

## TP 12. Les propriétés thermiques de la Terre

On a vu précédemment que les limites de plaques étaient caractérisés entre autre part des flux géothermiques particulièrement faibles ou particulièrement fort. Avant de commencer, je vous propose d'utiliser Tectoglob3D afin de le visualiser interactivement.

### Partie 1 : Tester les dires de votre professeur à propos de l'efficacité des transferts thermiques(doc 2 du EM)

Les études des vitesses des ondes sismiques ont permis de tracer une courbe de la température dans le globe en fonction de la profondeur. Ces données peuvent être interprétées pour déterminer l'état des matériaux des différentes couches terrestres.

On cherche à construire un modèle des deux types de transferts de chaleur afin de montrer que des types de gradients thermiques permettent de déterminer l'état physique du matériaux.

**Consigne :** construire un modèle permettant de mettre en évidence le type de gradient thermique associé à un système permettant uniquement la conduction. Vous ferez ensuite de même pour un système permettant conduction et convection.

#### Aide à la résolution :

- ✓ 1- Concevoir deux montages avec le même matériel : l'un engendre une convection, l'autre non !
- ✓ 2- Utiliser le matériel proposé pour enregistrer des variations de température à plusieurs endroits des bacs.

#### Ressources :

- Matériel : bac et résistance chauffante - eau - sondes températures et dispositif ExAO adapté.  
- un ensemble documentaire et un ordinateur équipé d'un accès internet et d'un navigateur web

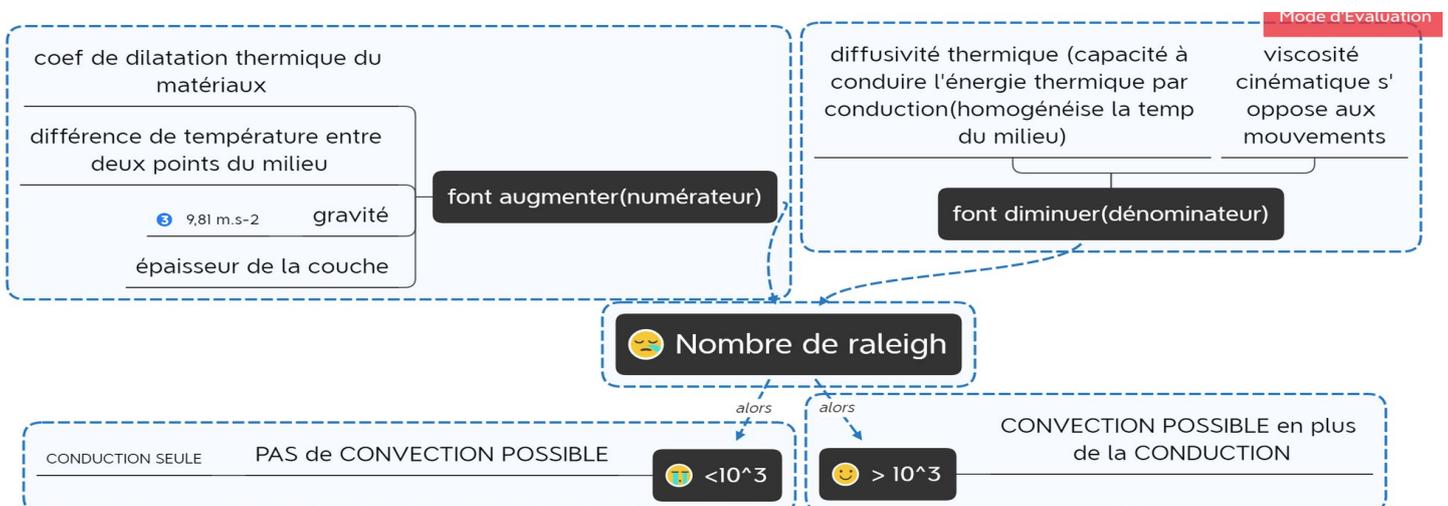
#### Doc.1 : Les modes de transfert d'énergie thermique :

