

Géophysique

Examen de septembre 2001

Licence de sciences de la Terre, Lyon 1

3 pages d'énoncé, examen avec documents, 3h

On prendra $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ pour valeur de la constante de gravitation, $R_0 = 6371 \text{ km}$ pour le rayon de la Terre et $g_0 = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ pour la pesanteur de la Terre moyenne. Les questions sont, pour la plupart, indépendantes. Les questions 2, 3 et 4 de gravimétrie paraîtront probablement plus difficiles que le reste de l'examen.

Sismologie : sismographes

- 1.** Expliquer en quelques lignes quels sont les buts et les moyens de la sismologie.
- 2.** Que mesure un sismomètre ?
- 3.** Un séisme est enregistré sur une station sismologique à trois composantes, Est, Nord, Vertical. L'azimut¹ du séisme est de 45° . Que cela implique-t-il sur les enregistrements ?
- 4.** Comment peut-on estimer l'angle d'incidence d'un rai ?
- 5.** Sur ces enregistrements on pointe les ondes P à 00h05min10s et les ondes S à 00h15min22s. Quelle est la distance (en km) du séisme ? À quelle heure arrivent les ondes PP ? Que sont les ondes PP ?

Gravimétrie : anomalie d'un plateau cylindrique

1. Soit \vec{g} la gravité au dessus et au milieu d'un plateau cylindrique (point M sur la figure 1-gauche). Pourquoi \vec{g} est-il dirigé suivant l'axe des z ? On notera $\vec{g} = -g\vec{e}_z$. Exprimer r' et $\cos \lambda$ en fonction des autres quantités.

2. Rappeler quelle est l'expression générale de la gravité \vec{g} d'un corps occupant un volume V en fonction de sa densité. En déduire, avec les notations de la figure, l'expression de la gravité du cylindre en fonction de sa densité ρ supposée constante.

3. En déduire que :

$$g = G\rho \int_V \frac{b+h-z}{(r^2+(b+h-z)^2)^{3/2}} dV \quad (1)$$

En coordonnées cylindriques cela s'écrit :

$$g = G\rho \int_0^R \int_0^h \int_0^{2\pi} \frac{b+h-z}{(r^2+(b+h-z)^2)^{3/2}} r d\theta dz dr \quad (2)$$

¹ angle de la direction du séisme avec le Nord

4. En intégrant successivement les trois intégrales montrer que :

$$g = 2\pi G\rho \left(h + \sqrt{R^2 + b^2} - \sqrt{R^2 + (b+h)^2} \right). \quad (3)$$

5. Le plateau tibétain (largeur 2000 km, hauteur 5 km) est assimilé à un tel plateau cylindrique. En prenant $\rho = 2,7$ calculer l'anomalie qu'il crée à sa surface ($b = 0$) en mGal (qu'aurait-on trouvé avec un plateau infini ?).

6. On mesure $\Delta g = -1515$ mGal à 5000 m d'altitude. Quelle est l'anomalie à l'air libre correspondante ? Comparez à la valeur trouvée à la question précédente ; qu'en concluez-vous ?

7. On considère maintenant une racine crustale de même forme cylindrique et de topographie h' (figure 1-droite). Calculer l'anomalie totale créée par le plateau tibétain et la racine. En prenant $\rho_m = 3,2$ pour la densité du manteau calculer cette anomalie en mGal pour les valeurs suivantes de h' : 10,20,30,40 km. À l'aide de l'anomalie à l'air libre observée en déduire une estimation de l'épaisseur crustale à cet endroit. On prendra $E = 35$ km.

8. Que vaut cette épaisseur si on suppose l'isostasie « parfaite », c'est-à-dire que le « poids des colonnes de matière » est égal. Qu'en concluez-vous ?

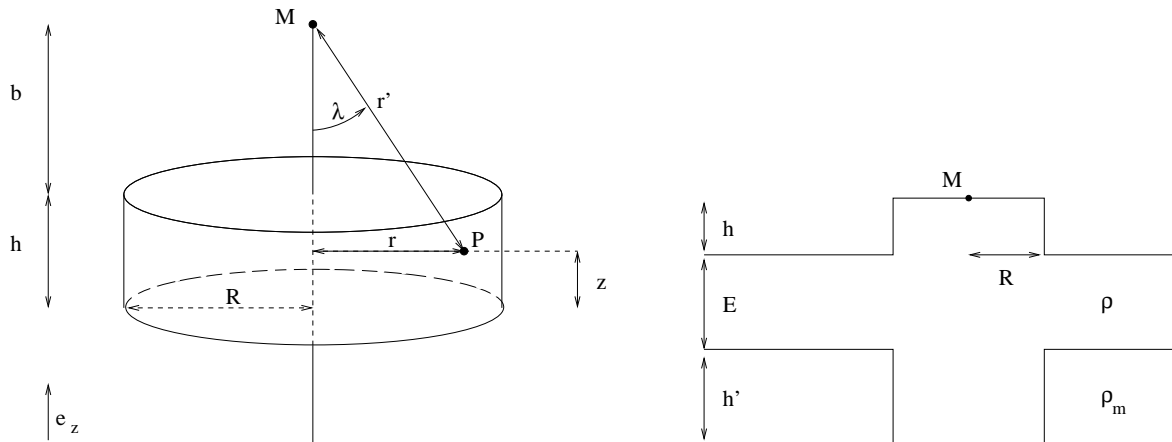


FIG. 1 –

Sismologie : temps de parcours

Un séisme océanique d'épicentre E est enregistré sur une station sismologique continentale S (cf. figure 2). L'épicentre est à une distance $a = 50$ km de la côte, la station en est à $a' = 20$ km. On considère chacun des deux domaines, océanique et continental, comme homogène et on se donne v et v' les vitesses respectives des ondes S dans ces domaines. Pour déterminer le temps de parcours de ces ondes on peut, soit déterminer

le « vrai rai » à partir de la loi de Descartes sur les angles d'incidence et de réfraction, soit se contenter d'une approximation en considérant que le rai est rectiligne de E à S (approximation dite parfois du *rai gelé*). On va chercher à déterminer l'erreur faite dans l'approximation du rai gelé. On notera c, c', b, b', i, i' les distances parcourues dans chacun des milieux et pour chacun des rais ainsi que les angles d'incidence et de réfraction du vrai rai (cf. figure).

1. On néglige la troisième dimension (profondeur) et on considère donc que le rai reste en surface. Pourquoi ?

2. On se donne $i = 45^\circ$. En déduire i' , c , et c' . Application numérique : on prendra $v = 3$ km/s et $v' = 3,5$ km/s.

3. En considérant le triangle EOS montrer que la distance $d = b + b'$ épicerentre-station vaut $d = 105,7$ km. En déduire que $b = 75,5$ km et $b' = 30,2$ km.

4. Calculer le temps de parcours de l'onde dans l'approximation du rai gelé.

5. Même question pour le vrai rai.

6. Conclure sachant que l'erreur moyenne d'une mesure de temps de parcours est, disons, 0,1 s.

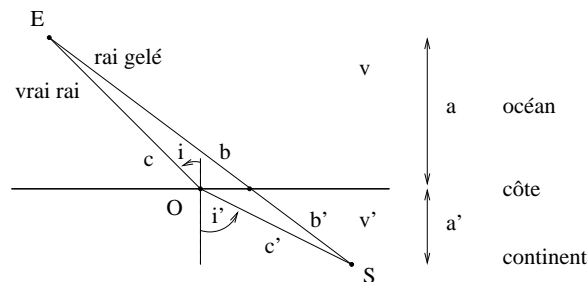


FIG. 2 -