

CH. 4. – Comportement mécanique et critère de rupture des roches.

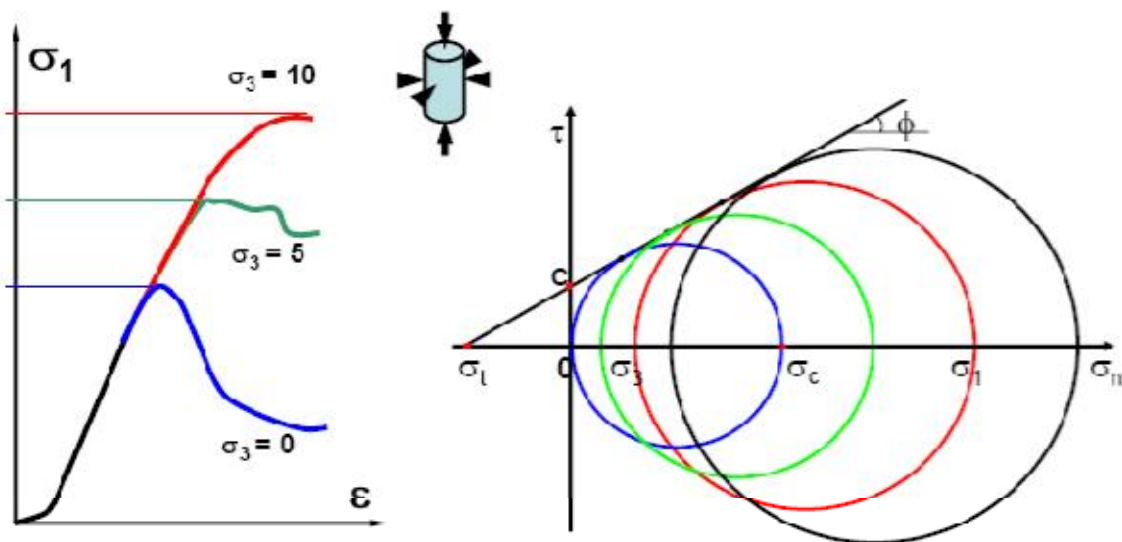
4.1. Introduction.

La roche résiste à l'effort de cisaillement par deux mécanismes internes, cohésion et frottement interne. La cohésion est une mesure de liaison interne de la roche. Le frottement interne résulte du contact entre les particules, et est défini par l'angle de frottement interne.

La résistance au cisaillement de la roche peut être déterminée par l'essai de cisaillement direct et par des essais de compression triaxiale.

4.2. - Résistance au cisaillement par essais triaxiaux.

A partir d'une série de tests triaxiaux, les contraintes max (σ_1) sont obtenues pour différentes contraintes latérales (σ_3). En traçant les cercles de Mohr, on définit la courbe intrinsèque et on obtient la cohésion et l'angle interne de frottement.

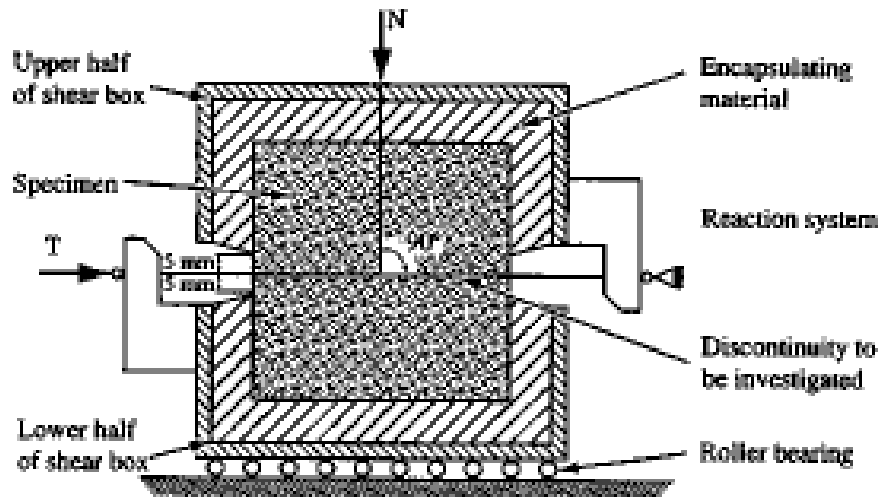


Résultats d'essais de compression triaxial

4.2.1. - Résistance au cisaillement par essai de cisaillement direct

Cet essai consiste à provoquer la rupture d'une éprouvette de roche suivant un plan déterminé. Il s'effectue au moyen d'une machine de cisaillement.

