

Exercice 1 – Gravimétrie et isostasie au Tibet

Le plateau tibétain fait partie de la grande chaîne himalayenne. Des études gravimétriques ont été réalisées à l'aide de satellites. Le secteur pointé par l'étoile jaune sur la figure 1 sera la zone d'étude.

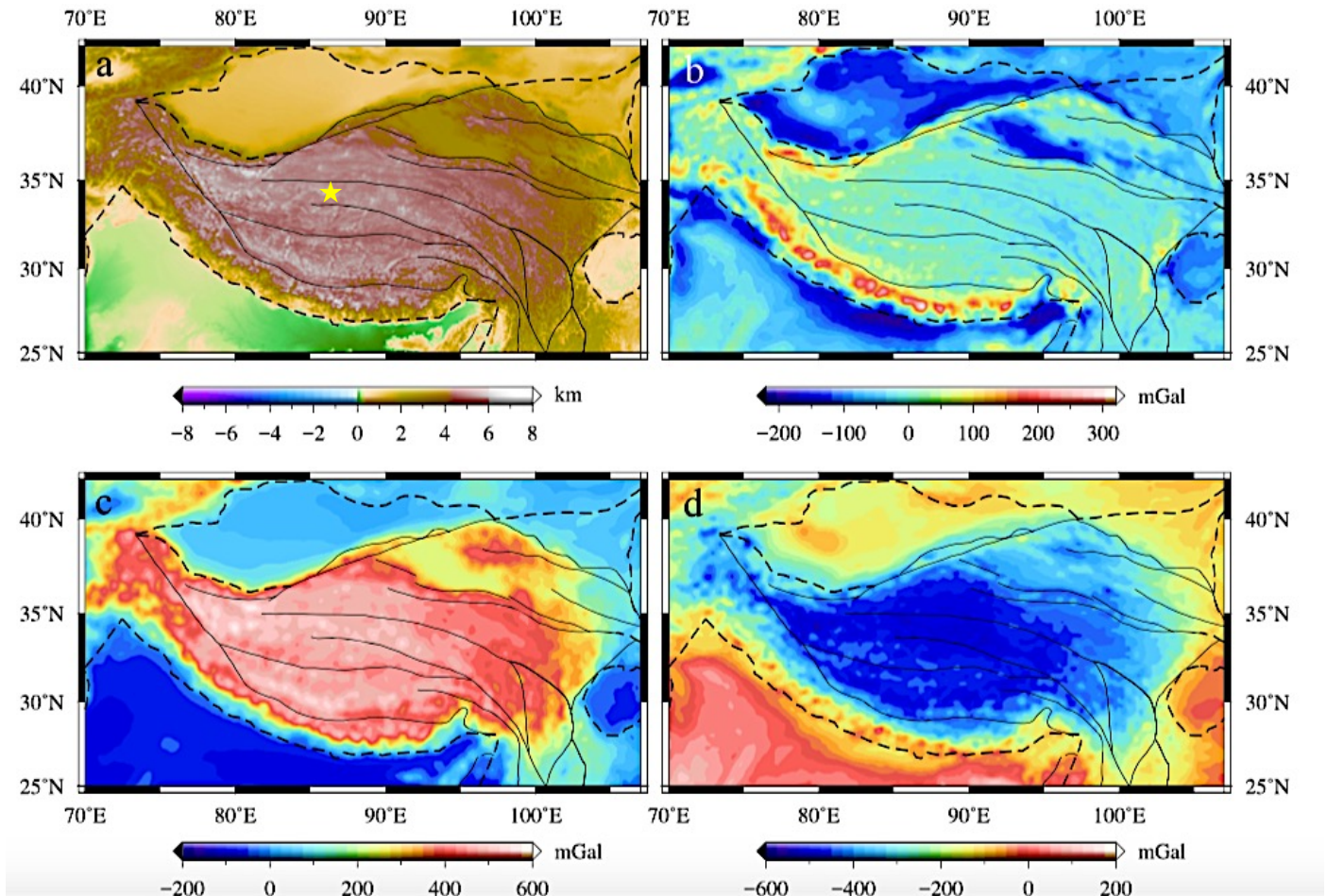


Figure 1. (a) Topographie du plateau tibétain ; (b) anomalie à l'air libre ; (c) correction de Bouguer ; (d) anomalie de Bouguer. (Source : Zhao et al, *Geochemistry Geophysics Geosystems* · January 2020)

