

HDS

X

T.P.N° 01

**Détermination de la teneur en  
eau par séchage en étuve  
ventilée****Document de référence  
NF EN 1097-5****1-Objectif du test :**

Le test de la teneur en eau permet la détermination de la quantité d'eau existante dans le sol naturel (échantillon).

$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100 (\%)$$

M<sub>w</sub> : Masse de l'eau dans le sol (échantillon)

M<sub>s</sub> : Masse des particules solides du sol (échantillon)

La teneur en eau est exprimée en pourcentage.

**2-Equipements :**

- Echantillon du sol
- Récipients
- Four avec contrôle de températures ( étuve )
- Balance

**3-Procédure :**

- 1- Peser le récipient muni du couvercle (M<sub>1</sub>). Identifier le avec une étiquette.
- 2- Placer l'échantillon à l'état naturel dans le récipient et peser l'ensemble (échantillon + récipient), (M<sub>2</sub>). De préférence garder le fermé afin de garder l'humidité de l'échantillon .
- 3- Places l'ensemble ( échantillon + récipient ) dans l'étuve avec température réglée à ( 110 ± 5)°C une fois le récipient dans l'étuve n'oublier pas d'enlever le couvercle.
- 4- Après 24h retirer le récipient avec le sol sec. Remettre le couvercle et peser (M<sub>3</sub>) en utilisant la même balance.
- 5- Déterminer la teneur en eau W exprimée en pourcentage :

$$W = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100$$

M1 : Masse du récipient.

M2 : Masse du récipient + Masse du sol humide.

M3 : Masse du récipient + Masse du sol sec.

**Conclusion :**

Sol très humide	
Sol humide	
Sol sec	

Mettre une croix dans la case appropriée.

UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI  
 FACULTE DES SCIENCES DE LA TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

<b>LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS</b>	<b>T.P : MDS</b>	Document de référence NF EN 1097-5
TP N° :	<b>DETERMINATION DE LA TENEUR EN EAU</b>	
Groupe N° :            SG :		
<b>Expression des résultats</b>		
Provenance :	Date de prélèvement :	
Sondage N°	Date d'essai :	
Echantillon :	Profondeur :	

Essai N°	1	2	3
Numéro du récipient (N°)			
Poids du récipient (g)			
Poids récipient + Sol humide (g)			
Poids du sol humide (g)			
Poids du récipient + Sol sec (g)			
Poids du sol sec (g)			
Poids de l'eau (g)			
Teneur en eau (%)			
Teneur en eau moyenne (%)			

**Observation :**

**Détermination des limites d'Atterberg**  
**Limite de liquidité à la coupelle – limite**  
**de plasticité au rouleau**

**1-Objectif d'essai :**

Selon sa teneur en eau, un sol sensible à l'eau peut se présenter sous trois états :

1. Etat solide
2. Etat plastique
3. Etat liquide

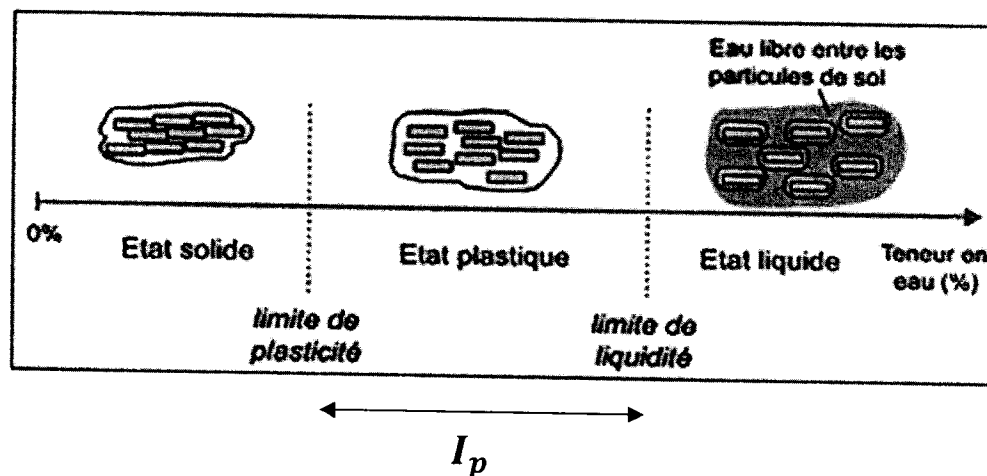
L'objectif de ce test est de déterminer les « **Limites d'Atterberg** » :

- ✓ Limite de Liquidité :  $W_l$  (frontière entre état plastique et liquide).
- ✓ Limite de Plasticité :  $W_p$  (frontière entre état solide et plastique).

