

Analyse granulométrique

TP N: 03	TAMISAGE ET SEDIMENTOMETRIE	Réfs : NF P 94-056 NF P 94-057
----------	-----------------------------	--

1-Par Tamisage à sec après lavage (**NF P 94-056**)

Objet :

Détermination de la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leur dimension.
($D > 0.08$ mm)

Analyse granulométrique s'applique aux matériaux de dimension supérieurs à 0.08 mm.

Domaine d'application :

Classification des sols

Etude des matériaux de construction.

Principe de l'essai :

Fraction en plusieurs catégories de grains de taille décroissante par tamis

Essai **appareillage** : passoir ou tamis ; étuve ;

Mode opératoire :

On verse le matériau dans la tamiseuse électrique ou dans le tamis de la plus grande taille, on recueille le refus et le tamisât. Le tamisât est versé dans le tamis de la taille immédiatement inférieure et ainsi de suite.

L'analyse granulométrique peut se faire manuellement ou avec des vibro-tamis.

Il est possible de faire l'analyse soit par voie sèche soit par voie humide. Dans les deux cas tous les poids déterminés sont des poids secs.

Le poids d'échantillon à utiliser pour l'essai est tel que $M \geq 200 D$ (M : masse de l'échantillon en gramme et D : dimension maximale en millimètres des plus gros éléments).

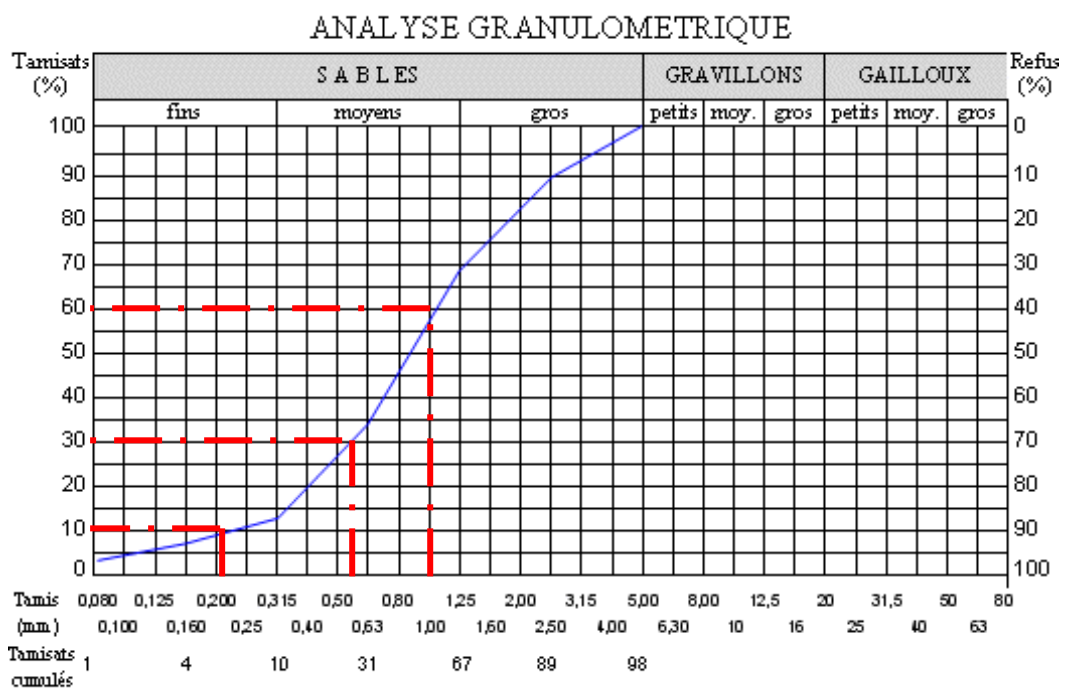
Résultats :

On pèse les différents refus et on les cumule. Les poids sont rapportés au poids initial, les pourcentages obtenus sont représentés sur la courbe granulométrique.



