

# Géophysique - M1 de physique, ENS de Lyon

Examen, mars 2012, 3 h - document autorisé : aucun

— o —

## I. Géomagnétisme

Donner 3 caractéristiques principales (selon vous) du champ magnétique terrestre.

## II. Sismologie

**1.** Comment sont générées les ondes sismiques ? Décrire ces ondes. [une page max]

On donne les hodochrones (fig. 2) et les sismogrammes enregistrés à Charter-Towers (fig. 1). Sur ces sismogrammes, en justifiant :

**2.** Identifier les ondes. On pourra écrire sur la figure et la rendre avec la copie.

**3.** Donner la distance du séisme.

**4.** Donner l'azimut (angle d'une direction par rapport au Nord) du séisme.

**5.** Donner l'angle d'incidence du rai en surface.

## III. Convection et conduction de la chaleur

**1.** Diriez-vous que le manteau de la Terre est fluide ou solide ? [15 lignes max]

**2.** Quelle est la signification du nombre de Rayleigh et du nombre de Rayleigh critique ? Avez-vous une idée de leur ordre de grandeur dans la Terre ? [15 lignes max]

**3.** Comment se fait le transport de chaleur dans la Terre ? Donner et expliquer le profil moyen de température en fonction de la profondeur dans le manteau terrestre. [1 page max avec figure]

**4.** On mesure le flux total de chaleur  $Q = 46$  TW à la surface de la Terre. On estime que la désintégration radioactive de  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et

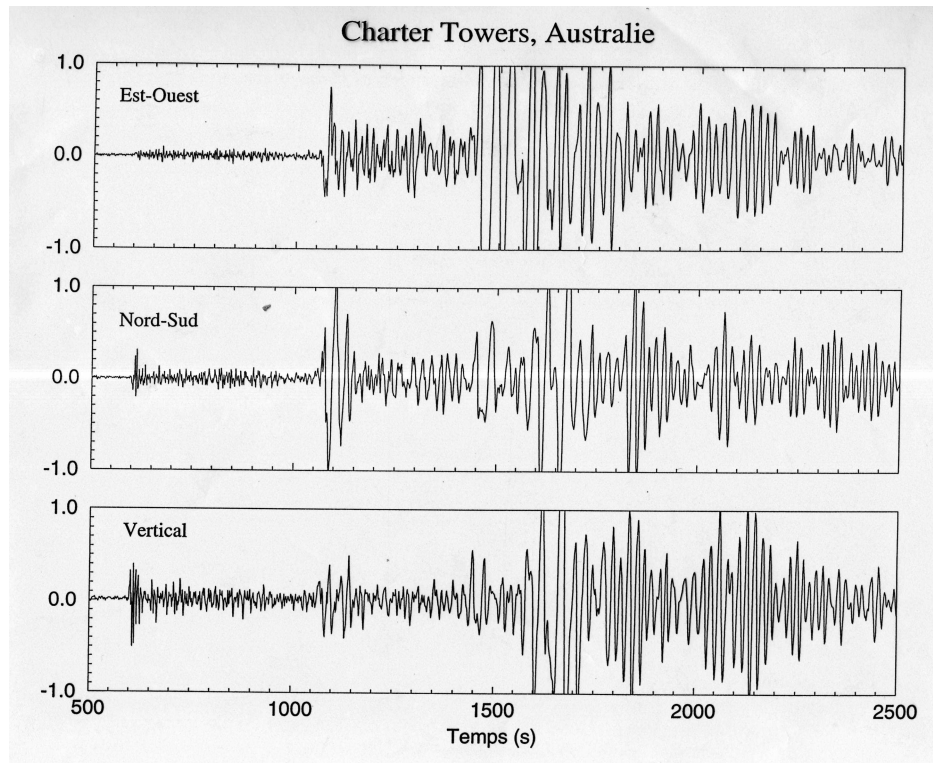


FIG. 1 – Sismogrammes représentant les trois composantes (est-ouest, nord-sud et verticale) d'une station en Australie après un séisme.

