

Exercices « Le domaine continental et sa dynamique »

Partie 2. Exercice 1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 pts).

La croûte continentale Nord-Américaine

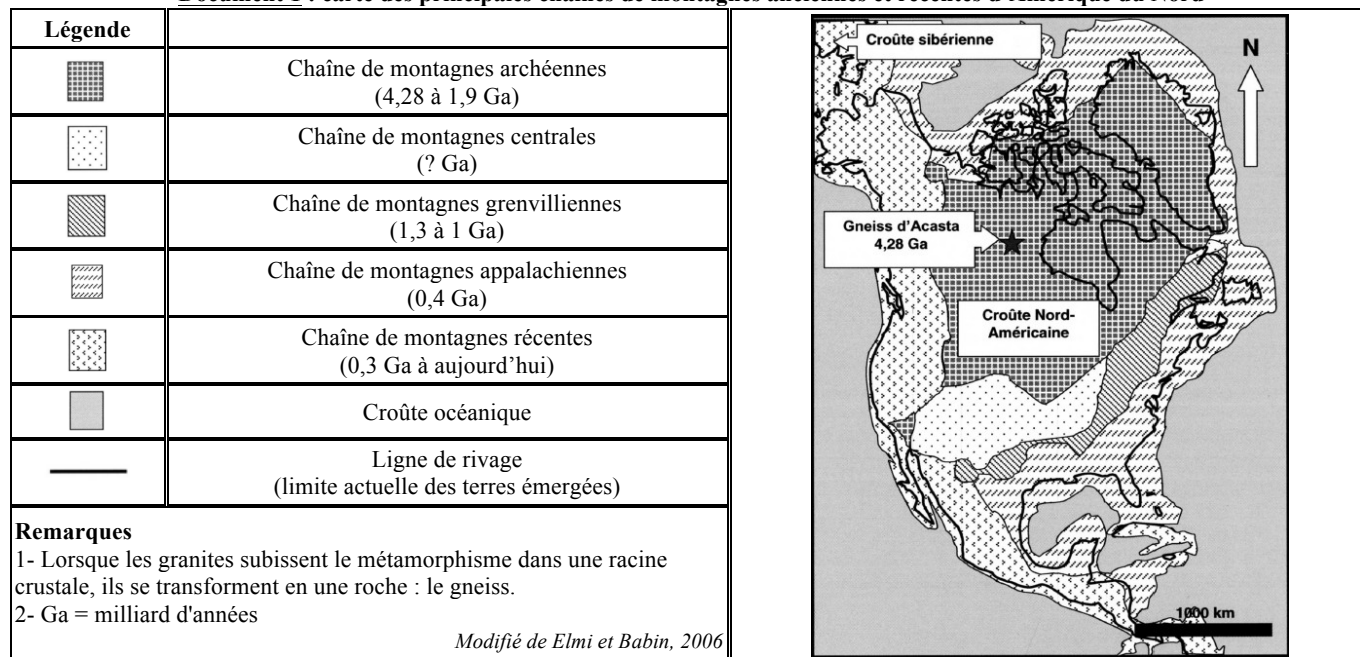
L'Amérique du Nord présente un ensemble de chaînes de montagnes dont la mise en place se poursuit encore de nos jours. L'étude d'une carte géologique confrontée aux données radiochronologiques permet de cerner les grandes étapes de son histoire géologique.

À partir de l'étude du document, on se propose de reconstituer quelques étapes de l'histoire géologique de la croûte continentale Nord-Américaine. Pour cela, répondre aux six questions du QCM

QCM : à partir des informations extraites du document, cocher la bonne réponse pour chaque série de propositions.

