

# EXAMEN FINAL

## GLQ2200 GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE 1

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  
DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES  
PROFESSEUR : CHARLES L. BÉRUBÉ

NOM : \_\_\_\_\_ MATRICULE : \_\_\_\_\_ 25 AVRIL 2021

### Consignes :

- L'examen doit être fait **individuellement**. Choisissez un lieu calme.
- Le questionnaire fait 5 pages et contient 4 questions pour un total de 20 points.
- Le temps alloué pour compléter l'examen est 24 heures.
- Le début de l'examen est le dimanche 25 avril 2021 à 12h00.
- La fin de l'examen est le lundi 26 mars 2021 à 12h00.
- Toute documentation est permise (examen à livre ouvert).
- Le professeur ne répondra à aucune question pendant la durée de l'examen.
- Répondre aux questions au propre et de façon bien organisée.
- 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.
- **Justifiez toutes vos démarches** et identifiez vos sources au besoin.
- L'étudiant-e a pris connaissance des règles institutionnelles concernant la fraude et le plagiat qui sont clairement citées dans le plan de cours.
- L'étudiant-e doit honorer l'engagement pris lors de la signature du code de conduite.

SIGNATURE DE L'ÉTUDIANT : \_\_\_\_\_

### Question 1. Connaissances générales (5 points)

Justifiez toutes vos démarches. Chaque sous-question vaut 1 point.

- a) On fait un levé gravimétrique dans une région où la topographie est très variable (Figure 1). Il n'existe aucun contraste de densité dans le sol. Expliquez comment vous pourriez utiliser les données gravimétriques obtenues pour déterminer l'élévation de toutes les stations si l'élévation de la station de base est connue.

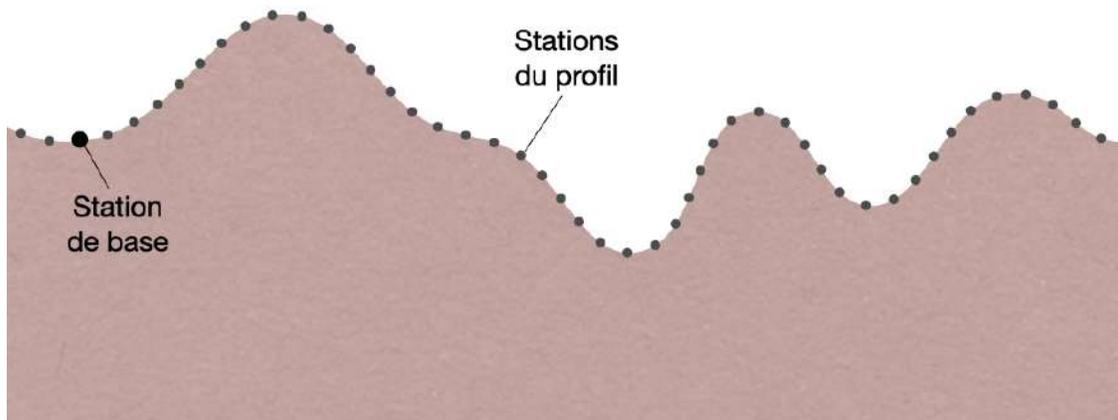


FIGURE 1 – Géométrie du problème pour la question 1a.

- b) La plupart des méthodes d'interprétation magnétique reposent sur l'hypothèse que l'aimantation des roches est induite par le champ géomagnétique ambiant. Discutez des limites de cette hypothèse.
- c) On place un matériau quelconque dans un champ magnétique uniforme. Dessinez les lignes de champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur du matériau si sa susceptibilité magnétique est (i) négative, (ii) positive et (iii) nulle.
- d) L'opération de réduction au pôle est souvent utilisée pour faciliter l'interprétation des anomalies magnétiques. Expliquez, dans vos propres mots, à quoi correspond l'opération de réduction au pôle. Vous devez aussi discuter des avantages et inconvénients de cette méthode (quelles sont les limites et les alternatives?).
- e) On veut localiser la position exacte d'un contact vertical entre deux unités géologiques dont les densités sont différentes. Le contact n'est pas visible à la surface à cause du mort-terrain. Proposez une méthode géophysique adéquate et indiquez quelles opérations de filtrage permettraient de faciliter la résolution de ce problème.

## Question 2. Corrections gravimétriques (5 points)

On fait un levé de gravimétrie le long du profil montré sur la figure 2. L'extrémité sud du profil correspond à l'équateur terrestre et le profil se termine 100 km au nord de l'équateur. On suppose que la correction de dérive a déjà été appliquée. Une unité mafique de densité égale à  $2970 \text{ kg/m}^3$  est présente dans la croûte (identifiée en rouge sur la figure 2).

