

# INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



*This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:*

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

*This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.*

# Cisaillement Simple d'un Matériau Pulvérulent Sec

## Simple Shear of Dry Granular Material

A. FAGNOUL    Professeur Ordinaire, Université de Liège.  
 A. BOLLE      Assistant, Université de Liège,  
 P. VISSÉ      Ingénieur Civil des Constructions, Belgium

**RESUME** Une première série d'essais de cisaillement ont été réalisés sur un appareil de cisaillement simple (SSA) conçu par feu le professeur Roscoe (Cambridge - U.K.). Un sable de rivière lavé a été essayé dans diverses conditions de densité et de contraintes. Des mesures de contraintes effectuées à la périphérie de l'échantillon par des capteurs de type Roscoe (mesures en grandeur, direction et position) ont apporté d'intéressants renseignements concernant la distribution des contraintes à l'intérieur de l'échantillon et leur évolution. Une contribution originale consiste dans le raccordement du SSA à un système d'acquisition de données piloté par une calculatrice programmable. Une importante difficulté à vaincre est la réalisation d'une éprouvette homogène de matériau granulaire.

### 1. APPAREILLAGE

#### 1.1. Appareil de cisaillement

Le Laboratoire de Géotechnique de l'Université de Liège (Belgique) possède un appareil de cisaillement simple (Simple Shear Apparatus) conçu par K.H. Roscoe (Cambridge, U.K.) et construit par Robertson Research Technology Ltd (U.K.). Il a été acquis grâce à un crédit du Fonds National de la Recherche Scientifique (F.N.R.S.)

Cette machine a pour but de réaliser des essais de cisaillement dans les conditions de déformation plane. L'équipement actuel réserve son usage aux matériaux granulaires secs, mais il est possible de le transformer pour l'étude des sols en général.

Le principe de fonctionnement utilise une boîte de cisaillement articulée pouvant se déformer en parallélogramme (Fig. 1), comprise entre deux faces latérales fixes en verre épais. La mise en charge verticale et

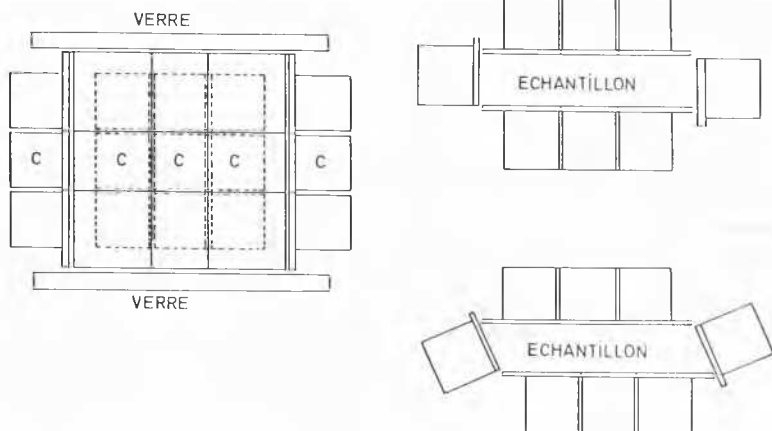


Fig. 1 Appareil de cisaillement simple - Principe de fonctionnement

et horizontale est assurée par des systèmes électromécaniques asservis, permettant un large choix de vitesses et de contraintes. Les efforts sont mesurés par des anneaux dynamométriques équipés de jauges ohmiques de déformations. Les déplacements horizontaux et verticaux sont mesurés par des comparateurs mécaniques couplés à des capteurs de déplacement à variation d'induction (LVDT).

1.2. Capteurs de contraintes

La boîte de cisaillement est formée, dans sa zone médiane, de huit capteurs de contraintes du type Roscoe, permettant chacun de mesurer, sur une face active de 26,5 x 26,5 mm, l'effort normal en grandeur et position et l'effort tangentiel (Fig. 2). Le principe de fonctionnement fait appel à des jauges ohmiques de déformations. La surface des capteurs en contact avec l'échantillon est rendue rugueuse par collage de sable. Cette précaution est indispensable pour obtenir une répartition homogène des contraintes dans l'éprouvette.

