

Devoir surveillé n°4

Samedi 18 janvier 2025

Épreuve d'analyse de documents de géologie

durée : 2 heures

Exercice 1 – Le Groenland, une île de l'Atlantique Nord

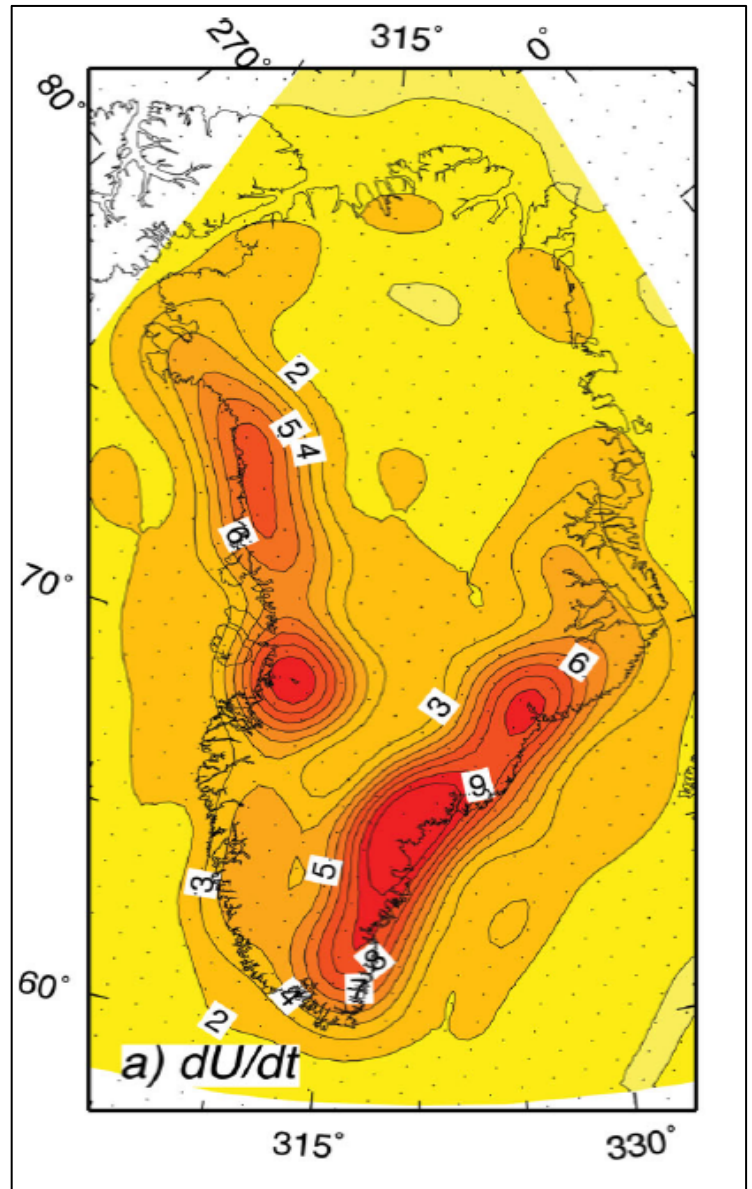
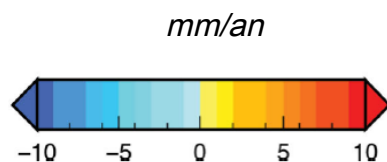
durée conseillée : 50 min

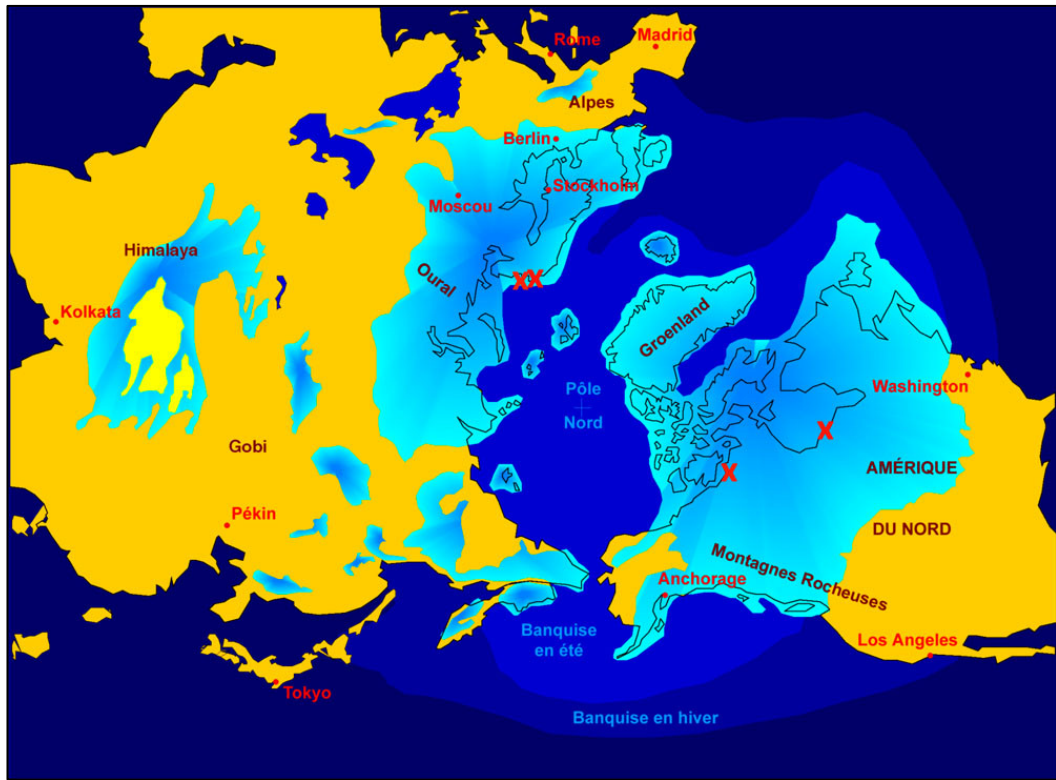
(d'après <http://planet-terre.ens-lyon.fr> - Spada et al, Geophys. J. Int., 2012 - Schiffer et al ; Tectonophysics, 2016)

