

1. INTRODUCTION

La reconnaissance des sols est une phase fondamentale dans la réussite d'un projet de construction. La détermination des caractéristiques du sol avant les travaux de constructions conduit à la planification des tâches de façon ordonnée et complètement organisée. Le coût de cette reconnaissance sera récupéré par la réalisation du projet dans les meilleurs délais, au coût minimum et dans les meilleures conditions de sécurité que ce soit pendant la construction ou durant l'exploitation de l'ouvrage.

Inversement, une construction de projet important sans étude de sol peut se solder par des surprises désagréables ou fatales ; à titre d'exemple, un sol peu résistant supporte mal les engins de chantier, ce qui retarde les travaux et nécessite des aménagements supplémentaires du chantier. Un sol très compressible peut nécessiter dans le futur une reprise en sous œuvre ou stabilisation et renforcement du sol. Le sol gonflant peut se solder par une catastrophe notamment pour les logements individuels c.à.d. au propriétaire généralement incapable de supporter le coût de réhabilitation. La présence inattendue de l'eau conduit à la remontée de l'humidité, à la réduction de la capacité portante, ainsi que le risque de l'agressivité de l'eau au béton armé. Enfin, les problèmes qui risquent de surgir pendant la réalisation de l'ouvrage, à court terme ou à long terme ne peuvent être énumérés dans cette introduction. Des références plus spécialisées peuvent être consultées pour des détails approfondies des pathologies de construction.

Le chapitre n'a pour but que la présentation d'une synthèse très brève des procédés généraux de reconnaissance et d'identification des sols. Dans ce contexte aussi, les références spécialisées sont indispensables pour examiner plus profondément les principes, modes opératoires, le matériel et les interprétations.

2. ESSAIS DE LABORATOIRE

2.1 Introduction

Il s'agit d'essais effectués au laboratoire sur des échantillons remaniés ou intacts convenablement conservés. Généralement on classe ces essais dans trois grands groupes : essais physiques, essais chimiques et essais mécaniques.

Simple et peu coûteux, il faut multiplier les essais d'identification sur chantier ou en laboratoire afin d'obtenir le maximum d'informations sur l'état du sol. L'interprétation des résultats permettra de classer le sol et d'avoir une bonne idée de son comportement.

Les essais (granulométrie, teneur en eau, Proctor, limites d'Atterberg, essai au bleu) sont des essais d'identification. Parmi ceux-ci, granulométrie et teneur en eau concernent le squelette du sol et ne renseignent absolument pas sur les relations entre grains.

Les limites d'Atterberg, l'essai au bleu et l'essai Proctor sont au contraire des essais qui tiennent compte des relations intergranulaires. Mais tous ces essais d'identification sont effectués en remaniant le sol. Ils ne sont donc pas suffisants pour étudier un sol en place – une fondation d'ouvrage par exemple. Surtout, ils ne peuvent pas renseigner sur l'histoire du sol (au sens géologique). D'où la nécessité d'autres essais in-situ.

2.2 Essais physiques

Les essais physiques ont pour but la détermination des caractéristiques physiques des sols telles que : répartition granulométrique des grains, poids volumique, densités, teneurs en eau, degré de saturation, teneur en eau optimale, limites d'Atterberg, indices de plasticité, de consistance et de liquidité, porosité, indices des vides et indice de

densité, teneur en argile, activité et surface spécifique. Les essais permettant la détermination des propriétés ci-dessus sont normalisés. A titre d'exemple on peut citer l'analyse granulométrique par tamisage ou par sédimentométrie, pesée hydrostatique, mesures de volumes, détermination de la teneur en eau et des limites de consistance, essai Proctor, essai au bleu de méthylène. La documentation spécialisée dans ce domaine doit être consultée pour les détails des procédures et des interprétations.

a) Teneur en eau naturelle

C'est le quotient de la masse de l'eau interstitielle (W_w) par la masse des grains solides (W_s). L'obtention des éléments secs s'obtient par dessiccation du sol pendant **24 heures** à l'étuve à **105° C**.

b) Les limites d'Atterberg

La connaissance des limites d'Atterberg permet (par corrélations) de présumer le comportement d'un sol donné (en fonction de la nature et de la quantité d'argiles qu'il contient). Lorsqu'il est soumis à différentes sollicitations, on distingue trois limites conventionnelles:

- la **limite de liquidité W_L** : teneur en eau qui sépare l'état liquide de l'état plastique,
- la **limite de plasticité W_P** : teneur en eau qui sépare l'état plastique de l'état solide,
- la **limite de retrait W_R** : teneur en eau qui sépare l'état solide avec retrait de l'état solide sans retrait (elle correspond à la quantité d'eau juste nécessaire pour combler les vides d'un sol lorsque celui-ci est à son volume minimum).

- Interprétation des limites d'Atterberg

En général, dans leur état naturel, les sols ont une teneur en eau W_0 comprise entre W_P et W_L .

