

## Méthodes géophysiques et géochimiques

### TD du 8/3

1. Représentez le diagramme de phases du manteau terrestre.
2. Comment ce diagramme a-t-il pu être établi ? Décrivez quelques méthodes appropriées à cette détermination.

Les diagrammes de phases sont établis par des expériences.

Ces expériences sont faites en portant de la péridotite à différentes pressions et températures dans des cellules réactionnelles. Pour les plus hautes pressions (par exemple manteau inférieur), on est obligé de travailler avec des cellules diamant.

En général, après avoir porté la roche à pression et température, on la refroidit rapidement (trempe) ce qui fait que l'on fige l'état de haute pression et haute température. Après décompression, on peut ensuite étudier la composition chimique et la structure des minéraux par diverses méthodes : microscopie électronique, diffraction des rayons X, infra-rouge, etc....

3. Citez quelques incertitudes existant sur un tel diagramme.

Il existe des incertitudes d'origine expérimentale (sur les mesures de pression, température, etc...)

Mais une autre incertitude vient du fait que l'on ne connaît pas avec certitude la composition chimique du manteau en tout point, en particulier dans ses zones les plus profondes.

4. En combinant l'information apportée par ce diagramme à celle de modèles sismologiques globaux (cf TD 4 de sismo), montrez que l'on peut ainsi déterminer les températures dans l'intérieur de la Terre.

Principe : (1) on connaît la profondeur d'une discontinuité sismique dans la Terre (par exemple 400 km) ; (2) grâce au modèle sismologique, on sait à quelle pression elle correspond (13.4 GPa) ; (3) on reporte sur la ligne d'équilibre de phases cette pression (13.4 GPa) et l'égalité entre cette pression (13.4 GPa) et la courbe d'équilibre de phases nous indique la température qui règne à cette profondeur

5. Pour les deux transitions principales dans le manteau solide, on donne les deux équations moyennes suivantes :

$$P = 12 + 8.75 \cdot 10^{-4} \cdot T$$

$$P = 24.5 - 3.88 \cdot 10^{-4} \cdot T$$

En déduire un profil de température possible pour le manteau terrestre

La première équation correspond aux plus basses pressions ; elle est responsable de la discontinuité sismique de 400 km

La deuxième équation correspond aux plus hautes pressions ; elle est responsable de la discontinuité sismique de 670 km

En résolvant les deux équations

$$13.4 = 12 + 8.75 \cdot 10^{-4} \cdot T$$

$$23.8 = 24.5 - 3.88 \cdot 10^{-4} \cdot T$$

on trouve  $T = 1600 \text{ K}$  pour la discontinuité de 400 km et  $T = 1600 \text{ K}$  pour la discontinuité de 400 km et  $T = 1800 \text{ K}$  pour la discontinuité de 400 km

Cela correspond à un gradient géothermique de  $0.7 \text{ }^\circ/\text{km}$  (augmentation de 200 K en 270 km : gradient géothermique beaucoup plus faible que dans les 100 premiers kilomètres, la lithosphère, où l'on a entre 10 et  $30^\circ/\text{km}$ ). Le faible gradient géothermique vient du fait que le milieu est en mouvement permanent (certes lent de l'ordre de quelques cm/an)

6. Dans les zones proches de la surface, expliquez comment le diagramme de phases du manteau permet de comprendre la fusion partielle et la formation de la croûte océanique.

Fusion partielle de la péridotite par décompression vers 50 km de profondeur

Le liquide formé a une composition chimique différente de celle de la péridotite.

Il remonte vers la surface où en se refroidissant, il forme des roches solides qui constituent la croûte océanique : basaltes (résultats d'éruptions volcaniques) ou gabbros (refroidissement lent à quelques kilomètres de profondeur)

7. Comment peut on, avec un diagramme de phase, expliquer le volcanisme qui se produit au niveau des zones de subduction.

A une certaine profondeur, deshydratation de la plaque en subduction

Le manteau adjacent récupère cette eau

Fusion partielle par hydratation

Le liquide formé a une composition chimique différente de celle de la péridotite mais aussi différente de celle de la croûte océanique. Il remonte vers la surface, provoque des éruptions volcaniques. Lorsque la lave se solidifie, elle forme une roche : l'andésite. Sa composition chimique est proche de celle de la croûte continentale