Le Groenland est une île appartenant au royaume du Danemark, située entre l'océan Atlantique nord et l'océan Arctique. Plus des trois quarts de son territoire sont couverts par un inlandsis, c'est-à-dire une calotte de glace d'environ 3 km d'épaisseur en moyenne.

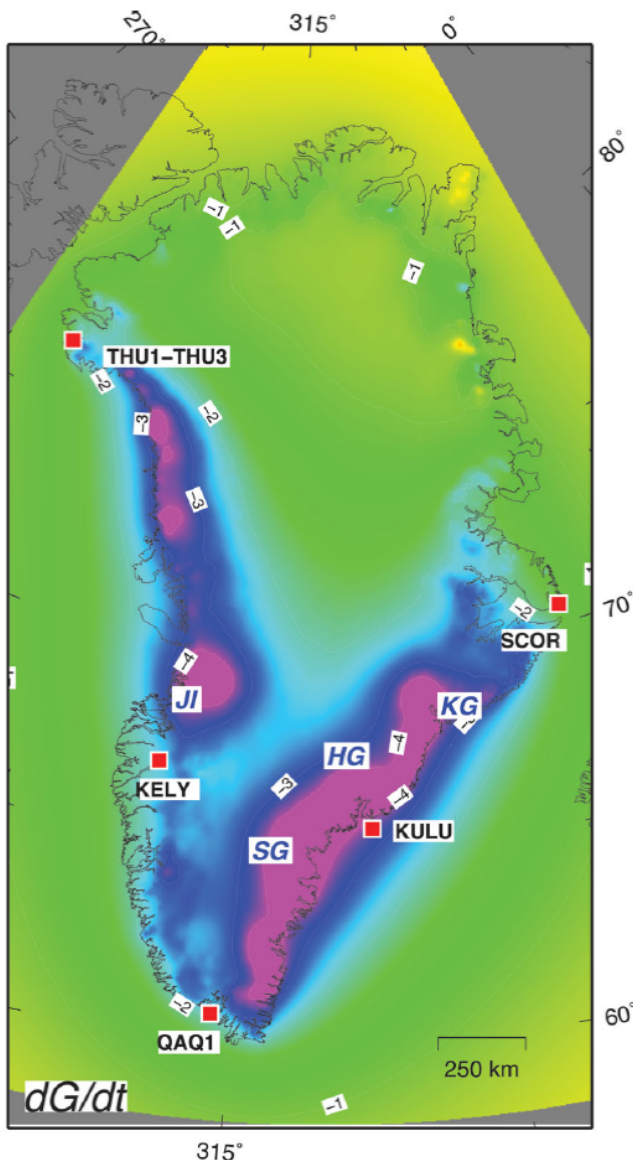
Question 1 - Utilisez les informations apportées par le document 2, ainsi que vos connaissances, pour expliquer les mouvements verticaux observés sur le document 1. Votre réponse s'accompagnera de schémas explicatifs.