Sachant que le Tibet est à une latitude de 35°N, il est possible de calculer la valeur de g théorique en employant la formule :

$$g = 9,78031846 \times [1 + 0,0053024 \cdot \sin^2\theta - 0,0000058 \cdot \sin^2(2\theta)] \text{ avec } \theta = \text{latitude}$$

Ceci donne une valeur de g théorique (g_t) de 9,797329511 m.s⁻² soit environ **$g_t = 979\,733 \text{ mgal}$** .

Des mesures de la valeur de g à l'altitude 5 000 m, donnent la valeur mesurée de **$g_m = 978\,218 \text{ mgal}$** .

Données : Correction à l'air libre $\Delta g_{\text{air}} = 0,3086 \times h$ en mgal, avec h altitude en m
 Correction de plateau $\Delta g_{\text{plateau}} = 0,04 \rho \cdot h$ pour la correction de plateau en mgal
 avec ρ = densité de la roche (2,7 pour la croûte) et h l'altitude en m.

Question 1 – Calculez approximativement la correction à l'air libre au niveau du plateau tibétain.

Question 2 – Rappelez la définition d'une anomalie en géophysique. Calculez l'anomalie à l'air libre. La valeur obtenue est-elle compatible avec la carte de la figure 1b ?

Question 3 – Calculez la correction topographique au lieu d'étude.

Question 4 – Calculez l'anomalie de Bouguer et la comparer à la valeur de la carte 1d.

Question 5 – Interprétez la valeur obtenue pour l'anomalie de Bouguer.

Question 6 – Calculez l'épaisseur de la croûte au niveau du plateau tibétain, à une altitude de 5 000 m. Vous préciserez l'hypothèse et le modèle choisis. Un schéma est attendu.

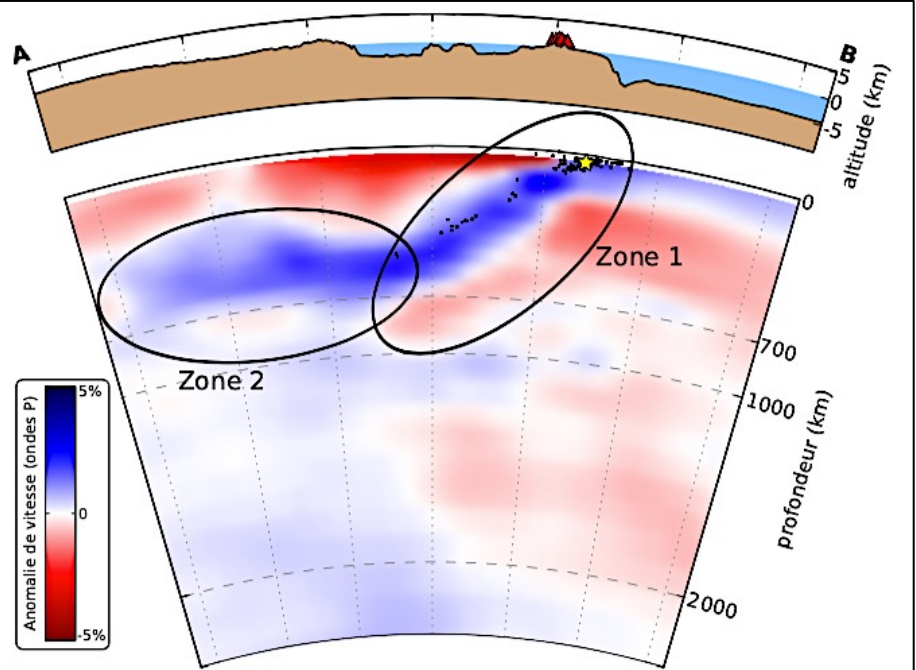
Données : densité des roches crustales = 2,7 et densité du manteau = 3,2

