

Correction : TD3 : De la chaleur interne aux images du manteau : ce que révèle l'intérieur de la Terre

1. Comprendre l'origine des variations du gradient géothermique (doc 1)

a. Définir le gradient géothermique

Le **gradient géothermique** correspond au **taux d'augmentation de la température avec la profondeur**, exprimé en **°C par kilomètre**.

b. Décrire l'évolution de la température de la surface vers le centre de la Terre

La **température augmente** globalement de la surface vers le centre de la Terre. Cette augmentation est rapide près de la surface, puis devient beaucoup plus progressive en profondeur.

c. Montrer que le gradient géothermique n'est pas constant

Le gradient géothermique **varie selon les enveloppes** :

- Dans la **lithosphère**, il est **élevé** (environ **30 °C/km**), ce qui traduit une augmentation rapide de la température sur une faible épaisseur.
- Dans l'**asthénosphère** et le **manteau inférieur**, le gradient devient **faible** (inférieur à **0,5 °C/km**), ce qui signifie que la température augmente lentement malgré de grandes profondeurs.
- Dans le **noyau** (externe puis interne), le gradient reste **faible** (de l'ordre de **< 0,5 °C/km**, et encore plus faible dans le noyau interne).

Conclusion : l'évolution de la température **n'est pas linéaire** avec la profondeur. Le gradient est fort dans la lithosphère et beaucoup plus faible dans les zones profondes.

2. Relier gradient géothermique et propriétés des matériaux (doc 2)

a. Définir la notion de comportement rhéologique

La **rhéologie** décrit la **manière dont un matériau se déforme** lorsqu'il subit une contrainte. On distingue notamment des comportements :

- **rigide / fragile** (déformation limitée puis cassure),
- **plastique (ductile)** (déformation irréversible sans rupture),
- **fluide** (écoulement sous contrainte).

b. Associer enveloppes terrestres et comportements rhéologiques

- **Lithosphère** : comportement **rigide / fragile**.
- **Asthénosphère** : comportement **plastique (ductile)**.
- **Manteau inférieur** : comportement **plastique (ductile)**, déformations plus lentes mais possibles.
- **Noyau externe** : comportement **fluide** (car liquide).

c. Expliquer l'influence de la rhéologie sur le transfert de chaleur

La rhéologie conditionne le **mode de transfert thermique** :

- Dans un milieu **rigide**, il n'y a pas de déplacement global de matière : le transfert se fait surtout par **conduction**, moins efficace à grande échelle, ce qui maintient un **gradient fort**.
- Dans un milieu **plastique ou fluide**, la matière peut se déplacer lentement : le transfert peut se faire par **convection**, beaucoup plus efficace pour transporter de la chaleur, ce qui conduit à un **gradient plus faible**.

3. Identifier les modes de transfert thermique internes (doc 3)

a. Comparer les résultats : matériau rigide vs matériau fluide

- Dans le **modèle fluide** (expérience avec eau + cire/gel), on observe une **mise en mouvement de la matière** : des panaches chauds montent, des zones plus froides descendent. La température se répartit plus rapidement dans le volume.
- Dans le **modèle rigide** (chauffage d'une roche), la chaleur se propage lentement depuis la source chaude, sans mouvement de matière : la température augmente surtout près de la source et beaucoup moins loin.

b. Identifier le mode de transfert dominant

- Modèle **fluide** : **convection** (transfert avec déplacement de matière).
- Modèle **rigide** : **conduction** (transfert sans déplacement de matière).

c. Relier ces modes aux gradients observés dans la Terre

- Dans la **lithosphère**, rigide, la chaleur se transfère principalement par **conduction**, ce qui explique un **gradient élevé**.
- Dans l'**asthénosphère** et le **manteau**, où les matériaux ont un comportement **plastique**, la chaleur se transfère surtout par **convection**, ce qui explique un **gradient faible** en profondeur.

Conclusion : les **variations du gradient géothermique** s'expliquent par le changement de mode de transfert thermique (conduction en surface, convection en profondeur).

4. Expliquer les anomalies de vitesse des ondes sismiques (docs 4 et 5)

a. Définir une anomalie de vitesse par rapport au modèle PREM

Le modèle **PREM** prévoit des vitesses théoriques des ondes sismiques selon la profondeur.

Une **anomalie de vitesse** correspond à un **écart entre la vitesse mesurée et celle attendue** :

- onde qui arrive **plus tôt** : **anomalie positive** (vitesse plus élevée que prévu),
- onde qui arrive **plus tard** : **anomalie négative** (vitesse plus faible que prévu).

b. Expliquer l'origine des anomalies positives et négatives

La vitesse des ondes sismiques dépend notamment des propriétés des matériaux (densité, rigidité, compressibilité) et surtout de la **température** :

- Une **température plus élevée** rend les matériaux moins rigides et peut diminuer la vitesse des ondes : cela correspond à des **anomalies négatives**.
- Une **température plus faible** rend les matériaux plus rigides et augmente la vitesse des ondes : cela correspond à des **anomalies positives**.

c. Montrer la compatibilité avec la convection mantellique

Les coupes tomographiques montrent des zones alternant anomalies positives et négatives :

- Des zones **chaudes**, moins denses, où les ondes sont **ralenties** : elles correspondent à des **remontées** de matière (panaches ou matériel chaud ascendant).
- Des zones **froides**, plus denses, où les ondes sont **accélérées** : elles correspondent à des **plongées** de matière froide (lithosphère subduite).

Ainsi, la distribution des anomalies est cohérente avec une **convection mantellique**, c'est-à-dire des mouvements lents de matière qui transportent la chaleur depuis les profondeurs vers la surface.

Bilan :

Le gradient géothermique est élevé dans la lithosphère car la chaleur y est transférée principalement par **conduction**, mode peu efficace à grande échelle qui impose une forte variation de température sur une faible profondeur. En revanche, dans le manteau (asthénosphère et manteau inférieur), les matériaux ont un comportement **plastique**, permettant la **convection**, un transfert thermique efficace qui homogénéise davantage la température : le gradient y devient faible.

Les anomalies de vitesse des ondes sismiques mesurées par rapport au modèle PREM s'expliquent par des différences de température : les zones chaudes ralentissent les ondes (anomalies négatives) tandis que les zones froides les accélèrent (anomalies positives). Ces anomalies, organisées spatialement, traduisent des remontées et des plongées de matière, confirmant l'existence d'une **convection mantellique**, moteur des transferts thermiques internes et de la dynamique terrestre.