

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC  
SESSION DE NOVEMBRE 2014

Toute documentation permise  
Calculatrices : modèles autorisés seulement  
Durée de l'examen : 3 heures

**14-MI-A6 MECANIQUE DES ROCHES APPLIQUEE**

**Question 1 (10 points)**

Les contraintes suivantes agissent en un point:

$$\begin{pmatrix} 12 & -8 & 0 \\ -8 & 21 & 0 \\ 0 & 0 & -5 \end{pmatrix}$$

- (a) Représenter un élément différentiel parallélépipédique soumis à cet état de contraintes;
- (b) Déterminer les contraintes principales ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  et  $\sigma_3$ ) qui agissent en ce point.

**Question 2 (10 points)**

Les mesures de contraintes dans un massif rocheux ont permis d'identifier le tenseur suivant :

$$\begin{pmatrix} 125 & 0 & 0 \\ 0 & 55 & 0 \\ 0 & 0 & 20 \end{pmatrix} \text{ MPa}$$

Évaluer la possibilité de rupture du massif rocheux considérant que celui-ci peut être représenté par un critère de rupture de Hoek-Brown (1980) où  $m = 4$ ,  $s = 0,001$  et  $\sigma_c = 120$  MPa

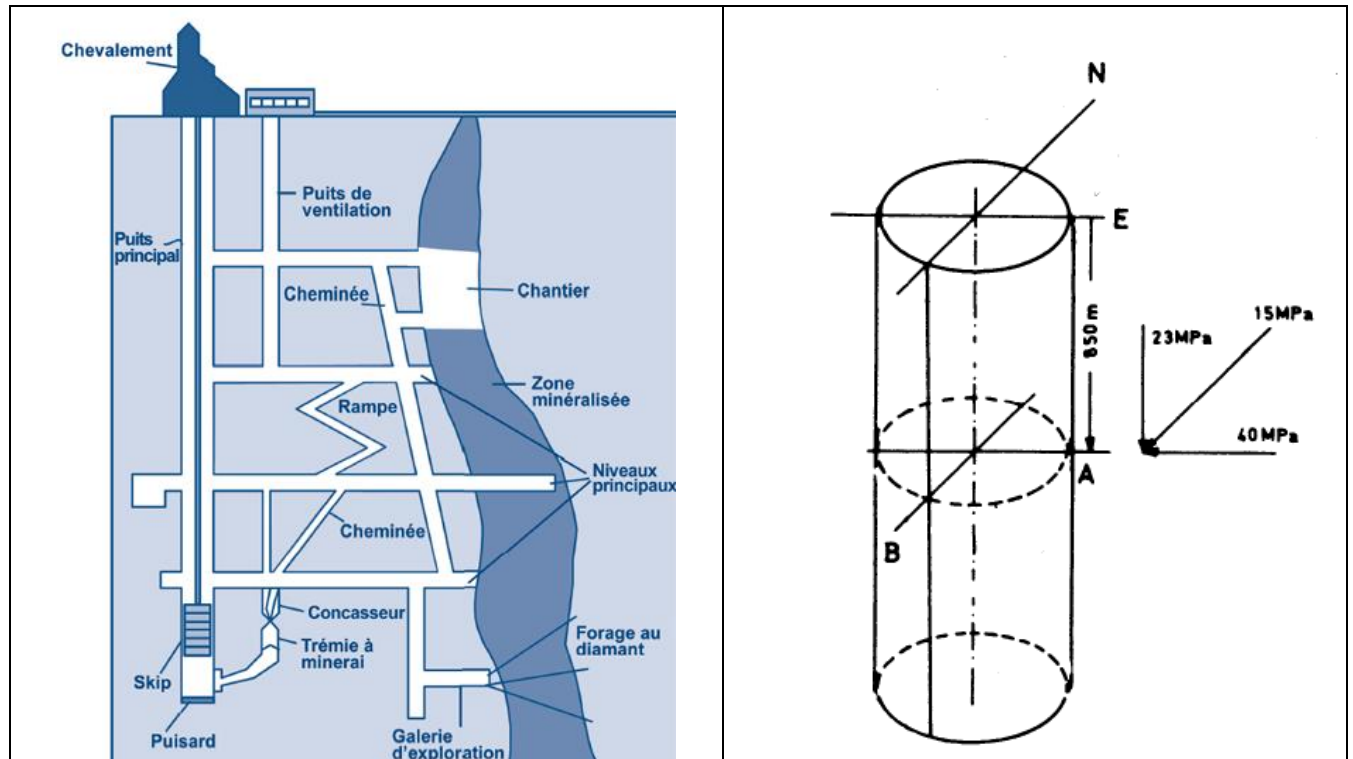
**Question 3 (20 points)**

Un gisement sédimentaire est situé à 350m de profondeur. Il est prévu de l'exploiter par la méthode chambres et piliers réguliers. La largeur des chambres est de 6.0 m et les dimensions des piliers sont de 4.0 x 4.0 m. L'ouverture planifiée (hauteur des piliers) est de 4.0 m.

- Le poids volumique des terrains sus-jacents,  $\gamma = 25.5$  kN/m<sup>3</sup>.
  - Les propriétés du massif rocheux sont :  $m = 6$   $s=0.2$   $\sigma_c = 120$  MPa
  - Les propriétés de la schistosité traversant le pilier, inclinée à 25 degrés par rapport à l'horizontale, caractérisée par un angle de friction de 45 degrés et une cohésion nulle.
- a) Déterminez le facteur de sécurité au centre du pilier pour les conditions planifiées;
    - i. En considérant le pilier comme du roc intact;
    - ii. En considérant le pilier comme du massif rocheux;
    - iii. En considérant la discontinuité.
  - b) Si le facteur de sécurité calculé dans le cas (a) est inférieur à 1.5, proposez une nouvelle planification qui permet d'assurer un facteur de sécurité égal à 1.5;
  - c) Discutez de vos résultats.

#### Question 4 (20 points)

La figure suivante montre l'infrastructure d'une mine souterraine. Une analyse préliminaire des contraintes induites par le percement du puits principal est nécessaire. Le puits principal a approximativement 8m de diamètre. Un puits de ventilation sera excavé à une distance de 10m du puits principal.

