

Devoir surveillé n°4

Samedi 13 janvier 2024

Épreuve d'analyse de documents de géologie

durée : 2 heures

Exercice 1 – Analyse géophysique de l'Eurasie durée conseillée : 35 min

Cette partie se propose d'étudier les résultats d'études géophysiques (gravimétrie, mesures sismiques, déformation et tomographie) de la région de l'Iran et de l'Arabie.

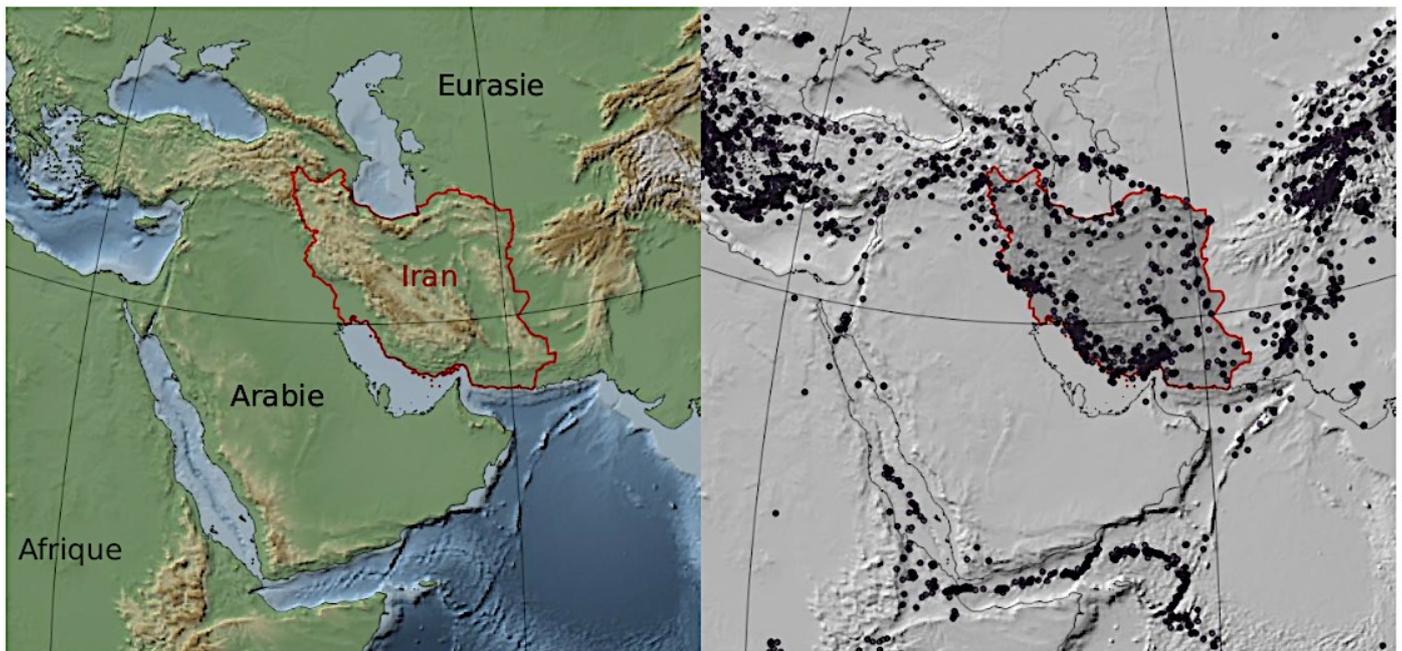
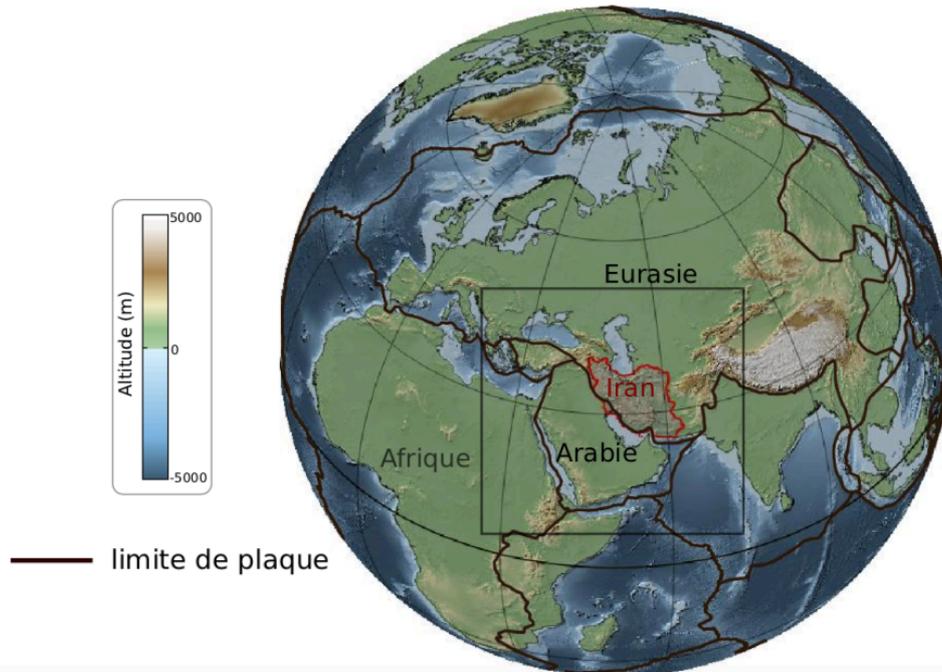