- **Indice de plasticité :**
$$I_p = W_L - W_P \quad (1)$$

Cet indice donne une indication sur l'étendue du domaine plastique. Avec l'indice de plasticité on peut classer un sol suivant son degré de plasticité

Tableau 1. Indice de plasticité en fonction du degré de plasticité

I_p	Degrés de plasticité du sol
0 à 5	Sol non plastique
5 à 15	sol peut plastique
15 à 40	Sol plastique
< 40	Sol très plastique

* Ordres de grandeur

- Argile..... $I_p > 30$
- Argile limoneuse $20 < I_p < 30$
- Limon $10 < I_p < 20$
- Sable argileux $5 < I_p < 20$
- Sable limoneux $5 < I_p < 15$

*** Remarque**

- Plus l'indice de plasticité est élevé, plus le sol est sensible aux effets de gonflement par humidification (ou de retrait par dessiccation).
- L'indice de plasticité n'est jamais nul mais peut être non mesurable.

c) La courbe granulométrique

Une des premières étapes de la caractérisation d'un sol consiste à évaluer sa composition à partir de sa courbe granulométrique, il s'agit d'un graphique qui indique, pour une dimension donnée d'un grain (portée en abscisse), le pourcentage en poids des grains de dimension inférieure (tamisé et passant) ou supérieure (refus). La courbe est tracée en coordonnées semi-logarithmiques, de façon à donner une représentation plus précise des particules fines (qui influent énormément sur le comportement des sols).

On obtient les données nécessaires au tracé de cette courbe grâce à l'analyse granulométrique, elle est obtenue :

- pour la fraction de sol dont les grains sont $> 80 \mu\text{m}$: par tamisage sur une série de tamis de maille décroissante.
- pour la fraction de sol dont les grains sont $< 80 \mu\text{m}$: par un essai de sédimentations (méthode basée sur le temps de sédimentation des particules solides en suspension dans un fluide).

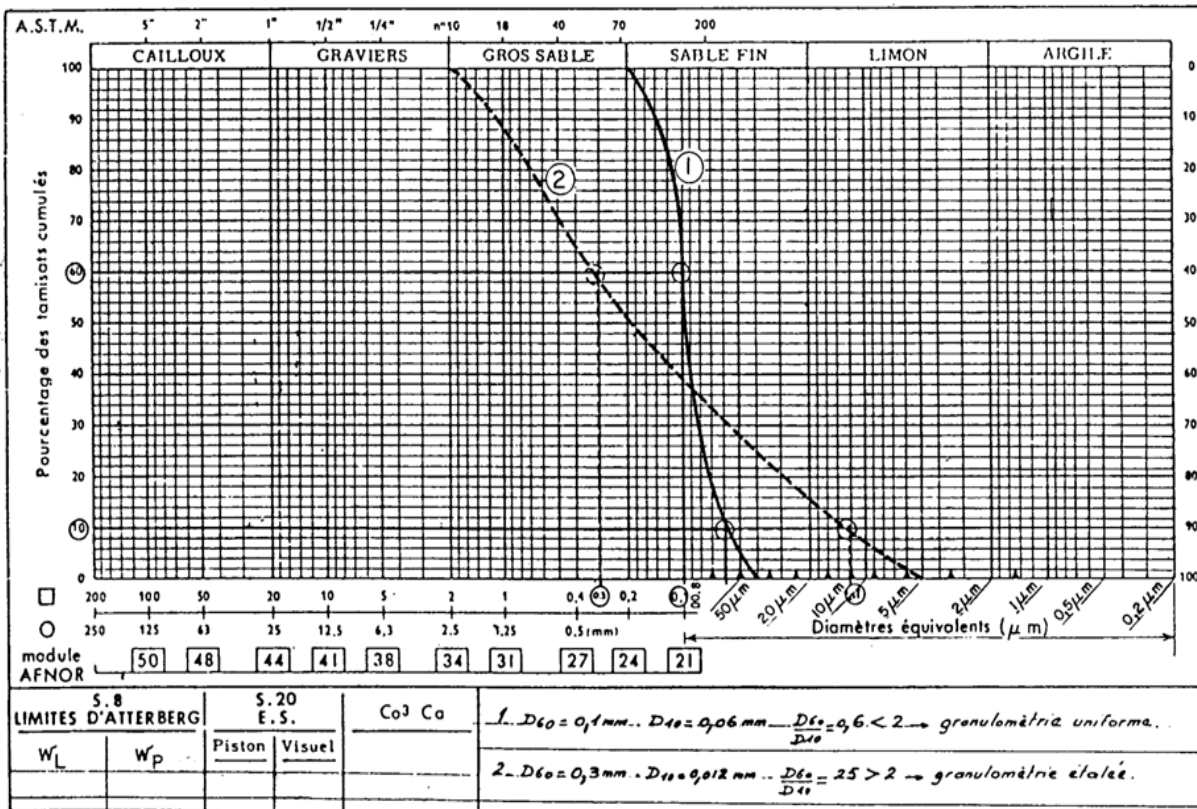


Figure 1. Courbes granulométriques

d) Essai d'équivalent sable

Permet de déterminer dans un sol la proportion de sol fin et de sol grenu (Figure 2).

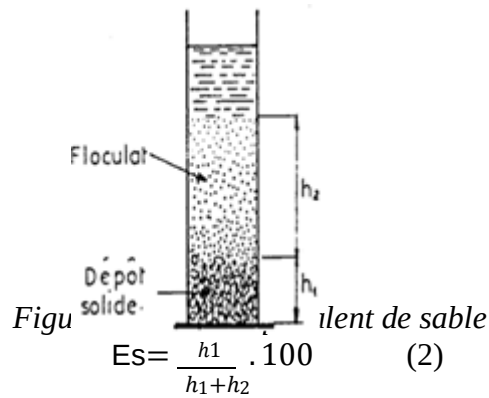


Tableau 2. Caractérisation des sols à partir de la valeur de E_s

ES	Type de sol
0	Argile pure
20	Sol plastique
40	Sol non plastique
100	Sable pur et propre

e) Compactage des sols

L'essai Proctor permet de tracer la courbe du poids volumique sec en fonction de la teneur en eau, pour une énergie de compactage donnée. Cette courbe permet de mettre en évidence un optimum de poids volumique (*figure 3*). En construction de remblai en grande masse (barrages, remblais routiers...) on se réfère presque exclusivement à l'essai Proctor Normal ; en couches de chaussée on se réfère presque exclusivement à l'essai Proctor Modifié, réalisé avec une énergie supérieure. Cet essai permet de déterminer deux grandeurs fondamentales, en particulier pour le déroulement et le contrôle des chantiers de terrassement :

- w_{OPN} (ou w_{OPM}) teneur en eau à l'Optimum Proctor Normal (ou Modifié) ;
- γ_{dOPN} (ou γ_{dOPM}) poids volumique sec à l'Optimum Proctor Normal (ou Modifié).