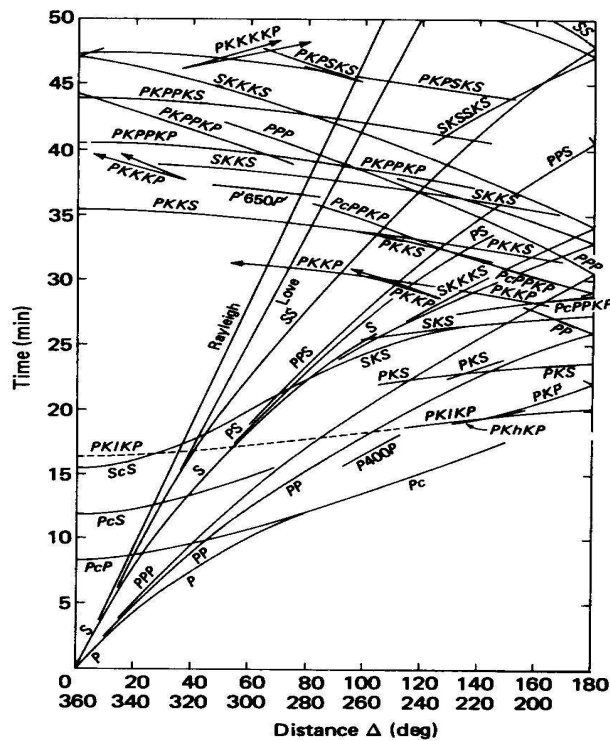


FIG. 2 – Hodochrones théoriques.

$^{40}\text{K}$  produit  $q = 20$  TW dans le manteau (compris ici comme le système manteau+croûte). Le flux à la surface du noyau est mal connu mais estimé à  $Q' = 8$  TW. Est-ce qu'actuellement le manteau de la Terre se refroidit ou se réchauffe? En prenant une capacité calorifique constante  $C = 1250$  J/Kg/K, pour une masse du manteau  $M = 4.3 \times 10^{24}$  kg, déterminer la variation temporelle séculaire de température  $dT/dt$  en degré par milliard d'années.

#### IV. Rotation des planètes

On pense que la Lune s'est formée par agglomération de matériel détaché de la Terre suite à un gros impact (qui a projeté le matériel mais qui a pu aussi augmenter le moment cinétique). On cherche dans ce problème à déterminer la vitesse de rotation de la Terre à ses débuts, juste avant ou juste après l'origine de la Lune. Pour cela on va estimer le moment cinétique du système Terre-Lune. On supposera par ailleurs que depuis l'origine de la Lune le système Terre-Lune peut être supposé isolé.

Données numériques ( $I =$  inertie) :

Planète	Masse $M$ ( $10^{24}$ kg)	Rayon $R$ (km)	$I/MR^2$	Période rotation (h)
Terre	6,0	6400	0,33	23,9
Mars	0,64	3400	0,37	24,6
Jupiter	1900	70000	0,25	9,9
Saturne	570	58000	0,21	10,7
Uranus	87	25000	0,23	17,2
Neptune	102	25000	0,23	16,1

**1.** Le théorème du moment cinétique s'écrit  $d\vec{H}/dt = \vec{C}$  avec  $\vec{H} = \int_V \vec{OM} \wedge \rho \vec{v} dV$  et  $\vec{C} = \int_V \vec{OM} \wedge \rho \vec{f} dV$ . Décrire les quantités présentes dans cette égalité et donner des exemples d'application. [20 lignes max]

**2.** Dire ce qu'est une force de marée et rappeler ses effets. [20 lignes max]

**3.** On rappelle que le moment cinétique d'une planète est la somme du moment de révolution  $Md^2\omega$  et du moment de rotation  $I\Omega$ . Expliquer. [20 lignes max]

**4.** Calculer pour chacune des planètes du tableau leur moment cinétique de rotation *par unité de masse*. Représenter ces quantités en fonction des masses dans un diagramme log-log.

**5.** Dans ce diagramme la droite  $y = 0.25 \times 10^{-10} M^{4/5}$  (en u.s.i.) semble fournir une loi empirique correcte. La représenter. Voyez-vous une raison pour qu'il existe une loi entre le moment cinétique et la masse ? A votre avis pourquoi la Terre se situe-t-elle en dessous de cette loi ?

**6.** Quelle serait la période de rotation (= *durée du jour*) de la Terre si elle suivait cette loi. A quoi pourrait correspondre cette période ?

On cherche maintenant le moment cinétique du système Terre-Lune. Données : masse de la Lune  $m = 7,3 \times 10^{22}$  kg, distance Terre-Lune  $d = 384\,000$  km ; période de révolution  $T_L = 27,3$  jour solaire.

**7.** Comment s'exprime la distance du centre de masse du système Terre-Lune à celle du centre de la Terre en fonction des données du problème ? Calculer numériquement les moments cinétiques de translation de la Terre et de la Lune autour de leur centre de masse commun. Calculer et placer sur le diagramme le moment cinétique *par unité de masse* du système Terre-Lune.

**8.** Si le moment cinétique du système Terre-Lune était entièrement attribué à la rotation diurne de la Terre à quelle période de rotation cela correspondrait-il ? A votre avis dans quels sens (croissant, décroissant, constant) ont évolué depuis l'origine de la Lune les moments cinétiques respectifs de la Terre, de la Lune et du système Terre-Lune ?

**9.** En déduire une histoire hypothétique de la durée du jour.

— o —