

Caractéristiques physiques d'un sol

✍ Définition :

Le sol est un matériau complexe constitué par des grains solides (squelette) provenant de la désagrégation d'une roche mère ou d'un végétal, comportant entre eux de l'eau interstitielle et un gaz (air).

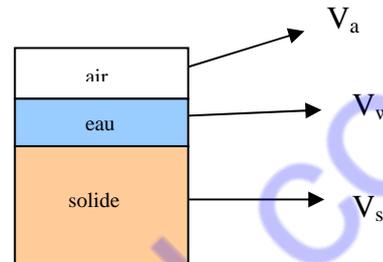
V_v = volume des vides = $V_a + V_w$

V = volume total = $V_a + V_w + V_s$

W_w = poids de l'eau

W_s = poids des grains solides

W = poids total



🔍 Principe

Il s'agit ici de qualifier un sol à partir de la détermination du poids volumique apparent (γ), du poids volumique absolu (γ_s) et de la teneur en eau (w).

Cet essai se décompose en deux étapes :

- Une étape in situ pour un prélèvement de sol.
- Une deuxième étape en laboratoire pour la recherche des différentes caractéristiques physiques du sol prélevé.

L'essai in situ consiste à creuser une cavité, à recueillir et peser la totalité du matériau extrait, puis à mesurer le volume de la cavité à l'aide d'un densitomètre à membrane. L'appareil est doté d'un piston qui, sous l'action de l'opérateur, refoule un volume d'eau dans une membrane souple étanche qui épouse la forme de la cavité. Une tige graduée permet de lire directement le volume.

📦 Intérêt en Génie Civil

La détermination des grandeurs caractéristiques (relatives aux poids et aux volumes) d'un sol non remanié est faite :

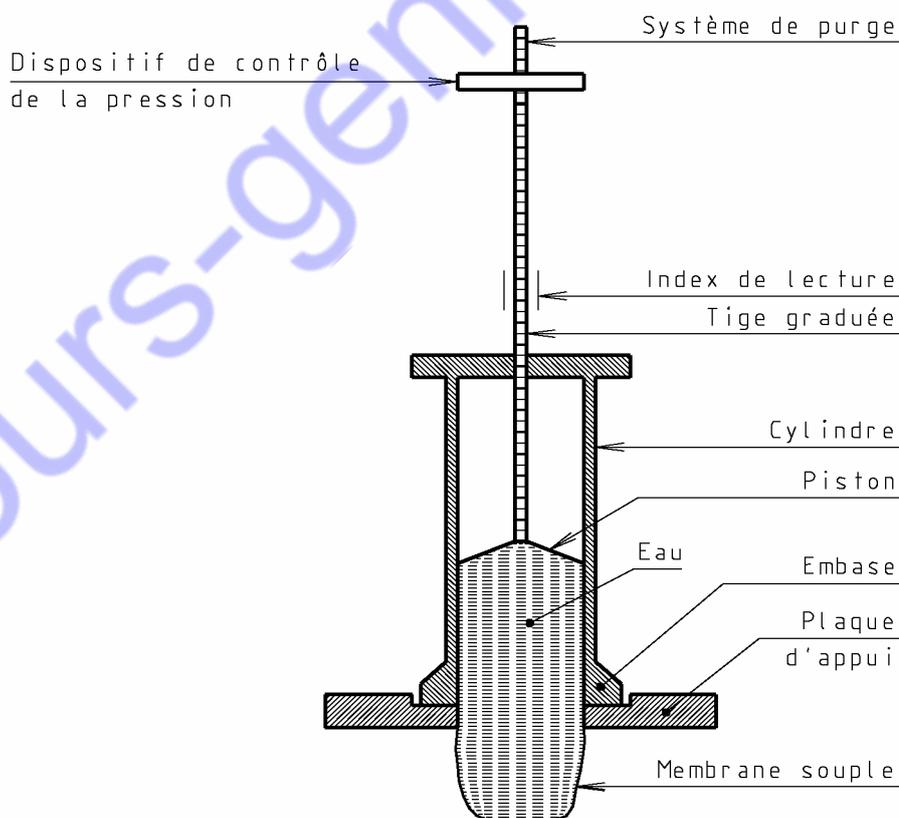
- Soit en vue de son identification lors d'une campagne de sondage
- Soit en vue de vérifier ses caractéristiques de compactage lors de l'utilisation en couche de remblai

Caractéristiques physiques d'un sol

✂ Matériel nécessaire :

Sur le terrain :

