

TD Analyse Structurale

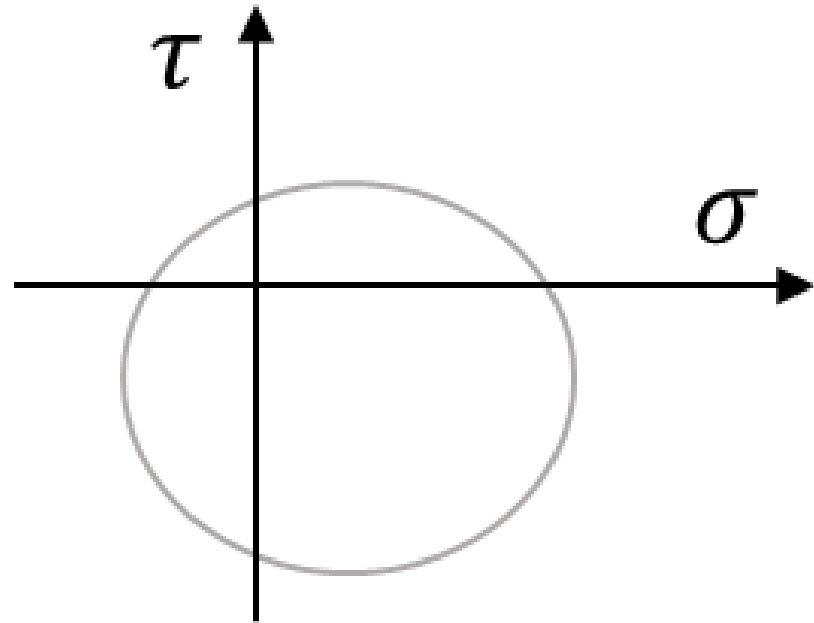
2025-2026

TD3 – Activités autour du cercle de Mohr

Ojectifs: utilisation/manipulation d'une technique graphique simple permettant d'analyser l'état de contrainte et les potentielles ruptures associées

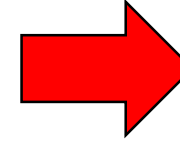
Exercise 1

Correct ?

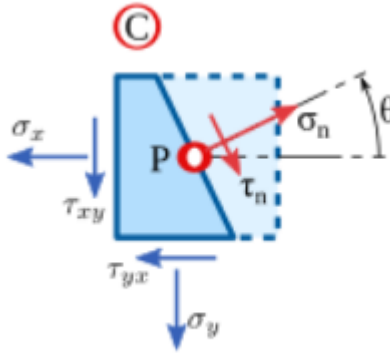
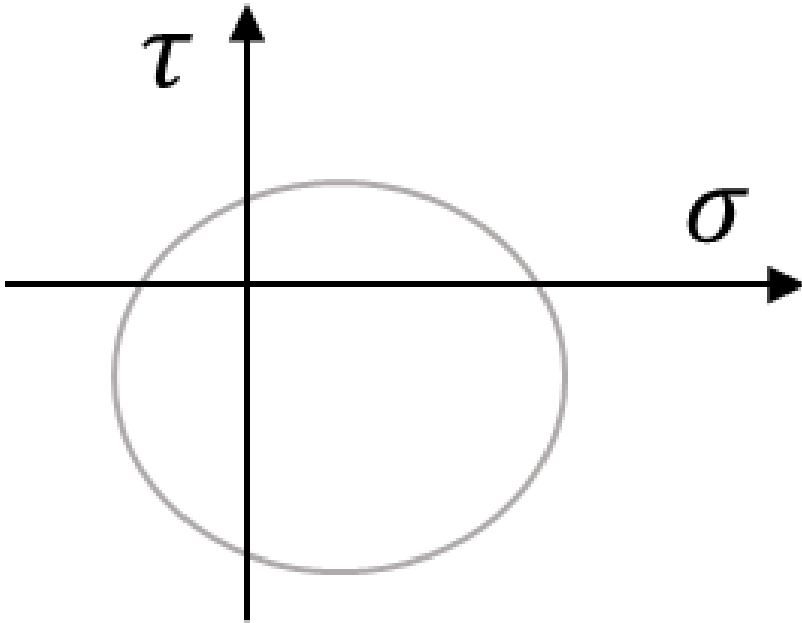


Exercice 1

Correct ?



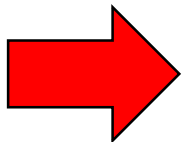
NON



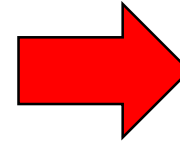
$$\left(\sigma_n - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_n^2 = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2$$

Equation d'un cercle: $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$

De centre **(a,b)** et de rayon r



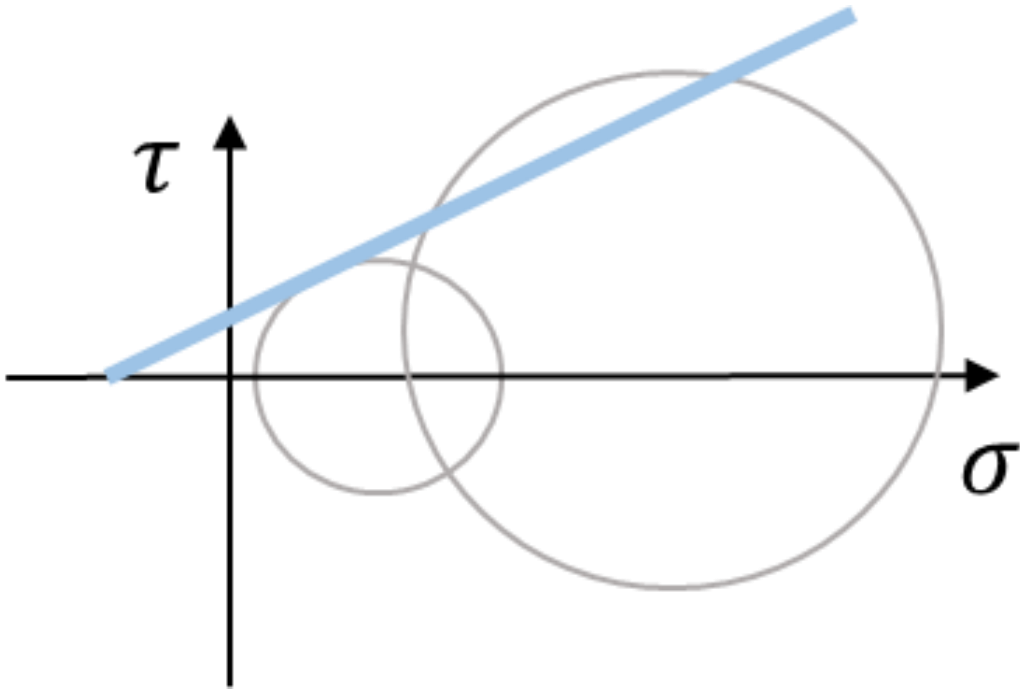
Centre du cerlce: $a = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$ et $b=0$



Cercle centré sur l'axe des σ

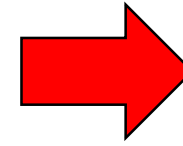
Exercise 1

Correct ?

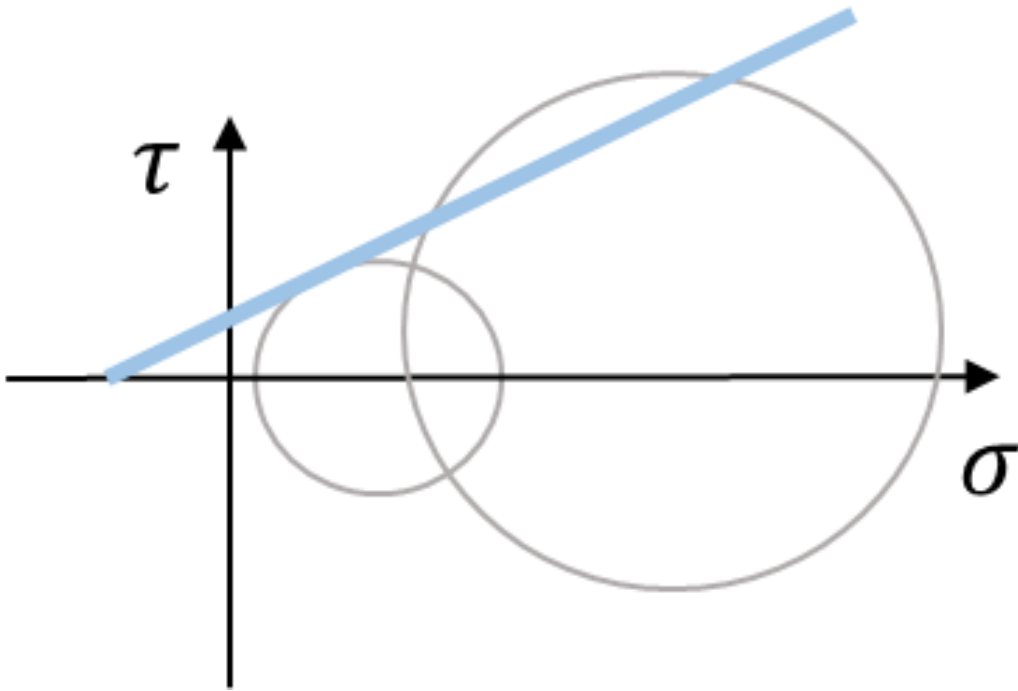


Exercice 1

Correct ?



NON

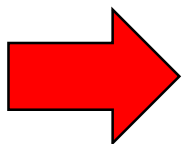


$$\mu = \tan \varphi$$

$$\tau = C + \mu \sigma_n$$

φ : angle de friction interne

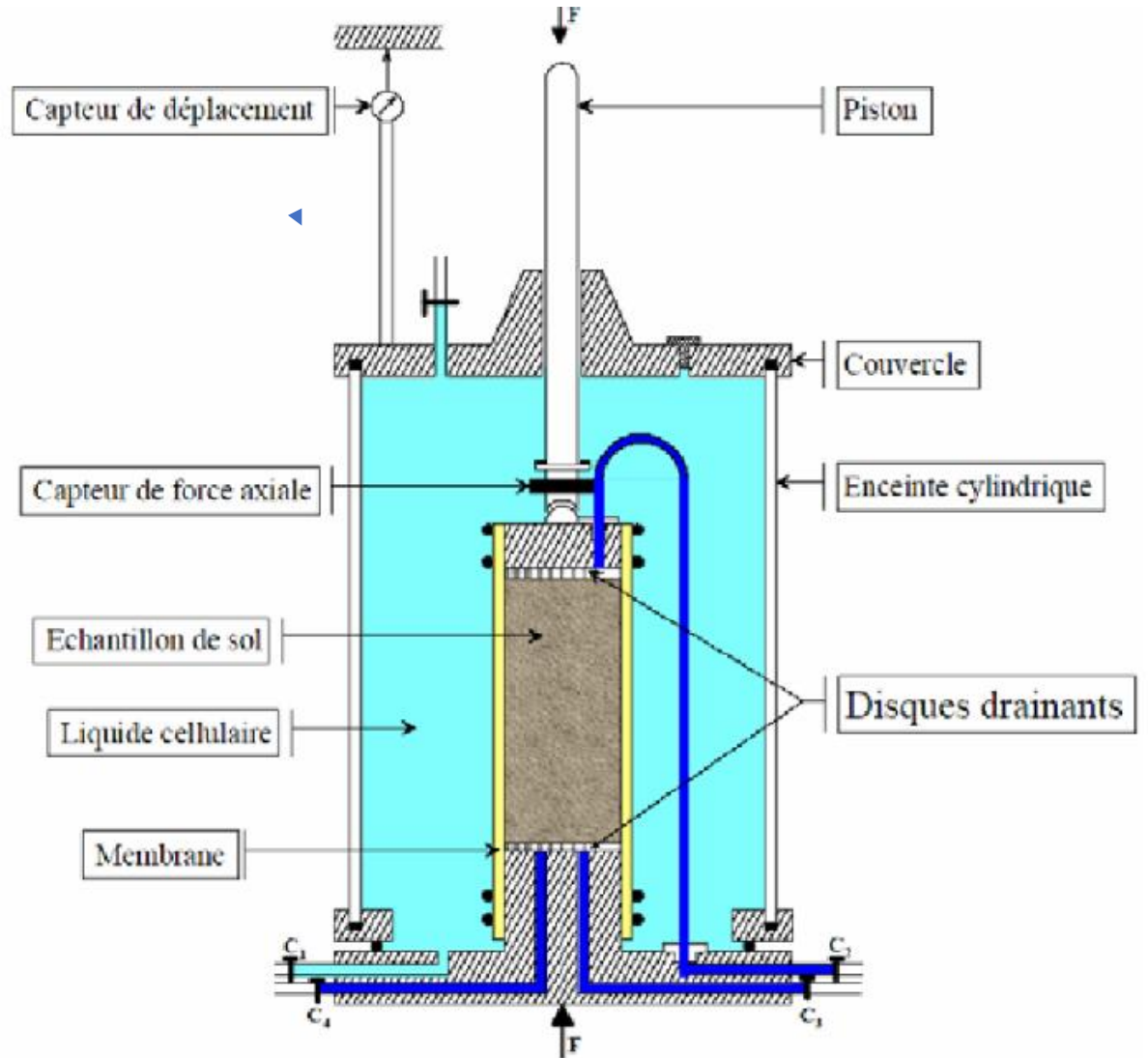
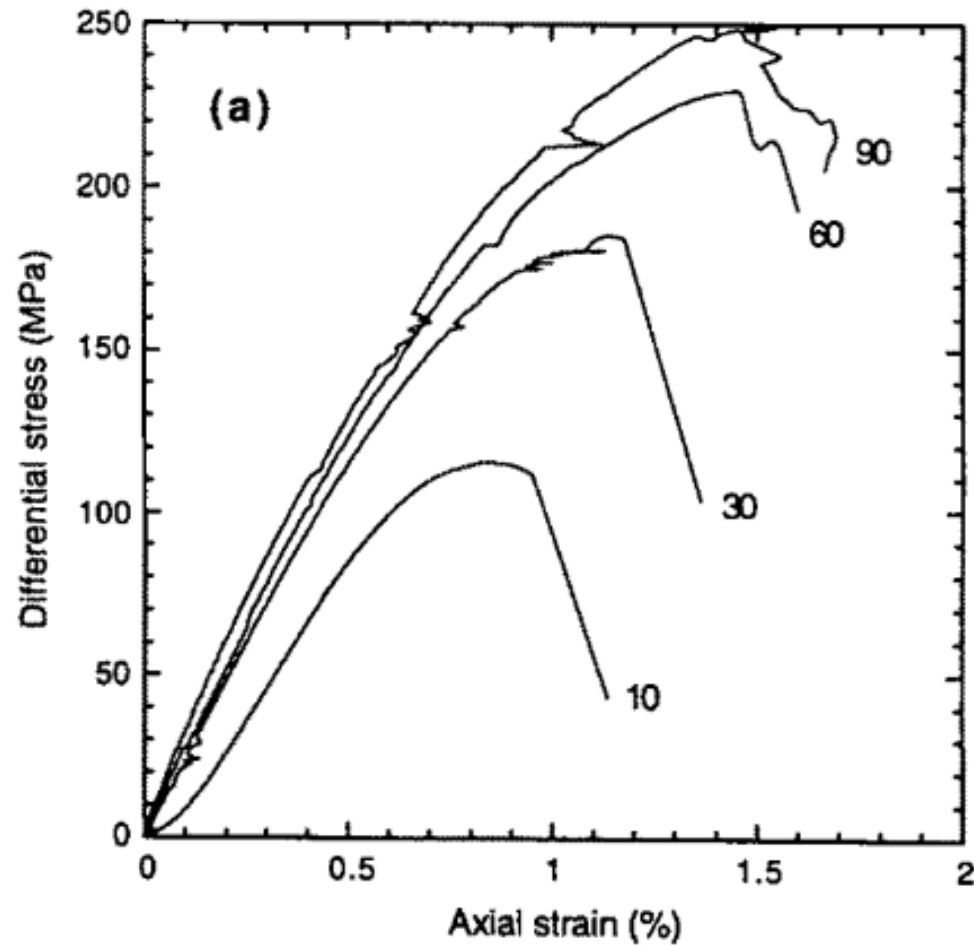
C : cohésion



Cercles de Mohr ne peuvent pas dépasser la droite de rupture

Exercice 2

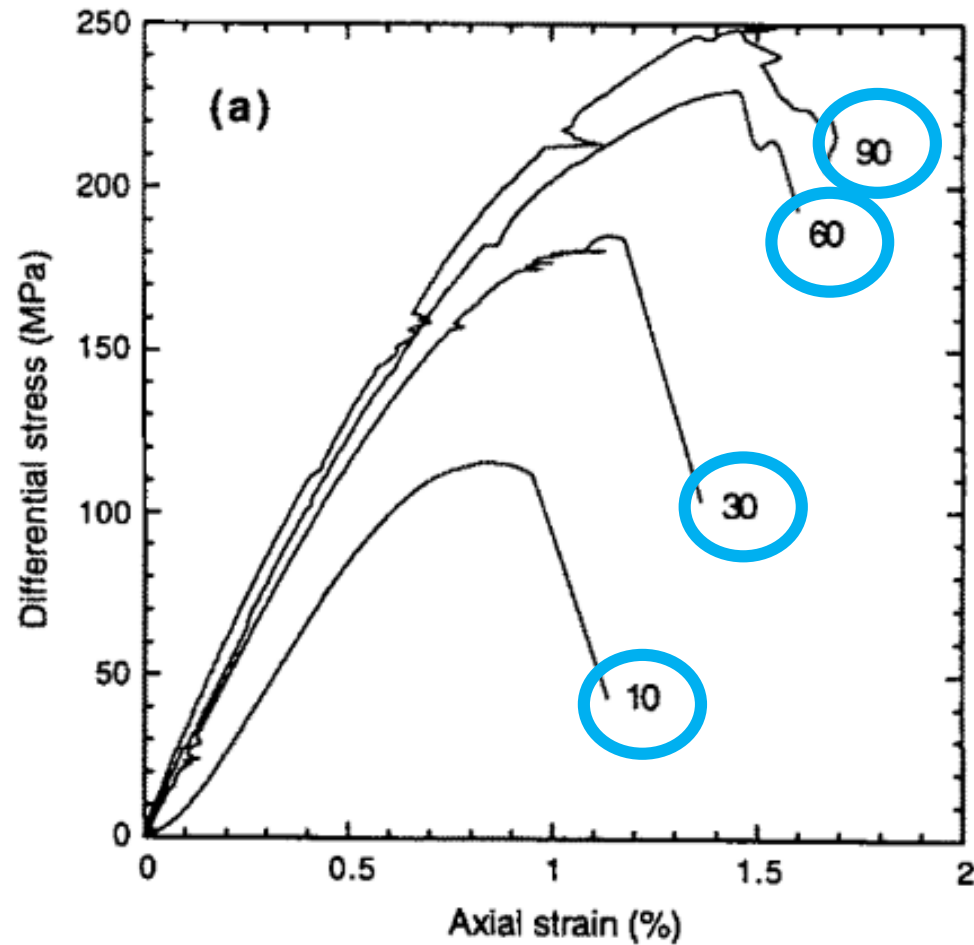
- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.