Document 1 : Mouvements verticaux du sol au Groenland entre 2003 et 2008

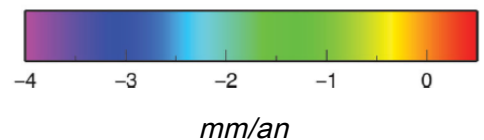




▲ Document 2 : Position des calottes glaciaires de l'hémisphère Nord lors du dernier maximum glaciaire, il y a -18 000 ans



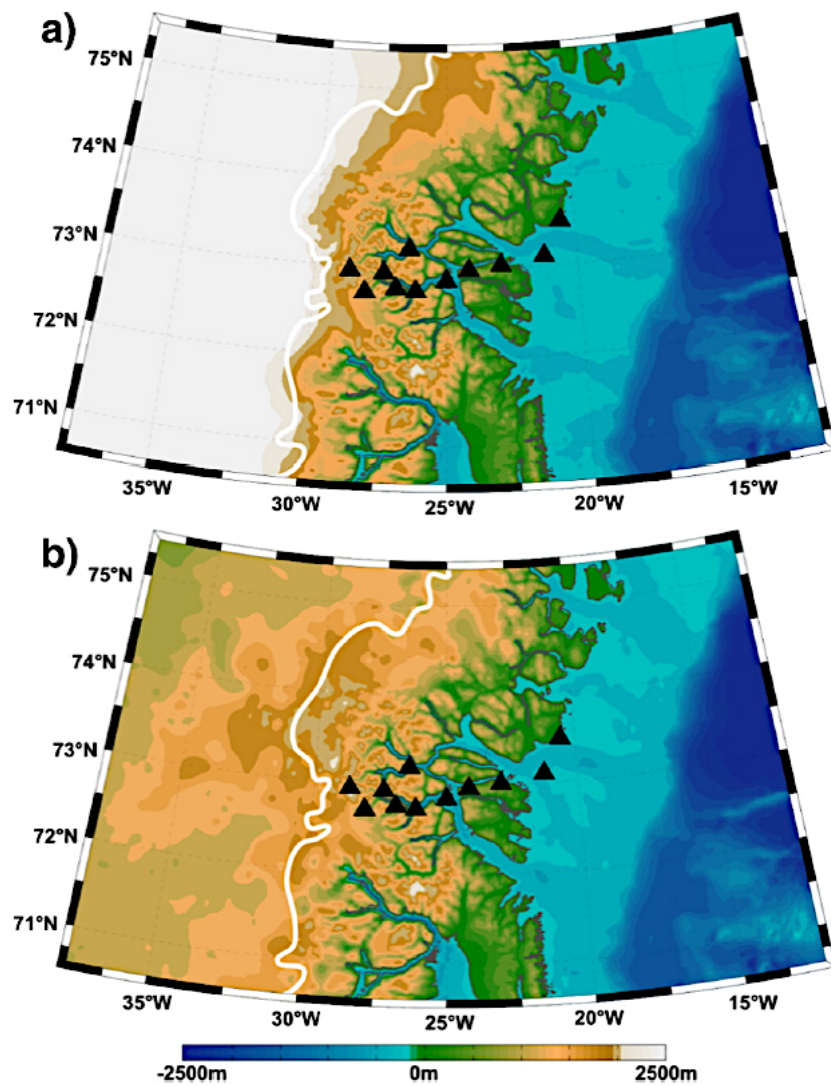
◀ Document 3 : Variations de la hauteur du géoïde dans la région du Groenland, entre 2003 et 2008



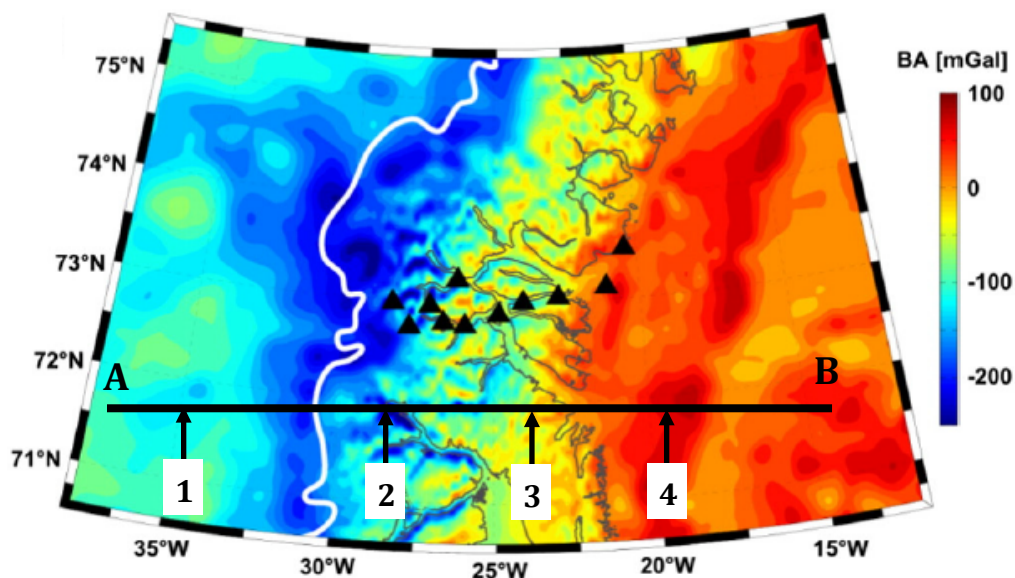
Question 2 - Expliquez ce qu'est le géoïde, et comment on le construit.

