

Geomechanics & Energy

Borehole stability

Corrigé

Exercice 1 : Contrôle de la zone en rupture

On considère un forage à 1500 m de profondeur. La contrainte verticale en place est donnée par le poids des terrains.

La masse volumique de la roche est 2700 kg/m³. Les contraintes en place horizontales mineure et majeure sont données respectivement par un coefficient $K_{0h} = 0.8$ et $K_{0H} = 1.4$.

La pression du fluide dans le réservoir est donnée par la contrainte hydrostatique.

La roche a un coefficient de Poisson de 0.2, une résistance en compression simple de 45 MPa, un angle de frottement de 40° et une résistance en traction de 2 MPa.

1. Quelle doit être la densité de la boue de forage pour assurer qu'aucune rupture ne se produit en paroi ?
2. On accepte à présent de réduire la densité de la boue tout en limitant l'extension de la zone en rupture. Quelle doit être la densité de boue minimale pour que la zone en rupture à la paroi du forage n'excède pas un angle de 60° ?

Corrigé

A 1500 m de profondeur $\sigma_v = 40.5$ MPa; $\sigma_h = 32.4$ MPa; $\sigma_H = 56.7$ MPa; $p_f = 15$ MPa;

1. A la paroi $\sigma_r < \sigma_z < \sigma_\theta$, $p_{w,\min} = p_f + \frac{3\sigma_H - \sigma_h - 2p_f - \sigma_c}{1 + \tan^2 \beta} = 26.2$ MPa; $\rho_{\min} = 1746$ kg/m³

$$p_{w,\max}^{\text{frac}} = 3\sigma_h - \sigma_H - p_f + \sigma_T = 27.5 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 1833 \text{ kg/m}^3$$

On propose de prendre une densité de boue de 1800 kg/m³.

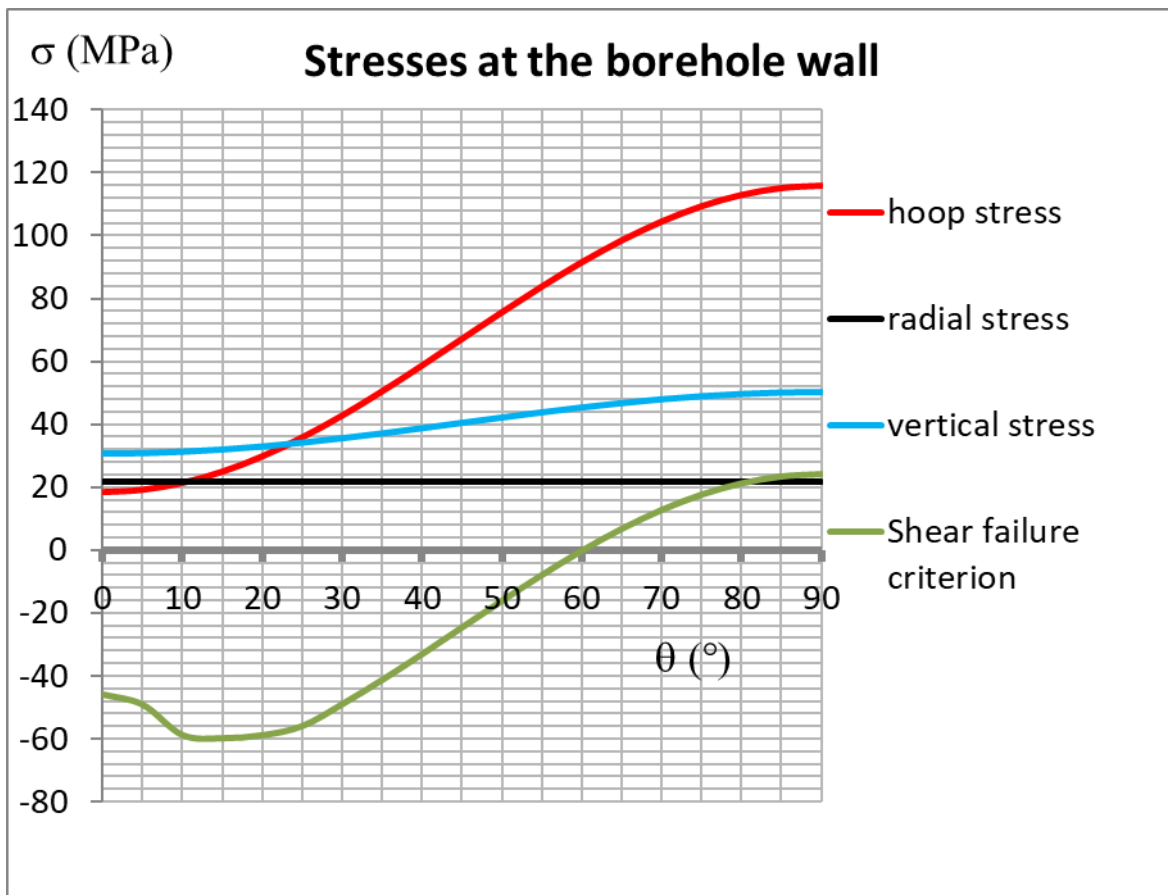
2. La rupture en cisaillement se développe en paroi dans la direction de la contrainte horizontale mineure ($\theta = \pi/2$). Dans cette zone les contraintes minimale et maximale sont σ_r et σ_θ respectivement.