Exercice 2 – Le Japon et son contexte géologique

(inspiré du sujet Agro-Véto 2022)

FIGURE 2 - Tomographie sismique au niveau du Japon

La position du profil est donné à la figure 1. Les points noirs correspondent à la position des foyers de différents séismes. Les triangles rouges positionnent différents volcans, l'étoile la position du séisme de Tōhoku-Oki. (données de tomographie : d'après Obayashi et al. (2011) [9])



Question 1 – Donnez le nom de l'alignement des foyers des séismes visibles sur la figure 2.

Question 2 – En vous basant sur une présentation succincte des principes de la tomographie sismique, expliquez pourquoi les anomalies de vitesse sont exprimées en % .

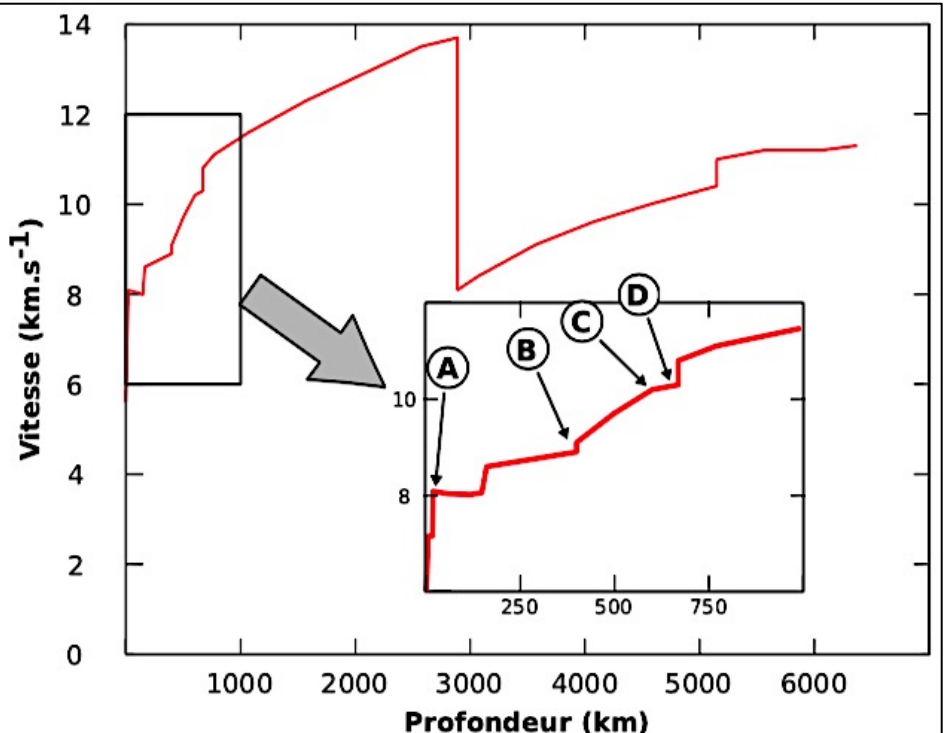
Question 3 – Quelle interprétation thermique fait-on généralement d'une anomalie positive de vitesses ?

Question 4 – Sur la figure 2, interprétez les anomalies de vitesse de la zone 1.

