

Géophysique

Examen du lundi 3 juin 2002

Partie sismologie et gravimétrie, Licence de sciences de la Terre, Lyon 1

5 pages d'énoncé, examen avec documents, 2h

Sismologie - corrections

Le but de cet exercice est de comprendre le principe de deux corrections appliquées aux temps de parcours des ondes sismiques issues de télé-séismes (séismes lointains). Ces deux corrections permettent de ramener les mesures de temps à des données sur une sphère.

Documents utiles : hodochrones ; éventuellement tracé de rais et de fronts.

Correction d'ellipticité

1. Comment appelle-t-on l'onde sismique P qui traverse la Terre de part en part, en ligne droite en passant par le centre ? Quelle est approximativement son temps de parcours ? Quelle est la vitesse moyenne le long de ce parcours ?

2. Les rayons équatorial et polaire de la Terre valent respectivement :

$$R_e = 6378 \text{ km} \quad R_p = 6357 \text{ km.} \quad (1)$$

Expliquer succinctement l'origine de cette différence.

3. Donner la différence de temps de parcours entre deux trajets passant par le centre de la Terre, l'un reliant les pôles, l'autre reliant deux points de l'équateur.

Correction de topographie

4. En considérant une faible distance épacentrale, estimer grossièrement la vitesse sismique des ondes P dans la croûte. On utilisera la figure représentant les hodochrones de la Terre sphérique et on expliquera brièvement la méthode utilisée.

5. Soient maintenant deux stations sismiques très proches l'une de l'autre mais distantes de 3 km en altitude. Quelle est la différence, entre les deux stations, de temps d'arrivée d'une onde P issue d'un séisme lointain ?

Conclusion

6. Supposons qu'à partir des sismogrammes on puisse mesurer les temps de parcours à quelques dixièmes de seconde près. Expliquer pourquoi et comment les sismologues effectuent des corrections d'ellipticité et de topographie.

Gravimétrie - Noyau lunaire

On se propose d'étudier quelques propriétés de l'intérieur lunaire, notamment celles d'un éventuel noyau. On rappelle que $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa} = 10^9 \text{ kg m s}^{-2}$ et que la constante de gravitation universelle vaut $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$.

1. À l'aide du théorème de Gauss calculer la gravité à l'extérieur, puis à l'intérieur, d'une coquille sphérique de densité ρ et d'épaisseur ds (cf. figure 1).

2. En déduire l'expression de la gravité à l'intérieur d'une planète sphérique :

$$g(r) = \frac{4\pi G}{r^2} \int_0^r \rho(s) s^2 ds. \quad (2)$$

3. On supposera dorénavant que ρ est constant. Comment s'exprime alors $g(r)$?

4. En déduire la densité de la Lune sachant que son rayon et sa gravité en surface valent $R = 1737 \text{ km}$ et $g = 1,625 \text{ m/s}^2$. Quelle est l'incertitude sur la valeur trouvée, sachant que G est connu avec une incertitude relative de $1,5 \cdot 10^{-3}$ et que les autres données sont supposées exactes ?

5. Quelle valeur de la densité trouverait-on pour la Terre si on suivait le même raisonnement ? Expliquer pourquoi les deux valeurs trouvées représentent les densités moyennes des planètes. Pourquoi peut-on considérer que la Lune est homogène ? A votre avis comment mesure-t-on le rayon et la gravité lunaire ?

6. Donner une valeur numérique de la masse de la Lune et du rapport des masses terrestre et lunaire.

7. Sachant que la pression P est nulle au bord et que $dP/dr = -\rho g$ pour tout r , que vaut $P(r)$? Combien vaut-elle au centre ? Que trouverait-t-on pour la Terre ?

8. Tracer les courbes $\rho(r)$, $g(r)$, $P(r)$ pour ce modèle de Lune.

En réalité la pression au centre de la Terre est estimée à 370 GPa. La pression au centre de la Lune est probablement comprise entre 5 et 7 GPa, la température entre 1000 et 2000 K.

On donne le diagramme de phase du fer (fig. 2) ; il indique les domaines de pression et température des différentes phases minérales solides (appelées α , δ , γ et ϵ) et de la phase liquide. L'équation d'état donne les courbes de températures de la phase γ en fonction de la pression et de la densité (fig. 3).