Sur la facette cisailée, on obtient ainsi une valeur du couple σ (contrainte normale) et τ (contrainte tangentielle) conduisant à la rupture.



Machine de cisaillement

4.3. - Critères de rupture de la matrice rocheuse.

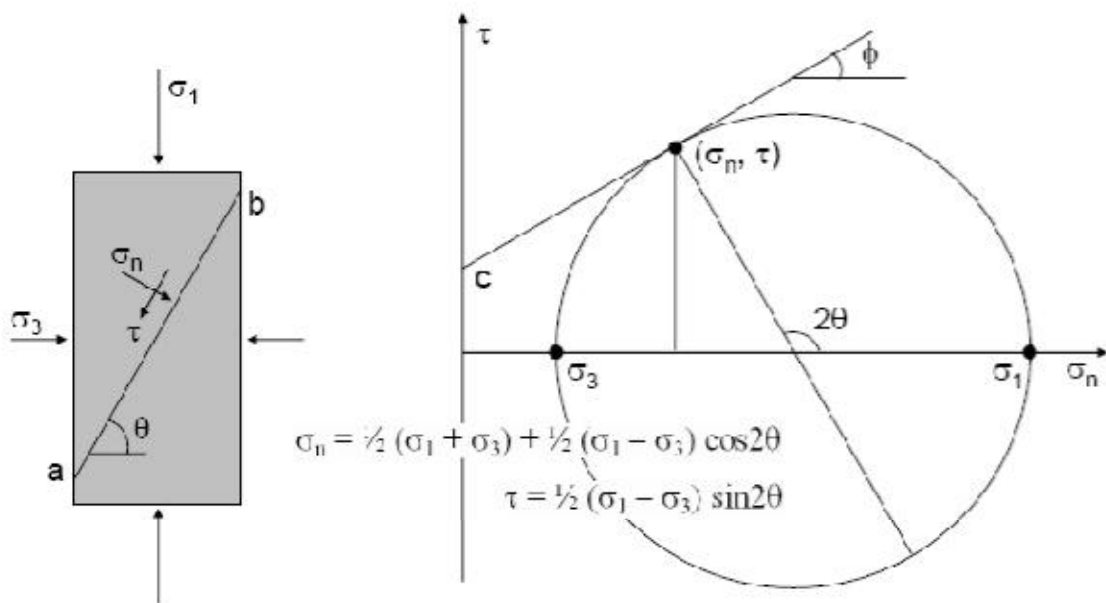
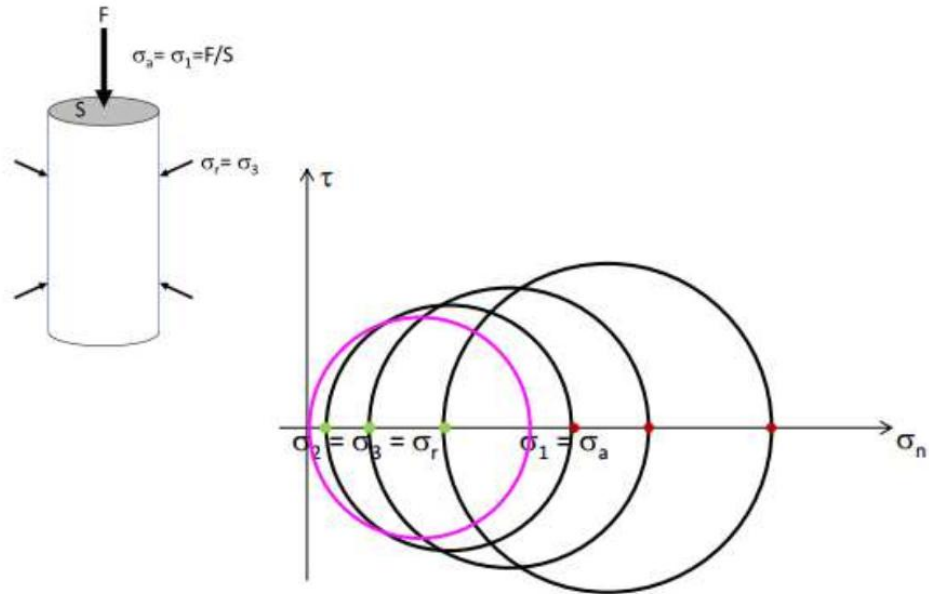
4.3.1. - Résistance et critères de résistance

La limite de résistance est définie par la contrainte à laquelle le matériau commence à se déformer de façon plastique. Cela représente généralement une limite supérieure à la charge qui peut-être appliquée.

