

L'apport des études thermiques à la connaissance de la structure de la terre.

Exploitez les documents pour déterminer le mode de transfert d'énergie dans les différentes enveloppes de la terre et pour en déduire le comportement des différentes enveloppes.

Les modes de transferts d'énergies:

La conduction est un mode de transfert d'énergie des parties chaudes vers les parties froides sans déplacement de matière.

La convection est un transfert d'énergie des parties chaudes, profondes, vers les parties froides de la surface impliquant un déplacement de matière: La matière située en profondeur, très chaude, et moins dense s'élève. En surface, elle s'étale latéralement et se refroidit. Devenue plus dense, elle redescend et plonge en profondeur. (L'ensemble formant une cellule de convection).

Le comportement des roches.

Ductile: Se dit d'un matériau pouvant se déformer suite à une contrainte sans se rompre. Un matériau ductile peut être élastique si il retrouve sa forme d'origine après l'arrêt de la contrainte, ou plastique si il conserve sa déformation après l'arrêt de la contrainte.

Fragile (ou cassant): Se dit d'un matériau qui se rompt lorsqu'il subit une contrainte.

L'objectif du forage de Kola, en Russie, était d'atteindre 15 000 mètres de profondeur mais pour des raisons techniques, le forage a été stoppé à 12 262 mètres.

Si à la surface, on enregistre une température moyenne de 15°C, à de telles profondeurs, les scientifiques s'attendaient à mesurer des températures d'environ 100°C : finalement, ce sont des températures de 180°C qui ont été mesurées.



a. Le forage le plus profond du monde : Kola, en Russie



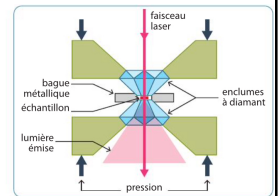
b. Tête du forage actuellement à l'abandon



c. Équipe de techniciens dans la zone de forage

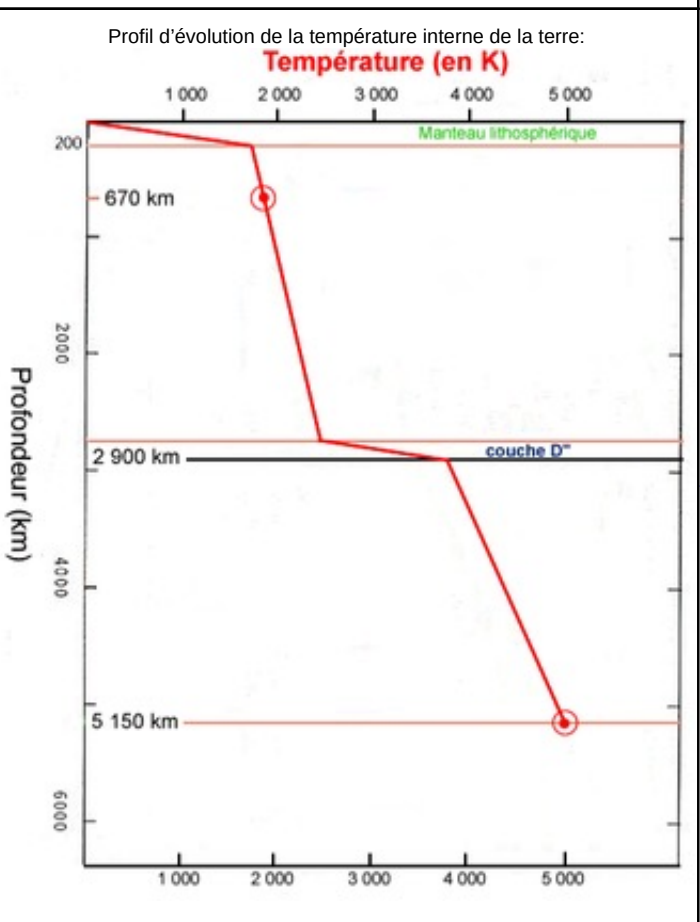
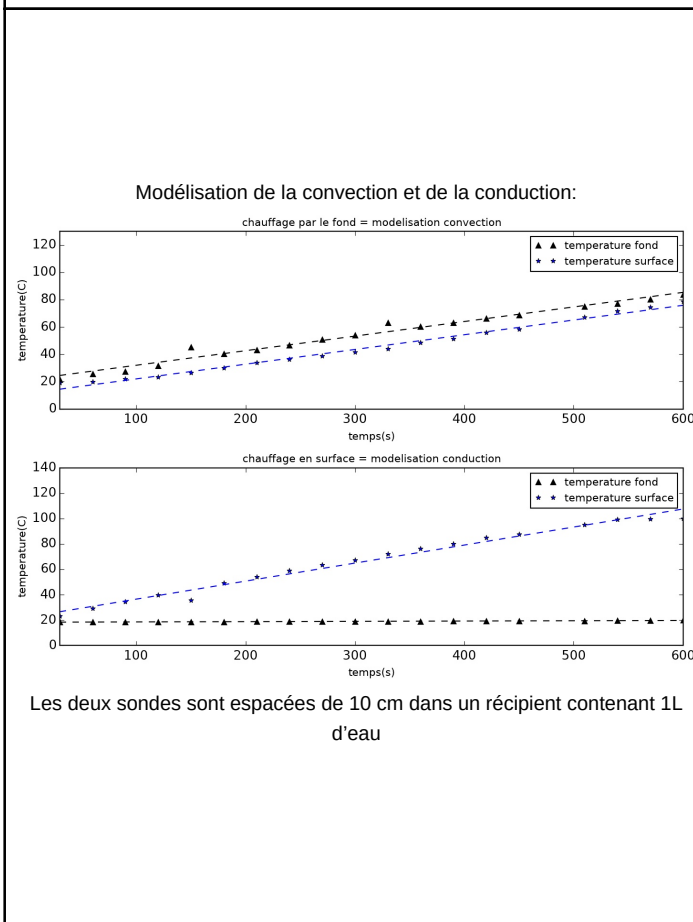
1 Une technique pour étudier la température à plusieurs kilomètres de profondeur : le forage