Résultat de l'essai analyse granulométrique : Après l'échantillonnage la masse de l'échantillon est $M = 1\text{kg}$ Le résultat de l'analyse granulométrique est représenté sur le tableau suivant :

Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisat cumulés (%)
5	000.0	000.0	00.00	100
2.5	161.0	161.0	16.10	83.90
1.25	136.0	297.0	29.70	70.30
0.63	177.0	474.0	47.40	52.60
0.315	304.0	778.0	77.80	22.20
0.16	152.0	930.0	93.00	07.00
0.08	054.0	984.0	98.40	01.60
fond	007.5	991.5	99.15	00.85



La forme de la courbe granulométrique est aussi extrêmement importante, elle est caractérisée par deux coefficients :

Coefficient d'uniformité (Coefficient de Hazen): ce coefficient utilise pour déterminer la graduation des sols

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Coefficient de courbure : ce coefficient détermine l'homogénéité du sol et son confinement sur les différentes dimensions de grains

$$c_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{60} \times d_{10}}$$

2-Par Sédimentométrie (NF P 94-057)

Objet :

Réaliser l'analyse granulométrique des éléments fins d'un sol et déterminer de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol.

L'essai s'applique aux éléments d'un sol naturel passant à travers le tamis à maille carrée de 0.080 mm d'ouverture. Cet essai complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol.

Domaine d'application :

- Classification et description des sols

Principe de l'essai :

La sédimentation est basée sur la loi de Stokes qui exprime la relation entre la vitesse de décantation d'une particule solide sphérique dans un liquide et diamètre de cette particule.

La séparation par décantation consiste à déterminer les diamètres équivalents des particules sphériques en fonction de leur vitesse de chute dans un environnement visqueux afin d'obtenir le tracé d'une courbe granulométrique pour des particules inférieures à 0,08mm.

Matériaux et appareillage :

Passoir et tamis pour les sols inférieurs de (0.08 mm) ; étuve ; agitateur mécanique ; densimètre gradué, chronomètre, des flocculants. Eau distillée. Thermomètre.



Mode opératoire :

Les opérations décrites ci-dessous sont successivement à réaliser dans une salle d'essai dont la température doit être contrôlée.

Traitement de l'échantillon de Sol :

Le tamisât de 0.080 mm est recueilli (lors d'un essai de tamisage par voie humide) avec son eau de lavage dans un bac et laissé pour décanter. Une fois redevenue claire, l'eau est siphonnée sans entraîner d'éléments fins. Le bac est introduit dans une étuve pour dessiccation jusqu'à évaporation totale de l'eau. Le tamisât séché est désagrégé avec le pilon dans un mortier.

Imbibition - dispersions :

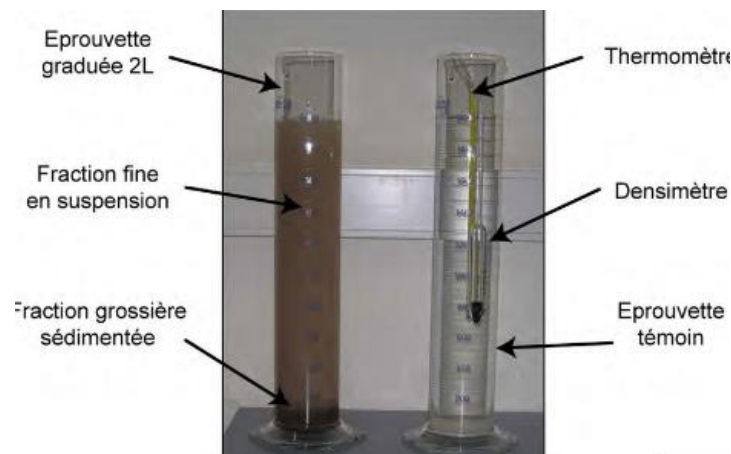
Prendre une quantité de sol préparé comme indiqué ci-dessus, la peser. Introduire la prise dans un récipient, ajouter 500 cm³ de la solution (eau distillée + défloculants) et laisser à imbiber pendant 15 h à température ambiante. Disperser la suspension au moyen d'un agitateur mécanique qui doit fonctionner pendant 3 mn minimum à une vitesse de 10000 tr/mn.

Démarrage de l'essai :

Verser la suspension dispersée dans une éprouvette immédiatement après la fin de l'agitation mécanique en prenant circonspection de rincer les palettes de l'agitateur mécanique avec de l'eau distillée, on récupère l'eau de rinçage, on évite de perdre une partie de l'échantillon de sol pendant le transfert.

- On complète à remplir l'éprouvette par de l'eau distillée jusqu'à la graduation de 2000 cm³.