Ces limites sont déterminées sur la fraction de sol passant à travers du tamis 400 $\mu$ m. A partir des résultats obtenus, on détermine deux paramètres :

- L'indice de plasticité : ( $I_p$ ) qui définit l'étendue du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité.

$$I_p = W_l - W_p$$



**Figure -1- :** Représentation des limites d'Atterberg.

- L'indice de consistance ( $I_c$ ) : prend en compte la teneur en eau  $W$  du sol à l'état naturel pour la fraction inférieure à  $400\mu\text{m}$

$$I_c = \frac{W_l - W_p}{I_p}$$

- $W$  : teneur en eau à l'état naturel.
- $I_p$  : Indice de plasticité.
- $W_l$  : Limite de liquidité.
- $W_p$  : Limite de plasticité.
- L'indice de liquidité ( $I_l$ ) :

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p}$$

## 2-Equipements :

- **Pour la préparation du sol :**
  - Tamis à mailles carrées de  $400\ \mu\text{m}$  d'ouverture.
  - Bac de manutention.
  - Dessiccateurs.
- **Pour la détermination de  $W_l$  :**
  - Appareil de Casagrande avec ses accessoires.
- **Pour la détermination de  $W_p$  :**
  - Une plaque lisse pour le malaxage du sol et la confection des rouleaux de sol.
  - Une règle pour l'évaluation du diamètre du rouleau de sol.
- **Pour la mesure des teneurs en eau  $W$  :**
  - Une étuve de dessiccation pouvant être réglée à  $105\ ^\circ\text{C}$  et à  $50\ ^\circ\text{C}$ .
  - Une balance permettant les pesées avec une incertitude maximale de  $1/1000$  de la pesée.
  - Des spatules, pissette, récipients.

### **3-Procédure d'essai :**

#### **3-1-Préparation de l'échantillon :**

- 1- Prendre un échantillon représentatif du sol et le mettre à imbiber dans un récipient plein d'eau pendant 24 heures
- 2- Tamiser ce matériau imbibé par voie humide sur un tamis de 400 $\mu$ m, l'ensemble du tamisât et des eaux de lavage étant en suite décanté pendant 12 heures.
- 3- L'eau claire surnageant est siphonnée en prenant garde de ne pas entrainer de particules solides fines, l'eau excédentaire étant évaporée à l'étuve à 50°C jusqu'à obtenir un mortier mou.

L'échantillon ainsi préparés doit contenir environ 200g de particules solides.

#### **3-2-Détermination de la limite de liquidité $W_l$ :**

##### **a-Contrôle du fonctionnement de l'appareil :**

Avant de procéder aux essais, il faut s'assurer que :

- La largeur de la pointe de l'outil est inférieure à 2.2mm.
- La hauteur de chute de la coupelle est de 100mm (tolérance - 0.1mm, +0.5mm).

##### **b-Réalisation de l'essai :**

- Répartir avec la spatule, dans la coupelle propre et sèche, une masse d'environ 70g de pâte. Cette pâte étalée en plusieurs couches afin d'éviter d'emprisonner des bulles d'air, présente en fin d'opération un aspect symétrique comme indiqué la figure (2).

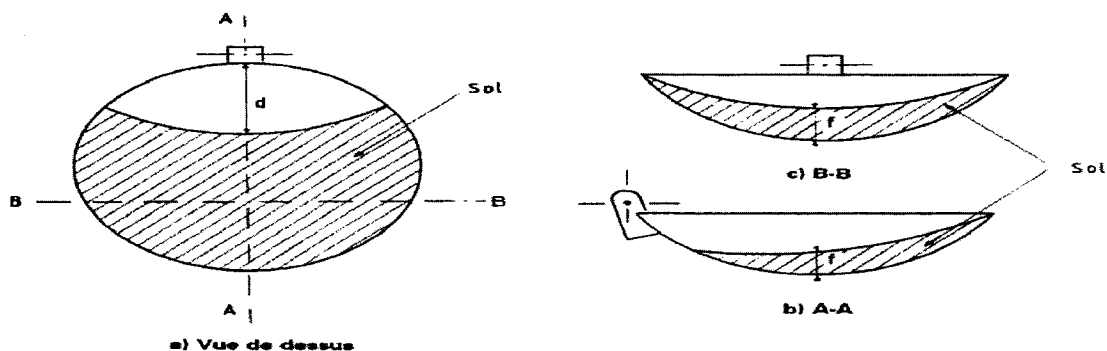
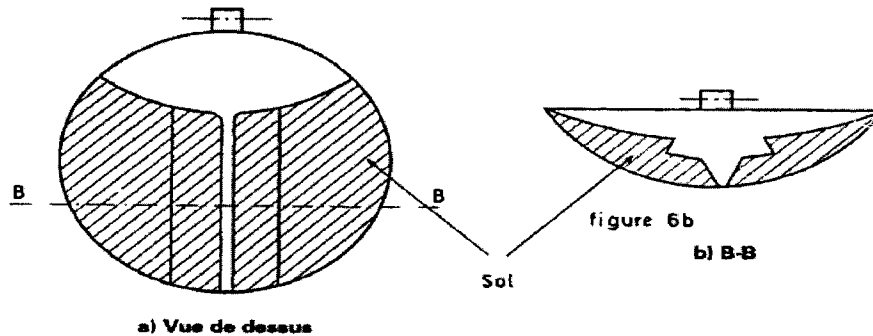


Figure-2- : Remplissage de la coupelle de Casagrande.