<p>1. Les plus anciennes roches d'Amérique du Nord sont les gneiss d'Acasta. On les trouve :</p> <p>a. dans la chaîne de montagnes anciennes grenvilliennes b. dans la chaîne de montagnes anciennes appalachiennes c. dans la chaîne de montagnes anciennes centrales d. dans la chaîne de montagnes anciennes archéennes</p>	<p>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 :</p> <p>a. dans une croûte océanique b. dans les reliefs positifs d'une croûte continentale c. dans la racine d'une croûte continentale d. dans le manteau</p>
<p>3. Les chaînes de montagnes d'Amérique du N. sont disposées :</p> <p>a. les plus anciennes au centre, les plus récentes à l'extérieur b. les plus anciennes à l'extérieur, les plus récentes au centre c. parallèlement les unes aux autres d. au hasard</p>	<p>4. A partir de ces observations, les géologues peuvent proposer un âge à la chaîne de montagnes centrales :</p> <p>a. Elle peut être âgée de plus de 1,9 Ga b. Elle a un âge compris entre 1,3 et 1,9 Ga c. Elle a un âge compris entre 0,4 et 0,3 Ga d. Elle est âgée de moins de 0,3 Ga</p>
<p>5. 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 :</p> <p>a. dans la chaîne de montagnes grenvilliennes b. dans la chaîne de montagnes récentes c. dans la chaîne de montagnes centrales d. dans la chaîne de montagnes archéennes</p>	<p>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 :</p> <p>a. la chaîne de montagnes grenvilliennes b. la chaîne de montagnes récentes c. la chaîne de montagnes centrales d. la chaîne de montagnes archéennes</p>

Document 1 : carte des principales chaînes de montagnes anciennes et récentes d'Amérique du Nord

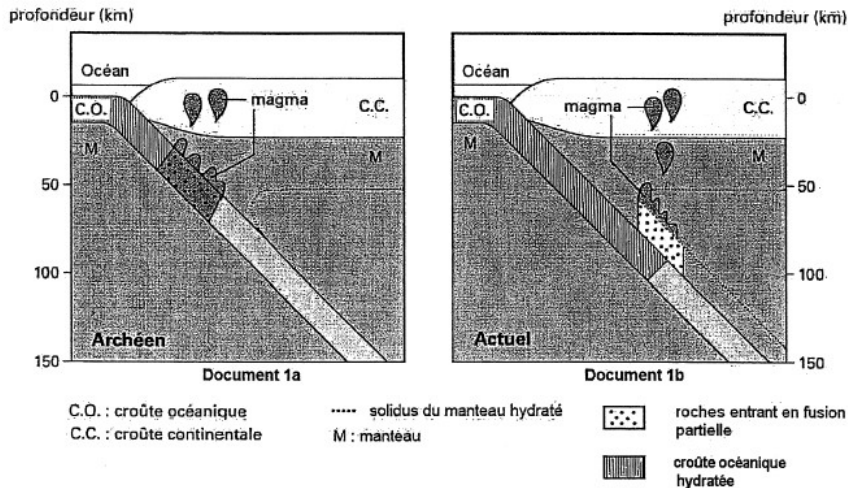


2ème PARTIE - Exercice 2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances. 5 points.

À l'Archéen, période comprise entre -4 et -2,5 milliards d'années, la Terre beaucoup plus chaude, était le siège d'une activité magmatique intense, qui a donné naissance à la majeure partie de la croûte continentale actuelle.

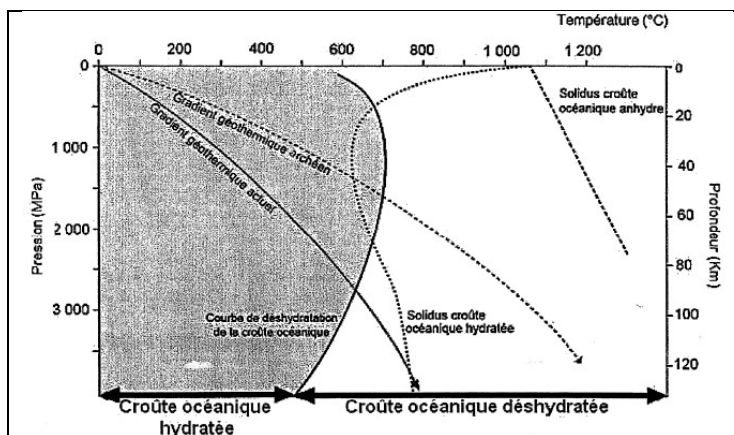
Notre planète s'est ensuite progressivement refroidie, ce qui a entraîné des changements dans la source et dans les mécanismes de production de la croûte continentale.