FIGURE 1 - Données de topographie et localisation des séismes dans la région de l'Iran et l'Arabie
Les frontières de l'Iran sont marquées en rouge.

Question 1 – À partir de la figure 1, donnez des arguments permettant d'identifier l'Arabie comme une plaque indépendante.

Question 2 – À partir de la figure 1, identifiez le type de limite de plaque entre l'Arabie et l'Afrique. Justifiez.

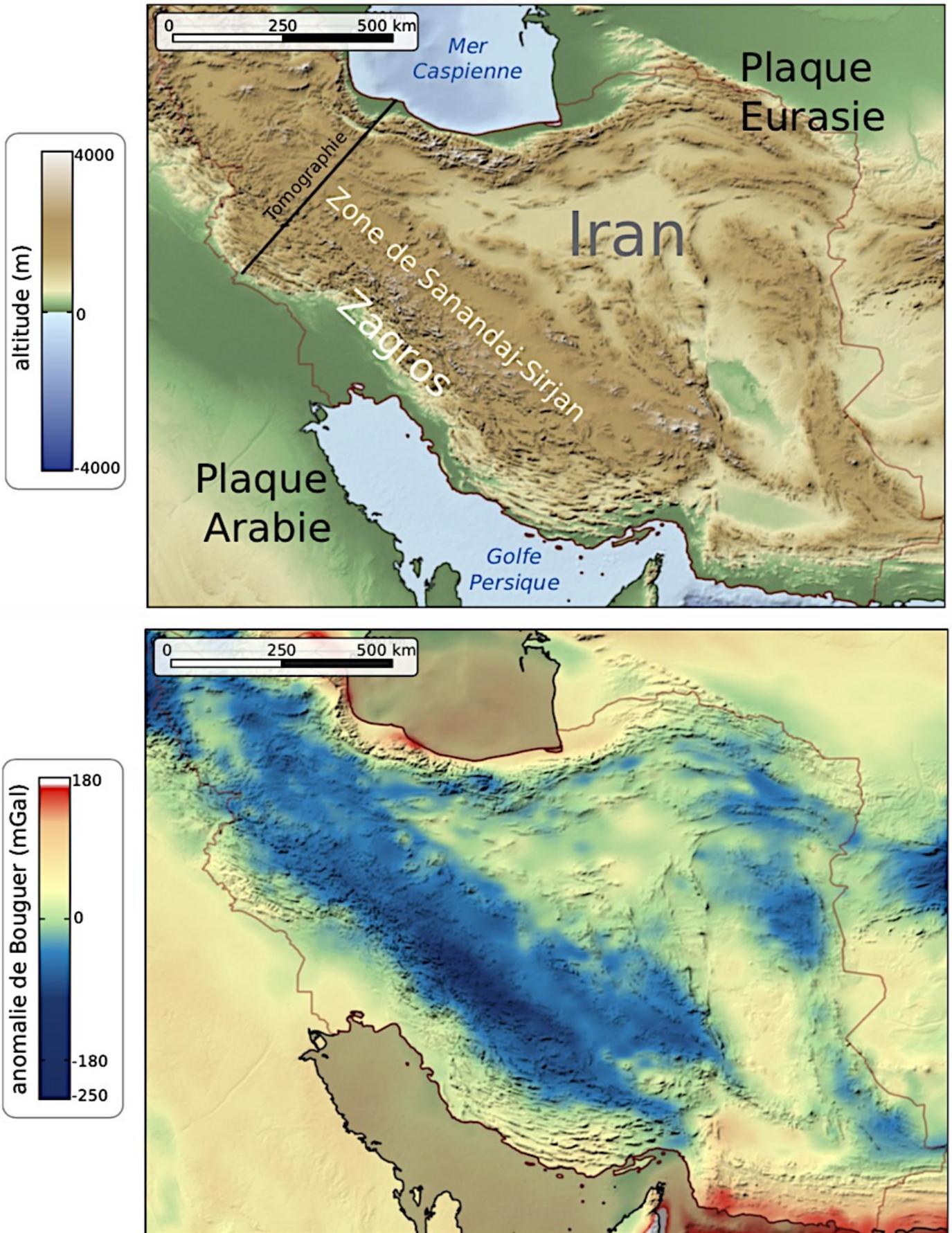


FIGURE 2 - Carte de l'altitude (Haut) et de l'anomalie de Bouguer (Bas) en Iran

Question 3 – Définissez précisément l'anomalie de Bouguer et analysez la figure 2 pour déterminer quelques caractéristiques de la croûte de la zone étudiée (Zagros / Sanandaj – Sirjan).