Un critère de résistance limite est une hypothèse qui concerne la limite de contrainte sous n'importe quel état de contraintes. Ceci est généralement décrit par trois contraintes principales.

4.3.2. - Critère de Mohr-Coulomb

Le critère de Mohr-Coulomb est le plus utilisé en pratique avec les sols. Pour les roches, des critères plus précis, souvent expérimentaux, remplacent de plus en plus le critère de Mohr-Coulomb qui reste néanmoins utilisé très souvent à titre indicatif. Ce critère définit la relation qui unit la contrainte tangentielle à la contrainte normale pour un plan particulier du matériau considéré au moment de la rupture.



Contrainte sur le plan de rupture a-b et représentation du cercle de Mohr

- Du diagramme des cercles de Mohr, on peut déduire que :

$$\sigma_n = \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2\theta$$

$$\tau = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\theta$$

- En combinant les deux équations ci-dessus avec

$$\tau = c + \sigma_n \tan\phi,$$

$$\frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\theta = c + \left[\frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2\theta \right] \tan\phi$$

$$\sigma_1 = \frac{2c + \sigma_3 [\sin 2\theta + \tan\phi (1 - \cos 2\theta)]}{\sin 2\theta - \tan\phi (1 + \cos 2\theta)}$$

La roche se fracture avec la formation d'un plan de cisaillement a-b, par exemple, l'état des contraintes sur le plan a-b satisfait la condition de résistance au cisaillement. Dans le diagramme, lorsque le cercle de Mohr touche l'enveloppe de résistance de Mohr- Coulomb, la condition de la contrainte sur le plan ab atteint celle du critère de résistance.

A partir du cercle de Mohr, le plan de rupture est défini par θ , avec:

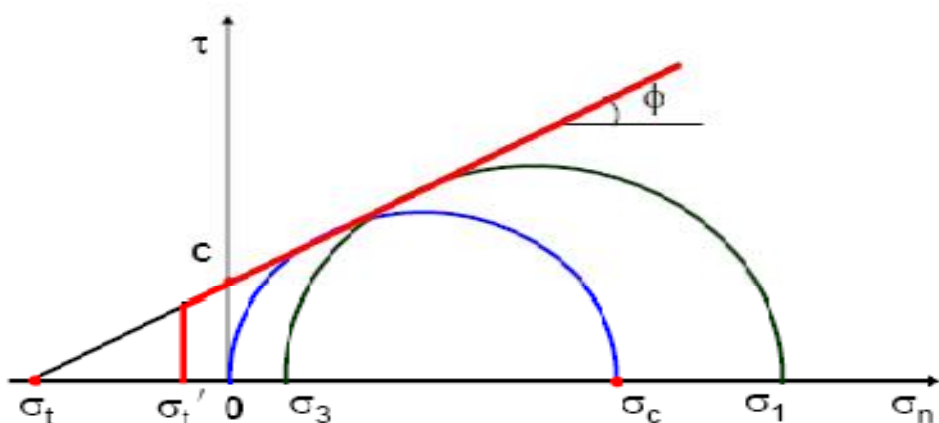
$$\theta = \pi/4 + \phi/2$$

$$\sigma_1 = \frac{2c \cos\phi + \sigma_3 (1 + \sin\phi)}{1 - \sin\phi}$$

$$\sigma_c = \frac{2c \cos\phi}{1 - \sin\phi}$$

$$\sigma_t = \frac{2c \cos\phi}{1 + \sin\phi}$$

- Les résistances actuelles à la traction des roches sont inférieures au critère. Un seuil de traction est normalement fixé à une valeur de la contrainte de traction uniaxiale, σ_t' , égale à environ 1/10 σ_c .



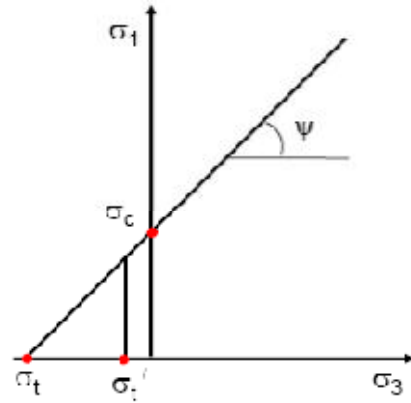
Enveloppe de Mohr-Coulomb en terme de contraintes normale et de cisaillement

Le critère de Mohr-Coulomb peut aussi être représenté dans un graphique $\sigma_1 - \sigma_3$

$$\sigma_1 = \sigma_c + \sigma_3 \tan \psi$$

$$\tan \psi = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

$$\sigma_1 = \sigma_c + \sigma_3 \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$



Enveloppe de Mohr-Coulomb en terme contraintes