

Convection et tectonique des plaques

La Terre est un objet chaud, situé dans un environnement (le milieu interplanétaire) froid. Depuis sa formation, il y a 4,55 milliards d'années, elle tend donc à se refroidir, en évacuant sa chaleur vers l'extérieur. Son refroidissement est d'autant plus lent qu'elle produit constamment de la chaleur par désintégration d'éléments radioactifs.

Structure du manteau terrestre (voir schémas explicatifs)

La Terre peut être divisée en trois unités de compositions chimiques différentes : la croûte, le manteau (supérieur et inférieur, avec une transition à 660 km de profondeur), et le noyau.

Si l'on s'intéresse au comportement mécanique des roches, le manteau supérieur se subdivise en deux « couches » de caractéristiques thermiques et mécaniques différentes : la lithosphère (qui comprend aussi la croûte), très rigide et relativement froide, qui surmonte l'asthénosphère, plus chaude et un tout petit peu moins rigide, capable de se déformer sur de très grandes échelles de temps. Le manteau inférieur est lui aussi capable de se déformer.

Pour assurer ce refroidissement, elle a principalement adopté un mécanisme de transfert de chaleur par convection, c'est-à-dire transport de matière (voir encadré). Précisons au passage que ce transport est très lent dans le manteau, de l'ordre de quelques centimètres par an, et que les roches mises en mouvement restent solides (contrairement à certaines idées reçues, le manteau terrestre n'est pas constitué d'un magma bouillonnant, mais de roches dites visqueuses, c'est-à-dire solides bien que déformables sur le très long terme).

Convection dans le manteau

Afin d'évacuer sa chaleur, le manteau terrestre a adopté un mécanisme de convection thermique. Des courants de matière chaude et légère montent depuis les profondeurs vers la surface. Des courants de matière froide et dense suivent le chemin inverse. On peut très schématiquement représenter ce ballet sous la forme de cellules brassant en permanence le manteau. Néanmoins, le processus réel est plus complexe, la convection du manteau s'organisant probablement en deux couches séparées par la frontière, plus ou moins perméable, des 660 km de profondeur.

C'est au niveau de la lithosphère que s'opère le refroidissement. Les courants montants alimentent les dorsales océaniques et les courants descendants suivent les plaques plongeantes (v. tectonique des plaques). L'autre couche limite de la convection du manteau est la frontière entre le manteau et le noyau.

La partie supérieure des cellules de convection, là où les courants de matière deviennent horizontaux avant de changer de sens, se situe sous la lithosphère. Cette coquille sphérique rigide est divisée en plaques de dimensions variables, mobiles les unes par rapport aux autres. Les plaques flottent et se déplacent sur l'asthénosphère, plus chaude et moins rigide. L'organisation de leurs déplacements reflète celle des courants de convection.

Les plaques lithosphériques sont en mouvement les unes par rapport aux autres. Leurs frontières sont donc le siège de frictions, de tensions et d'affrontements que les plaques, du fait de leur rigidité, ne peuvent absorber en douceur. Au lieu d'occasionner une déformation continue, molle et silencieuse, les tensions s'accumulent petit à petit avant de se relâcher brutalement. Ces relâchements brutaux de contraintes dans l'écorce terrestre sont les séismes. Ils se produisent là où il est le moins difficile de casser les matériaux rigides des plaques, le long de zones de faiblesses appelées failles. La plupart de ces failles se trouvent naturellement aux frontières des plaques, mais il en existe également loin de toute frontière.

En résumé, les séismes sont une lointaine mais brutale conséquence en surface des lents processus de circulation convective dans le manteau de la Terre, dus au refroidissement de notre planète.

Tectonique des plaques (voir schémas d'interprétation)

Il existe deux types de plaques lithosphériques :

- les plaques portant des continents, constituées de roches légères, qui se déplacent au-dessus de l'asthénosphère plus dense sans jamais s'enfoncer dedans. Leur histoire est jalonnée de collisions donnant naissance à des chaînes de montagnes.
- les plaques purement océaniques, en perpétuel renouvellement.

Les courants montants de la convection mantellique arrivent à la surface de la Terre au niveau des dorsales océaniques, où les plaques s'écartent pour laisser la place au matériau « frais ». A l'opposé des dorsales, lieu de mise en place de nouvelle lithosphère, les zones de subduction voient les parties les plus anciennes, froides et lourdes des plaques océaniques s'enfoncer dans l'asthénosphère, en plongeant sous une lithosphère moins dense (océanique plus récente, ou continentale).

On considère aujourd'hui que la force d'entraînement des plaques plongeantes apporte une contribution majeure à l'organisation du mécanisme d'ensemble de la convection. Les plaques lithosphériques jouent donc un rôle essentiel dans le processus de refroidissement de la Terre.