

1- Correction QCM de géologie :

1 Les plus anciennes roches d'Amérique du Nord sont les gneiss d'Acasta. On les trouve : dans la chaîne de montagnes anciennes archéennes.

La simple lecture de la carte permet de localiser les gneiss d'Acasta au niveau de la chaîne de montagnes anciennes archéennes.

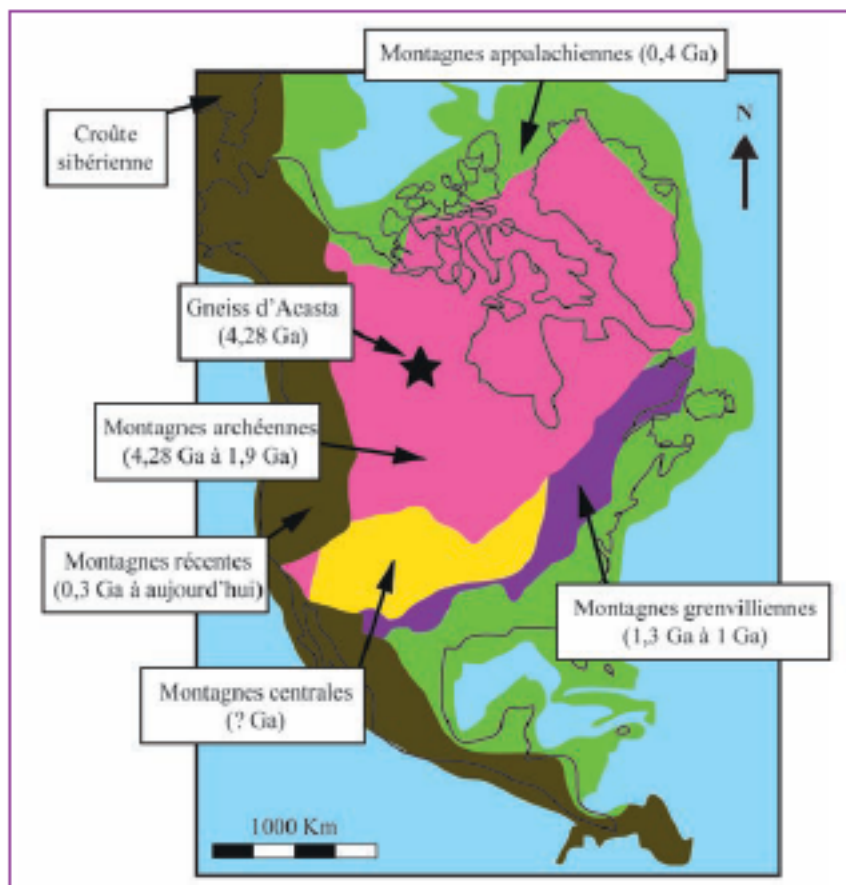
2 L'étude du gneiss d'Acasta a permis de reconstituer le contexte de sa formation. On sait aujourd'hui qu'il s'est formé : dans la racine d'une croûte continentale.

D'après la remarque 1 située en bas du document, les granites subissant un métamorphisme dans une racine crustale, c'est-à-dire au niveau de l'épaississement de la croûte sous une chaîne de montagne, se transforment en gneiss. On en déduit que le gneiss d'Acasta s'est formé dans la racine d'une croûte continentale.

3 Les chaînes de montagnes d'Amérique du Nord sont disposées : les plus anciennes à l'extérieur, les plus récentes au centre.

L'étude de la carte et de sa légende montre que la chaîne de montagnes archéennes, qui sont les plus âgées et situées au centre, sont entourées de chaînes de montagne plus récentes, comme le montre la carte suivante.

○ Carte des chaînes de montagne d'Amérique du Nord



4 À partir de ces observations, les géologues peuvent proposer un âge à la chaîne de montagnes centrales : Elle a un âge compris entre 1,3 et 1,9 milliard d'années.

La chaîne de montagnes centrales dont l'âge est inconnu est située entre la chaîne de montagnes archéennes (âge compris entre 4,28 Ga et 1,9 Ga) et la chaîne de montagnes grenvilliennes (âge compris entre 1,3 Ga et 1 Ga). Or d'après la réponse à la question précédente, les chaînes plus anciennes sont à l'extérieur et les plus récentes sont situées au centre. On en déduit que la chaîne de montagnes centrales a un âge compris entre l'âge de la chaîne de montagnes archéennes et celui de la chaîne de montagnes grenvilliennes, soit entre 1,3 Ga et 1,9 Ga.