Si l'énergie de compactage croît, les courbes deviennent plus pointues. L'eau étant incompressible, ces diverses courbes ont pour enveloppe l'hyperbole :

$$W_{sat} = \frac{\gamma_w}{\gamma_d} - \frac{\gamma_w}{\gamma_s} \quad (3)$$

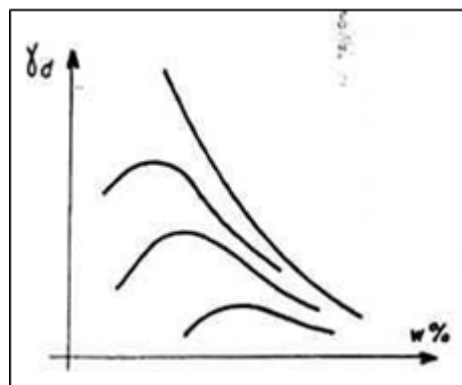


Figure 3. Courbes de compactage

2.3 Essais chimiques et minéralogiques

Ils ont pour but la détermination de la composition chimique et minéralogique du sol, la présence d'impuretés, de substance agressives, et nature chimique de l'eau absorbée. La détermination de la famille minéralogique du sol est d'une grande importance, car elle peut déceler les comportements spécifiques tels que les sols gonflants, les sols organiques et les sols nuisibles. Ces caractéristiques peuvent être déterminées par les méthodes d'analyse chimique conventionnelles ou récentes donc plus ou moins coûteuses telles que diffraction des rayons X, analyse spectroscopique, microscopie électronique, analyse thermique différentielle, ou par méthodes indirectes telles que abaque de Casagrande et surface spécifique

a) Valeur du bleu de méthylène : « VBS »

Elle représente la quantité de bleu pouvant être adsorbée sur les surfaces internes et externes des particules du sol. La valeur VBS s'exprime en masse de bleu pour 100g de sol.

Tableau 3. Type de sol en fonction de la valeur «VBS »

VBS	Type de sol
0,1	Sol insensible à l'eau
0,2	Seuil au-dessus duquel le sol est sensible à l'eau.
1,5	Seuil distinguant les sols sablo- limoneux des sols sablo- argileux
2,5	Seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques de sols limoneux moyennement Plastiques.
6	Seuil distinguant les sols limoneux et les sols argileux.
8	Seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux

a) Teneur en carbonate : % de CaCO_3

L'essai est réalisé au calcimètre Dietrich-Fruhling afin de déterminer la teneur pondérale en carbonates d'un sol qui est le rapport entre la masse de carbonate contenue dans le sol à sa masse sèche totale. La détermination se fait par décomposition du carbonate de calcium CaCO_3 contenu dans le sol par l'acide chlorhydrique.

Tableau 4. Type de sol en fonction du % en

Teneur en carbonate en % Type de sol	
0-10	Non marneux
10-30	Faiblement marneux
30-70	Marneux
70-90	Calco – marneux
90-100	Calcaireux –crayeux

b) La teneur en matières organiques : « MO »

C'est le quotient de la masse de matières organiques contenues dans un échantillon de sol par la masse totale des particules solides minérales et organiques. Sa détermination se fait par calcination.

Tableau 5. Type de sol en fonction du % en MO

$MO < 3$	Non organique
$3 < MO < 10$	Faiblement organique
$2 < MO < 30$	Moyennement organique
$MO > 0$	Très organique

2.4 Essais hydrauliques

Les caractéristiques hydrauliques en géotechnique concernent principalement la détermination de la perméabilité des sols, mesure de la succion, présence de la nappe phréatique et son débit dans le cas d'un écoulement d'eau. Les essais associés sont le perméamètre à charge constante ou à charge variable, méthode du papier filtre. Quelques essais sont exécutés sur place. Comme nous le savons, la vitesse de tassement est étroitement liée à la perméabilité du sol, donc elle nous renseigne sur la durée nécessaire à la consolidation du sol sous l'ouvrage.

REMARQUE : Les essais de laboratoire : perméamètre à charge constante ou à charge variable sont déjà abordés au Chapitre 4.

2.5 Essais mécaniques

Ils ont pour but la détermination des caractéristiques mécaniques principalement la cohésion, l'angle de frottement interne, contrainte de pré consolidation, indices de compression et de gonflement et capacité portante. Les essais associés sont à titre d'exemple, essai de cisaillement direct à la boîte de Casagrande, essai triaxial et essai oedométrique.

2.5.1 Essai de cisaillement rectiligne à la boîte de casagrande

L'essai fournit des paramètres de résistance de cisaillement rectiligne il s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une boîte de cisaillement constituée de deux demi-boîtes on leur séparation constituée un plan de glissement correspondant au plan de cisaillement de l'éprouvette. Il consiste à :

- Appliquer sur la face supérieure d'éprouvette un effort vertical (N) maintenu constant pendant toute la durée de l'essai.
- Produire après consolidation de l'éprouvette sous l'effort (N) un cisaillement dans l'éprouvette selon le plan horizontal de glissement des deux demi-boîtes l'une par rapport à l'autre en leur imposant un déplacement relatif à vitesse constante.