Le noyau terrestre est en grande partie liquide mais sa partie la plus profonde, la graine, est solide. Le noyau étant constitué majoritairement de fer, il suffit de déterminer la température de fusion du fer dans les conditions de pression régnant dans le noyau pour connaître la température à la limite de la graine. Cela est possible en laboratoire grâce à l'utilisation d'enclumes à diamants. De très petits morceaux de fer sont placés entre les pointes de deux diamants qui sont pressés l'un contre l'autre pour produire des pressions de 330 GPa (conditions de pression estimées à la limite du noyau externe et de la graine). Ensuite, un faisceau laser infrarouge peut chauffer l'échantillon et le faire fondre. L'analyse de la lumière émise par l'échantillon chauffé permet de déduire que l'échantillon fond à 5 000°C.



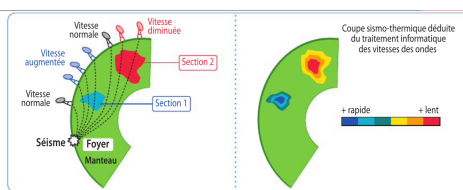
Principe de fonctionnement de l'enclume à diamants

2 Des estimations de la température du noyau



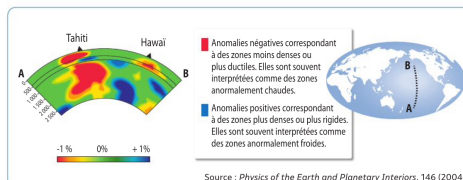
La quantité d'énergie Q échangée (en J) lorsqu'une masse d'eau m passe de la température T_i à la température T_f est donnée par la formule suivante: $Q = m \times C \times (T_f - T_i)$ Avec C , la capacité thermique de l'eau : $C = 4180 \text{ J/Kg/}^\circ\text{C}$ pour une eau comprise entre 0 et 100°C

Le principe de la méthode de tomographie sismique est le suivant : si une onde sismique traverse un milieu dont les caractéristiques (densité, température, état physique...) diffèrent de celles du modèle moyen de la Terre (modèle PREM par exemple), elle arrivera en retard ou en avance par rapport aux prédictions de ce modèle. De très nombreuses données sont enregistrées et permettent de repérer en 3D des zones hétérogènes dans le globe. Ainsi, des cartes présentant les anomalies des vitesses sismiques sont réalisées.



a. Principe de la méthode de tomographie sismique

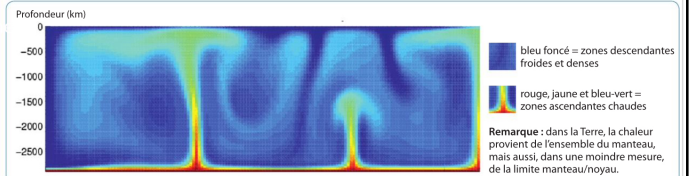
Source : svl.ac-dijon.fr



b. Coupe tomographique dans le Pacifique

Source : Physics of the Earth and Planetary Interiors, 146 (2004)

2 La tomographie sismique, une sorte de « scanner » de la Terre



a. Modélisation de la convection thermique (dans un milieu à viscosité homogène)

Source : planet-terre.ens-lyon.fr

Grâce aux millions de données traitées très rapidement, les systèmes numériques permettent de modéliser les phénomènes de transfert de la chaleur dans le globe. Il est possible de faire varier de nombreux paramètres et de comparer les résultats obtenus aux mesures effectuées. Il est également possible de créer des représentations 3D de la structure thermique de la Terre.



b. Système de visualisation 3D des hétérogénéités dans le manteau terrestre (tomographie sismique)

Sur cette vue de la Terre, les hétérogénéités du manteau représentées en 3D apparaissent en marron.

4 Les modèles numériques au service de la compréhension de la géodynamique interne