

PANORAMA DES SCIENCES DE LA TERRE

DM à rendre impérativement pour la séance de TD de la semaine du 3 Décembre 2007

EROSION ET SEDIMENTS

ATTENTION : vous devez présenter des réponses très claires et bien présentées. Votre note tiendra compte de la qualité de la rédaction.

Les questions font appel à des calculs simples. Vous devez d'abord les poser sous forme d'équations mathématiques avec les variables appropriées, puis faire les applications numériques.

1. Altitude et érosion.

La courbe hypsométrique de la Terre donne la distribution des surfaces en fonction de l'altitude. On n'étudie ici que les continents, c'est-à-dire les surfaces émergées. On a :

dA = surface de la planète entre les altitudes h et $h+dh = f(h) dh$
avec $f(h) = C_2 (h_{m2} - h)$ pour $h_{m2} > h > 0$, où C_2 est une constante de proportionnalité.

On sait que l'érosion conduit à diminuer l'altitude. On suppose pour simplifier que toute la masse érodée est transportée par les rivières et les fleuves, et qu'elle ne se redépose pas avant d'atteindre les océans. En première approximation, on peut écrire que l'altitude d'un terrain obéit à la loi suivante:

$$h(t) = h_0 [1 - t/\tau] \text{ pour } t < \tau.$$

où t est l'âge des terrains et τ un âge caractéristique (le temps d'érosion) égal à 400 millions d'années. h_0 est une constante qui est en fait l'altitude des terrains les plus jeunes, donc l'altitude maximum sur Terre.

1.1. En vous servant de la courbe hypsométrique, déterminer la valeur de la constante h_0 . Rappeler la valeur de la constante C_2 obtenue en TD. Quelle est la vitesse apparente d'érosion, dh/dt , en m/an ? en km par million d'années ?

1.2. Rappeler (en la démontrant) la relation qui lie altitude à l'épaisseur de la racine continentale sous-jacente (voir schéma). Pour calculer le volume de roches évacué vers l'océan, pourquoi faut-il tenir compte de l'isostasie ?

1.3. Calculer l'épaisseur totale de roches qui est éliminée par unité de temps par érosion, que l'on notera dh^*/dt .

2. Sédiments dans l'océan.

2.1. Calculer le volume total de roches érodées par unité de temps, noté dV_R/dt (que l'on appelle le taux global d'érosion).

2.2. Le produit final de l'érosion est un sédiment. D'autres types de sédiments peuvent s'accumuler dans un bassin océanique, mais on les négligera dans la suite du problème. Sachant qu'un sédiment est fait de 90% de fragments de roches et de 10% d'eau interstitielle en volume, calculer le flux volumique de sédiments qui rentre dans les océans.

2.3. Comment peut-on montrer que les sédiments sont nécessairement évacués des bassins océaniques ? Sachant que le volume total de sédiments présents dans les fonds marins est constant au cours du temps, calculer le flux des sédiments éliminés.

2.4. Les sédiments sont injectés dans le manteau terrestre par le phénomène de subduction. Sachant que la longueur totale occupée par les zones de subduction à la surface terrestre est L et que la vitesse moyenne de subduction est V , calculer l'épaisseur moyenne δ des sédiments dans une fosse de subduction.

3. L'évolution des bassins océaniques.

3.1. En supposant que l'épaisseur des sédiments est uniforme, quel est le volume des sédiments au fond des océans ?

3.2. Quel est l'âge moyen des sédiments ? Quel est leur temps de résidence moyen au fond des océans ? (Vous expliquerez comment vous avez déterminé ces deux quantités) Qu'en déduisez-vous ?

3.3. La surface occupée par les continents a augmenté au cours des temps géologiques. Expliquer quelles sont les conséquences en supposant que les lois de l'érosion et les caractéristiques de la subduction sont restées inchangées.

Données :

Surface des océans = $3 \cdot 10^8 \text{ km}^2$

Volume des bassins océaniques $\approx 1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$