$$\sigma'_r = p_w - p_f$$

$$\sigma'_\theta = \sigma_v + \sigma_h - 2(\sigma_v - \sigma_h)\cos 2\theta - p_w - p_f$$

$$\sigma'_z = \sigma_H - 2\nu(\sigma_v - \sigma_h)\cos 2\theta - p_f$$

Pour $\theta = 60^\circ$, on détermine la pression de boue pour laquelle le critère de rupture en cisaillement $\sigma'_\theta = C_0 + K_p \sigma'_r$ est atteint. On obtient que pour une densité de boue supérieure à 1460 kg/m^3 , la zone de rupture est inférieure à 60° .



Exercice 2 : puits horizontal

On considère un puits horizontal à une profondeur de 3000 m excavé dans la direction de la contrainte horizontale majeure.

La contrainte verticale en place est donnée par le poids des terrains.

La masse volumique de la roche est 2700 kg/m^3 . Les contraintes en place horizontales mineure et majeure sont données respectivement par un coefficient $K_{0h} = 0.8$ et $K_{0H} = 1.2$.

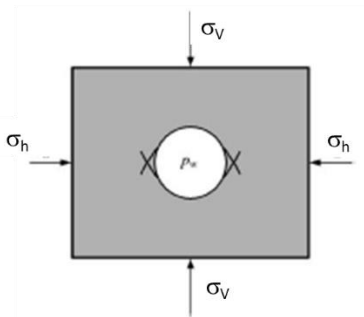
La pression du fluide dans le réservoir est donnée par la contrainte hydrostatique.

La roche a un coefficient de Poisson de 0.15, une résistance en compression simple de 45 MPa, un angle de frottement de 40° et une résistance en traction de 2 MPa.

On suppose le puits imperméable.

1. Quelle doit être la densité de la boue de forage pour assurer qu'aucune rupture ne se produit en paroi ?
2. Quelle serait l'extension de la zone en rupture si le puits est excavé dans la direction de la contrainte principale mineure ?

Corrigé :



$$\begin{aligned}\sigma'_r &= p_w - p_f \\ \sigma'_\theta &= \sigma_v + \sigma_h - 2(\sigma_v - \sigma_h)\cos 2\theta - p_w - p_f \\ \sigma'_z &= \sigma_H - 2\nu(\sigma_v - \sigma_h)\cos 2\theta - p_f\end{aligned}$$

$$1. \text{ A la paroi } p_{w,\min} = p_f + \frac{3\sigma_v - \sigma_h - 2p_f - \sigma_c}{1 + \tan^2 \beta} = 43.1 \text{ MPa}; \rho_{\min} = 1436 \text{ kg/m}^3$$

$$p_{w,\max}^{\text{frac}} = 3\sigma_h - \sigma_v - p_f + \sigma_T = 85.4 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 2846 \text{ kg/m}^3$$

2. Pour un puits dans la direction de la contrainte horizontale mineure

$$\begin{aligned}\sigma'_r &= p_w - p_f \\ \sigma'_\theta &= \sigma_v + \sigma_H - 2(\sigma_v - \sigma_H)\cos 2\theta - p_w - p_f \\ \sigma'_z &= \sigma_h - 2\nu(\sigma_v - \sigma_H)\cos 2\theta - p_f\end{aligned}$$

On résout $\sigma'_\theta - K_p \sigma'_r - \sigma_c \geq 0$: la zone de rupture s'étend symétriquement sur un arc d'environ 90° centré dans la direction verticale.