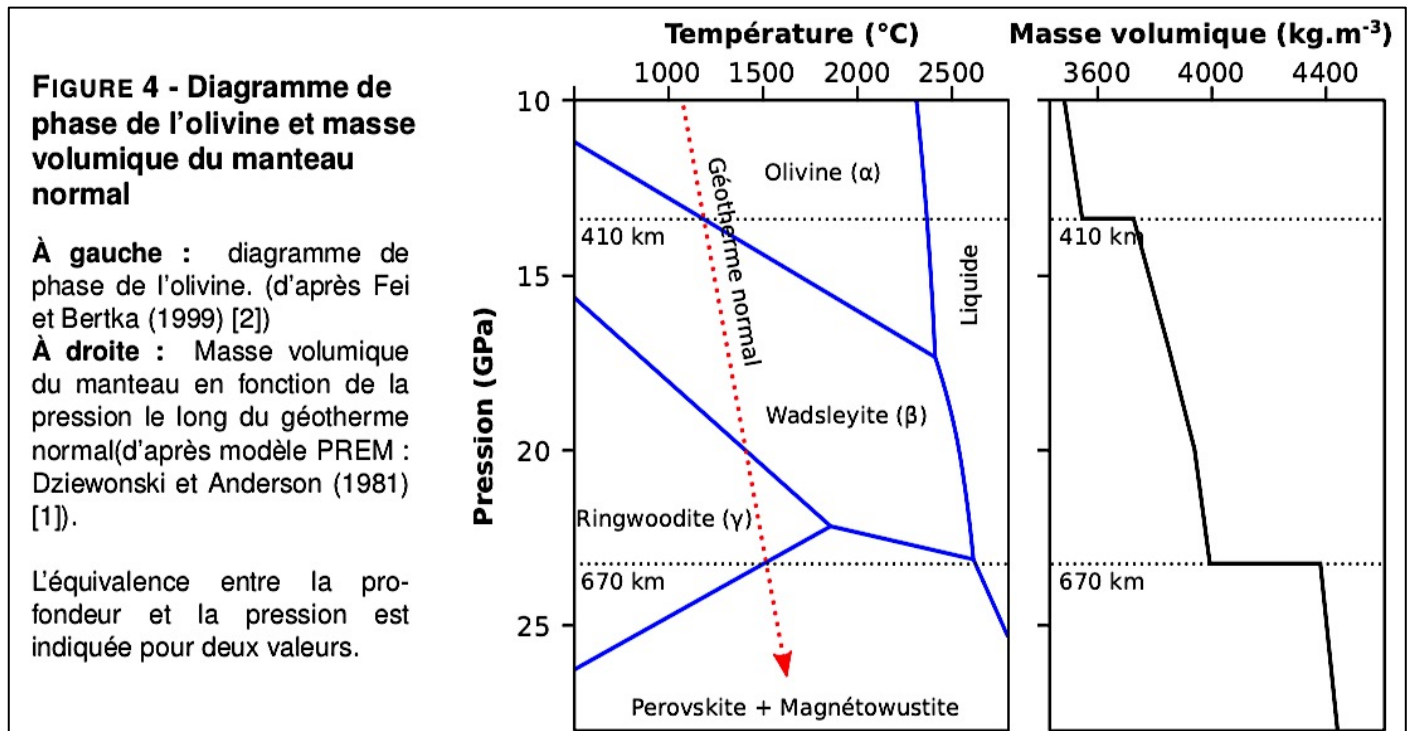
La figure 3 montre un profil de vitesse de propagation des ondes P. Plusieurs discontinuités sont visibles sur ce profil de vitesse. La figure 4 donne le diagramme de phases de l'olivine.

FIGURE 3 - Vitesse de propagation des ondes P

l'encart correspond à un zoom sur les 1000 premiers kilomètres. Les flèches notées de A à C indiquent des sauts de vitesse. (d'après modèle PREM : Dziewonski et Anderson (1981) [1])



Question 5 – À partir de vos connaissances et de l'interprétation de la figure 4, expliquez la cause des sauts de vitesse **A**, **B**, **C** et **D** mis en évidence sur le profil de vitesse des ondes P de la figure 3.