- un densitomètre à membrane. Le corps de l'appareil est composé :
 - d'un cylindre de volume minimal de 3 000 cm³, doté d'une embase ; la taille de l'appareil doit être adaptée à la cavité réalisée ;
 - d'une membrane souple, étanche, amovible, en latex ou en matériau de propriétés équivalentes raccordée au cylindre, l'ensemble étant rempli d'eau ;
 - d'un piston muni d'une tige graduée équipée d'un index permettant la mesure du volume au centimètre cube (cm³), et d'une poignée ;
 - d'un piège à bulle généralement situé en haut de la tige graduée ;
 - d'un système de purge ;
 - d'un dispositif de contrôle de la pression appliquée ou d'un limiteur d'effort.
 - une plaque de base suffisamment rigide pour supporter sans déformation le poids de l'opérateur. Cette plaque est percée en son centre d'un orifice muni d'une collerette destinée à recevoir l'embase du corps de l'appareil ;
 - une plaque de transport (protection de la membrane au cours du transport) ;
 - quatre piquets d'ancrage au moins (valets) ;
 - matériel de creusement (pelle, piochon, burin, couteau, marteau, etc.) ;
 - matériel de prélèvement (sacs, main écope, feuille plastique, pinceau, etc.).



Caractéristiques physiques d'un sol

En laboratoire :

- balance précise au 1/1000 de la masse pesée ;
- matériel nécessaire à la mesure de la teneur en eau, prévu pour la norme correspondant à la méthode utilisée (NF P 94-049-1, NF P 94-049-2 ou NF P 94-050)
- des récipients en plastique
- une main écope pour le remplissage
- une balance de portée 5 kg, précision 1 g
- Mortier et pilon

⚙ Matériaux utilisés

- Un échantillon de sol prélevé sur le site désigné (derrière l'atelier Génie Energétique).

⚙ Documents à consulter :

- NF P 94-049-1 : Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux (Méthode de la dessiccation au four à micro-ondes).
- NF P 94-053 : Détermination de la masse volumique des sols fins en laboratoire (Méthodes de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau).
- NF P 94-054 : Détermination de la masse volumique des particules solides des sols (Méthode du pycnomètre à eau).

Travail demandé**I / MANIPULATIONS**

- 1.1- Effectuer deux essais sur le site A (derrière l'atelier Génie Energétique) en suivant le mode opératoire de l'annexe N°1.
Utiliser pour cela le document réponse N°1.
- 1.2- Mesurer la teneur en eau de l'échantillon de sol prélevé (deux essais). Reporter vos résultats sur le document réponse N°1.
- 1.3- Calculer la masse volumique humide du sol en place sur le document réponse N°1.
- 1.4- Rechercher la masse volumique absolue du sol étudié à partir de deux essais. Reporter vos résultats sur le document réponse N°2.

2 / TRAVAIL EN SALLE

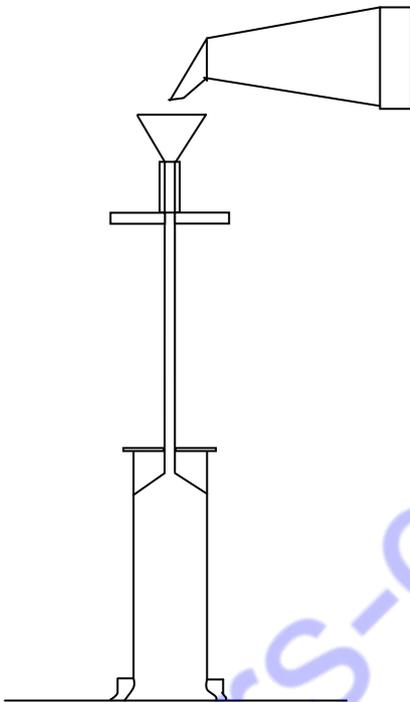
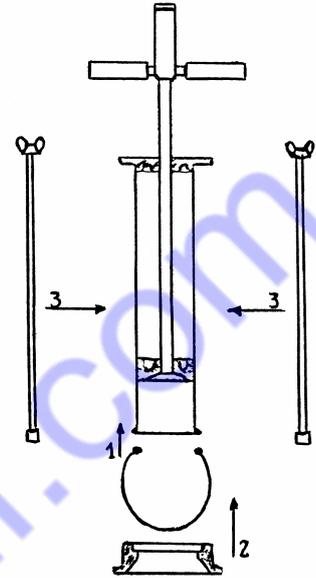
- 2.1- Rechercher les relations existantes entre les paramètres physiques suivants :
 - Poids spécifique du sol : γ
 - Poids spécifique du sol sec : γ_d
 - Poids spécifique des grains solides : γ_s
 - Teneur en eau : w
 - Indice des vides : e
 - Porosité : n
 - Compacité : c
 - Degré de saturation : S_r
- 2.2- Expliquer la différence entre poids volumique apparent (γ), poids volumique apparent sec (γ_d) et poids volumique absolu (γ_s).
- 2.3- Rechercher les caractéristiques physiques du sol étudié sur le document réponse N°2.
- 2.4- Quel est l'intérêt de la mesure en place de la masse volumique ?
- 2.5- Quels autres essais permettent d'obtenir in situ la masse volumique d'un sol en place ?
Décrivez ces essais.

