

Contrôle périodique

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 temps alloué pour compléter l'examen est 48 heures.
- Le début de l'examen est le dimanche 20 février 2022 à 12h00 (midi).
- La fin de l'examen est le mardi 22 février 2022 à 12h00 (midi).
- Toute documentation est permise (examen à livre ouvert).
- Le professeur ne répondra à aucune question pendant la durée de l'examen.
- **Mettre au propre** vos réponses 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 citez 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(e) : _____ Date : _____

Question 1. Connaissances générales (5 points)

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

- Expliquez quel est l'effet de la compaction d'un sol sur sa (i) densité apparente, (ii) densité squelettique et (iii) susceptibilité magnétique.
- Vous faites un stage de cartographie géologique dans le nord du Québec. Un géophysicien du ministère vous demande de mesurer la susceptibilité magnétique de tous les affleurements que vous visitez avec un appareil portatif. Il veut se servir de ces données pour valider son interprétation d'une carte magnétique du secteur. Expliquez pourquoi vous devriez prendre plusieurs (10–50) mesures, plutôt qu'une seule, sur chaque affleurement visité.
- Vous faites un levé de microgravimétrie pour caractériser une galerie qui serait liée à la Caverne de Saint-Léonard, à Montréal. On suppose que la galerie a une forme cylindrique et qu'elle est remplie d'air. Vous produisez une carte de l'anomalie de Bouguer. La carte révèle une anomalie de gravité négative orientée est-ouest. Expliquez comment vous pourriez estimer la profondeur et le diamètre de cette galerie.
- D'après le modèle de Airy–Heiskanen (1855), la croûte terrestre aurait une densité plus ou moins uniforme. La croûte flotterait sur le manteau, qui possède une densité plus élevée. Selon ce modèle, l'équilibre isostatique est maintenu parce que la croûte terrestre est plus épaisse sous les chaînes de montagnes et qu'elle est plus mince sous les océans (Figure 1).

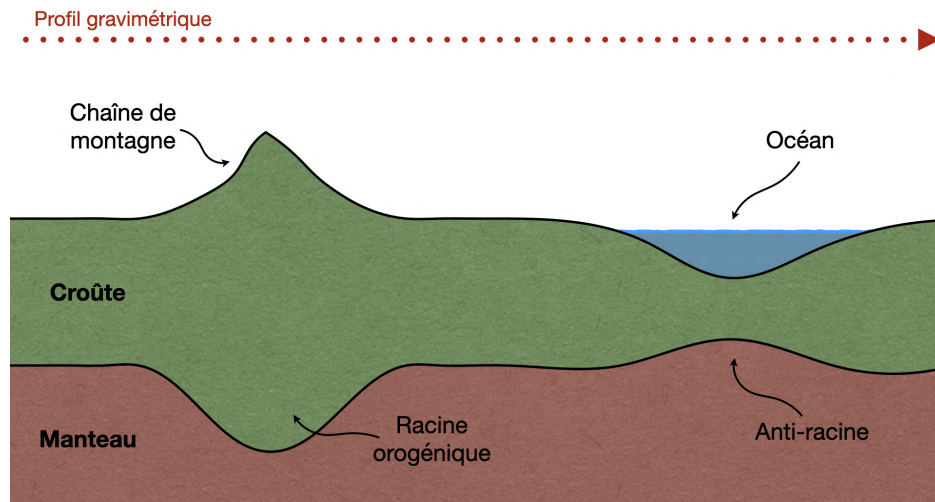


Figure 1 – L'équilibre isostatique selon le modèle de Airy–Heiskanen (1855).

Tracez un graphique qualitatif de l'anomalie de Bouguer telle qu'elle serait mesurée sur le profil illustré par les points rouges sur la Figure 1.

- Consultez la [carte de l'anomalie de Bouguer de la Commission géologique du Canada](#) aux coordonnées précises de (50.0°, -67.0°). Est-ce que cette anomalie de forme circulaire est causée par un contraste de densité positif ou négatif dans le sol ?

Question 2. Conception d'un levé gravimétrique (5 points)

La corporation minière «Bonne Mine» veut construire son usine de traitement près de la mine d'or qu'elle exploite. Conscient de l'existence d'anciennes galeries minières remontant aux années 1920 à proximité du site choisi, l'ingénieur civil en charge du projet approche votre firme de consultation en géophysique. Il a entendu parlé de la méthode de «microgravité». Quelqu'un lui a raconté qu'on pouvait détecter des cavités karstiques avec cette méthode. Il vous demande s'il serait possible d'appliquer la microgravimétrie pour savoir si des galeries passent sous le site où l'usine doit être construite. La présence de galeries représenterait un risque d'effondrement.

