UN PENETROMETRE CAROTTIER DYNAMIQUE LARGABLE

Daniel Levacher ; Alain Grovel
Maître de Conférences, Laboratoire de Mécanique des Fluides, Université du Havre ;
Professeur, Laboratoire de Mécanique et Géomécanique, Université de Nantes

ABSTRACT
A dynamical-sampler penetrometer is designed to many geotechnical and coastal engineering activities. Mainly used for sampling surface sea-bed soils, it is also a penetrometer (penetrometric measurements). Measures of physical and mechanical soil properties are possible such as in situ void index. Other areas are interested by the use of this type of penetrometer and sampler as environmental, pollution, sediments and biological studies.

I. INTRODUCTION

Les carottiers largables sont généralement utilisés pour prélever des échantillons de sols afin de les analyser. Ils en existent un nombre considérable voués à cette seule fonction [1] qui ne diffèrent que par leur forme, leur taille et leur moyen d'obturation.

L'océanographie est étroitement liée à l'essor de ce type de matériels.En effet, géologues, biologistes, chimistes utilisent les carottiers appropriés à leur besoin. Ces carottiers deviennent alors des organes préleveurs sous forme de tubes, de petites bennes preneuses, de petites dragues, de filets, de tamis, de pompes, de bouteilles... mais la qualité du prélévement dépend de l'ingéniérie de ces organes.

En principe,un carottier permet de prélever un élément cylindrique de sol, à un endroit donné, le plus intact possible.En site terrestre, c'est à l'aide d'un carottier à piston stationnaire que l'opération de prélévement de sol se réalise. Pour le prélévement de sol marin, la technique est différente. Il s'agit de larguer un engin préleveur sur le fond marin.L'enfoncement est obtenu par pénétration gravitaire, par vérinage hydraulique,par vibration, par explosion, par découpage du sol. Tout dépend de la qualité de l'échantillon de sol prélevé souhaitée mais aussi des conditions environnantes (profondeur d'eau,nature du sol, rapidité de prélévement, qualité de celui-ci, prix de l'appareil et de l'opération...).

Les opérations de prélévement et de reconnaissance de sols en littoral, en site estuarien, en fleuve ou bien en riviere nécessitent l'utilisation d'un matériel

similaire au carottier classique mais réellement adapté aux besoins prescrits. Par exemple, la profondeur d'eau n'excède pas les 10 mètres et la reconnaissance reste superficielle.

Si la fonction prélèvement lui confère le nom de carrottier,il n'en reste pas moins que d'autres mesures sont à envisager avec cet appareil. Ce sont des mesures physico-mécaniques (indice des vides en place),des mesures pénétrométriques (résistance à l'enfoncement). C'est donc plus qu'un véritable carottier.

II. OBJECTIF

Il s'agit de concevoir un engin faisant office de carottier (prise d'échantillons de sols sur une petite longueur) et de pénétromètre, largable d'un bateau et aisément récupérable. Ce doit être un engin léger (moins de 50 kgs), manipulable depuis la surface de lancement (bateau, ponton), d'une mécanique simple et fiable qui permet :

- de ramener un échantillon de sol sur une profondeur connue,
- de mesurer un ou plusieurs paramétres donnant directement ou non l'indice des vides e_0 ou tout autre mesure physico-mécanique.

III. CAHIER DES CHARGES

Suite à l'objectif initial proposé un cahier des charges préliminaire est dressé:

fonction PRELEVEMENT	- prélèvement de sols (argiles, silts, sables, vases) - remaniement du sol le plus faible possible - réglage de la prise d'échantillon (longueur,non enfouissement de l'engin, accélération de la pénétration) - fermeture autonome, hors échantillon - récupération de l'échantillon (visualisation et stockage)
fonction PENETRATION	-pénétration gravitaire (lest on non) - frottement latéral ou en pointe minimal - accélération

fonction LARGAGE	- stabilité de l'appareil (position du centre de masse et de carène) - position de l'appareil - récupération de l'appareil (bouée de relevage et de position câble de levage) - poids de l'appareil (choix des matériaux)
fonction MESURE	- mesure des accélérations (vibrations,étanchéité) - mesure directe ou indirecte de e_0(mesure de volume,de poids) - autres mesures - enregistrement et stockage des mesures

IV. MESURES SOUHAITEES

IV.1. Mesure de l'indice des vides

L'indice des vides e est donné par :

$$e = \{ V_T / (P_s/\gamma_s) \} -1 \qquad \{1\}$$

Le calcul nécessite la détermination de 3 paramètres V_T, P_s et γ_s respectivement le volume total de l'échantillon, le poids de l'échantillon après passage à l'étuve et le poids spécifique des grains. La qualité du prélévement influence le paramètre

IV.2. Mesure des accélérations.

