

Résumé : Résistance au cisaillement des sols

1. Critère de rupture de Mohr-Coulomb

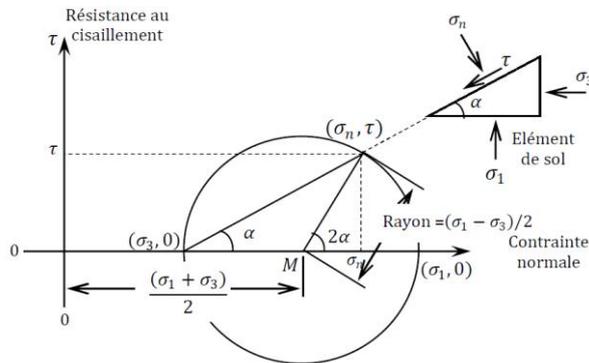


Fig. 1. Représentation de Mohr, contraintes sur un élément de sol

– Les équations de **Mohr** :

$$\tau = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \sin 2\alpha$$

$$\sigma_n = \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right) + \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \cos 2\alpha$$

– L'équation de résistance au cisaillement d'après Coulomb :

$$\tau = \sigma \tan \varphi + c$$

φ : Angle de frottement interne ;

c : Cohésion intrinsèque du sol.

2. Relations contraintes déformations

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{Bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & -\nu \\ -\nu & 1 & -\nu \\ -\nu & -\nu & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{Bmatrix}$$

– Approximation de Terzaghi :

- Sol saturé :

$$\sigma = \sigma' + u$$

$$\tau = \tau'$$

- Sol non saturé :

$$\sigma = \sigma'$$

$$\tau = \tau'$$

σ : Contraintes totales ;

σ' : Contraintes effectives ;

u : Pressions Interstitielles ;

3. Influence des Conditions de consolidation et de drainage sur c et φ

3.1. Essai de Cisaillement direct

L'échantillon de sol, placé dans deux demi-boîtes qui peuvent glisser l'une par rapport à l'autre, est soumis sur l'élément supérieur à une contrainte normale ($\sigma = \frac{N}{S}$, S : section horizontale de la boîte de cisaillement), puis à un effort de cisaillement T jusqu'à la rupture tout en mesurant le déplacement horizontal de la demi boîte.

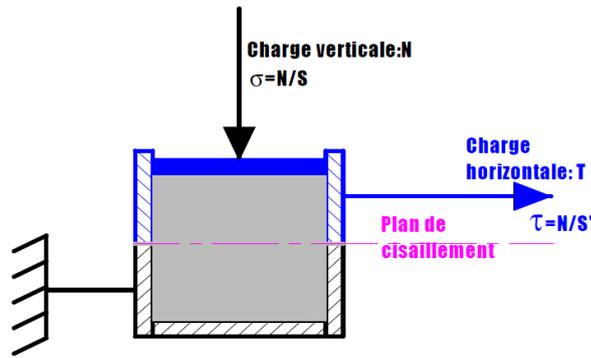


Fig. II. Boite de Cisaillement

Trois échantillons identiques doivent être testés, pour trois contraintes normales différentes. Les valeurs des contraintes de cisaillement à la rupture sont représentées en fonction des contraintes normales $t = f(s)$.

Cette représentation n'est autre que la traduction graphique de l'équation de Coulomb :

$$\tau_{rupt} = c + \sigma_{rupt} \tan \varphi$$

- Essai de cisaillement consolidé drainé (CD) (à long terme)