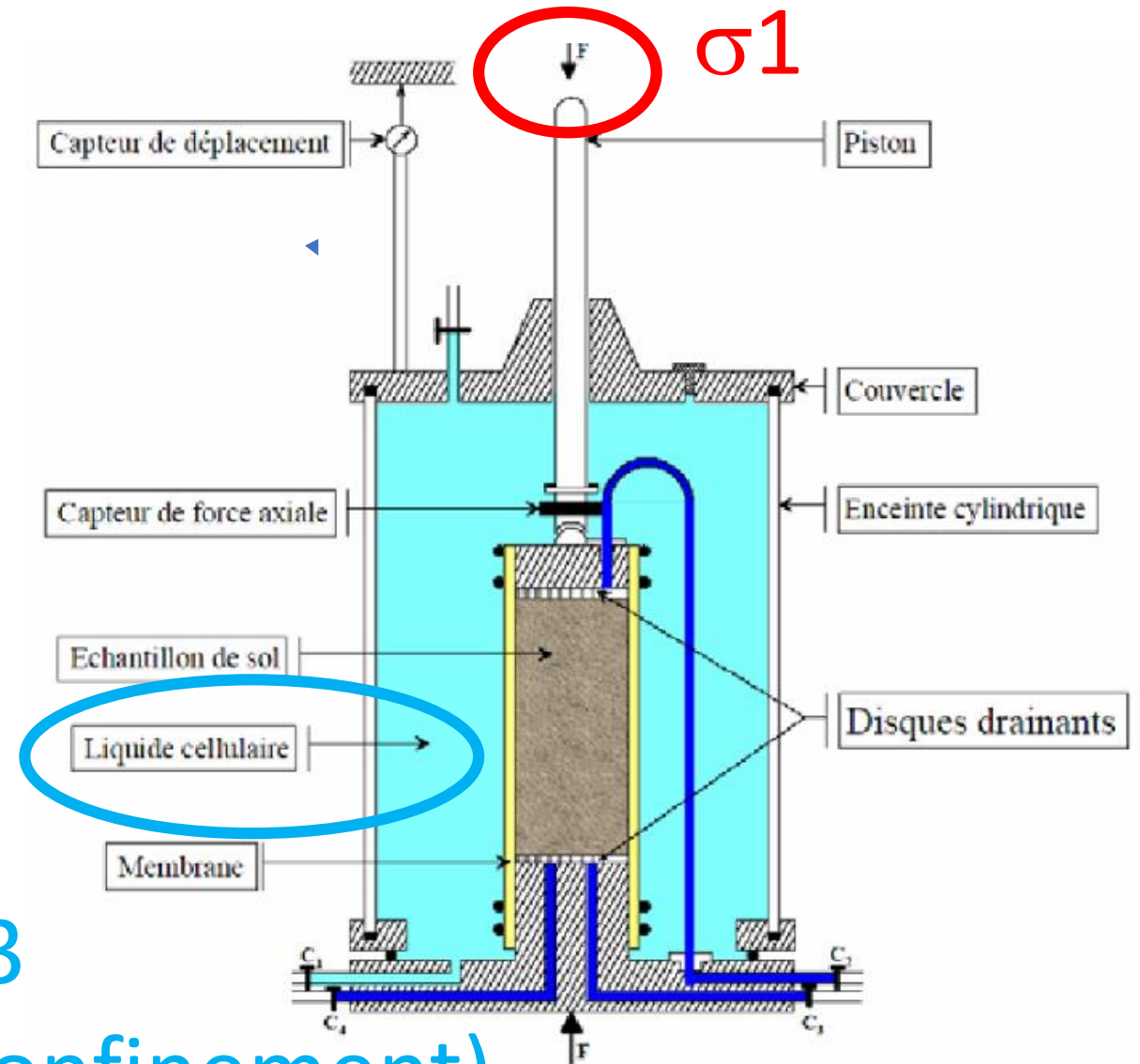
Exercise 2

- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.

$\sigma_1 - \sigma_3$

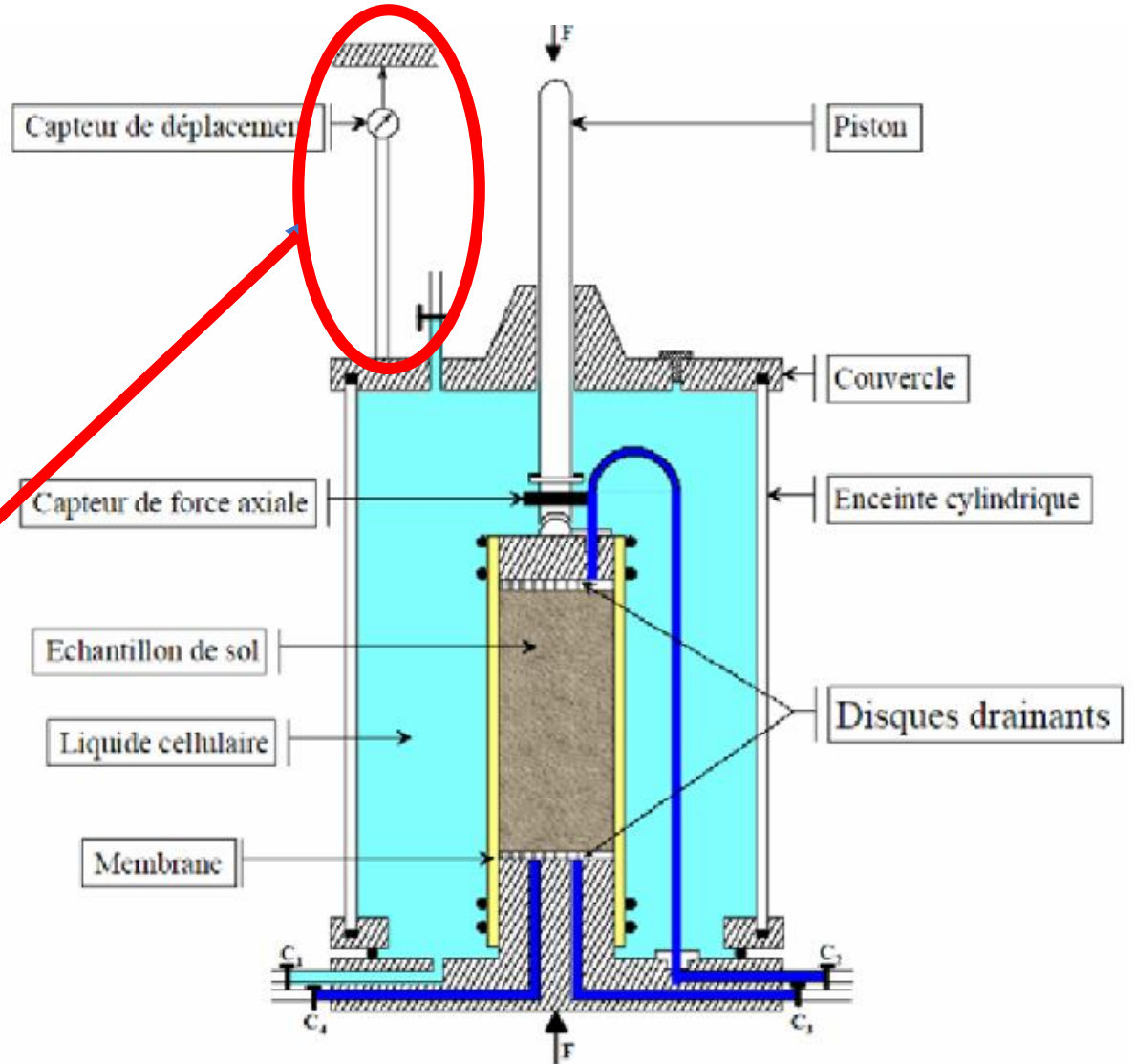
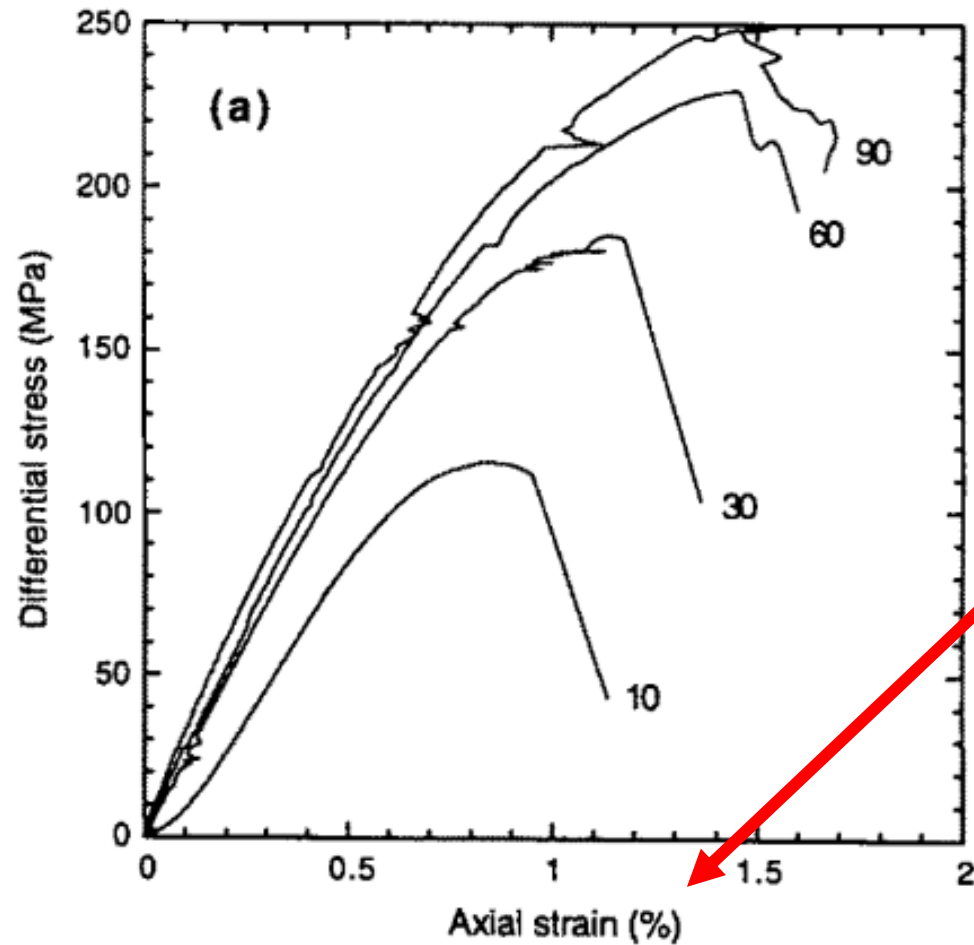


σ_3
(confinement)



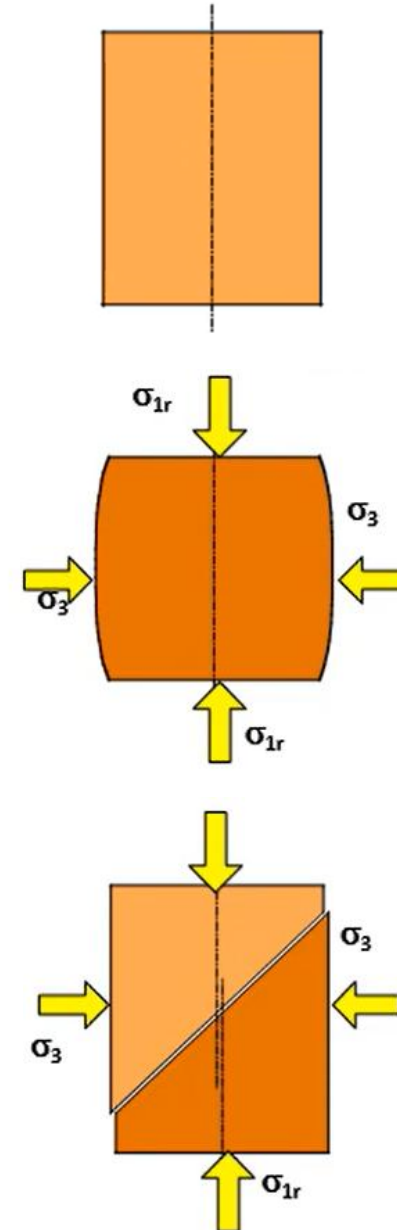
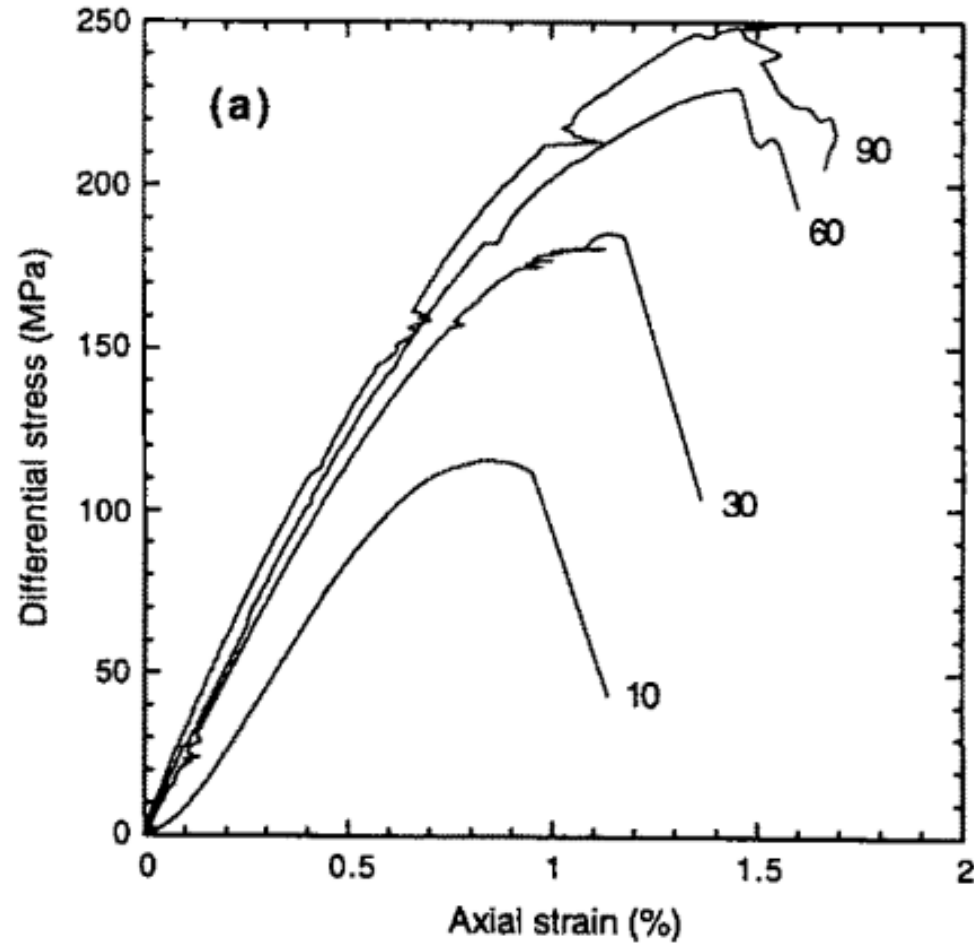
Exercise 2

- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.



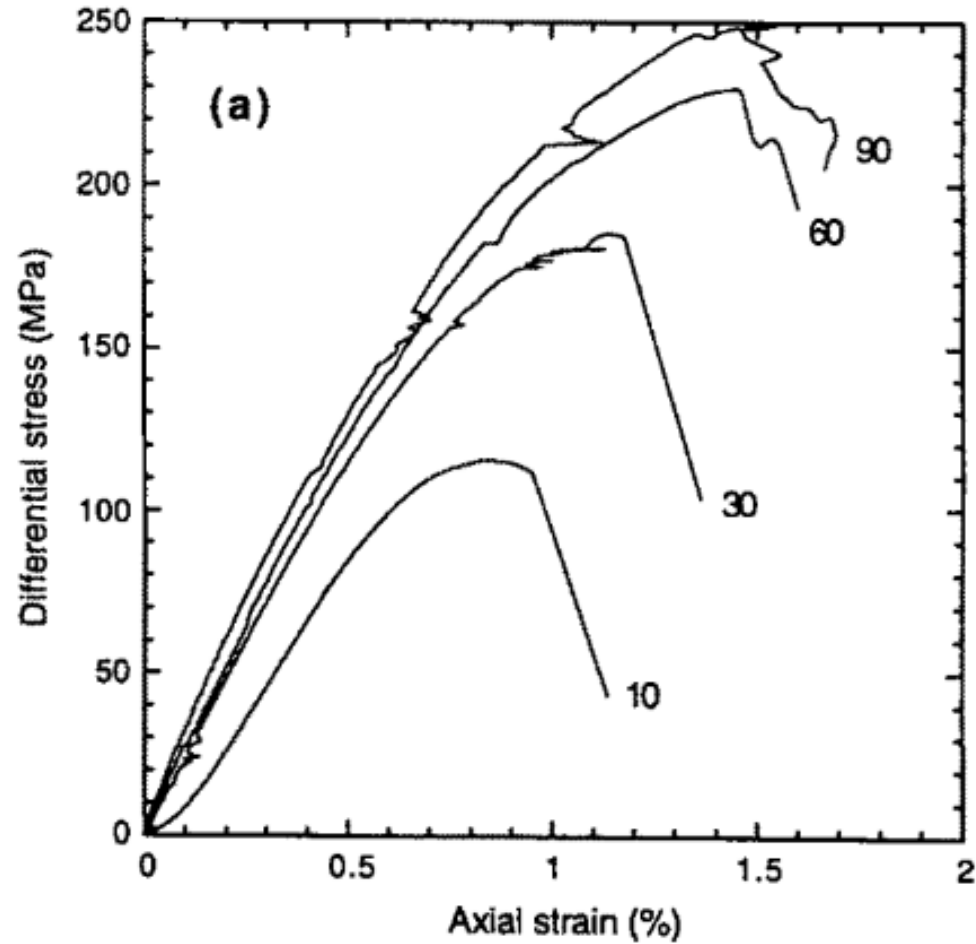
Exercise 2

- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.