L'équipement est constitué d'un accéléromètre, d'un amplificateur et d'un moyen d'enregistrement. La résistance à la pénétration Rsp est donnée par :

$$Rsp - mg = m\ddot{u} \qquad \{2\}$$

m est la masse de l'engin, g la pesanteur et ü l'accélération du pénétromètre-carottier. L'équation permet de déterminer Rsp en fonction de l'enfoncement u. Des corrélations sont possibles avec les caractéristiques physico-mécaniques des sols comme Cu qui est la cohésion non drainée des argiles {2}

V. ETUDES REALISEES

V.1. Prototype à section carrée

La première étude a conduit à la réalisation d'un pénétromètre carottier prototype à section carrée [3]. Ce choix de section a été fait du fait du problème posé par la fermeture autonome.Initialement le sol prélevé se trouve insérer dans le corps carré, voir la figure 1.Un coté amovible permet de visualiser la carotte prélevée. Le type de pénétration est gravitaire. L'engin est largable et pèse environ 40 kg. La fermeture est déclenchée par l'intermédiaire d'un poids, qui est commandé par la plaque d'arrêt. Cette plaque régle avant le largage la longueur de sol à prélever,ce qui peut être considérer comme un inconvénient. Il est doté d'un accéléromètre au niveau supérieur, à l'intérieur de la queue de l'engin. Il est stable et peut être lesté.

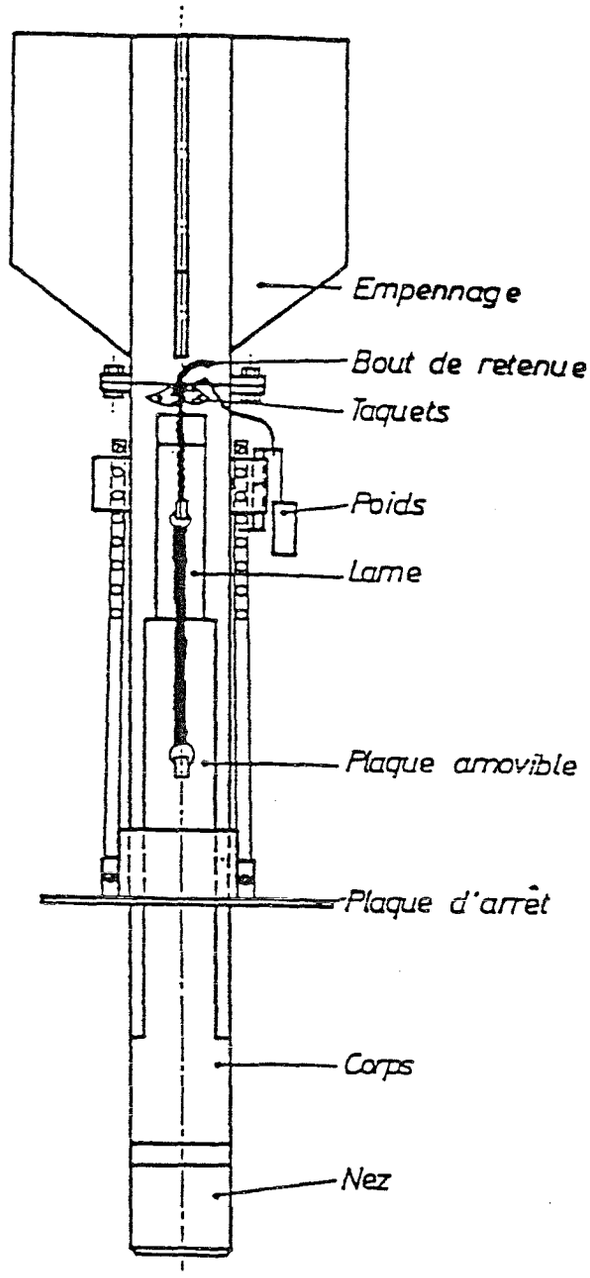
V.2. Evolution du prototype

Une analyse du prototype est alors entreprise afin d'évaluer les faiblesses de celui-ci. Les caractéristiques principales sont les suivantes :

