

Conduction - Convection

Réf :
107 338

Français – p 1

Version : 4101

**Kit de modélisation analogique de
la fusion partielle**

1 Principe

On visualise la fusion progressive dans un mélange de 3 cires minérales possédant des points de fusion distincts. Les observations s'effectuent sur une plage de température comprise entre 50°C et 70°C. Les TP se déroulent en 40 minutes environ à l'aide d'un bain-marie ou d'une étuve.

2 Composition

3 pots 100g de pastilles de cire minérale (3 couleurs gris/ rouge/ verte)
30 boîtes de Pétri 55 mm

3 Matériel complémentaire

Bain-marie thermostaté
Etuve

4 La fusion partielle

Les roches magmatiques que l'on rencontre à l'affleurement sont à l'état solide. Si l'on a coutume d'envisager la formation de ces roches comme résultant du refroidissement d'un magma, le chemin « inverse » se conçoit de manière moins immédiate. Ainsi, comme un magma peut donner une roche en se refroidissant, une roche de quelque nature que ce soit peut donner naissance à un liquide magmatique par sa fusion.

Entre l'état solide et l'état liquide, la roche présente un état intermédiaire qui résulte de sa fusion partielle. Cette dernière est donc le **processus qui conduit à l'apparition d'une faible quantité de liquide magmatique dans une roche**. La fusion partielle d'une roche à l'état solide peut s'opérer grâce à une augmentation de température à pression constante (scénario 1 – voir figure ci-dessous), à température constante par diminution de la pression (scénario 2), ou encore à température et pression constantes par hydratation, l'eau apportée jouant le rôle d'agent fondant en abaissant le point de fusion de la roche (scénario non représenté ici).

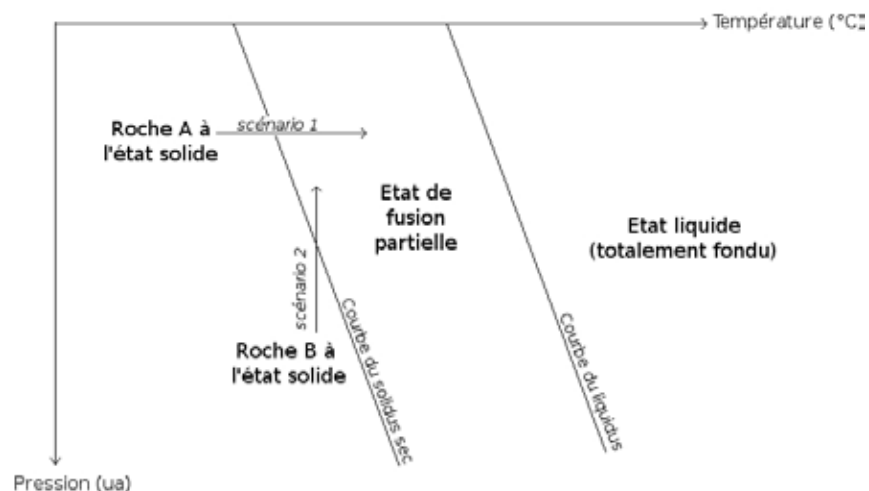


Diagramme du comportement d'une roche soumise à différentes conditions de pression et température

Au lycée, même si l'enseignement de la géologie ne se limite pas à cela (et heureusement), il est toutefois important que les élèves comprennent ce qu'est une roche. En tant qu'objet, elle peut être ainsi présentée comme une association de minéraux plus ou moins bien cristallisés, ces minéraux ayant des compositions chimiques et une organisation de leurs éléments qui les distinguent. Cet objet a aussi une histoire que le géologue tente de reconstituer en se fondant entre autre sur les propriétés de cette roche.

De là, les élèves pourront avoir à l'esprit qu'une roche peut s'étudier et se « comprendre » à différentes échelles. Si l'échelle macroscopique peut leur sembler évidente, l'échelle minéralogique est moins spontanée, tandis que l'échelle atomique par le biais de la composition chimique n'est à priori jamais envisagée. Toutefois, la démarche qui consiste à appréhender le « discours une roche » nécessite d'avoir recours à l'ensemble des niveaux d'organisation.

C'est en tout cas ce vers quoi tendent les séances de travaux pratiques de géologie en Première et Terminale S (cf. par exemple : <http://www.jeulin.fr/fr/a-a1000004260-edc1000005/ressource/1001176/Les-caractéristiques-pérogaphiques-de-la-croûte-et-du-manteau-terrestre.html>, encart « Pour aller plus loin »).

Dès lors, quelles activités mettre en place afin de construire avec les élèves la notion de fusion partielle d'une roche à l'origine d'un liquide magmatique ?

5 La place de la fusion partielle dans les programmes de SVT au lycée

La fusion partielle est une notion mentionnée dans les programmes de la classe de Première S (Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010) ainsi que dans ceux de l'enseignement spécifique de Terminale S (Bulletin officiel spécial n° 8 du 13 octobre 2011).