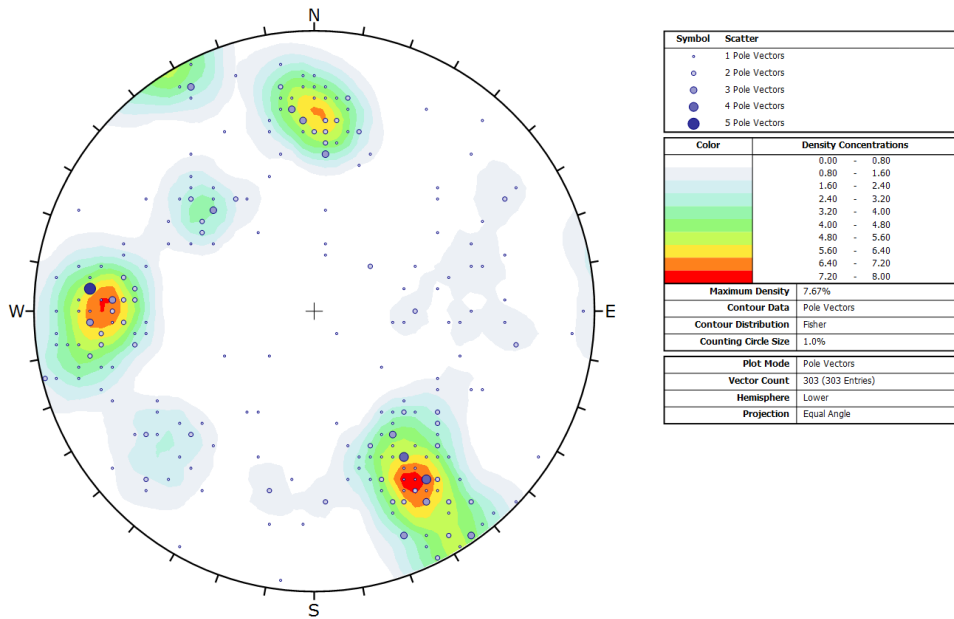


Dans cette analyse préliminaire, notre intérêt premier est de déterminer les contraintes induites à une profondeur de 850m. Des résultats d'essais ont montré que les contraintes in-situ étaient d'environ 40 MPa (Est – Ouest) et 15 MPa (Nord – Sud). Les contraintes verticales ont été déterminées par la relation  $0.027\text{MPa/m}$ .

1. Déterminez les contraintes induites aux extrémités Nord et Est du puits principal;
2. Déterminez les contraintes induites aux extrémités Nord et Ouest du puits de ventilation;
3. Proposer un positionnement optimal pour le puits de ventilation sachant que le massif rocheux est caractérisé par un GSI de 80, un  $m_i$  de 20 et UCS intact de 80MPa.

Expliquez et justifiez votre méthodologie. Identifiez clairement les limites de votre analyse.

### Question 5 – 20 points



Une campagne de relevés structuraux a permis de quantifier l'orientation de 303 structures. La figure précédente présente les pôles de ces structures. Sachant qu'une pente rocheuse sera excavée - à un pendage de 65 degrés et une direction de pendage de 160 degrés - au travers de ce massif rocheux, identifiez les modes potentiels de rupture. Déterminez la direction du mouvement et le(s) plan(s) de glissement. Estimez l'angle de friction des fractures à 30 °. Répétez le même exercice pour une pente ayant un pendage de 70 degrés et une direction de pendage de 270 degrés.

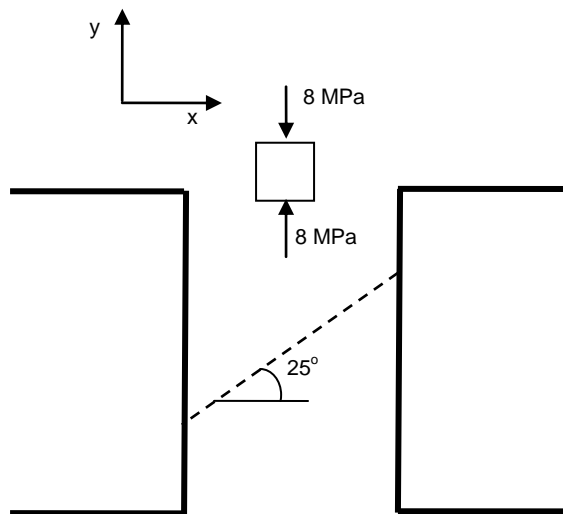
NB : Les paramètres d'orientation sont [pendage du plan / direction du pendage du plan].

**Question 6 (20 points)**

Les résultats suivants ont été obtenus lors d'essais de cisaillement direct effectués sur des discontinuités sèches et rugueuses.

Contrainte normale $\sigma_n$ (MPa)	Contrainte de cisaillement (pic) $\tau_{pic}$ (MPa)
0,25	0,55
0,50	1,10
0,75	1,70
1,00	2,25
1,50	3,35
2,00	3,55
3,00	3,85
4,00	4,20
5,00	4,50

- Proposer un critère de rupture bilinéaire de Patton.
- Évaluer l'angle d'ondulation  $i$  des discontinuités.
- Utiliser le critère de rupture de Patton trouvé en (a) pour évaluer s'il peut y avoir glissement le long d'une discontinuité dans un pilier soumis à une charge uniaxiale de 8 MPa tel qu'illustré à la figure suivante. La discontinuité est inclinée à  $25^\circ$  par rapport à l'horizontale.



**Informations possiblement utiles**