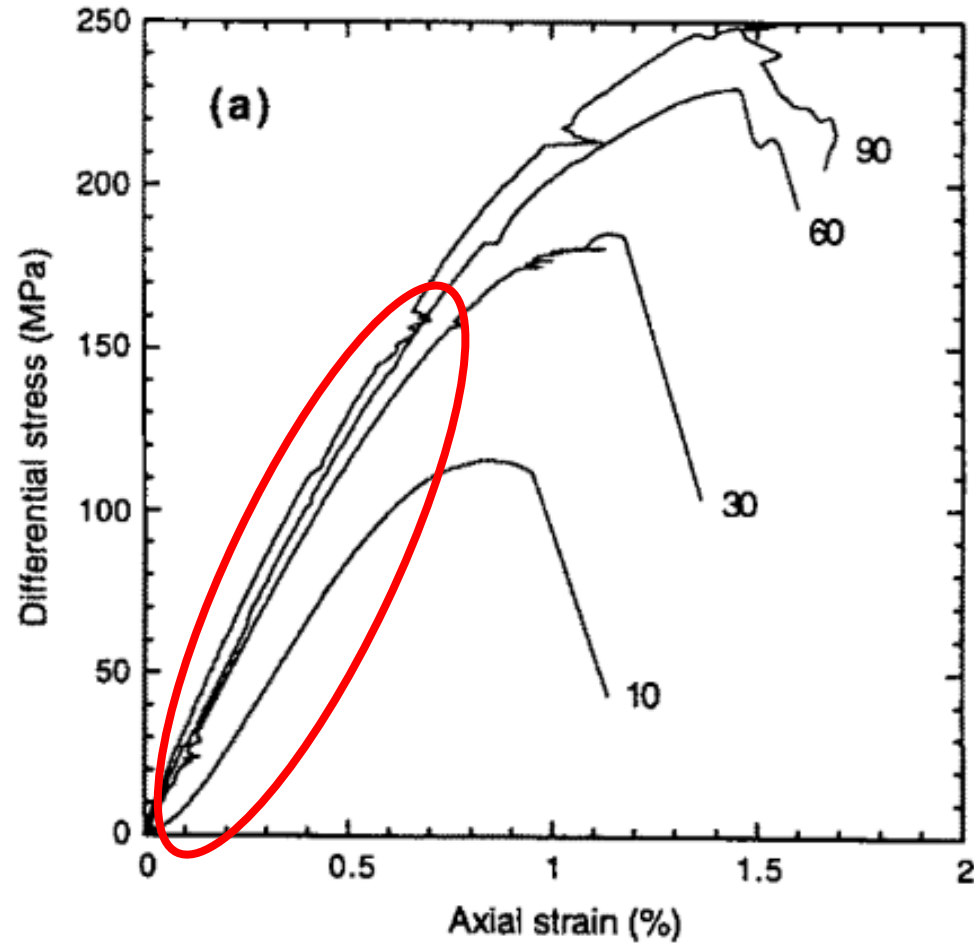
Exercice 2

- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.



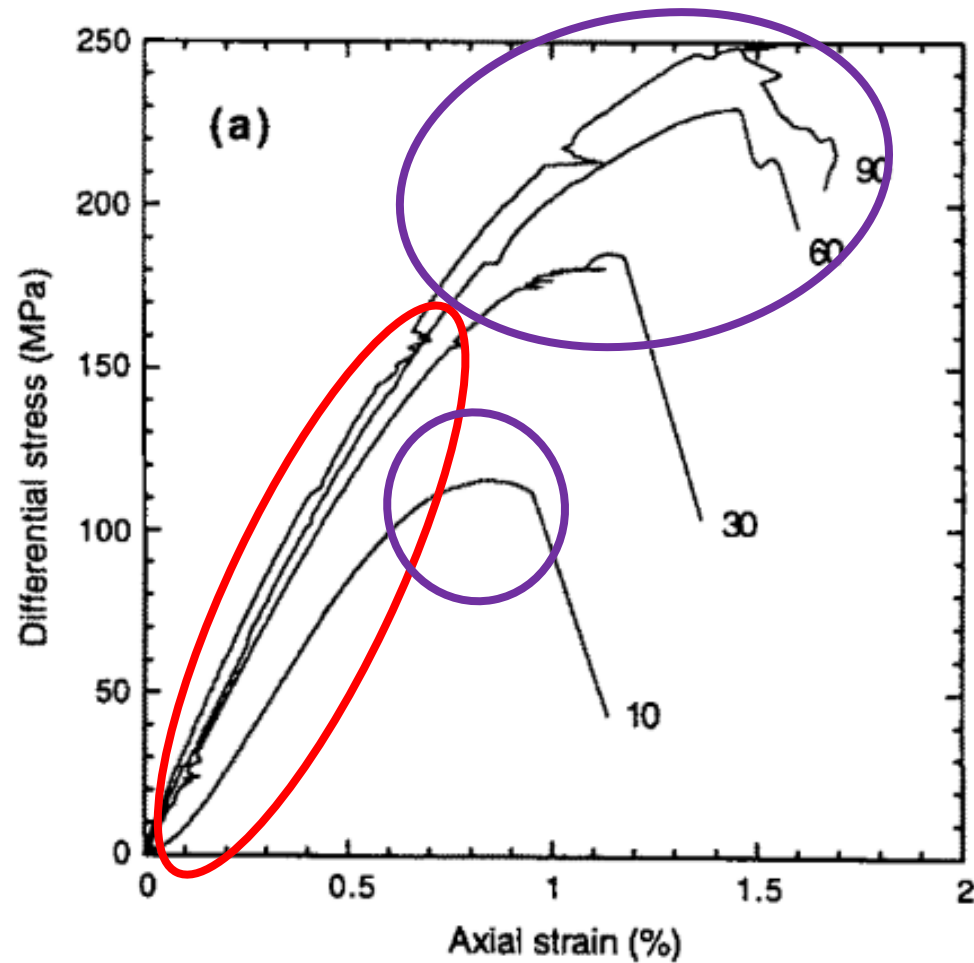
Exercice 2

- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.



Déformation augmente linéairement en fonction de la contrainte différentielle
=> Comportement élastique

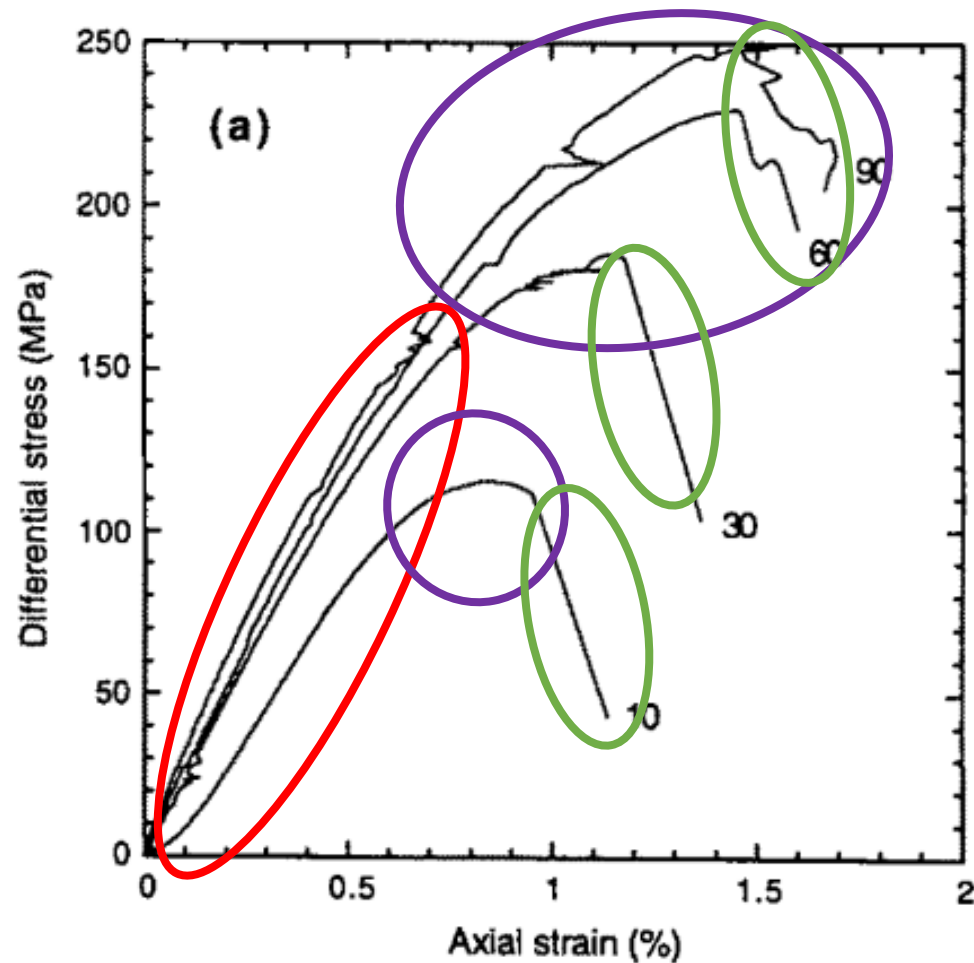
Exercice 2



Déformation augmente linéairement en fonction de la contrainte différentielle
=> Comportement élastique

Déformation augmente non-linéairement en fonction de la contrainte différentielle
=> Comportement plastique

Exercice 2



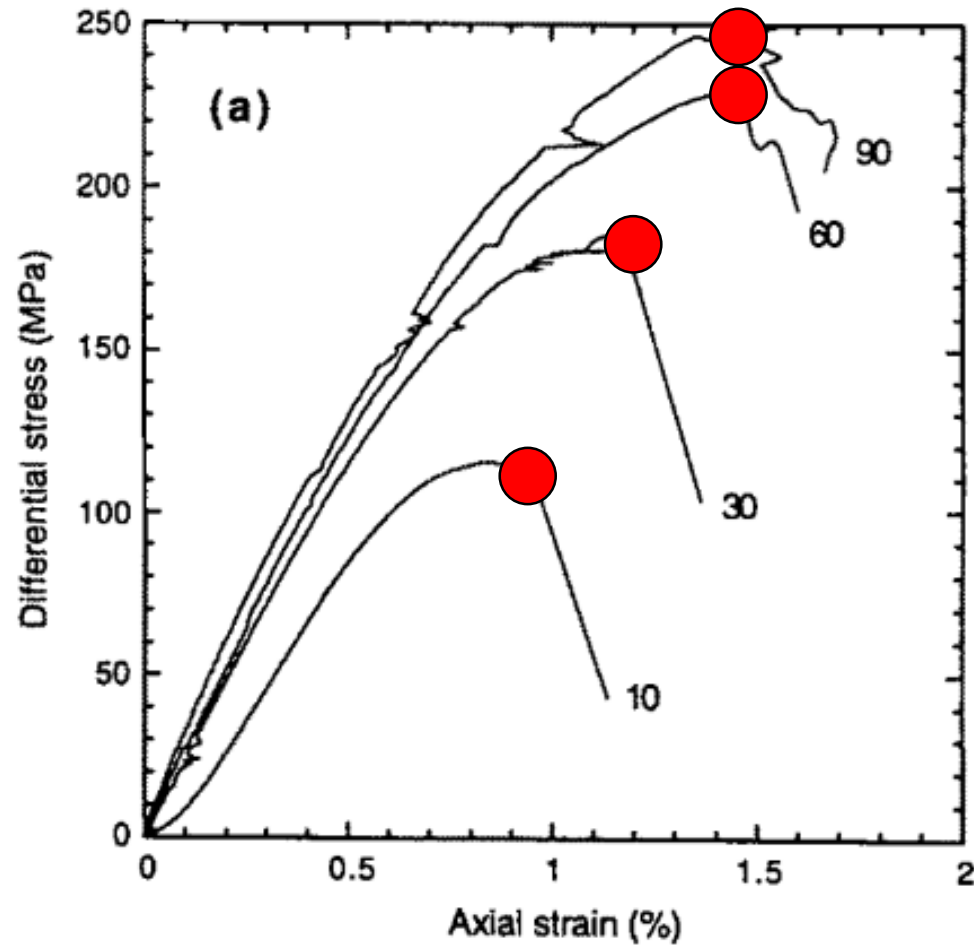
Déformation augmente linéairement en fonction de la contrainte différentielle
=> Comportement élastique

Déformation augmente non-linéairement en fonction de la contrainte différentielle
=> Comportement plastique

Chute de contrainte nécessaire pour augmenter la Déformation
=> Rupture fragile

Exercice 2

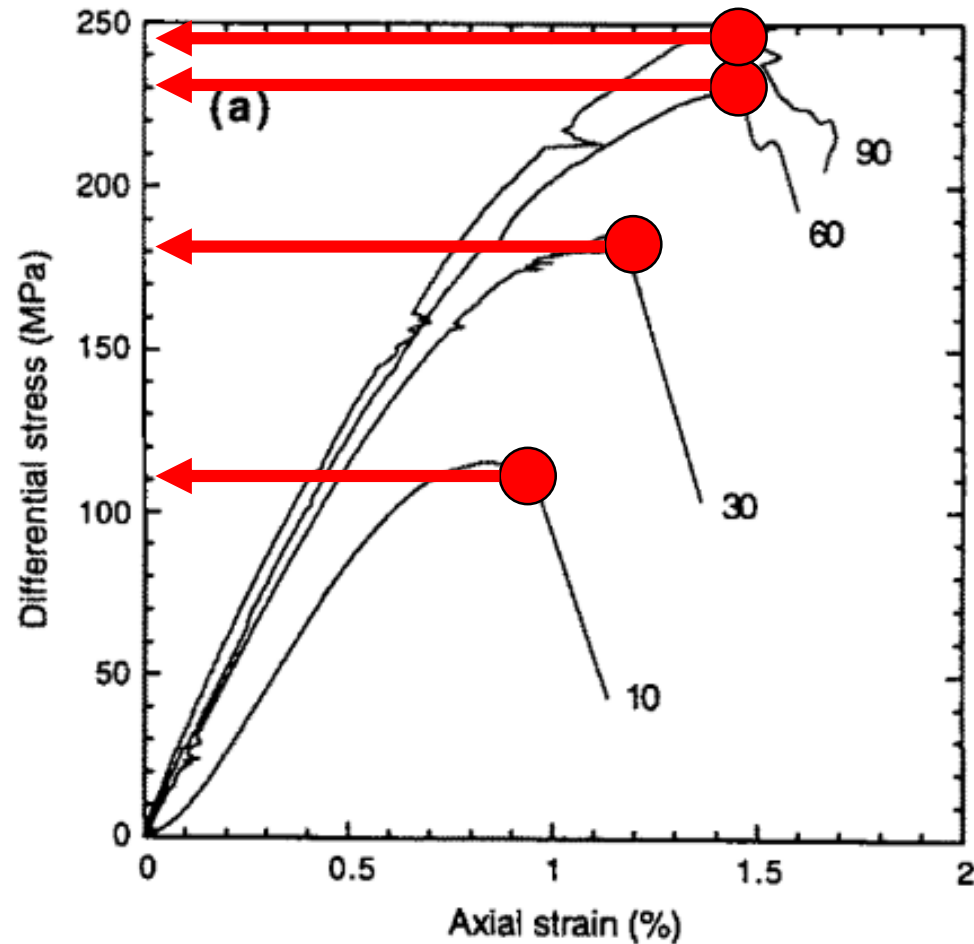
- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? **Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.**



Points de rupture

Exercice 2

- 1) Comment peut-on qualifier le comportement de ce grès ? **Déterminer les valeurs de contraintes à la rupture dans le repère des contraintes principales.**



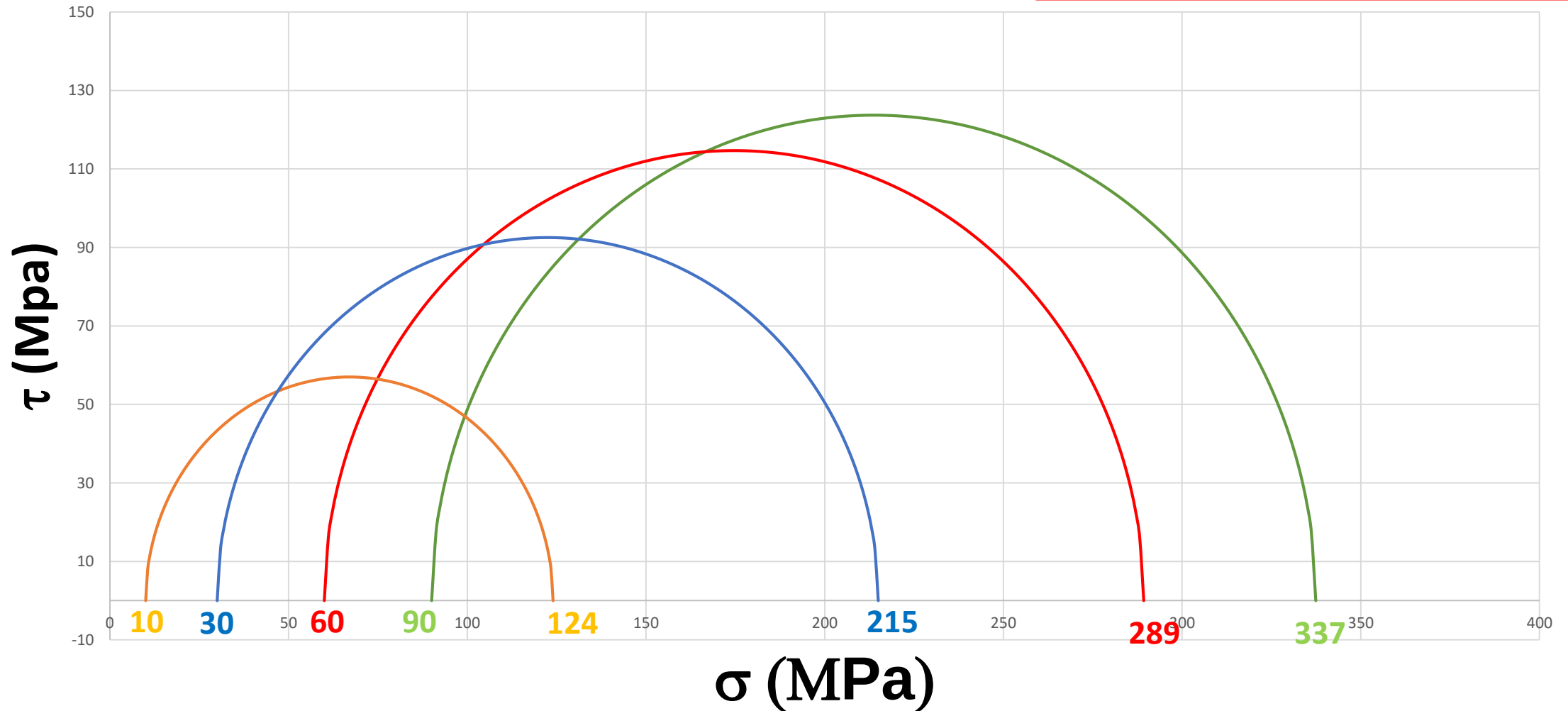
Points de rupture

$\sigma_1 - \sigma_3$ (Mpa)	σ_3 (Mpa)
114	10
185	30
229.3	60
247.4	90

Exercice 2

2) Reporter ces valeurs sur un diagramme de Mohr (repère σ_n, τ).

