

**DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES
DES TERRES ARGILEUSES**

par **Fernand CAMPUS**,
Professeur à l'Université de Liège.

La résistance des terres argileuses aux actions mécaniques dépend du frottement interne, caractérisé par l'angle de frottement ou sa tangente, et de la cohésion C .

On est généralement d'accord sur l'applicabilité de la loi de Coulomb

$$(t - n \operatorname{tg} \varphi)_{\max.} = C$$

au processus de rupture des terres argileuses homogènes, t et n désignant les composantes tangentielles et normales de la tension conjuguée d'une facette quelconque.

Il n'existe pas de méthode classique de détermination de φ et de C .

Diverses publications, entre autres de Frontard et de Buisman, ont décrit certains appareils pour la mesure du frottement, éventuellement sous pression variable. Il s'agit le plus souvent de terres remaniées, qui ne sont pas à l'état naturel. Or, les valeurs de φ et de C varient dans des limites très étendues d'après l'état des terres et les traitements subis. Les valeurs mesurées n'ont de signification que si elles sont rapportées à un état bien défini des terres, caractérisé notamment par le poids spécifique et le degré d'humidité. Quoique la notion soit pratiquement qualitative, le traitement physique subi par les terres est utile à préciser; il caractérise plus ou moins l'enchevêtrement, en fonction duquel φ peut varier dans des limites étendues, pour une granulométrie donnée.

Ces appareils produisent aussi quelquefois des processus de rupture dont la simplicité n'est pas certaine; cependant, les erreurs systématiques qui peuvent provenir de ce fait sont vraisemblablement peu importantes, les valeurs mesurées étant des moyennes plutôt que des valeurs locales.

Pour des digues, des remblais, il est utile d'opérer sur des terres remaniées et éventuellement traitées selon le projet de construction.

Pour les fondations et les excavations en général, il est désirable de pouvoir opérer sur les terres vierges, en place, ou remaniées le moins possible. Les terres argileuses compactes permettent notamment l'extraction de blocs assez importants qui, moyennant certaines précautions simples, peuvent être transportés dans un laboratoire sans que les propriétés du terrain vierge soient altérées d'une manière importante.

Les méthodes de mesure simples et d'une précision suffisante décrites ci-après sont applicables aux terres argileuses homogènes, non remaniées; les éprouvettes prélevées peuvent être considérées comme conservant le mieux possible les propriétés naturelles. Par voie de conséquence, elles sont aussi applicables aux terres remaniées ayant subi n'importe quel traitement et sont donc susceptibles de caractériser les effets de ces traitements.

Au moyen d'une sonde cylindrique fendue, tranchante, on extrait de la masse de terre un échantillon cylindrique que l'on retire de la sonde avec les précautions nécessaires. Au moyen d'une lame bien affilée, on réalise deux bases planes et normales. Autant que de besoin et le moins possible, on rectifie l'éprouvette cylindrique, que l'on comprime entre les plateaux d'une presse à huile. La hauteur du cylindre est égale à trois fois le diamètre de la base, si c'est possible. Eventuellement, on emploie comme éprouvette un prisme à base carrée, de hauteur égale à trois fois le côté de la base, taillée au couteau dans la masse. Sous l'effet de la compression, l'éprouvette prend une forme renflée en tonneau et l'on arrête l'expérience lorsque, dans sa partie centrale, se sont dessinées un réseau de cassures croisées nettement caractérisées. Si l'on poursuit l'expérience, l'éprouvette se déforme exagérément ou s'éboule; les cassures ne sont plus distinctes.

