

Le Noyau Terrestre

G. Fanjat (fanjat@gm.univ-montp2.fr)

Introduction

- **Amorce:** De l'antiquité, où les grecs et romains pensaient que le centre de la Terre étaient les enfers, peuplés d'âmes errantes en passant par Voyage au centre de la Terre de J. Verne jusqu'au récent film Fusion, l'intérieur de la Terre a toujours été un sujet intrigant et passionnant. Mais au cours de l'histoire de nombreux progrès scientifiques ont permis de se fonder une idée plus concrète, bien qu'encore très débattue, sur la nature et les propriétés du centre de la Terre: le Noyau. Il n'est pas accessible, ce qui implique l'utilisation de modèles: lois physiques + observations + hypothèses.
- **Problématique:** Comment est structuré ce noyau? Comment l'a-t-on découvert? Comment a-t-on contraint sa composition et sa dynamique? Quand s'est-il formé?
- **Annonce du plan**

1 La découverte et la structure du noyau terrestre

Une approche historique est la bienvenue et permet de voir les progrès effectués sur les techniques et la connaissance de la structure profonde de la Terre.

1.1 Le noyau: mise en évidence par la gravimétrie (Roche, 1981)

- On connaît la densité moyenne de la Terre (M et V) de 5.5. Or la densité des roches qu'on observe à la surface $< 3 \Rightarrow$ Matériel plus dense au centre
- Moment d'inertie de la Terre n'est pas celui d'une sphère homogène.

1.2 Le noyau: mise en évidence par la sismologie (Gutenberg, 1913)

- Zone d'ombre dans la terre profonde (109 à 140°) \Rightarrow Discontinuité majeure.
- Expérience: laser et cristaux pour simuler le phénomène.

1.3 Le noyau: une partie externe liquide et une graine solide (Lehman, 1936)

- Ondes S arrêtées et ondes P atténuées \Rightarrow Noyau externe liquide.
- Dans la zone d'ombre, Lehman retrouve ondes S \Rightarrow Graine solide.
- Anisotropie de la graine (les ondes se propagent plus vite selon l'axe N/S que selon l'axe équatorial).

Bilan: Modèle PREM (1981) et structure du noyau

2 Propriétés physiques et chimiques du noyau terrestre

Un noyau externe liquide et une graine solide mais de quels éléments sont-ils constitués?

2.1 La composition du noyau terrestre

- Expérience de Birch (description des méthodes expérimentales: cellule à enclume de diamant + onde de choc).
- Hypothèse de la Terre chondritique: Comparaison avec les chondrites.
- Alliage Fer + Ni (quelle phase? toujours discuté) + éléments légers (O, Si, K, S ???).
- T° de fusion du Fer = point d'enclage (5000 K +/- 1000)

2.2 La dynamique du noyau terrestre

- Enregistrements de l'histoire du champ magnétique (enregistrements historiques + paléomagnétisme): dynamique sur plusieurs échelles de temps (superchrons, inversions, excursions, variations séculaires) et dipôle.
- Existence d'un champ magnétique d'origine interne (décomposition mathématique en harmonique sphérique de Gauss).
- Écoulement dans le noyau externe: source d'énergie = convection thermo-solutale contrôlée par la force de Coriolis (approximation de l'équilibre géostrophique).
- Modèles numériques + analogiques (VKS en France) sur la dynamo. Problème: les paramètres sont très différents des paramètres terrestres.

3 La formation et l'évolution du noyau terrestre

Après avoir discuté sa structure et sa composition, il faut aborder à présent la question de son origine.

3.1 De la Terre primitive à la formation du noyau terrestre

- Accrétion de chondrite \Rightarrow Terre non différenciée or actuellement elle l'est: quel processus?
- Terre primitive fortement fondue: les éléments les plus lourds sédimentent par gravité.

3.2 Age de formation du noyau terrestre

- Lors de la formation du noyau, les éléments sidérophiles ont suivi le fer.
- Application du raisonnement au couple de radioactivité éteinte Hf/W \Rightarrow Age de formation du noyau à 30 Ma environ.

3.3 Évolution du noyau au cours du temps

- Graine: cristallisation au cours du temps.
- Questions en suspend: Age de la graine, mise en place de la dynamo? Présences d'éléments radioactifs?
- Couplage manteau/noyau au niveau de la D''.

Conclusion

Bilan: L'idée qu'on se fait sur le noyau terrestre est issue de modèles sismiques, chimiques et magnétohydrodynamiques. Ces modèles sont en perpétuelle évolution de part l'apport de nouvelles données (étude HP du fer, paléomagnétisme...). Importance de la magnétosphère pour la biosphère

Ouverture: Le noyau des autres planètes telluriques: Mars (pourquoi la dynamo est-elle morte), Venus et l'absence de dynamo alors que Mercure présente un champ magnétique d'origine interne.

Bibliographie

- Allègre C. (2005), Géologie isotopique, Belin éd.
- Brahic et al (2006), Sciences de la Terre et de l'Univers, Vuibert éd.
- Dewaele E. et Sanloup G. (2005). - L'intérieur de la Terre et des planètes. Belin éd.
- Larroque C. et Virieux J. (2001). - Physique de la Terre solide : observations et théories. Gordon and Breach Science Publishers éd
- Montagnier J.-P. (1997). - Sismologie. La musique de la Terre. Hachette éd.
- Nataf H. C., Sommeria J. (2000). - La physique et la Terre. Belin / CNRS Editions.
- Poirier J. P. (1991). - Les profondeurs de la Terre. Masson éd.
- Poirier J. P. (1996). - Le noyau de la Terre. Masson éd.
- PLS 318
- PLS 331
- PLS, Dossier spécial La Terre à coeur ouvert