

### III. La Terre, une « machine thermique »

PROGRAMME : La température interne de la Terre croît avec la profondeur (gradient géothermique). Le profil d'évolution de la température interne présente des différences suivant les enveloppes internes de la Terre, liées aux modes de transfert thermique : la conduction et la convection. Le manteau terrestre est animé de mouvements de convection, mécanisme efficace de transfert thermique.

La propagation des ondes sismiques dans la Terre révèle des anomalies de vitesse par rapport au modèle PREM. Elles sont interprétées comme des hétérogénéités thermiques au sein du manteau.

Notions fondamentales : contraintes, transmission des ondes sismiques, failles, réflexion, réfraction, zones d'ombre.

Objectifs : Grâce au croisement de différentes méthodes, les élèves accèdent à la connaissance de la structure thermique du globe de manière à pouvoir mobiliser ensuite les données thermiques dans l'explication de mécanismes géologiques étudiés.

#### 1. Gradient géothermique et flux géothermique

Au cours de sa formation, la Terre a accumulé de la chaleur qu'elle dissipe encore de nos jours. Une autre source de chaleur interne est la désintégration d'isotopes radioactifs dans les roches du manteau.

##### ➤ A3D1 Gradient et flux thermiques terrestres

Le flux de chaleur dissipé à la surface de la Terre est de  $4.10^{13}$  W.

C'est la puissance d'une ampoule de 50W éclairant une surface carrée de 25 m de côté ; à titre de comparaison, le rayonnement solaire à la surface de la Terre apporte  $7.10^{17}$  W.

La dissipation de l'énergie interne se manifeste donc principalement par un flux de chaleur en surface (appelé **flux géothermique**). Ce flux de chaleur est responsable de l'élévation de la température avec la profondeur ou **gradient géothermique** ( $30^\circ.km^{-1}$  dans la croûte).

Le flux géothermique est 100 fois plus fort que l'énergie cumulée des séismes et des volcans

Le flux de chaleur est plus élevé au niveau des dorsales océaniques (**anomalie thermique positive**) et plus faible au niveau des continents (**anomalie thermique négative**).

Ce sont les dorsales qui libèrent le plus de chaleur (avec une puissance parfois supérieure à  $500 mW.m^{-2}$ ).

Les autres zones à fort flux thermique sont les bassins d'arrière-arc (à l'Ouest des îles Mariannes, par exemple), les volcans de subduction et à les zones en extension.

#### 2. Transferts de chaleur dans le globe

##### ➤ A3D2 Deux modes de transferts thermique, la convection et de la conduction

La chaleur interne du globe arrive en surface par deux modes de transferts, la convection et la conduction.

##### a) Convection

La convection est un transfert de chaleur par déplacement de matière « chaude » dans une matière « froide » (et inversement) : elle se fait le plus souvent dans un matériau gazeux (comme l'air) ou liquide (comme l'eau). C'est la différence de masse volumique entre le matériau « chaud » (qui se dilate) et le matériau « froid » (qui se contracte) qui provoque le mouvement par « poussée d'Archimède »<sup>5</sup>.

##### ➤ A3D3 La convection mantellique

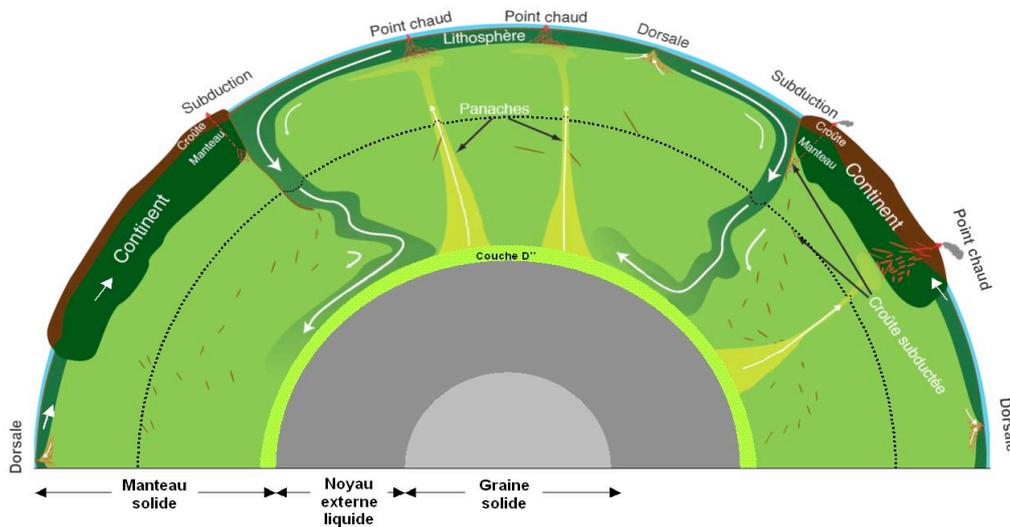
Une convection peut exister dans un solide s'il est suffisamment **ductile** (ou plastique, c'est-à-dire qu'il peut se déformer, comme le miel par exemple) : des modifications des cristaux de la roche à l'échelle atomique permet une déformation de celle-ci qui « flue » vers la surface.

