

Un moteur de la subduction: le refroidissement de la lithosphère océanique

http://www-peda.ac-martinique.fr/svt/tpts_tp3.shtm

Alain Ramirez




Extrait du programme de TS:

Thème 1-B-2. la convergence lithosphérique: contexte de la formation des chaînes de montagnes.







... La différence de densité entre l'asthénosphère et la lithosphère océanique âgée est la principale cause de la subduction. En s'éloignant de la dorsale, la lithosphère océanique se refroidit et s'épaissit. L'augmentation de la densité au delà du seuil d'équilibre explique son plongement dans l'asthénosphère. En surface son âge n'excède pas 200 Ma...

DOCUMENT DE TRAVAIL – MAI 2012

Intérêt pour le professeur

- Conformité au programme de TS.
- Autonomie des élèves.
- Activité pratique (mesure de densité)
- Calculs automatiques mais possibilité de détailler la méthode suivant le niveau de la classe(mesure de la densité de la croûte par ex). 
- Les calculs « découlant » les uns des autres, les élèves voient la succession des étapes. 
- les élèves ont les résultats généralement admis et peuvent donc comparer avec leurs mesures. 
- Utilisation TICE.
- Révision . Prérequis.
- Evaluation bilan avec autocorrection.

Intérêt pour l'élève

- Utilisation des TICE.
- Travail autonome.
- Facilité d'utilisation.
- Explication détaillée de chaque objectif. 
- Diversité du travail. Activités pratiques, calculs , mise en relation de données 
- Résultats obtenus par les élèves pouvant être comparés à des valeurs généralement admises (densité des roches par ex.). 
- Schémas explicatifs. 
- Méthodes de calculs. 
- Des liens non rigides pour approfondir. 
- Autoévaluation sur les pré requis.
- Autoévaluation finale

Mesure de la masse volumique d'échantillons de roches **DOCUMENT DE TRAVAIL – MAI 2012**

On utilisera quatre roches : **basalte** **gabbro** **péridotite** **éclogite** [voir les caractéristiques.](#)



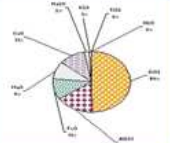


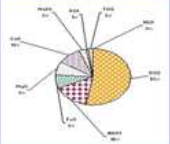


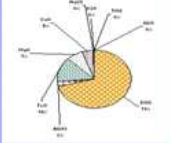

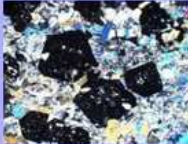
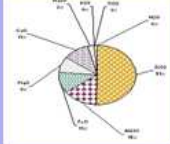
Mesure de la masse volumique d'un échantillon

La masse volumique est le rapport de la masse sur le volume.
On l'exprimera ici en grammes par centimètre cube.
La masse volumique de l'eau est égale à 1 g/cm³.
La densité d'une roche est donc ici égale à sa masse volumique.

Utiliser le matériel mis à disposition (balance, éprouvette, etc.) pour déterminer la masse volumique (voir protocole).

Protocole

- 1 - Peser l'échantillon, (exprimé en grammes).
- 2 - Attacher l'échantillon à un fil.
- 3 - Remplir l'éprouvette de moitié, précisément.
- 4 - Plonger délicatement l'échantillon dans l'eau.
- 5 - Lire le niveau atteint par l'eau (en cm³), une fois l'équilibre est atteint.
- 6 - Calculer le volume de l'échantillon en effectuant la différence entre le niveau initial et le niveau final de l'eau dans l'éprouvette.