Question 6 – Sur la figure 4 :

- dessinez approximativement le géotherme d'une lithosphère plongeante sur le diagramme de phase ;
- indiquez sous quelle phase doivent être les olivines de lithosphère plongeante à 410 km de profondeur et à 670 km de profondeur ;
- dessinez approximativement la courbe de la relation entre la pression et la masse volumique pour une lithosphère plongeante.

Question 7 – À partir de vos conclusions précédentes, interprétez maintenant la zone 2 mise en évidence sur la tomographie de la figure 2.

Exercice 3 – Analyse gravimétrique des Pyrénées

Tiré du sujet d'Agro 2024

La mesure du champ de pesanteur permet d'avoir accès à des informations concernant la Terre interne. La figure 1 donne la topographie et des mesures gravimétriques dans la zone Pyrénéenne.

Question 1 – rappelez le principe permettant l'obtention de l'anomalie à l'air libre et de l'anomalie de Bouguer.

Question 2 – expliquez la valeur de l'anomalie à l'air libre au niveau des Pyrénées (zone 1 sur la figure 2) ;

Question 3 – 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) ;

Question 4 – proposez une hypothèse pour expliquer l'anomalie positive de la zone 4, qui couvre une partie du pays Basque français et du Béarn.

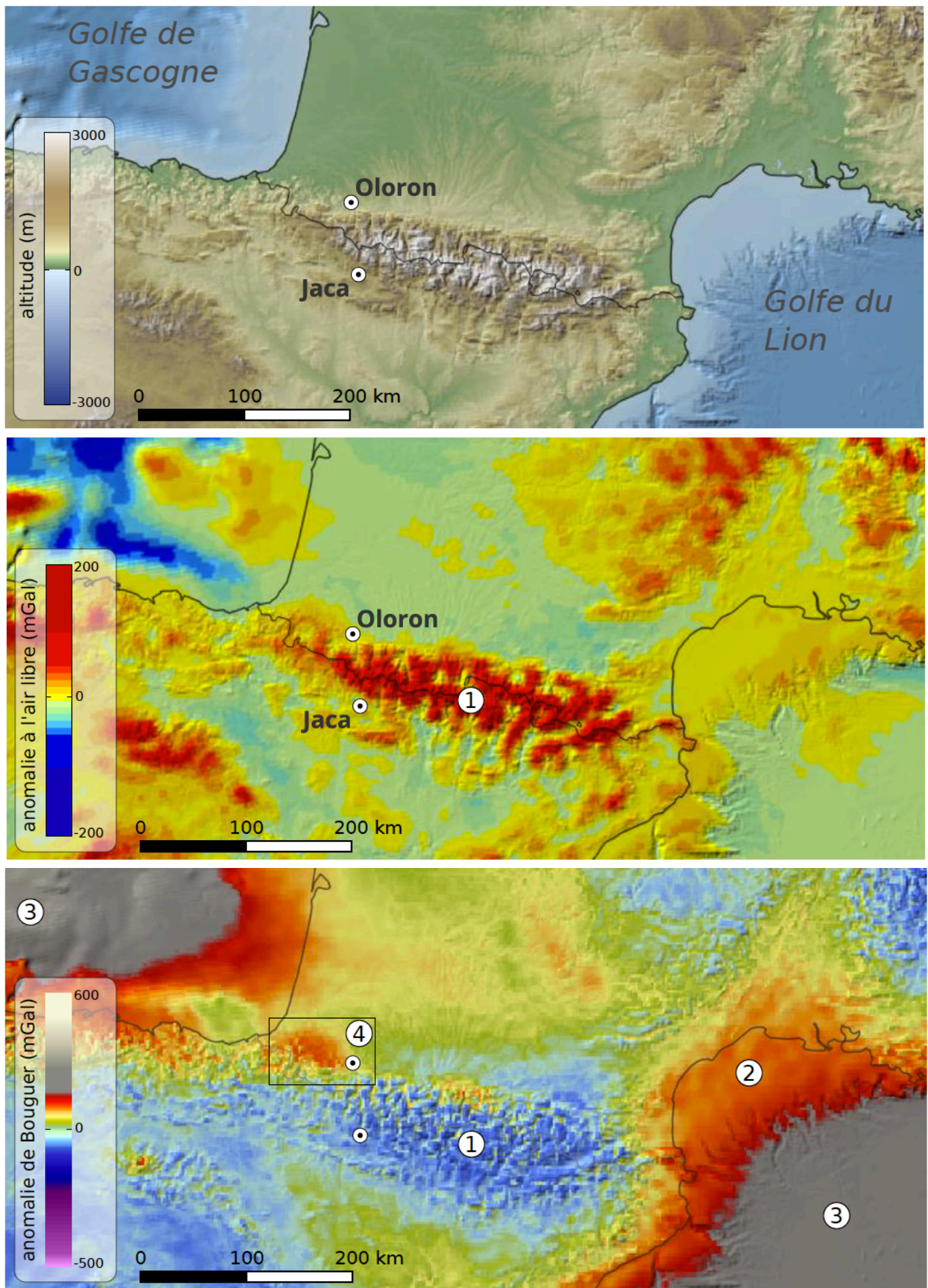


FIGURE 1 - Carte de l'altitude (haut) de l'anomalie à l'air libre (centre) et de l'anomalie de Bouguer (bas) de la zone Pyrénéenne. La position des 2 villes étudiées n'est pas à prendre en compte pour l'analyse. (Sources : Topographie : ETOPO1 – Anomalies à l'air libre et de Bouguer : Bonvalot et al., 2012)

