

TD 3

Applications sur le cercle de Mohr

Buts

- Applications d'une technique commune à la géomécanique, la mécanique des sols et la géologie structurale.
- Relations entre contraintes et déformation fragile des roches.
- Analyse de contraintes avec projection stéréographique

Principes

- Cercle de Mohr et essais mécaniques triaxiaux fragiles.
- Projection stéréographique

Notions abordées

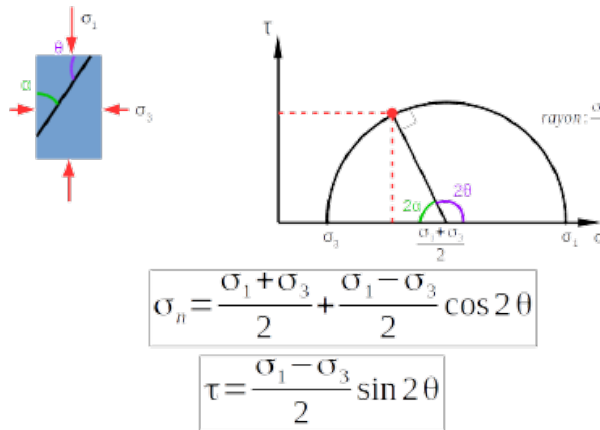
Champs de contrainte, Contraintes principales, contraintes normales, contrainte de cisaillement, comportement fragile de roches, coefficient de frottement interne, cohésion, Cercle de Mohr, pression de fluides, projection stéréographique

Bibliographie spécifique :

Cours de géologie structurale et de Mécanique des Roches.

Nicolas (1986); Goguel (1983); Hobbs, Means and Williams (1986); Twiss & Moores (1992); Fossen (2016); Mercier et al. Tectonique (2016)

Cercle de Mohr

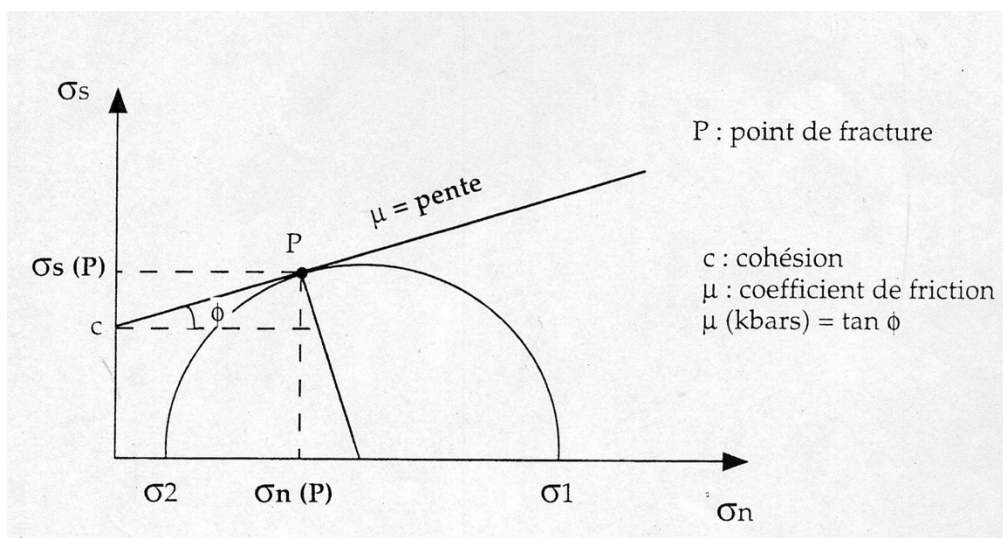
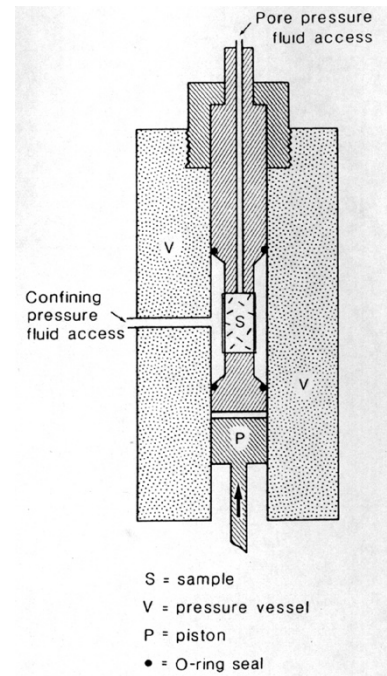


décompose en **contrainte normale** σ_N (ortho. à la surface) et **contrainte de cisaillement** τ ou σ_s (tangente à la surface). Il existe 3 directions perpendiculaires (**directions principales**) pour lesquelles la contrainte n'a pas de composante tangentielle. Les contraintes correspondantes sont les **contraintes principales maximales** (σ_1), **intermédiaires** (σ_2) et **minimales** (σ_3).