Question 3 - Utilisez l'ensemble des informations apportées par les documents 1 à 3, ainsi que vos connaissances, pour proposer une explication aux variations de hauteur du géoïde observées dans la région.

Sur la côte est du Groenland, se trouvent les restes d'une ancienne chaîne de montagnes paléozoïque, la chaîne calédonienne.



Document 4 : Topographie et gravimétrie dans l'est du Groenland
(a) : Topographie incluant la glace. (b) : Topographie sans la couverture de glace.



Document 5 : Anomalie de Bouguer dans la région étudiée.

Question 4 - Expliquez ce qu'est l'anomalie de Bouguer.

Question 5 - Interprétez les valeurs de l'anomalie de Bouguer observées sur le document 5.

Proposez une coupe de la lithosphère sur l'axe AB (axe est-ouest à $71,5^\circ\text{N}$) en analysant précisément les 4 flèches numérotées 1 à 4.

Question 6 - On supposera que l'ensemble du Groenland est à l'équilibre isostatique. La situation de référence sera le point 3, avec une croûte continentale de 30 km d'épaisseur.

À l'aide des documents 4 et 5 :

a) indiquez l'altitude au point 1 et estimez l'épaisseur de la glace à ce point.

b) calculez l'épaisseur de la croûte continentale sous la glace au point 1.

c) calculez l'épaisseur de la croûte continentale sous la chaîne calédonienne, dans sa zone la plus élevée non recouverte de glace (donnée = 2 500m d'altitude au point le plus haut).

Votre réponse sera accompagnée de schémas explicatifs.

Pour faire l'application numérique, on prendra :

densité de la glace $d_g = 0,9$;

densité de la croûte continentale $d_c = 2,7$;

densité du manteau lithosphérique $d_m = 3$ (en réalité 3,3 mais 3 pour simplifier les calculs).

Exercice 2 – Reconstitution paléogéographique de la formation des Pyrénées

durée conseillée : 40 minutes
(inspiré du sujet Agro-Véto 2024)

2.1. Étude des mouvements relatifs de l'Ibérie et du bloc Corso-sarde par rapport à l'Eurasie

Cette partie se base exclusivement sur la figure 1 (donnée à part) et cherche à reconstituer quelques aspects des mouvements relatifs entre l'Ibérie et l'Eurasie en lien avec l'ouverture de l'Océan Atlantique et du Golfe de Gascogne. On cherche à montrer dans un premier temps que l'Ibérie a subi un mouvement décrochant par rapport à l'Eurasie, puis à en quantifier le jeu, le rejet et la période de fonctionnement maximal.

Question 1 – À partir d'arguments tirés de la figure 1,

- datez l'âge de l'ouverture de l'Océan Atlantique au large de l'Irlande puis au large du sud de la péninsule ibérique ;
- quantifiez puis comparez les vitesses d'ouverture des deux zones précédentes de leur ouverture jusqu'à 80 Ma environ ;
- expliquez en quoi ces observations sont compatibles avec l'apparition d'une grande faille en décrochement, dont vous préciserez le jeu. Proposez un âge d'apparition de cette grande faille.

Question 2 – Précisez la direction et le sens du mouvement de l'Ibérie entre 125 et 80 Ma. Vous pouvez vous appuyer sur les isochrones atlantiques pour décrire le sens du mouvement.

Question 3 – Identifiez la structure géologique orientée d'Est en Ouest dans le Golfe de Gascogne. Datez la période de son activité. Proposez une origine à son apparition.

On cherche maintenant à caractériser les conséquences de l'ouverture du Golfe de Gascogne.

Question 4 – À partir d'arguments tirés de la figure 1 :

- comparez la vitesse de l'ouverture de la partie Ouest du Golfe de Gascogne avec sa partie Est ;
- déduisez un mouvement relatif entre l'Ibérie et le reste de l'Europe ;
- proposez une conséquence de ce mouvement sur la morphologie de la chaîne pyrénéenne (la figure 3 montre la topographie de la chaîne).

Question 5 – À partir d'arguments tirés de la figure 1 :

- datez l'ouverture du Golfe du Lion ;
- reportez les périodes d'ouverture des deux golfes dans la frise chronologique de l'annexe ;
- proposez une position du bloc Corso-Sarde avant l'ouverture du Golfe du Lion ;
- reliez l'histoire géologique des reliefs observés d'une part dans les Pyrénées et d'autre part en Corse et Sardaigne (figure 1).

2.2. Analyse gravimétrique

La mesure du champ de pesanteur permet d'avoir accès à des informations concernant la Terre interne.