Un « mouvement » de péridotite peut donc s'établir dans le manteau, certes très lent mais qui déplace de grandes quantités de matière (roche) à l'échelle des temps géologique : c'est la **convection mantellique**.

➔ *La convection, en déplaçant des roches de différentes densité, est à l'origine des forces mécaniques responsables de la tectonique des plaques.*

<sup>5</sup> Ce phénomène est mis à profit dans les radiateurs « à convection », qui n'ont pas besoin de ventilateur pour que l'air chaud en sorte, la lampe à lave... et la montgolfière.

La convection est surtout active « en descente » au niveau des zones de subduction qui vont jusqu'au noyau, alors qu'« en remontée » la convection est passive et localisée aux dorsales.

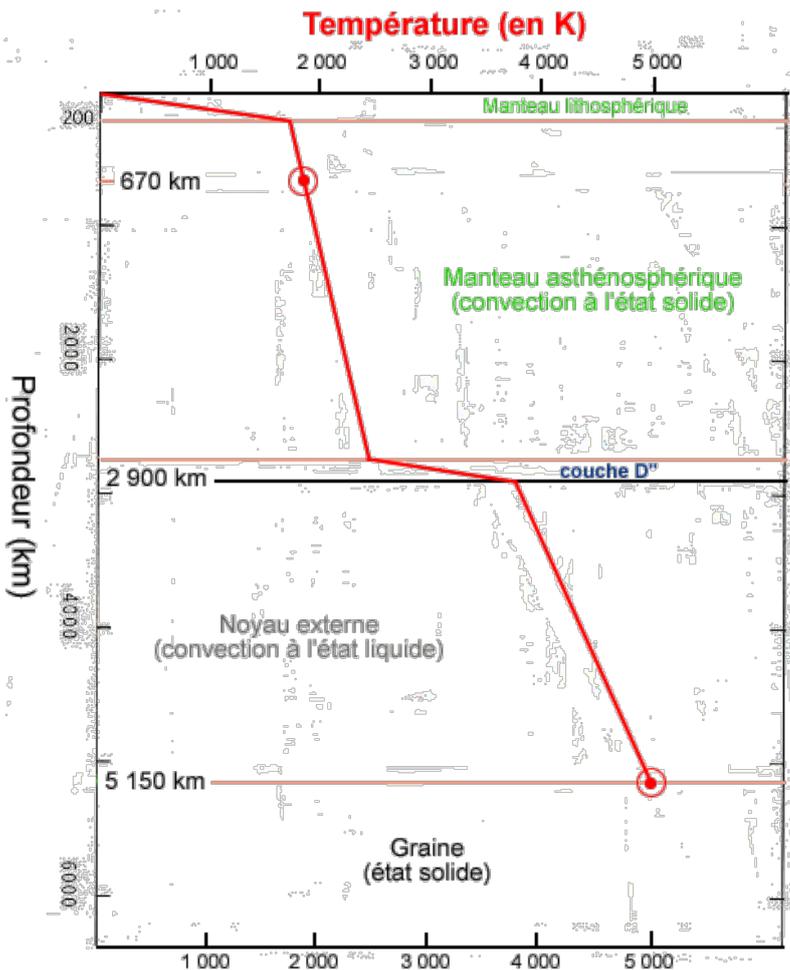


Source : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/>

Un transfert de chaleur par convection très rapide s'établit dans le noyau externe (où le fer est à l'état liquide). Il est à l'origine des panaches provenant de la couche D'' (interface entre le noyau et le manteau) remontant jusqu'en surface où ils sont responsables des points chauds.

