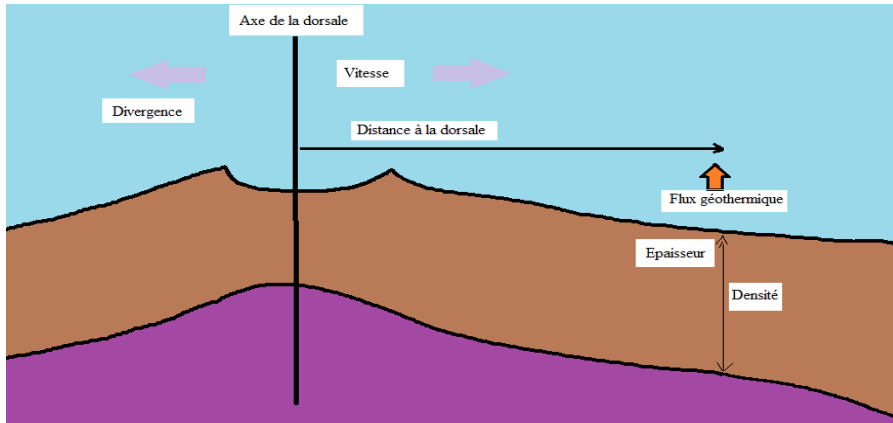


Calcul de la densité et de l'épaisseur moyenne de l'ensemble croûte – manteau lithosphérique en fonction de son âge

Utilisation de lois empiriques reliant épaisseur et âge.

La nouvelle lithosphère formée se refroidit en s'éloignant de l'axe et s'épaissit. Cet épaississement induit une augmentation progressive de la densité de la lithosphère. Il est alors possible de connaître à cette distance, l'âge de la lithosphère, son épaisseur, la masse volumique moyenne et la valeur du géotherme.

Document de référence:

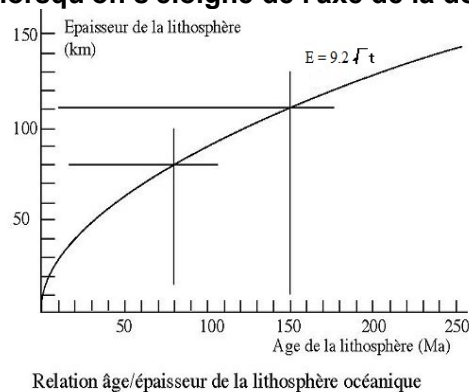
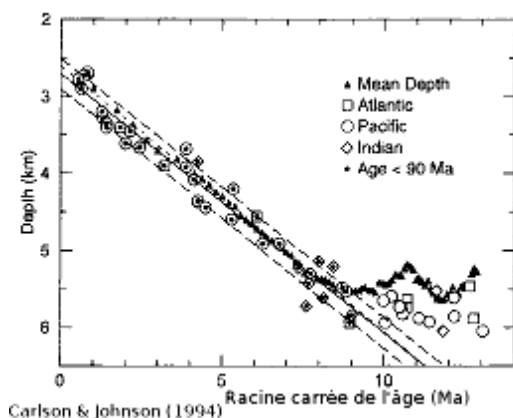


À partir de la dorsale médio-océanique où la matière arrive chaude vers la surface (ce qui induit de la fusion partielle par décompression et produit la croûte océanique), un refroidissement se produit par contact avec l'eau de mer. La zone froide est très visqueuse et forme la lithosphère. La diffusion thermique permet au front froid de se propager vers le bas, ce qui mène à l'épaississement de la lithosphère.

Etablir à l'aide d'un tableau la représentation graphique de l'évolution de l'épaisseur, de la densité, de la température et de la composition de la lithosphère océanique en fonction de l'âge ou de la distance.

Documents ressources:

Document 1: La lithosphère océanique se modifie lorsqu'on s'éloigne de l'axe de la dorsale