- Au même temps on verse l'eau distillée dans une seconde éprouvette témoin à une même graduation (2000cm³) et y plonger le thermomètre pour mesurer la température de la solution, et le densimètre parfaitement propre pour mesurer la densité dans la solution.
- Pour obtenir une concentration uniforme sur toute la hauteur de l'éprouvette on agite par un agitateur manuel de manière verticale.
- Une fois qu'on arrête l'agitation manuelle, on retire l'agitateur, et au même temps on déclenche le chronomètre, par convention, cet instant indique le début de l'essai.
- On plonge le densimètre avec précaution dans la suspension immédiatement après le décrochement du chronomètre.
- Faire les lectures depuis le début de l'essai aussi longtemps que nécessaire, aux temps suivants en minutes : 0.5—1—2—5—10—20—40—80—240—1440. (Noter aux 3 premières lectures 0.5—1 et 2 min, sans retirer le densimètre de la solution).
- A partir de la troisième lecture, retirer le densimètre de la solution après chaque mesure, le nettoyer puis le plonger dans l'éprouvette d'eau distillée ou déminéralisée.



Expression des résultats

La sédimentation est basée sur la loi de **STOKES** qui exprime la relation entre la vitesse de décantation d'une particule solide sphérique dans un liquide, le diamètre de cette particule.

La loi de STOKES permet de déterminer le pourcentage (p) de particules de taille inférieure au diamètre équivalent (D) de chaque instant à partir des lectures de temps (t) et de la température (θ) et de la densité de la suspension (R_t).

$$v = g \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} D^2$$

v : Vitesse moyenne de décantation ; γ_s et γ_w : Poids spécifiques de la particule et de l'eau en g/cm³

η : La viscosité dynamique du solide ; g : L'accélération de la pesanteur en cm/s² .

Viscosité dynamique de la solution :

La viscosité (η) est donnée par

$$\eta = \frac{179.10^{-5}}{1 + \alpha\theta + \beta\theta^2}$$

θ : température de la solution en degrés Celsius

α : constante ($33,68 \times 10^{-3}$)

β : constante ($0,22 \times 10^{-3}$)

Pour une température de 19° on a $\eta = 10^{-3}$

Diamètre équivalent (D) :

Le diamètre équivalent (D) est donné à chaque instant (t) par la formule suivante :

$$D = \sqrt{\frac{1.18\eta.H_t}{g.(\rho_s - \rho_w).t}}$$

Avec H_t : la profondeur effective de la poussée du densimètre à l'instant (t).

Profondeur effective du centre de poussée :

La profondeur effective est donnée par la loi :

$$H_t = H - 100 \times H_1 \times (R_t + C_m - 1) - H_c$$

$C_m = 4.10^{-4}$ (correction due au ménisque)

R_t = lecture sur densimètre à l'instant (t)

H_c : déplacement du niveau de la solution lié à l'introduction du densimètre

$$H_c = 0,5 (V_d/A)$$

$$H = H_0 + 0.5 \times H_1$$

Avec : V_d : volume de densimètre

A : la section droite de l'éprouvette d'essai.

H_0, H_1 : étant des caractéristiques géométriques du densimètre obtenues lors d'étalonnage de l'appareillage

Pourcentage des éléments inférieur a D :

Le pourcentage est donné par :

$$p = \frac{V_s}{m} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_w} \cdot \rho_w \left(\frac{\rho_t}{\rho_w} - 1 \right)$$

Tel que :

P : pourcentage des particules de diamètre inférieure ou égale à D

V_s : volume de la suspension

m : masse du sol sec utilisé

ρ_t : masse volumique de la suspension

ρ_s : masse volumique des particules solides.

ρ_w : masse volumique de l'eau distillée à la température d'essai.

Masse volumique de la suspension

La masse volumique ρ_t de la suspension à l'instant t est obtenue à partir de la formule suivante :

$$\rho_t = R_c \times \rho_w = (R + C_t + C_m + C_d) \rho_w$$

$$R_c = R + C_t + C_m + C_d = R' + C_t + C_d$$

On utilise les paramètres suivants

R : lecture de densité

R_t : lecture de densité corrigée

C_t : correction due à la variation de température

C_d : correction due à la défloculant.

C_m : correction de ménisque