Annexe N°1

Le densitomètre à membrane

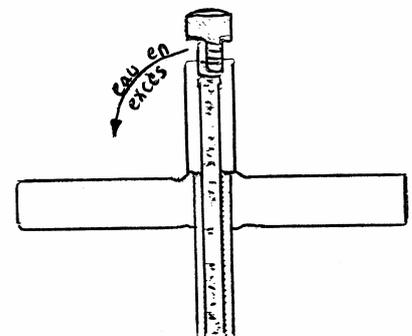
Mode opératoire**1- Préparation de l'appareil**

- Retirer les colonnes serrées par écrous papillons ;
- Séparer le tube de la couronne de base ;
- Fixer la membrane (1) sur l'embase du cylindre ;
- Remonter l'appareil en remettant en place la couronne de base (2) et les tiges (3) ;



- Serrer modérément les écrous papillons à la main ;
- Tirer sur la poignée pour remonter le piston au point haut ;
- Poser l'appareil sur une table bien plane et remplir l'appareil d'eau par le trou de la tige centrale en s'aidant d'un entonnoir ;
- Remplir complètement jusqu'à débordement ;
- Tapoter l'appareil pour faire remonter les bulles ;

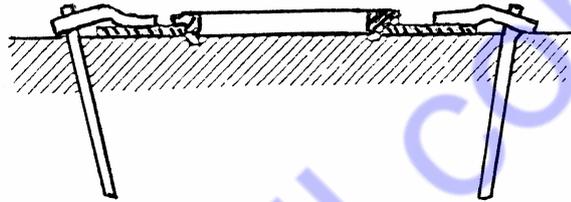
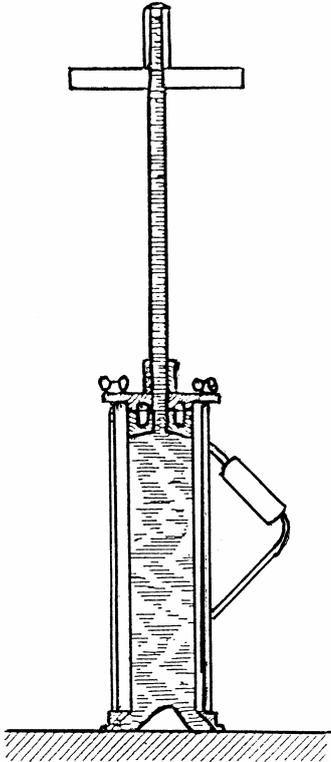
- Visser le bouchon. Une rainure ménagée dans le filetage permet à l'excès d'eau de s'échapper ;
- Arrêter de visser lorsqu'il reste encore un tour ou deux à effectuer ;
- Appuyer sur la poignée pour refouler le piston et faire échapper l'excès d'eau en purgeant l'air ;
- Serrer le bouchon et remonter le piston à fond. La membrane est aspirée et se dégage de l'appui . L'appareil est prêt à servir.



Annexe N°1

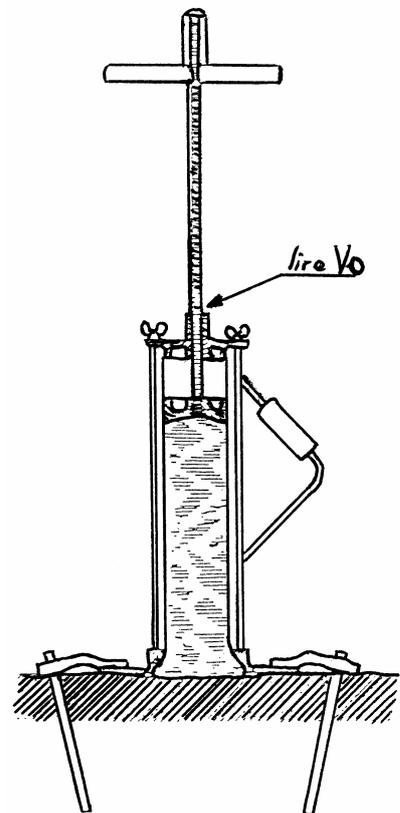
2- Réalisation de l'essai

- Préparer, par arasement, une surface plane sensiblement horizontale au moins égale à celle de la plaque d'appui ;
- Fixer la plaque d'appui avec les piquets d'ancrage (valets) ; en cas d'impossibilité, lester la plaque ;