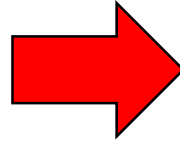
$$\left(\sigma - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)^2$$



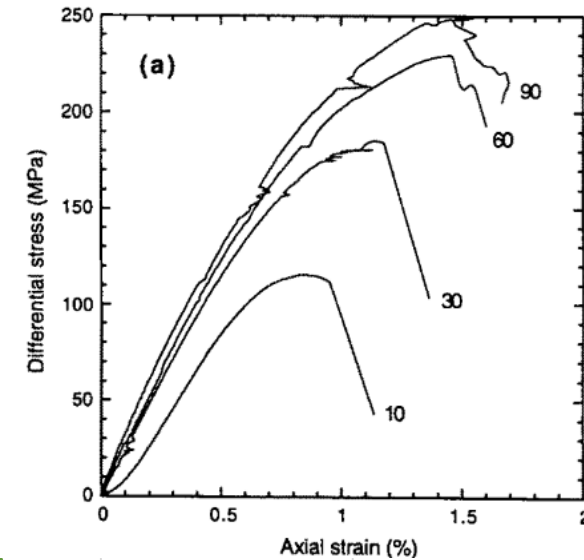
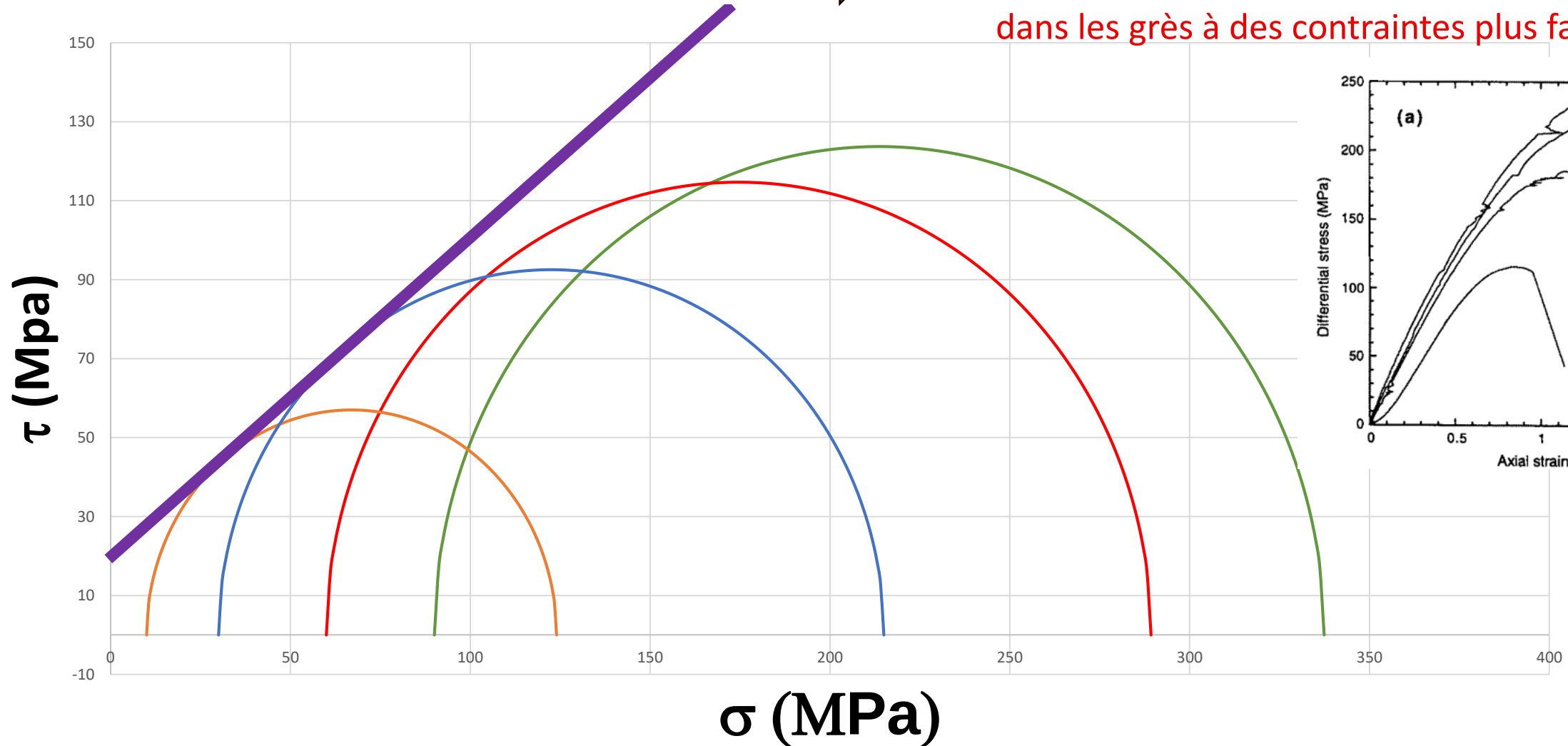
Exercice 2

3) Que remarque-t-on ? Prédire l'angle que fait la fracture avec l'orientation de la contrainte verticale.

L'enveloppe de rupture n'est pas linéaire

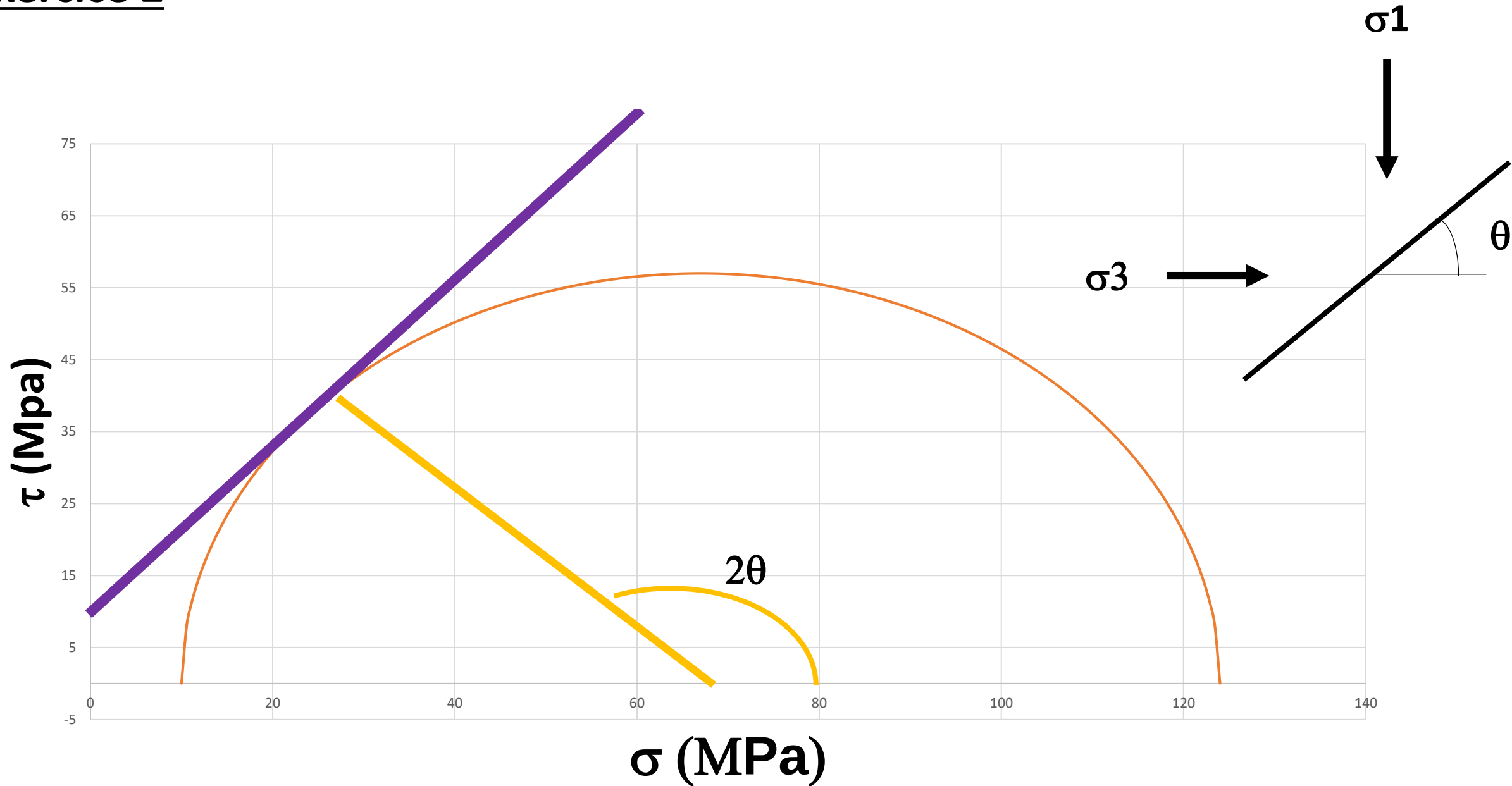


Cela marque un comportement plastique plus important lorsque le confinement est plus fort et une transition fragile ductile dans les grès à des contraintes plus faibles



Exercice 2

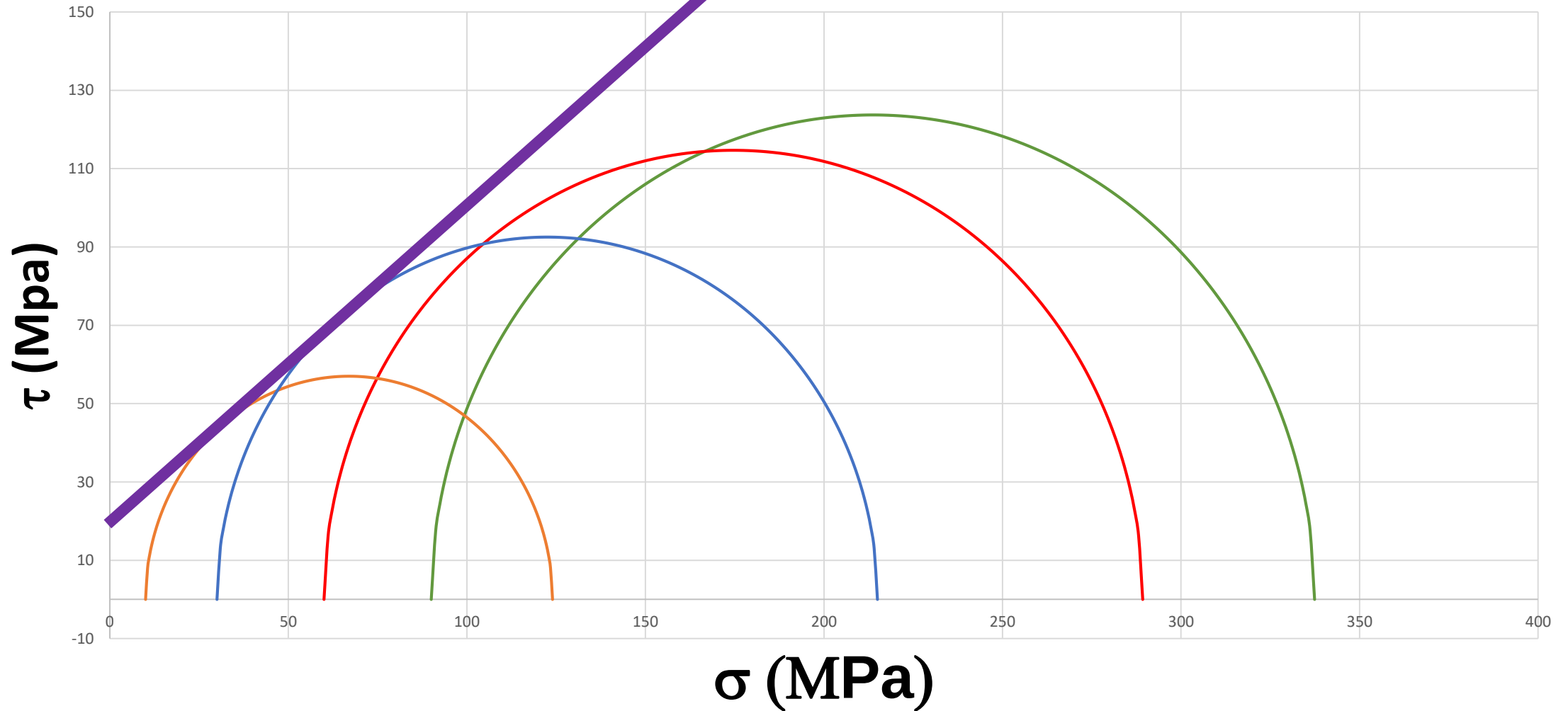
3) Que remarque-t-on ? **Prédire l'angle que fait la fracture avec l'orientation de la contrainte verticale.**



Exercice 2

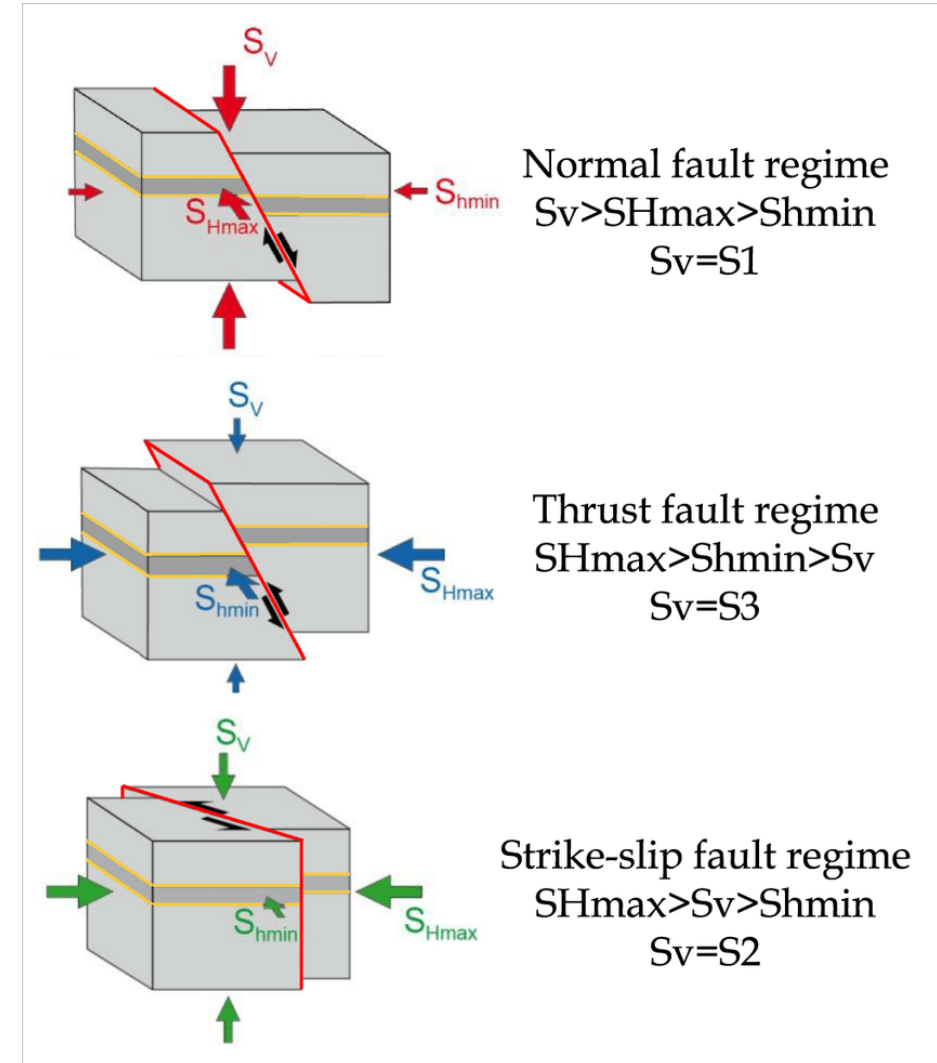
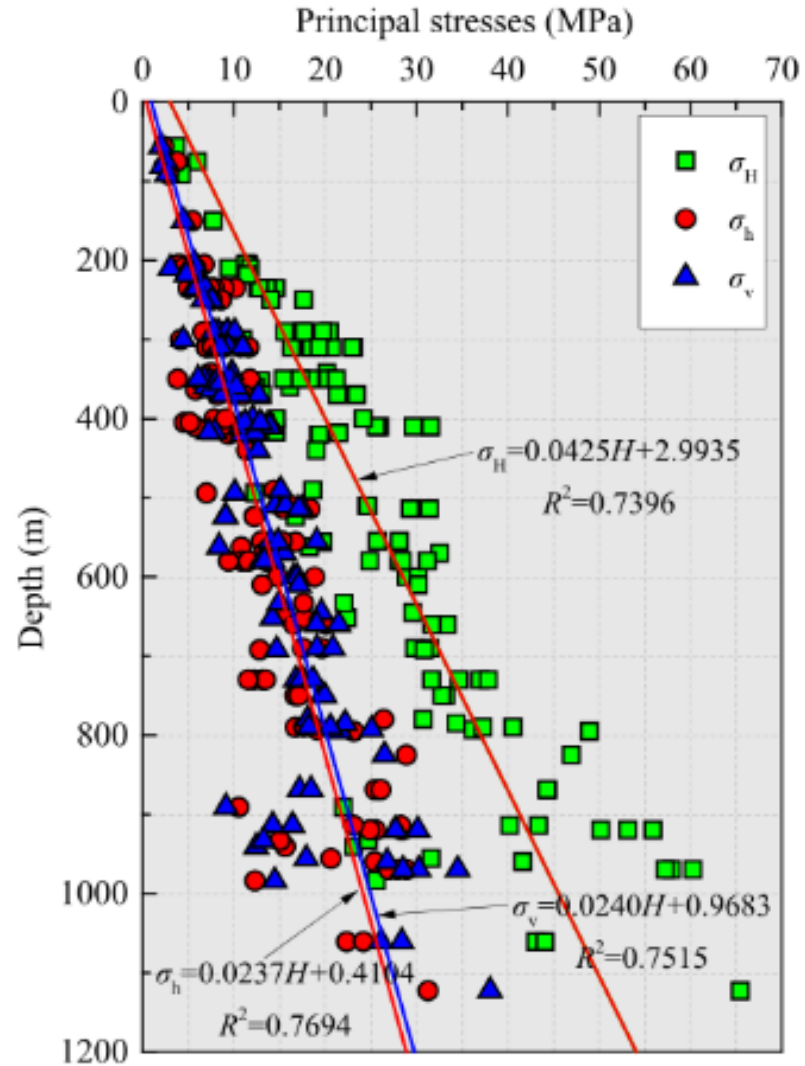
4) Donner l'équation du critère de Mohr Coulomb correspondant.