1.3. Mesures et acquisition des données (Fig. 3)

Toutes les grandeurs mesurées (déplacements, efforts, contraintes) sont donc transformées en signaux électriques (jauges ohmiques ou LVDT). Le nombre élevé de lectures à réaliser simultanément (29) rend malaisé les lectures manuelles. Dans le but de faciliter ces lectures, ainsi que pour abréger la transcription et la réduction des valeurs mesurées, l'appareil a été équipé d'un système d'acquisition de données à 30 voies, piloté par une calculatrice programmable (système Hewlett-Packard modèle 3050 B). La précision globale du système ( $\pm \mu V$ ) permet de mesurer les signaux des ponts de jauges ohmiques sans amplification.

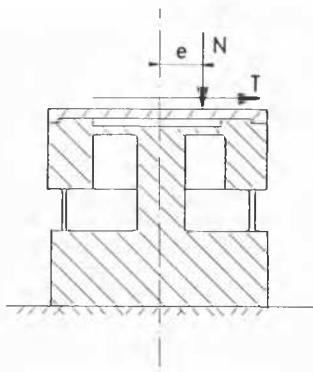


Fig. 2 Capteur de contraintes type Roscoe

Les lectures sont stockées sur bande magnétique pendant le déroulement de l'essai et sont traitées ensuite par la calculatrice. Un traceur de courbes XY permet de sortir les résultats sous forme de diagrammes.

2. ESSAIS

2.1. Description du matériau

Le matériau utilisé pour les premiers essais réalisés avec le matériel décrit ci-avant est un sable de rivière dont on a éliminé les éléments inférieurs à 147  $\mu$ , qui auraient pu s'intercaler entre les capteurs de contraintes, et les éléments supérieurs à 2,38 mm, pour éviter un éventuel effet d'échelle.

L'analyse granulométrique donne les résultats suivants :

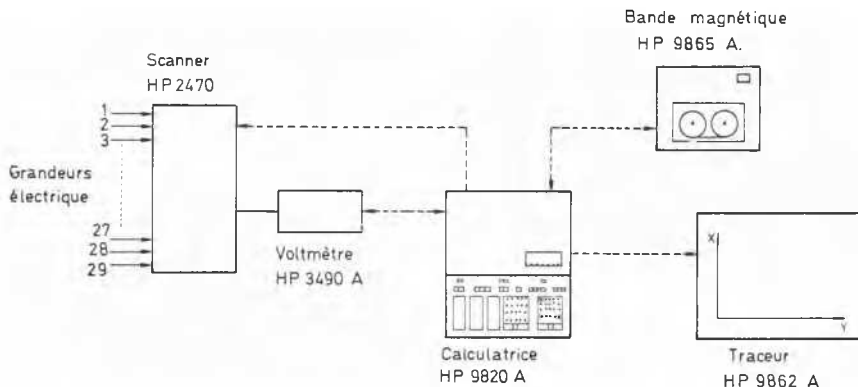


Fig. 3 Système d'acquisition de données et de traitement

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2 \dots \text{Module de finesse : } 2,4.$$

L'analyse minéralogique montre que le matériau est composé de plus de 95 % de quartz. L'observation au microscope confirme la forme arrondie des grains, caractéristique d'un sable de rivière.

Les mesures de poids volumiques ont donné les résultats suivants :

- poids volumique des grains solides :  
 $\gamma_s = 2660 \text{ kgf/m}^3$
- poids volumique sec maximum :  
 $\gamma_{d \max} = 1781 \text{ kgf/m}^3$   
(Densité relative :  $D_r = 100 \%$ )
- poids volumique sec minimum :  
 $\gamma_{d \min} = 1542 \text{ kgf/m}^3$   
( $D_r = 0 \%$ )

## 2.2. Programme d'essais

Le but principal de cette première série d'essais était de mettre au point et de contrôler le bon fonctionnement à la fois de l'appareillage mécanique et du système d'acquisition de données. Les quelques essais réalisés ont donc tenté de couvrir une large gamme de densités relatives et de contraintes. L'étude du comportement du matériau, but secondaire au stade actuel d'avancement de cette recherche, ne peut être exhaustive que moyennant un plus grand nombre d'essais qui seront prochainement réalisés.

Deux types d'essais ont été effectués :

- des essais à contrainte verticale constante (déformation verticale libre),
- des essais à déformation verticale empêchée (contrainte verticale libre).