Un transfert thermique, appelé plus communément chaleur est un mode d'échange d'énergie interne ou entre deux systèmes. On distingue deux types de transfert thermique possible au sein de la matière terrestre, qui peuvent coexister :

- la **conduction**, due à la diffusion progressive de l'agitation thermique dans la matière de proche en proche ; **ce mode de transfert est lent** .
- la **convection**, transfert thermique qui accompagne les déplacements macroscopiques de la matière ; **ce mode de transfert est rapide** .

le rayonnement, qui correspond à la propagation de photons, ce mode de transfert est rapide mais nécessite un milieu perméable au déplacement des photons.

#### Doc. 2: convection possible et viscosité : Le nombre de Raleigh...

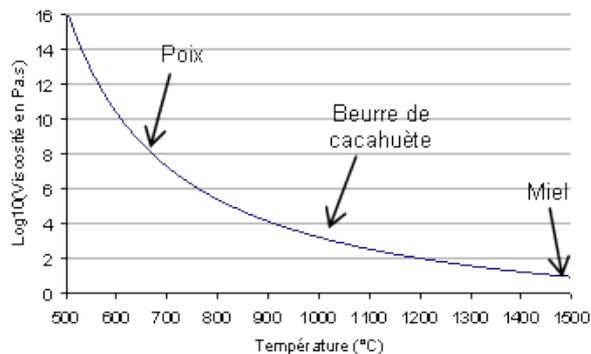


La capacité d'un matériaux à entrer en convection dépend de nombreux paramètres. Le nombre de Raleigh est une synthèse chiffrée de ces paramètres.

Le nombre de Rayleigh ( Ra ) est un nombre sans dimension utilisé en mécanique des fluides et caractérisant le transfert de chaleur au sein d'un fluide : inférieur à une valeur critique de 1 000, le transfert s'opère essentiellement par conduction, tandis qu'au-delà de cette valeur c'est la convection libre ou naturelle qui devient importante. Je vous passe la formule qui dépend de trop de paramètres...(carte mentale dans le dossier)