$$\tau = 0.6 * \sigma + 30$$



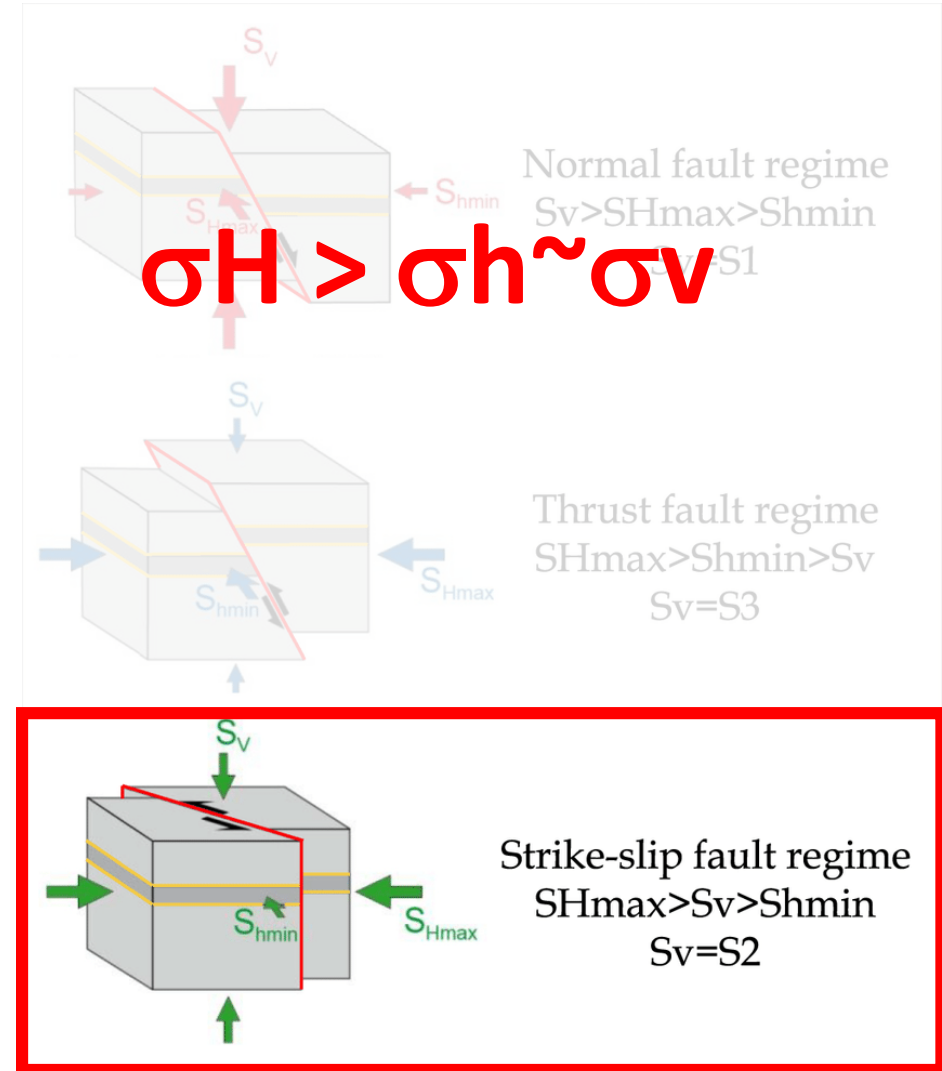
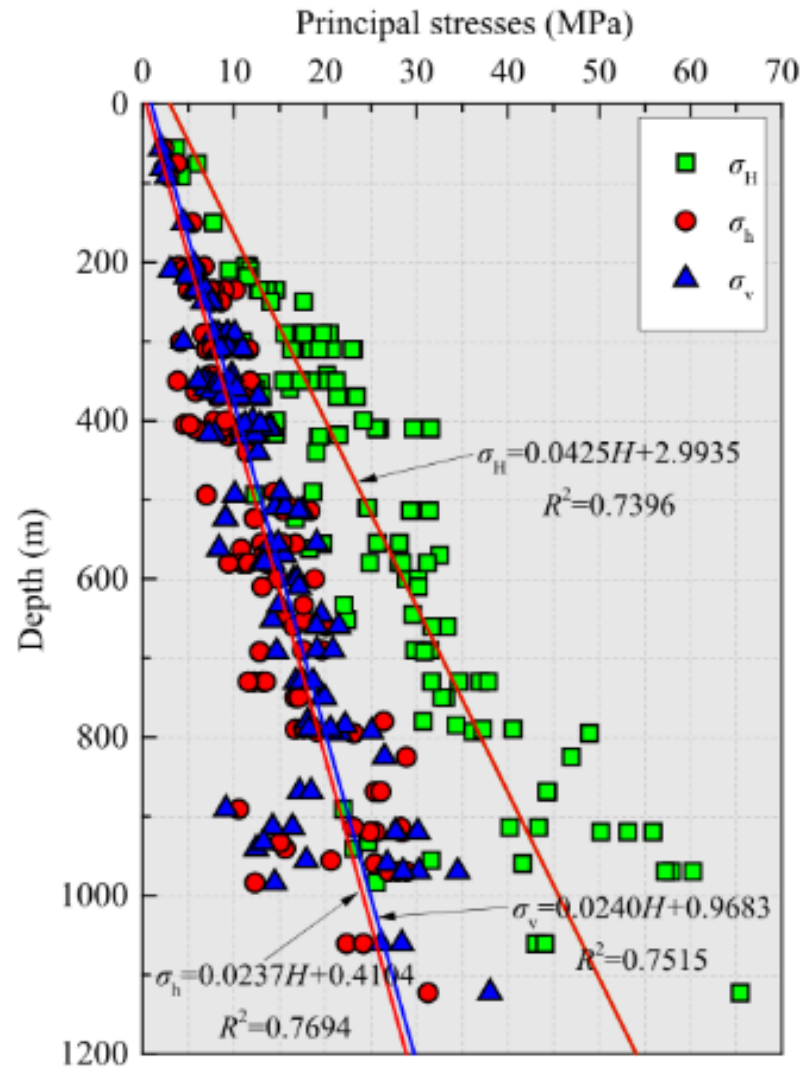
Exercise 3

1) Proposez un régime tectonique compatible avec cet état de contrainte



Exercise 3

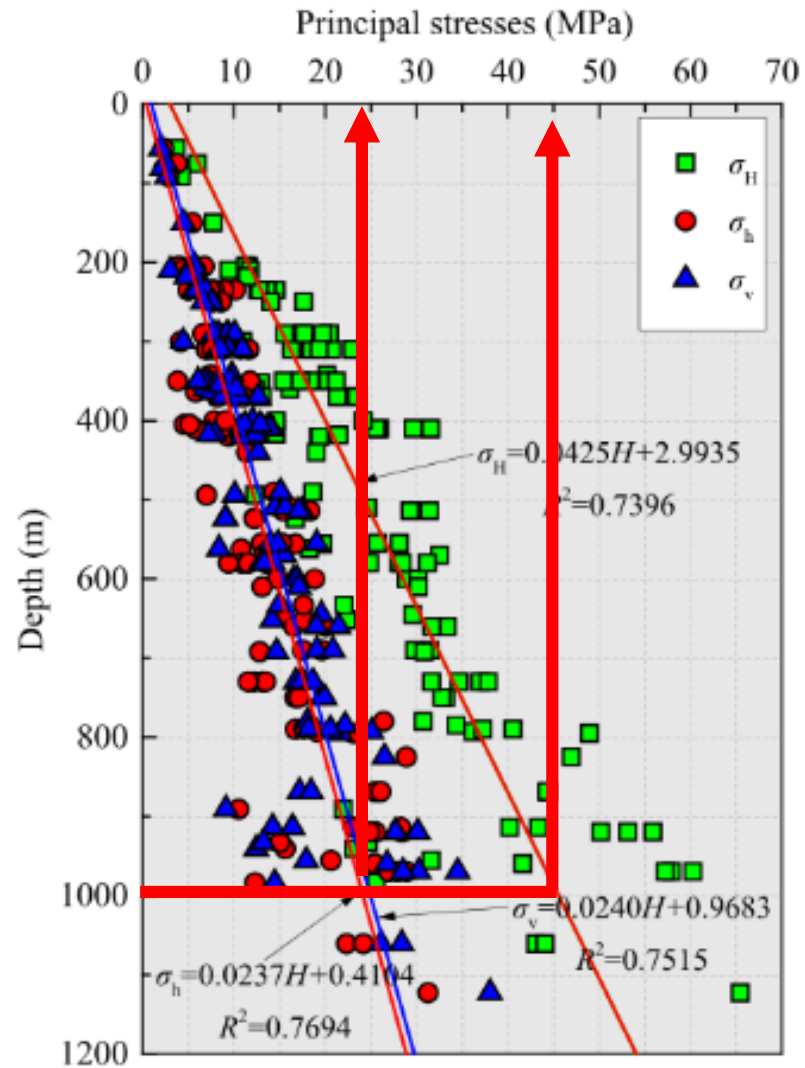
1) Proposez un régime tectonique compatible avec cet état de contrainte



Exercise 3

2) Représentez plusieurs cercles de Mohr de cette zone.

A 1000m: σ_1 (σ_H) = 45 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=25 MPa

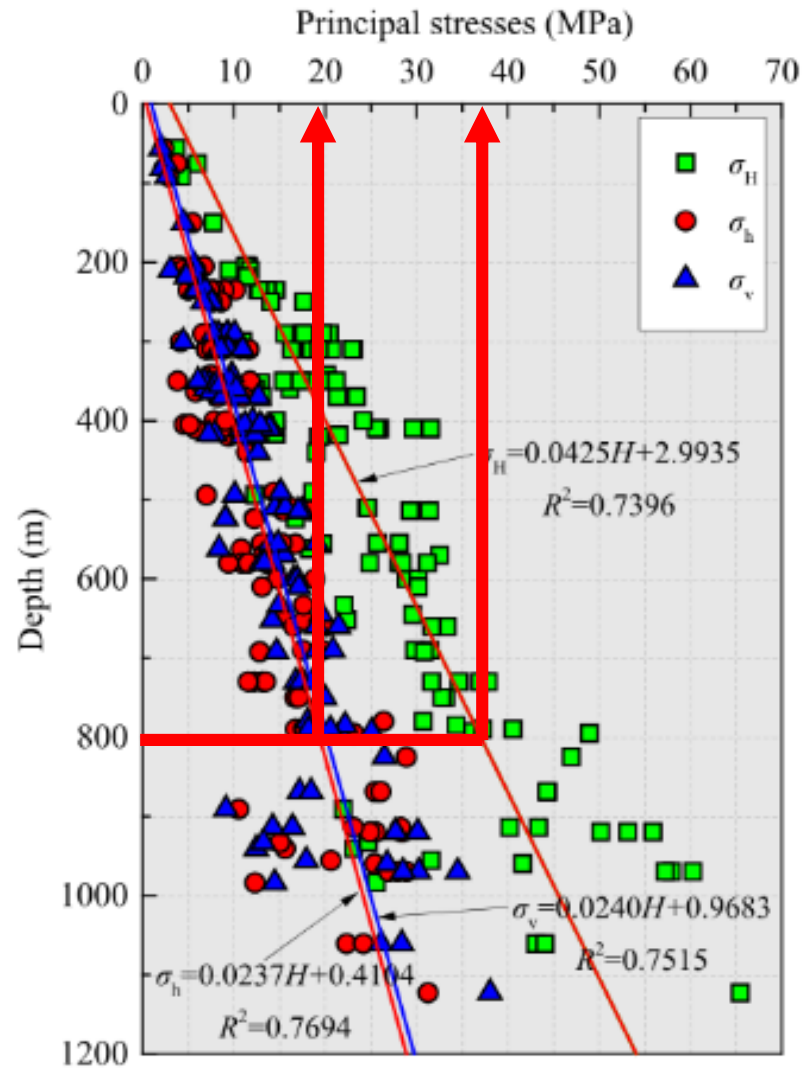


Exercise 3

2) Représentez plusieurs cercles de Mohr de cette zone.

A 1000m: σ_1 (σ_H) = 45 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=25 MPa

A 800m: σ_1 (σ_H) = 37 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=19 MPa



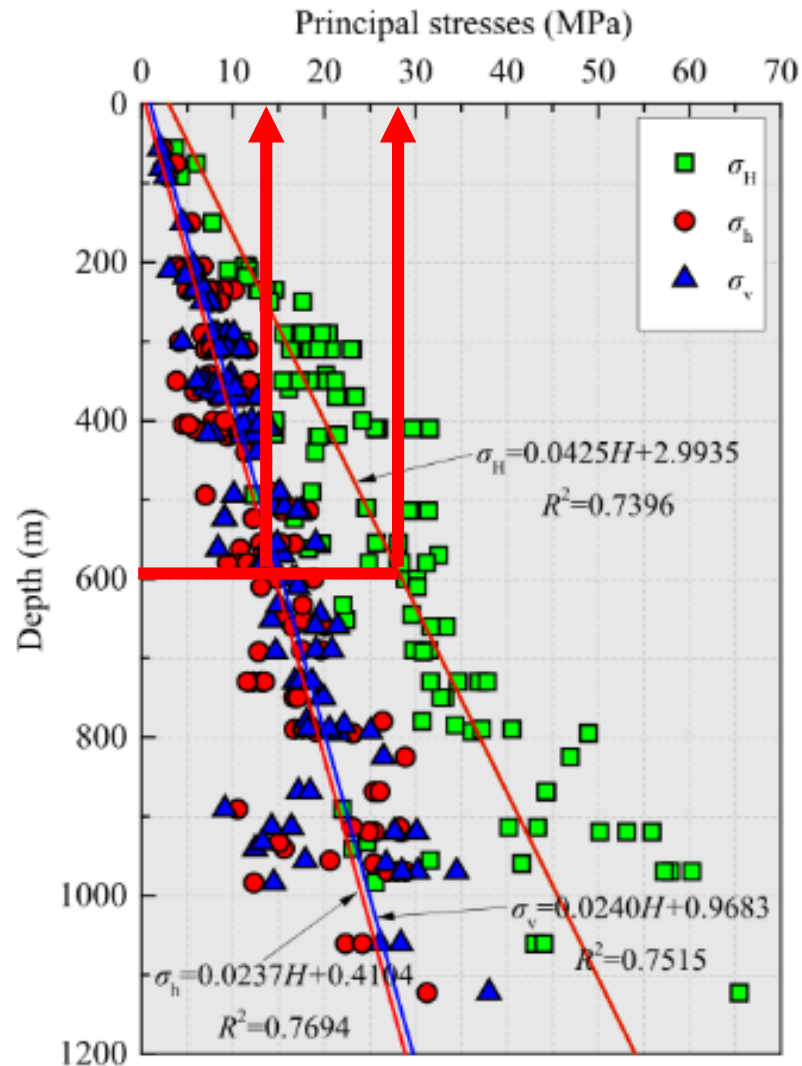
Exercise 3

2) Représentez plusieurs cercles de Mohr de cette zone.

A 1000m: σ_1 (σ_H) = 45 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=25 MPa

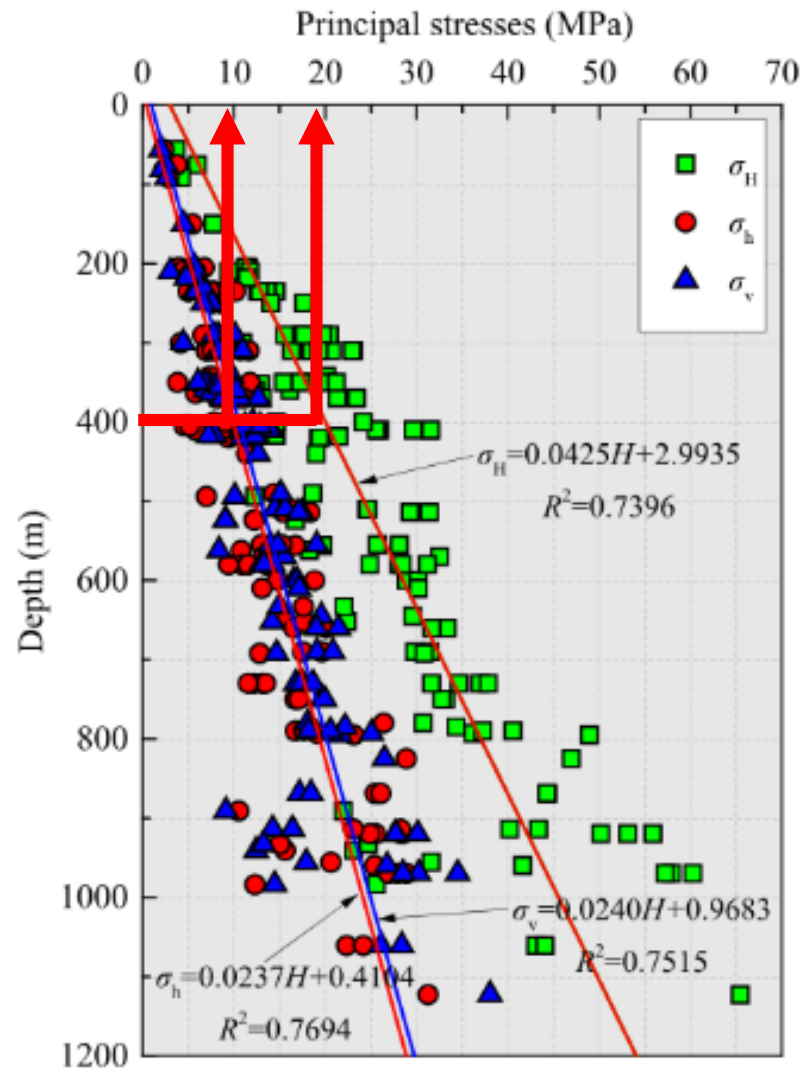
A 800m: σ_1 (σ_H) = 37 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=19 MPa

A 600m: σ_1 (σ_H) = 27 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=14 MPa



Exercise 3

2) Représentez plusieurs cercles de Mohr de cette zone.



A 1000m: σ_1 (σ_H) = 45 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=25 MPa

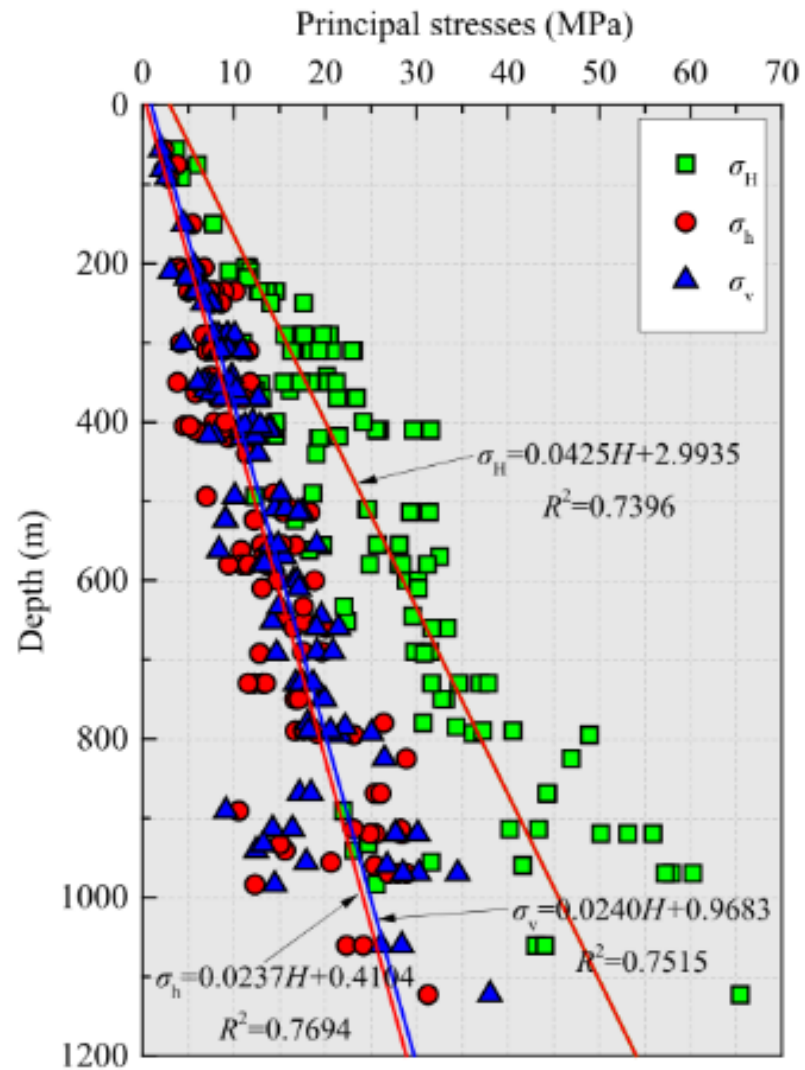
A 800m: σ_1 (σ_H) = 37 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=19 MPa

A 600m: σ_1 (σ_H) = 27 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=14 MPa

A 400m: σ_1 (σ_H) = 19.5 MPa; σ_3 (σ_h/σ_v)=9.5 MPa

Exercise 3

2) Représentez plusieurs cercles de Mohr de cette zone.