D'après la théorie élémentaire de la rupture selon la loi de Coulomb, les fissures croisées observées à la face extérieure de l'éprouvette font entre elles des angles égaux à $\frac{\pi}{2} - \varphi$, dont la bissectrice est la direction de compression axiale du cylindre. Un rapporteur à compas permet de mesurer cet angle avec une précision satisfaisante. En admettant que la pression soit uniformément répartie dans l'éprouvette, si P est la charge observée lorsqu'on arrête l'expérience, S la section du cylindre dans la zone de rupture, la cohésion se déduit de la formule

$$C = \frac{P}{2S} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Nous avons démontré, dans une revue néerlandaise (*De Ingenieur*, n° 44, du 3 novembre 1928), que la charge nécessaire pour enfoncer

jusqu'au plan diamétral une bille de rayon r dans un massif d'argile à surface libre plane s'exprime par

$$P' = 2 \pi r^2 C \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

d'où

$$C = \frac{P'}{2 \pi r^2} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right).$$

L'expérience d'empreinte de la bille ne permet pas de mesurer φ ; généralement, il ne se manifeste pas de lignes de rupture ⁽¹⁾. Si l'on a mesuré φ par la méthode de l'écrasement du cylindre, l'empreinte à la bille permet de mesurer C. D'après les formules précédentes, une légère erreur sur la valeur de φ n'a pas une répercussion comparable

ÉTAT DES TERRES.	Vierge (profond .	Remanié (superficiel).	Remblai (récemment ameubli).
Poids spécifique à l'état naturel	2,200	1.94	1,845
Humidité naturelle :			
1) en % poids sec	15.40	15.00	19.30
2) en % du volume	29.40	24.40	29.80
Humidité de saturation (% du poids sec à l'état naturel)	17.00	21.00	34.40
Poid spécifique de la terre tassée, à l'état d'humidité naturelle	2.20	2.10	2.03
Densité absolue (picnomètre)	2,605	2,600	2,590
Retrait linéaire en % (par dessiccation totale)	1.10	1.00	1.75
Perte au feu %	5.60	7.90	7.40
Insoluble %	81.00	78.00	71.00
Carbonates	traces	traces	traces
Alumine %	15.40	14.10	21.60
Angle de frottement φ	35°	26°	22°
Cohésion C. kg./m ² :			
1) par écrasement du cylindre	690	875	805
2) par empreinte à la bille	710	—	—

(1) Ceci corrobore la théorie d'après laquelle la condition de rupture n'est réalisée qu'au contact immédiat de la bille en l'absence de frottement.

sur la valeur de C. Pour éviter autant que possible les effets du frottement aux limites, les plateaux de la presse aussi bien que la bille sont enduits de vaseline graphitée.

Ci-avant, les résultats obtenus sur divers échantillons d'un même terrain argileux (valeurs moyennes de deux ou trois essais concordants).

La composition granulométrique d'un échantillon de cette terre était la suivante :

Jours des tamis à mailles carrées (en mm.).	Refus en %.
—	—
4.7	3.0
2.362	11.1
1.17	8.5
0.589	3.6
0.295	3.5
0.147	3.7
< 0.147	66.6

Il s'agit d'un limon hesbayen.

Il est intéressant de noter que le rapport des tangentes des angles de frottement de la terre vierge et du même terrain remanié est voisin de $\frac{\pi}{2}$, rapport des valeurs extrêmes supérieure et inférieure possibles dans un même terrain, d'après un ouvrage récent de M. A. Caquot.

Ces mesures de caractéristiques mécaniques de terres sont assez délicates; leur précision n'est pas très grande, mais comparable à celle de la plupart des essais de matériaux et suffisante pour les applications. Au point de vue de ces dernières, elles constituent un progrès appréciable, eu égard au fait que de semblables mesures sont loin d'être usuelles et que l'on se réfère encore le plus souvent à des valeurs conventionnelles, qui peuvent être très erronées. Dès lors, des mesures très simples, effectuées avec des instruments sommaires, peuvent être un sérieux appoint. L'usage permettra d'apprécier mieux les méthodes et provoquera leur perfectionnement.

*Laboratoire d'essais des constructions du Génie civil
de l'Université de Liège.*