	Roche à l'œil nu	Microscope optique en lumière polarisée	Carte d'identité	Composition chimique en oxydes
Basalte			Roche magmatique effusive Structure microlitique Composition minéralogique : pyroxènes, olivines, +/- feldspaths	
Gabbro			Roche magmatique plutonique Structure grenue Composition minéralogique : pyroxènes, feldspaths, +/- olivines	
Péridotite			Roche magmatique Structure grenue Composition minéralogique : pyroxènes, olivines	
Eclogite			Roche métamorphique Structure grenue Composition minéralogique : Grenats, jadéite	

Les résultats des mesures et des calculs seront consignés dans le tableau ci-dessous.

	basalte	gabbro	péridotite	éclogite
masse de l'échantillon (en g)	49,10	51,50	35,00	32,20
volume de l'échantillon (en cm³)	17,40	18,10	10,60	9,20
densité	2,82	2,85	3,30	3,50

Retour professeur



Retour élève



Les densités des différentes zones de la structure superficielle de la Terre

Mesures effectuées à l'étape précédente

Vos mesures de densité des différentes roches composant les diffé

densité mesurée du basalte
densité mesurée du gabbro

La température fait dilater les roches et donc leur densité change avec la profond

Froide (dans la lithosphère), la péridotite a environ une densité de 3,3.
Chaude (dans le manteau, vers 100-300 km), sa densité est plus faible : 3,25.

La densité d'une structure est une moyenne pondérée des roches qui la constituent.

	épaisseur de la croûte	basalte en filons	basalte en co
océan à dorsale rapide (type Pacifique)	environ 7 km	environ 500m	1 à 1,5 km
océan à dorsale lente (type Atlantique)	0 à 5 km	0 à 1 km	0 à 1 km

Donnez la part de basalte (en %) dans la croûte océanique présentée ci-contre :

Si la croûte océanique est composée	valeurs admises :
<input type="text"/> % de basalte de densité :	2,82
<input type="text"/> 100 % de gabbro de densité :	2,85
la densité de la croûte océanique sera de :	2,85 mode de calcul

Le manteau supérieur (lithosphérique) est composé de péridotite.
la densité moyenne admise de cette zone sera : 3,30

En utilisant le schéma fourni et son l'échelle, mesurer l'épaisseur de la croûte océanique.

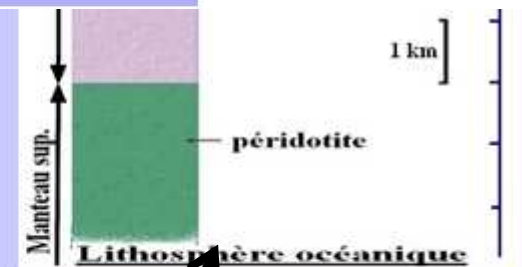
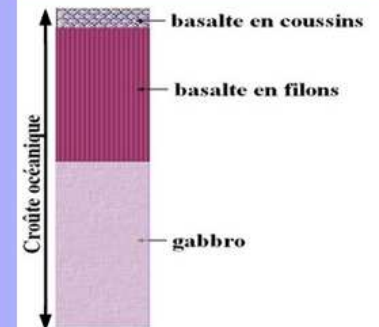
Quelle est ici l'épaisseur de la croûte océa

Mode de calcul de la densité moyenne d'un ensemble hétérogène :
Pour la croûte océanique :

Densité moyenne d'un ensemble basalte / gabbro =

(densité du basalte x pourcentage de basalte) + (densité du gabbro x pourcentage de gabbro)

Votre valeur mesurée : 2,85
Pour un pourcentage de basalte de : 15 %
Pour un pourcentage de gabbro de : 85 %



agrandir

6 km Ok x

Calcul effectué à partir du schéma de droite

Retour professeur



DOCUMENT DE TRAVAIL – MAI 2012

Retour élève



**Valeur entrée
automatiquement avec
l'étape 2**

Etape 3 : Âge et densité de la lithosphère océanique

Au cours de son éloignement de l'axe de la dorsale, la lithosphère océanique se refroidit et s'épaissit progressivement par sa base.

La croûte conserve une épaisseur constante entre 0 et 7 km.

C'est l'épaisseur du manteau lithosphérique qui s'accroît avec l'âge.

