

Les mouvements de convection qui animent l'intérieur de notre planète conduisent à la fusion partielle des roches du manteau. Ce phénomène engendre des roches résiduelles dont la composition diffère du manteau primitif.

1. Les volcans de l'île Hawaii.

L'île de Hawaii est construite entièrement à partir du volcanisme (laves et produits explosifs). Elle peut être représentée comme un cône de hauteur h et de rayon basal R .

Calculer le volume de produits volcaniques.
Sachant que l'île s'est construite en 400.000 ans, calculer le taux de production de magma sous Hawaii.

Le taux de fusion partielle est en moyenne de 10%. Calculer le flux volumique descendant du panache de Hawaii.

On peut déterminer par tomographie sismique que le panache de Hawaii a un diamètre de 150 km à peu près. En déduire la vitesse moyenne d'ascension dans le panache.

Comparer cette vitesse à celle de l'expansion des fonds océaniques du Pacifique (12 cm/an). Dans ces conditions, la trajectoire du panache peut-elle être parfaitement verticale ?

2. Les dorsales océaniques.
On peut déterminer que la surface océanique est créée avec un taux de 3.5 km³/an.

Sachant que la croûte océanique fait en moyenne 6 km d'épaisseur, calculer le taux de production (en volume) de croûte océanique, c'est-à-dire de basalte de dorsale.

Comparer au taux de Hawaii. Discuter.
En supposant que le taux de fusion partielle est une fois encore de 10% en moyenne, calculer le flux descendant de manteau sous les dorsales.

En supposant que les caractéristiques de la convection du manteau n'ont pas évolué depuis la formation de la Terre, calculer le temps nécessaire pour que tout le manteau passe par une dorsale océanique et subisse une fusion partielle. Comparer à l'âge de la Terre et discuter.

Valeurs numériques

Hawaii : $h = 9$ km, $R = 130$ km.

Rayon du noyau terrestre = 3500 km; rayon de la Terre = 6370 km.

T.D.6 : Fusion partielle et évolution chimique du manteau terrestre.

① Les volcans de l'île Hawaii

Archipel des volcans (long de 3600 km et + 100 volcans)

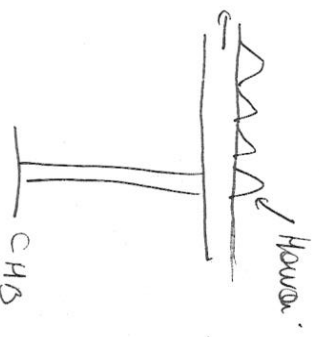
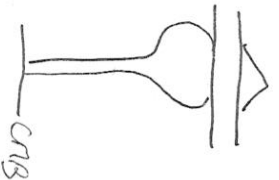
- la + vieille date de 75 Ma près de la fosse des Aleoutiennes.

• la + récente (île Hawaii) présente des volcans en activité.

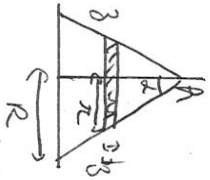
L'alignement des îles (en relation avec les dorsales) favorise le déplacement de la plaque Pacifique vers l'Ouest, au dessus d'un point chaud situé sous la lithosphère et correspondant à la montée d'un panache mantellique.

$t = t_1$

$t = t_2$



a. Volume de produits résiduaires.



soit le disque à l'altitude z d'épaisseur z
de volume $dV = \pi r^2 z$

ou $\frac{R}{H} = \frac{r}{H-z} = \text{fp} \times (H-z)$

$\rightarrow r = \frac{R}{H} (H-z)$

$\rightarrow dV = \pi \frac{R^2}{H^2} (H-z)^2 z$

Le cas est un empilement de disques pour $z = 0$ à H .
Soit V le volume du cône.

$V = \int_0^H dV = \frac{\pi R^2}{H^2} (H-z)^2 z$

$\rightarrow V = \frac{\pi R^2}{H^2} \left[H^2 z - H z^2 + \frac{z^3}{3} \right]_0^H$

$\Rightarrow V = \frac{\pi R^2 H}{3} = 159278 \text{ km}^3$

b. Taux de production de magma.

$\Phi_m = \frac{V}{600000} \approx 0,14 \text{ km}^3/\text{an.}$

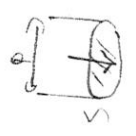
c. Flux thermique descendant du puecke Φ_p

Pour deux mètres terrestres, à environ 100 km de profondeur, les conditions de pression et de température favorisent la fusion partielle du manteau.

Une surface de quatre mètres $\approx 10\%$ fusion partielle

$\rightarrow \Phi_m = \frac{10}{100} \Phi_p \Rightarrow \Phi_p = 10 \Phi_m = 4 \text{ km}^3/\text{an.}$

d. Vitesse d'arrivée du puecke vers la lithosphère



Le volume du fluide qui traverse la surface S avec le débit Φ_p est:

$V = \frac{\Phi_p}{S} \quad S \frac{dD_2}{dt} = \Phi_p$

$S = \pi \left(\frac{D_2}{2}\right)^2$ avec $d = 150 \text{ km}$

$\rightarrow S = 17671 \text{ km}^2$

$\rightarrow V = 22,5 \text{ an}/\text{an}$

$V \rightarrow$ vitesse d'arrivée peut être supérieure mais du même ordre de grandeur.

⇒ la montée du magma ne peut pas être verticale jusqu'au bout. Elle est déviée par la plaque tectonique qui se déplace.



2) Les dorsales océaniques.

Taux de création de surface océanique: $3,5 \text{ km}^2/\text{an}$
Épaisseur moyenne de la croûte océanique: 6 km

⇒ Taux de production (ou volume) de croûte:

$$\text{océanique: } \Phi_{oc} = 3,5 \times 6 = 21 \text{ km}^3/\text{an.}$$

$\Phi_{oc} > \Phi_m$ de Hawaii.

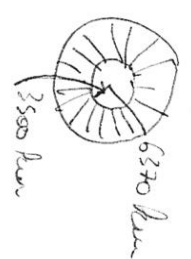
La volcanisme de dorsale océanique est le + important après volcanisme de la Terre, puisqu'il a produit la totalité des fonds océaniques, soit 70% de la surface terrestre.

b) Flux ascendant du magma sous les dorsales

$$\Phi_d = 10 \Phi_{oc} = 210 \text{ km}^3/\text{an.}$$

c. Temps nécessaire pour que tout le magma passe par une dorsale océanique et subisse une fusion partielle

$$T = \frac{V_{magma}}{\Phi_d}$$



$$V_{magma} = \frac{4}{3}\pi (6370^3 - 3500^3) = 9 \cdot 10^{14} \text{ km}^3$$

$$\rightarrow T = 4,3 \cdot 10^9 \text{ ans}$$

est environ l'âge de la Terre.

On se rend que le magma a été mélangé plus rapidement que cela. Il faut une mécanisme supplémentaire.

Convection + plume stable (2 courants ---)