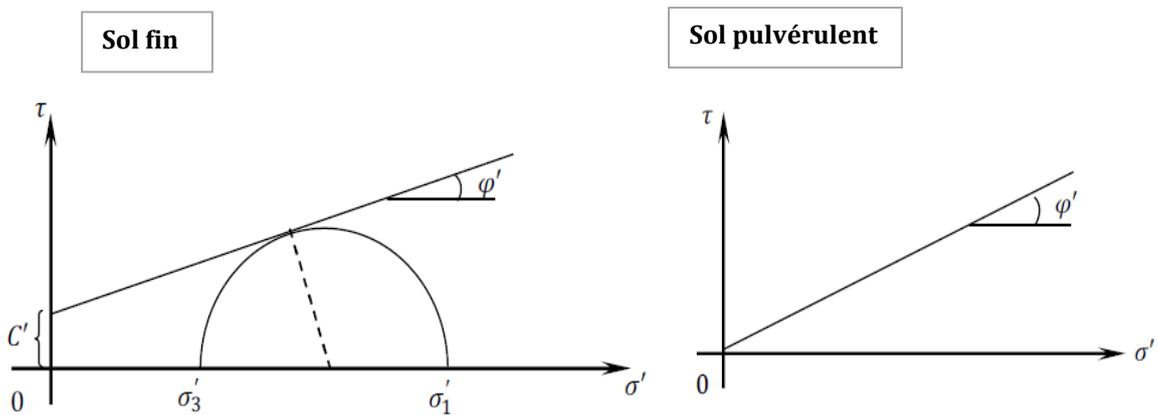


Fig. III. Résultats d'essai de cisaillement consolidé drainé (CD)

L'équation de **Mohr Coulomb** devient :

$$\tau = \sigma' \tan \varphi' + c'$$

- Essai de cisaillement non consolidé non drainé (UU) (à court terme)

Essai réalisable pour les sols fins.

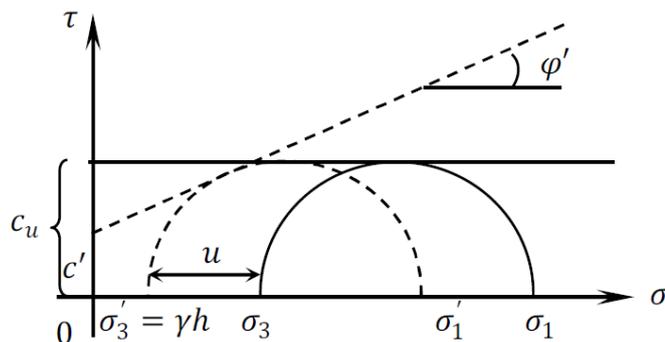


Fig. IV. Résultats d'essai de cisaillement non consolidé non drainé (UU)

$$\tau = c_u \quad (\text{Résistance au cisaillement non drainé})$$

$$c_u = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

c_u : Cohésion non drainée

3.2. Essai de Cisaillement triaxial

Pour trois éprouvettes identiques ($\varnothing=36$ mm, $h=2\varnothing$) d'un sol donné, on applique pour chacune les états de contraintes représentés comme suit :

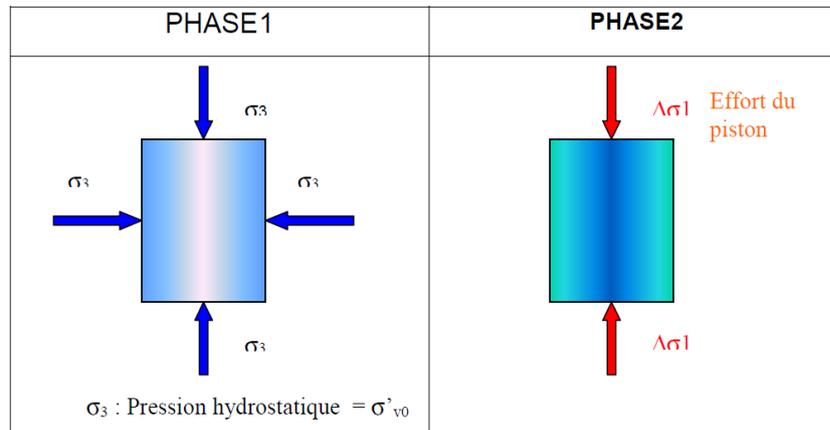


Fig. V. Champs de contraintes à l'appareil triaxial

A la rupture, on note les valeurs des contraintes principales :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_1 \quad \text{et} \quad \sigma_3$$

$\Delta\sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$: étant le déviateur de contraintes.