En bon(ne) ingénieur(e) géologue, vous commencez par faire des recherches sur le site en question. D'après les archives, les galeries seraient orientées à 15° par rapport au nord géographique, tel que montré à la Figure 2. Les galeries ont un diamètre minimum de 3 m et un diamètre maximum de 5 m. Le centre des galeries serait situé entre 10 m et 20 m sous la surface du sol. Les galeries seraient remplies d'air. La roche a une densité de 2900 kg/m^3 dans cette région. On suppose que les galeries sont très longues par rapport aux dimensions du levé. Grâce à ces informations, vous pouvez maintenant faire tous les calculs nécessaires pour répondre à l'ingénieur civil.



Figure 2 – Vue aérienne du site de construction au-dessus de galeries minières enfouies.

Justifiez toutes vos réponses aux questions suivantes :

- Quel angle proposez-vous pour l'orientation des traverses ?
- Calculez une fréquence d'échantillonnage adéquate pour détecter toutes les galeries.
- Déterminez l'amplitude (en m/s^2 ou mGal) des plus faibles anomalies anticipées.
- Expliquez à l'ingénieur de Bonne Mine Corp. pourquoi vous devrez consacrer une bonne partie du budget à faire un arpentage très précis du site, en plus du levé gravimétrique.
- Faites une esquisse de carte géophysique montrant l'anomalie de gravité qui serait mesurée au-dessus du modèle illustré à la Figure 2.

Question 3. Corrections gravimétriques (5 points)

Vous réalisez un levé de gravimétrie près de Whitehorse (60.7° N, 135.1° O) au Yukon pour des travaux de recherche fondamentale sur la géologie de cette région. Lors du levé, vous traversez **une alluvion** composée de galets et de gravier en surface. Le profil s'étend sur 100 km dans la direction nord. Vous prenez les mesures sur la surface du sol, tel qu'illustré avec les points rouges sur la Figure 3. Une station de base est située à l'extrémité sud du profil. On utilise un gravimètre relatif et la gravité mesurée à la station de base est égale à 1 mGal. La densité moyenne de la croûte à cet endroit est 2700 kg/m^3 et vous estimez la densité du gravier à 1900 kg/m^3 .

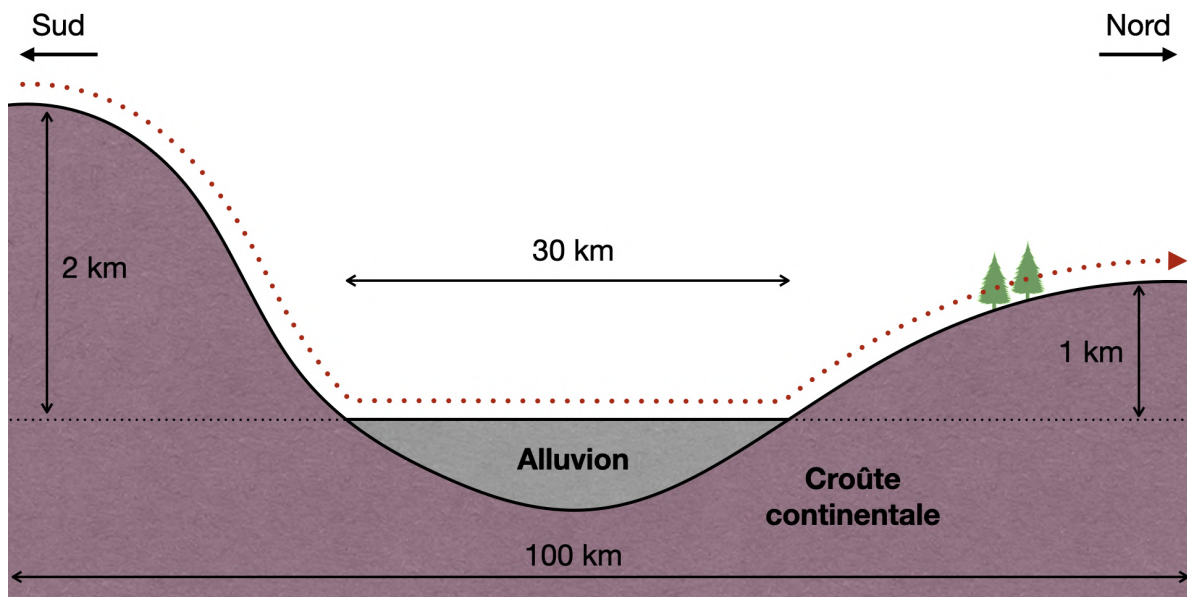


Figure 3 – Profilage gravimétrique au-dessus d'une alluvion.

En justifiant toutes vos démarches, tracez un graphique du profil de

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

Question 4. Modélisation gravimétrique (5 points)

Le 15 janvier 2022, une éruption volcanique sous-marine a généré un tsunami allant jusqu'à 15 m de hauteur¹ qui s'est déferlé sur les Îles Tonga. La quantité d'eau déplacée par le tsunami a affecté la gravité mesurée localement sur les îles.