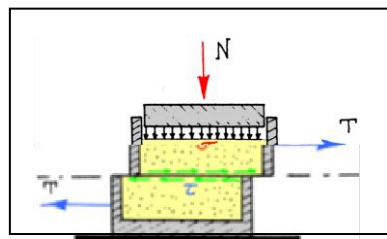


Figure 4. Essai de cisaillement

2.5.2 L'essai Oedométrique

* But de l'essai

Les buts de L'essai œdométrique sont :

- Déterminer les caractéristiques de compressibilité d'un sol qui permettent d'estimer d'un massif de sol.
- D'établir la courbe de consolidation d'un matériau donné et d'en déduire son coefficient de consolidation.

- Déterminer le coefficient de consolidation d'un sol pour un accroissement de charge quelconque et d'estimer ainsi son tassement final.
- Déterminer la constante de compressibilité d'un sol pour une augmentation de charge connue.

* Principe d'essai oedométrique

L'essai s'effectue sur une éprouvette de matériau placée dans une enceinte cylindrique rigide (oedomètre).

Un dispositif applique par cette éprouvette un effort axial vertical, l'éprouvette étant drainée en haut et en bas et maintenue saturée pendant l'essai.

La charge est appliquée par paliers maintenus constants successivement croissants et décroissants suivant un programme défini. Les variations de hauteur de l'éprouvette sont mesurées pendant l'essai en fonction de la durée d'application de la charge.

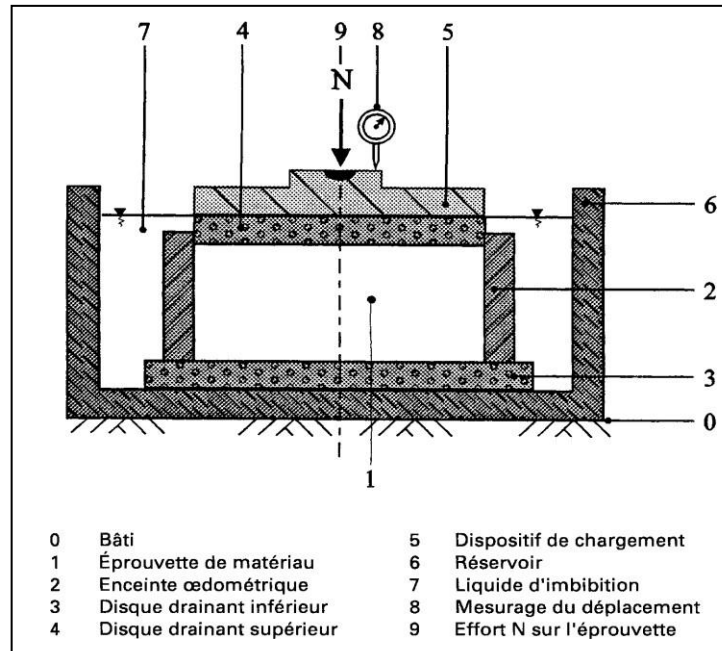


Figure 5. Oedomètre

2.5.3 Essai triaxial

* But de l'essai

L'essai triaxial permet de déterminer les caractéristiques mécaniques de cisaillement (c et ϕ). L'appareillage permet de contrôler le drainage de l'éprouvette de sol, de mesurer la pression interstitielle à l'intérieur de l'échantillon et la variation de volume de l'échantillon. Il n'impose pas la surface de cisaillement.

* Types d'essais triaxiaux

Les essais de cisaillement à l'appareil triaxial comportent deux étapes :

- a) Une première étape de consolidation, au cours de laquelle on amène l'éprouvette dans l'état à partir duquel on veut exécuter le cisaillement
- b) Une seconde étape, de cisaillement proprement dit, au cours de laquelle on augmente le déviateur des contraintes jusqu'à ce que la rupture de l'éprouvette se produise.

Différentes modalités d'essais peuvent être définies, selon que les phases successives de l'essai sont exécutées avec ou sans drainage. On distingue les principaux types d'essais suivants :

- **Essais non consolidés-non drainés (UU)** : la première étape de l'essai est effectuée à drainage fermé, de même que le cisaillement;
- **Essais consolidés-non drainés (CU)** : au cours de l'étape de consolidation, le drainage est ouvert et l'on attend que les contraintes effectives deviennent égales aux contraintes totales appliquées (surpressions interstitielles nulles). Au cours de l'étape de cisaillement, le drainage est fermé et l'on peut, si nécessaire, mesurer la pression interstitielle pendant le chargement jusqu'à la rupture (on parle alors d'essais CU avec mesure de u) ;
- **Essais consolidés-drainés (CD)** : la première étape est identique à celle des essais CU. Le cisaillement est exécuté en condition de drainage ouvert, en augmentant la charge suffisamment lent pour que la surpression interstitielle reste négligeable tout au long de l'essai.