– Essai de cisaillement consolidé drainé (CD) (Essai très lent : Contraintes effectives)

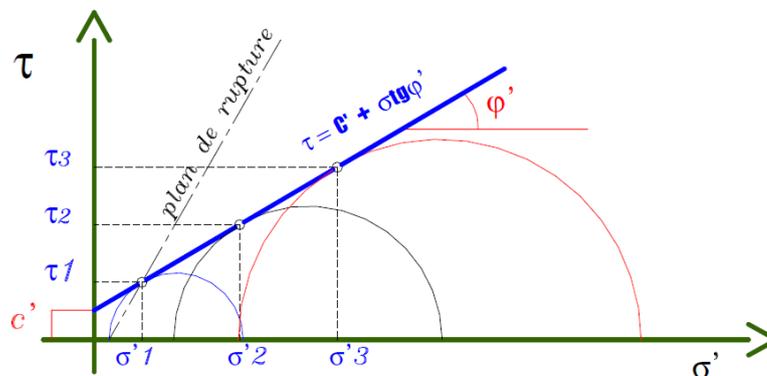


Fig. VI. Résultats de l'essai consolidé drainé (CD) à l'appareil triaxial

Orientation du plan de rupture : $\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}$

Le critère de rupture est :

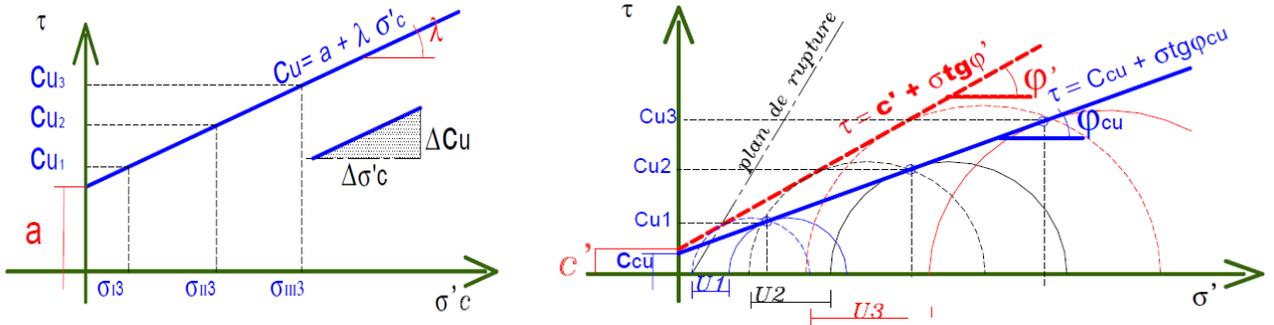
→ En terme de contraintes sur le plan de rupture : $\tau = c' + \sigma' \tan \phi'$

→ En terme de contraintes principales :

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 K_p + 2 c' \sqrt{K_p}$$

$$K_p = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

– Essai de cisaillement consolidé non drainé (CU)



Orientation du plan de rupture : $\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}$

Le critère de rupture est :

→ En terme de contraintes effectives : $\sigma'_1 = \sigma'_3 K_p + 2 c' \sqrt{K_p}$

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

→ En terme de contraintes totales : $\sigma_1 = \sigma_3 K_p + 2 C_{cu} \sqrt{K_p}$

$$\tau = C_{cu} + \sigma \operatorname{tg} \phi_{cu}$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_{cu}}{2} \right)$$

3.4. Essai de Compression Simple

L'essai consiste à appliquer une charge axiale sur l'échantillon du sol et l'augmenter progressivement jusqu'à la rupture. L'essai étant rapide, les résultats sont représentés en contraintes totales

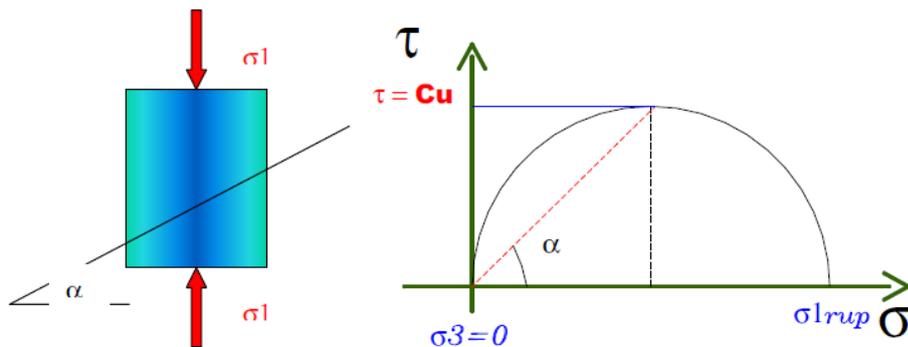


Fig. 1. Résultats de l'essai de Compression Simple

Orientation du plan de rupture : $\alpha = \frac{\pi}{4}$

La cohésion non drainée est : $C_u = \frac{\sigma_1}{2}$