## b) Conduction

A3 Document de référence Transferts thermiques à l'intérieur du globe

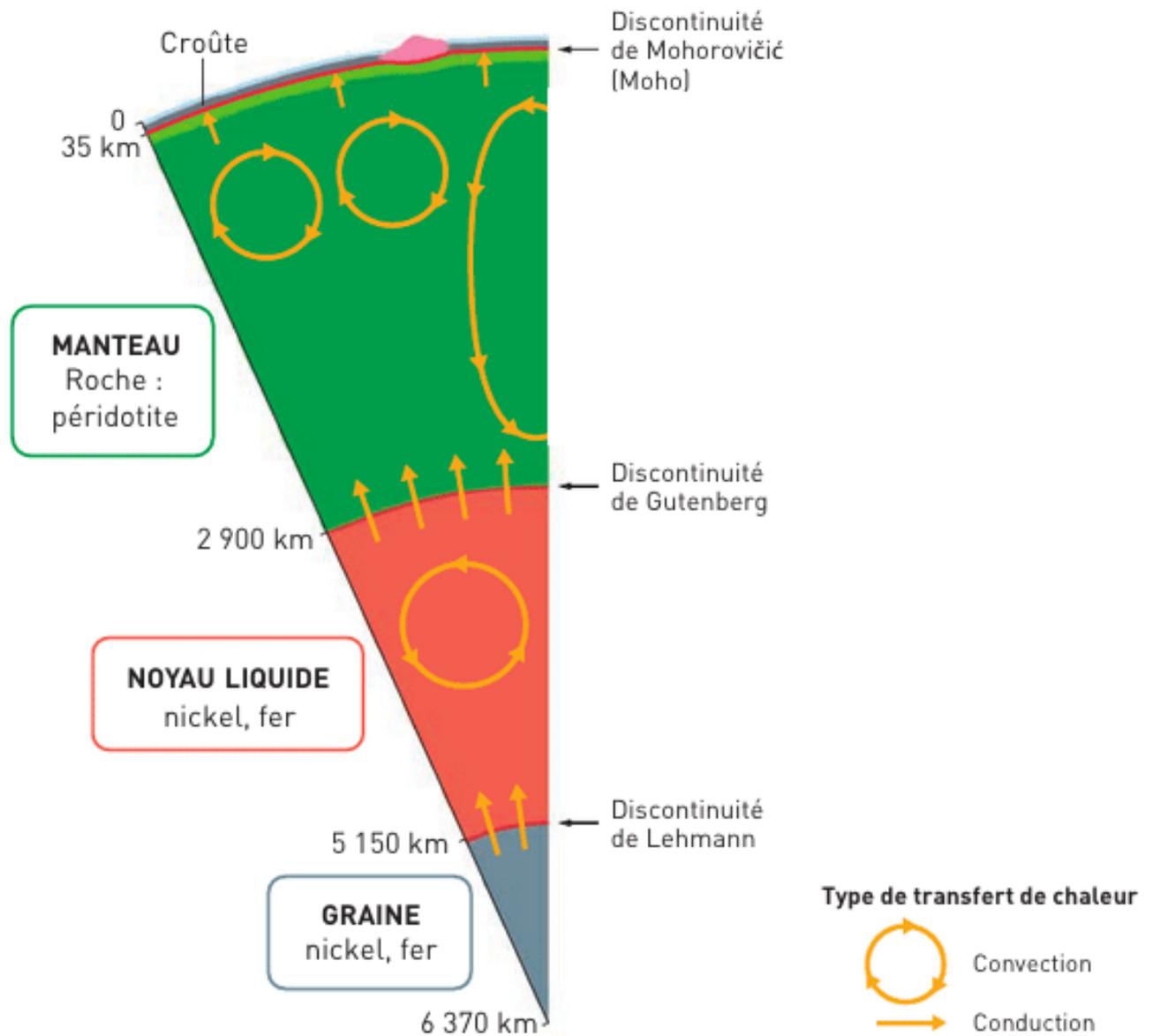


Dans la lithosphère et la couche D'', la chaleur est peu transférée (il y a donc un fort écart de température de part et d'autre de ces zones) : il s'agit de la conduction (transfert de chaleur de proche en proche sans déplacement de matière), beaucoup moins efficace que la convection.

On peut se représenter la couche D'' comme une fenêtre isolante, entre l'extérieur (manteau asthénosphérique) et l'intérieur (noyau externe) d'une habitation ; de même pour la croûte.

Source : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/geotherme-profond.xml>

➤ Transferts thermiques au sein du globe terrestre



📖 [Source : livre de 1eS Magnard 2019](#)

➤ A3D3 Des anomalies par rapport au modèle PREM

La propagation des ondes sismiques dans la Terre révèle des anomalies de vitesse par rapport au modèle PREM. Elles sont interprétées comme des hétérogénéités thermiques au sein du manteau.