Au fur et à mesure de son vieillissement, la lithosphère océanique s'hydrate, et donc se densifie.

Mais les densités varient aussi en fonction de la température (voir étape 2)

Pour une péridotite anhydre à :	0°	600°	1300°
sa densité sera de :	3,35	3,3	3,25

Une densité de 3.3 est admise pour la moyenne des lithosphères océanique

A quel âge la densité de la lithosphère océanique devient supérieure à celle de l'asthénosphère sous-jacente ?

Age de la lithosphère (utilisé ici po

Valeurs des variables utilisées :

Densités calculées lors des étapes précédentes	densité moyenne croûte océanique	2,85	2,82 10 ³ kg/m ³
	densité manteau lithosphérique		3,30 10 ³ kg/m ³
	densité asthénosphère		3,25 10 ³ kg/m ³
	épaisseur croûte océanique		6,00 Km

épaisseur calculée du manteau lithosphérique	Kn
masse colonne lithosphérique	ton
masse colonne asthénosphère	ton

mode de calcul
Faire varier les épaisseurs et voir les résultats

Retour professeur

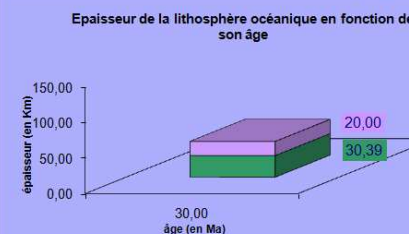
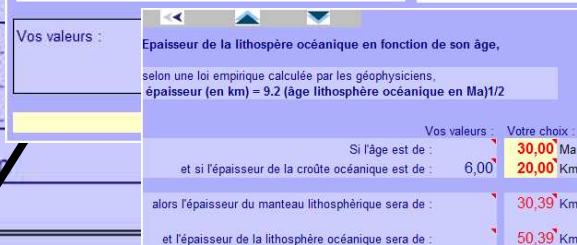
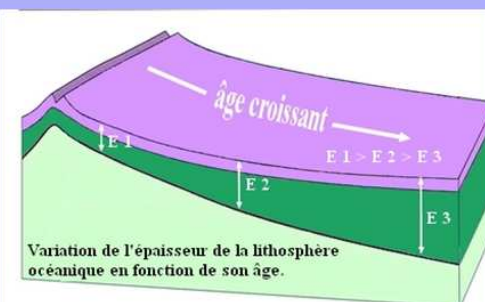
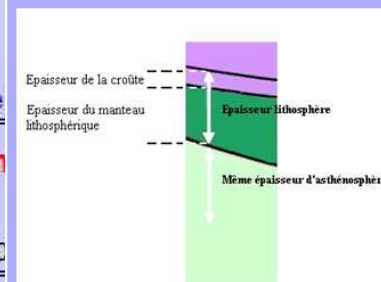
Retour élève



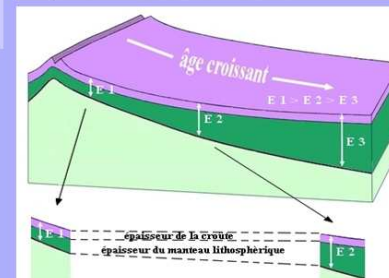
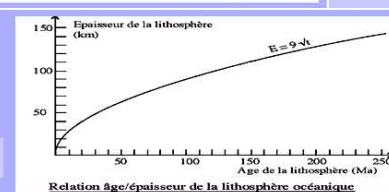
Calcul des masses d'une colonne de lithosphère océanique et de la même hauteur de colonne d'asthénosphère, de surface égale à 1 m²
Rappel : masse = densité x épaisseur

Masse d'une colonne de lithosphère océanique =

(épaisseur croûte océanique x densité croûte océanique) + (épaisseur manteau lithosphérique x densité manteau lithosphérique)



Avec l'âge l'épaisseur de la croûte ne varie pas, seule le manteau lithosphérique s'épaissit.