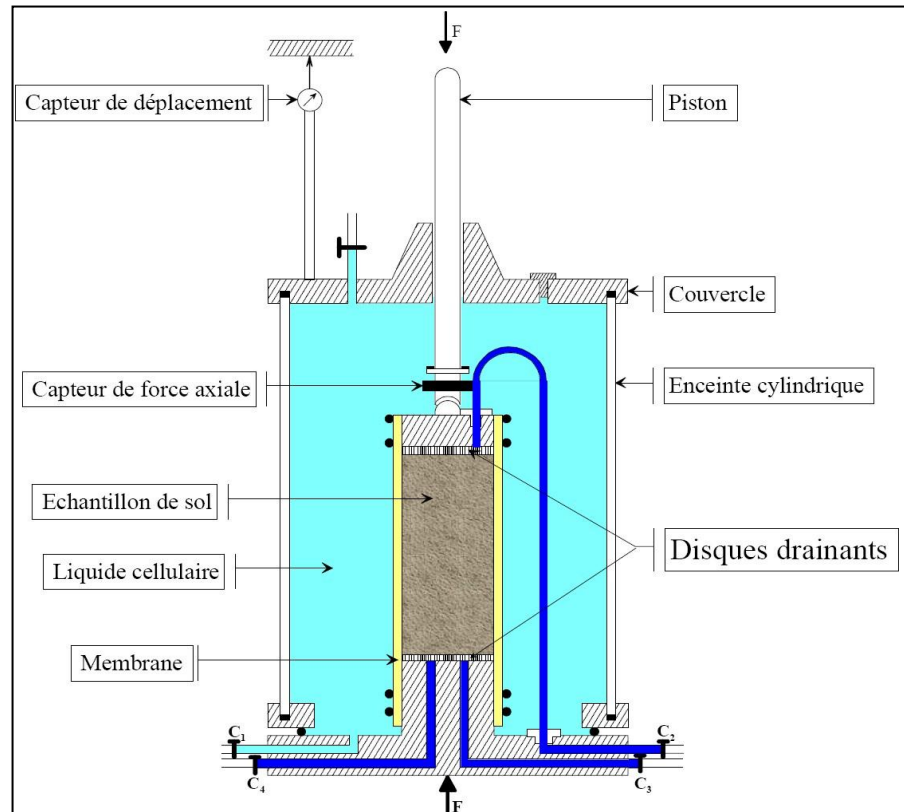


Figure 6. La cellule triaxiale

C_1 = Circuit de mise en pression de la cellule.

C_2 , C_3 et C_4 = Circuits de drainage, de contrepression et de mesure de la pression interstitielle.

3 Essais sur place

Les essais sur place permettent la détermination des caractéristiques du sol dans les conditions

Elle permet de localiser les différentes couches du sol, leur stratification et leurs pendages, la présence de galerie souterraines ou de l'eau.

3.1 Forages

Il est souvent très demandé l'exécution d'un ou deux puits, sur quelques mètres de profondeur, à la main, à la pelle mécanique ou par tout moyen mécanique adéquat. Ces puits permettent de reconnaître visuellement le sol et obtenir des échantillons, remaniés ou non, tant qu'on se trouve au-dessus de la nappe phréatique.

Ces reconnaissances très utiles peuvent donner une sécurité trompeuse si elles ne sont pas descendues à une profondeur suffisante, soit parce qu'on trouve l'eau, soit parce que les moyens utilisés ne permettent pas de dépasser 4 ou 5 mètres.

On ne doit pas, alors, se contenter des indications qu'elles fournissent, mais nécessairement recourir à d'autres moyens d'investigations.



Figure 7. Sondage pédologique à l'aide d'un tracto-pelle

3.1.1 Forage profonds

Ceux-ci correspondent à l'exécution de trous généralement verticaux, de faible diamètre (de 5cm à 1m) par apport à la profondeur (10 à 30 m par exemple).

L'exécution de telles reconnaissances présentes trois difficultés :

- * la perforation ou la désagrégation du sol,
- * la remontée des éléments ou des échantillons remaniés ou non,
- * la tenue de la partie supérieure du forage.

De très nombreuses techniques ont été mises au point par différents constructeurs en fonction de la nature des sols rencontrés (cohérents ou pulvérulents, roches tendres ou compactes). Très souvent, pour assurer la stabilité des parois du forage. On a recours à des boues spéciales thixotropes (à l'argile, à l'huile ou à l'amidon). Les boues à la bentonite ont été utilisées d'abord pour les forages pétroliers et ensuite pour les réalisations des parois moulées.

Les prélèvements d'échantillons intacts s'effectuent, soit par rotation dans les terrains cohérents résistants, soit par battage de carottiers spéciaux dans les terrains meubles.

Les terrains grossiers (gravier, sable graveleux, éboulis, moraines) posent des problèmes très difficiles de carottage, les échantillons prélevés par les méthodes classiques (benoto, soupape) sont toujours fortement remaniés et leur granulométrie est souvent modifiée par la perte de fines, surtout lorsqu'on remonte à travers plusieurs mètres d'eau. Par contre, le carottage par vibropercussion permet de prélever économiquement des échantillons représentatifs de ces terrains difficiles.

3.1.2 Prospection électrique

La méthode consiste à faire passer dans le terrain un courant électrique au moyen de deux électrodes enfoncées dans le sol (**A** et **B**). Au moyen de deux autres électrodes (**M** et **N**) on mesure la différence de potentiel produit par le passage du courant.

La résistivité du sol ou de la roche dépend principalement des états de l'eau interstitielle qui changent considérablement pour n'importe quel matériau. Par conséquent, des valeurs de résistivité ne peuvent pas être directement interprétées en termes de type et de lithologie du sol.