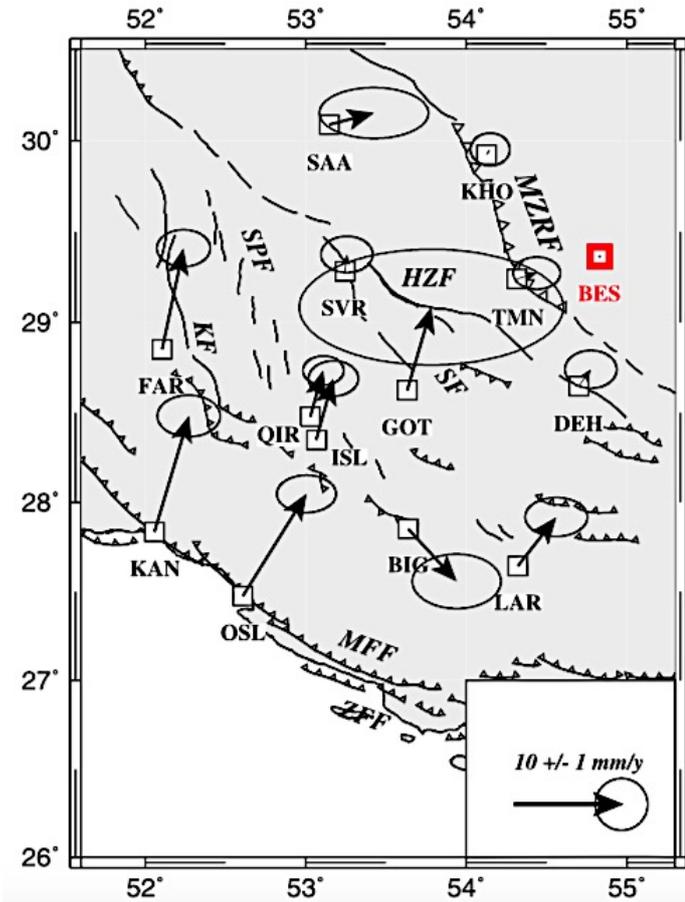


FIGURE 3 - Résultats de mesures du réseau GPS iranien dans les régions du Zagros Sanandaj – Sirjan.

Les vecteurs vitesse sont représentés relativement à la station BES (dans la région centrale de Iran, au Nord de la MZRF), supposée fixe. Les valeurs sont exprimées en millimètres par an (mm.a^{-1}). Les ellipses contiennent l'intervalle de confiance à 95 %.

MZRF correspond à un accident majeur de la région (Main Zagros Reverse Fault).

Question 4 – À partir de la figure 3, décrivez la norme et la direction des déplacements des stations dans le Zagros en fonction de leur distance à la station BES, et tirez-en des conclusions concernant la région au sud-ouest de la MZRF.

