

Extrait du Géologie et géo-tourisme

<http://jfmoyen.free.fr>

# Sismique et structure de la Terre

- Textes et documents pédagogiques - Fragments -

Date de mise en ligne : lundi 28 ao<sup>2</sup>006

## **Description :**

Comment l'interprétation des données sismiques permet-elle de comprendre la structure globale de la Terre ?

---

Géologie et géo-tourisme

---

### Texte écrit pour fsg, Mars 2004

> - *quelles réponses la sismologie peut-elle apporter sur la composition > de l'intérieur du globe ?*

Ben en fait, c'est notre seule source de données directes sur l'intérieur de la Terre, donc tout ce qu'on sait vient de là.

Je te la fais courte ; tu trouveras des détails dans Poirier : l'intérieur de la Terre, et dans Brown et Mussett : the inaccessible Earth.

Bref. On peut dériver de la sismique (analyse des temps d'arrivée, tout ça) deux paramètres, qui sont les vitesses de propagation des ondes sismiques ( $V_p$  et  $V_s$ ), en fonction de la profondeur.

La physique des matériaux nous dit qu'il existe deux équations qui permettent d'exprimer  $V_p$  et  $V_s$  en fonction de ( $\rho$ ), la masse volumique, et de deux paramètres d'élasticité ( $\kappa$ ,  $\mu$ ). En faisant qq hypothèses bien senties sur  $\rho$  (par exemple on connaît la masse de la Terre et sa taille, et aussi son moment d'inertie, ce qui nous donne une première estimation de la répartition des masses à l'intérieur de la Terre), on peut donc proposer une première estimation, qu'on raffine peu à peu par des itérations successives jusqu'à arriver à un modèle qui nous donne  $\kappa$ ,  $\mu$  et  $\rho$  en fonction de la profondeur (on connaît donc, à ce stade, 5 paramètres sur l'intérieur de la Terre). Comme on connaît  $\rho$ , on peut d'ailleurs calculer la pression en fonction de la profondeur.

D'autre part, au labo on arrive à établir une relation empirique entre la vitesse des ondes P,  $\rho$ , et la masse molaire moyenne d'un corps ; cette relation a le bon goût d'être assez fondamentale pour être valable pour tout corps, dans toutes les conditions P-T imaginables (Loi de Birch).

Comme on a mesuré  $V_p$  et calculé  $\rho$  partout en fonction de la profondeur, la loi de Birch nous donne donc la masse molaire moyenne des corps composant l'intérieur de la Terre, en fonction de la profondeur. On arrive à 21 et qq pour le manteau, 51 pour le noyau.

Pour le manteau, c'est une valeur cohérente avec de l'olivine magnésienne,  $Mg_2SiO_4$  ( $2 * 24 + 28 + 4 * 16 / 7 = 20$ , il y a donc forcément un peu de fer aussi). Ce qui ressemble bien aux échantillons de manteau qu'on connaît.

Pour le noyau, c'est une valeur un peu inférieure à celle du fer (56), ce qui veut dire que, pour faire baisser la moyenne, il faut un élément "léger". (je te laisse calculer combien il faut, par exemple d'O, pour faire passer la moyenne d'un assemblage Fe-O de 56 à 51....)

Si on veut aller plus loin, il faut d'autres sources d'informations. Les modèles actuels de formation de la Terre veulent qu'elle se soit formée par la condensation (puis la différenciation) de poussières dont la composition est celle, en gros, de l'ensemble du système solaire — donc du soleil, donc de certaines météorites "primitives" préservées, les chondrites —. La composition du soleil est estimée par spectrométrie, celle des chondrites mesurée directement. A partir de là, on peut faire un bilan de masse et écrire que

chondrite = terre globale = noyau + manteau

La composition du manteau, on peut en faire une bonne estimation sur la base des échantillons de manteau qu'on

## Sismique et structure de la Terre

---

connait ; la composition de la terre globale, on la détermine grace aux chondrites. On peut donc, de cette façon, calculer une composition du noyau ; elle a le bon goût d'être dans les 80 % de Fer, 5 % de Ni, 15 % de Si et de O : ca donne une masse molaire moyenne compatible avec la valeur de 51 qu'on a déterminée.

Enfin, on peut boucler la boucle, et se livrer à des travaux expérimentaux : on prend des matériaux de composition cohérente avec celle qu'on vient de déterminer ; on les porte dans les conditions P-T [1] du noyau ; et on mesure leurs propriétés sismiques et physiques :  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\rho$ ,  $\kappa$ ,  $\mu$ . Oh joie, ca colle plutôt bien avec ce qu'on a mesuré par sismique.

Evidemment, en vrai on utilise toutes ces approches en parrallèle, et on s'en sert pour raffiner progressivement le modèle de Terre...

---

[1] Et comment détermine-t-on la température, me diras-tu ? Ah, ca c'est une autre histoire, que je raconterais un autre jour si il y a des gens intéressés...