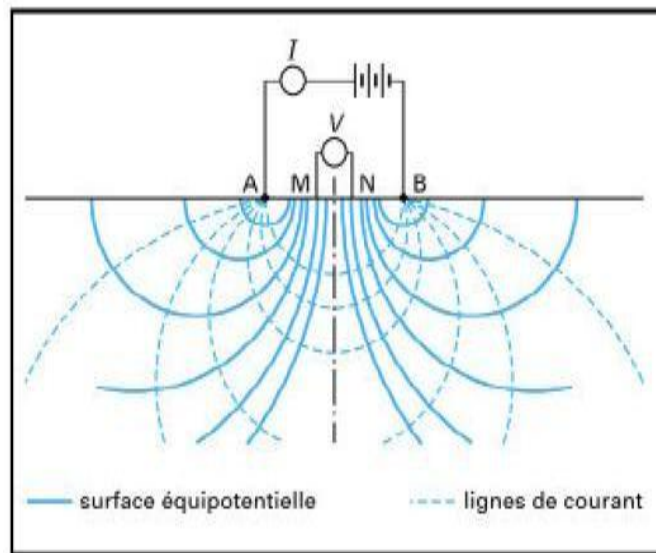


Figure 8. La technique de prospection électrique

3.2 Les essais à la plaque

Les essais à la plaque consistent à déterminer le déplacement vertical moyen de la surface du sol située sous une plaque rigide circulaire chargée. Les essais à la plaque ont essentiellement pour but :

- Soit de mesurer la déformabilité des plateformes de terrassement constituées par des matériaux dont les plus gros éléments ne dépassent pas **200mm**.

On utilise généralement dans ce cas les mesures faites au cours de **2 cycles** de chargement successifs (modules de déformation E_{v1} et E_{v2}).

- Soit de contrôler les fonds de fouille de fondations ou d'apporter des éléments complémentaires sur le comportement d'une fondation.

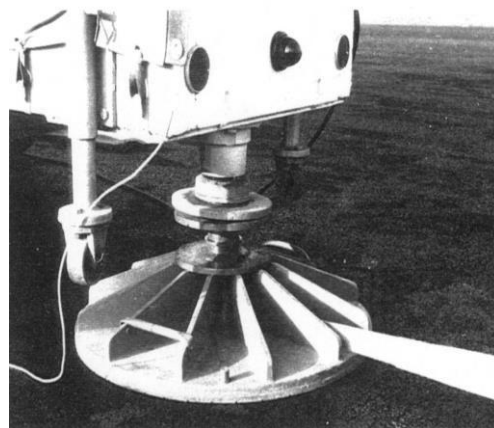


Figure 10. Essai de plaque

3.3 Le pénétromètre dynamique

Il permet la détermination de la résistance mécanique d'un sol. Une pointe métallique portée par un train de tiges pénètre dans le sol par battage successif. On mesure ensuite à intervalles d'enfoncement régulier, l'énergie nécessaire correspondante. Deux pénétromètres dynamiques, type A et B, ont été normalisés. Ces deux types de pénétromètres permettent d'apprécier :

- La succession de différentes couches de terrain,
- L'homogénéité d'une couche,
- La position d'une couche résistante.

Il est déconseillé de calculer la capacité portante de fondations avec les seuls résultats

des essais de pénétration dynamique. En accompagnement d'autres essais, seuls les résultats du pénétromètre dynamique A permettent d'évaluer un ordre de grandeur de la capacité portante de fondations. Les résultats de l'essai au pénétromètre dynamique B permettent seulement d'orienter le choix des fondations.

a) Pénétromètre dynamique A (Dynamic pénétration A)

* Principe de l'essai

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol, par battage de manière continue, un train de tiges muni, en partie inférieure, d'une pointe débordante, tout en injectant une boue de forage entre la paroi de sondage et les tiges (*Figure 11*) et à noter le nombre de coups nécessaires pour faire pénétrer dans le sol la pointe d'une hauteur h de 10 cm.

L'injection de la boue de forage permet de supprimer le frottement latéral des tiges dans le sol.

* Domaine d'application

Les essais de pénétration dynamique type A peuvent être réalisés dans tous les sols fins et grenus dont la dimension moyenne des éléments ne dépasse pas 60 mm. L'essai est limité à une profondeur de 30 m.

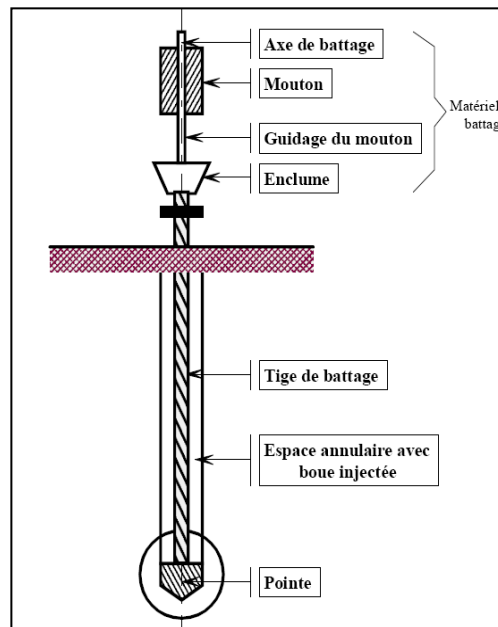


Figure 11. Pénétromètre dynamique PDA

* **Appareillage** : Le pénétromètre dynamique A se compose d'un :

- Dispositif de battage,
- Train de tiges creuses.
- Pointe débordante, du matériel d'injection.
- Système de mesures.

Un mouton à une masse adaptable de 32, 64, 96 et 128 kg et une hauteur de chute de 0,75 m. Il tombe à une cadence de 15 à 30 fois par minute.

b) Pénétromètre dynamique B (Dynamic pénétration B)

* Principe de l'essai

L'essai de pénétration dynamique, type **B**, consiste à enfoncer dans le sol par battage de manière continue un train de tiges muni en partie inférieure d'une **pointe débordante** et à noter le nombre de coups nécessaires pour faire pénétrer dans le sol la pointe d'une hauteur h de 20 cm, tout en vérifiant l'importance des efforts de frottement éventuels sur le train de tiges.