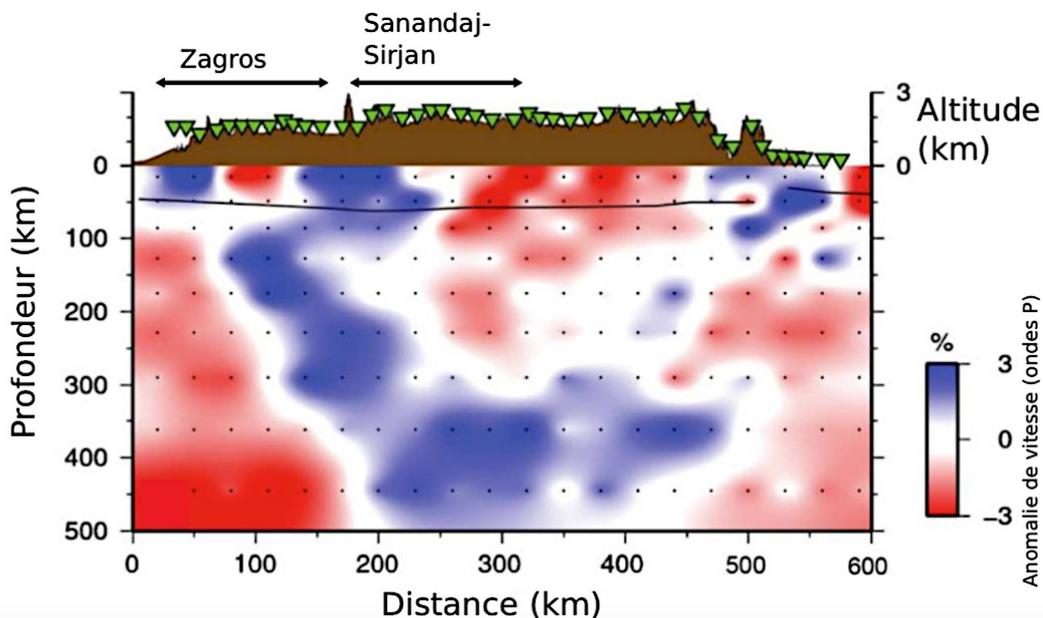


FIGURE 4 - Profil de tomographie sismique sur les ondes P.

La figure 4 présente une tomographie sismique, dont la position est indiquée à la figure 2.

Question 5 – Présentez le principe d'obtention d'une tomographie et précisez ce que signifie « anomalie de vitesse ».

Question 6 – Interprétez le profil tomographique puis précisez le contexte géodynamique de l'Ouest Iranien (zones Zagros et Sanandaj – Sirjan).

Exercice 2 – Un aperçu des fonds océaniques

durée conseillée : 35 min

On appelle failles transformantes des failles qui décalent des portions de dorsales océaniques. On se propose d'étudier l'une d'elles : la faille de Mendocino.