9. A votre avis pourquoi peut-on supposer que le noyau lunaire, s'il existe, est essentiellement composé de fer ?

10. Quelles informations pouvez-vous tirer de ces figures ? On pourra éventuellement écrire sur ces figures et les rendre.

11. Commenter succinctement ces résultats.

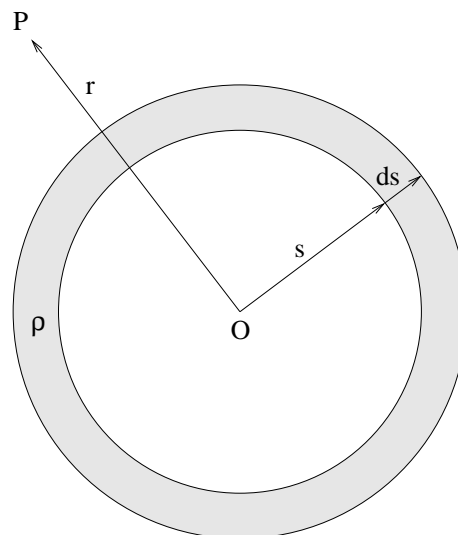
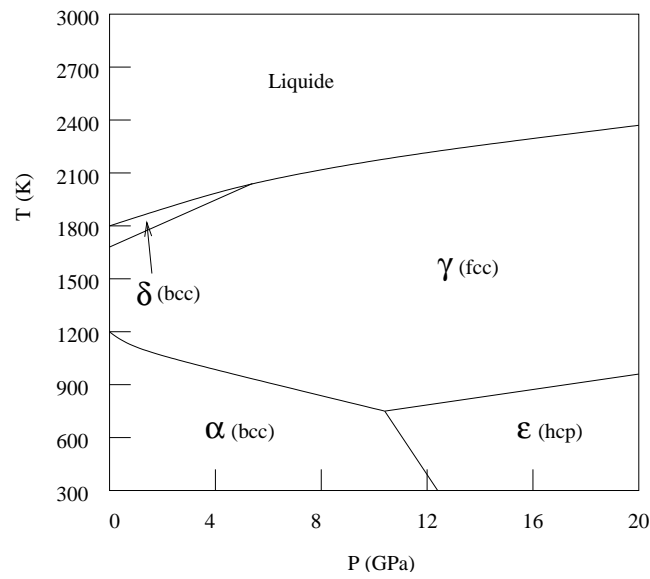
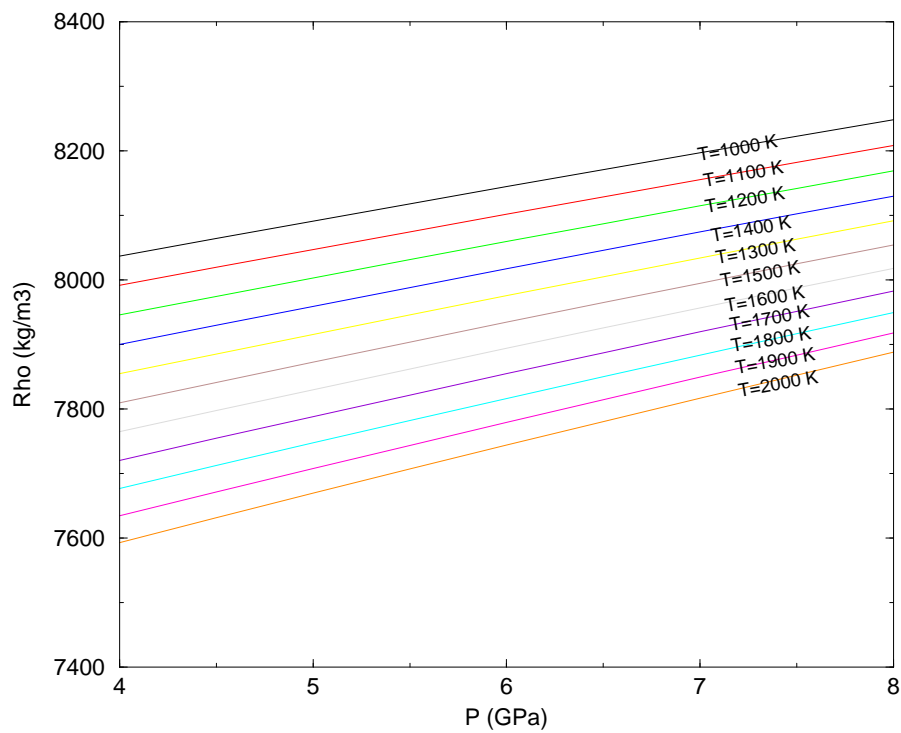