Exercice 4 – Isostasie en domaine océanique

1) isostasie et hauteur des dorsales

L'écartement des deux plaques océaniques au niveau des dorsales a pour conséquence la remontée de l'asthénosphère, qui atteint une profondeur de l'ordre de quelques kilomètres seulement.

L'asthénosphère étant plus chaude que la lithosphère, elle est également moins dense. Cette remontée d'asthénosphère a pour conséquence le bombement de la dorsale.

On considèrera une croûte océanique de 7 km d'épaisseur, reposant directement sur de l'asthénosphère. La densité de l'asthénosphère est de 3,30 et celle du manteau lithosphérique de 3,33.

La situation de référence sera une lithosphère océanique de 7 km de croûte océanique reposant sur 100 km de manteau lithosphérique. La hauteur d'eau et son effet seront négligés.

➤ **Calculer la hauteur de la dorsale.**

2) isostasie et plongée de la lithosphère

Au fur et à mesure de l'éloignement de la dorsale, l'isotherme 1 300°C s'abaisse, donc la lithosphère s'épaissit.

On peut montrer que l'épaisseur du manteau lithosphérique suit la loi suivante :

$$e_{ml} = 9 \cdot \sqrt{t} \text{ avec } e_{ml} \text{ l'épaisseur de la lithosphère en km et } t \text{ l'âge en Ma.}$$

On considèrera une croûte océanique de 6 km d'épaisseur, reposant directement sur de l'asthénosphère.

La densité de l'asthénosphère est de 3,30 et celle du manteau lithosphérique de 3,33.

La hauteur d'eau et son effet seront négligés.

➤ **Calculez l'âge de la lithosphère océanique à partir duquel elle n'est plus en équilibre sur l'asthénosphère et commence à plonger.**