Première S
Thème 1-B – La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle
L'évolution du modèle : le renouvellement de la lithosphère océanique La divergence des plaques de part et d'autre de la dorsale permet la mise en place d'une lithosphère nouvelle à partir de matériaux d'origine mantellique.

Terminale S, enseignement spécifique
Thème 1-B – Le domaine continental et sa dynamique
1-B-1 La caractérisation du domaine continental : lithosphère continentale, reliefs et épaisseur crustale L'épaisseur de la croûte résulte d'un épaissement lié à un raccourcissement et un empilement. On en trouve des indices tectoniques (plis, failles, nappes) et des indices pétrographiques (métamorphisme, traces de fusion partielle).
1-B-3 Le magmatisme en zone de subduction : une production de nouveaux matériaux continentaux La déshydratation des matériaux de la croûte océanique subduite libère de l'eau qu'elle a emmagasinée au cours de son histoire, ce qui provoque la fusion partielle des péridotites du manteau sus-jacent.

En classe de Première S, la fusion partielle de la péridotite de l'asthénosphère est suggérée. Dans le cadre de la divergence des plaques, elle permet la mise en place d'une nouvelle lithosphère.

En classe de Terminale S, elle est cette fois-ci clairement mentionnée mais dans deux contextes : lors de la subduction, où les péridotites du manteau sus-jacent donne les magmas et lors de l'orogénèse, où ce sont cette fois-ci les matériaux de la croûte qui entrent en fusion partielle.

Dans tous les cas où elle serait évoquée, l'objectif est de montrer que **la fusion partielle d'une roche (ou d'un ensemble de roches) produit une phase liquide dont la composition diffère de la roche (ou de l'ensemble) de départ, donc aussi de la phase solide restante, dans le cas où ce solide a une composition hétérogène.**

6 Exemple de mise en situation autour de la fusion partielle (Terminale S, thème 1-B-3)

On se situe ici après l'étude des roches magmatiques des zones de subduction. On aura aussi démontré que la péridotite du manteau de la plaque chevauchante est la roche-source du magma dans ces mêmes zones.

Les zones de subduction sont le siège d'une activité magmatique intense caractérisée notamment par un volcanisme toujours de type andésitique. La fusion partielle de la péridotite du manteau de la plaque chevauchante est, quand les conditions sont réunies, à l'origine du magma des zones de subduction. Toutefois, la composition de cette roche-source et de celle du magma ne sont pas les mêmes. Comment la fusion partielle de la péridotite peut-elle produire un magma de composition différente ?

Des hypothèses explicatives peuvent être formulées en s'appuyant sur une comparaison raisonnée de la composition en éléments majeurs (Si, O, Fe, Mg, Ca, Na, K et Al) d'une péridotite hydratée et d'un magma andésitique.

	Péridotite hydratée	Magma andésitique
Silicium (Si)	20,5	29,3
Magnésium (Mg)	23,2	1,3
Fer (Fe)	7,9	7,7
Sodium et potassium (Na + K)	0,5	3,4

Teneur massique (en %) de quelques éléments majeurs au sein d'une péridotite hydratée et d'un magma andésitique

Le magma andésitique est beaucoup plus pauvre en magnésium et plus riche en alcalins que la roche-source. Les hypothèses sur le comportement de ces éléments formulées, une modélisation analogique permet de les tester. Elle s'appuiera sur la constitution de mélanges de pastilles de cire, homogènes ou hétérogènes, dont on analysera le produit de fusion, qu'elle soit totale ou partielle.

→ La suite de la démarche pédagogique est à retrouver dans le cahier Jeulin paru en septembre 2013 : « 12 nouveaux protocoles de travaux pratiques - Fusion partielle et production de magma dans les zones de subduction »

Prise en main du kit « fusion partielle » :

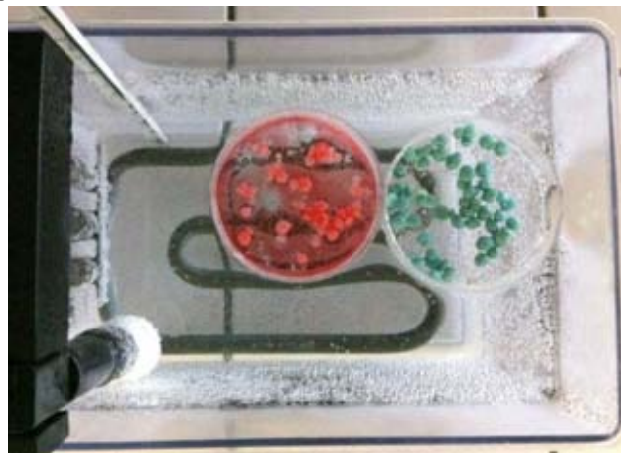
Le kit se compose de trois lots de pastilles de cire aux propriétés différentes :

- les pastilles de cire bleue ont une température de fusion commençante de 52 à 54°C ;
- les pastilles de cire rouge ont une température de fusion commençante de 58 à 60°C ;
- les pastilles de cire verte ont une température de fusion commençante de 67 à 71°C.