Epaisseur de la lithosphère = $9,2 \times \text{Age}^{0,5}$

Document 2: Le gradient géothermique

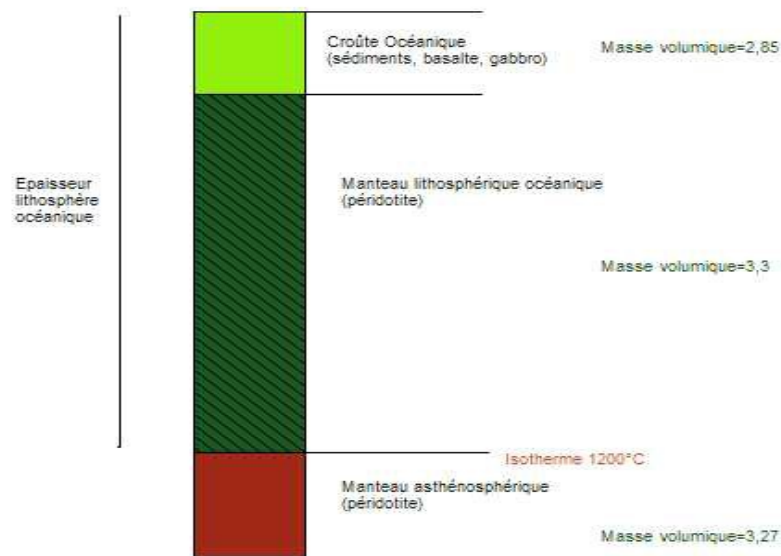
Du fait de l'abaissement de l'isotherme 1300°C (dû au refroidissement), la lithosphère océanique s'épaissit lorsqu'on s'éloigne de la dorsale (l'épaisseur de la croûte est constante, seule varie, l'épaisseur du manteau océanique).

L'évaluation du **gradient géothermique** est donnée par la formule (en considérant le géotherme constant sur toute l'épaisseur de la lithosphère) : **température à la limite de l'asthénosphère / Epaisseur de la lithosphère**

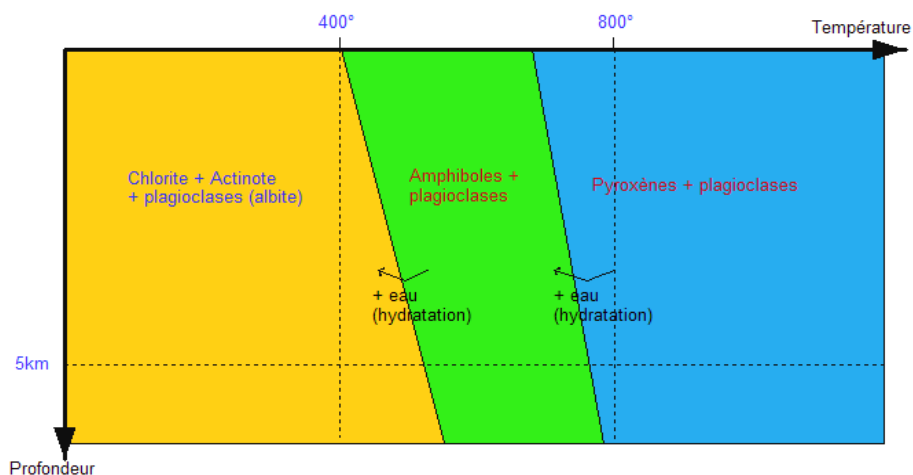
Document 3: Pétrographie

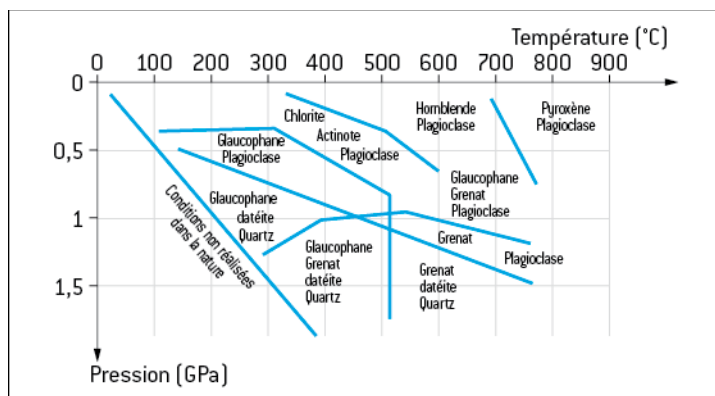
3.1 La masse volumique de la lithosphère océanique varie lorsqu'on s'éloigne de la dorsale.

