

La composition de la Terre

Tristan FERROIR (<http://tristan.ferroir.free.fr>)

Introduction

Nous avons vu dans un cours précédent que la Terre s'était formée il y a 4.55Ga et s'était structurée en plusieurs grandes enveloppes certaines dites fluides : atmosphère, hydrosphère noyau externe et d'autres solides : croute, manteau, graine. S'intéresser à la composition chimique de la Terre revient à déterminer les différentes compositions chimiques et minéralogiques des enveloppes sus-citées. Certaines comme l'atmosphère, l'hydrosphère et les croutes sont directement accessibles à l'observation et leur composition chimique et minéralogique pour certaines sont bien contraintes. Cependant, les enveloppes telles le manteau et le noyau ne sont pas ou peu échantillonnable et la connaissance que l'on en a ne repose que sur des modèles géophysiques, expérimentaux ou numériques et certaines analogies. Nous allons ici voir comment on peut obtenir les compositions des différentes enveloppes et voir l'importance dans certaines enveloppes d'éléments chimiques qui influencent fortement les processus géologiques .

Définir : lithophile, sidérophile, atmophile, chalcophile, compatible, incompatible, volatil et réfractaire.

I La composition des enveloppes terrestres directement "échantillonnables"

A La composition de l'atmosphère

- Composition chimique de l'atmosphère
- Importance de certains gaz particulier (O3, CFC, CH4, H2O)

B La composition de l'hydrosphère

- Composition globale de l'hydrosphère

- Pourquoi la mer est-elle salée?
- Le système HCO₃-

C La composition des croûtes

- Méthodes d'échantillonnage (terrain continental et ophiolites, dragage, carottage, forage, enclave de croûte inférieure)
- Travail sur deux échantillons avec cellules de comptage
- Conclusion sur les deux croûtes et "logs"

II La composition du manteau terrestre

A Comment collecter les données

- Comment sait-on que le manteau est péridotitique?
- Les enclaves et les inclusions dans les diamants
- Les ophiolites et les marges à manteau accessible
- Les méthodes d'études : la Cellule à enclumes de diamant et les rayons X

B Chimie du manteau

- Le modèle pyrolitique : pyrolite : roche théorique qui par fusion partielle donne un basalte
- Le modèle chondritique : Terre formée à partir de chondrite. On y revient en IV

C Minéralogie du manteau

- Les transitions de phase de l'olivine
- L'importance du fer dans les discontinuité sismiques
- Importance de l'eau dans les processus mantelliques

III La composition d unoyau terrestre

A Quelques arguments simples

- *Nécessité d'un noyau dense (moment d'inertie)
- Le moment d'inertie est la resistance qu'offre un solide à tourner sur lui-meme. Globalement on pense bien que si on prend un matériau dense à l'extérieur et peu dense au centre, la force à lui fournir pour le mettre en rotation est plus importante que s'il es dense au centre et peu dense à l'extérieur. Ce moment d'inertie peut etre connu d'une part par l'aplatissement de la Terre et d'autre part par la précession des équinoxes. Cette precession est reliée au moment d'inertie. Plus la précession des équinoxes est rapide et plus le solide est dense en son intérieur. On peut faire une analogie avec une toupie...
- Nécessité d'un noyau non silicaté (densité)
- Nécessité d'un noyau métallique (champ magnétique)

B Une composition chimique et minéralogique du noyau

- La loi de Birch : fer+éléments légers
- Dualité liquide-solide
- Minéralogie du fer à haute-pression (Fer epsilon)

IV L'apport des météorites pour affiner la composition de la Terre globale

A Les chondrites et la Terre globale

- En pondérant la composition des enveloppes et leur poids, et en comparant en chondrite: identique
- Chondrite carbonnée ou chondrite à enstatite?
- Le vernis tardif

B Les météorites analogues des enveloppes terrestres

- Les achondrites basaltiques : de la croûte océanique
- Les achondrites gabbroïques du manteau
- Les sidérites : du noyau \Rightarrow présence de Ni

Conclusion

Les “anciens” nommaient les différentes enveloppes par leur composition : SiAl pour la croûte, SiMa pour le manteau et NiFe pour le noyau. La différenciation de la Terre a opéré un crible tri géochimique qui a conduit à une identité propre de chaque enveloppe en terme chimique et consécutivement en terme minéralogique.

Les enveloppes facilement échantillonnables sont bien connues, leur évolution au cours du temps est par contre particulièrement étudiée dans le cas des enveloppes fluides. La croûte quant à elle est l'un des indicateurs majeurs de l'histoire de la Terre depuis 4Ga. La composition minéralogique de la Terre interne est bien contrainte pour ce qui est des minéraux importants mais, il reste un grand nombre de phases accessoires qui font encore débat. Par contre, la composition chimique de la Terre interne est toujours très débattu car elle suppose un a priori sur le matériel à partir duquel la Terre s'est formée. Il est aussi intéressant de comparer la composition de la Terre à celles de ses voisines. Globalement Mars et Vénus sont assez similaires à la Terre. Par contre, la densité décomprimée de Mercure est plus importante que celle de la Terre. On pense donc que Mercure doit avoir un noyau plus gros proportionnellement. Au contraire, la Lune a une densité inférieure, elle ne doit pas posséder de noyau ou alors un petit. Tout ceci peut nous amener à nous demander quelle a été l'histoire de ces deux corps pour qu'il soit si différents de la Terre.

Biblio

- *Comprendre et Enseigner la Planète Terre* - Schéma de synthèse et explications basiques
- *La Terre (APBG)* - Cellule Diamant, changement de phase, géotherme
- *L'intérieur de la Terre et des planètes* - Expériences analogiques, cellule diamant, travaux de Birch et Ringwood, diagramme de phase, composition chimique

- *Les Océans* - Composition des océans
- *Earth's climate : past and future*
- *La Recherche 382* - La couche D", post-perovskite