

# discussion

## avantages et inconvénients de l'utilisation d'un système d'antifretage dans l'essai triaxial de compression\*

discussion par :  
P. HABIB\*\*

I. — Il est tout à fait essentiel de pouvoir disposer de la meilleure loi de comportement possible et il est pour cela nécessaire de réaliser des essais de compression (ou d'extension) triaxiale avec des champs de contraintes parfaitement homogènes. Tant que les essais de laboratoire avaient pour but d'obtenir les caractéristiques du domaine linéaire (module de Young - Coefficient de Poisson) ou du critère de résistance maximale ( $\sigma_{mx}$ ,  $C_{mx}$ ), la réponse classique des expérimentateurs a consisté à utiliser des éprouvettes longues avec des conditions d'appui pas toujours très bien définies mais telles que des extensomètres placés dans la partie centrales des éprouvettes, comme l'a rappelé récemment BURLAND, permettent d'avoir une mesure de déformation correcte dans un champ assez homogène. Il s'agit là d'une application intuitive du principe de saint Venant. Pour la rupture, on admet implicitement que la longueur de l'éprouvette est suffisante si un plan de glissement peut se développer librement entre les plaques d'appuis, l'élançement des éprouvettes étant toutefois limité par les risques de flambage. Ces conditions acceptées par tous les laboratoires, correspondent à des élançements compris entre 2 et 2,5. Des conditions expérimentales correctes sont devenues plus difficiles à assurer à partir du moment où les exigences théoriques ont rendu nécessaire la connaissance de lois de comportement parfaites, par exemple dans le cas du radoucissement ou pour le comportement véritablement triaxial et où il a fallu s'assurer de la normalité des contraintes exercées sur les faces d'un cube. De nombreuses solutions ont été proposées (lubrification par les graisses, lubrification solide, coussins hydrauliques, coussins de roulements à billes, appuis par des brosses, éprouvettes en ligne de jet ...) pour des matériaux aussi différents que les sables, les argiles, les roches ou les bétons et avec des succès certains, mais il convient de rappeler que le problème de l'antifretage est délicat.

Prenons l'exemple élémentaire de la compression simple. Au contact des faces d'appuis, existent des liaisons avec frottement d'où en cours d'écrasement un retrait aux bases qui augmente la résistance par fretage et entraîne une déformation en tonneau. Si on lubrifie des faces d'appui avec un liquide placé entre deux feuilles de caoutchouc, sous l'effet de la contrainte normale, il se produit une pression dans l'huile qui tend à être expulsée latéralement. Par viscosité, elle transmet une force tangentielle radiale divergente à la tête de

l'éprouvette, assimilable à une traction biaxiale ce qui diminue la résistance du matériau. Ce serait évidemment la même chose avec une graisse molle. En définitive, une éprouvette courte n'est bien antifrettée que lorsqu'elle donne la même résistance qu'une éprouvette longue non antifrettée et étant entendu que les deux essais doivent donner le même résultat pour les modules de déformation mesurés au centre de l'éprouvette. Plus subtilement, on peut dire aussi que la déformation d'une éprouvette antifrettée doit rester homogène, c'est-à-dire qu'un cylindre doit rester un cylindre ; mais ce n'est pas toujours facile d'apprécier la qualité de cette déformation et en tous cas, un bon résultat obtenu en grande déformation ne signifie pas qu'un bon résultat ait été obtenu en petite déformation. Pour les essais triaxiaux sur matériaux un peu résistant, nous avons opté au L.M.S. (HABIB 1984) pour une lubrification solide par du bisulfure de molybdène sur des confettis d'aluminium de façon à ne pas introduire de résistance à la traction parasite sur les faces d'appui des éprouvettes.