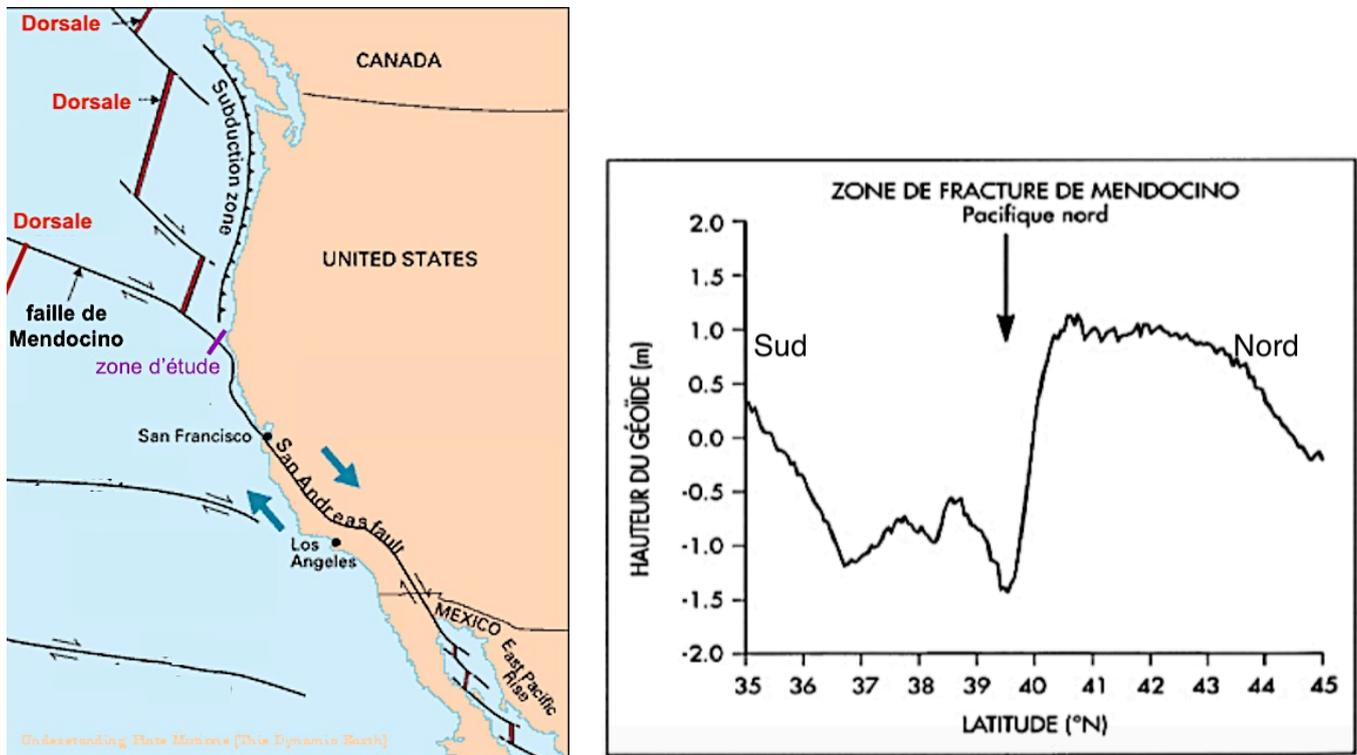


Figure 1 – Carte de la région étudiée (en violet) et profil de hauteur du géoïde mesuré par un satellite altimétrique. Ce profil traverse à angle droit la zone de fracture de Mendocino.

Question 1 – Décrivez le profil de hauteur du géoïde réalisé au niveau de cette faille en précisant le type d'anomalie observée. Évaluez la largeur de la zone présentant une forte variation du géoïde : de quel type d'anomalie s'agit-il ?

Question 2 – Montrez, en exploitant la carte, que la lithosphère océanique n'a pas le même âge de part et d'autre de la faille. Qu'en déduire quant à son épaisseur ?

Question 3 – À partir de ces données, et en respectant le modèle d'équilibre isostatique d'Airy, représentez sous la forme d'un schéma la lithosphère océanique de part et d'autre de la faille.

Question 4 – Exprimer le dénivelé constaté h en fonction de la différence d'épaisseur puis d'âge des deux compartiments lithosphériques séparés par la faille.

Application numérique

L'épaisseur de la lithosphère e_L suit la loi suivante : $e_L = 9\sqrt{t}$ avec e_L en km et t l'âge en Ma.

Calculez h pour une lithosphère au nord âgée de 36 MA et une lithosphère au sud âgée de 49 MA.

On adoptera les densités : $d(\text{eau de mer}) = 1$; $d(\text{lithosphère}) = 3,3$ et $d(\text{asthénosphère}) = 3,2$.

Exercice 3 – Des subductions variées

durée conseillée : 30 min

Le document 1 présente plusieurs images de tomographie sismique dans le Pacifique.