- section du corps 100x100 mm
- épaisseur du corps 4 mm
- fermeture : lame de clinquant de 30/100ème de mm
- plaque amovible pour accéder à la lame
- déclenchement à l'aide de taquets, d'un sandow et d'une masse
- longueur réglable de l'échantillon à l'aide de la plaque d'arrêt
- empennage amovible
- lestage par empilage de masses sur la plaque d'arrêt
- remontée par câble ou système de bouée auto-déclenchable

Les modifications apportées [4] concernent les points suivants : la prise de la carotte, la longueur de celle-ci, le déclenchement. La carotte se retrouve à l'intérieur d'un étui PVC de Ø = 80 mm qui facilite sa préhension et son stockage. Afin d'éliminer le déséquilibre occasionné par le poids de déclenchement et qui par ailleurs limite la longueur de l'échantillon, le câble de levage assure le déclenchement et la fermeture.

Fig. 1 : carottier dynamique largable.
Prototype de section carrée



D'autres modifications sont de nouveau apportées [5]. L'installation de l'étui PVC se fait par une ouverture à grenouillères.Elle facilite la manipulation de la carotte prélevée. Le poids de l'engin se réduit à 30-35 kg. Une protection du nez est installée afin d'éviter les chocs à cause de blocs de pierre ou de béton sur le fond marin.

La version actuelle propose une importante modification : le carottier est cylindrique. En effet un astucieux système de fermeture est proposé. La pénétration se trouve améliorée ainsi que le guidage pendant la chute libre. La qualité du prélévement est meilleure. Le réglage de la vitesse de descente s'obtient grâce à l'empennage orientable. Le choix de matériaux nouveaux permet d'atteindre les 30 kg. La tête est toujours protégée et interchangeable. C'est un pénétromètre carottier largable de section cylindrique Ø = 110/122 mm pour une carotte de diamétre 100 mm. La longueur avoisine 1470 mm. Il est présenté à la figure 2.

