

Examen final

GLQ2200 – Géophysique appliquée 1 Hiver 2022

Polytechnique Montréal
Département des génies civil, géologique et des mines
Professeur : Charles L. Bérubé

Nom : _____ Matricule : _____

Consignes :

- L'examen doit être fait **individuellement**. Choisissez un lieu calme.
- Le questionnaire fait 6 pages et contient 4 questions pour un total de 20 points.
- Une **grille d'évaluation** est donnée à la page 6 du questionnaire.
- Le début de l'examen est mercredi le 20 avril 2022 à 9h00 (matin).
- La fin de l'examen est vendredi le 22 avril 2022 à 12h00 (midi).
- L'examen se fait à livre ouvert et toute documentation est permise.
- **Justifiez toutes vos démarches** et citez vos sources au besoin.
- Le professeur ne répondra à aucune question pendant la durée de l'examen.
- **Mettre au propre** vos réponses de façon **bien organisée**.
- Un cahier de réponses difficile à lire recevra une pénalité de 2 points.
- Le questionnaire signé doit être remis avec votre cahier de réponses.
- Remettre le tout dans la boîte de dépôt prévue à cet effet sur Moodle.

En signant le questionnaire, l'étudiant ou l'étudiante confirme qu'il ou elle

- respecte l'engagement pris lors de la signature du code de conduite de Polytechnique;
- comprend les règles institutionnelles concernant la fraude citées dans le plan de cours;
- a fait l'examen individuellement, sans avoir communiqué avec qui que ce soit;
- comprend que toute suspicion de fraude sera signalée aux instances appropriées.

Signature de l'étudiant(e) : _____ Date : _____

Question 1. Connaissances générales

Vous devez justifier vos réponses pour toutes les questions de compréhension suivantes.

- Expliquez en quoi consiste la modélisation directe et la modélisation inverse dans vos propres mots. Vous devez utiliser des exemples concrets pour décrire les différences entre les deux.
- Deux objets ferromagnétiques sont enfouis dans un sable non magnétique. Ces objets ont des aimantations rémanentes selon les directions illustrée à la Figure 1. L'aimantation induite par le champ magnétique primaire, qui est horizontal et pointe vers le nord à cet endroit, est négligeable.

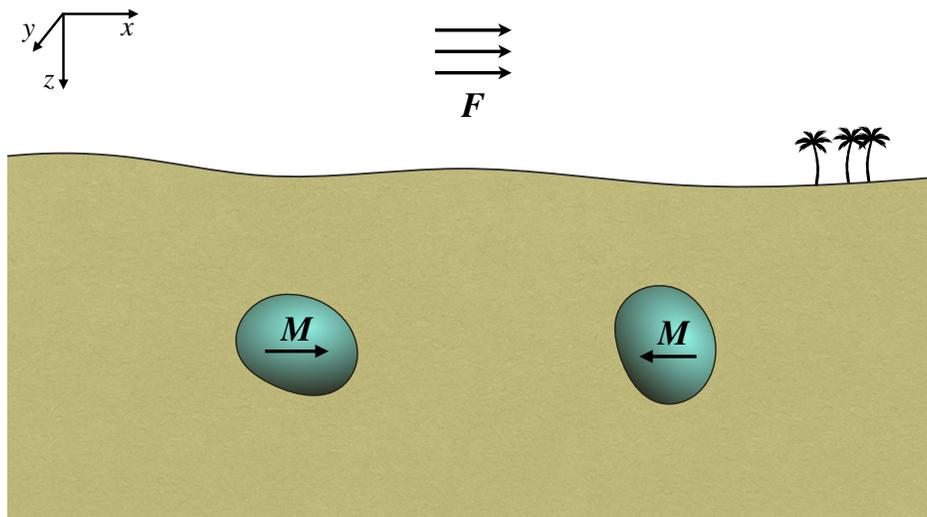


Figure 1 – Objets ferromagnétiques avec des aimantations dans des directions opposées.

Tracez un graphique de l'anomalie du champ magnétique total telle qu'elle serait mesurée à la surface du sol à cet endroit. Vous pouvez utiliser la Figure 1 pour dessiner les lignes du champ de perturbation. Vous devez spécifier l'amplitude des anomalies en fonction de l'intensité du champ primaire, du volume et de la susceptibilité magnétique des objets.