* **Domaine d'application**

Les essais de pénétration dynamique type B peuvent être réalisés dans tous les sols fins et grenus dont la dimension moyenne des éléments ne dépasse pas 60 mm. L'essai est limité à une profondeur de 15 m.

* **Appareillage**

Le pénétromètre dynamique B se compose de :

- Dispositif de battage,
- Train de tiges muni d'une pointe débordante,
- Un système de détection des efforts de frottement
- Un dispositif de mesures.

Le mouton a une masse de 64 kg et une hauteur de chute de 0,75 m ; il tombe à une cadence de 15 à 30 fois par minute. On détecte les efforts parasites de frottement du sol sur les tiges à l'aide d'une clef dynamométrique.

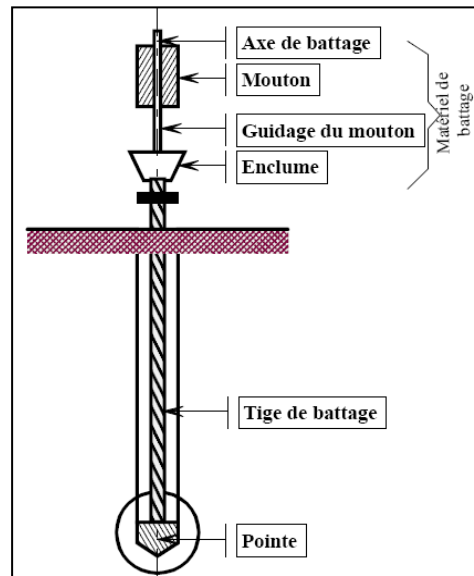


Figure 12. Pénétromètre dynamique PDB

3.4 Le pénétromètre statique

Il permet d'enfoncer, à vitesse lente et constante (0,5 à 2 cm par seconde) des tiges munies d'une pointe à leur extrémité. Il est conçu pour mesurer le frottement latéral sur les tubes extérieurs qui entourent la tige centrale et les efforts sous la pointe.

Pour prévenir tout risque de tassement différentiel, le pénétromètre statique est utilisé pour le contrôle du compactage de couches de remblais.

Le pénétromètre permet une évaluation directe de la capacité portante, du module oedométrique et il permet aussi une détermination de la cohésion.

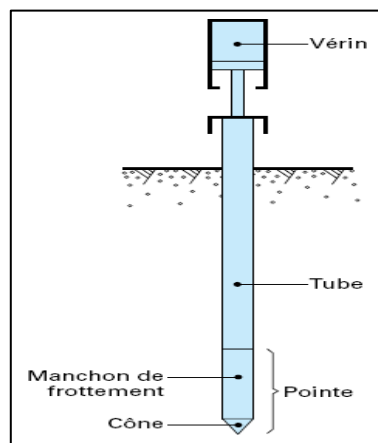


Figure 13. Pénétromètre statique

3.5 Essai pressiométrique MENARD (Ménard pressumeter test) PMT

* *Domaine d'application*

L'essai pressiométrique peut être réalisé dans tous les types de sols saturés ou non, y compris dans le rocher (avec plus d'incertitude) et les remblais.

* *Principe de l'essai :*

L'essai pressiométrique consiste à dilater radialement dans le sol une sonde cylindrique et à déterminer la relation entre la pression p appliquée sur le sol et le déplacement de la paroi de la sonde

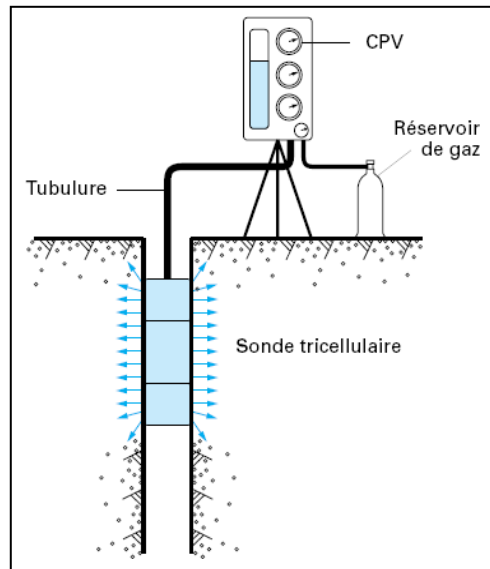


Figure 14. Pressiomètre Ménard

3.6 Essai de cisaillement (sur site) au phicomètre

* *Domaine d'application*

L'essai de cisaillement au phicomètre s'applique à tous les types de sol saturés ou non, à l'exception des sols mous ou très lâches, aux roches peu altérées, aux sols contenant des gros blocs.

Il est destiné à mesurer in situ les caractéristiques de cisaillement in situ v_i et c_i . Il est principalement utilisé pour des sols grenus non prélevables.

* *Principe de l'essai*

L'essai consiste à placer dans un forage préalable d'environ 63 mm une sonde munie de dents annulaires horizontales puis d'exercer sur les coquilles une pression radiale p_c afin de faire pénétrer les dents dans le sol environnant. Un effort de traction est ensuite appliqué à vitesse contrôlée à partir de la surface du sol. L'effort limite mobilisable T sous la contrainte constante.

p_c : donne la contrainte de cisaillement correspondante $\tau = T/S$ (2.1)

S : représentant la surface latérale cisailée.