Question 6 – La figure 2 donne la topographie et des mesures gravimétriques dans la zone Pyrénéenne :

- rappelez le principe permettant l'obtention de l'anomalie à l'air libre et de l'anomalie de Bouguer ;
- expliquez la valeur de l'anomalie à l'air libre au niveau des Pyrénées (zone 1 sur la figure 2) ;
- expliquez les valeurs des anomalies de Bouguer au niveau des Pyrénées (zone 1), à proximité des côtes dans le Golfe du Lion (zone 2) et au large (les deux zones 3 sur la figure 2) ;
- proposez une hypothèse pour expliquer l'anomalie positive de la zone 4, qui couvre une partie du pays Basque français et du Béarn.

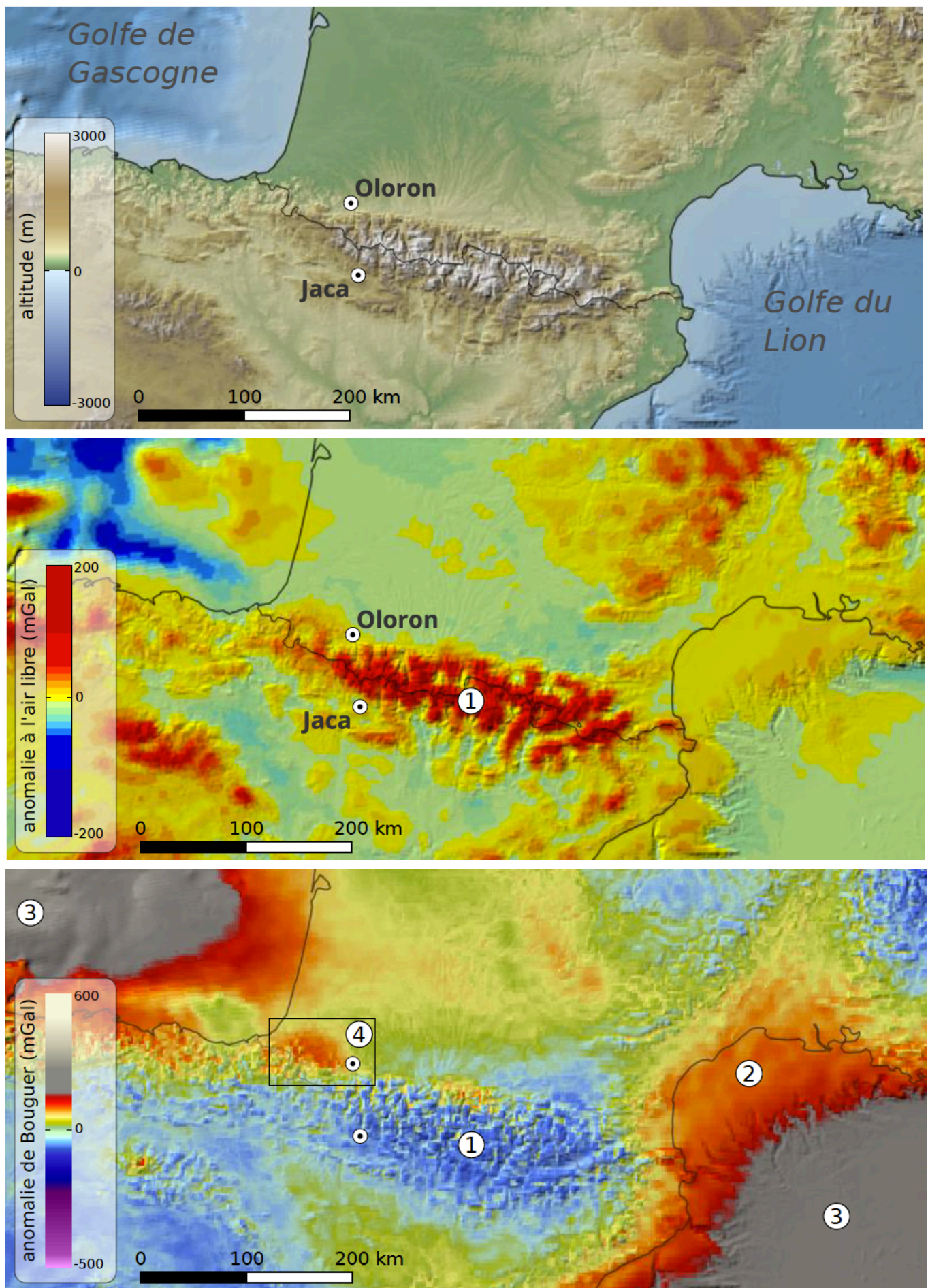


FIGURE 2 - Carte de l'altitude (haut) de l'anomalie à l'air libre (centre) et de l'anomalie de Bouguer (bas) de la zone Pyrénéenne. La position des 2 villes étudiées n'est pas à prendre en compte pour l'analyse. (Sources : Topographie : ETOPO1 – Anomalies à l'air libre et de Bouguer : Bonvalot et al., 2012)

Exercice 3 – Datation de la Scandinavie

durée conseillée : 30 minutes

Source : Claesson, Contrib Mineral Petrol (1987) 97:196-204

La Scandinavie est parcourue par une longue chaîne de montagnes qui traverse du NNO vers le SSE. Une vaste zone de paragneiss s'étend sur plus de 700 km de long (zone grisée de la carte 1). Cinq sites ont été étudiés de façon à dater cet immense massif de roches.

