

UE de Physique de la Terre 1, cours « Sismologie »,
Examen de janvier 2010

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

Documents autorisés : aucun. Durée : 1 h 45.

— o —

1. [2 points] Expliquer comment, à partir de sismogrammes, on construit la sphère focale d'un séisme. On prendra l'exemple d'une faille normale de pendage environ 70° (< 20 lignes).

2. [1] Quelles sont les caractéristiques principales des ondes de surfaces (< 10 lignes) ?

3. [5] Expliquer comment est construit un modèle moyen comme le modèle PREM puis quels sont les principes de la tomographie (< 2 pages).

4. [12] **Anisotropie.** Un milieu dit *transversalement isotrope* possède un tenseur élastique c_{ijkl} qui s'écrit sous forme condensée :

$$C_{IJ} = \begin{pmatrix} A & A - 2N & F & 0 & 0 & 0 \\ A - 2N & A & F & 0 & 0 & 0 \\ F & F & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N \end{pmatrix} \quad (1)$$

avec $I = 1, 2, \dots, 6$ respectivement pour $(i, j) = (1, 1), (2, 2), (3, 3), (2, 3), (1, 3), (1, 2)$.

a) On emploie ce type d'anisotropie pour rendre compte des modèles de Terre à symétrie sphérique comme PREM. L'axe 3 représente alors l'axe vertical (radial), les axes 1 et 2 représentent deux axes horizontaux (tangents à la sphère). Expliquer qualitativement et en une ou deux phrases pourquoi ce type de tenseur est adapté à une symétrie sphérique.

Une onde plane $\vec{u}(\vec{x}, t) = \vec{U} e^{i(\vec{k} \cdot \vec{x} - \omega t)}$ traverse le milieu. On pose $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{n}$. On rappelle l'équation de la dynamique : $\partial_j (c_{ijkl} \partial_k u_l) = \rho \partial_t^2 u_i$.

b) Que représente \vec{n} ? Montrer que ce déplacement vérifie une équation du type $B_{il} u_l = \rho c^2 u_i$ où B est un tenseur à préciser en fonction de c_{ijkl} .

c) Exprimer B , décrire les ondes sismiques et calculer leurs vitesses pour une propagation verticale et une propagation horizontale en fonction des coefficients A, C, F, L, N

et de ρ . On notera V_P^H , V_P^V , V_S^H , V_S^V les vitesses : pour les ondes P les exposants H et V se réfèrent à la direction de la propagation ; V_S^V désigne la vitesse des ondes se propageant verticalement ainsi que celles se propageant horizontalement avec polarisation verticale et V_S^H désigne la vitesse des ondes se propageant horizontalement avec polarisation horizontale.

d) A 200 km de profondeur le modèle PREM donne $C=2,057$, $A=2,186$, $L=0,6617$, $N=0,6670$, en 10^{11} Pa, et $\rho = 3362$ kg/m³. Calculer numériquement V_P^V , V_P^H , V_S^V , V_S^H . Quel est (ou quels sont) le « pourcentage d'anisotropie » à cette profondeur ?

e) Exprimer B pour une propagation à 45° de l'axe vertical. Pour chacune des ondes que l'on a décrites en milieu isotrope (P, SV et SH) dire si elle existe et si oui donner sa vitesse. En général l'anisotropie est faible, pourquoi parle-t-on alors d'ondes quasi-P et quasi-S ?