

Objectif : établir les caractéristiques de la lithosphère continentale - Google Earth, tableur

**Observation** : le domaine continental représente 45% de la surface du globe (voir Wegener).

**Ce que l'on recherche** : quelles sont les caractéristiques de la croûte continentale ?

**Matériel** : livre p. 126 à 129, carte géologique de la France, Google Earth, fichiers lithosphere.kmz et data-roches.kmz, logiciel « radiochronologie », tableur, fichier data-granite.xls, roches (sédimentaires, magmatique et métamorphique)

Capacités et attitudes	Activités	Compétences
Utiliser une carte géologique Réaliser un calcul	<b>1 - La composition et l'épaisseur</b> A l'aide de la carte géologique de la France et des documents fournis, déterminer la structure de la lithosphère continentale (activité p. 2).	Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.  Utiliser des données sismiques et leur traitement avec des logiciels pour évaluer la profondeur du Moho.  Déterminer un âge en utilisant la méthode de la droite isochrone.
Réaliser une manipulation d'après un protocole	<b>2 - La densité des roches de la lithosphère</b> Calculer la densité de différentes roches de la lithosphère, protocole page 3.	
Utiliser un logiciel (modélisation) Utiliser un logiciel de données (tableur)	<b>3 - L'âge des roches</b> L'âge des roches peut être déterminé par radiochronologie (voir principe p. 4 et document joint, cours de physique et mathématiques). - avec le logiciel radiochronologie p. 4. - avec une droite isochrone p. 4. L'âge de la croûte océanique, ouvrir le fichier SIG (date-roches.kmz) et déterminer l'âge maximum de basaltes des océans Atlantique, Indien et Pacifiques et l'âge maximum des roches de la croûte continentale (carte géologique de la France, carte document 1 p. 128 du livre, p. 6 de ce poly).	
Réaliser un tableau Réaliser un schéma bilan	<b>Bilan</b> Compléter le tableau p. 5 et réaliser un schéma de la lithosphère continentale.	

**1 - La composition et l'épaisseur de la lithosphère continentale**

- Déterminer les grands types de roches présentes en surface de la lithosphère continentale en France.
- Déterminer la profondeur du Moho sous le profil.
- Déterminer l'épaisseur de la lithosphère continentale dans son ensemble, de la croûte et de la partie du manteau supérieure incluse dans la lithosphère continentale.

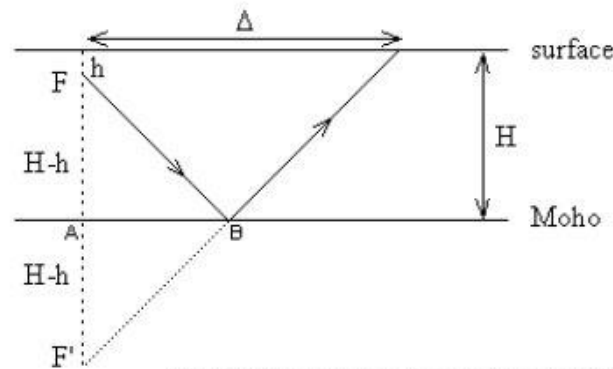
A l'aide de Google Earth ouvrir le fichier SIG, lithosphere.kmz, répondre aux questions ci-dessus.

En complément : exploiter le document 2 p. 127 du livre.

**A réaliser à la maison** : calculer la profondeur du Moho à partir de l'enregistrement des ondes sismiques.

Grâce à l'étude de certains séismes (logiciel « sismolog »), il est possible de calculer la profondeur du Moho. En effet, sur certains sismogrammes, on voit non seulement les ondes P et S mais également un deuxième train d'ondes P, les ondes PMP, qui se sont réfléchies sur le Moho.

