ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2017

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures
4 feuilles de papier calque.

## 14-GE-A5 Mécanique des roches

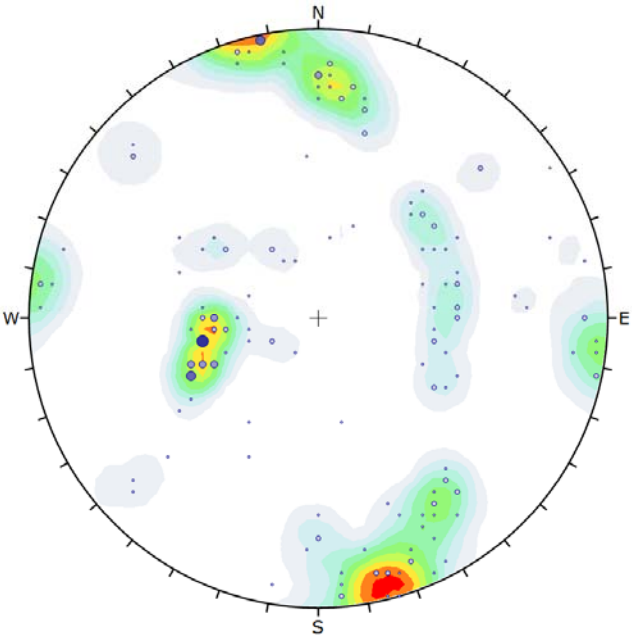
**Question 1 (20 points)**

Une carrière sera construite dans un massif fracturé caractérisé par 4 familles de discontinuités.

| Famille | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Pendage/direction de pendage | 64°/292° | 37°/151° | 76°/052° | 16°/020° |

Le massif rocheux peut être considéré comme sec. L'angle de friction de toutes les familles peut être considéré égal à 30 degrés. Considérez les modes d'instabilité potentiels suivants : planaire et dièdre. Utilisez l'analyse cinématique (stéréonet) afin de déterminer le mode de rupture critique et le pendage maximal de la pente sécuritaire pouvant être excavée pour les valeurs d'azimut de la pente suivantes (0°,15°,30°,45°, …, 330°,345° et 360°).

**Question 2 (20points)**




| Symbol | Scatter |
|---|---|
| • | 1 Pole Vectors |
| ○ | 2 Pole Vectors |
| ○ | 3 Pole Vectors |
| ● | 4 Pole Vectors |
| ● | 5 Pole Vectors |

| Color | Density Concentrations |
|---|---|
| | 0.00 - 1.00 |
| | 1.00 - 2.00 |
| | 2.00 - 3.00 |
| | 3.00 - 4.00 |
| | 4.00 - 5.00 |
| | 5.00 - 6.00 |
| | 6.00 - 7.00 |
| | 7.00 - 8.00 |
| | 8.00 - 9.00 |
| | 9.00 - 10.00 |

| | |
|---|---|
| Maximum Density | 9.07% |
| Contour Data | Pole Vectors |
| Contour Distribution | Fisher |
| Counting Circle Size | 1.0% |

| | |
|---|---|
| Plot Mode | Pole Vectors |
| Vector Count | 175 (175 Entries) |
| Hemisphere | Lower |
| Projection | Equal Angle |