Surface des continents = $2 \cdot 10^8 \text{ km}^2$

$h_{m2} = 4 \text{ km}$

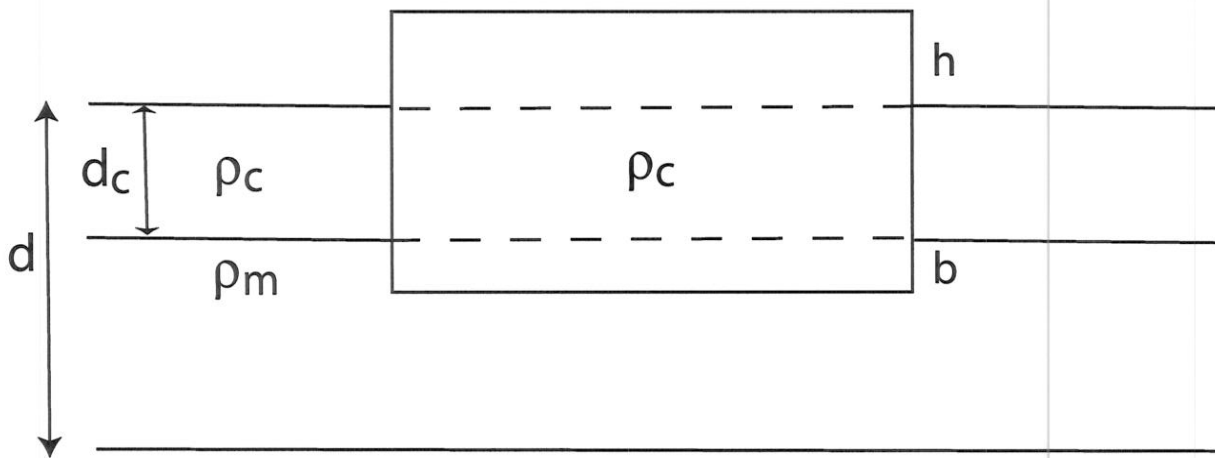
L = longueur cumulée des zones de subduction $\approx 50\,000 \text{ km}$

V = vitesse moyenne de subduction = 7 cm/an

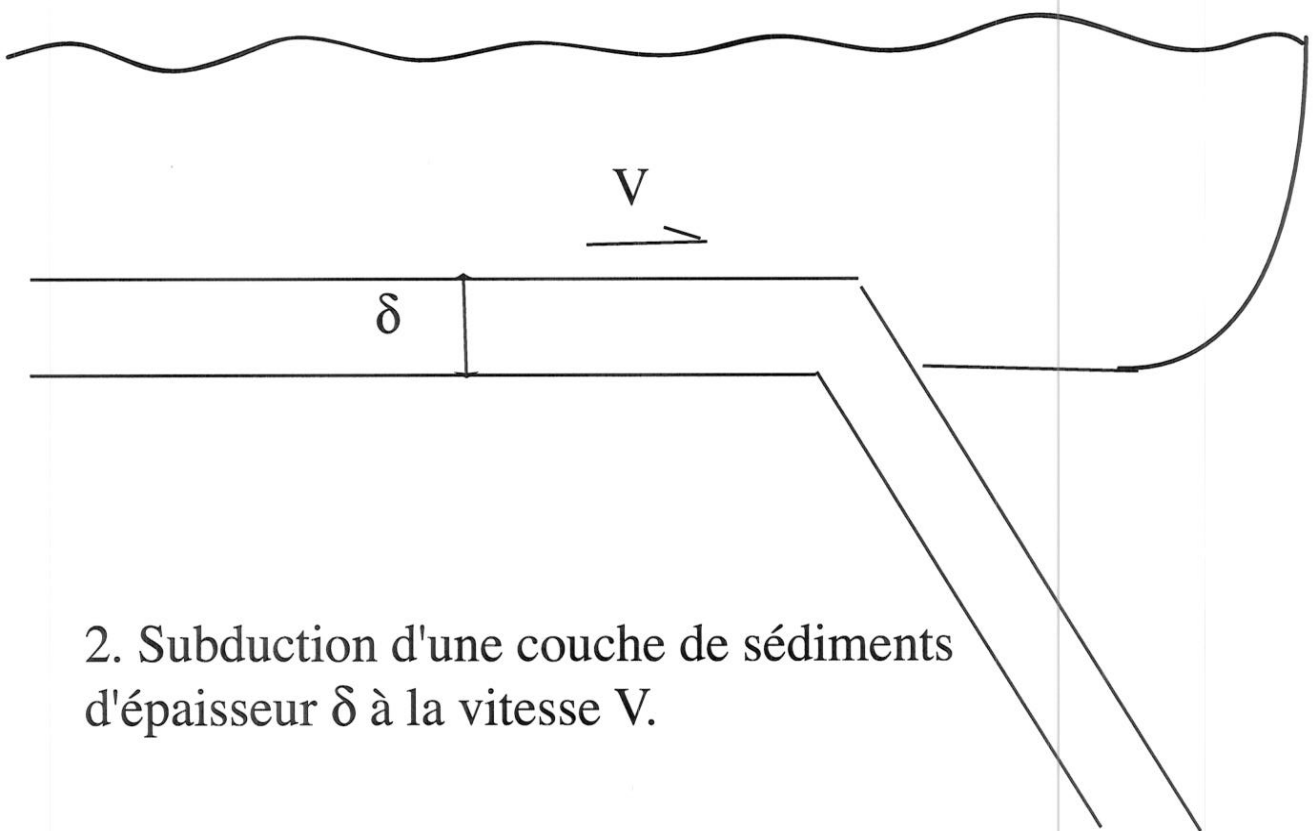
ρ_c = densité moyenne de la croûte continentale = $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

ρ_m = densité moyenne du manteau = $3,1 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

d_c = épaisseur de la croûte continentale en région stable (c'est-à-dire dans les continents à l'altitude zéro) = 35 km .



1. Isostasie: racine d'épaisseur b sous un relief à l' altitude h .



2. Subduction d'une couche de sédiments d'épaisseur δ à la vitesse V .