

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC
SESSION DE NOVEMBRE 2025

Note au sujet de la propriété intellectuelle des modèles d'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec

Les modèles d'examen se trouvant sur le site internet de l'Ordre des ingénieurs du Québec sont la propriété exclusive de l'Ordre et leur utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de ces modèles constitue une violation de la propriété intellectuelle et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de ses modèles d'examen.

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

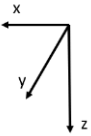
Durée de l'examen : 3 heures

4 feuilles de papier calque.

18-GE-A5 MÉCANIQUE DES ROCHES

Question 1 (20 points)

Les contraintes suivantes agissent en un point selon le référentiel x-y-z suivant :

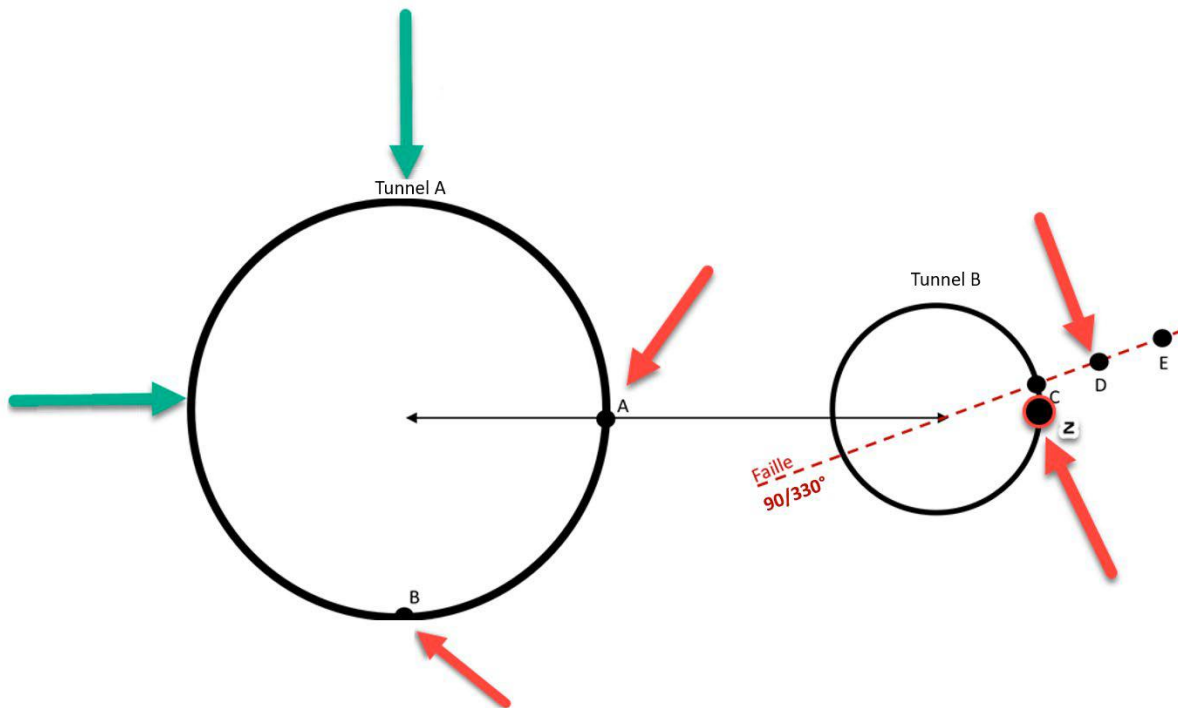
$$\begin{pmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & -6 & -4 \\ 0 & -4 & 5 \end{pmatrix} \text{MPa}$$


- Représenter (i.e. dessiner) un élément différentiel parallélépipédique (i.e. cube) soumis à cet état de contraintes selon le référentiel x-y-z donné;
- Déterminer le nouveau tenseur suite à une rotation de $+60^\circ$ autour de l'axe X (donner la matrice en 3D);
- Déterminer les contraintes principales (σ_1 , σ_2 et σ_3).

Question 2 (25 points)

Deux tunnels sont excavés en Abitibi. L'ordre de d'excavation est : #1 : tunnel A et #2 : tunnel B. Les informations suivantes sont disponibles :