Les contraintes sont appliquées à une surface. La contrainte se

Essais Triaxiaux

- **Contrainte axiale** : σ_1
- **Pression de confinement** : pression exercée sur les bords du cylindre ($\sigma_3 = \sigma_2$).
- **Contrainte différentielle** : $\sigma_1 - \sigma_3$
- **Pression de fluide** : pression exercée par une fluide qui remplit les pores de la roche (P_p).
- **Contrainte axiale effective** :
(*effective axial stress*)
* $\sigma_1 = \sigma_1 - P_p$
- **Pression de confinement effective** :
(*effective confining pressure*)
* $\sigma_3 = \sigma_3 - P_p$



Exercice 1 :

Une roche est soumise à un test triaxial avec 150 MPa de contrainte principale majeure et une pression de confinement de 80 MPa.

Construisez le cercle de Mohr correspondant à cet état de contrainte. Placer le point correspondant à un plan incliné par rapport à σ_3 des angles donnés dans le tableau ci-dessous (s'agit-il d' α ou de θ ?).

Déterminez les contraintes normales et tangentielles pour chaque situation.

Faites un schéma à côté des points sur le diagramme de Mohr de l'éprouvette montrant l'orientation du plan par rapport aux contraintes principales.

Angle (°)	0	25	45	60	65	80	90
σ_n ()							
τ ()							

Pour quelle orientation obtient-on la plus grande valeur de contrainte cisailante ? Vérifier par le calcul les valeurs déterminées (pour 3 configurations angulaires)

Exercice 2 :

Des échantillons de Calcaire Eocène du Sud de la France sont déformés lors de trois essais triaxiaux.

La rupture est obtenue dans les conditions suivantes :

Essai	pression de confinement (MPa)	Contrainte verticale (MPa)
1	0	10
2	6	21
3	12	32

1- Tracer la droite enveloppe de rupture dans un domaine contrainte normale-contrainte cisailante

2- Déterminer les valeurs de cohésion et d'angle de frottement interne de ce matériau.

3- Déterminer les angles des plans de rupture par rapport à σ_1 pour les trois essais.

4- Quelle pression interstitielle permettrait de mener à la rupture un échantillon de ce calcaire soumis à une pression de confinement de 10MPa et une contrainte verticale de 26,5 MPa ? Donnez la valeur des contraintes normales et tangentielles correspondantes sur le plan de rupture.

Exercice 3 :

Un échantillon de grès Miocène des chaînes subalpines a une résistance initiale au cisaillement (cohésion : c) de 17 MPa et un coefficient de friction interne (μ) de 1,1.

Déterminer graphiquement à l'aide d'un diagramme de Mohr, l'orientation du plan de fracture (θ) de cette roche pendant un test de compression triaxiale. Vérifier votre résultat à l'aide d'un calcul.

Sous à une pression de confinement de 5 MPa, quelle est la valeur de la contrainte principale majeure (σ) nécessaire pour provoquer la fracture ? Donner les valeurs des contraintes normales et de cisaillement sur le plan de fracture, ainsi que la résistance ultime ($\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$) de cette roche.

Exercice 4 :

La mise en eau d'un barrage entraîne parfois des séismes mineurs. Quels sont les phénomènes mis en jeu, et dans quel cas n'a t'on pas de séisme ? (faites référence à l'évolution du cercle de Mohr, distinguez les cas où σ_1 est horizontale ou verticale)

Exercice 4 : Inversion et analyses de contraintes

On relève différents plans striés en trois sites (voir localisations sur la figure 1) de la région de Saint Martin de Londres (Hérault) :

Site 1, St Bauzille de Putois

Faïlle dextre: 150-85N; strie pitch 10NW

Faïlle senestre: 050-80SE; strie pitch 15NE

Site 2, Pourcaresse

Faïlle inverse: 080-40S; strie d'azimut N165

Faïlle dextre: N125-85N; strie pitch 5E

Site 3, Valflaunes

Faïlle normale: 020-70W; strie pitch 85N

Faïlle normale: 030-65E; strie pitch 80S

Faïlle senestre: 070-85S; strie pitch 5E

- (a) En faisant l'hypothèse que ces failles sont néoformées, déterminez l'orientation des contraintes principales associées à chacun de ces plans. En utilisant ces mesures et les relations structurales et stratigraphiques sur la carte géologique discutez quelles familles de failles peuvent être contemporaines ?

Méthode : en utilisant des projections stéréographiques, placez le plan de faille. Indiquez la position de la strie et le jeu de la faille en utilisant dans le cas normal ou inverse une flèche qui indique le mouvement du bloc supérieur de la faille (toits de la faille). A savoir, flèche centrifuge dans le cas normal, centripète dans le cas inverse. Pour une faille décrochante, utilisez deux flèches pour indiquer le cisaillement.

Placez ensuite σ_2 (inclus dans le plan de faille et orthogonal à l'orientation du glissement).

Construire ensuite -en pointillés- la projection du plan σ_1 - σ_3 (orthogonal à la faille et contenant la strie) et indiquez la position de σ_1 et de σ_3 . Pour ce faire, on considérera que l'angle entre σ_1 et la ligne de glissement est compris entre 30° et 45° , ce qui se traduira par une portion de grand cercle en projection stéréographique, de même pour σ_3 .