5 À partir de ces observations, les géologues peuvent proposer un âge à la chaîne de montagnes centrales. Une fois formés, les reliefs positifs des chaînes de montagnes disparaissent grâce à l'altération, l'érosion mais aussi des phénomènes tectoniques. Le Mont McKinley, le plus haut sommet d'Amérique du Nord se trouve logiquement : **dans la chaîne de montagnes récentes.**

L'altération et l'érosion sont responsables de la destruction des chaînes de montagne. Plus une chaîne de montagne est récente, plus son relief est élevé. Par conséquent le plus haut sommet d'Amérique du Nord, le Mont McKinley, se trouve dans la chaîne de montagnes récentes, qui est la plus jeune des chaînes de montagnes étudiées.

6 La croûte nord-américaine grandit toujours. Ainsi, la croûte sibérienne, émergée, s'est accolée à ce continent. La chaîne de montagnes associée à cet événement est : **la chaîne de montagnes récentes.**

La chaîne de montagnes associée à l'accolement de la croûte sibérienne est située du côté de la Sibérie, à l'extrémité nord-ouest de l'Amérique du Nord : il s'agit de la chaîne de montagnes récentes.

2- Correction QCM de géologie suite :

1 Les ophiolites sont : **la trace d'un domaine océanique disparu.**

2 En s'éloignant de la dorsale, la lithosphère océanique s'épaissit à cause de son refroidissement, ce qui augmente sa densité.

3 Une chaîne de montagne récente : **peut présenter des marqueurs de subduction océanique et de collision.**

Les ophiolites sont des lambeaux de lithosphère océanique situés en domaine continental.

La lithosphère océanique évolue après sa formation au niveau de la dorsale : elle se refroidit au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de la dorsale et s'épaissit par ajout de péridotites lithosphériques, ce qui entraîne une augmentation de sa densité.

Les chaînes de montagne récentes présentent des marqueurs de subduction passée (métamorphisme haute pression et basse température) et de collision (plis, failles inverses, nappes de charriages).

3- Correction synthèse de Géothermie :

Méthodologie :

La synthèse porte sur les propriétés thermiques de la Terre. L'énoncé, qui ne propose pas de problématique globale, est explicite. Il indique les thèmes à étudier en précisant leur ordre. La synthèse doit donc être structurée en trois parties :

- l'origine du flux géothermique,
- les mécanismes de transferts thermiques vers la surface de la Terre,
- la comparaison des variations du flux géothermique en fonction du contexte géodynamique.

Dans cette dernière partie, l'énoncé précise les deux cas de contexte géodynamique à étudier. Un contexte géodynamique se caractérise par un ensemble de phénomènes géologiques spécifiques : il s'agit ici d'étudier le flux géothermique au niveau des dorsales et des zones de subduction.

Connaissances à utiliser :

Le **flux géothermique** est la quantité d'énergie géothermique dissipée à la surface de la Terre par unité de temps et de surface. Le flux géothermique a pour principale origine la désintégration des éléments radioactifs contenus dans les roches des différentes enveloppes terrestres.

Les **mécanismes de transferts thermiques** vers la surface de la Terre sont la conduction (transfert d'énergie thermique sans transfert de matière) et la convection (transfert d'énergie thermique avec transfert de matière). Au sein du manteau, s'établissent des cellules de convection où les roches chaudes et peu denses s'élèvent tandis les roches froides plus denses descendent.

La **comparaison des valeurs du flux géothermique en fonction du contexte géodynamique** montre qu'au niveau de la dorsale, la valeur élevée du flux géothermique s'explique par la production de la lithosphère océanique tandis qu'au niveau des zones de subduction, la faible valeur du flux géothermique s'explique par le plongement de la lithosphère océanique froide.

Etapes :

1^e étape : identifier le type de réponse attendue

D'après l'énoncé, la réponse attendue ici est une synthèse structurée accompagnée d'une introduction et d'une conclusion. Il est recommandé que la synthèse intègre un ou plusieurs schémas illustrant les notions abordées, même si l'énoncé ne l'exige pas.

2^e étape : élaborer un plan détaillé de la synthèse au brouillon

Sur votre feuille de brouillon après avoir repris la structure de la synthèse définie par l'énoncé, vous complétez chaque partie avec vos connaissances, en y intégrant les mots clés du cours, les définitions etc. Vous devez vérifier que les éléments issus des connaissances sont complets mais sans être hors sujet. Ainsi une partie sur l'utilisation de la géothermie par l'homme est ici hors sujet. Puis, vous complétez le plan détaillé de la synthèse par les prévisions des schémas qui seront présents dans votre copie.

Le tableau suivant présente un exemple de plan détaillé construit au brouillon.