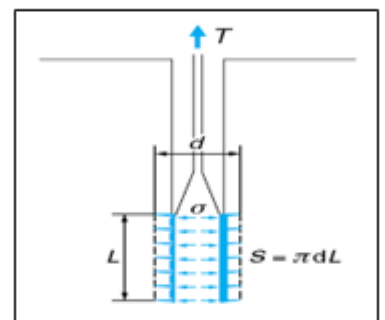


Figure 15. Phicomètre

3.7 Essai de pénétration au carottier (Standard pénétrations test) S.P.T.

L'essai de pénétration au carottier correspond à l'essai développé aux **USA** et connu sous l'appellation Standard Pénétration Test, dont le sigle est S.P.T.

*** Principe de l'essai**

L'essai consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu en fond d'un forage préalable.

*** Domaine d'application**

L'essai de pénétration au carottier s'applique aux sols fins et grenus dont la dimension moyenne des éléments ne dépasse pas 20 mm.

3.8 Essai scissométrique

*** Principe de l'essai**

L'essai scissométrique, réalisé au sein du sol en place, consiste à introduire dans le sol un moulinet et à lui transmettre un mouvement de rotation pour établir la relation entre la rotation du moulinet et la résistance au cisaillement opposée par le sol.

L'objectif est de mesurer en fonction de la profondeur, la cohésion apparente des terrains fins cohérents.

*** Domaine d'application**

Les essais scissométriques courants sont réalisables dans tous les types de sols fins cohérents de consistance faible à moyenne.

*** Appareillage**

L'appareillage comprend :

- Un système de fonçage ;
- Un moulinet ;
- Des tiges de torsion ;
- Un couple mètre ;
- Un dispositif de mesures.

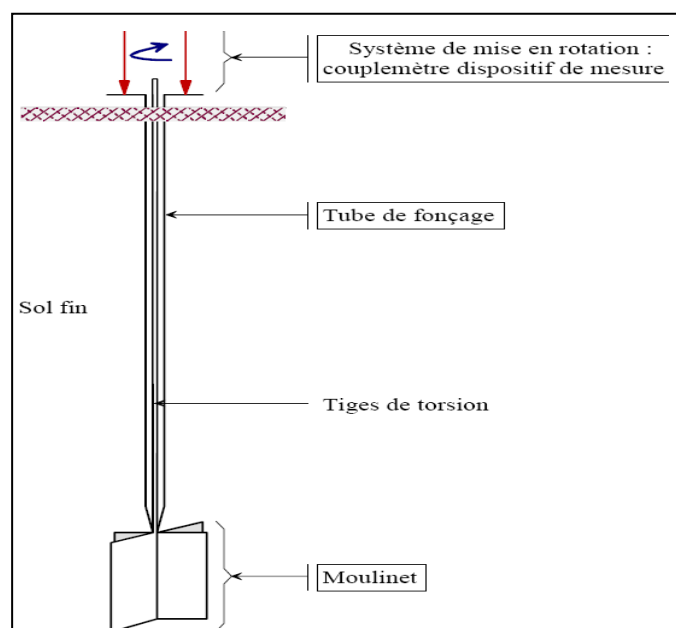


Figure 16. Scissomètre

3.9 Essai au pressio-pénétromètre

Ce type d'appareil a été utilisé en milieu aquatique sous de grandes profondeurs d'eau (plusieurs dizaines de mètres).

Cet appareil permet, en particulier, de mesurer la résistance à la pénétration statique ou dynamique des sols et d'effectuer, également des essais pressiométriques.

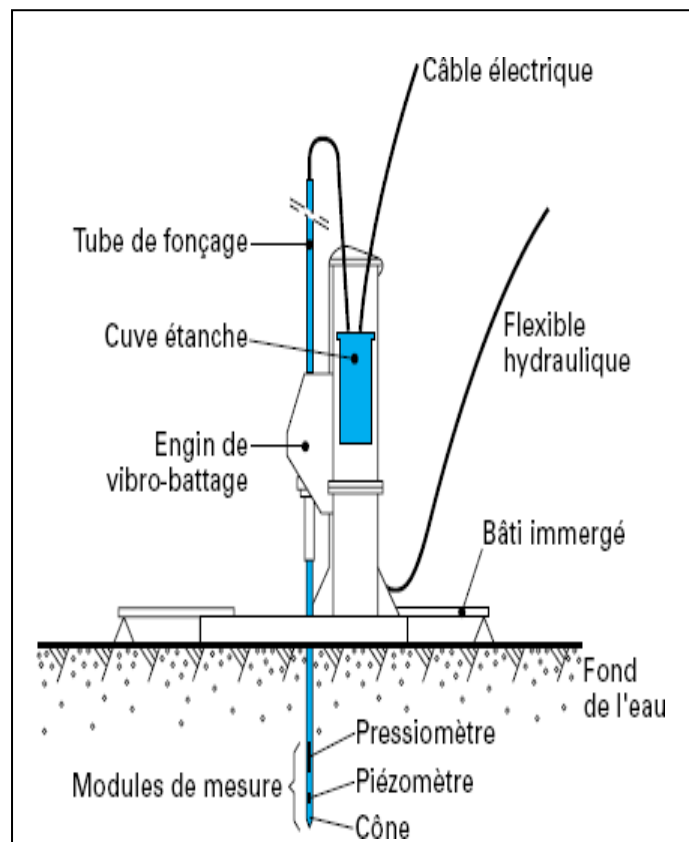


Figure 17. Pressio-pénétromètre

4. Récapitulatif des reconnaissances géophysique et géotechnique

