

## TP4 CORRECTION

Introduction1. Calcul du gradient géothermique **dans la croûte** :

Le **géotherme** correspond aux variations de température en fonction de la profondeur. Il peut être évalué par le **gradient géothermique** qui correspond aux variations de température par kilomètre (c'est la  **pente du géotherme** à une profondeur donnée).

La mesure du gradient géothermique moyen dans le bassin provençal se fait par calcul du coefficient directeur de la droite de tendance du nuage de points présente dans le document 1. On peut prendre deux points de cette droite A (40 °C, 1 km) et B (168 °C, 5 km). Le gradient géothermique correspond à l'augmentation de température en fonction de la profondeur :

$$G = (t_B - t_A) / (\text{prof}B - \text{prof}A) = 32 \text{ °C} \cdot \text{km}^{-1}$$

**OU version plus approximative, d'après la droite: 100°C pour 3 km soit environ 30°C/km**

Le **gradient géothermique** est en moyenne de **30°C par km** mais il est **variable selon les enveloppes internes de la Terre**.

## 2 et 3. Calcul de la température du noyau pour un gradient de 30°C/km :

$$30 \text{ °C} \times 6371 \text{ km (rayon de la Terre)} = 191\,130 \text{ °C}$$

Le gradient géothermique est de **30°C par kilomètre** dans la croûte continentale. Sachant que la Terre fait 6371 km, si l'évolution de  $t^\circ$  était linéaire, le centre de la Terre devrait avoisiner les 200 000°C ! Or les scientifiques s'accordent à envisager que le centre de la Terre présente une température de l'ordre de 5000°C environ (située entre 5 000°C et 6 000°C).

**Le gradient géothermique de 30°C de surface n'est donc pas maintenu en profondeur.**

TP4

➤ **Activité 1:** Le **géotherme terrestre** a été **obtenu en combinant les données sismiques avec les caractéristiques physiques de minéraux terrestres** soumis à haute pression et haute température en laboratoire.

	Augmentation de température	Augmentation de profondeur	Gradient géothermique	Nature du gradient
Lithosphère	1 300 °C *	120 km	11 °C·km <sup>-1</sup>	Élevé
Manteau sous lithosphérique	2 700 – 1 300 = 1 400 °C	2900 – 120 = 2 780 km	0,5 °C·km <sup>-1</sup>	Faible
Interface manteau/noyau	3 800 – 2 700 = 1 100 °C	Environ 100 km	11 °C·km <sup>-1</sup>	Élevé
Noyau externe	5 100 – 3 800 = 1 300 °C	5100 – 2900 = 2200 km	0,6 °C·km <sup>-1</sup>	Faible
Noyau interne ou graine	5 300 – 5 100 = 200 °C	6400 – 5100 = 1300 km	0,2 °C·km <sup>-1</sup>	Faible

\*En première approximation, on prend comme température de surface 0 °C, en fait elle est en moyenne de 15 °C, ce qui ne modifie pas l'ordre de grandeur du gradient.

On constate que :

- la température augmente avec la profondeur à l'intérieur du globe terrestre
- l'augmentation de la température n'est pas homogène, la température augmente plus vite dans certaines couches que dans d'autres

Dans la lithosphère, le gradient géothermique est relativement élevé alors qu'il est beaucoup plus faible dans le manteau sous lithosphérique - On observe un **gradient géothermique différent entre lithosphère et manteau**.

### ??? Pourquoi des gradients géothermiques différents???

#### ➤ Activité 2:

Le **document 1** présente deux des trois modes de transfert de chaleur : la **conduction** thermique et la **convection** thermique (seule n'est pas présentée la radiation thermique, inutile ici).

**Conduction** : Propagation de l'énergie thermique d'atomes en atomes par **vibration, sans mouvement macroscopique de matière**

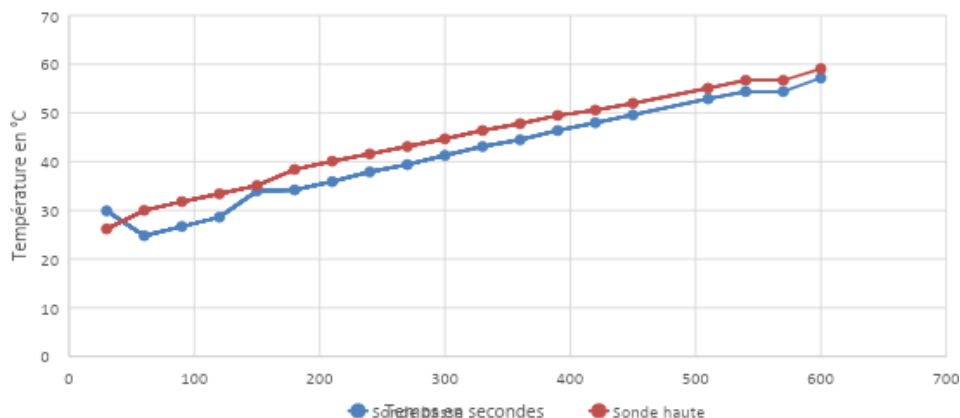
**Convection** : Transfert de chaleur par **déplacement de matière chaude au sein d'un milieu plus froid**.

Pour expliquer les différences de gradient thermique : on peut donc penser qu'il ne s'agit pas du même type de transfert de chaleur dans la lithosphère rigide, que dans l'asthénosphère....  
L'activité pratique proposée permet de modéliser cette hypothèse.

