

Examen intra

GLQ2200 – Géophysique appliquée 1 Hiver 2023

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

Nom : _____ Matricule : _____

Consignes :

- L'examen doit être fait **individuellement**.
- Aucune communication entre les étudiants n'est permise concernant l'examen.
- 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 dimanche le 19 février 2023 à 12h00 (midi).
- La fin de l'examen est mardi le 21 février 2023 à 12h00 (midi).
- L'examen se fait à livre ouvert et toute documentation, incluant Internet, 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 4 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. Corrections gravimétriques

Vous réalisez un levé gravimétrique pour un contrat d'exploration minière près de Malartic (48.1366° N, 78.1271° O) dans la région de l'Abitibi. Le levé est effectué au-dessus de roches sédimentaires raisonnablement homogènes dont la densité moyenne est égale à 2750 kg/m^3 . Votre objectif est de localiser une formation de fer dont la densité est estimée à 5400 kg/m^3 .

Un profil du levé s'étend sur 10 km dans la direction nord, comme montré sur la Figure 1. Un seul gravimètre relatif est utilisé et 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 une valeur de 7 mGal. Une fois le profil complété, on retourne à la station de base et la gravité mesurée est maintenant égale à 1 mGal. Supposez que votre vitesse de déplacement est constante tout au long du profil.

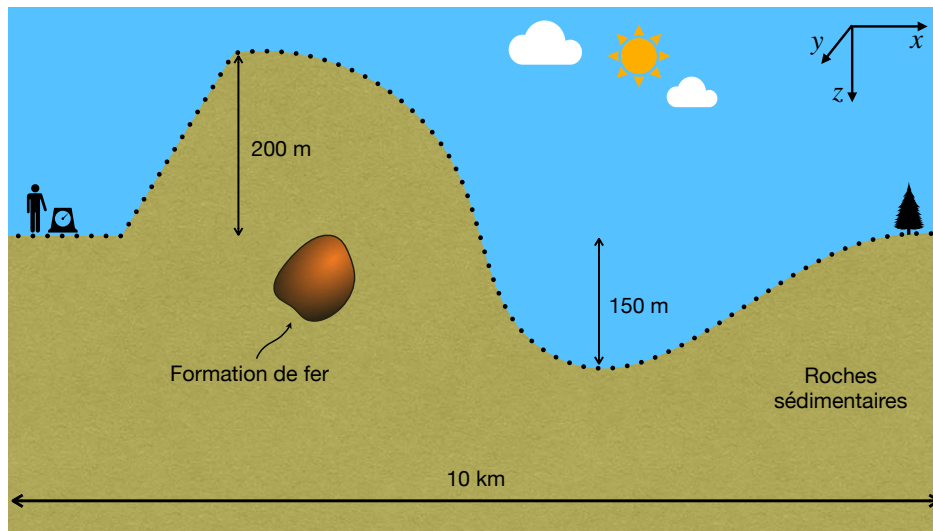


Figure 1 – Profilage gravimétrique au-dessus d'une formation de fer.

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 2. Conception d'un levé gravimétrique

Votre firme de consultation en géophysique est engagée pour caractériser l'étendue d'un effondrement sous-terrain dans une ancienne galerie minière. La galerie a une forme cylindrique de rayon égal à 5 m et est creusée dans une roche volcanique de densité égale à 2900 kg/m^3 . La profondeur moyenne de la galerie est de 20 m sous la surface du sol. La zone d'effondrement aurait une forme sphérique comme montré à la Figure 2. La cavité ainsi formée serait remplie d'air et aurait un rayon maximal de 10 m. On suppose que la roche effondrée a été évacuée de la galerie.

Lors d'une réunion, un géophysicien junior qui travail pour vous propose de faire un profilage gravimétrique parallèle à la galerie pour estimer le manque de masse causé par l'effondrement. Il griffonne quelque chose sur un bout de papier et, après un long soupir, suggère que les stations sur le profil soient régulièrement espacées de 1 m. En fin de réunion, il insiste sur le fait qu'il faut apporter un dispositif de GPS différentiel sur le terrain pour que les corrections gravimétriques puissent être assez précises. Cependant, les frais d'arpentage ne figurent pas dans la soumission.