Calcul de la profondeur du Moho



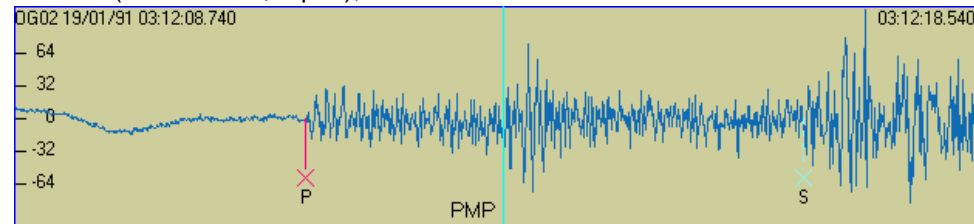
$$\delta t = \frac{\sqrt{(2H - h)^2 + \Delta^2}}{V} - \frac{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}{V}$$

$$(2H - h)^2 = (V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2})^2 - \Delta^2$$

$$H = \frac{1}{2} \left[ h + \sqrt{(V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2})^2 - \Delta^2} \right]$$

$\delta t$  différence de temps entre l'onde P directe et l'onde PMP et V la vitesse moyenne des ondes P dans la croûte.

Exemple du sismogramme reçu par la station OG02 (Annemasse, Alpes), séisme du 19/01/1991 :



Profondeur focale h = 11 km - Distance épacentrale Δ = 63,3 km

Arrivée des ondes P à 3 h 12 min 15,580 s - Arrivée des ondes PMP à 3 h 12 min 18,540 s - Arrivée des ondes S à 3 h 12 min 23,080 s

Retard des ondes PMP  $\delta t = 2,96$  s.

Calculer H la profondeur du Moho.

## 2 - La densité des roches de la lithosphère continentale

Calculer la densité de différentes roches.

### DONNÉES

La masse volumique est le rapport de la masse d'un échantillon sur son volume.

La densité d'un objet est le rapport de sa masse volumique sur la masse volumique de l'eau.

La masse volumique de l'eau est égale à  $1 \text{ g/cm}^3$  ou  $1 \text{ T/m}^3$ .

PROTOCOLE de mesure de la masse et du volume d'un échantillon de roche

Matériel	Protocole
<ul style="list-style-type: none"><li>- une balance</li><li>- une éprouvette graduée</li><li>- un bécher</li><li>- un échantillon de chacune des roches de la lithosphère (adaptée au volume de l'éprouvette)</li></ul>	<p><b>Mesure de la masse de chaque échantillon</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Peser chaque échantillon (choisir judicieusement le nombre de morceaux permettant une précision suffisante) à l'aide de la balance fournie.</li><li>- Noter le résultat obtenu.</li></ul> <p><b>Mesure du volume de chaque échantillon</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Verser de l'eau dans l'éprouvette jusqu'à une graduation repère ;</li><li>- Immerger l'échantillon dans l'eau de l'éprouvette ;</li><li>- Lire le niveau atteint par l'eau, une fois l'échantillon totalement immergé au <math>\text{cm}^3</math> près ;</li><li>- Calculer le volume de l'échantillon correspondant au volume d'eau déplacé.</li></ul>

La masse volumique sera exprimée en grammes par centimètre cube ( $1 \text{cm}^3$  correspond à 1 mL).

**3 - L'âge des roches**

- avec le logiciel « radiochronologie ».

Ouvrir le logiciel pour info ouvrir l'onglet informations puis Rb Sr.

Ouvrir l'onglet datations puis méthode Rb-Sr faire apparaître les droites.

Ouvrir l'onglet datations puis tableau Rb-Sr, utiliser les valeurs du doc 2 p.129 du livre et calculer l'âge du granite.

- avec un tableur, construire une droite isochrone, utiliser le fichier data-granite.xls.

**Datation d'un granite** : une datation isotopique (absolue) peut être réalisée dans les minéraux d'un granite.

Réaliser l'observation d'un échantillon de granite à l'œil nu et en lame mince au microscope (en fonction du temps cela pourra se faire ultérieurement).

Activités et déroulement des activités	Capacités et critères d'évaluation
<p>1- <b>Observer</b> la lame mince de granite et identifier les différents minéraux. Utiliser la fiche d'aide d'identification. <b>Placer un minéral identifié</b> au centre du champ.  <b>Appeler le professeur pour vérification</b></p> <p>2- <b>Réaliser</b> un dessin du granite ou capturer une image à l'aide de la caméra.</p> <p>3- <b>Ouvrir</b> le fichier « tableur » puis <b>déterminer</b> l'âge absolu du granite.   <b>Appeler le professeur pour vérification</b> avant de fermer le fichier et le tableur  <i>D'autres méthodes que l'utilisation des rapports Rb/Sr ont permis de dater les zircons contenus dans les biotites. Leur âge absolu est voisin de 2 Ga (1Ga = 10<sup>9</sup> années).</i></p> <p>4- Conclure sur l'âge de la lithosphère continentale.</p>	<p><b>Utiliser le microscope</b> retrouver des minéraux du granite</p> <p><b>Représenter par un dessin</b></p> <p><b>Utiliser un logiciel</b> pour déterminer un âge absolu</p> <p><b>Adopter une démarche explicative</b></p>