Augmentation de l'épaisseur du manteau lithosphérique en fonction de son âge.

DOCUMENT DE TRAVAIL – MAI 2012

La subduction en marche

Étape 3

Lorsque l'équilibre isostatique est rompu en vieillissant, le moteur de la subduction peut se mettre en fonctionnement.

Son plongement devient inexorable. âge de départ possible (votre calcul) : N.R. Ma

Il sera néanmoins retardé à l'enfoncement.

En effet, l'asthénosphère résiste mécaniquement.

La subduction peut ainsi être retardée de plusieurs dizaines de millions d'années.

Mais lors de la subduction de la lithosphère océanique, sous l'augmentation de pression, les **basaltes** et les **gabbros** de la croûte se transforment, notamment en **schistes verts** dès les premiers km, puis en **schistes bleus** dès 15 km environ, et enfin en **éclogites** à partir de 30 km environ.

Ces nouvelles roches métamorphiques ont alors une masse volumique supérieure à vos valeurs admises

	vos valeurs	valeurs admises
densité mesurée du basalte		2,82
densité mesurée du gabbro		2,85
densité mesurée de la péridotite froide		3,30
densité d'un métagabbro		3,40
densité mesurée de l'éclogite		3,50

On peut mesurer la variation des densités de la croûte océanique et du manteau lithosphérique en subduction en fonction de la profondeur, et en observer les conséquences :

à partir d'une profondeur de : 30 km

l'épaisseur de la croûte océanique est de : N.R. km
 l'épaisseur du manteau lithosphérique est de : N.R. km
 pour un âge de : N.R. Ma
 masse de la colonne lithosphérique en subduction : N.R. tonnes/m3
 masse de la même colonne d'asthénosphère : N.R. tonnes/m3

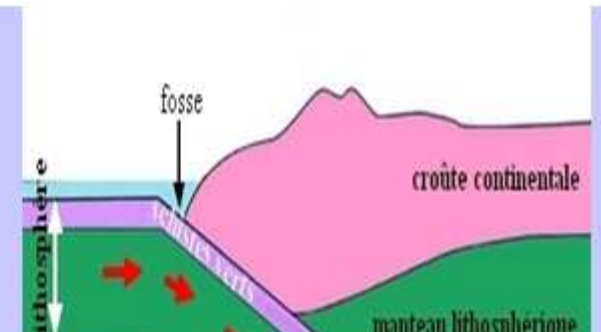
Essayer pour diverses profondeurs

Étape 3

Calculs nécessitant de compléter les étapes 2 et 3

Retour professeur

Retour élève



Etap

Calcul des masses d'une colonne de lithosphère océanique et d'une colonne d'asthénosphère de même hauteur et de même surface égale à 1 m² lorsque la lithosphère océanique est en subduction.

Rappel : masse = densité x épaisseur

Masse d'une colonne de lithosphère océanique =
 (épaisseur croûte océanique x densité croûte océanique) + (épaisseur manteau lithosphérique x densité manteau lithosphérique)

Dans ce cas la densité est modifiée par la profondeur à laquelle on effectue cette mesure.

Vos mesures : à partir d'une profondeur de : 20,00 km pour une densité de :
 masse de la colonne lithosphérique en subduction : N.R. tonnes/m3 #VALEUR
 masse de la même colonne d'asthénosphère : N.R. tonnes/m3 3,30 (froide)
 3,25 (chaude)

La force de traction de la plaque plongeante étant fonction de sa densité, plus celle-ci est âgée plus la force qui la tire vers le bas est grande et plus le pendage de la plaque plongeante est fort.

La densité de la lithosphère en B est supérieure à la densité de la lithosphère en A car l'éclogite est plus dense !

Variation des densités au niveau d'une zone de subduction

mode de calcul
schéma explicatif

