ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2022

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)

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

Échantillon	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)
1	5	280
2	15	250
3	30	280
4	30	300
5	45	320
6	45	310
7	45	350
8	0	178
9	0	180
10	-18	0
11	-20	0

a) Tracez le diagramme (σ_1 - σ_3) correspondant en indiquant chacun des essais. (Indiquez le type d'essai réalisé pour chaque spécimen). (5 pts)
b) Tracez le diagramme de Mohr correspondant en indiquant chacun des essais. (Indiquez le type d'essai réalisé pour chaque spécimen). (5 pts)
c) Déterminez les paramètres du critère de Mohr-Coulomb. (5 pts)
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 σ_1 = 240 MPa et σ_3 = 20 MPa. (5 pts)

Question 2 (20 points)
Vous avez effectué des relevés structuraux le long d'un forage de 110 m orienté à 120° /45° (azimut / plongée). Quatre familles ont été identifiées avec les propriétés suivantes :

Famille	Pendage(°)	Direction de pendage(°)	Fréquence des joints/m
1	88	330	44.44
2	12	080	5,55
3	30	145	11,11
4	45	204	10

Si un forage de 150 m est réalisé dans le même massif rocheux suivant une orientation de 200°/10° (azimut / plongée):

1. Combien de joints de chaque famille seront interceptés? (10 pts)
2. Quel serait l'espacement normal de chacune de ces familles? (5 pts)
3. Quel serait le RQD le long de ce second forage. (5 pts)

Question 3 (20 points)

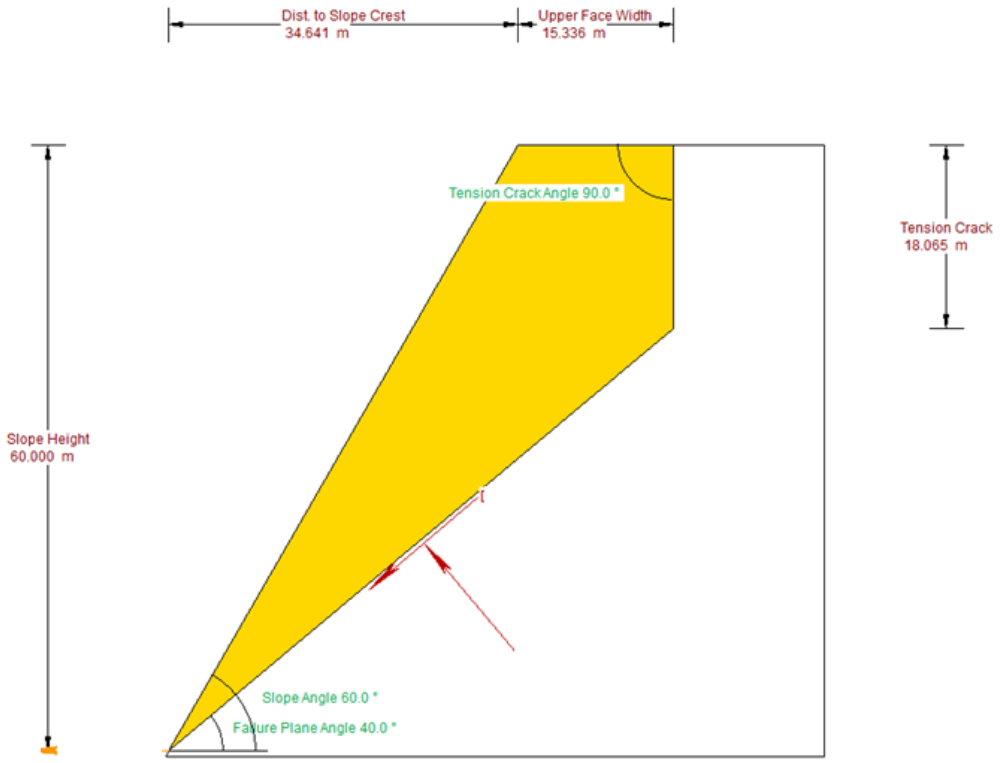
Les résultats suivants ont été obtenus lors d'essais de cisaillement direct sur des discontinuités d'une unité lithologique.

Contrainte normale σ_n (MPa)	Contrainte de cisaillement au pic pour des discontinuités sciées (MPa)	Contrainte de cisaillement au pic pour des discontinuités naturelles (MPa)	Contrainte de cisaillement résiduelle pour des discontinuités naturelles (MPa)
1	0,03	10,48	0,50
2	0,54	11,63	0,96
3	0,82	13,69	1,50
4	1,61	12,26	2,15
5	1,65	13,55	2,38
6	2,56	14,91	3,08
7	3,45	14,88	3,50
8	3,19	16,45	3,83
9	3,62	16,29	4,24
10	4,50	17,89	4,99

a) Proposez un critère de rupture (avec valeurs numériques) pour caractériser le comportement mécanique des discontinuités caractérisant une pente rocheuse ayant été excavée à l'aide d'explosifs. Justifiez votre choix. (5 pts)
b) Proposez un critère de rupture (avec valeurs numériques) pour caractériser le comportement mécanique des discontinuités caractérisant une pente rocheuse naturelle. Justifiez votre choix. (5 pts)
c) Décrivez le comportement de votre discontinuité (en lien avec votre critère la rupture trouvée en a) et en b) si elles sont soumises à l'état de contraintes suivant : une contrainte principale majeure (σ_1) de 50 MPa et une contrainte principale mineure (σ_3) de 20 MPa. (10 pts)