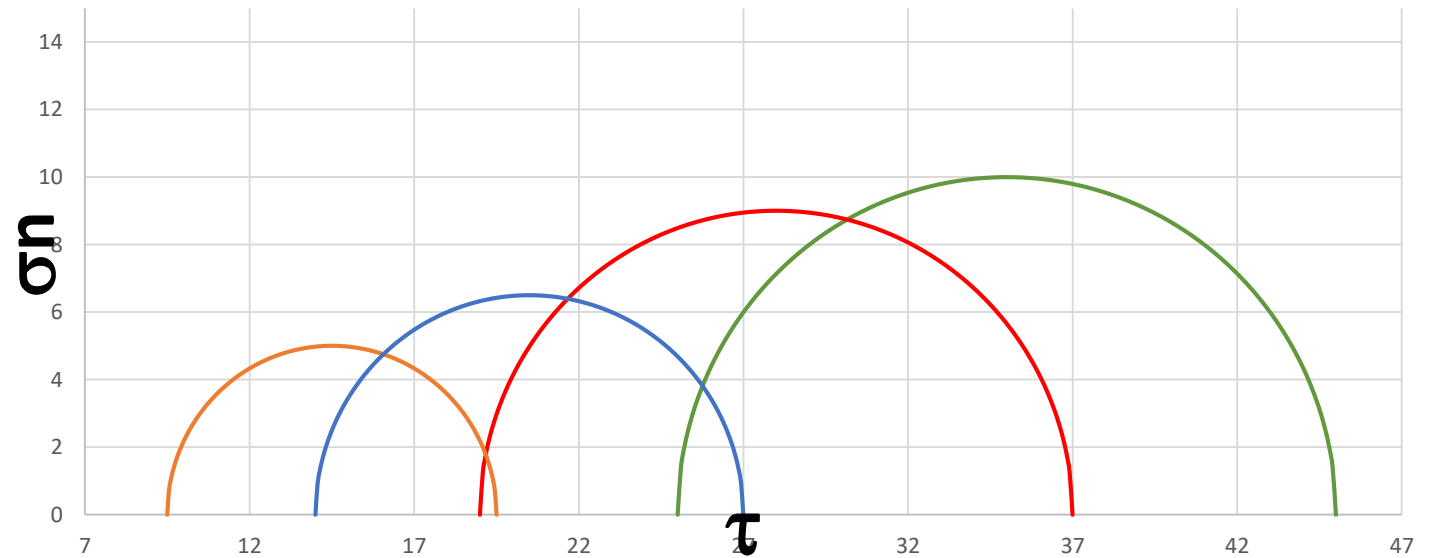


A 1000m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 45$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v)=25$ MPa

A 800m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 37$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v)=19$ MPa

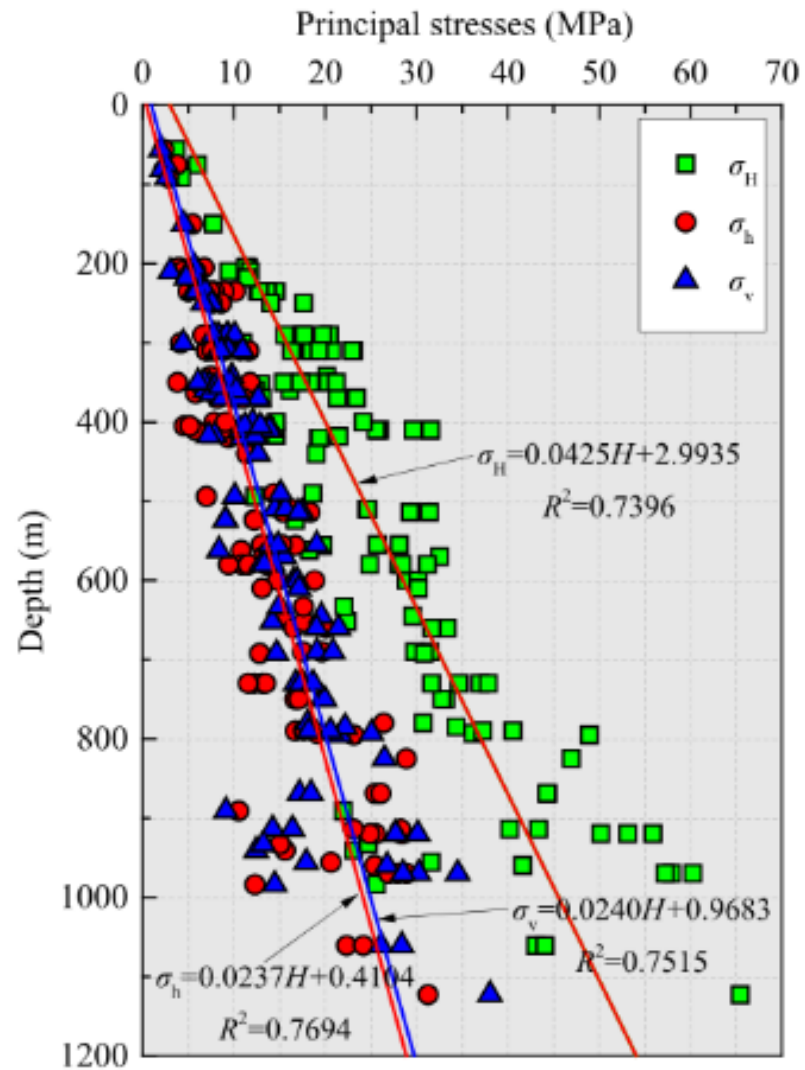
A 600m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 27$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v)=14$ MPa

A 400m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 19.5$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v)=9.5$ MPa



Exercise 3

3) Représentez le critère de coulomb $\tau = 0.32\sigma_n + 1.3$

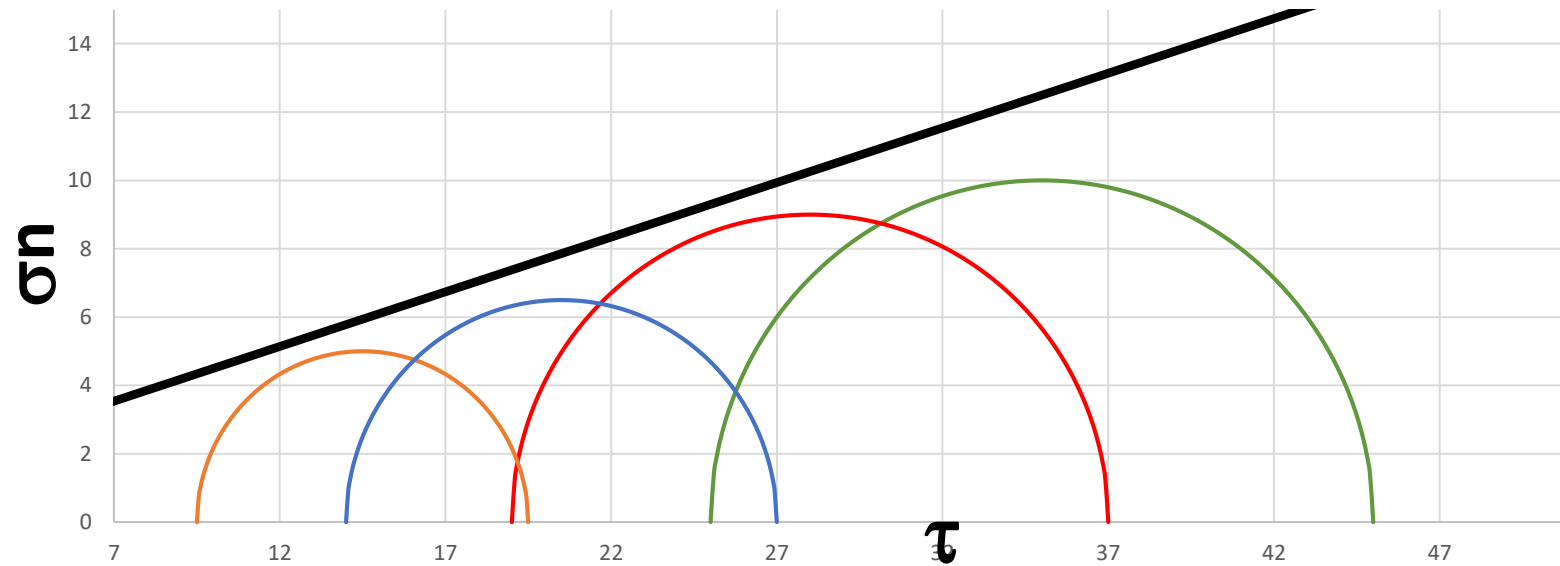


A 1000m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 45$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v) = 25$ MPa

A 800m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 37$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v) = 19$ MPa

A 600m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 27$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v) = 14$ MPa

A 400m: $\sigma_1 (\sigma_H) = 19.5$ Mpa; $\sigma_3 (\sigma_h/\sigma_v) = 9.5$ MPa



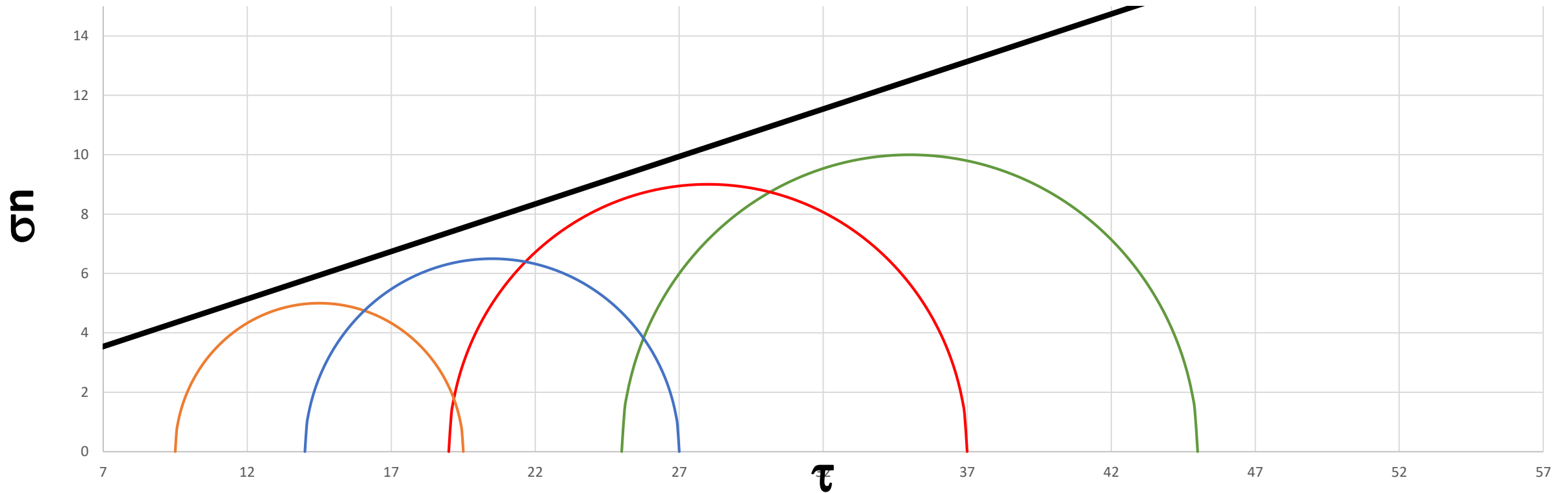
Exercice 3

4) La pression d'eau varie avec la hauteur en suivant la relation :

$$p = \rho g h$$

Où p représente la pression, ρ représente la densité du fluide, g la gravité, h la hauteur de la colonne de fluide.

Comment la variation de pression de pore fait-elle varier l'état de contrainte ?



Exercice 3

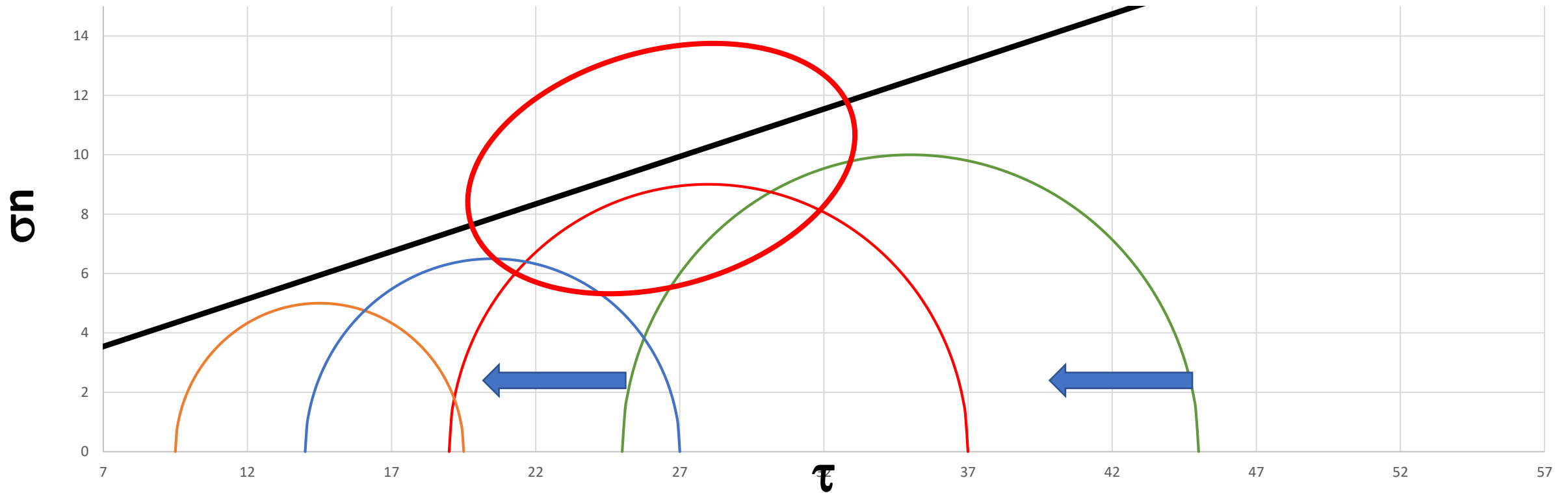
On décale les cercles => gauche
=> Rupture plus proche

4) La pression d'eau varie avec la hauteur en suivant la relation :

$$p = \rho g h$$

Où p représente la pression, ρ représente la densité du fluide, g la gravité, h la hauteur de la colonne de fluide.

Comment la variation de pression de pore fait-elle varier l'état de contrainte ?



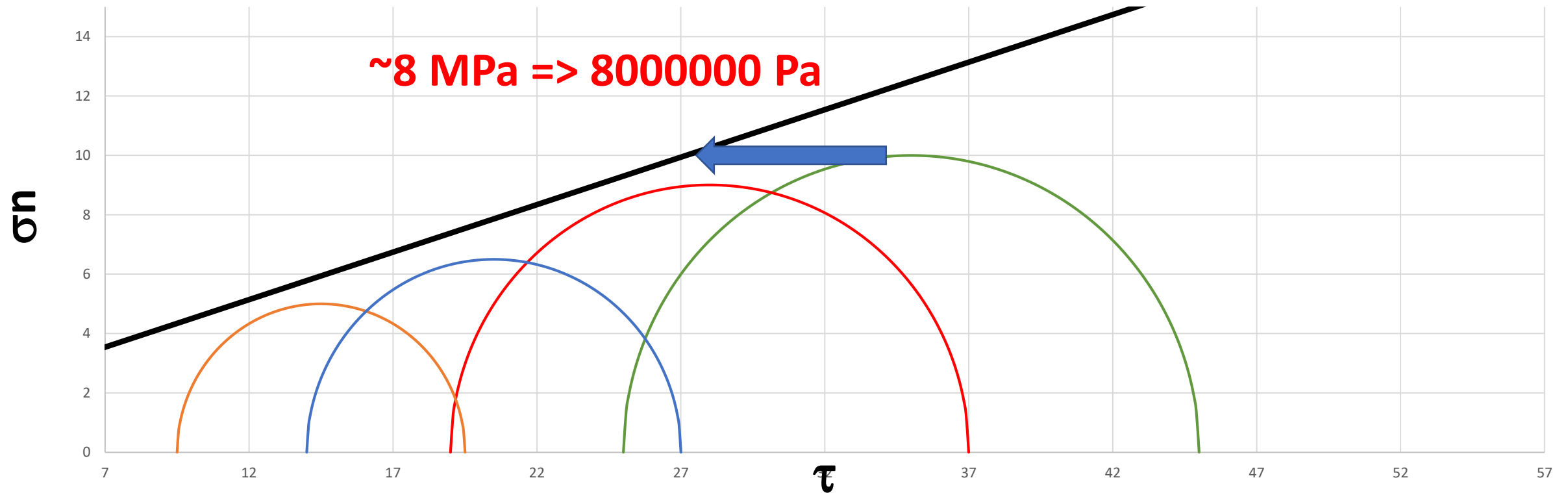
Exercice 3

Nous souhaitons créer une retenue d'eau pour un barrage. Pour quelle hauteur d'eau risque-t-on de réactiver une faille qui se trouve sous la retenue ?

$$h = P / \rho g$$

$$h = 8000000 \text{ (Pa)} / 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 9.81 \text{ (m/s)} = \mathbf{815m}$$

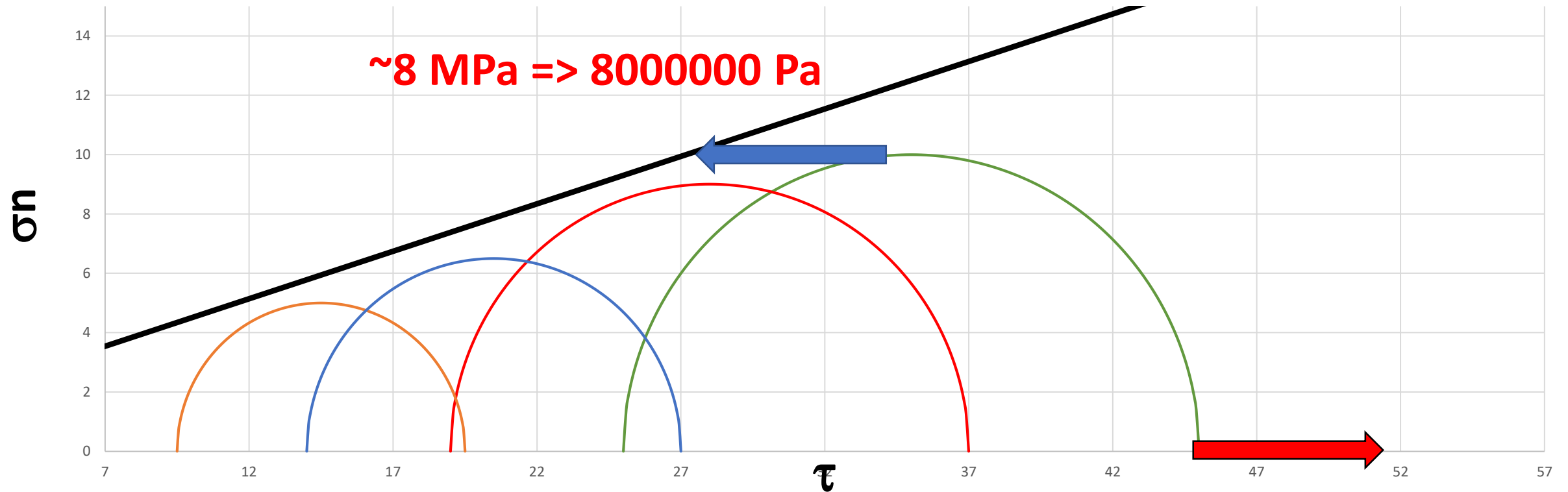
NB: pascal (Pa) = $\text{N/m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$



Exercice 3

Nous souhaitons créer une retenue d'eau pour un barrage. Pour quelle hauteur d'eau risque-t-on de réactiver une faille qui se trouve sous la retenue ?