Deux méthodes de datation absolue sont utilisées : la méthode K/Ar et la méthode de la Concordia.

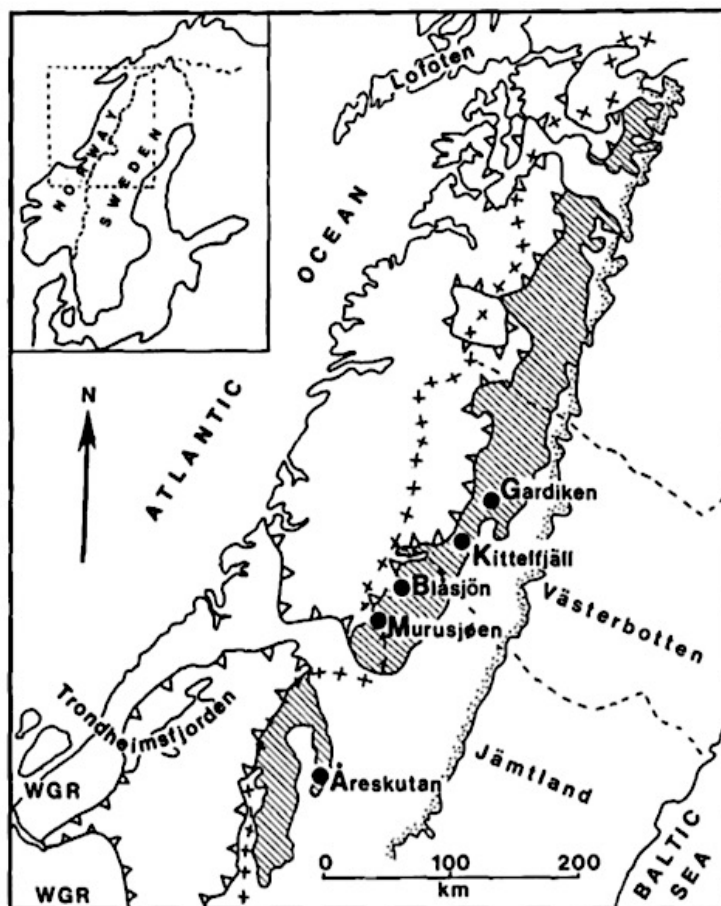


Figure 1 - Carte de la Scandinavie montrant la vaste chaîne de montagnes abritant les gneiss étudiées et positionnant les sites étudiés.

1) La méthode $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$

Le Potassium ^{40}K est un radio-isotope qui se désintègre en éléments fils ^{40}Ar et ^{40}Ca , à raison de 1 désintégration en ^{40}Ar pour 9 désintégrations en ^{40}Ca . La datation des paragneiss scandinaves de 3 sites a été réalisée par cette méthode et donne les résultats suivants.

Échantillon	Nombre d'atomes de ^{40}K	Nombre d'atomes de ^{40}Ar	Âge mesuré
Åreskutan	$3,601 \cdot 10^{19}$	$8,411 \cdot 10^{17}$	
Gardiken	$1,820 \cdot 10^{19}$	$4,268 \cdot 10^{17}$	417 Ma +/- 20
Murusjön	$2,118 \cdot 10^{19}$	$4,957 \cdot 10^{17}$	426 Ma +/- 19

Question 1 – En notant P la quantité actuelle d'élément père et F la quantité actuelle d'élément fils, établir l'égalité (1) reliant F , F_0 , P et l'âge noté t . La constante de désintégration sera notée λ .

Question 2 – Discuter le choix du couple $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ en trouvant un avantage et un inconvénient à son utilisation.

Question 3 – Déterminer l'âge de la roche d'Åreskutan en utilisant les données obtenues sur le terrain. Le résultat concorde-t-il avec les autres sites ?

Donnée : période $T = 1,2 \text{ Ga}$.

On procèdera à la simplification $e^{\lambda t} \approx \lambda t + 1$ et à l'approximation $\ln(2) = 0,7$.

Ces deux simplifications génèrent une sous-estimation de l'âge calculé, de l'ordre de 5 %.

Question 4 – À quelle ère correspond cet âge (ou ces âges) ? Citer un fossile susceptible d'être trouvé dans les roches sédimentaires de la zone géologique étudiée.