- Utilisez le [tableau des coefficients de Gauss 2020 de l'IGRF¹](https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/coeffs/igrf13coeffs.txt) pour prédire la norme du moment magnétique dipolaire du champ géomagnétique en 2025. Comment cette valeur se compare-t-elle avec celle de 2020? Quel sera l'impact de cette variation sur l'intensité du champ magnétique observé à Montréal (augmentation ou diminution)?
- Les méthodes géophysiques ont des applications autant à l'échelle locale (quelques mètres) qu'à l'échelle continentale (milliers de kilomètres). Discutez des différences entre le contenu fréquentiel des anomalies observées à l'échelle locale à l'échelle continentale en utilisant les notions d'échantillonnage géophysique et d'analyse spectrale.
- Pourquoi est-ce que le principe de superposition est utile en géophysique appliquée? Quelles conditions doivent être respectées pour appliquer ce principe?

1. Si inaccessible pour maintenance, utilisez l'archive <https://web.archive.org/web/20220406092753/https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/coeffs/igrf13coeffs.txt>

Question 2. Corrections gravimétriques

Vous réalisez un levé de gravimétrie à Val-d'Or en Abitibi (48.0987° N, 77.7968° O) pour des travaux d'exploration minérale. Une des traverses du levé passe dans une ancienne galerie minière creusée dans des roches volcaniques (densité de 2800 kg/m^3), comme montré sur la Figure 2. Votre objectif est de détecter un amas de magnétite massive (densité de 5600 kg/m^3). On sait aussi qu'il y a de nombreuses cavités souterraines dans cette région (densité de 0 kg/m^3).

La traverse s'étend sur 1 km dans la direction nord. Une station de base est située à l'extrémité sud du profil. Avant de commencer le travail, on mesure la gravité à la station de base et obtient 1 mGal. Une fois le profil complété, on retourne à la station de base et la gravité mesurée est maintenant égale à 2 mGal. Supposez que votre vitesse de déplacement dans le tunnel est constante tout au long du profil. On utilise un gravimètre relatif pour toutes les mesures.

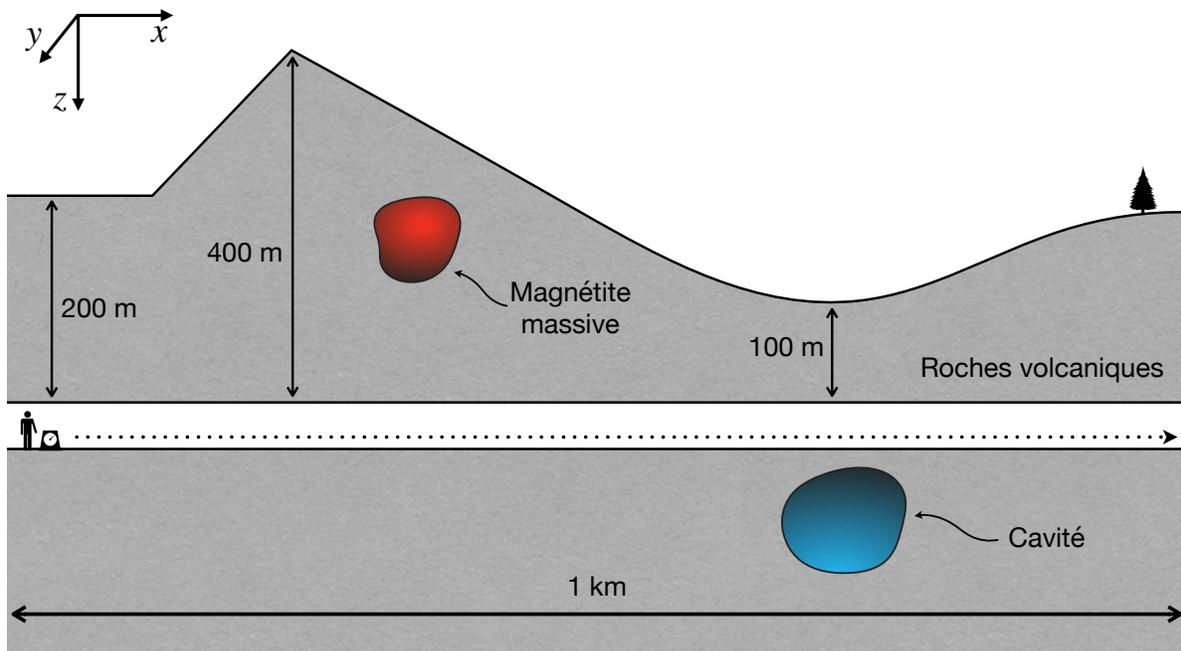


Figure 2 – Profilage gravimétrique dans une galerie minière.

En justifiant toutes vos démarches, tracez sous forme de graphiques les profils de

- la correction de dérive ;
- la correction de latitude ;
- la correction d'altitude ;
- la correction de plateau ;
- l'anomalie de Bouguer.

Toutes vos réponses devraient montrer la valeur demandée en fonction de x .

