

Géophysique

Examen de septembre 2002

Licence de sciences de la Terre, Lyon 1

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

On prendra $R_0 = 6371$ km pour le rayon de la Terre et $g_0 = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ pour la pesanteur de la Terre moyenne.

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?

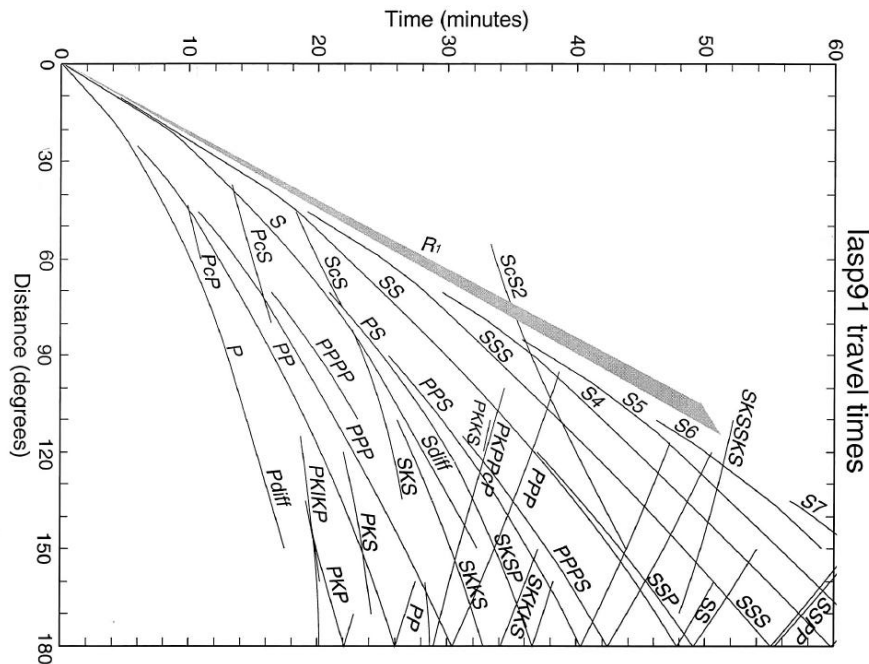


FIG. 1 – Hodochrones.

¹ angle de la direction du séisme avec le Nord

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 :

$$g(r) = \frac{4\pi G}{r^2} \int_0^r \rho(s) s^2 ds. \quad (1)$$

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.

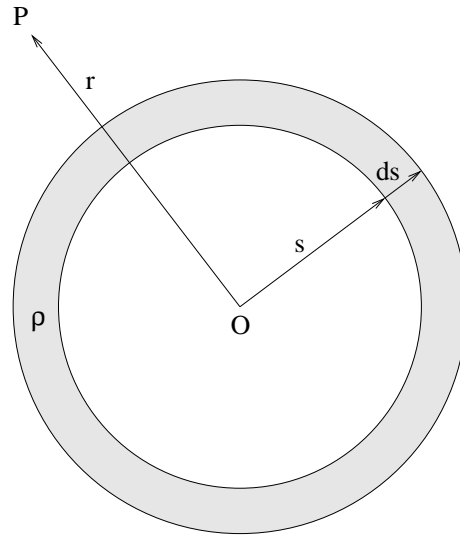
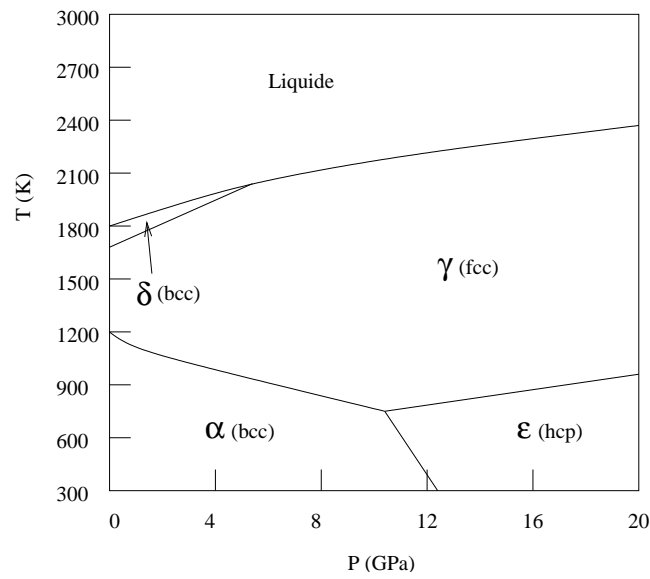
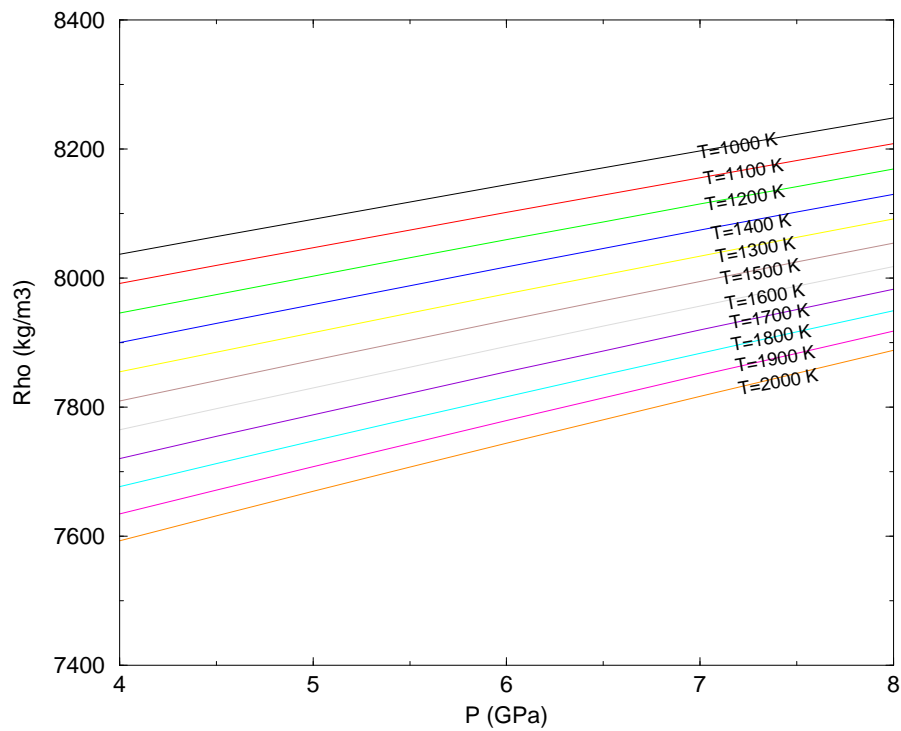


FIG. 2 – Couronne sphérique.

FIG. 3 – *Diagramme de phase du fer.*FIG. 4 – *Équation d'état du fer γ .*