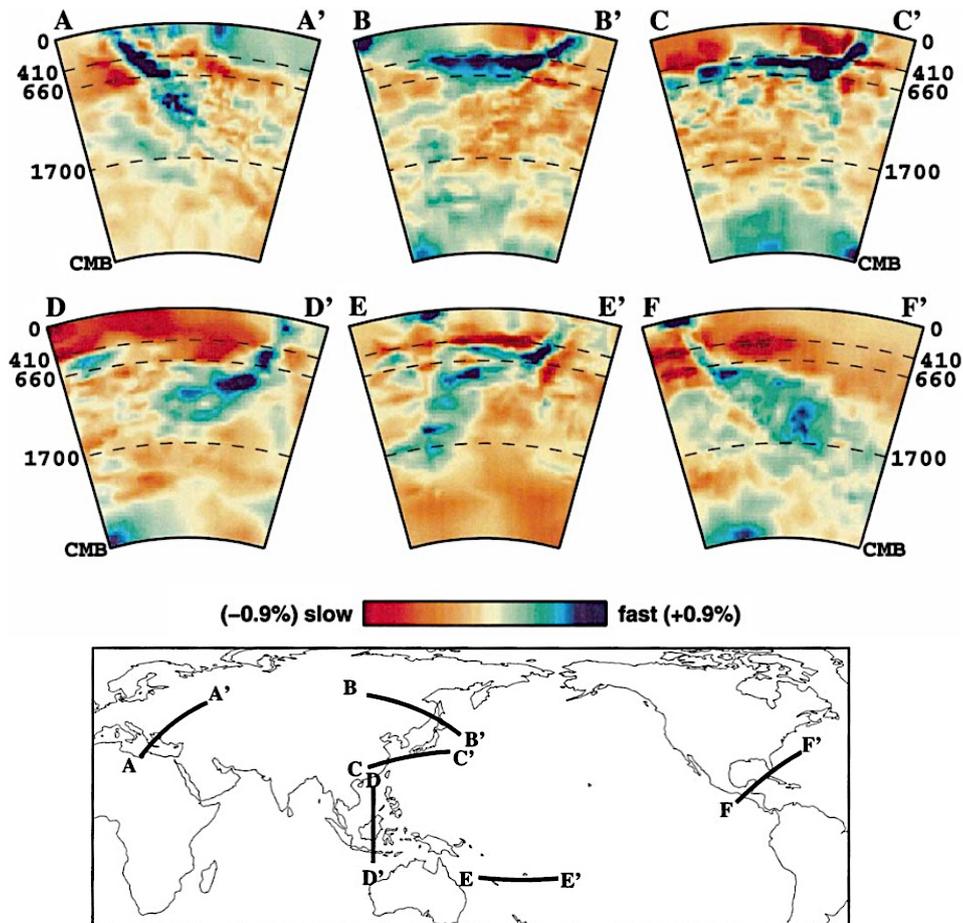


Figure 1 - Coupes verticales de manteau sous l'arc hellénique (AA'), l'arc du Nord Japon (BB'), l'arc du sud Japon (CC'), l'arc de Java (DD'), l'arc des Tonga (EE') et l'Amérique Centrale (FF')

Question 1 – Décrivez et interprétez avec précision la coupe AA'.

Question 2 – Observez les coupes BB' et CC'. Quelle est la différence majeure avec la coupe AA' ? Proposez une explication.

Question 3 – Interprétez les différentes zones de subduction en terme de subduction en compression ou en extension. Argumentez.

La figure 2 présente une coupe tomographique détaillée du manteau au niveau de l'arc insulaire de Tonga.

Question 4 – Commentez l'évolution de l'épaisseur E de la plaque Pacifique en fonction de la profondeur.

Question 5 – Déterminez approximativement l'angle de plongement de la plaque Pacifique sur cette section tomographique. On admettra pour cela que l'échelle horizontale est identique à l'échelle verticale.

Question 6 – Estimez la vitesse des ondes P au cœur de la plaque Pacifique, à 450 km de profondeur. À cette profondeur, la vitesse de référence des ondes P donnée par le modèle PREM est $V_p = 9,65 \text{ km.s}^{-1}$. Elle sera approximée à 10 km.s^{-1} .

Question 7 – En utilisant la loi empirique de Birch qui relie la vitesse de propagation des ondes P et la masse volumique des roches mantelliques, calculez l'anomalie de masse volumique associée à l'anomalie de vitesse.

Loi de Birch : $V_p = -1,87 + 3,05 \rho$ avec V_p en km.s^{-1} et ρ en g.cm^{-3} .

Loi de Birch approximée : $V_p = -2 + 3 \rho$ avec V_p en km.s^{-1} et ρ en g.cm^{-3} .

Question 8 – Quelle hypothèse formule-t-on implicitement sur la composition de la lithosphère et asthénosphère en effectuant tous ces calculs ?