Question 3. Modélisation géophysique

Le ministère engage vos services d'exploration géophysique pour détecter l'emplacement exact d'une faille près de Baie-Comeau, dans la région de la Côte-Nord. Vous voulez faire quelques vérifications sur la faisabilité de ce projet avant d'aller sur le terrain. Une section géologique est fournie par le ministère pour que vous puissiez calculer les réponses magnétiques et gravimétriques attendues au-dessus de la faille (Figure 3). Le mort-terrain a une épaisseur de 10 m. Les propriétés physiques des unités géologiques sont données dans le Tableau 1. Supposez qu'à cet endroit, le champ magnétique primaire a une inclinaison de 90° et une intensité de 55 000 nT.

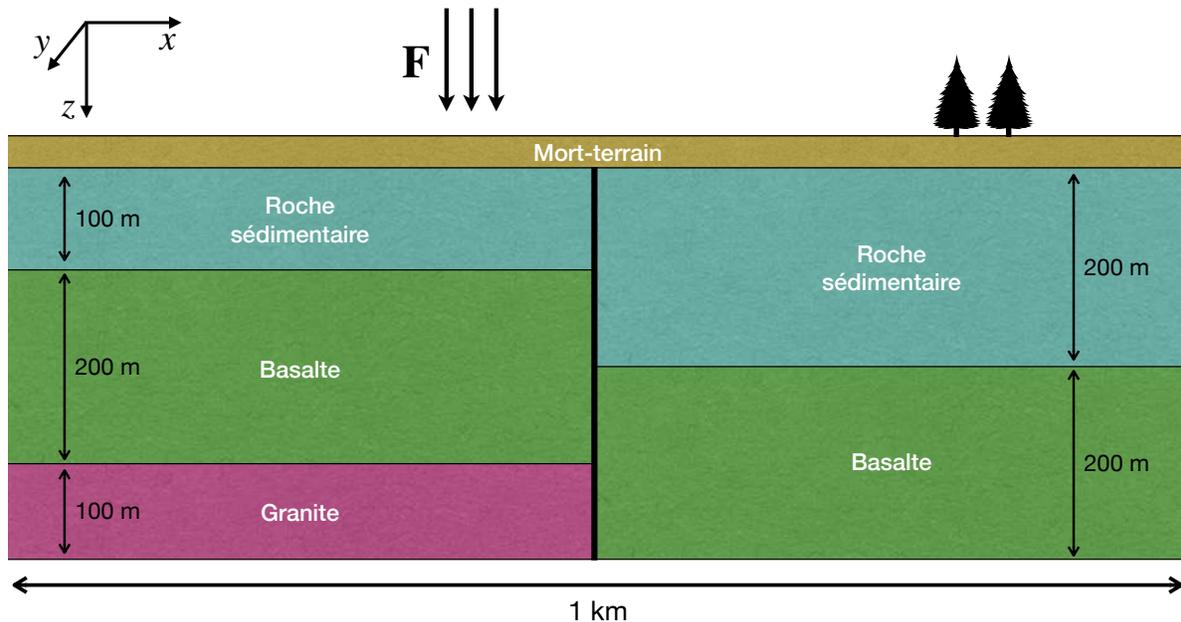


Figure 3 – Modèle géologique d'une faille normale verticale.

	χ_m (SI)	ρ (kg/m ³)
Roche sédimentaire	0.0	2700
Basalte	0.1	3000
Granite	0.1	2400

Tableau 1 – Propriétés physiques des unités géologiques.

Pour bien planifier les travaux de terrain, vous devez :

- Concevoir un modèle pétrophysique du problème (magnétique et gravimétrique).
- Calculer et tracer l'anomalie gravimétrique anticipée.
- Calculer et tracer l'anomalie magnétique anticipée.
- Déterminer le pas d'échantillonnage requis pour détecter les anomalies sur le terrain.
- Recommander un choix de méthode géophysique pour détecter la faille normale.

Justifiez toutes vos démarches.

Question 4. Interprétation magnétique

Vous réalisez un levé magnétique dans une région de l'hémisphère nord terrestre où l'inclinaison du champ magnétique est 45° . Une ligne du levé passe au-dessus d'un dyke qui recoupe un socle de roche sédimentaire et dont le pendage est de 45° , comme illustré à la Figure 4. Ce type de dyke, d'une largeur de quelques mètres en moyenne, est fréquemment observé dans la région. La susceptibilité magnétique de la roche sédimentaire est pratiquement nulle.