Question 4 (20 points)

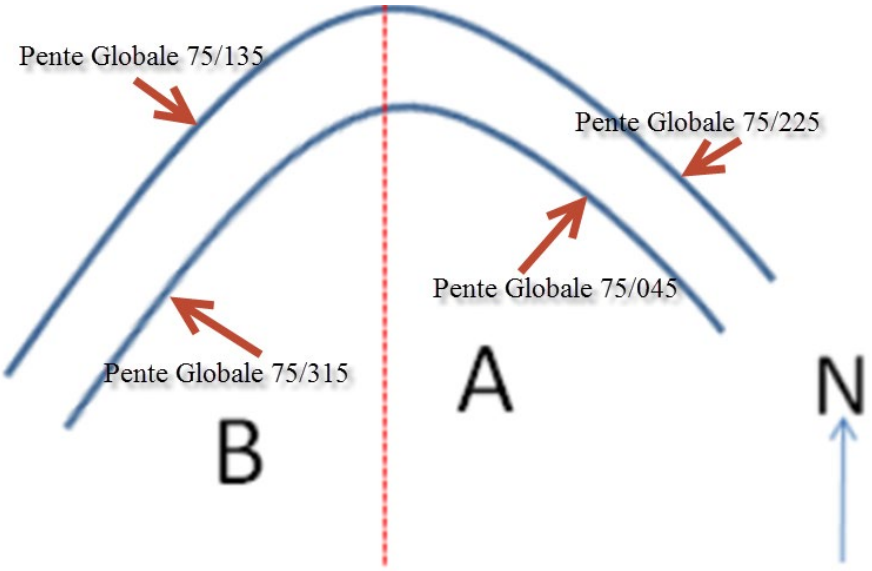
Vous devez analyser la stabilité du talus suivant sur une coupe de roc. Le critère de design pour ce type d'ouvrage est un facteur de sécurité de 1.2. L'angle de friction de la discontinuité est de 38 degrés et la cohésion de 50 kPa. Le poids volumique de la roche est de 27 kN/m^3.



a) Évaluez le facteur de sécurité (FS) dans le cas où le massif rocheux est complètement drainé. (10 pts)
b) Faites une analyse de sensibilité sur la hauteur de la nappe. Discutez. (5 pts)
c) Proposez un angle de talus permettant d'obtenir un FS supérieur à 1.2 lorsque le massif est drainé. (5 pts)

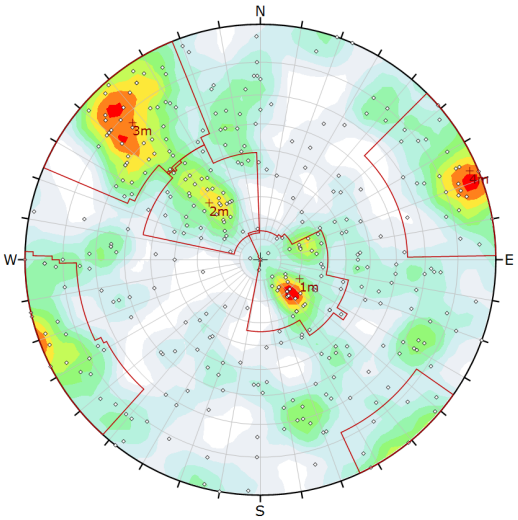
Question 5 (20 points)

Choisissez le domaine A **ou** B. Une coupe de roc est nécessaire pour réaliser un ouvrage routier. Une vue en plan de la coupe de roc est présentée. La route est représentée par les lignes bleues. Les orientations (pendage/direction de pendage) des quatre pentes globales associées à cette route sont indiquées sur la figure suivante.

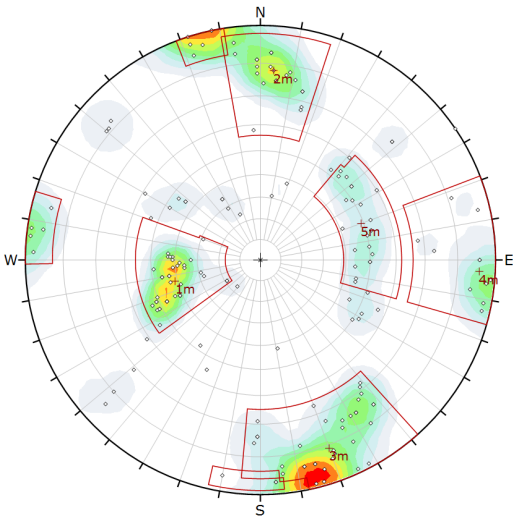


Vue en plan de la coupe de roc

Deux domaines géomécaniques ont été identifiés (A et B). Une campagne de relevés structuraux a permis de quantifier l'orientation des structures et d'identifier les familles pour ces deux domaines. Les stéréonets sont présentés ci-après. Ils montrent les pôles des structures et les pôles moyens des familles.