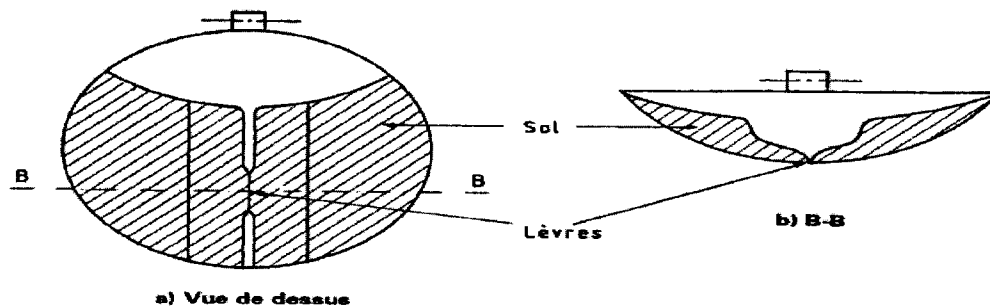
La pate recouvre le fond de la coupelle, sauf sur une partie d d'environ 3cm et son épaisseur f est, au centre, de l'ordre de 15 à 20mm.

- Partager la pate en deux, comme représenté sur la figure (3), au moyen de l'outil à rainurer, en le tenant perpendiculairement à la surface de la coupelle et en présentant sa partie biseautée face à la direction du mouvement.



**Figure -3- : Réalisation de la rainure.**

- Fixer délicatement la coupelle sur le support métallique de l'appareil de Casagrande.
- Actionner la came de façon à soumettre la coupelle à une série de chocs à la cadence de 2 coups par seconde.
- Noter le nombre N de chocs nécessaires pour que les lèvres de la rainure se rejoignent sur une longueur d'environ 1cm comme représenté sur la figure(4).



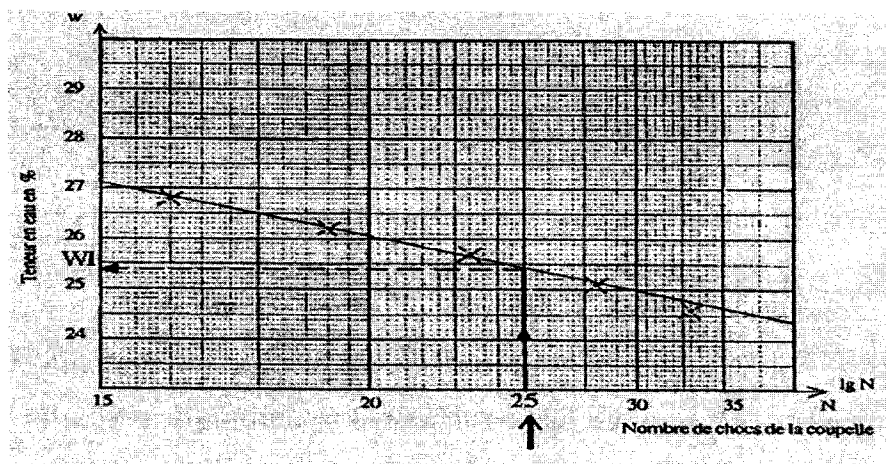
**Figure -4- : Ferméture de la rainure.**

**NB :**

- La fermeture de la rainure doit se produire par affaissement de la pâte dans sa masse et non par glissement sur la paroi de la coupelle.
- Si  $N$  est inférieur à 15, le processus est recommencé avec un matériau plus sec et homogénéisé à nouveau.
- Si  $N$  est supérieur à 35, l'opération est renouvelée sur un prélèvement de pâte auquel a été ajouté un peu d'eau distillée ou déminéralisée.
- L'essai n'est poursuivi que lorsque  $N$  est compris entre 15 et 35.
- Prélever dans la coupelle, à l'aide d'une spatule, environ 5g de pâte, de chaque côté des lèvres de la rainure et au voisinage de l'endroit où elles se sont refermées, afin d'en déterminer la teneur en eau.
- Le prélèvement est placé dans une capsule ou boîte de pétri de masse connue et pesé immédiatement avant d'être introduit dans l'étuve pour dessiccation conformément à la norme NF EN 1097-5.

**NB :** L'opération complète est effectuée au moins quatre fois sur la même pâte, mais avec une teneur en eau différente à chaque fois.

- La limite de liquidité est déterminée à partir de la représentation graphique de la teneur en eau  $W$ , mesurée à chaque essai, en fonction du logarithme du nombre de coups correspondant. La limite de liquidité est la teneur en eau lue sur le graphique pour  $N = 25$  coups. Elle s'exprime en pourcentage arrondi au nombre entier le plus proche.





### **3-2-Détermination de la limite de plasticité $W_p$ :**

- Former une boulette à partir de la pâte préparée.
- Rouler la boulette sur une plaque lisse, à la main, de façon à obtenir un rouleau qui est aminci progressivement jusqu'à ce qu'il atteigne 3mm de diamètre.

#### **NB :**

- La cadence du mouvement de la main doit être régulière.
- L'amincissement du rouleau se fait de manière continue et sans effectuer de coupure dans le sens de sa longueur.
- Le rouleau au moment où il atteint un diamètre de  $3.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$  doit avoir environ 10 cm de longueur et ne doit pas être creux.
- La limite de plasticité est obtenue lorsque, simultanément, le rouleau se fissure et que son diamètre atteint  $3\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ .
  - Si aucune fissure n'apparaît, le rouleau est réintégré à la boulette. la pâte est malaxée tout en étant séchée légèrement, éventuellement sous un flux d'air chaud à une température à  $50^\circ\text{C}$ .
- Reforme un nouveau rouleau.
- Prélever, une fois les fissures apparues, la partie centrale du rouleau et la placer dans une capsule ou une boîte de pétri de masse connue, la peser immédiatement et l'introduire dans l'étuve, afin de déterminer sa teneur en eau.
- Effectuer un deuxième essai sur une nouvelle boulette.