Sur la Figure 4, on montre le tsunami en déplacement vers une île. On vous demande d'évaluer l'anomalie de gravité causée par le tsunami. En d'autres mots, on veut connaître la différence d'accélération gravitationnelle entre le moment où l'eau était à son niveau normal et le moment où sa hauteur a augmenté de 15 m à cause de la vague. Justifiez toutes vos démarches. L'anomalie de gravité aurait été mesurée par un gravimètre relatif stationnaire installé en bordure de l'océan, comme montré à la Figure 4.

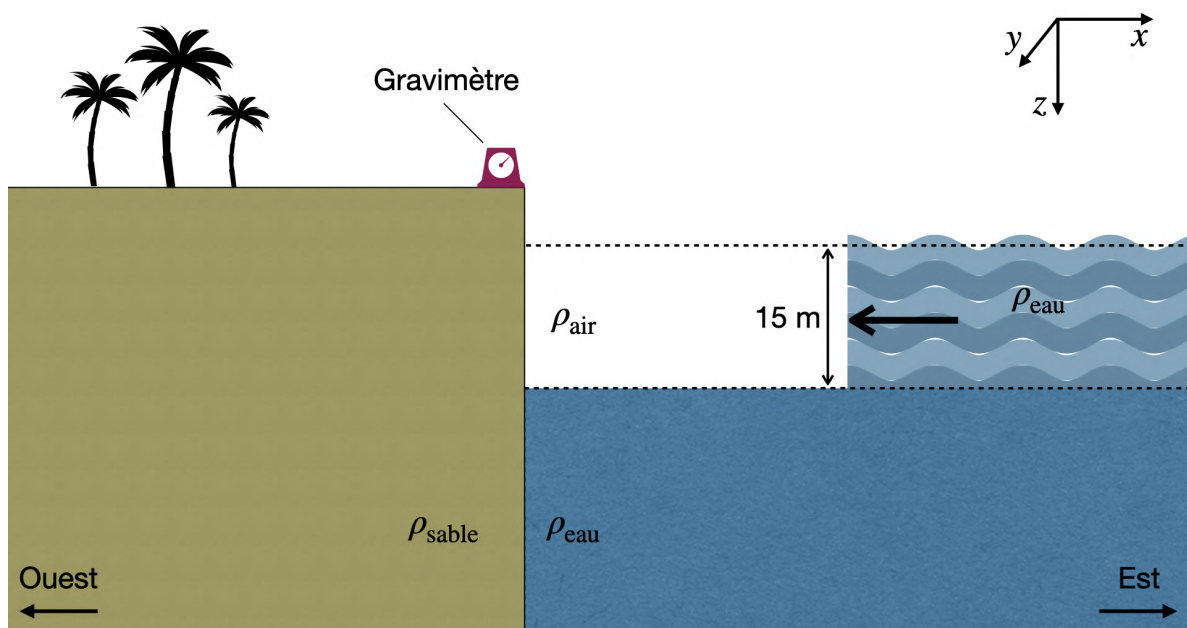


Figure 4 – Modèle conceptuel montrant un tsunami de 15 m qui se déplace vers l'ouest.

Indices : Faites des hypothèses éclairées pour les valeurs de densité du sable (ρ_{sable}), de l'eau (ρ_{eau}) et de l'air (ρ_{air}). Supposez que toutes les corrections nécessaires ont déjà été appliquées.

1. <https://www.bbc.com/news/world-australia-60039542>

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 est évaluée partout. Pour les questions 1 à 3, chaque sous-question a) à e) vaut 1 point.

Question 1

Évalué sur 5 points. Vous êtes évalués sur la clarté de la réponse. On s'attend à des réponses concises sous forme d'un court paragraphe (deux à cinq phrases environ). Utilisez des schémas pour justifier vos réponses au besoin. Une réponse exacte, mais incomplète donne un demi-point. Une réponse qui démontre des erreurs de compréhension évidentes donne 0 point.

Question 2

Évalué sur 5 points. Cette question vise à évaluer votre capacité à concevoir une solution pour un problème donné en utilisant la géophysique appliquée. Vous êtes évalués sur la clarté des explications fournies dans chaque réponse. Pour la sous-question b), vous devez utiliser le théorème d'échantillonnage pour justifier votre proposition. À la sous-question e), votre carte devrait illustrer les variations de gravité avec des couleurs (ou des teintes de gris) différentes. La carte devrait être accompagnée d'une échelle de couleur approximative.

Question 3

Évalué sur 5 points. 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) et c). On s'attend à un graphique qualitatif pour les sous-questions d) et e).

Pour a) à d), on demande de tracer la valeur de chaque correction, et non la valeur de la gravité après 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 3 le permettent.

Question 4

Évalué sur 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 gravimétrique. 1 point pour une paramétrisation pétrophysique adéquate de la mise en situation. 2 points pour un calcul exact et bien justifié de la valeur demandée. 1 point pour un graphique de l'anomalie de gravité en fonction du déplacement de la vague. 1 point pour une remarque sur l'amplitude de l'anomalie.