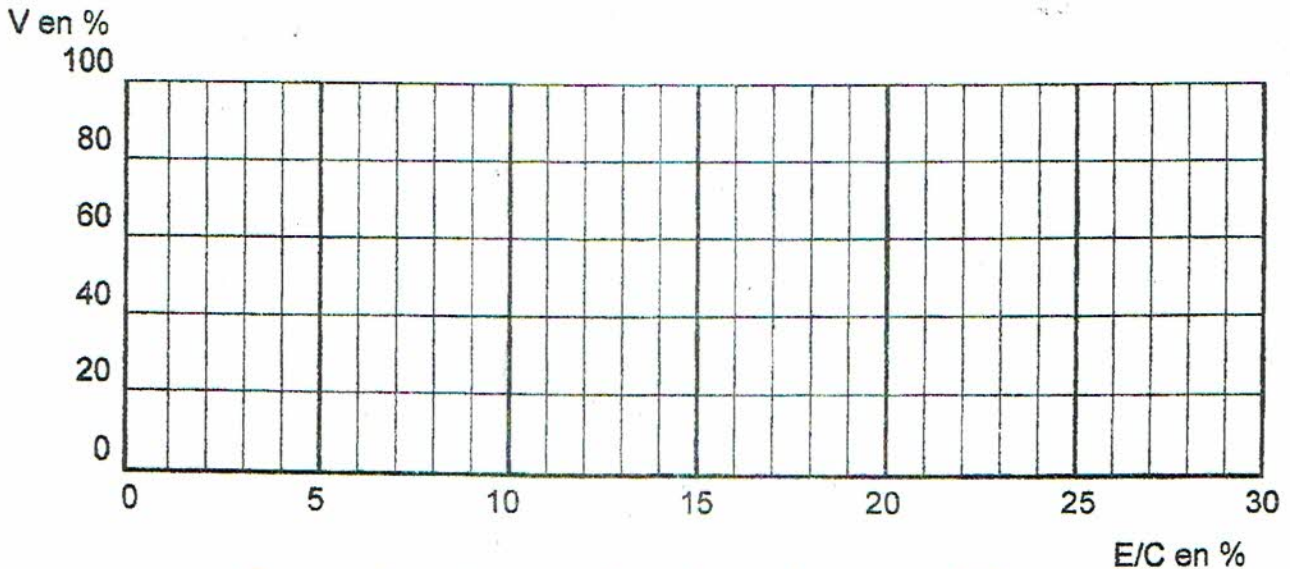
TP N° 8 : Consistance et prise du ciment

Laboratoire de Matériaux De Construction		Filière :	Année:
Binôme		Date de l'essai:	Groupe :
		Température :	Humidité :

1. Influence du rapport E/C sur la consistance du ciment



2. Influence de l'eau et de l'air occlus sur la consistance du ciment



3. Interprétation et conclusion