Des observations pétrographiques ont montré que la croûte océanique était formée comme l'indique le schéma ci-dessous



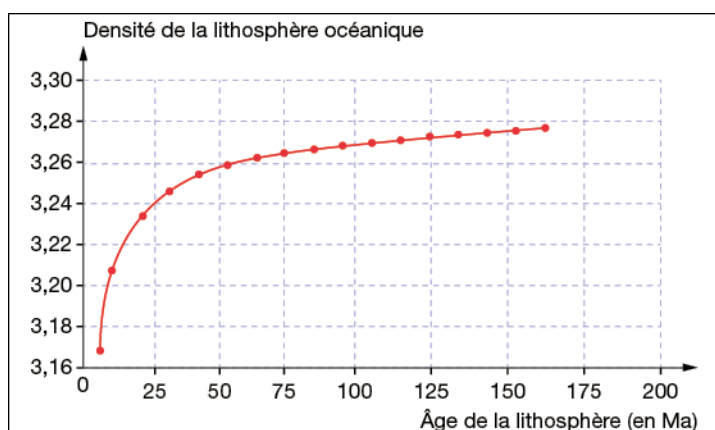
Des transformations minéralogiques affectent la croûte océanique lorsqu'on s'éloigne de l'axe de la dorsale par refroidissement et par hydratation, ces transformations dépendent de la pression (donc de la profondeur) et de la température. Le diagramme Pression-Température ci-dessous a été obtenu en laboratoire, il permet d'expliquer comment les assemblages de minéraux formant les roches de la lithosphère océanique ont pu évoluer en fonction de l'éloignement de l'axe de la dorsale et de la profondeur où elles se trouvent.





3.2: Evolution de la densité lithosphérique océanique

$$\rho_{\text{litho}} = \rho_{ML} + \frac{h_{co} \times (\rho_{co} - \rho_{ML})}{9,2 \times (\text{âge})^{0,5}}$$



Document 4: Calcul de la température de la lithosphère

La croûte océanique est formée par fusion due à la décompression de la matière mantellique chaude qui arrive près de la surface au niveau de la dorsale médio-océanique. Au contact avec l'eau de mer, la matière (croûte et manteau sous-jacent) se refroidit en même temps qu'elle se déplace horizontalement. Le front froid (matérialisé sur le schéma par l'isotherme 1300°C, inexistant près de la dorsale où le volcanisme est actif, se propage vers le bas lorsque l'on s'éloigne de la dorsale. Cet enfoncement se produit par diffusion thermique et dépend du temps écoulé depuis la formation de la lithosphère à la dorsale.

Document 5: Flux géothermique et âge de la lithosphère

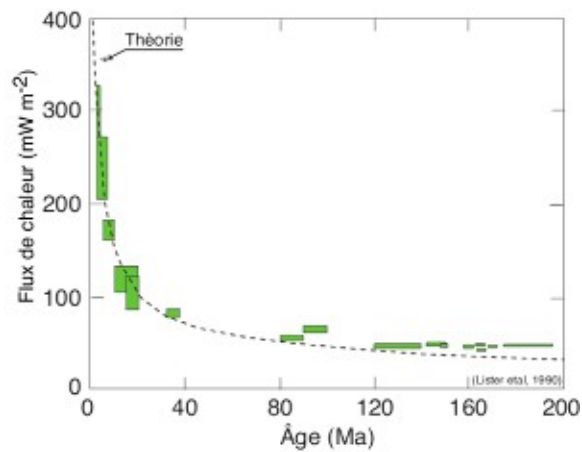
le flux géothermique d'une région = gradient géothermique local x conductivité de la roche

La conductivité moyenne du basalte/gabbro: 3,5 W/m.K

[°C] = [K] - 273.15

document 5.1:

Chaque boîte verte représente la variabilité des données dans la tranche d'âge considérée. La ligne pointillée est un ajustement selon l'équation



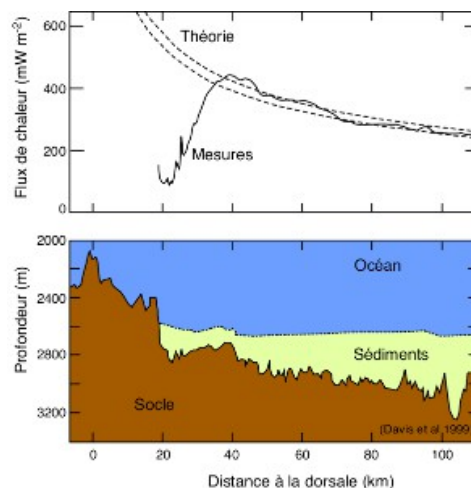
Droits réservés - © 1990 Lister et al.

Mais plus simplement à partir de ce graphique, ce flux peut être calculé à partir de son âge

$$q = \frac{490}{\sqrt{a}}$$

avec q le flux en $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ en et a l'âge en millions d'années (Ma)

document 5.2: Près de la dorsale, les mesures et la théorie ne "collent" pas. En effet les mesures sont difficiles car il y a peu de sédiments et la chaleur est évacuée par circulation hydrothermale, avec sortie par les "fumeurs" et non pas de façon homogène sur le fond océanique.