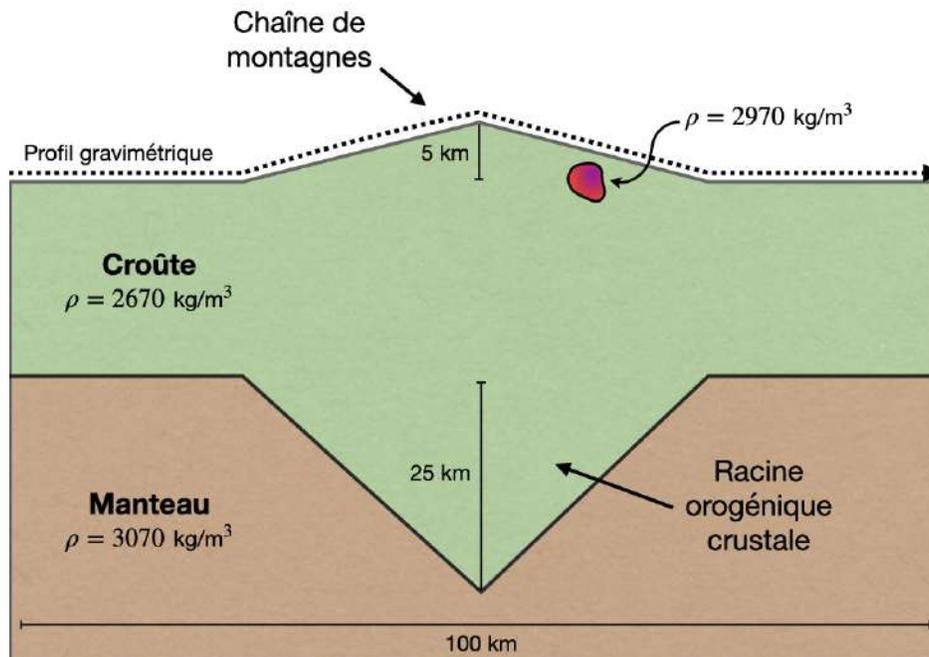


FIGURE 2 – Géométrie du problème pour la question 2.

En précisant l'amplitude et la forme approximative des profils, tracez :

- la gravité qui serait mesurée avec un gravimètre absolu ;
- la gravité rapportée à l'ellipsoïde et corrigée pour la latitude ;
- la gravité corrigée pour la latitude et l'altitude ;
- l'anomalie de Bouguer régionale ;
- l'anomalie de Bouguer résiduelle.

Chaque sous-question vaut 1 point.

### Question 3. Conception d'un levé géophysique (5 points)

Du 26 juin au 13 septembre 1759, les canons de l'armée anglaise ont tiré des dizaines de milliers de boulets et de bombes incendiaires sur la ville de Québec à partir de la rive sud du fleuve Saint-Laurent. Le directeur d'un musée d'histoire vous contacte et vous questionne par rapport à la capacité des méthodes géophysiques à détecter des boulets de canons qui seraient toujours enfouis dans les plaines d'Abraham. En bon-ne ingénieur-e géologue, vous commencez par faire des recherches sur les propriétés physiques et géométriques de la cible.

Vos recherches indiquent que les boulets sont des sphères uniformes fabriquées en fonte, un alliage de fer et de carbone. La densité volumique de masse de la fonte est environ égale à  $7000 \text{ kg/m}^3$  et sa susceptibilité magnétique est estimée à  $10^2 \text{ SI}$ . On sait que les boulets devraient être enfouis à une profondeur entre 1 et 2 m et que leur diamètre est exactement 9 cm, tel que montré à la figure 3. D'après l'IGRF, l'intensité du champ géomagnétique primaire est  $55\,000 \text{ nT}$ . On fera l'approximation que  $D = 0^\circ$  et  $I = 90^\circ$  (réduction au pôle).

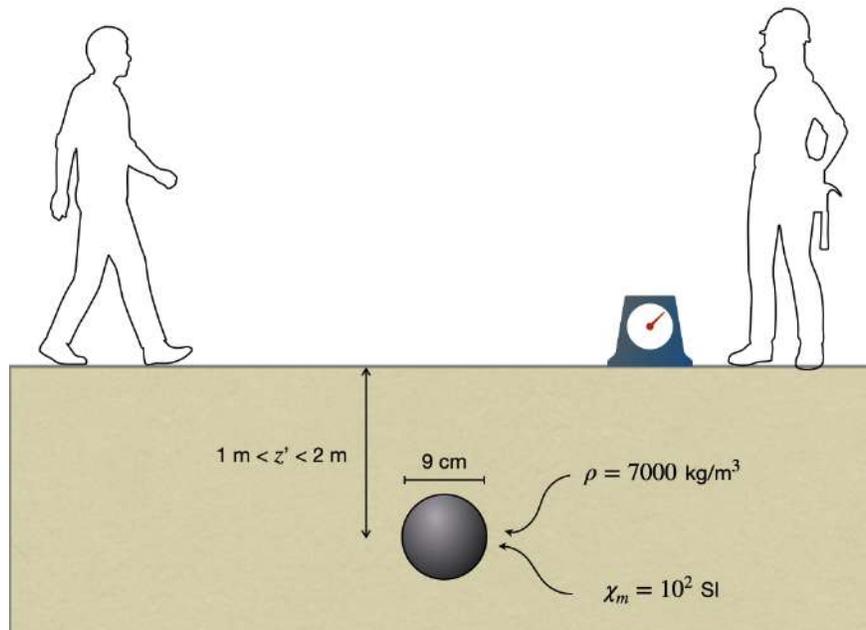


FIGURE 3 – Géométrie du problème pour la question 3.