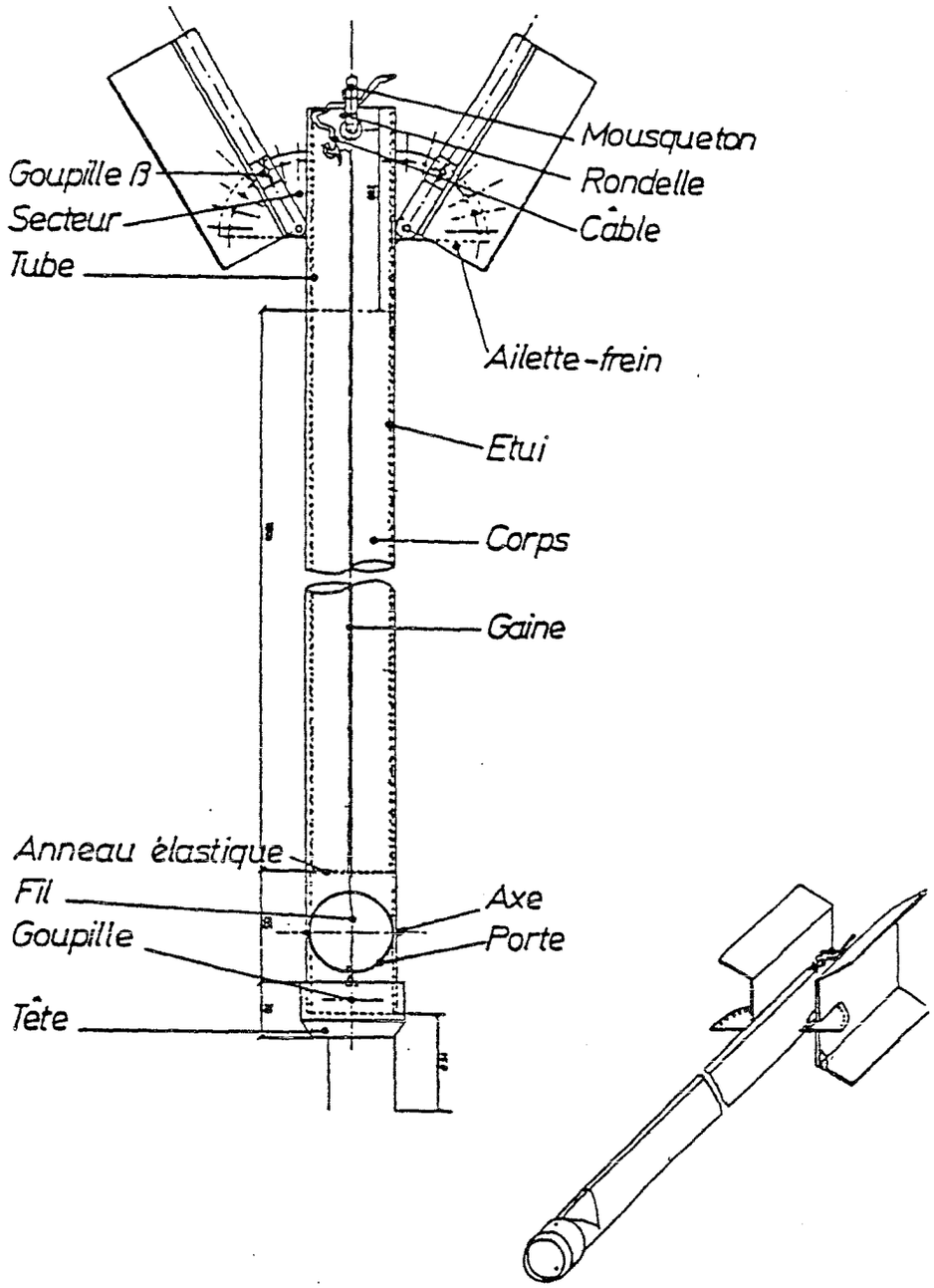
V. APPLICATIONS

Le pénétromètre carottier dynamique largable est destiné aux géotechniciens et aux mécaniciens des sols. Il permet d'assurer :

1 - Tout prélévement de sols non remaniés en site cotier ou littoral
2 - Tout prélévement de sols mous et matières en suspension
3 - Tout prélèvement d'eau et crème de vases
4 - Tout prélèvement de vases et argiles molles en site terrestre (cas des marais et vasières)

Le pénétromètre carottier est tout à fait modulable en dimensions, il peut être réduit pour des applications particulières où la longueur des échantillons de sols est petite. Cependant l'orientation des ailettes de l'empennage règle aussi la longueur de prélévement souhaité mais évite à l'engin de s'enfouir. Pour l'obtention de longueur correcte (voisine de 1 mètre) il peut être lesté de façon à améliorer la pénétration.

fig. 2 : carottier dynamique largable.
De section cylindrique.



Le pénétromètre carottier est instrumenté d'un accéléromètre qui permet de recueillir la décélération lors de la pénétration. Il est possible de relier la résistance dynamique à l'enfoncement lui-même, mais aussi de la relier aux caractéristiques intrinsèques des sols prélevés comme la cohésion non drainée [2]. Par ailleurs, d'autres caractéristiques physico-mécaniques en place sont déduites (indice des vides en place). Toute instrumentation peut être installée sur le pénétromètre carottier.

Les applications dérivées de l'utilisation de cet engin sont nombreuses et les domaines intéressés sont :

- la mécanique des sols et la géotechnique ;
- la géotechnique marine ;
- la géologie marine, estuarienne ou fluviale ;
- la sédimentologie et transports sédimentaires ;

mais aussi :

- la chimie et la biochimie ;
- la biologie marine ;
- l'environnement et le contrôle de la pollution ;
- l'environnement et les études d'impact...

[1] LE TIRANT, P., 1976, "*Reconnaissance des sols en mer pour l'implantation des ouvrages pétroliers*", Ed.Technip, I.F.P., 495 p.

[2] LEVACHER, D., 1985, "Pénétration à chute libre. Impact et pénétration des argiles reconstituées", *Revue canadienne de géotechnique*, vol.22, n°1, pp 129-135.

[3] DESFORGES, R., LEJEUNE, E., LEVACHER, D., 1985, "*Carottier dynamique largable*", Rapport ENSM, 14 p.

[4] BOURDERIOUX, L., DWORNIK, R., LEVACHER, D., 1988, "*Pénétromètre carottier largable*", Rapport ENSM, 17 p.

[5] HUBERT, S., JUGUET, L., LEVACHER, D., 1989, "*Carottier dynamique largable*", Rapport ENSM, 21 p.

[6] BIDEAUX, E., LEVACHER, D., TRIBOTTE, P., WEISHAAR, F., 1990, "*Carottier dynamique largable*", Rapport ENSM, 15 p.