### **4-Conclusion :**

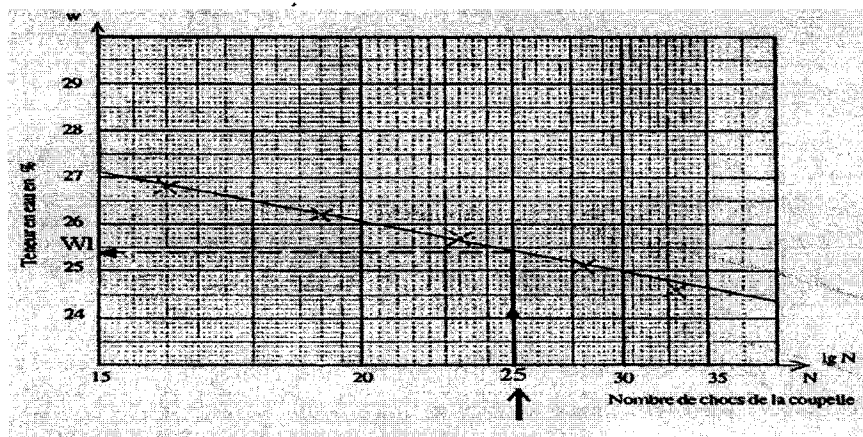
Les tests d'Atterberg, faciles à effectuer, permettent de calculer des limites de plasticité et de liquidité assez précises, et très importantes pour la détermination et classification du type de sol selon l'indice de consistance :

- $I_c > 1$  Sol en état solide ;
- $0 < I_c < 1$  Sol en état plastique ;
- $I_c < 0$  Sol en état liquide.

UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI  
FACULTE DES SCIENCES DE LA TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

<b>LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS</b>	<b>T.P : MDS</b>	<b>Document de référence</b>
TP N° :	<b>LES LIMITES D'ATERBERG</b>	NF P 94-052-1
Groupe N° :		
Provenance :		Date de prélèvement :
Sondage N°		Date d'essai :
Echantillon :		Profondeur :
<b>Expression des résultats</b>		

Echantillon	Limite de liquidité				Limite de plasticité	
	1	2	3	4	1	2
Essai N°						
Numéro de la tare (N°)						
Poids de la tare (g)						
Poids Tare + Sol humide (g)						
Poids sol humide (g)						
Poids Tare + Sol sec (g)						
Poids du sol sec (g)						
Poids de l'eau (g)						
Teneur en eau (%)						
Teneur en eau moyenne (%)						
Nombre de coup						



<b>Limite de liquidité (Wl)</b>	<b>Limite de plasticité (Wp)</b>	<b>Teneur en eau (W)</b>
<b>Indice de plasticité (Ip)</b>	<b>Indice de consistance (Ic)</b>	

<b>Observation</b>		

**Détermination de la masse  
volumique des particules  
solides des sols  
Méthode du pycnomètre à eau**

**1-Objectif du test :**

Cet essai a pour objet de déterminer la masse volumique des particules solides de sol au pycnomètre à eau.

La masse volumique des particules solides du sol ( $\rho_s$ ) est le quotient de la masse de ces particules solides ( $m_s$ ) par leur volume ( $V_s$ ).

$$\rho_s = m_s / V_s$$

**2-Appareillage :**

- Une enceinte thermique ou une étuve.
- Une balance.
- Un tamis à maille carrés de 2mm d'ouverture.
- Des coupelles pour le séchage du sol.
- Des pycnomètres de volume minimal 50 cm<sup>3</sup> munis des bouchons.
- Une réserve d'eau distillée ou déminéralisée.

**3-Mode opératoire :**

**a- Préparation de l'échantillon :**

Une prise d'essai d'environ 25g est prélevée sur le tamisât de l'échantillon de sol au tamis de 2mm, puis est placée dans une coupelle de masse connue.

L'ensemble est introduit dans une étuve dans la température est :

- 105 °C si les sols sont insensibles à la chaleur.
- 50 °C si les sols sont sensible à la chaleur. La durée du séchage est alors variable entre 1 et 8 jours.

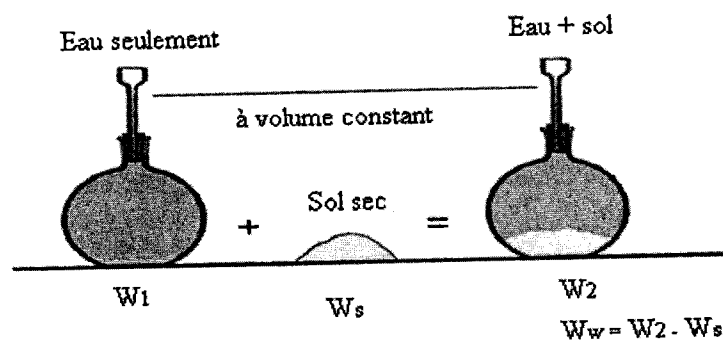
Le séchage est terminé si la masse de l'échantillon ne varie pas de plus de 2/1000 entre deux pesées effectuées immédiatement après la sortie de l'étuve, à au moins 4h d'intervalle.