Pour répondre au directeur du musée d'histoire, vous devez :

- faire une estimation bien fondée de la densité et de la susceptibilité magnétique du sol ;
- calculer l'anomalie gravimétrique minimale qui serait produite par un boulet ;
- calculer l'anomalie magnétique minimale qui serait produite par un boulet ;
- déterminer la fréquence d'échantillonnage adéquate pour un éventuel levé géophysique ;
- identifier la méthode géophysique la plus appropriée pour résoudre le problème et conclure en émettant vos recommandations finales.

Chaque sous-question vaut 1 point.

**Question 4. Interprétation magnétique (5 points)**

On réalise un levé magnétique au-dessus de la section géologique montrée à la figure 4. La section montre une faille verticale (pendage 90°). La susceptibilité magnétique ( $\chi_m$ ) et l'aimantation rémanente ( $M_R$ ) des différentes unités géologiques sont données en unités SI dans le tableau 1. Le champ géomagnétique primaire ( $\mathbf{F}$ ) à cet endroit a une inclinaison de 90°, une déclinaison de 0° et une intensité de 60 000 nT. On suppose que toute aimantation rémanente pointe dans la même direction que le champ primaire, soit vers le bas.

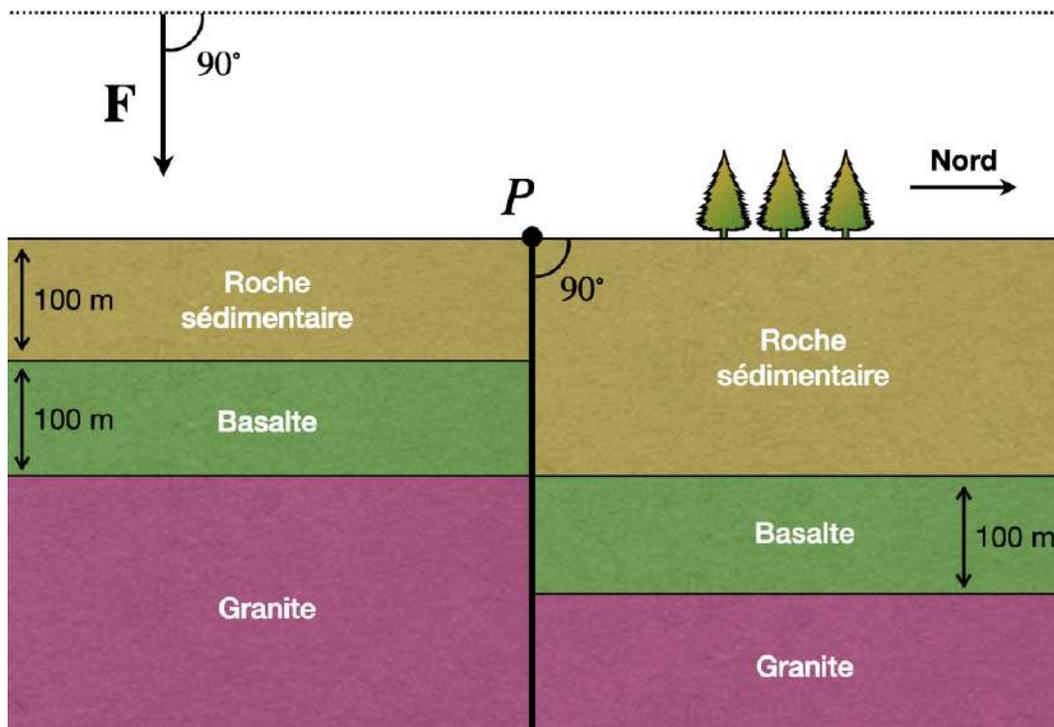


FIGURE 4 – Section géologique de la question 4.

	$\chi_m$ (SI)	$M_R$ (A/m)
Roche sédimentaire	$10^{-3}$	0
Basalte	$10^{-3}$	10
Granite	$10^{-3}$	0

TABLEAU 1 – Propriétés pétrophysiques des unités géologiques de la figure 4.

- Paramétrisez la section géologique pour définir un modèle pétrophysique (1 point).
- Calculez le potentiel magnétique au point  $P$  sur la section géologique (3 points).
- D'après le potentiel magnétique calculé en (b), quelle serait l'anomalie du champ magnétique total ( $\Delta T$ ) mesurée au point  $P$  (1 point) ?