Comparez les deux modèles de formation de la croûte continentale primitive et actuelle, au niveau d'une zone de subduction, puis discutez de la validité de chacun d'entre eux.

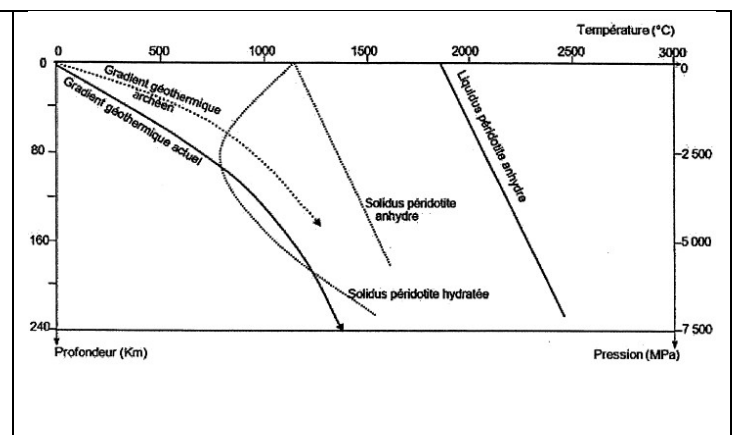


Document 1 : Modèles de genèse de la croûte continentale archéenne (document 1 a) et actuelle (document 1 b).

D'après Hervé Martin et Jean-François Moyen, Geology, 2002



Document 2 : Conditions de fusion de la croûte océanique anhydre et hydratée et gradients géothermiques dans une zone de subduction actuelle et archéenne. D'après Hervé Martin et Jean-François Moyen, Geology, 2002



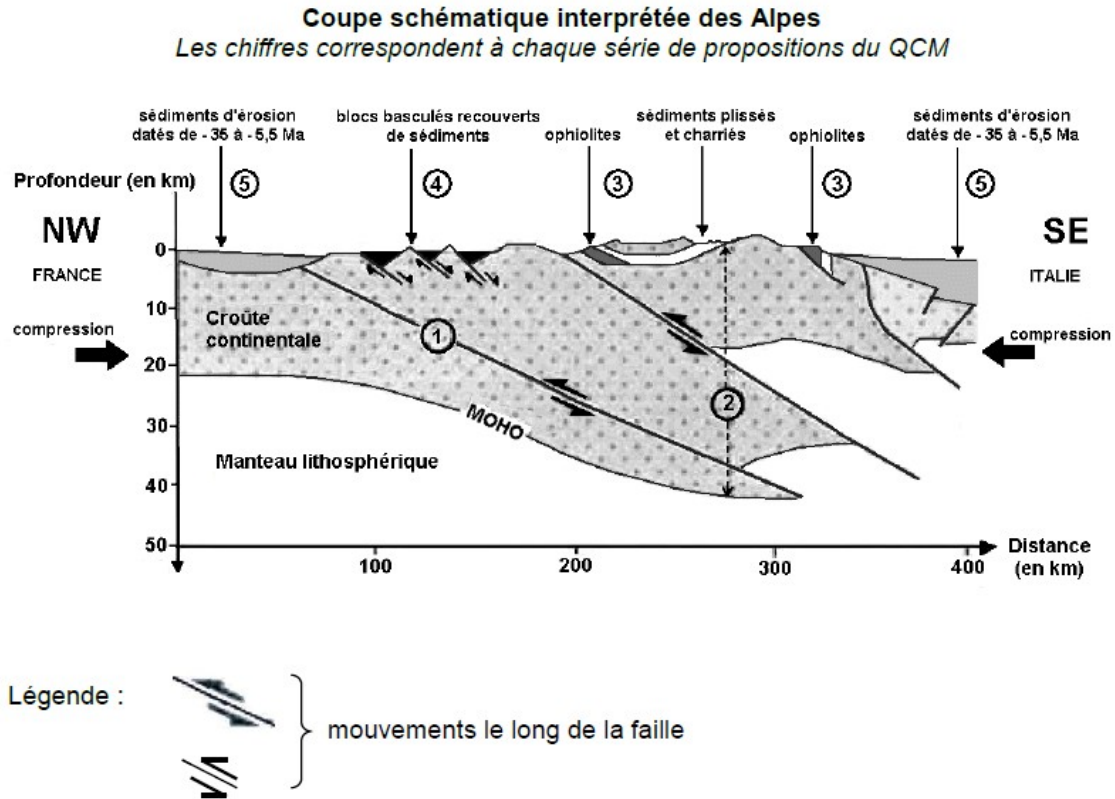
Document 3 : Conditions de fusion d'une péridotite anhydre et hydratée et gradients géothermiques dans une zone de subduction actuelle. D'après Hervé Martin et Jean-François Moyen, Geology, 2002