**b- Procédure d'essai au pycnomètre :**

- ✓ Introduire la prise d'essai ( $W_s$ ) dans le pycnomètre.
- ✓ Débarrassé le pycnomètre de toute particule qui aurait pu adhérer sur sa surface extérieure.
- ✓ Remplir le ballon du pycnomètre avec l'eau distillée ou déminéralisée maintenue à la température ambiante.
- ✓ Placer le bouchon sur le ballon du pycnomètre afin qu'une bulle d'air ne reste accrochée aux particules.
- ✓ Sécher et peser le pycnomètre ( $W_2$ ).
- ✓ Vider et nettoyer le pycnomètre puis remplir ce dernier avec l'eau distillée ou déminéralisée jusqu'au repère du bouchon et peser l'ensemble ( $W_1$ ).

**c- Expression des résultats :**

La masse volumique des particules solides est déterminé à partir de la formule suivante :



Avec :

$W_1$  : masse du pycnomètre plein d'eau.

$W_s$  : masse d'échantillon

$W_2$  : masse du pycnomètre, du sol et de l'eau.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{V_{tot} - V_w} = \frac{W_s}{W_1 - (W_2 - W_s)} \cdot \gamma_w$$

$$V_{tot} = \frac{W_1}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_1 - (W_2 - W_s)} \cdot \gamma_w$$

La valeur de la masse volumique des particules solides est la moyenne arithmétique de deux mesures effectuées sur deux prise d'essai provenant du même échantillon de sol.

En générale,  $\gamma_s$  est de l'ordre de 27 kn/ m<sup>3</sup>.

UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI  
 FACULTE DES SCIENCES DE LA TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

<b>LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS</b>	<b>T.P : MDS</b>	<b>Document de référence</b>
TP N° :	<b>DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES SOLIDES DES SOLS METHODE DU PYCNOMETRE A EAU</b>	NF P 94-054
Groupe N° :            SG :		
<b>Expression des résultats</b>		
Provenance :	Date de prélèvement :	
Sondage N°	Date d'essai :	
Echantillon :	Profondeur :	

Essai N°	1	2
Masse du pycnomètre plain d'eau 'W <sub>1</sub> ' (g)		
Masse d'échantillon 'W <sub>s</sub> ' (g)		
Masse du pycnomètre, du sol et de l'eau' W <sub>2</sub> ' (g)		
Masse volumique des particules solides de sol 'γ <sub>s</sub> ' (kn/m <sup>3</sup> )		

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_1 - (W_2 - W_s)} \cdot \gamma_w$$

✓ γ<sub>s</sub> : Est toujours de l'ordre de 27 kn/m<sup>3</sup>

713 AE

**1. Introduction :**

La limite de liquidité au cône (WL) est la teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquide et plastique, exprimée en pourcentage.

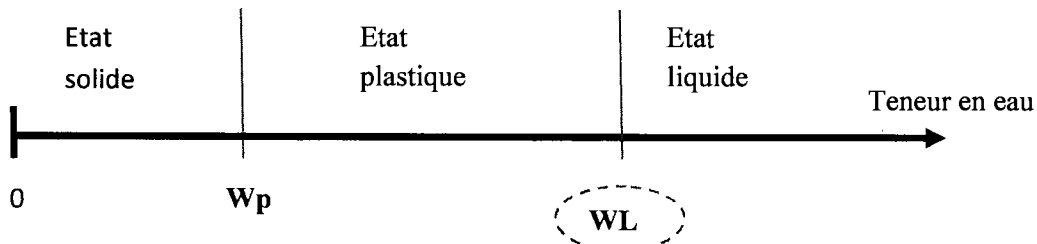
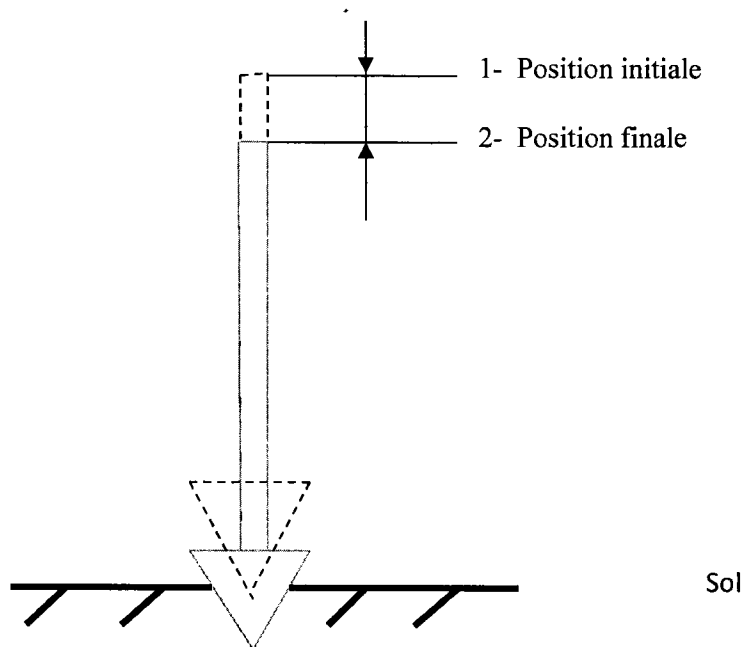


Figure -1- Représentation des limites d'Atterberg

**2. Principe de l'essai :**

L'essai consiste à mesurer, après un temps fixé, l'enfoncement du cône, sous son propre poids, dans un échantillon de sol remanié.