Exercice 5 – Le Sultanat d'Oman et sa géologie

1) Anomalie de gravimétrie dans le Sultanat d'Oman

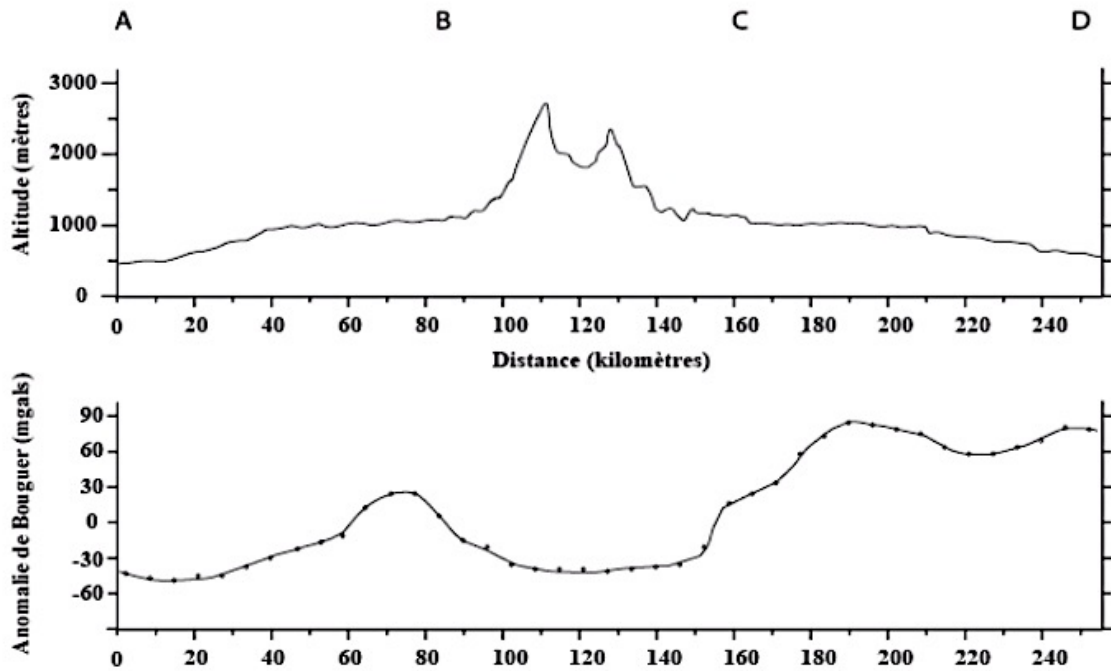
Le Sultanat d'Oman est un pays situé au sud de la Péninsule Arabique. Au nord du pays, une chaîne de montagnes longe les côtes et monte jusqu'à 3 000 mètres d'altitude au niveau du Djebel Akhdar. L'aridité du climat permet d'observer dans de bonnes conditions d'affleurement, les formations géologiques.

On se propose à présent de mieux définir la nature des unités géologiques. Une campagne de mesures gravimétriques a été effectuée par Al-Lazki et al. (2002). Le profil gravimétrique A-D est transverse à l'axe de la chaîne des Montagnes d'Oman.

La figure représente le profil topographique A – D, et les anomalies de Bouguer calculées le long de cette coupe.

Question 1 - Comment peut-on expliquer, d'après le modèle d'Airy, une anomalie négative de Bouguer sous une chaîne de montagnes, comme cela est le cas entre 90 et 150 km sur le profil A-D ?

Question 2 - Comment peut-on interpréter les anomalies positives de Bouguer de part et d'autre des Montagnes d'Oman (entre 60 et 90 km, et entre 160 et 250 km) ?



2) Isostasie en bassin océanique : thermosubsidence

Soit un plancher océanique dont la surface des pillows lavas se situe à 4 000 m de profondeur. Il est recouvert de 600 m de sédiments.

Question 3 - En faisant un schéma explicatif à l'aide de colonnes à l'équilibre isostatique, calculer la profondeur à laquelle se trouverait ce plancher s'il n'était pas recouvert de sédiments.

L'âge de ce plancher est de $49 \cdot 10^6$ ans. La profondeur du plancher océanique s'accroît au cours du temps selon la loi : $P_t = P_0 + 350 \sqrt{t}$ avec P_0 la profondeur de la dorsale ayant émis ce plancher, t exprimé en millions d'années, profondeurs en mètres.

Question 4 - Quelle était la profondeur de la dorsale à l'origine de cette croûte océanique ?