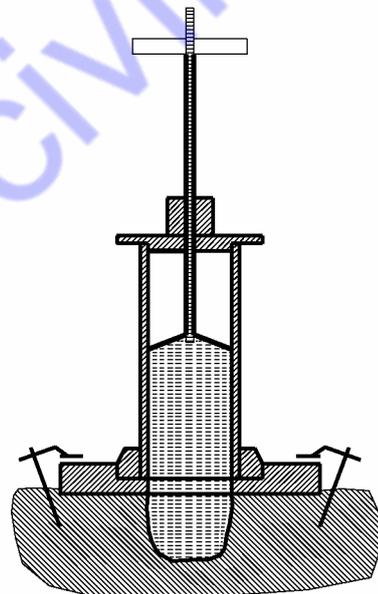
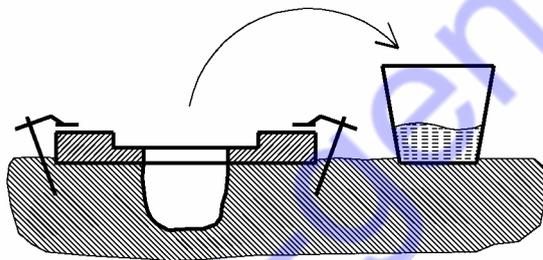
- Enlever la couronne de protection et solidariser l'appareil à la plaque d'appui ;
- Vérifier que le piège à bulle du densitomètre ne laisse apparaître aucune bulle. Sinon desserrer de 1 tour le bouchon, appuyer sur la poignée pour chasser l'air et un peu d'eau et resserrer le bouchon ;

- Appuyer sur le piston pour amener la membrane au contact du sol : ce point est très sensible pour l'opérateur qui sent nettement qu'il arrive en butée ;
- Noter le volume V_0 marqué par l'index à vernier ;
- Tirer la poignée pour faire remonter le piston à fond en mettant les pieds sur la base carrée afin d'éviter qu'elle bouge. Retirer le densitomètre de la base carrée et replacer la couronne de protection ;



Annexe N°1

- Pratiquer l'excavation du trou à travers l'orifice de la plaque. La profondeur doit être égale au diamètre de l'orifice à plus ou moins un demi-rayon. Recueillir le matériau dans le récipient prévu ;
- Nettoyer au pinceau la couronne de protection et la base carrée en recueillant le matériau qui aurait pu tomber ;
- Enlever la couronne de protection, replacer le densitomètre et mesurer à nouveau le volume en appuyant sans excès sur le piston. Soit V_1 la nouvelle valeur marquée par l'index à vernier ;
- Tirer le piston vers le haut à fond pour dégager la membrane et retirer l'appareil.



Document réponse N°1

Reconnaissance rapide d'un sol

1- Désignation du sol :

| | |
|---|---------------------|
| <u>Opérateurs :</u> | |
| Lieu de prélèvement : | Profondeur : |
| Aspect : Couleur : humidité : odeur : etc... : | |

2- Prélèvement :

| N° De l'essai | Volume en place | | Masse humide M_h (g) | Masse volumique humide ρ (g/cm ³) |
|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| | V_0 (cm ³) | V_1 (cm ³) | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| Moyenne | | | | |

3- Teneur en eau naturelle :

| Essais | M_h (g) | M_s (g) | W% |
|---------|-----------|-----------|----|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| Moyenne | | | |

Document réponse N°2

Reconnaissance rapide d'un sol

4- Masse volumique absolue (ρ_s) :

| N° De l'essai | Masse sèche Ms (g) | Lecture sur l'éprouvette | | Masse volumique absolue ρ_s (g/cm ³) |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | | V ₁ (cm ³) | V ₂ (cm ³) | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| Moyenne | | | | |

5- Caractéristiques physiques du sol étudié :

| | Définition | Formule de calcul | Calculs numériques | Résultats |
|--|------------|-------------------|--------------------|-----------|
| Masse volumique apparente Sèche M _{vapp} (g/cm ³) | | | | |
| Porosité n | | | | |
| Indice des vides e | | | | |
| Degré de saturation Sr (%) | | | | |