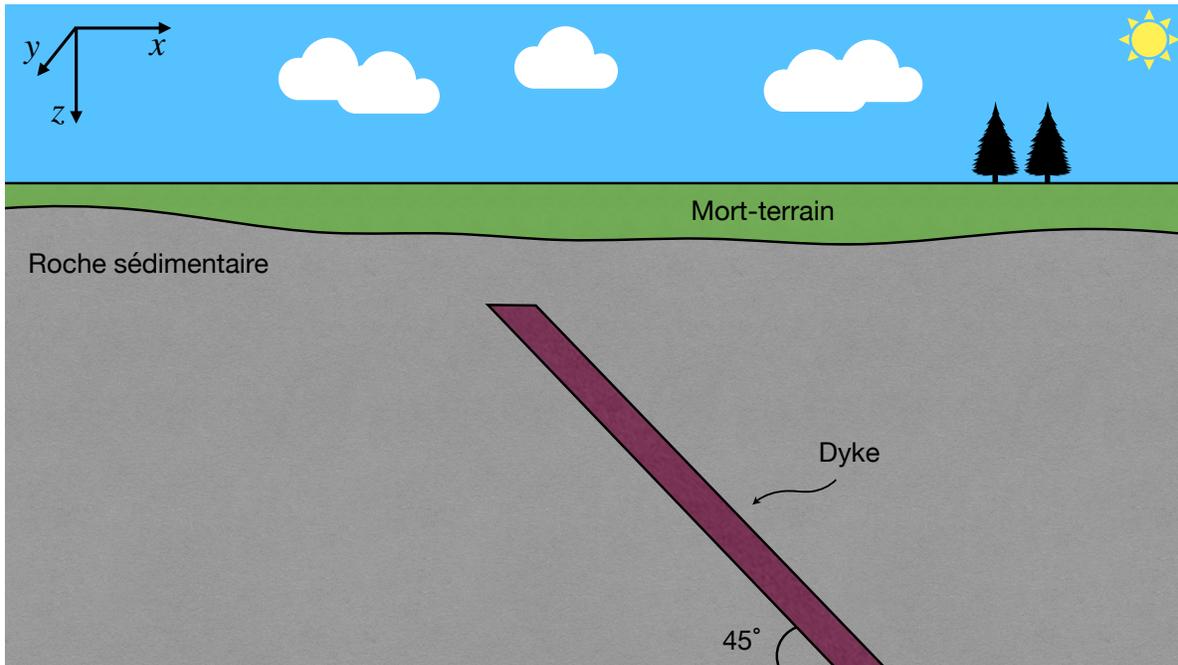


Figure 4 – Illustration d'un dyke qui recoupe une roche sédimentaire.

En justifiant toutes vos démarches, tracez l'anomalie magnétique qui serait mesurée au-dessus du profil si le dyke est :

- diamagnétique ;
- paramagnétique ;
- ferromagnétique et son aimantation rémanente est nulle ;
- ferromagnétique et son aimantation rémanente est opposée au champ primaire ;
- paramagnétique, mais la situation est maintenant dans l'hémisphère sud terrestre.

Grille d'évaluation

L'examen est évalué sur 20 points. La clarté des réponses, la propreté de la présentation et la qualité des justifications appuyant les réponses sont évaluées partout. Pour toutes les questions, chaque sous-question a) à e) vaut 1 point.

Question 1 (5 points)

On s'attend à des réponses concises sous forme d'un court paragraphe. Utilisez des schémas pour justifier vos réponses au besoin. Vous êtes évalués sur la clarté de chaque réponse. Une réponse exacte, mais incomplète donne un demi-point. Une réponse qui démontre des erreurs de compréhension évidentes donne 0 point.

Question 2 (5 points)

Cet exercice vise à évaluer votre compréhension des effets de différents paramètres sur la gravité mesurée à la surface du sol. On s'attend à un graphique quantitatif pour les sous-questions a), b), c) et d). On s'attend à un graphique qualitatif pour la sous-question e).

Pour a) à d), on demande de tracer la valeur de chaque correction. On veut la valeur qui doit être ajoutée ou retranchée (selon le signe de la correction) à la gravité mesurée. Vous devez quantifier les axes des graphiques là où les dimensions données dans la Figure 2 le permettent.

Question 3 (5 points)

Cet exercice vise à évaluer votre capacité de paramétrer une mise en situation réelle avec des concepts de géophysique appliquée. Vous êtes évalués sur votre compréhension des concepts de paramétrisation de la terre et de modélisation géophysique. 1 point pour une paramétrisation pé-trophysique adéquate de la mise en situation. 1 point pour la modélisation gravimétrique. 1 point pour la modélisation magnétique. 1 point pour un choix raisonnable du pas d'échantillonnage. 1 point pour la recommandation de méthode géophysique.

Question 4 (5 points)

Cet exercice vise à évaluer votre compréhension des propriétés magnétiques des géomatériaux, du géomagnétisme, de la méthode magnétique et du concept d'anomalie magnétique. On s'attend à des réponses qualitatives, mais bien justifiées avec des schémas et quelques phrases. 1 point par anomalie bien justifiée.