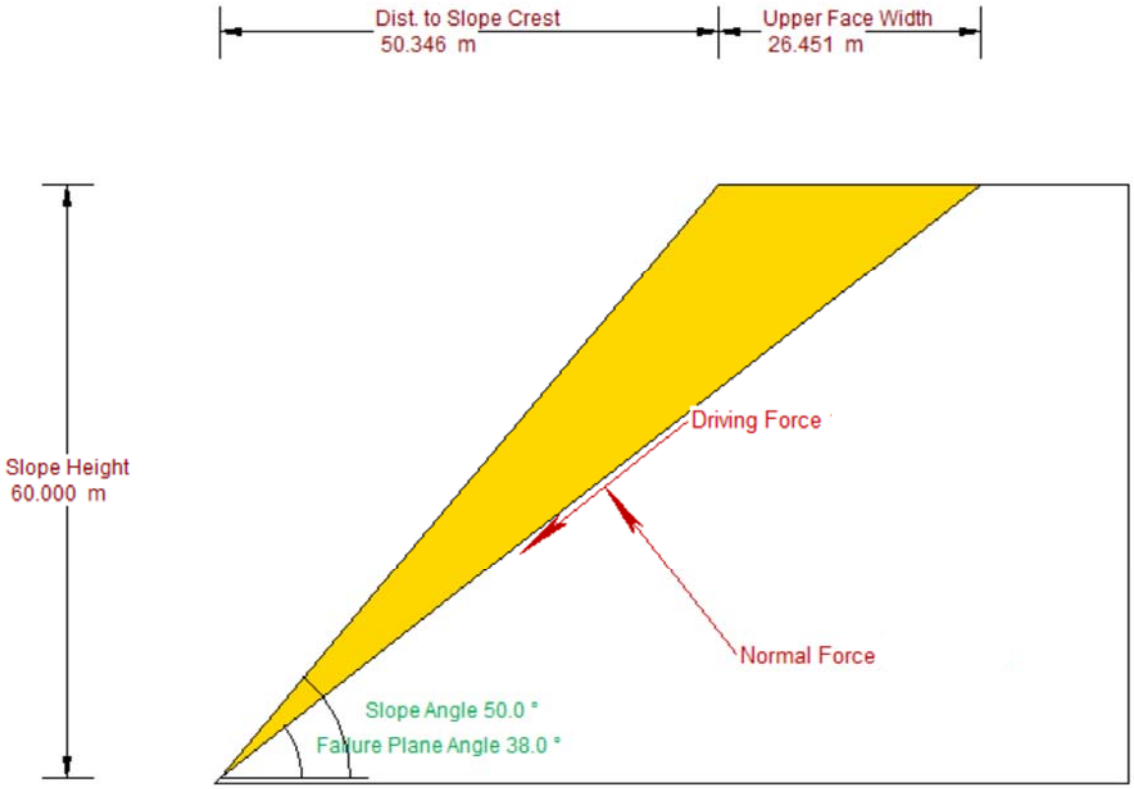
Soit une excavation souterraine dont le toit peut être représenté par un plan dont l'orientation est [00˚/ 135˚]. Un relevé structural a permis d'identifier 175 fractures au toit de cette excavation. Identifiez les familles présentes.

a) Identifiez les ruptures structurales possibles au toit de l'excavation.
b) Déterminez le mode d'instabilité potentiel des tétraèdres.

NB : Les paramètres d'orientation sont [pendage du plan / direction du pendage du plan].
Pièces jointes : un canevas de projection stéréographique méridienne et quelques feuilles de papier calque.

**Question 3 (20 points)**

a) Calculez le facteur de sécurité de la pente représentée sur le schéma ci-dessous.




Les résultats suivants ont été obtenus lors d'une campagne de collecte de données :

- RMR = 80 – 90
- $\gamma_r$ = 27 kN/m$^3$.
- Essais de cisaillement direct sur des échantillons de discontinuités sèches: c = 0 MPa; φ = 35°
- Essais triaxiaux : c = 45 MPa; φ = 45°

**Question 4 (20 points)**
Vous avez effectué des relevés structuraux sur le terrain. Le long d'un forage orienté à 120$^{o}$ /85$^{o}$, trois familles ont été identifiées avec les propriétés suivantes :

| Famille | Pendage($^{o}$) | Direction du pendage($^{o}$) | Fréquence (joints/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 75 | 345 | 8 |
| 2 | 80 | 015 | 5 |
| 3 | 70 | 085 | 10 |

De plus, des joints aléatoires ayant une fréquence de 12 joints/m ont été observés le long de ce même forage.

Sur le terrain, vous avez également évalué les propriétés suivantes : Jr (entre 1 et 2), Ja (entre 1,5 et 2), SRF (2,5) et Jw (1).