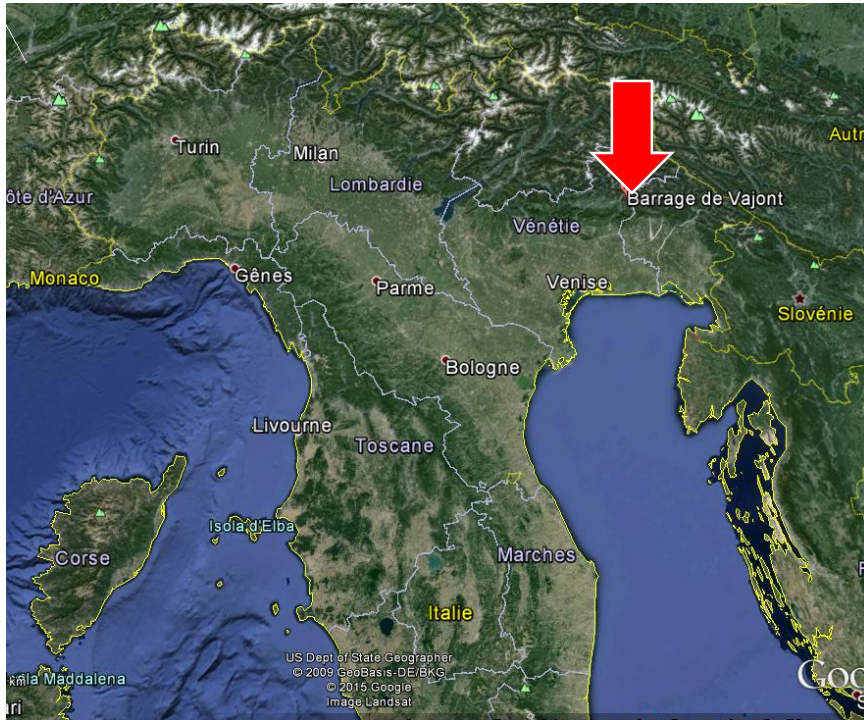
Augmentation de la colonne d'eau => pressions hydrostatique (poids colonne d'eau)
=> σ_1 augmente => effet limitant (?)



Exercice 3

Une des causes possibles dans la catastrophe du barrage du Vajont (Italie) ?

Le barrage de Vajont (Dolomites, Italie)



« Diga Vajont » par Tor91 at it.wikipedia -
Riccardo Sartor

Exercice 3

Une des causes possibles dans la catastrophe du barrage du Vajont (Italie) ?

Quelques dates importantes:

- Construit de 1956 à 1959.
- 1960-1962: mise en eau progressive => accélération du glissement
- 4/11/1960: premier glissement important (700000m³)
- **Étés 1962–1963 :**
- Le versant du Mont Toc continue à **bouger lentement**, mais régulièrement.
- Les géologues parlent d'un glissement **lent mais croissant**, indiquant une instabilité profonde.
- Les vitesses de glissement atteignent jusqu'à **20 cm/jour**.
- SADE décide d'**abaisser rapidement le niveau du lac** de 700 à 650 m, pour tenter de soulager le versant.
- **Début octobre 1963 :**
- Les vitesses passent à plus d'**1 mètre par jour**.
- Plusieurs habitants sont **évacués temporairement**, mais aucune alerte générale n'est lancée
- Le 9 octobre 1963 à 22 h 39, **un glissement de terrain** fait s'écrouler
- **260 millions de mètres-cubes** de terres et de roches dans le lac à plus de **110 km/h**.
- Deux vagues de 25 millions de mètres-cubes débordent le barrage. la masse d'eau détruit les localités de Longarone, Pirago, Rivalta, Villanova et Fae, situées dans la vallée

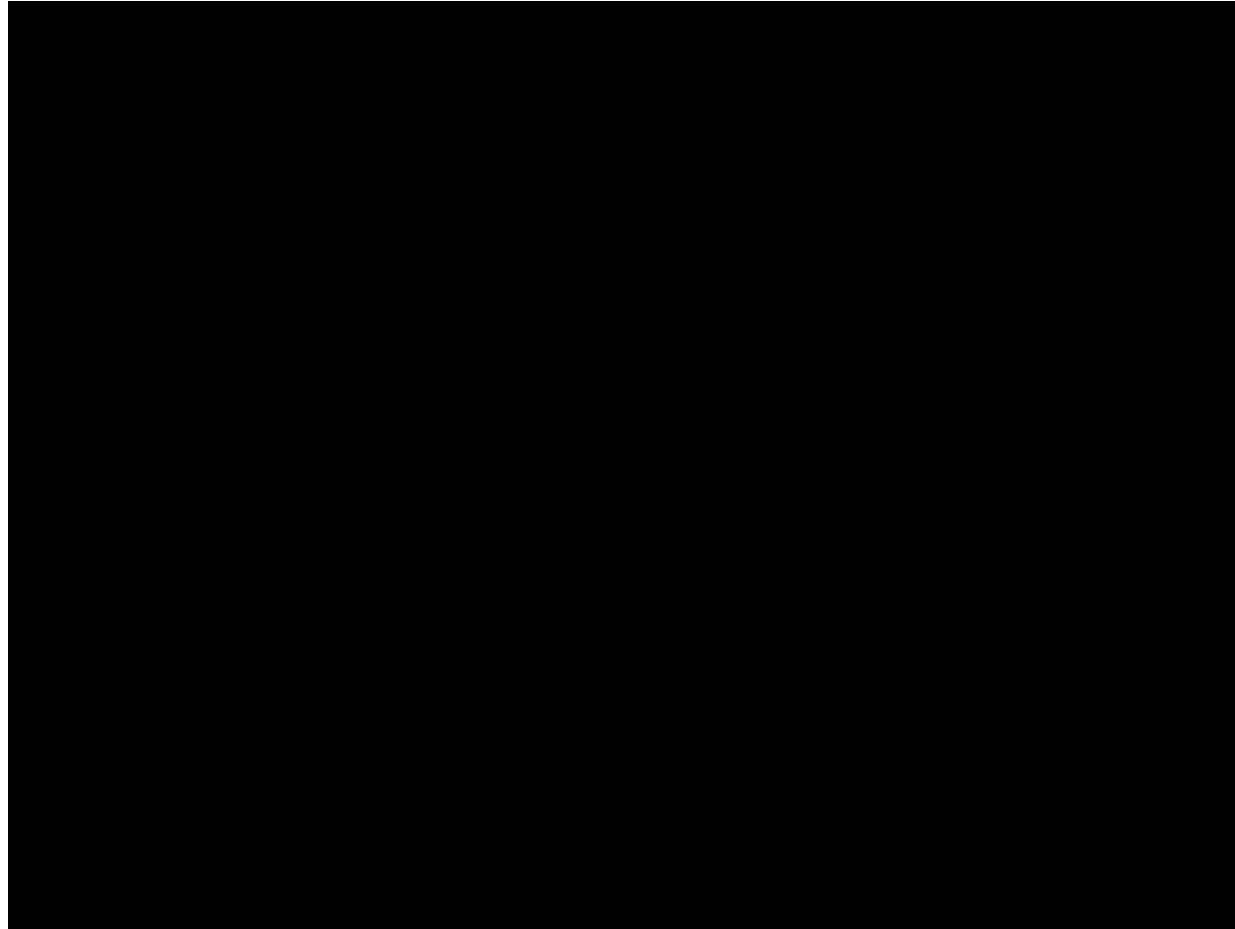
On estime à environ **1 900 le nombre de personnes tuées** par le tsunami

Le barrage, lui, n'a pratiquement pas été endommagé

Exercice 3

Une des causes possibles dans la catastrophe du barrage du Vajont (Italie) ?

<https://www.youtube.com/watch?v=uqkFXm2HtMA>

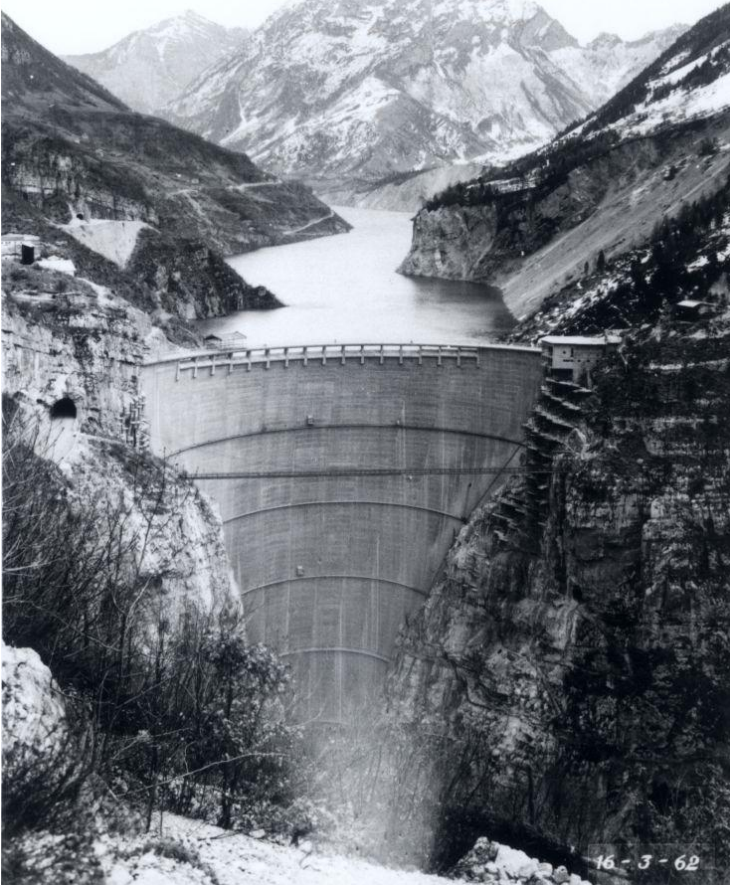


IV. Processus gravitaires

Exercice 3

Une des causes possibles dans la catastrophe du barrage du Vajont (Italie) ?

Avant



Le 10 octobre 1963



Exercice 3

Une des causes possibles dans la catastrophe du barrage du Vajont (Italie) ?



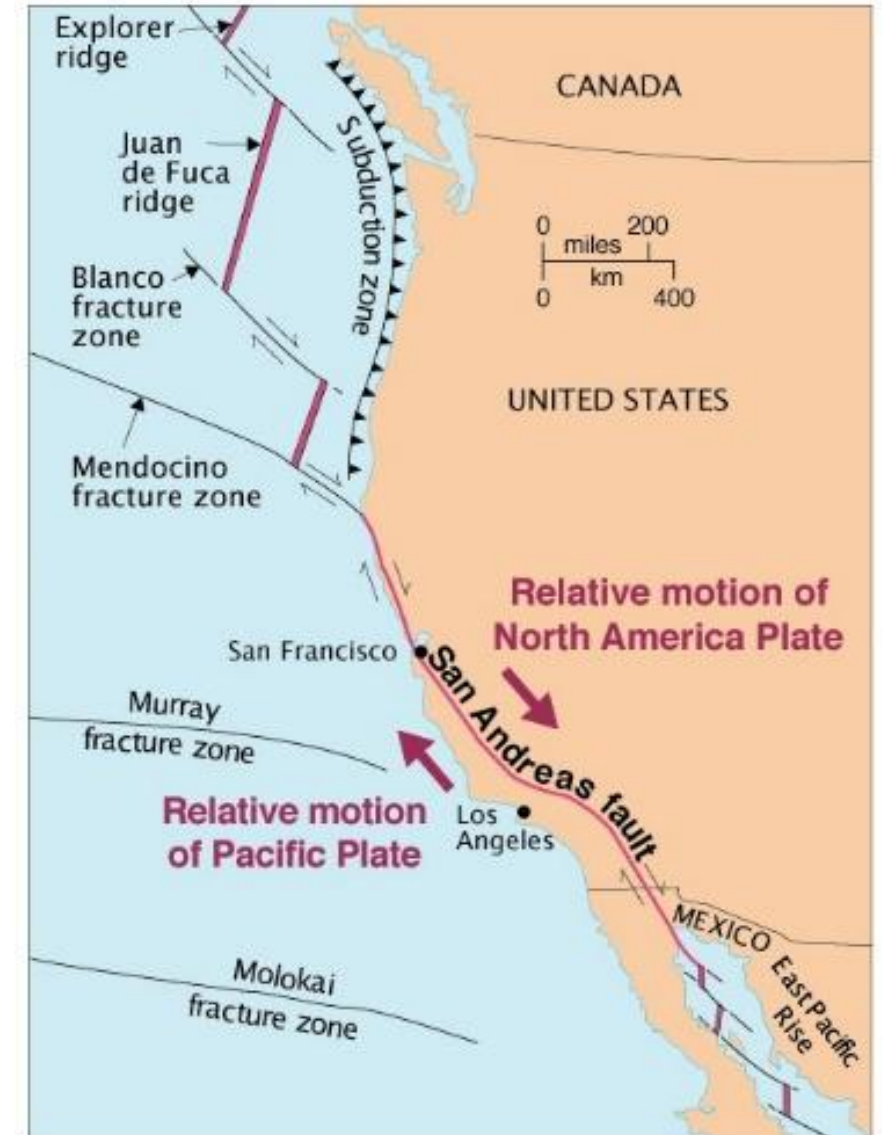
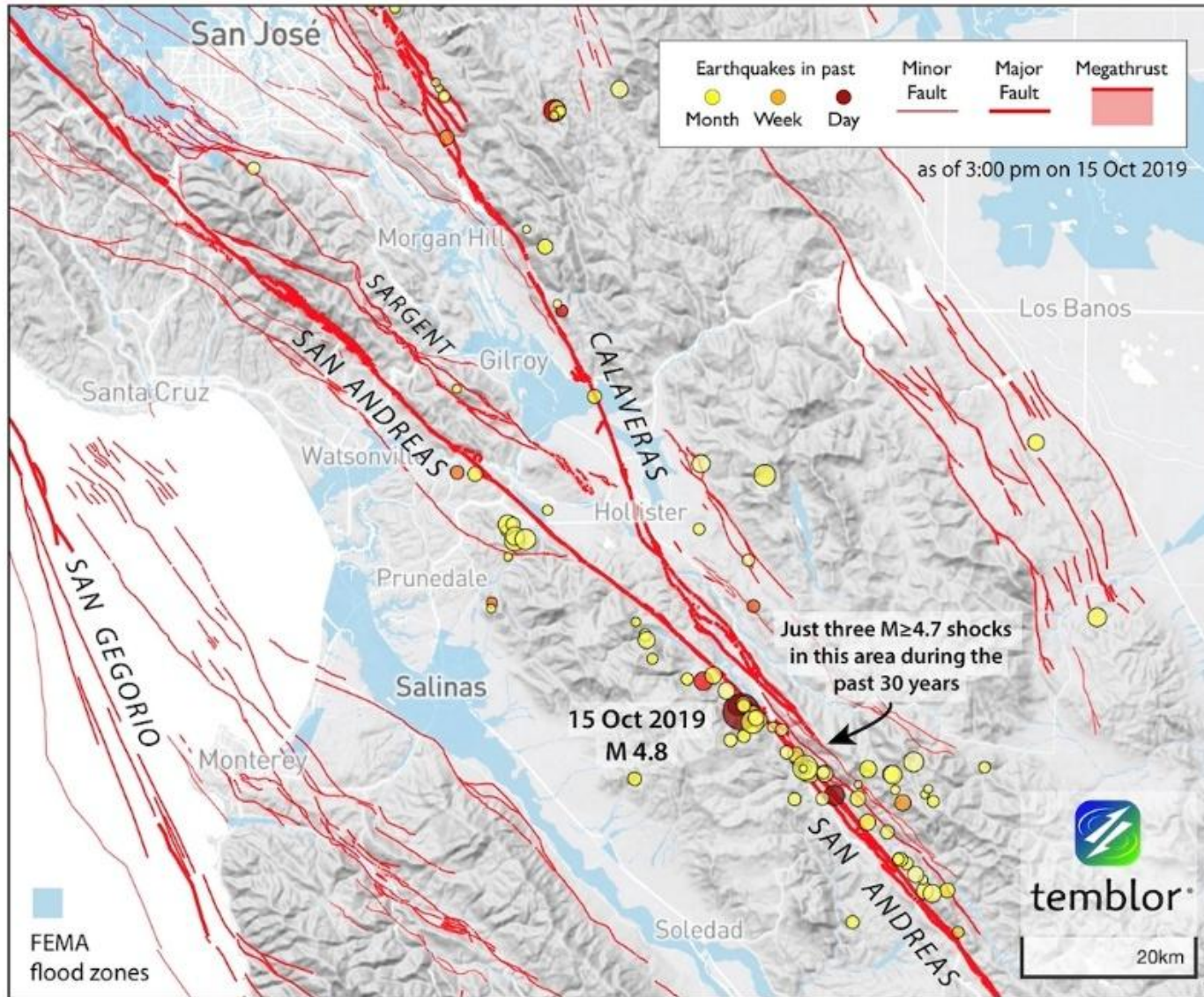
Exercice 3

Une des causes possibles dans la catastrophe du barrage du Vajont (Italie) ?