X

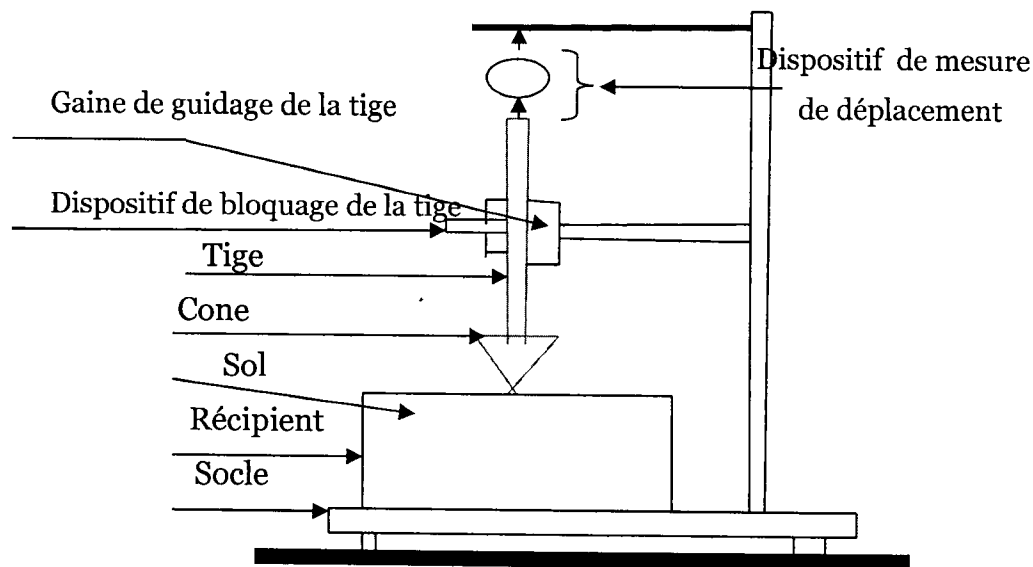
**Figure -2-** Principe de l'essai de pénétration au cône

### **3. Appareillage :**

#### **A. Matériel pour la préparation du sol :**

- Une étuve de dessiccation.
- Une balance.
- Spatules – capsules ou boîtes de pétri – bacs.
- Une plaque lisse en marbre ou en matériau d'état de surface équivalant pour préparer l'échantillon.
- Tamis a maille carrée de 0.4mm d'ouverture nominale.
- Une réserve d'eau déminéralisée. Cône

#### **B. Matériel pour la réalisation d'essai :**



**Figure -3- :** Pénétromètre à cône

### **4. Mode opératoire :**

#### **A. Préparation du sol :**

- ✓ Une masse « m » de matériau est mise à imbiber dans un récipient d'eau pendant 24h.
- ✓ Le matériau est tamisé par voie humide au tamis de 400  $\mu\text{m}$  et l'ensemble qui est l'eau de lavage et le tamisât sont recueillis dans un bac.
- ✓ Après une durée de décantation de 12 h, l'eau claire est siphonnée sans entrainer de particules solides.



- ✓ L'eau excédentaire est évaporée à une température ne dépassant pas 50° C.

**Avec:**

$m \geq 20 D$

m : masse de matériau expirée en gramme.

D : La dimension des plus gros éléments de sol appréciée visuellement et exprimée en mm.

**B. Essai de pénétration :**

- Régler l'horizontalité du socle.
- S'assurer que la pointe du cône est propre et lisse.
- Malaxer sur la plaque lisse, la totalité du tamisât précédemment préparé afin d'obtenir une pâte homogène et presque fluide
- Remplir le récipient avec une partie de cette pâte au moyen d'une spatule, en prenant soin de ne pas emprisonner de bulles d'air. A rase un coteau afin d'obtenir une surface lisse et plane
- Mettre une place le récipient et ajuster la position de la pointe de cône approximativement au centre de la surface du récipient. le cône est dans une position correcte, si en déplaçant le récipient horizontalement la pointe du cône ne laisse qu'une légère trace à la surface du sol
- Repérer la position du cône
- Libérer le cône et le laisser s'enfoncer dans le sol pendant  $5s \pm 1s$  puis le bloquer. Noter sa nouvelle position
- Enlever le cône
- Effectuer un prélèvement de sol dans le récipient, dans la zone de la pénétration du cône. cette prise d'essai est utilisée pour déterminer sa teneur en eau.