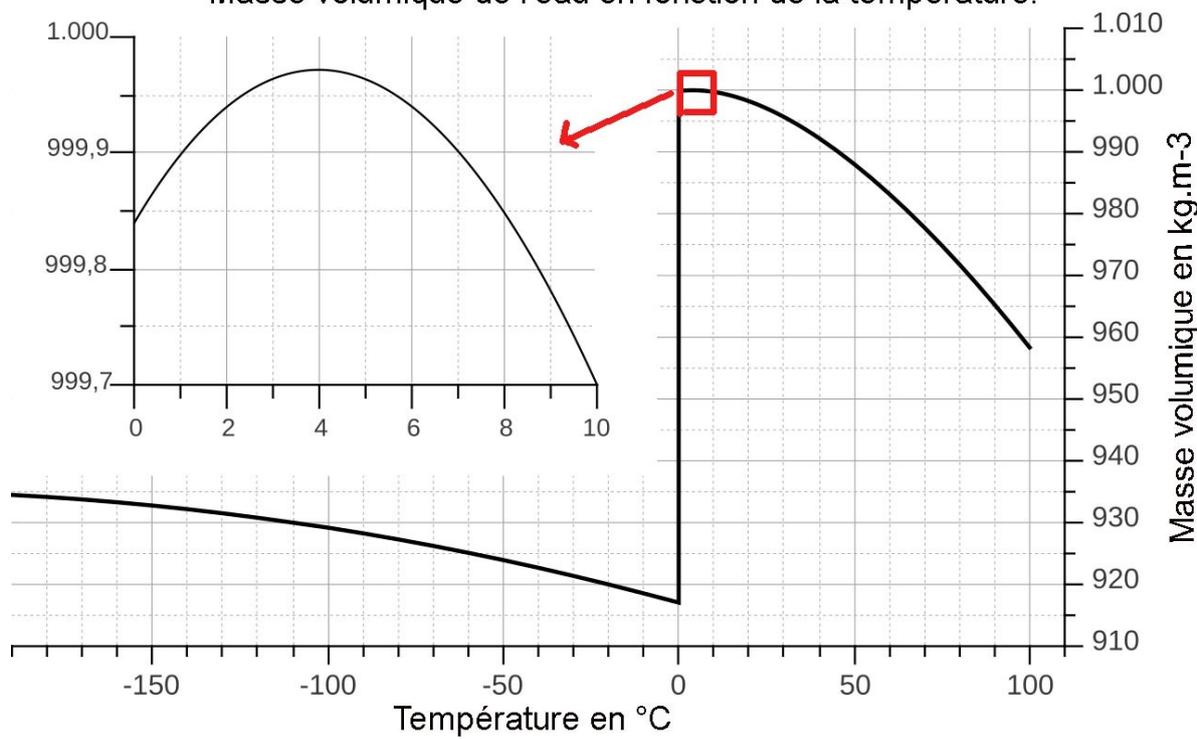
**Doc 3 : À propos de la viscosité :**

La viscosité de l'asthénosphère (env. 100km à 670km) est d'environ  $10^{18}$  à  $10^{19}$  Pa.s. Celle de la lithosphère est de trois ordres de grandeur plus élevée :  $10^{21}$  à  $10^{22}$  Pa.s. Celle du manteau inférieur (env. 670 à 2900km), mal connue, est d'environ  $10^{23}$  à  $10^{24}$  Pa.s d'après les modèles les plus récents. Le manteau inférieur est donc plus visqueux que le manteau supérieur. Rappelons enfin, pour comparer, que la viscosité de l'eau est de  $10^{-2}$  Pa.s, celle de l'huile d'olive à 20°C est de 1 Pa.s, celle d'une lave basaltique (hawaïenne) est de 400 Pa.s, celle de la glace à 0°C (glacier alpin) est de  $10^{11}$  Pa.s, et celle de la glace à -20°C (calotte antarctique) est de  $10^{13}$  Pa.s. Et pour le verre : (elle dépend beaucoup de la température...)- →



**Doc 4 : Petit plus : de l'eau de faible masse volumique remonte dans l'eau de plus forte masse volumique...**

Masse volumique de l'eau en fonction de la température.



## Partie 2 : Établir un profil thermique théorique de la Terre (correction EM et exploitation)

On cherche d'abord à construire un graphique de la température des roches en fonction de la profondeur de la surface au centre de la Terre. Ce graphique représente le gradient géothermique et s'oriente avec un axe profondeur vers le bas. On cherche ensuite à comprendre quels types de transferts d'énergie thermique ont lieu dans les différentes couches terrestres.

**Consignes :** Représenter graphiquement le gradient géothermique terrestre grâce aux données du texte.(fait à la maison..) Interpréter ce profil à propos de l'état des matériaux dans les différentes couches.

### Aide à la résolution :

- ✓ 1- trouvez les noms des axes
- ✓ 2- servez vous des pentes annoncées et des points d'ancrages connus.
- ✓ 3- réfléchissez au modes de transferts thermiques dans chacune des couches.

### Ressources :

- un ensemble documentaire
  - une feuille quadrillée(ou millimétrée) permettant de tracer un graphique.
- OU**
- Un tableur

**Doc 1 : Le gradient géothermique** est le rapport entre la différence de température mesurée entre deux points et leur différence de profondeur.

La mesure du gradient géothermique est réalisée grâce au suivi de la température le long de forages. Dans la croûte continentale, le gradient géothermique moyen est d'environ  $30^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ . Le forage le plus profond est d'environ 13 km. Il n'existe donc pas de mesure directe après 13 km de profondeur. Malgré cela, les scientifiques sont relativement certains des températures en deux points : à 670 km de profondeur (limite entre le manteau sup et inférieur) (1 900 K), et à 5 150 km de profondeur (limite noyau-graine) (5 000 K). De plus, la Low Velocity Zone qui marque l'asthénosphère débute à une température de  $1300^{\circ}\text{C}$  (c'est la température à laquelle la vitesse des ondes diminuent dans la péridotite à ces conditions de Pression).