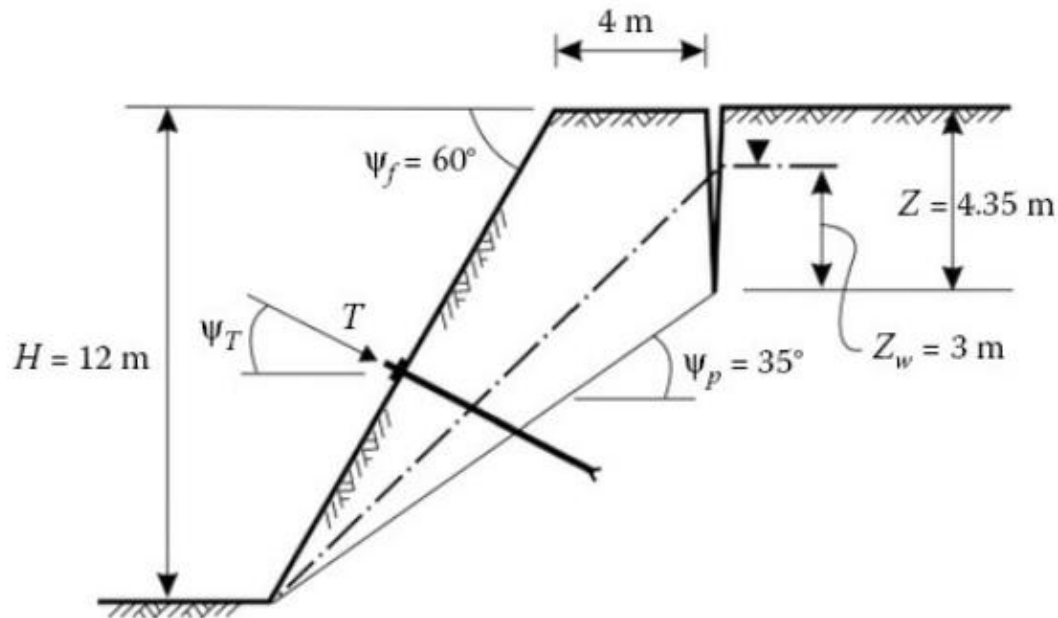
- Diamètre des tunnels A et B 6 m et 4 m
- Distance entre les tunnels (centre à centre) 9 m
- Profondeur de l'analyse 1 200 m
- Masse volumique de 0.027MN/m³
- P contrainte axiale est égale 38.9MPa
- K est de 1.2
- Faille (pendage/direction du pendage) 90/330°
- Faille (angle de friction et cohésion) 22° et 0 MPa
- Distance entre les points C-D et D-E 1 m



- Calculer les contraintes aux points A et B (avant excavation du tunnel B);
- Calculer les contraintes au point Z après l'excavation du tunnel B;
- Calculer les contraintes aux points D (après excavation des deux tunnels);
- Discuter de la stabilité de la faille aux points D

Question 3 (20 points)

Vous devez analyser la stabilité du talus suivant sur une coupe de roc. Le critère de design pour ce type d'ouvrage est un facteur de sécurité de 1.50. L'angle de friction de la discontinuité est de 22 degrés et la cohésion de 30 kPa. Le poids volumique de la roche est de 26 kN/m³.



- Évaluez le facteur de sécurité (FS) dans le cas où le massif rocheux est complètement drainé. (10 pts)
- Faites une analyse de sensibilité sur la hauteur de la nappe. Discutez. (5 pts)
- Proposez un angle de talus permettant d'obtenir un FS supérieur à 1.30 lorsque le massif est drainé. (5 pts)

Question 4 (20 points)

Deux résultats d'essai de cisaillement sont effectués. La première a lieu sur une discontinuité naturelle, rugueuse et sèche. La seconde, sur un échantillon scié. Les résultats sont présentés ci-contre.

Contrainte normale (MPa)	Contrainte de cisaillement sur discontinuité naturelle (MPa)	Contrainte de cisaillement sur discontinuité sciée (MPa)
1	11	0.1
3	10	2.3
5	12	2.8
7	13	3.5
9	15	3.7

- a) Proposer les critères de rupture (fournir les équations) pour caractériser le comportement des discontinuités;
- b) Supposant que la discontinuité est soumise à l'état de contrainte suivant :

$$\begin{pmatrix} 50 & 10 \\ 10 & 20 \end{pmatrix} \text{ MPa}$$

- i. Quel critère de rupture proposez-vous d'utiliser et pourquoi?

En utilisant ce critère, est-ce qu'il y aura rupture si :

- ii. La discontinuité a un pendage de 15° ?
- iii. La discontinuité a un pendage de 45° ?

- c) Calculez un facteur de sécurité de chacun des pendages (ii et iii).

Question 5 (15 points)

Dans une opération minière, une nouvelle galerie (tunnel) ayant une section constante doit être excavée. Un patron standard de renforcement pour une galerie permanente sera utilisé comme système de renforcement.

Cinq familles de discontinuités majeures traversent le massif rocheux. Déterminez la stabilité cinématique de tous les blocs tétraédriques pouvant être formés au toit de l'excavation à l'aide des orientations moyennes des familles. Déterminez la direction du mouvement et le(s) plan(s) de glissement.

