

# Introduction aux sciences de la Terre

Examen du lundi 23 avril 2007

Master de sciences de la matière, M1, ENS Lyon.

Documents autorisés : cours. 2 pages d'énoncé. Durée : 2 h

— 0 —

## I. Sismologie

**1.** En une page maximum : Rappeler ce qu'est un foyer sismique, une distance épacentrale, une hodochrone ; décrire qualitativement quelques hodochrones de la Terre sphérique.

**2.** On cherche à déterminer en première approximation le rayon du noyau de la Terre. On commence par considérer pour cela une Terre homogène, c'est-à-dire dans laquelle les vitesses  $\alpha$  et  $\beta$  des ondes P et S sont constantes. Quelle est la forme des rais dans une telle Terre ? Donner l'expression des hodochrones  $T_P(\theta)$  et  $T_S(\theta)$  des ondes directes P et S ( $T$  est le temps d'arrivée d'une onde à une distance épacentrale  $\theta$ ).

**3.** Sauf vers  $120^\circ$  où elles ne sont pas observées, des mesures donnent comme temps d'arrivée des ondes P :

-  $T(60^\circ) = 10 \text{ min } 11 \text{ s}$ ,

-  $T(90^\circ) = 13 \text{ min } 27 \text{ s}$ ,

-  $T(150^\circ) = 19 \text{ min } 47 \text{ s}$ ,

-  $T(180^\circ) = 20 \text{ min } 12 \text{ s}$ .

A quelles valeurs de  $\alpha$  correspondent-elles ? Avez-vous une explication concernant ces résultats ?

**4.** On considère maintenant l'existence d'un noyau de rayon  $c$  et de vitesse longitudinale constante  $\alpha_c$ . Donner l'expression de l'hodochrone  $T_{PcP}(\theta)$  de l'onde P réfléchi en onde P à la surface du noyau.

**5.** Quelle est la valeur maximale  $\theta_l$  de  $\theta$  pour laquelle l'onde PcP existe. Représenter l'allure des hodochrones P et PcP. Que se passe-t-il d'autre à l'angle limite  $\theta_l$  ?

**6.** On mesure  $T_{PcP}(0^\circ) = 8 \text{ min } 32 \text{ s}$ . En admettant que la vitesse trouvée en 2) pour l'onde P observée à  $90^\circ$  soit une bonne approximation de la vitesse moyenne dans le manteau (l'erreur est inférieure à 1%), estimer la profondeur de la discontinuité noyau-manteau et l'erreur sur cette estimation. En déduire la valeur de  $\theta_l$ , et la vitesse moyenne dans le noyau.

**7.** Quels arguments pouvez-vous donner pour supposer que le noyau terrestre est

essentiellement composé de fer ?

## II. Modèle diffusif pour la température dans la Terre

On suppose que le flux de chaleur à la surface de la Terre est connu et égal à 44 TW.

1. Dans une première partie, on suppose que la température est en état permanent. Quel équilibre peut-on écrire et quelle grandeur pertinente pour l'intérieur peut-on en déduire ?
2. Appliquer la conservation de l'énergie entre deux sphères concentriques de rayon  $r$  et  $r + dr$  et en déduire une équation différentielle satisfaite par le flux de chaleur  $q(r)$ . On supposera que le taux de production de chaleur radioactive par unité de volume  $h$  est uniforme.
3. Donner les conditions limites que doit satisfaire  $q(r)$  et en déduire la solution  $q(r)$ .
4. En supposant que la conductivité thermique est uniforme, en déduire la température au centre de la Terre (on supposera une température nulle en surface). A. N. :  $Q = 44\text{TW}$ ,  $R = 6400\text{ km}$ ,  $k = 4\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Discuter.
5. On suppose maintenant que la conductivité thermique dépend de la température sous la forme  $k(T) = k_0 \exp(T/T_k)$ . Déterminer la température au centre de la Terre dans ce cas là. A.N. :  $T_k = 1300\text{C}$ . Discuter.

— 0 —