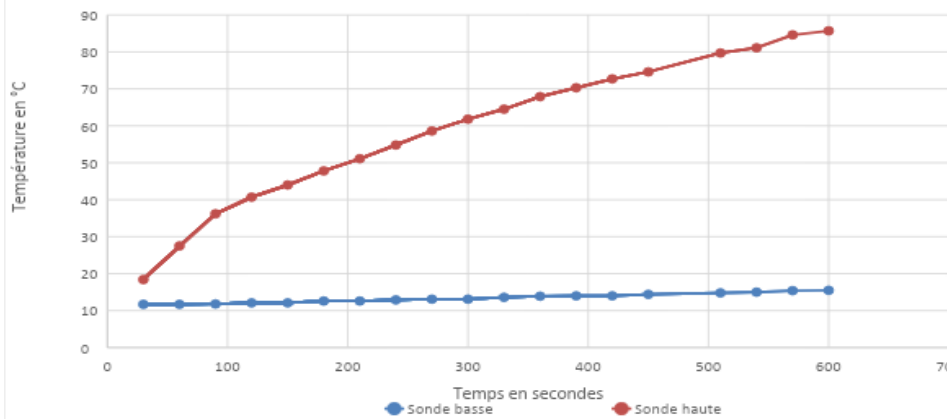
#### ✓ Document 2: MODÉLISER LA DISSIPATION DE LA CHALEUR

Ce que l'on fait	Comment techniquement	Résultats attendus
<p>On <b>modélise les deux modèles de transfert de chaleur, par convection et par conduction</b> et on détermine quel <b>mécanisme est le plus efficace</b>.</p> <p><b>Paramètre mesuré: température</b> (transfert d'énergie) <b>Paramètre variable : modèle conductif ou convectif</b></p>	<p>Pour modéliser la <b>convection</b>, on <b>chauffe un mélange au comportement fluide</b> (cire en gel) <b>par le bas</b>. Le <b>transfert de chaleur</b> se fait alors <b>par déplacement de la cire vers le haut</b> : c'est bien de la convection.</p> <p>Pour modéliser la <b>conduction</b>, on <b>chauffe un matériau solide</b> (pas de déplacement de matière possible). Le <b>transfert de chaleur vers le haut</b> se fait donc par conduction.</p> <p>On <b>mesure la température au fond et en surface</b> avec les deux thermosondes sur plusieurs minutes.</p>	<p>Si le <b>transfert de chaleur est efficace</b>, la <b>thermosonde positionnée à l'opposé de la bougie</b> (source de chaleur) <b>mesurera une température .. proche... de celle mesurée au niveau de la bougie</b>. On observera donc <b>peu de différence de température entre les deux thermosondes</b>. Le gradient géothermique sera considéré comme: <b>faible</b></p> <p>Au contraire, si le <b>transfert de chaleur est peu efficace</b>, on observera <b>...une grande différence de température entre les deux thermosondes</b>. Le gradient géothermique sera considéré comme: <b>fort</b></p>

Graphique représentant l'évolution des températures mesurées par la sonde basse et la sonde haute en fonction du temps dans le modèle convectif



Graphique représentant l'évolution des températures mesurées par la sonde basse et la sonde haute en fonction du temps dans le modèle conductif



Quand un gradient est faible (comme dans le manteau) cela signifie que même si l'on s'enfonce profondément, la température est quasiment toujours la même : la chaleur a donc été bien répartie dans l'ensemble de la couche de roche concernée.

Quand un gradient est fort (comme dans la croûte), cela signifie qu'en s'enfonçant on rencontre de la roche de plus en plus chaude : la chaleur a été mal répartie dans la couche de roche concernée.

Un gradient faible traduit donc un transfert d'énergie efficace et un gradient fort un transfert d'énergie moins efficace

**Conclusion :** Le gradient thermique entre les thermosondes du modèle conductif est fort (valeur?). Le transfert de chaleur entre les deux thermosondes se fait donc mal. Au contraire, le gradient thermique entre les deux thermosondes du modèle convectif est faible (valeur). Le transfert de chaleur s'effectue donc très rapidement entre les deux thermosondes. Le transfert de chaleur dans le modèle convectif est donc beaucoup plus efficace que dans le modèle conductif.

Et ceci est également vrai dans la Terre.

Le profil d'évolution de la température interne (géotherme) terrestre présente des différences suivant les enveloppes internes de la Terre qui peuvent s'expliquer par les différences de mode de transfert de l'énergie dans les différentes couches de la Terre :

- la lithosphère, solide et cassante => conduction seulement, donc le gradient géothermique sera fort, la température augmente rapidement avec la profondeur

- le manteau, solide mais ductile => la convection y est possible, les péridotites se déplacent en formant des cellules de convection. La chaleur y est homogénéisée, le gradient géothermique est faible.

La convection dans le manteau ductile est le moteur de la tectonique des plaques : l'ascension de matériel chaud est à l'origine de la formation de la lithosphère océanique au niveau des dorsales, et une descente de matériel froid accompagne la subduction. La convection est également à l'origine du magmatisme de point chaud (à voir dans les prochains TP).

Grâce au document 3 et aux coupes:

- vous avez montré qu'il y avait remontée de matériel chaud d'origine profonde au niveau des points chauds, ce qui invalide l'hypothèse n° 3 ;

- vous avez montré qu'il n'y avait pas de remontée de matériel chaud d'origine profonde au niveau des dorsales donc hypothèse 2 invalidée!

- vous avez montré qu'il y avait présence à grande profondeur de matériel froid au niveau d'une zone de subduction, et présence de matériel chaud à l'aplomb des points chauds, ce qui valide l'hypothèse n° 4.