2ème PARTIE - Exercice 1 - Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 points).

On recherche dans les différentes structures de la chaîne alpine des éléments qui permettent de comprendre sa formation. Les résultats des études sismiques effectuées dans les Alpes sont regroupés dans la coupe schématique ci-dessous.

À partir de l'étude du doc., cocher la bonne réponse dans chaque série de propositions du QCM.

Document :



QCM : à partir des informations extraites du document, cocher la bonne réponse, pour chaque série de propositions.

1- La CC est fracturée. Les différents compartiments se sont déplacés les uns / aux autres selon :

- un mouvement le long d'une faille normale associé à une compression
- un mouvement le long d'une faille normale associé à une distension
- un mouvement le long d'une faille inverse associé à une compression
- un mouvement le long d'une faille inverse associé à une distension

2- L'épaississement de la croûte continentale est lié à :

- la formation d'une racine crustale et d'un relief constitué de sédiments plissés charriés
- la disparition d'une racine crustale et d'un relief constitué de sédiments plissés charriés
- la formation d'une racine crustale et d'un relief constitué de sédiments non déformés
- la disparition d'une racine crustale et d'un relief constitué de sédiments non déformés

3- Les ophiolites sont :

- les traces d'une lithosphère océanique formée au préalable dans un contexte de convergence
- les traces d'une lithosphère continentale formée au préalable dans un contexte de convergence
- les traces d'une lithosphère océanique formée au préalable dans un contexte de divergence
- les traces d'une lithosphère continentale formée au préalable dans un contexte de divergence

4- Les blocs basculés associés à des sédiments prouvent la psce, avant la formation de la chaîne de m^{gnes} :

- d'une ancienne marge passive associée à une divergence
- d'une ancienne marge passive associée à une convergence
- d'une ancienne marge active associée à une divergence
- d'une ancienne marge active associée à une convergence

5- Les sédiments d'érosion présent sur la coupe montrent :

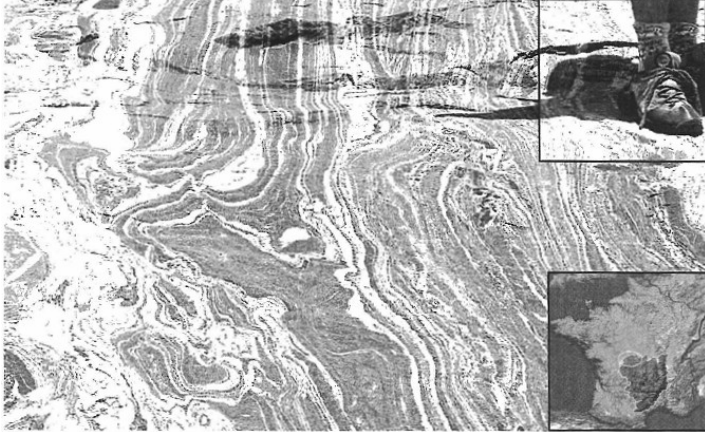
- que la disparition des reliefs avait déjà débuté il y a -35 Ma.
- que la disparition des reliefs a débuté il y a -5,3 Ma.
- que la disparition des reliefs a cessé dès -35 Ma.
- que la disparition des reliefs a cessé dès -5,3 Ma.