- (b) Identifiez les discordances sur la carte. A partir de ces informations et de votre analyse des familles de failles construisez un calendrier (figure 3) des événements géologique de cette région. Le niveau rose (Oligocène) est-il associé à une famille en particulier ? Expliquez pourquoi.
- (c) La faille de Saint Bauzille de Putois (site 1) est localisée sur l'extrait de la carte géologique de la France (figure 2). Quel commentaire pouvez-vous faire sur l'importance du système de faille ?

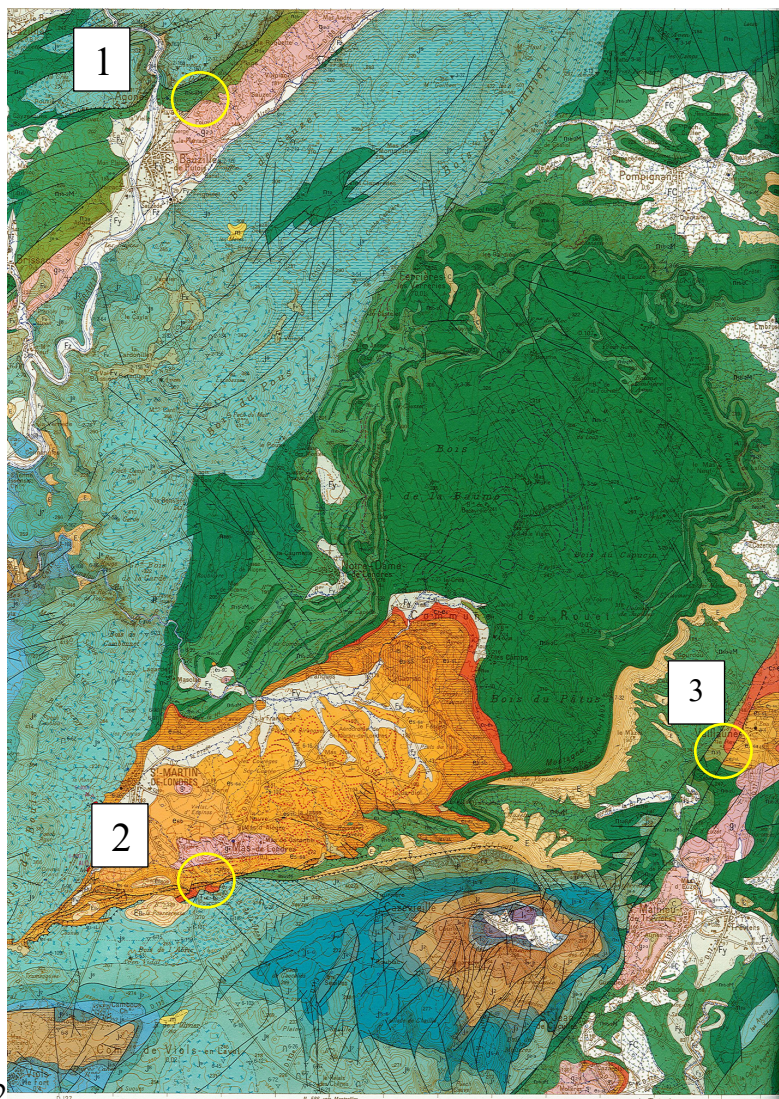


figure 1: Extrait de la carte BRGM 1/50000 de Saint-Martin-de-Londres. Rose: Oligocène; orange: Eocène; vert: Crétacé; Bleu-brun-violet: Jurassique.

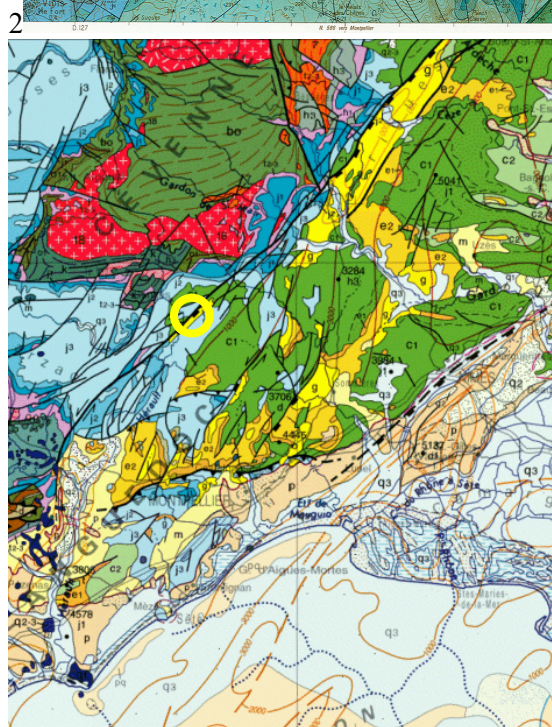


Figure 2 : Extrait de la carte géologique au 1/1000000 montrant le Site 1