La connaissance des roches composant le manteau et le noyau permet de définir **leur gradient thermique** moyen ( $0,3 \text{ K.km}^{-1}$  pour le manteau et  $0,55 \text{ K.km}^{-1}$  pour le noyau). Le gradient n'est très fort (plusieurs dizaines de degrés par km) que dans la lithosphère et au niveau de l'interface manteau/noyau .

**Le manteau terrestre est totalement solide(mais une mobilité y est quand même possible!!!). Il doit donc régner des températures qui permettent aux roches mantelliques soumises à des pressions de l'ordre de 130 GPa de ne pas fondre. Dans ces conditions, la température du manteau ne peut pas dépasser 3 000 K à 2900 km.**

### Doc 2 : Les modes de transfert d'énergie thermique :

Un transfert thermique, appelé plus communément chaleur est un mode d'échange d'énergie interne ou entre deux systèmes. On distingue trois types de transfert thermique, qui peuvent coexister :

- la **conduction**, due à la diffusion progressive de l'agitation thermique dans la matière de proche en proche ; ce mode de transfert est lent **en engendre de grands gradients au sein d'un système lorsqu'il est le seul mode.**
- la **convection**, transfert thermique qui accompagne les déplacements macroscopiques de la matière ; ce mode de transfert est rapide **et engendre de faibles gradients au sein d'un système lorsqu'il est le seul mode.**
- le **rayonnement**, qui correspond à la propagation de photons, ce mode de transfert est rapide mais nécessite un milieu perméable au déplacement des photons.

### Partie 3 : La tomographie sismique permet de préciser le modèle PREM

Le modèle PREM permet de décrire les différentes couches terrestres. La vitesse réelle en un point de la Terre correspond alors à une « anomalie » – positive ou négative – par rapport au modèle P.R.E.M. ; ce sont ces anomalies de vitesse qui sont représentées dans les images tomographiques et qui nous renseignent sur la dynamique du manteau.

On cherche à décrire et à expliquer les anomalies de vitesses des ondes qui précisent le modèle PREM.

**Consigne : Expliquer les différentes anomalies d'homogénéisation thermiques présentes dans le manteau .(Comment expliquer les anomalies thermiques : modèles PREM)**

#### Aide à la résolution :

- ✓ 1- Utiliser Tectoglob3D pour pratiquer des coupes en tomographie sismique (ondes S et P séparées) pour visualiser les anomalies.
- ✓ 2- S'intéresser à des parties intra-plaques mais aussi aux frontières : **Au niveau des dorsales, des zones de subduction, des continents/ océans, des points chauds...**
- ✓ 3- Confronter les observations à vos connaissances pour expliquer l'origine des diverses anomalies.

#### Ressources :

- un ensemble documentaire et un ordinateur équipé d'un accès internet et d'un navigateur web
- Tectoglob3D ondes P et ondes S en tomographie.

#### Doc. 1 : La tomographie sismique.

##### Explication et exemple.

Les géologues ont accumulé un nombre conséquent de données sismiques. Grâce à celles-ci, il est possible de calculer une vitesse de propagation des ondes sismiques en tout point du globe. On peut alors comparer cette valeur locale à celle proposée pour cet endroit dans le modèle PREM. Les zones plus lentes sont interprétées comme étant moins denses et donc plus chaudes. Les zones plus rapides sont interprétées comme plus denses et donc froides (les couleurs choisies répondent donc à une certaine logique...).

#### Doc. 2: Tectoglob3D : <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/tectoglob3d/>

1-Données affichées/ les données tomographiques. Et / Moho ou LVZ..

2- Actions/ tracer une coupe (options 3D, c'est plus joli)...