Des boîtes de Pétri (55 mm de diamètre) sont nécessaires, un bain-marie avec thermostat et un dispositif de surveillance de la température aussi. Le matériel permet de réaliser des manipulations simples dont les résultats peuvent s'observer au bout de quelques minutes.

Exemple 1 :

- Faire chauffer au préalable l'eau du bain-marie à 62°C.
- Disposer dans une boîte de Pétri (utiliser au choix la base ou le couvercle) 2 g de pastilles rouges. Faire de même dans une autre boîte avec des pastilles.
- Placer chaque boîte à la surface de l'eau dont la température est de 62°C.



Montage réalisé et observation du résultat après quelques minutes

À 62°C et après quelques minutes, les pastilles rouges sont en grande partie fondues et forment un liquide de même couleur (donc de même composition), les pastilles vertes n'ont pas fondu.

Exemple 2 :

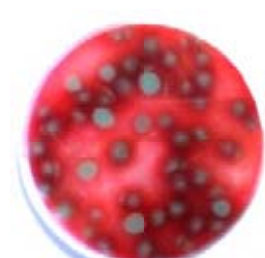
On constitue un mélange binaire « rouge – vert » dans des proportions identiques (50-50). On dispose celui-ci à la surface de l'eau dans le bain-marie (température = 62°C).



Boîte vue « de face »



Boîte vue « de face »



Boîte vue « de dos »

Etats initial (à gauche) et final (au milieu, à droite) du mélange binaire

Dans un mélange hétérogène, le liquide a la composition des éléments qui fondent en premier. Le résidu solide s'est appauvri en éléments partis dans la phase liquide et s'est enrichi en éléments qui sont restés. La composition du liquide, comme celle du résidu, diffère de celle du mélange initial par le comportement différentiel des constituants.

Exemple 3 :

On constitue un mélange binaire « rouge – bleu » dans des proportions différentes ($\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{4}$). On dispose celui-ci à la surface de l'eau dans le bain-marie (62°C) jusqu'à la fusion complète des pastilles bleues seulement.



Boîte vue « de face »



Boîte vue « de face »



Boîte vue « de dos »

Etats initial (à gauche) et final (au milieu, à droite) du mélange binaire à la fin de la fusion totale des pastilles bleues

La conclusion précédente s'applique ici aussi. Toutefois, on illustre aussi par ce biais qu'un élément minoritaire en proportion (pastilles bleues) peut se retrouver majoritaire à la suite de la fusion partielle. C'est par exemple le cas des éléments alcalins qui ont tendance à quitter la péridotite source très rapidement et migrent dans le magma. Ici, les pastilles rouges ont, elles aussi, fondu mais pas totalement : elles peuvent représenter un élément qui a tendance à moins quitter la roche source que les alcalins.

On peut aussi dans ce mélange remplacer les pastilles rouges par des pastilles vertes qui auraient alors représenté le magnésium.

Pour montrer enfin, si besoin, que la quantité d'éléments présente dans le mélange initial n'influence pas la capacité de cet élément à fondre, on peut réaliser le mélange suivant : $\frac{3}{4}$ de pastilles bleues et $\frac{1}{4}$ de pastilles rouges.

7 Elimination

Le kit contient principalement des acides gras et des colorants dérivés d'hydrocarbures. Après les manipulations, les cires fondues sont à traiter en déchet banal.

8 Service après-vente

Pour toute question, veuillez contacter :

JEULIN - SUPPORT TECHNIQUE

468, rue Jacques Monod

CS 21900

27019 EVREUX CEDEX FRANCE

0 825 563 563 *

* 0,15 € TTC/ min à partir d'un poste fixe

Assistance technique en direct

Une équipe d'experts
à votre disposition
du lundi au vendredi
de 8h30 à 17h30

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge
immédiatement votre appel
pour vous apporter une réponse
adaptée à votre domaine
d'expérimentation :
Sciences de la Vie et de la Terre,
Physique, Chimie, Technologie.

Service gratuit*

0 825 563 563 choix n°3**

* Hors coût d'appel. 0,15 € TTC/min à partir d'un poste fixe.
** Numéro valable uniquement pour la France
métropolitaine et la Corse. Pour les DOM-TOM et les EFE,
composez le +33 2 32 29 40 50.

Aide en ligne
FAQ.jeulin.fr

Direct connection for technical support

A team of experts
at your disposal
from Monday to Friday
(opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request
immediately to provide you
with the right answers regarding
your activity field : Biology, Physics,
Chemistry, Technology.

Free service*

+33 2 32 29 40 50**

* Call cost not included.
** Only for call from foreign countries.



468, rue Jacques-Monod, CS 21900, 27019 Evreux cedex, France
Métropole • Tél : 02 32 29 40 00 - Fax : 02 32 29 43 99 - www.jeulin.fr - support@jeulin.fr
International • Tél : +33 2 32 29 40 23 - Fax : +33 2 32 29 43 24 - www.jeulin.com - export@jeulin.fr
SAS au capital de 1 000 000 € - TVA intracommunautaire FR47 344 652 490 - Siren 344 652 490 RCS Evreux