Structure de la synthèse	Éléments de connaissance
Introduction	
1. L'origine du flux géothermique	Désintégration des éléments radioactifs
2. Les mécanismes de transferts thermiques vers la surface de la Terre	Conduction Convection Cellules de convection mantellique
3. La comparaison des variations du flux géothermique en fonction du contexte géodynamique	Dorsales : fort flux géothermique Zone de subduction : faible flux géothermique
Schéma-bilan : transferts d'énergie géothermique au niveau du globe	
Conclusion	

3^e étape : structurer l'introduction et la conclusion au brouillon

Vous pouvez structurer l'introduction et la conclusion au brouillon sans les rédiger entièrement.

L'introduction s'organise en trois parties :

- la présentation du sujet ou l'entrée en matière : ici, on peut partir des manifestations de l'énergie géothermique visibles à la surface terrestre (éruptions volcaniques, geysers etc.) pour aboutir à la notion de flux géothermique, que l'on définira avec précision.
- la problématique ou le problème à résoudre, qui reprend celui proposé par l'énoncé : ici, il s'agit de l'origine et des caractéristiques du flux géothermique.
- l'annonce de la résolution du problème posé, correspondant à l'annonce du plan de la synthèse.

Dans ce sujet, l'absence de problématique globale fait que la problématique et l'annonce du plan sont redondantes.

La conclusion se structure en deux parties :

- le bilan ou la réponse à la problématique fait ressortir l'idée essentielle de votre synthèse : ici, la désintégration d'éléments radioactifs terrestres est à l'origine d'une énergie thermique transférée par conduction et convection jusqu'à la surface terrestre. Le flux géothermique varie selon le contexte géodynamique : il est élevé au niveau des dorsales et faible dans les zones de subduction.
- l'ouverture vers un sujet voisin de celui étudié, qui peut se présenter sous forme d'une question. Ici l'ouverture peut porter sur l'exploitation par l'homme de l'énergie géothermique.

4^e étape : rédiger la réponse sur la copie

Sur votre copie, rédigez directement l'introduction, le développement de la synthèse en y intégrant les schémas puis la conclusion. Pour plus de clarté, vous pouvez structurer votre synthèse par des titres numérotés et mis en valeur. Vos schémas doivent être grands, clairs, en couleurs et accompagnés de légendes et d'un titre.

À la fin de votre travail, consacrez quelques minutes à relire votre synthèse pour vérifier sa cohérence et rectifier les maladresses dans l'expression ainsi que les fautes d'orthographe.

REDACTION :

Introduction

De nombreuses manifestations à la surface de la Terre témoignent de l'existence d'une énergie thermique issue de l'intérieur du globe terrestre : éruptions volcaniques, sources chaudes hydrothermales, geysers etc. La quantité d'énergie thermique dissipée à la surface terrestre par unité de surface et par unité de temps est appelée flux géothermique. Quelle est l'origine de cette énergie géothermique et comment cette énergie géothermique est-elle transférée dans la Terre ? Comment varie le flux géothermique en fonction des différents contextes géodynamiques ? Pour répondre à ces problématiques, nous précisons d'abord l'origine de l'énergie géothermique, puis nous étudierons les modalités de transfert de l'énergie géothermique au sein du globe terrestre, et nous expliquerons les variations du flux géothermique dans deux contextes géodynamiques différents, les dorsales et les zones de subduction.

1. L'origine du flux géothermique

L'énergie géothermique interne provient essentiellement de la désintégration des éléments radioactifs (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K) présents dans les roches des différentes enveloppes du globe.