II. — Lorsqu'il existe un radoucissant associé à l'apparition d'une ou de plusieurs surfaces de glissement, il n'est pas possible de parler de loi de comportement ( $\sigma$ ,  $\epsilon$ ) puisque la déformation devient discontinue. Elle est pratiquement nulle dans les monolithes situés de part et d'autre des plans de glissement ; elle est infinie dans le voisinage même des plans de glissement. Ceci entraîne que la pente de la courbe effort-déformation dans la partie radoucissante n'a pas une détermination unique et qu'elle dépend de l'élançement des éprouvettes, c'est-à-dire que l'expérimentateur ne peut pas donner de loi de comportement au cours du radoucissement ou plutôt qu'il peut donner n'importe quoi. Il semble (VAN MIER 1985) que le paramètre qui donne une signification physique à la pente du radoucissement soit le déplacement relatif des morceaux situés de part et d'autre du plan de glissement.

III. — Pour les applications pratiques de la Mécanique des Sols, il convient de rappeler que les valeurs de résistance maximale obtenues dans les essais triaxiaux sont des résultats sûrs correspondant à des valeurs  $\sigma_{mx}$  et  $C_{mx}$  correctes du critère de rupture et que les valeurs résiduelles  $\sigma_r$  et  $C_r$  obtenues après un long glissement dans un appareil de cisaillement (par exemple par torsion) sont aussi des valeurs sûres, c'est-à-dire reproductibles.

\* (Mars 1986) J.L. COLLIAT - J. DESRUES - E. FLAVIGNY, Revue Française de Géotechnique, n° 34, Paris, 1986.

\*\* École Polytechnique, Laboratoire de Mécanique des Solides, 91128 Palaiseau Cedex.

La méthode proposée pour la mesure du module d'Young qui consiste à déduire de la déformation mesurée, la déformation du système d'appui avec anti-fretage est tout à fait aléatoire car elle consiste à séparer deux quantités du même ordre de grandeur et chacun sait qu'une telle correction est très imprécise. En particulier, il est nécessaire de conserver strictement tous les modes opératoires (dimensions des éprouvettes, épaisseur des gaines, épaisseur des films de graisse, qualité de la graisse, etc.) sauf à réétalonner chaque fois les corrections à faire par les longues séries expérimentales proposées par COLLIAT, DESRUES et FLAVIGNY.

IV. — Les résultats expérimentaux obtenus par les auteurs sont extrêmement intéressants et il faut souligner l'importance pour les applications numériques d'avoir des lois de comportement parfaitement représentatives de la relation entre les efforts et les déformations des matériaux réels.

Il n'en reste pas moins vrai qu'en pratique, ce ne sont pas les déformations  $\frac{\Delta l}{l}$  de 20 % des sols qui sont

intéressantes mais ce sont celles qui sont soit inférieures à 3 % car les désordres correspondants dans les structures sont déjà tout à fait inadmissibles ; les déformations de services sont le plus souvent inférieures à 1 et 2 % ; soit celles qui sont extrêmement grandes, peut-être supérieures à 1 000 % et qui correspondent aux écoulements plastiques permanents (vidange des silos,

écoulement rhéologique des pâtes, états de la matière dans les surfaces de glissement, etc.).

V. — Enfin, il reste un commentaire à faire sur les essais « parfaits » ayant pour but de réaliser un champ homogène sans permettre l'apparition « prématurée » d'une surface de glissement. Le but est louable, rappelons-le, pour avoir une loi de comportement parfaite à des fins d'analyse numérique. Mais la réalité de tous les jours nous montre le développement de surface de glissement, sous une fondation rompue, au pied d'un talus artificiel ou dans le glissement d'une pente naturelle. Il est donc particulièrement important de pouvoir disposer d'essai permettant le développement et l'analyse des surfaces de glissement en particulier pour la connaissance des résistances résiduelles, dont on comprend bien que la détermination ne passe pas par l'analyse fine de ce qui se produit immédiatement avant ou après le maximum de résistance.

#### RÉFÉRENCES

- P. HABIB (1984), *Les surfaces de glissement en Mécanique des Sols*, Revue Française de Géotechnique, n° 27, pp. 7-21.
- J. VAN MIER (1985), *Strain Softening of Concrete under Multiaxial Loading Conditions*, Thèse de Doctorat, Technische Hogeschool Eindhoven.