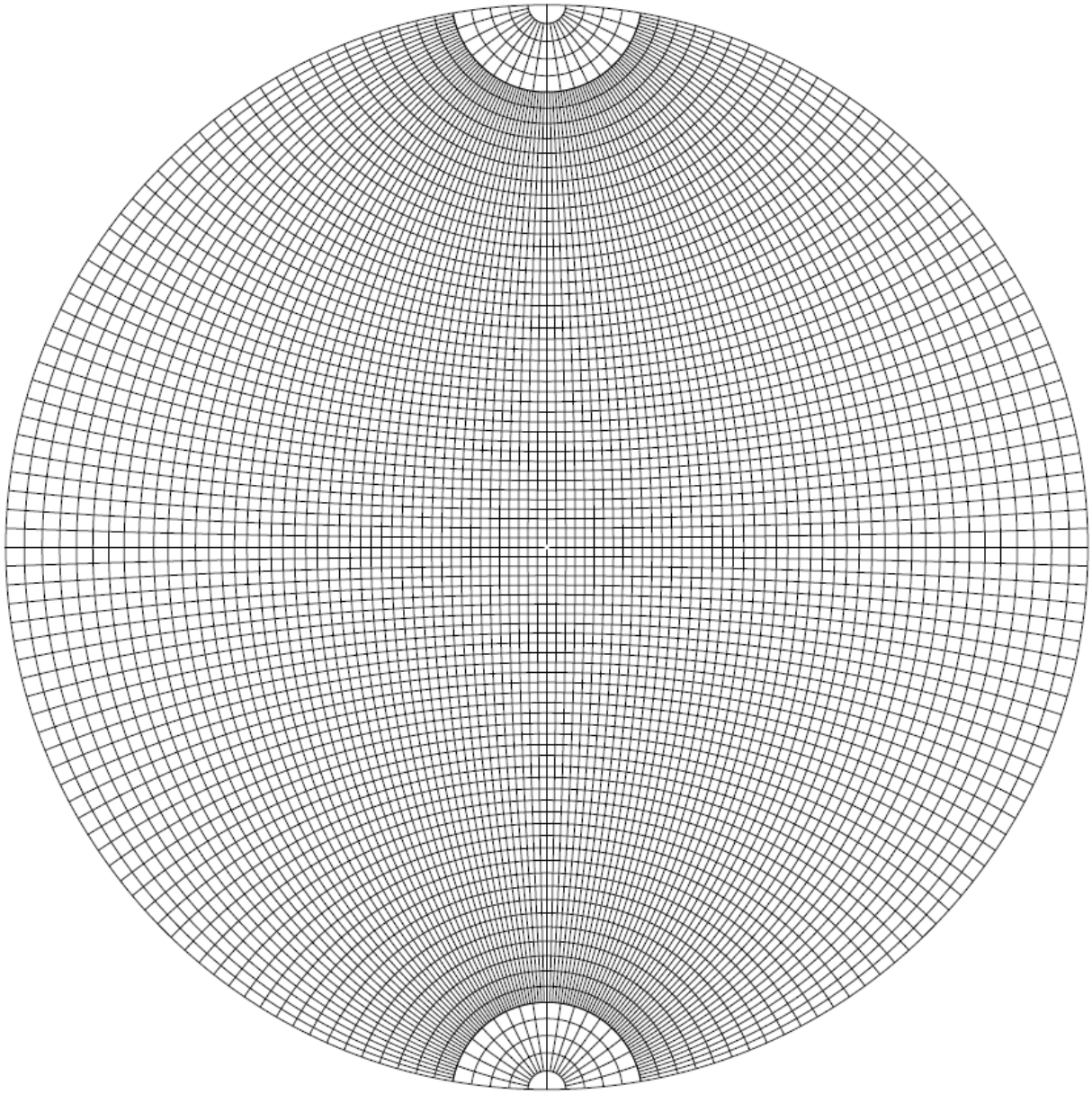
Le long d'un forage vertical:

a) Trouvez l'espacement des familles le long de ce forage.
b) Trouvez le RQD le long de ce forage.
c) Évaluez l'indice Q le long de ce forage.
d) Discutez de vos résultats.

**Question 5 (20 points)**

Au laboratoire, des essais triaxiaux sur des carottes intactes de calcaire ont donné les résultats suivants :

| Essai de compression triaxiale ($\sigma_2 = \sigma_3$) | | |
|---|---|---|
| Essai | $\sigma_1$ (MPa) | $\sigma_3$ (MPa) |
| 1 | 130 | 0 |
| 2 | 136 | 0 |
| 3 | 224 | 15 |
| 4 | 255 | 15 |
| 5 | 279 | 30 |
| 6 | 318 | 30 |
| 7 | 285 | 45 |
| 8 | 321 | 45 |
| 9 | 360 | 45 |

a) Tracez le diagramme ($\sigma_1$ $\sigma_3$) correspondant en indiquant chacun des essais.
b) Tracez le diagramme de Mohr correspondant en indiquant chacun des essais.
c) Déterminez les paramètres du critère de Mohr-Coulomb.
d) Utilisez le diagramme de Mohr pour déterminer si la rupture est atteinte pour une roche qui serait soumise à un état de contrainte donné par $\sigma_1$ = 240 MPa et $\sigma_3$ = 10 MPa.

**Informations possiblement utiles**