2) La méthode de la Concordia

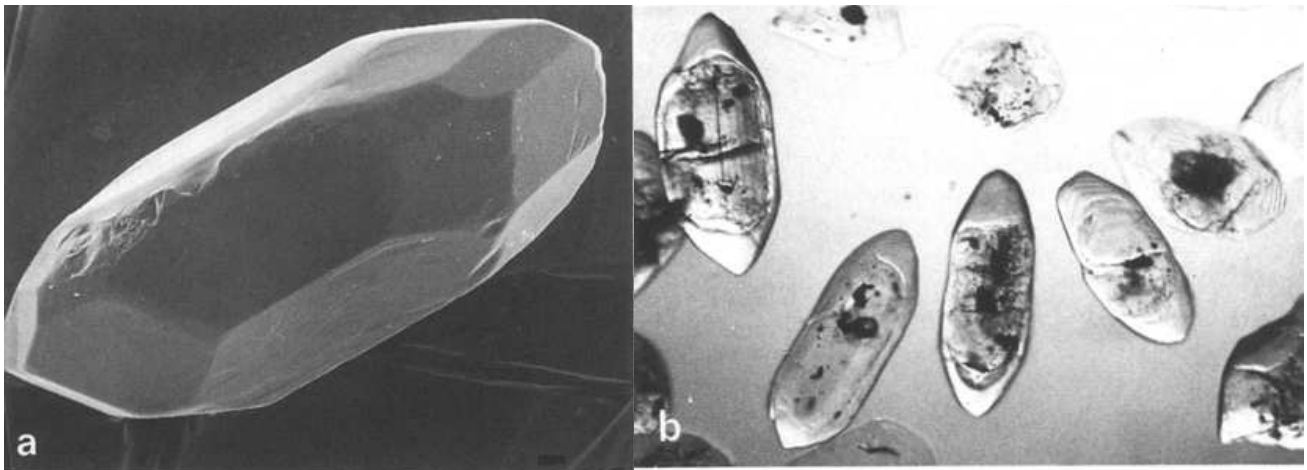


Figure 2 – Image de microscopie électronique à balayage (a) et microscopie photonique (b) de cristaux de zircon tirés de l'échantillon de Blasjön. Le cristal sur l'image a mesure $160 \mu\text{m}$ de long. Les cristaux de l'image b mesurent entre 150 et $200 \mu\text{m}$.

Question 5 – Expliquer l'intérêt de baser la datation sur les zircons.

Les données collectées sur les échantillons de Murusjön donnent les valeurs suivantes :

échantillon	1	2	3	4
$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}\right)_t$	0,56	1,76	1,94	2,62
$\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}\right)_t$	0,071	0,151	0,163	0,209

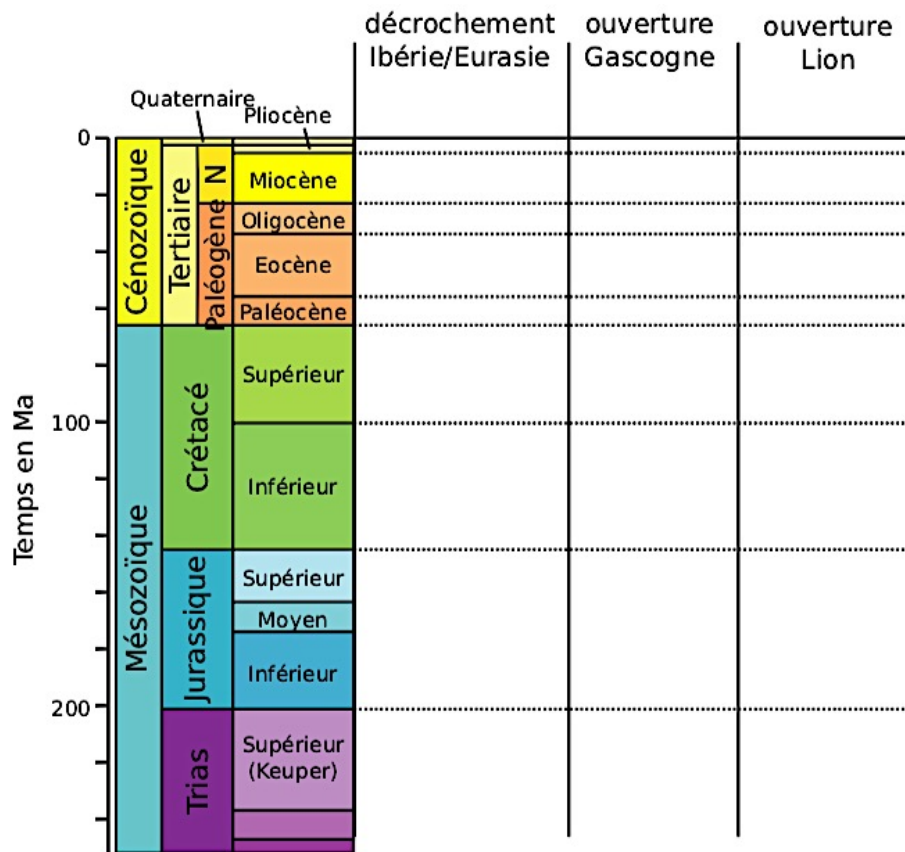
Question 6 – Placer les données sur les diagrammes de Concordia fournis en annexe (3 diagrammes sont fournis, à vous de choisir le ou les plus judicieux). En déduire l'âge de formation des paragneiss.