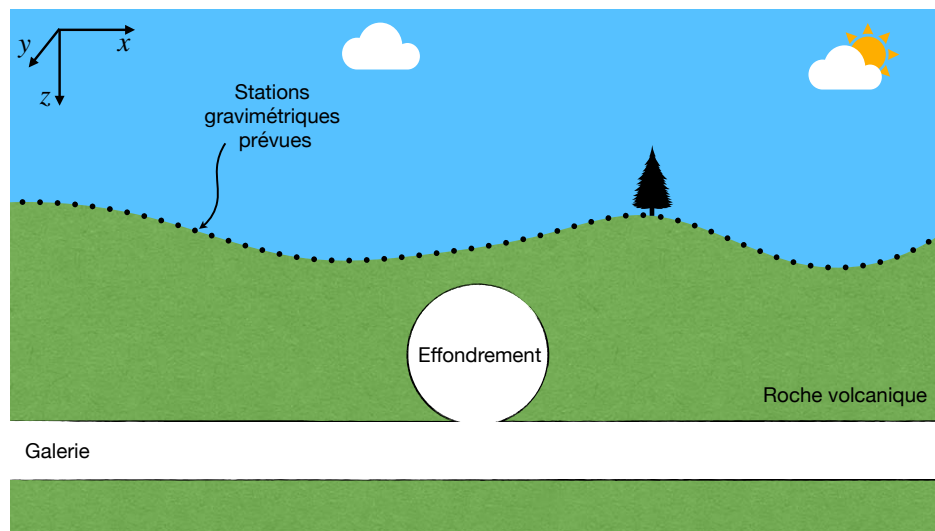


Figure 2 – Profilage gravimétrique au-dessus d'une galerie minière.

On vous demande d'évaluer la stratégie proposée par le géophysicien junior.

- Est-ce qu'un profilage gravimétrique parallèle à la galerie est approprié pour ce problème ?
- Avant d'aller sur le terrain, il serait pertinent de modéliser la réponse gravimétrique attendue au-dessus de l'effondrement. Que proposez-vous comme stratégie de modélisation ?
- Est-ce que l'anomalie attendue serait détectable par un gravimètre précis à $1 \mu\text{Gal}$?
- Est-ce que la fréquence d'échantillonnage proposée est adéquate ?
- Expliquez au client, qui trouve ça déjà cher, pourquoi vous devez le charger pour un arpentage au GPS différentiel en plus du levé gravimétrique. Peut-on réduire les coûts ailleurs ?

Justifiez toutes vos démarches.

Question 3. Modélisation gravimétrique

Depuis les années 1970, on a pu mesurer de petits changements de gravité qui varient dans le temps sur les volcans actifs de Mauna Loa et Kīlauea, situés sur l'île d'Hawaï. Cette mesure permet de déterminer si du magma est en train de s'accumuler dans les réservoirs magmatiques, ce qui entraîne une augmentation de la masse des volcans. La gravimétrie est donc un moyen indépendant de confirmer si le soulèvement du volcan est dû à l'intrusion de nouveau magma.

Une géophysicienne de l'USGS a placé un gravimètre directement au-dessus d'une chambre magmatique sur le Mauna Loa, comme montré à la Figure 3. D'après les connaissances antérieures sur ce volcan, la chambre aurait une forme cylindrique verticale avec un rayon égal à R . La hauteur du magma lorsque le gravimètre a été installé correspond à z_0 . La position du plafond de la chambre (hauteur critique) correspond à z_c . La densité du magma est donnée par ρ .

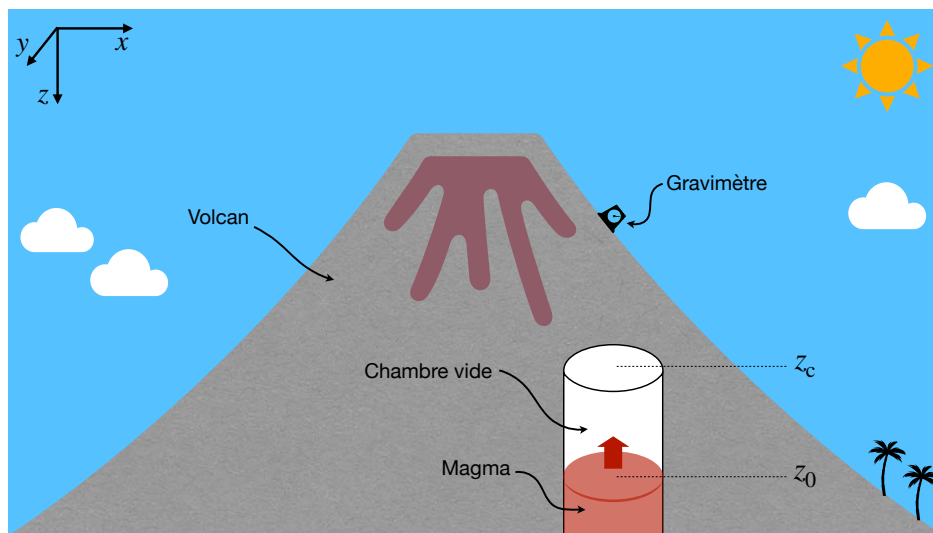


Figure 3 – Suivi de l'activité volcanique par gravimétrie.