Droits réservés - © 1999 Davis et al.

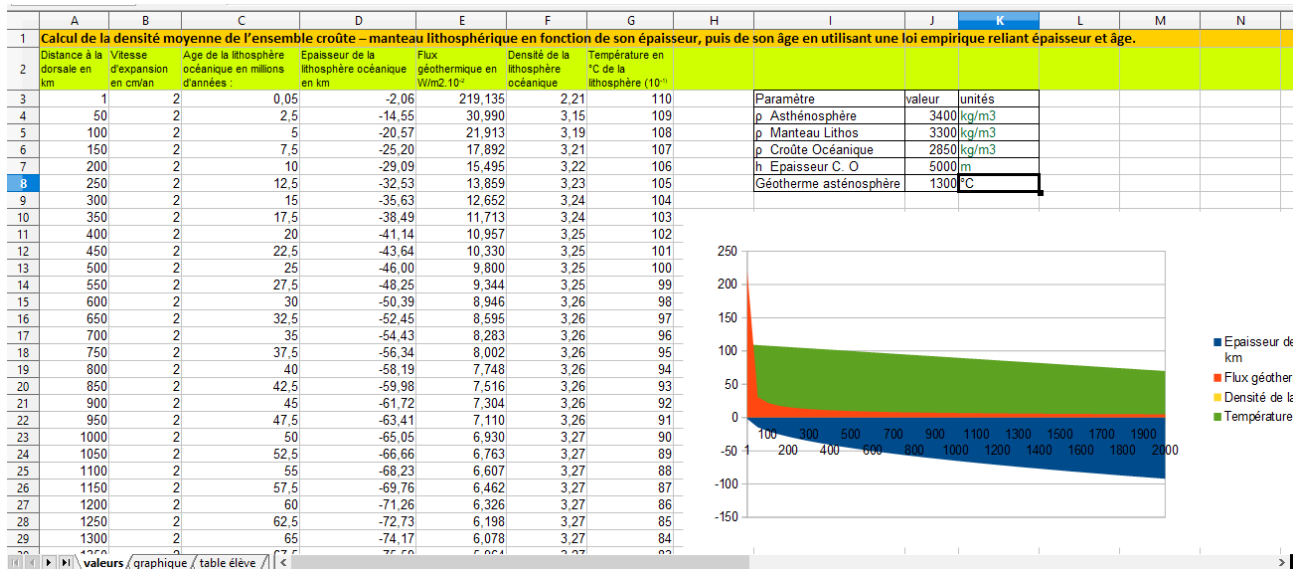
La raison pour laquelle le plancher océanique voit sa profondeur augmenter avec l'âge est liée à son évolution thermique, telle que décrite plus haut. Lorsque la température baisse, la matière généralement se contracte, où encore sa masse volumique (ou sa densité) augmente. Il s'agit du mécanisme moteur pour la convection thermique : lorsque la matière refroidit à la surface de la Terre, elle devient plus dense que le manteau asthénosphérique sous-jacent et elle finit par plonger.

Pour calculer la température de la plaque lithosphérique suite à son refroidissement par conduction (uniquement), on utilise la formule:

$$T = T_M \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{\lambda a}} \right)$$

T_M la température du manteau sous la lithosphère (en degrés Celsius), a l'âge de la lithosphère (c'est-à-dire le temps écoulé depuis sa création au niveau de la dorsale), z la profondeur et λ la diffusivité thermique, ayant pour unité le $m^2.s^{-1}$

Forme de résultats attendus:



Exercice intégré: L'épaisseur de la lithosphère océanique augmente avec son âge

- 1°) Où et pourquoi la lithosphère océanique s'épaissit-elle?
- 2°) En négligeant dans un premier temps l'effet des sédiments éventuels, calculer l'âge approximatif pour lequel cette lithosphère est en équilibre sur l'asthénosphère sous-jacente?
- 3°) Estimer l'erreur faite en négligeant l'épaisseur sédimentaire voisine de 1000 mètres environ.
- 4°) Quel est l'âge maximal observé pour la lithosphère océanique à la surface du globe. Proposer une (des) hypothèse(s) pour expliquer la différence entre cette valeur et celle calculée.

Lors de la subduction de la lithosphère océanique, les basaltes et les gabbros de la croûte océanique se métamorphosent en roches métamorphiques nommés éclogites

- 5°) Calculer l'augmentation relative de masse volumique du panneau plongeant de lithosphère océanique, dans le cas de la plaque Nazca entrée en subduction vers 40 millions d'années. En quoi est-il important de prendre en compte ce phénomène?