2ème PARTIE - Exercice 1 - Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 points).

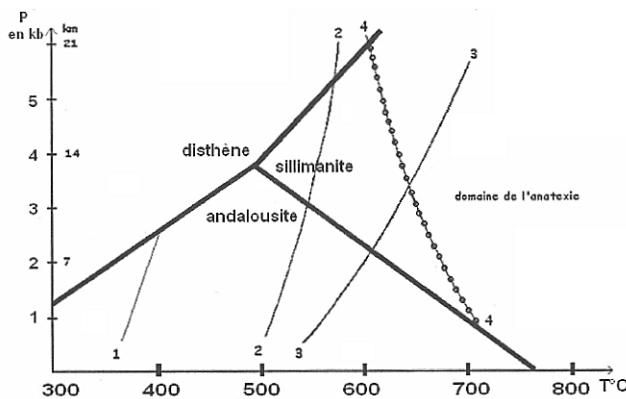
Pour retracer l'évolution d'une chaîne de montagnes, le géologue dispose de nombreuses techniques parmi lesquelles figure la détermination des conditions de formation des roches qui la constituent.

Cette détermination a été faite avec des roches apparentées au granite, échantillonnées dans la région de la Marche au nord-ouest du Massif Central. Ces roches montrent l'aspect observable sur le document 1. Elles présentent une association minéralogique composée de quartz, de biotite, de muscovite, de cordiérite et d'un peu de sillimanite.

Utilisez les docs 1 et 2 pour énoncer s/s la forme d'une réponse construite les conds de formati° de ces roches de la région de la Marche. Joindre le doc2 en y figurant la zone correspondant à la formation des roches considérées.



Document 1 : Photographie d'une roche à l'affleurement (échelle dans le cartouche du haut), de structure comparable à celle échantillonnée dans la région de la Marche (localisation dans le cartouche du bas)



- courbe 1** : réaction chlorite + muscovite 1 (à gauche) = biotite + muscovite + quartz + eau (à droite)
- courbe 2** : réaction muscovite + chlorite + quartz (à gauche) = biotite + cordiérite + andalousite ou sillimanite ou disthène + eau (à droite)
- courbe 3** : réaction muscovite + quartz (à gauche) = Feldspath potassique + andalousite ou sillimanite + eau (à droite)
- courbe 4** : courbe de fusion d'un granite hydraté (courbe du solidus séparant un domaine où seul le solide est présent (à gauche) et un domaine où liquide et solide peuvent coexister et un domaine (à droite))

Doc2 : diagramme Pression et Température des domaines de stabilité de minéraux repères (silicates d'alumine) : disthène, andalousite et sillimanite) et différentes réactions métamorphiques en fonction des conditions PT.