Question 7 – L'âge des paragneiss est-il concordant avec celui obtenu avec la datation par K/Ar ? Expliquer les résultats obtenus en tenant compte des deux modes de datations.

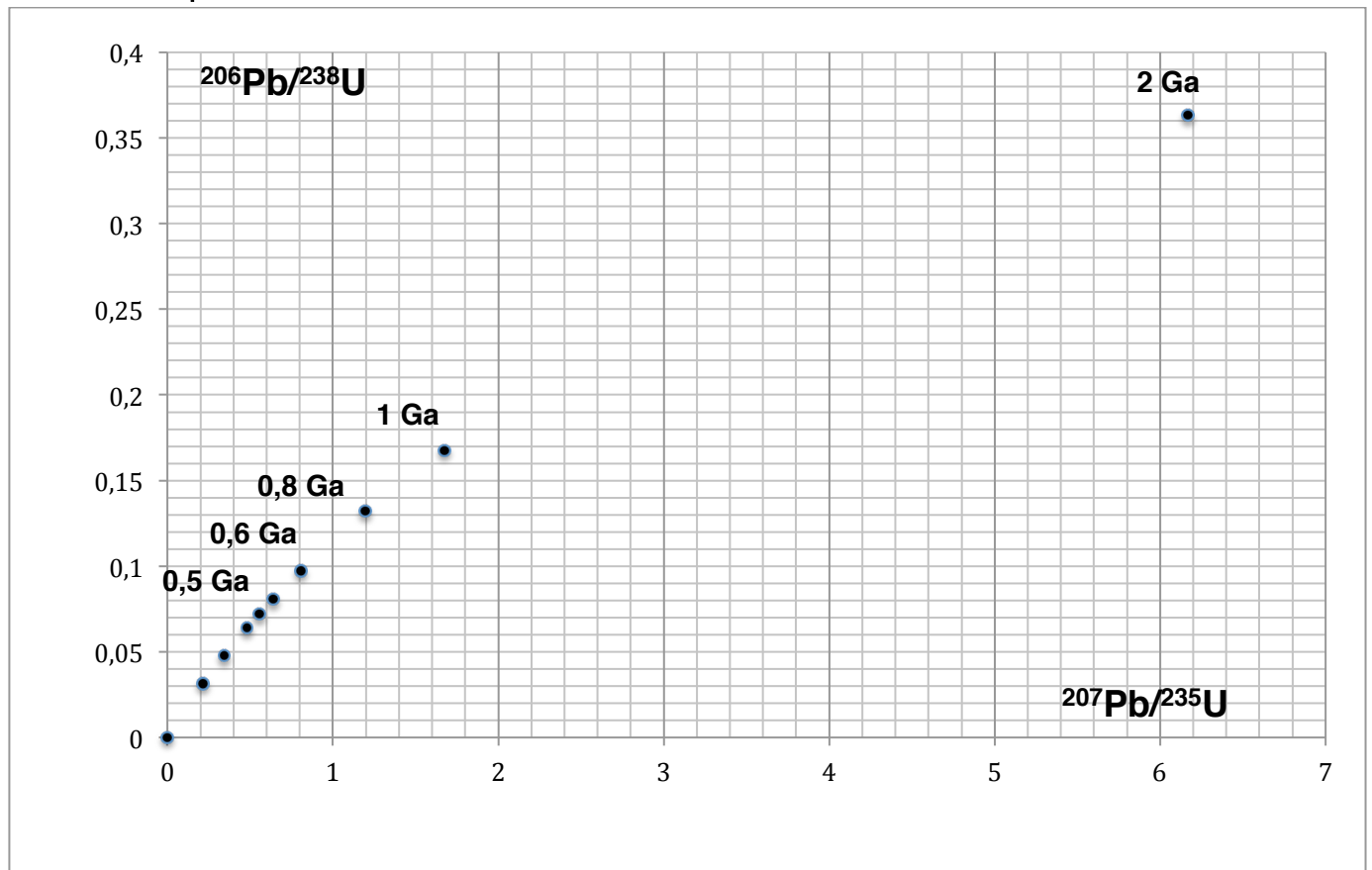
ANNEXE À RENDRE (recto-verso)

NOM

Exercice 2 – question 4



Exercice 3 question 6



Courbe de la Concordia jusqu'à 2 Ga