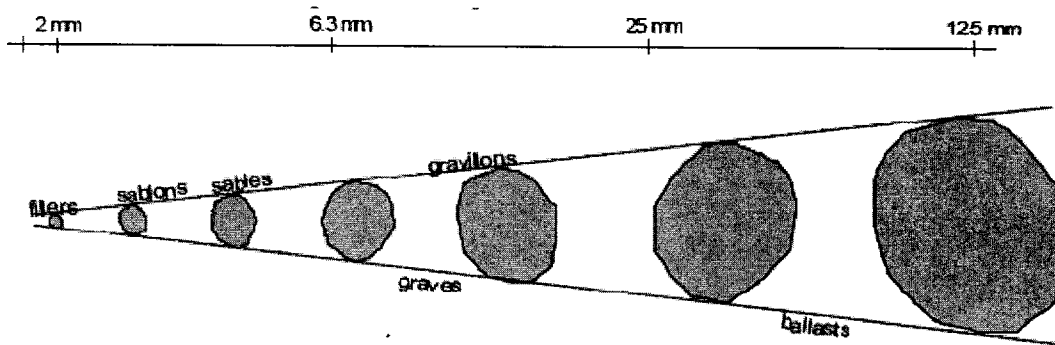
L'opération complète est effectuée au moins quatre fois sur la même pâte mais avec une teneur en eau différente pour chaque essai .la pâte est selon le cas légèrement séchée ou humidifiée avec de l'eau déminéralisée puis homogénéisée.les enfoncement du cône doivent encadre **17** mm, être située dans l'intervalle **12** mm a **25** mm et l'écart entre deux valeur consécutives doit être compris entre 2 mm et 5 mm inclus.

<b>LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS.</b>	<b>T.P : M.D.S</b>			<i>Document de référence NF 94-052-1</i>
<b>TP N° :</b>	<b>Détermination des limites d'Atterberg Limite de liquidité Méthode du cône de pénétration</b>			
<b>Date d'essai :</b>				
<b>Groupe N° :</b>				
<b>Nom :</b> <b>Prénom :</b>				
<b>Expression des résultats</b>				
Mesures	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Enfoncement (mm)				
Teneur en eau (%)				
<div style="text-align: center;"> <p><b>Teneur en eau (%)</b></p> <p style="text-align: right; border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">Enfoncement du cône (mm)</p> </div>				
<b>Observation :</b>				
<b>Teneur en eau du sol W =</b>		<b>Limite de liquidité WL =</b>		

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE

## 1) DEFINITIONS :

- On appelle granulat un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, de provenance naturelle ou artificielle
- Les granulats sont appelés fillers, sablons, sables, gravillons, graves ou ballast suivant leurs dimensions



## 2) CLASSES GRANULAIRES :

- Un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe  $d/D$ .
- Le premier désigne le diamètre minimum des grains 'd' et le deuxième le diamètre maximum D.
- Lorsque d est inférieur à 0.5 mm, le granulat est désigné 0/D.
- Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm.

- Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes  $d$  et  $D$  des granulats rencontrées (Norme NFP18-101):

- ✓ Les fines  $0/D$  avec  $D \leq 0,08$  mm,
- ✓ Les sables  $0/D$  avec  $D \leq 6,3$  mm,
- ✓ Les gravillons  $d/D$  avec  $d \geq 2$  mm et  $D \leq 31,5$  mm,
- ✓ Les cailloux  $d/D$  avec  $d \geq 20$  mm et  $D \leq 80$ mm,
- ✓ Les graves  $d/D$  avec  $d \geq 6,3$  mm et  $D \leq 80$  mm,

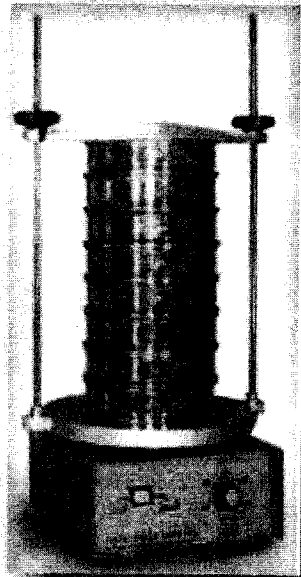
### 3) OBJECTIF:

• L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre **0,063** et **125 mm**. On appelle :

- ✓ REFUS sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.
- ✓ TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

### 4) PRINCIPE DE L'ESSAI:

• L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de *tamis* un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.



## 5) MATERIEL UTILISE

- Les dimensions de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.
- La norme actuelle (EN 933-2) préconise, pour l'analyse granulométrique, la série de tamis suivante en (mm): **0.063, 0.125, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125.**

## 6) RÉSULTATS

- Peser le refus du tamis ayant la plus grande maille : soit R1 la masse de ce refus.
- Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés ...
- Les masses des différents refus cumulés  $R_i$  sont rapportées à la masse totale de l'échantillon  $m$ .
- Les pourcentages de refus cumulés ainsi obtenus, sont inscrits sur la feuille d'essai. Le pourcentage des tamisât cumulés sera déduit.

### ➤ TRACÉ DE LA COURBE GRANULOMÉTRIQUE

- Il suffit de porter les divers pourcentages des tamisât cumulés sur une feuille semi-logarithmique :
- en abscisse : les dimensions des mailles, échelle logarithmique
- en ordonnée : les pourcentages sur une échelle arithmétique.
- La courbe doit être tracée de manière continue *et peut ne pas passer par tous les points*

### ➤ La forme de la courbe granulométrique obtenue apporte les renseignements suivants:

- ✓ La dimension **D** du plus gros granulat,
- ✓ La plus ou moins grande proportion d'éléments fins,

## Tp n° 5

✓ la continuité ou la discontinuité de la granularité.