## 2.3. Résultats des essais

Les efforts et les déplacements mesurés permettent de tracer les courbes donnant, en fonction du glissement unitaire  $\gamma$ , l'évolution des contraintes moyennes  $\sigma$  et  $\tau$ , ainsi que de la densité relative  $D_r$ . La figure 4 donne un exemple de courbes obtenues avec une contrainte verticale constante. La figure 5 correspond à des essais à déformation verticale empêchée d'échantillons compacts ( $D_r = 95 \%$ ).

D'autre part, les mesures effectuées à l'aide des capteurs de contraintes permettent de déterminer à tout moment la distribution des efforts à la périphérie de l'échantillon.

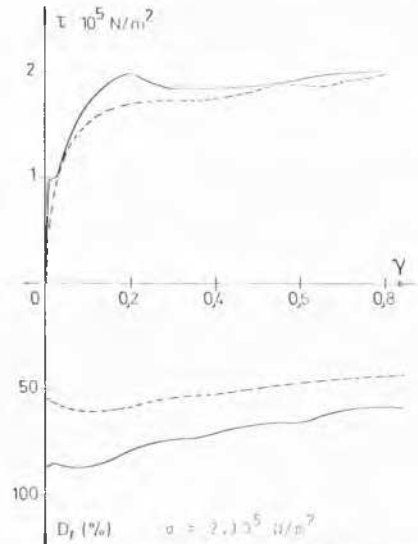


Fig. 4 Exemple d'essais à contrainte verticale constante

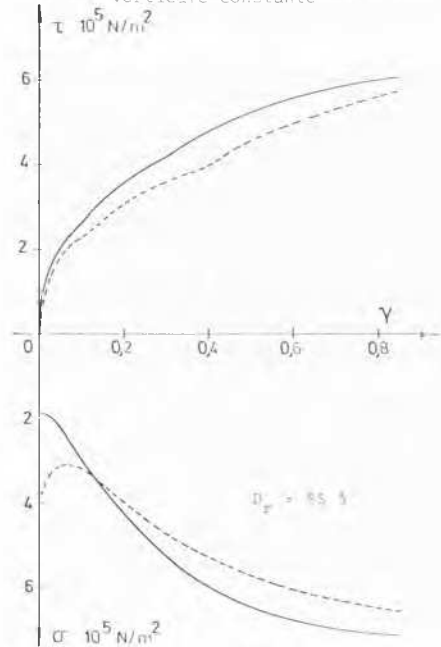


Fig. 5 Exemple d'essais à déformation verticale empêchée

La figure 6 montre un exemple de l'évolution des efforts mesurés aux capteurs lors d'un essai à déformation verticale empêchée.

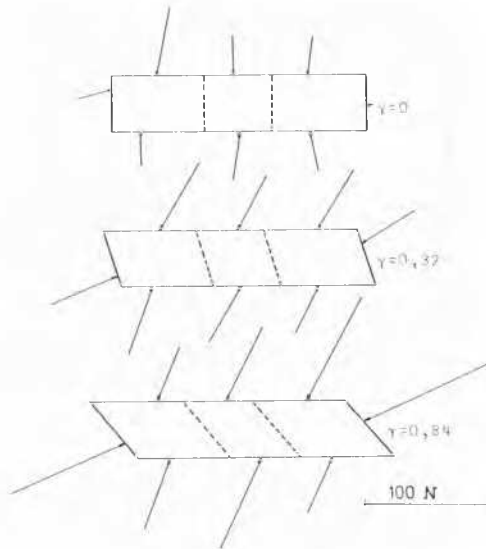


Fig. 6 Evolution des efforts au contour de l'échantillon

Les courbes obtenues ne permettent pas encore, vu leur nombre restreint, de tirer des conclusions définitives quant au comportement du matériau soumis au cisaillement. Par un choix judicieux de la densité relative de départ, on pourra dégager l'influence des différents paramètres sur la résistance au cisaillement et sur la dilatance. Il semble qu'à présent le principal problème à résoudre reste la confection d'une éprouvette homogène de matériau pulvérulent sec. Les mesures aux capteurs montrent en effet que les échantillons réalisés jusqu'ici sont assez peu homogènes.

### 3. CONCLUSIONS

Le Laboratoire de Géotechnique de l'Université de Liège dispose actuellement d'un outil puissant permettant d'étudier d'une manière assez correcte le comportement des matériaux pulvérulents vis-à-vis du cisaillement. Le système d'acquisition de données qui équipe l'appareil résout les problèmes liés à la prise des mesures et à leur traitement. Un dernier point reste à résoudre : la confection d'une éprouvette homogène de densité déterminée.