**Complément sur la méthode de datation Rb/Sr**

Cette méthode concerne la datation des minéraux des roches magmatiques qui incorporent des isotopes radioactifs de <sup>87</sup>Rb. <sup>87</sup>Rb se désintègre en <sup>87</sup>Sr (les roches incorporent aussi du <sup>87</sup>Sr en quantité variable, lors de la fermeture du système). Conséquences :

- il subsiste deux inconnues → la quantité de <sup>87</sup>Rb initiale (donc P<sub>0</sub>) et la quantité de <sup>87</sup>Sr provenant directement de <sup>87</sup>Rb (donc F).

- on utilise alors le rapport <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr car les minéraux incorporent aussi <sup>86</sup>Sr, et ce rapport <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr à t<sub>0</sub> est identique dans tous les minéraux ayant incorporé du Sr.

Au cours du temps, le rapport <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr diminue alors que <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr augmente.

On représente graphiquement les mesures de ces deux rapports réalisées sur plusieurs échantillons : <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr en abscisse et <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr en ordonnée. On obtient une droite isochrone. Équation de la droite y = a x + b

$$y = \frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}_{\text{mesuré}} \quad a = (e^{\lambda t} - 1) \text{ (Pente de la droite)} \quad x = \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}_{\text{mesuré}} \quad b = \frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}_{\text{initial}}$$

$$t = \frac{\ln(a+1)}{\lambda}$$

λ = 1,42.10<sup>-11</sup> an<sup>-1</sup> Rem : la mesure est possible par comparaison de 2 échantillons dont les quantités d'éléments sont différentes mais dont les proportions sont les mêmes à t<sub>0</sub>.

Enveloppe		Discontinuité	Profondeur de...à km	Épaisseur km	Comportement physique	Roche	Minéraux	Composition chimique
Croûte	continentale	Lithosphère	Moho					
	océanique							
Manteau	supérieur			(LVZ)				
	partie > du manteau >							
	inférieur		Gutenberg	700 - 2900	2200	rigide		
Noyau	externe	Lehmann		2900 - 5100	2200	liquide		Ni, Fe, S
	interne			5100 - 6370	1270	rigide		Ni, Fe

**Informations complémentaires sur l'âge des roches en France**

On trouve, en France, des roches volcaniques et des restes de coulées qui traduisent l'existence passée d'un volcanisme actif. Ce volcanisme, appelé volcanisme ancien, s'est produit entre –600 millions et –20 millions d'années, c'est-à-dire entre la fin du Précambrien jusqu'à la moitié de l'ère tertiaire (Cénozoïque).

Dans le Massif armoricain, les Pyrénées et en Provence, on trouve ainsi des traces de volcanisme de l'ère Primaire (de –550 à –230 millions d'années).

Des strates de roches volcaniques (basaltes et rhyolites) du début de cette ère sont connues dans la région des Coëvrons et dans le massif d'Écouves, près d'Alençon en Normandie, mais aussi dans la région de Cholet en Vendée.

Dans les Pyrénées, un énorme bloc andésitique datant de la fin de cette ère constitue l'ensemble du massif dominé par le pic du Midi d'Ossau.

En Provence, il existe des basaltes du même âge dans le massif des Maures ainsi qu'une importante coulée rhyolitique dans l'Estérel.

Dans les Alpes, près de Briançon, des fragments d'une ancienne croûte océanique constituent les massifs du Chenaillet et du Haut-Queyras situés à 2500-3000 mètres d'altitude.

Avant la formation des Alpes, durant l'ère Secondaire (Mésozoïque), cet océan séparait l'Europe et l'Afrique. Ce volcanisme est formé d'un ensemble de roches sombres : des « ophiolites » et des laves en oreillers, ou pillow lavas, identiques aux roches volcaniques des dorsales actuelles.