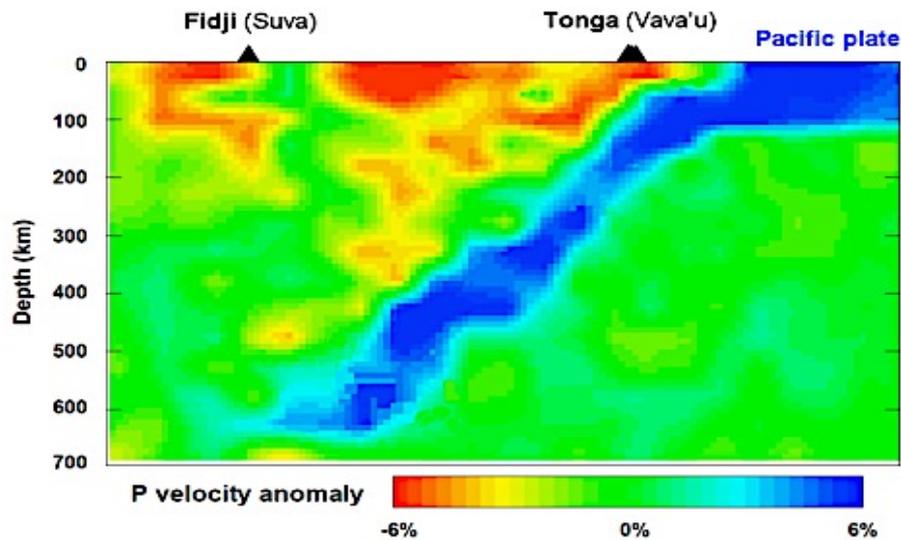


Figure 2 – Profil de tomographie sismique dans l'arc des Tonga

Exercice 4 – Une région à dater

durée conseillée : 20 min

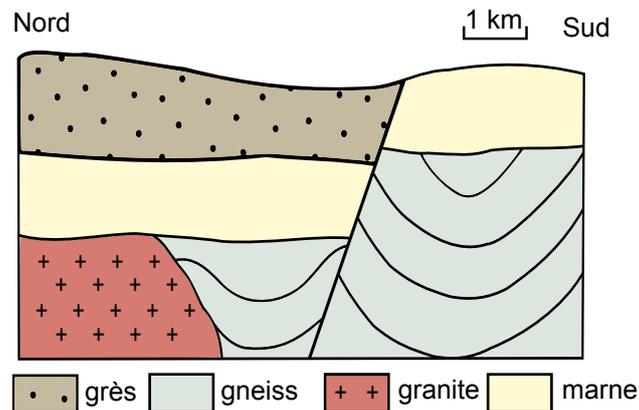


FIGURE 1 – Coupe géologique simplifiée de la région étudiée

Afin de raconter l'histoire géologique de la région, des repères temporels sont utilisés.

Données de datation absolue

Le granite a été daté par datation absolue en utilisant le couple isotopique $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$.

On va considérer que 10% des atomes de ^{40}K se désintègrent en ^{40}Ar .

La constante de désintégration sera approximée à $\lambda = 5 \cdot 10^{-10} \text{ a}^{-1}$

La roche contient à l'heure actuelle $2 \cdot 10^{-9}$ atomes de ^{40}Ar pour $1,4 \cdot 10^{-7}$ atomes de ^{40}K .

Données de paléontologie

Des fossiles ont été retrouvés dans le gneiss et la marne.



Fossile d'*Olenellus gilberti*



Fossile *Lytoceras fimbriatum*

Question 1 – Identifier le groupe de chacun des 2 fossiles ainsi que l'ère qu'ils représentent.

Question 2 – Calculer l'âge du granite. À quelle ère correspond cet âge ?

Question 3 – Avec tous ses éléments, retracer la suite des événements qui conduisent à la coupe observée et y placer les repères temporels.

Indiquer les principes de stratigraphie qui ont permis d'ordonner les épisodes de l'histoire.

Annexe : Table de logarithme népérien

Pour n entre 1 et 2

n	ln (n)
1	0,000
1,05	0,049
1,1	0,095
1,15	0,140
1,2	0,182
1,25	0,223
1,3	0,262
1,35	0,300
1,4	0,336
1,45	0,372
1,5	0,405
1,55	0,438
1,6	0,470
1,65	0,501
1,7	0,531
1,75	0,560
1,8	0,588
1,85	0,615
1,9	0,642
1,95	0,668
2	0,693