Exercise 4

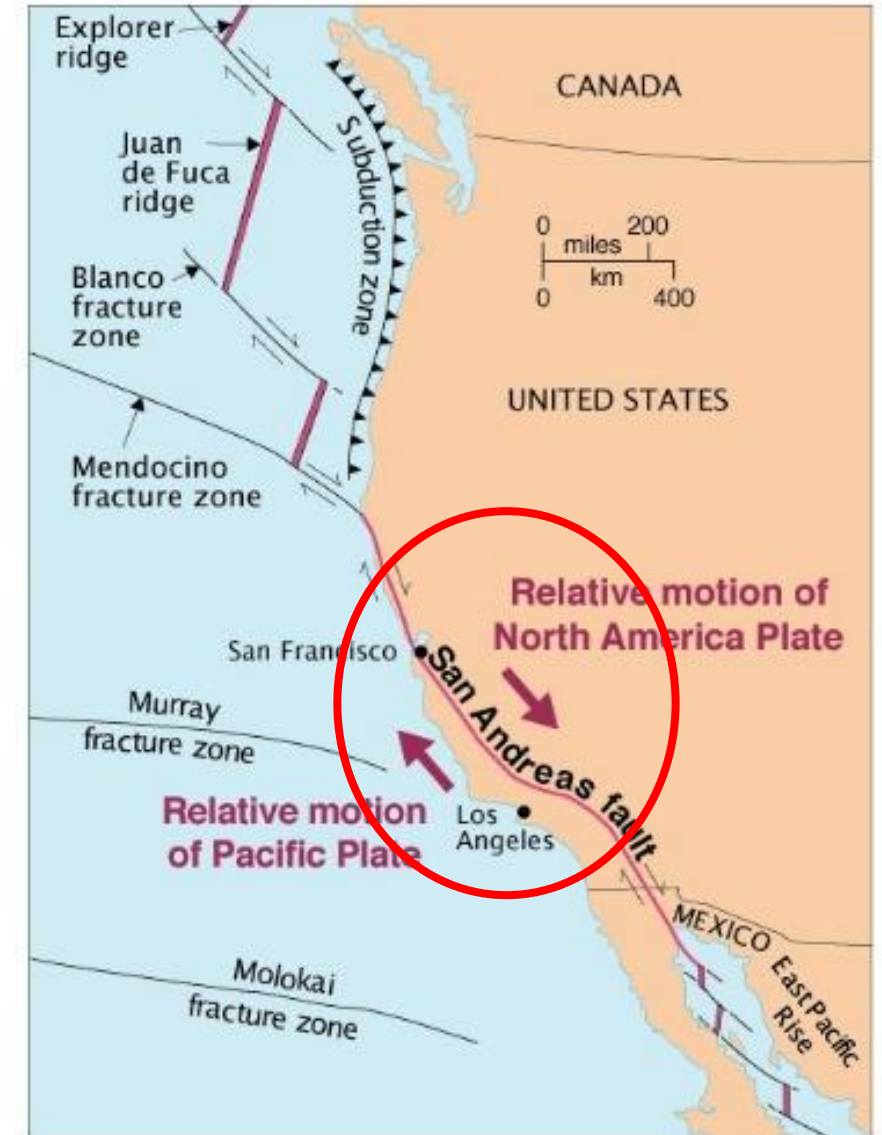
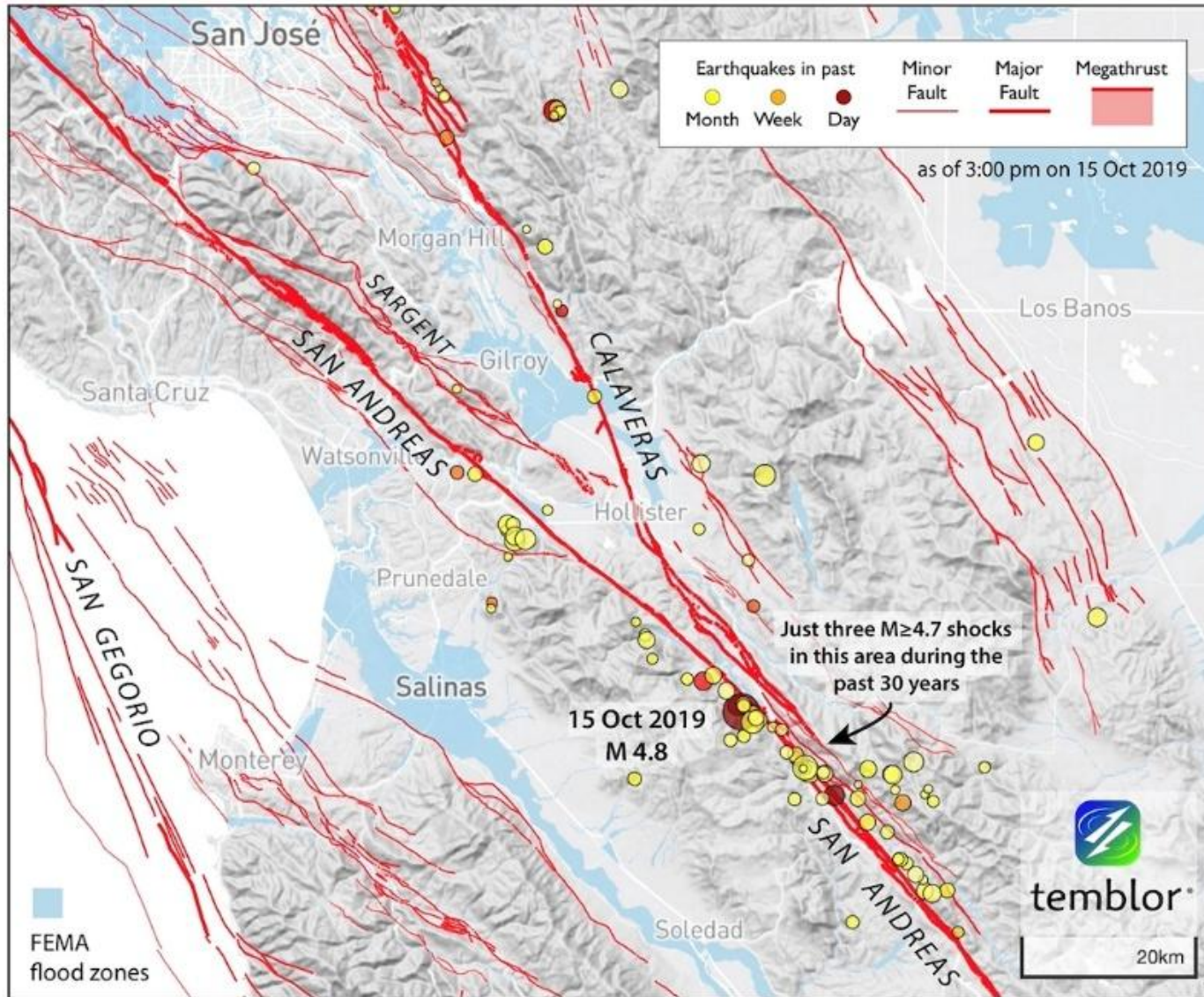
1) Quel est le type de régime tectonique auquel cette faille est soumise ?



Exercice 4

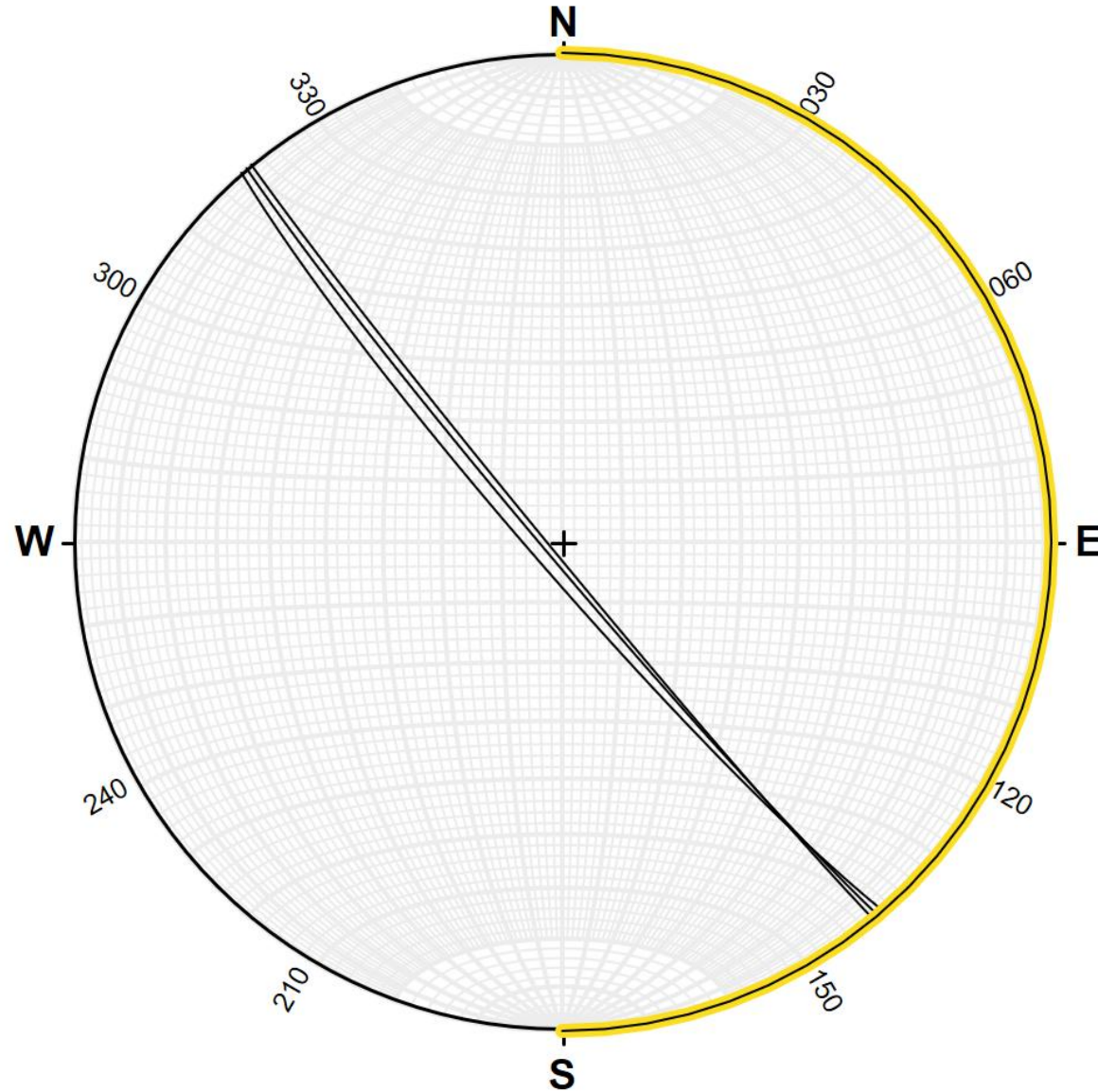
1) Quel est le type de régime tectonique auquel cette faille est soumise ?

Faille décrochante dextre– NB: aussi une faille transformante continentale (voir cours J. Charreau à venir



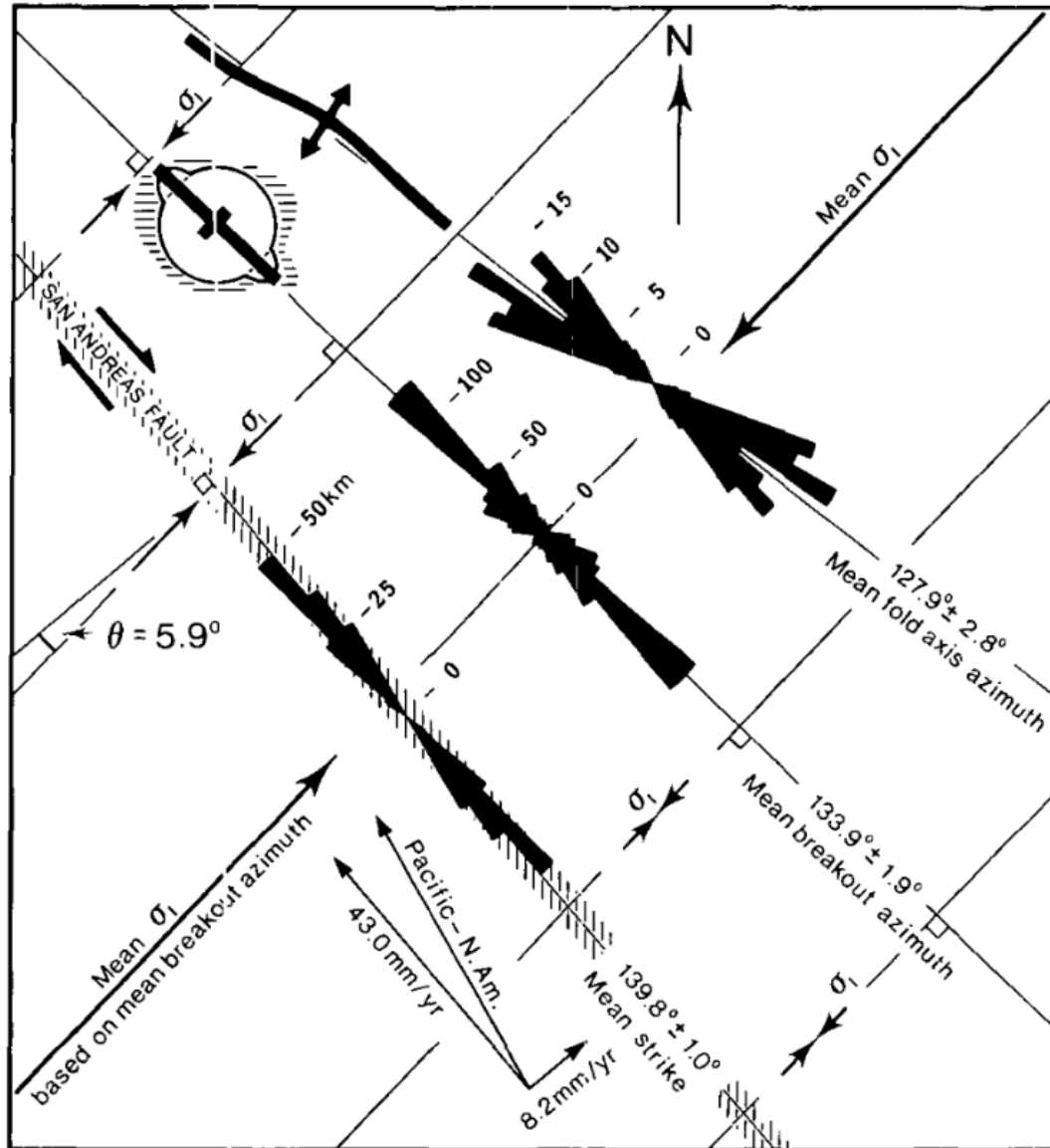
Exercice 4

2) Représentez l'orientation du système de faille en projection stéréographique.



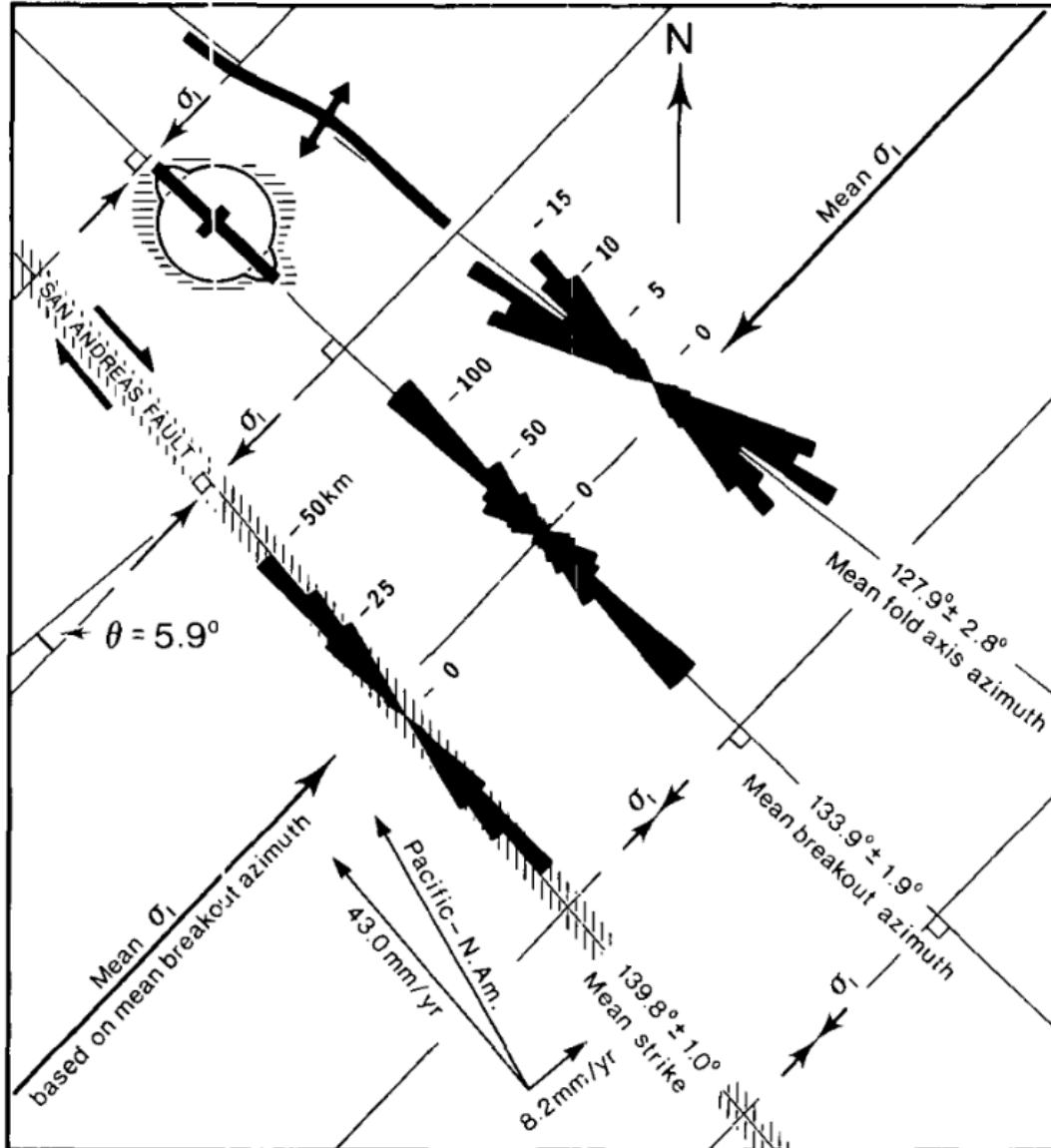
Exercice 4

3) D'après la figure précédente, quelle est l'orientation du champ de contrainte régional ? Est-ce en accord avec le mouvement de la faille ?

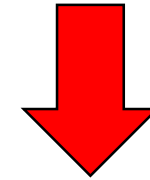


Exercice 4

3) D'après la figure précédente, quelle est l'orientation du champ de contrainte régional ? Est-ce en accord avec le mouvement de la faille ?



σ_1 ~perpendiculaire à la direction de la FSA !



Contrainte tangentielle faible
MAIS
Gros séismes



Friction sur la faille faible??