❖ Le coefficient d'uniformité :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Pour  $Cu < 2$  : granulométrie uniforme

Pour  $Cu > 2$  : granulométrie étalée

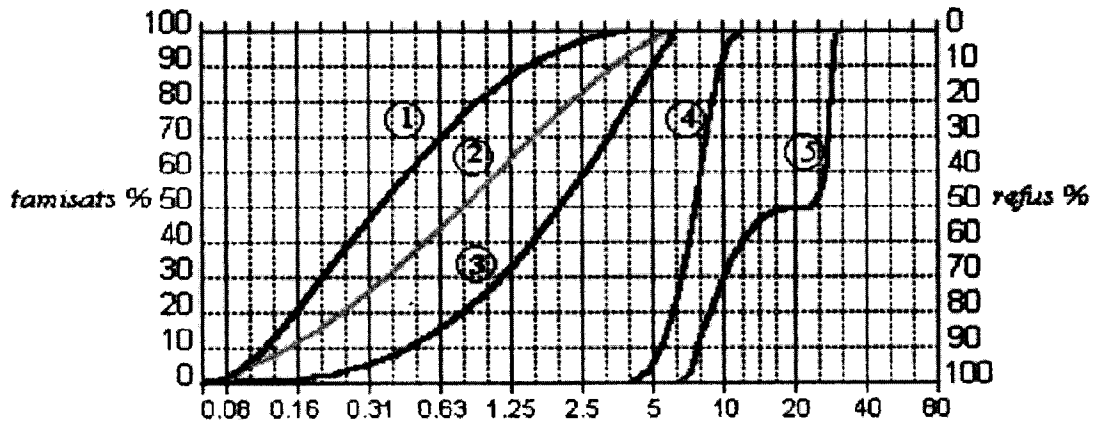
❖ Le coefficient de courbure:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

$Cc < 1$  mal gradué

$Cc > 3$  bien gradué

### EXEMPLES



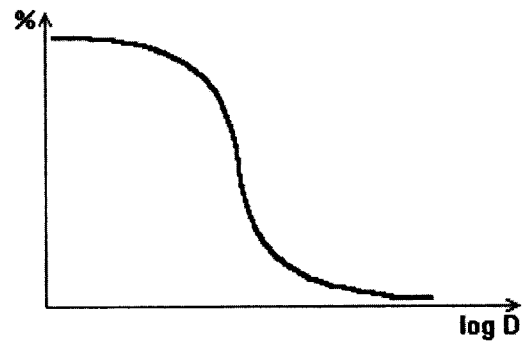
1. Sable à majorité de grains fins,

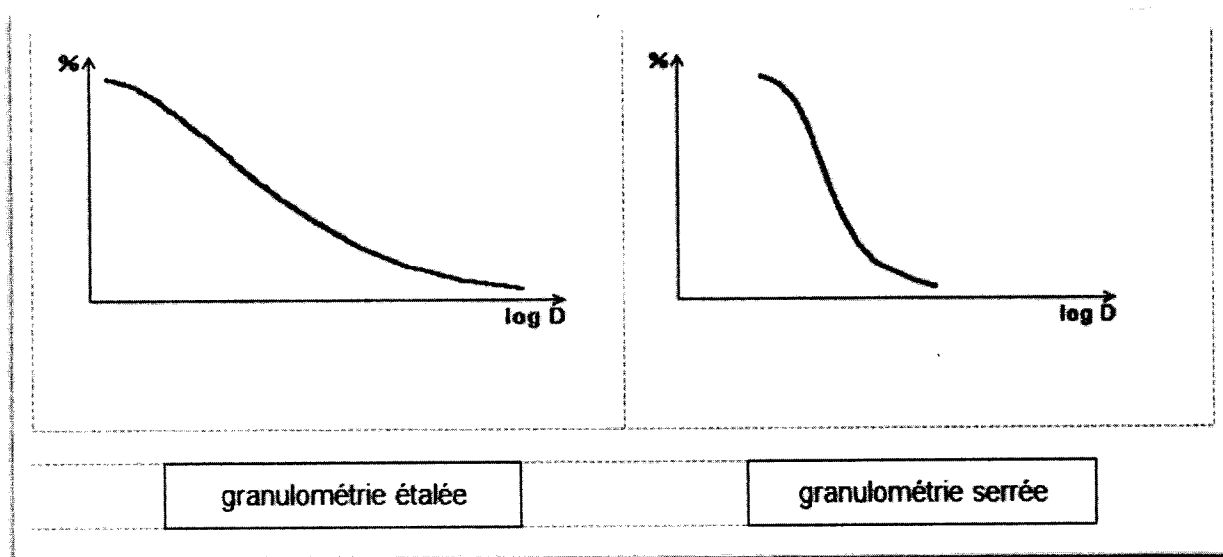
2. Sable normal,

3. Sable plutôt grossier

4. gravillon 5/10 à granulométrie continue

5. gravillon 5/25 à granulométrie discontinue





**Application :**

Après l'échantillonnage la masse de l'échantillon est  $M = 1\text{kg}$