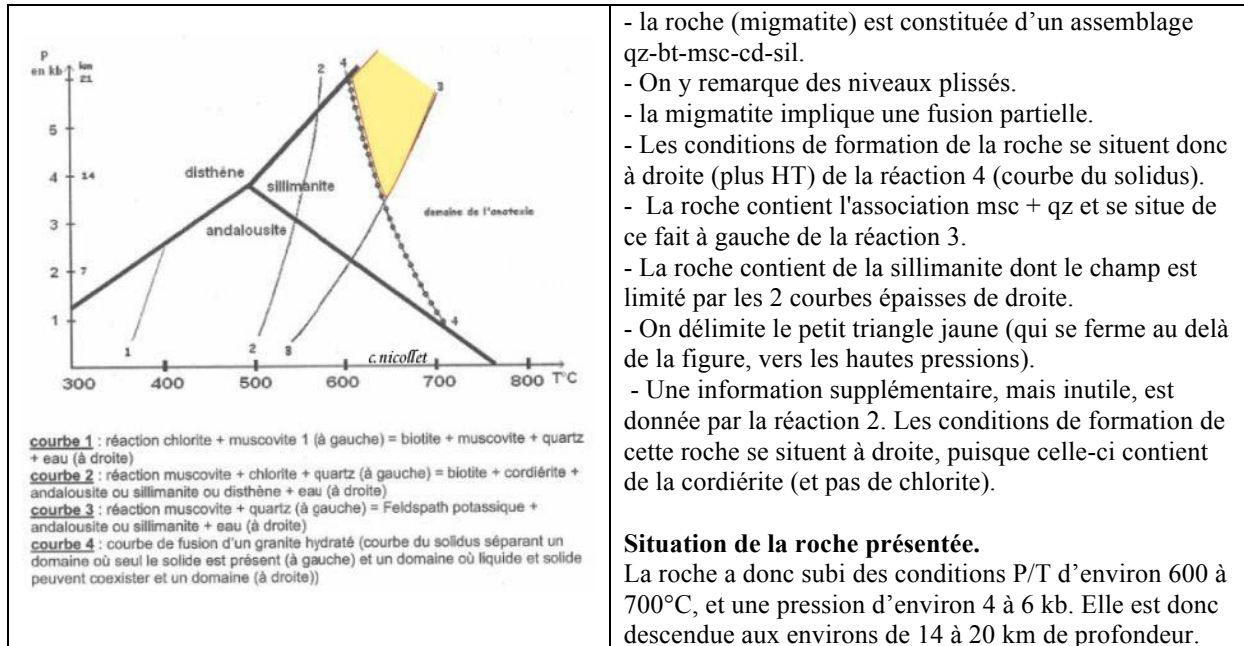
Correction

2ème PARTIE - Exercice 1 - Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 points).

Utilisez les documents 1et 2 pour énoncer sous la forme d'une réponse construite les conditions de formation de ces roches de la région de la Marche.

Une foliation (un litage) visible sur l'échantillon macroscopique, et présence de nombreux plis dans ce litage (déformation ductile) : la roche a subi un métamorphisme, et s'est notamment déformée sans casser.

Elle présente une association minéralogique composée de quartz, de biotite, de muscovite, de cordiérite et d'un peu de sillimanite. On peut donc la placer dans le diagramme PT



Partie 2. Exercice 1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 pts).

1. **Les plus anciennes roches sont les gneiss d'Acasta. On les trouve** : d. dans 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** : c. dans la racine d'une croûte continentale
3. **Les chaînes de montagnes sont disposées** : a. les plus anciennes au centre, les plus récentes à l'extérieur
4. **A partir de ces observations, les géologues peuvent proposer un âge à la chaîne de montagnes centrales** : b. Elle a un âge compris entre 1,3 et 1,9 milliard d'années
5. **Le Mont McKinley se trouve** : b. dans la chaîne de montagnes récentes
6. **La chaîne de montagnes associée à cet évènement est** : b. la chaîne de montagnes récentes

2ème PARTIE - Exercice 1 - Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 points).

La CC a commencé à se former à l'Archéen (voir graphique p191) alors que la Terre était plus chaude qu'actuellement. On cherche ici à comparer deux modèles de formation de la CC au niveau d'une subduction : à l'Archéen et actuellement.

Le doc1 expose ces deux modèles : on retrouve la CO subduite (il serait plus judicieux que le doc mentionne la LO...) et une CC chevauchante (de même, il serait mieux que ce soit une LC). De là, nous pouvons comparer les deux modèles :

- à l'Archéen, il semble que ce soit la CO hydratée gabbro-basaltique qui subisse la FP (et un peu de manteau chevauchant probablement, mais c'est peu visible compte tenu de la qualité de l'image), générant des magmas de nature continentale, moins denses, remontant de ce fait vers la surface à travers la croûte.
- à l'heure actuelle, ce n'est pas la CO hydratée gabbro-basaltique qui subit cette FP : c'est plutôt le manteau chevauchant. Par la suite, les magmas générés ; de nature continentale, remontent vers la surface, toujours pas différence de densité.