Domaine A



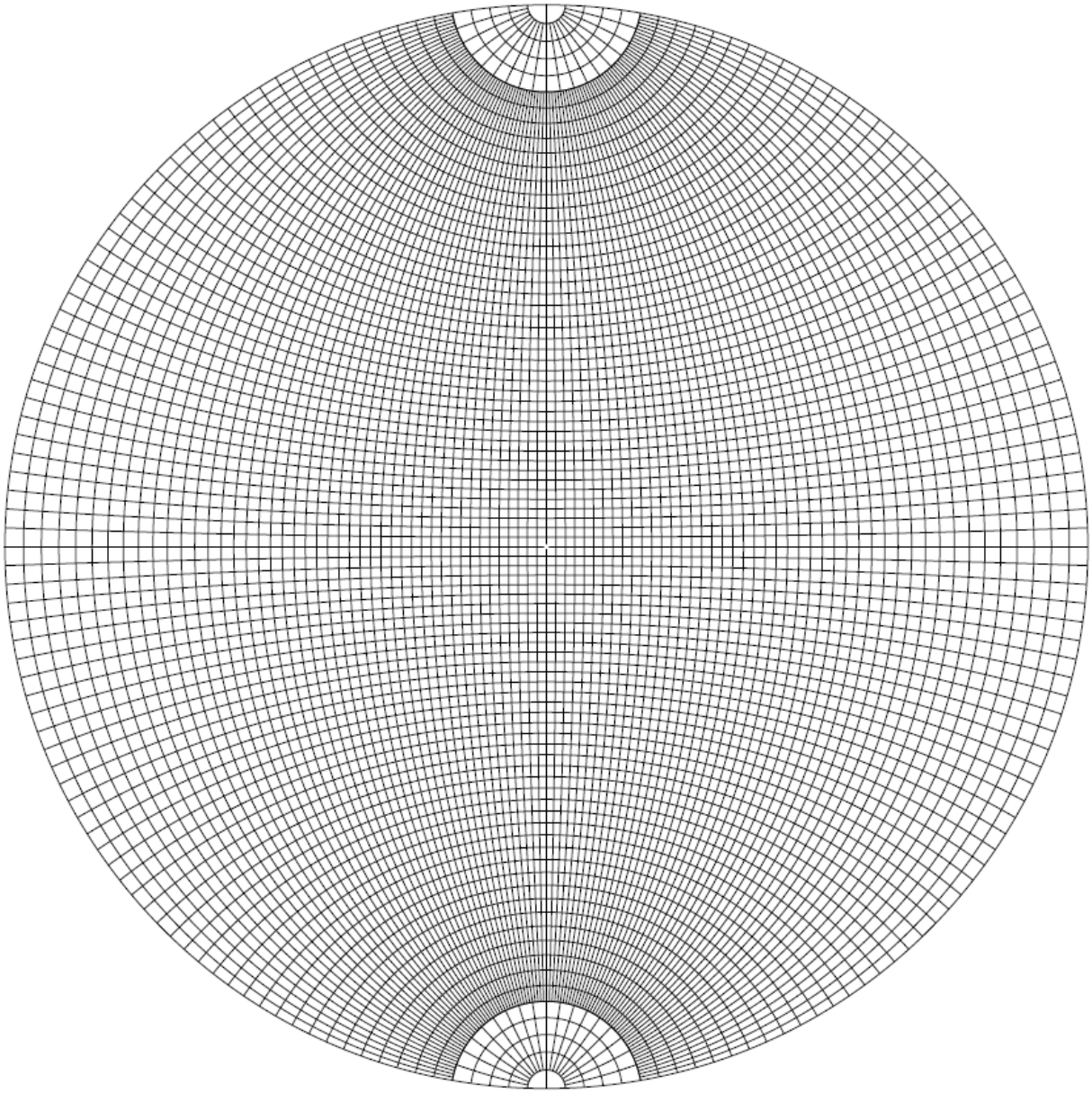
Domaine B

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

Contrainte normale σ_n (MPa)	Contrainte de cisaillement (pic) τ_{pic} (MPa)
1	10.4823
2	11.6309
3	13.6968
4	12.5615
5	13.5526
6	14.9186
7	14.8838
8	16.4471
9	16.2967
10	17.8949

À l'aide d'une analyse cinématique pour le domaine A *OU* le domaine B

a) Identifiez les instabilités structurales potentielles pour toutes les pentes globales proposées. (10 pts)

b) Proposez un angle optimal (pendage) pour ces pentes, minimisant au maximum le potentiel de ruptures structurales et minimisant les coûts d'excavation, et ce pour les deux murs du domaine choisi. Justifiez et expliquez vos choix et trois limites de votre analyse. (10 pts)

Informations possiblement utiles