2. Les mécanismes de transferts thermiques vers la surface de la Terre

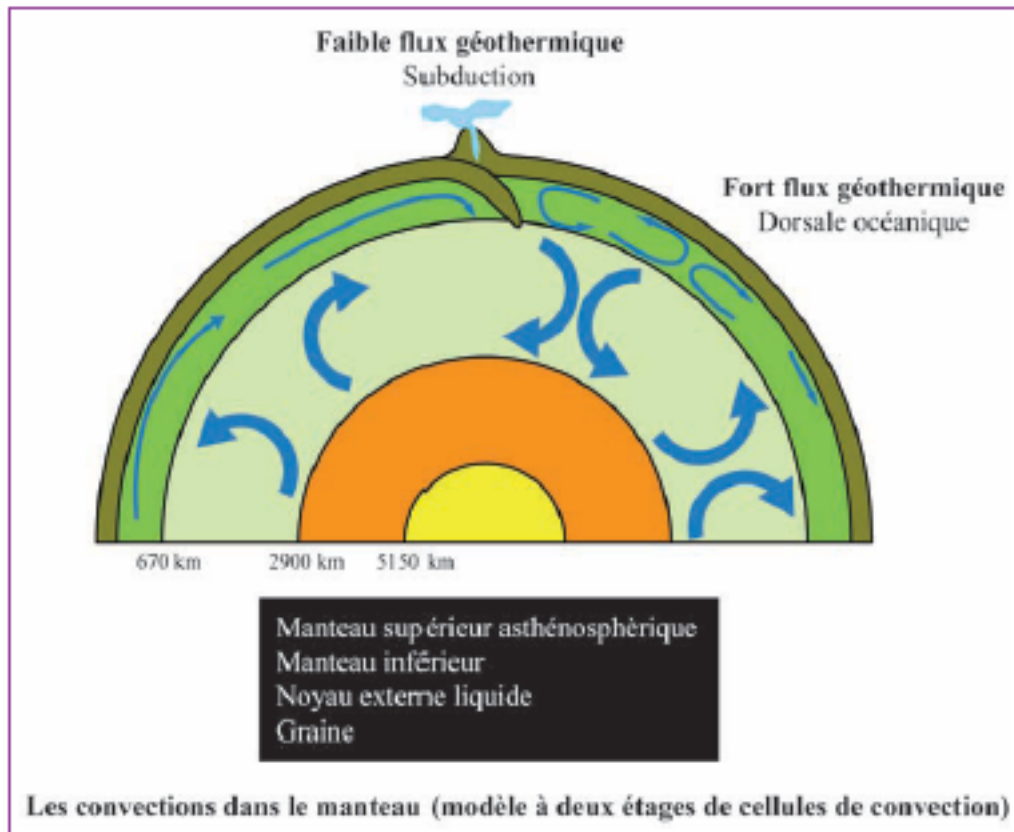
L'énergie thermique produite dans la Terre est transférée dans le globe selon deux modalités : la conduction et la convection. La conduction est le transfert d'énergie thermique de proche en proche sans déplacement de matière. Au sein de la lithosphère et à l'interface noyau/manteau, l'énergie géothermique est transférée par conduction. Par exemple, dans la croûte terrestre, le gradient géothermique moyen est de $30\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$. La convection est le transfert d'énergie thermique avec un déplacement de matière, qui constitue un mécanisme efficace de transfert d'énergie. Elle se met en place lorsqu'un matériel chaud et peu dense est situé sous un matériel plus froid et plus dense. Le matériel chaud et peu dense s'élève tandis que le matériel froid et plus dense descend et se réchauffe à son tour. Ces mouvements de matière constituent des cellules de convection, qui existent dans le manteau et le noyau. Le manteau est ainsi animé de mouvements lents de convection, qui entraînent le déplacement des plaques lithosphériques situées au-dessus.

3. La comparaison des variations du flux géothermique en fonction du contexte géodynamique

Le flux géothermique est la quantité d'énergie thermique dissipée à la surface terrestre par unité de surface et par unité de temps et est mesuré en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Au niveau des dorsales médio-océaniques, le flux géothermique mesuré est supérieur au flux géothermique moyen des océans. Cette valeur élevée du flux géothermique au niveau des dorsales s'explique par la remontée de matériel chaud responsable de la production de lithosphère océanique nouvelle au niveau des dorsales. Les dorsales sont donc un lieu de forte dissipation de l'énergie géothermique.

À l'inverse, au niveau des zones de subduction, le flux géothermique mesuré est inférieur au flux géothermique moyen. Cette valeur plus faible du flux géothermique au niveau des zones de subduction s'explique par le plongement de la lithosphère océanique âgée, froide et dense. Dans les zones de subduction, au niveau des cordillères ou des arcs volcaniques, on peut mesurer localement un flux géothermique plus élevé, conséquence du magmatisme liée à la subduction.



Conclusion

Ainsi, l'énergie géothermique principalement issue de la désintégration des éléments radioactifs contenus dans les enveloppes terrestres est transférée à travers la Terre par convection et conduction. La dissipation de cette énergie géothermique est à l'origine d'un flux géothermique variable en fonction du contexte géodynamique. La Terre est donc une machine thermique, que l'homme peut exploiter pour ses besoins énergétiques grâce à des exploitations géothermiques. Actuellement, la géothermique ne couvre environ qu'un pourcent des besoins énergétiques mondiaux pour la production d'électricité et de chaleur. Il s'agit pourtant d'une source d'énergie inépuisable à l'échelle humaine, écologique et économique, au service du développement durable et qui pourrait être davantage utilisée.