On vous demande de répondre aux questions suivantes :

- Dérivez l'anomalie de gravité associée à l'intrusion de magma en fonction de ρ , R , z_0 et z_c .
- La densité du magma étant estimée à 3100 kg/m^3 , le rayon de la chambre à 10 m , la distance entre le gravimètre et le plafond de la chambre à 30 m et la hauteur initiale du magma à 30 m sous le plafond, calculez l'anomalie de gravité attendue lorsque le magma atteindra z_c .
- Est-ce que l'anomalie maximale est mesurable avec un gravimètre précis à $10 \mu\text{Gal}$?
- Le magma exerçant une pression sur les parois du volcan, la roche où le gravimètre est situé se soulève. Quelle(s) correction(s) doit-on apporter aux mesures pour contrer cet effet?
- Après avoir atteint la valeur maximale calculée en b), on s'aperçoit que la gravité mesurée continue d'augmenter progressivement. Comment interprétez-vous ce résultat?

Justifiez toutes vos démarches.

Question 4. Connaissances générales

Il est crucial que vous puissiez faire preuve de discernement envers les différentes affirmations scientifiques auxquelles vous serez exposés tout au long de votre carrière d'ingénieur(e). Les réponses aux questions suivantes ont été produites par un modèle génératif de langage, soit une machine. La machine produit des réponses qui semblent bonnes parce qu'elles sont bien écrites. Cependant, il est plutôt rare que toutes les subtilités dans les questions soient bien saisies par ce modèle, surtout en ce qui concerne l'ingénierie et les sciences pures.

On vous demande d'identifier les erreurs dans les réponses fournies par la machine et de compléter chaque réponse avec les notions vues en classe. Si vous ne trouvez aucune erreur dans une réponse, expliquez pourquoi celle-ci est exacte et donnez des exemples au besoin.

a) **Pourquoi est-ce que la gravité est plus forte aux pôles qu'à l'équateur ?**

La gravité est légèrement plus faible à l'équateur en raison de la force centrifuge générée par la rotation de la Terre, qui a pour effet de contrebalancer légèrement l'attraction gravitationnelle. En conséquence, les objets pèsent légèrement moins à l'équateur qu'aux pôles. La différence de gravité entre les pôles et l'équateur est d'environ 0.5 %, ce qui est très faible et difficile à mesurer sans équipement spécialisé.

b) **Quelles sont les différences entre l'ellipsoïde et le géoïde terrestre ?**

L'ellipsoïde est un modèle qui décrit la Terre comme une sphère légèrement aplatie aux pôles et renflée à l'équateur. Il est souvent utilisé pour des mesures géodésiques précises et des applications de navigation, car il est facile à décrire mathématiquement. Cependant, il ne représente pas complètement la forme réelle de la Terre, car la Terre est en fait irrégulière. Le géoïde est un modèle qui représente la forme réelle de la Terre en utilisant un niveau de référence qui suit la surface océanique terrestre. C'est une surface imaginaire qui est perpendiculaire à la force gravitationnelle et qui suit les océans.

c) **Observe-t-on des anomalies de gravité au-dessus des chaînes de montagnes ?**

Il est possible d'observer des anomalies de gravité au-dessus des chaînes de montagnes en raison de la variation de la densité des roches sous-jacentes. Les chaînes de montagnes sont souvent constituées de roches plus denses que celles des régions environnantes. Par conséquent, la gravité au-dessus de ces chaînes de montagnes peut être légèrement plus forte que celle des zones environnantes.

d) **Est-il important de corriger les données gravimétriques avant de les interpréter ?**

Oui, car les données gravimétriques peuvent être influencées par des facteurs tels que l'altitude, la topographie, la densité des roches, ainsi que la rotation de la Terre. En effectuant des corrections appropriées pour ces effets, on peut obtenir des données plus précises et plus fiables, ce qui permet une interprétation plus précise de la structure géologique et des ressources naturelles souterraines.

e) **Quelle est la différence entre la modélisation directe et la modélisation inverse ?**

La modélisation directe est une approche dans laquelle on utilise des équations et des paramètres connus pour prédire des résultats inconnus. Cela implique souvent de résoudre des équations mathématiques ou des systèmes d'équations pour trouver une solution. En revanche, la modélisation inverse est une approche dans laquelle on utilise des données observées ou des résultats inconnus pour déduire les paramètres d'un modèle. Cela implique souvent de résoudre des équations dans le sens inverse, c'est-à-dire de trouver les valeurs des paramètres qui correspondent aux résultats observés.

Justifiez toutes vos démarches.