FIG. 1 – *Couronne sphérique.*

FIG. 2 – *Diagramme de phase du fer.*FIG. 3 – *Équation d'état du fer γ .*

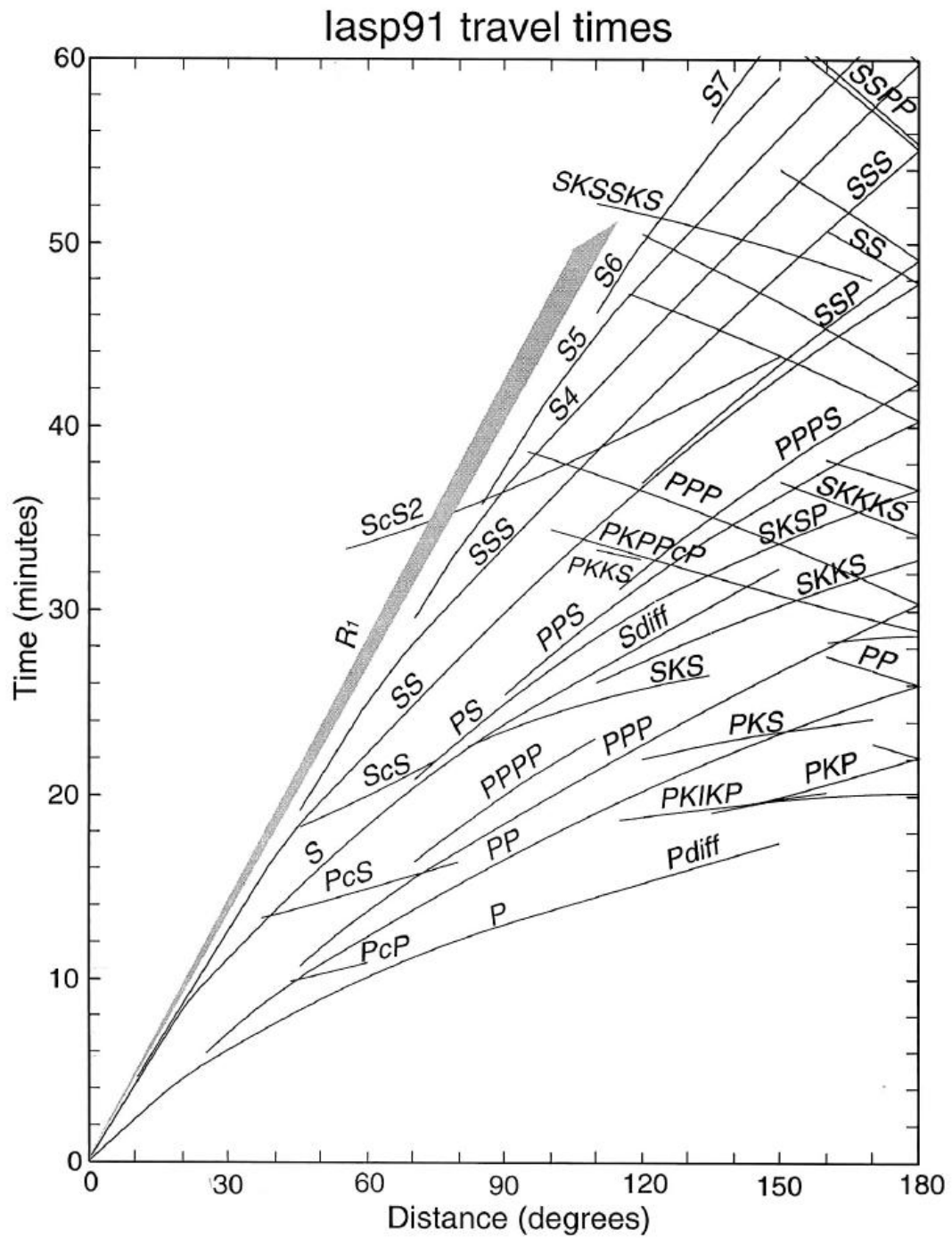


FIG. 4 – Hodochrones.