Le point commun pour les deux modèles est que la FP est visiblement engendrée par un transfert d'eau et que

d'une manière générale l'eau abaisse les solidus.

Il semble donc que les roches sources du magma soit différentes entre ces deux périodes (CO versus ML chevauchant). Tâchons d'en expliquer la cause.

Pour cela, examinons les documents 2 et 3 qui représentent les conditions de fusion d'une CO hydratée ou anhydre (suivant P et T) ou celles d'une péridotite (= du manteau) hydratée ou non. A noter que les deux graphiques n'ont pas du tout la même échelle, ce qui complexifie la comparaison visuelle... Par ailleurs, les gradients géothermiques actuel et archéen sont figurés (= évolution de la température avec la profondeur), ainsi que le solidus (limite entre un état 100% solide de la roche et solide + liquide), et le liquidus (limite entre S + L et 100% L) pour la péridotite anhydre et la courbe de déshydratation de la CO (à gauche, c'est hydratée et à droite, non).

Doc2.

- A l'Archéen, le solidus de la CO anhydre n'est jamais franchi par le géotherme (températures pas assez élevées), en revanche le solidus de la CO hydratée est franchi (vers 50 km et 600°C) = gradient géothermique compatible avec une FP d'une CO hydratée. La courbe de déshydratation de la CO n'est pas encore franchie à de telles conditions : cela signifie que la CO reste hydratée sous de telles conditions. Elle peut donc subir la FP.
- A l'heure actuelle, le gradient géothermique franchit la courbe de déshydratation de la CO vers 2700°C et 90 km de profondeur, puis franchit le solidus hydraté après (vers 120 km et 700°C). Cela signifie que la CO ne peut pas fondre, puisque'elle se déshydrate totalement avant que les conditions de FP ne soient potentiellement atteintes.

Doc3.

- Par un raisonnement identique, on constate qu'à l'Archéen le gradient géothermique franchit le solidus de la péridotite hydratée vers 60 km de profondeur et 800°C (en pas celui de l'anhydre) : cela montre que le manteau hydraté peut fondre à partir de ces profondeur et T°C à l'Archéen (et cela répond à l'interrogation potentielle du doc1).
- Actuellement, le gradient géothermique franchit lui aussi le solidus de la péridotite hydratée entre 90 et 200 km de profondeur environ (soit 800 à 1200°C) = le manteau (chevauchant) fond partiellement. La source des magmas de subduction est donc la péridotite mantélique hydratée.

Conclusion : à l'Archéen, la Terre était plus chaude, et les conditions de genèse de magmas continentaux en subduction étaient compatibles avec une FP de la CO et du manteau (chevauchant) hydratée. A l'heure actuelle, la Terre étant plus froide, la CO se déshydrate avant d'atteindre les conditions de FP : seul le manteau (chevauchant) hydraté subit la FP générant les magmas granitoïdiques. Les deux modèles sont donc validés ! (remarquez que je finis logiquement par la validation des modèles, et que je ne commence pas ma conclusion par là...).

Partie 2. Exercice 1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 pts).

QCM : à partir des informations extraites du document, cocher la bonne réponse, pour chaque série de propositions.

1- La CC est fracturée. Les différents compartiments se sont déplacés les uns / aux autres selon :

un mouvement le long d'une faille inverse associé à une compression

2- L'épaississement de la croûte continentale est lié à : la formation d'une racine crustale et d'un relief constitué de sédiments plissés charriés

3- Les ophiolites sont : les traces d'une lithosphère océanique formée au préalable dans un contexte de divergence

4- Les blocs basculés associés à des sédiments prouvent la psce, avant la formation de la chaîne de m^{gnes} : d'une ancienne marge passive associée à une divergence

5- Les sédiments d'érosion présent sur la coupe montrent : que la disparition des reliefs avait déjà débuté il y a -35 Ma.