

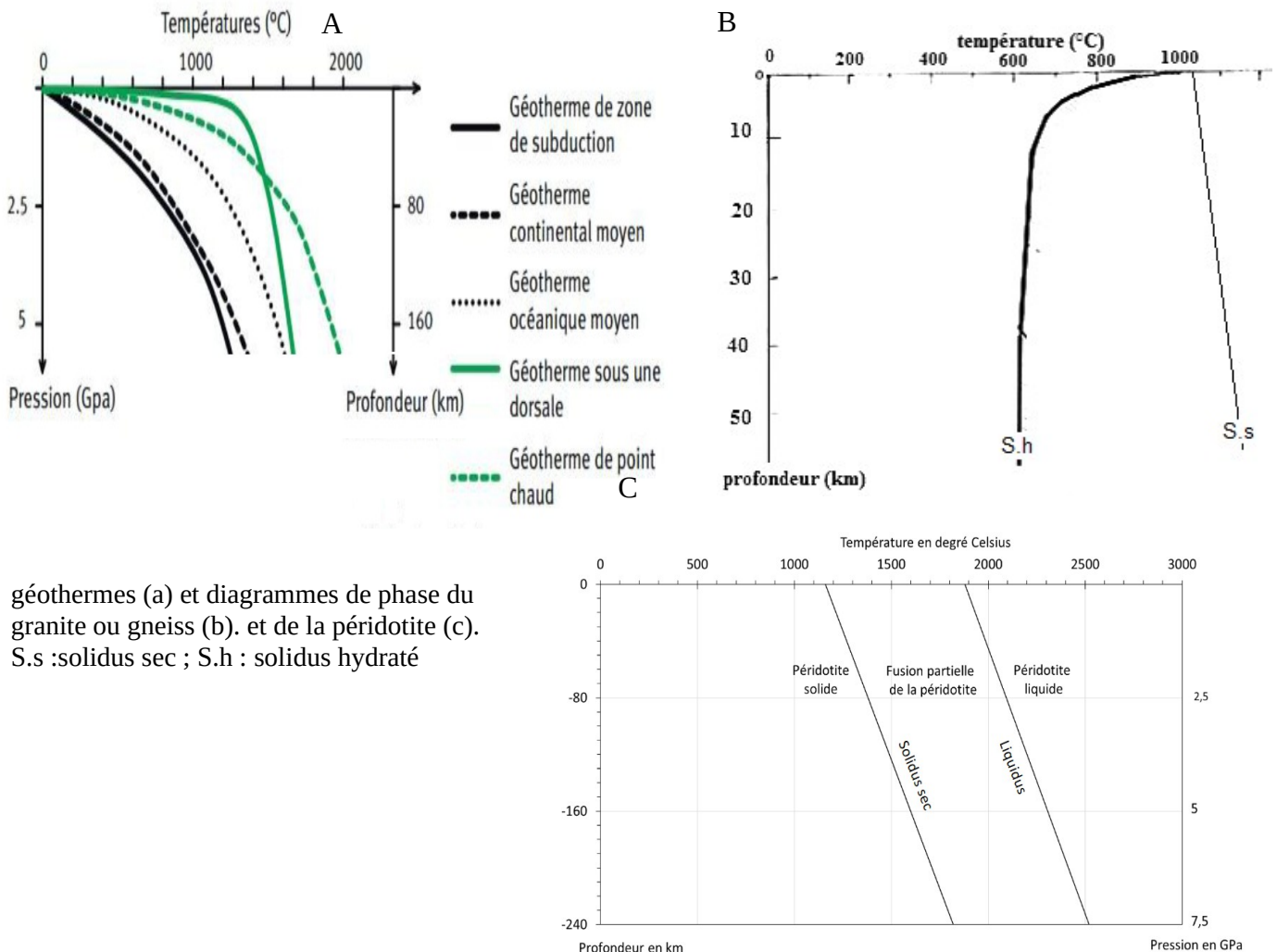
Étude expérimentale des magmas

Les roches magmatiques sont des associations de plusieurs minéraux provenant de la cristallisation d'un magma. Ce magma peut se former dans divers contextes géologiques (dorsale, zone de subduction...) à partir de roches de la croûte (comme du granite) ou de roches du manteau (de la péridotite).

Afin d'identifier les conditions permettant la fusion des roches, on les soumet en laboratoire à des températures et des pressions variables et on détecte l'apparition de la première goutte de liquide. On peut ainsi construire une courbe appelée **solidus** séparant les conditions de température et de pression où la roche reste solide de celles où la roche commence à fondre. On compare ensuite ce solidus aux conditions de température et de pression réellement observées dans différents contextes géologiques.

Exercice 1 : localisation des zones de fusion partielle

A partir des données suivantes, indiquez approximativement la profondeur où se forme le magma au niveau des dorsales, des zones de subduction et des zones de collisions



géothermes (a) et diagrammes de phase du granite ou gneiss (b). et de la péridotite (c).
 S.s :solidus sec ; S.h : solidus hydraté

Les magmas n'ont pas la même composition que la roche mère. Cette particularité est liée au fait que la **fusion** est toujours **partielle** dans la nature ET que les magmas sont des **mélanges** et ne se comportent pas (en général) comme des corps purs. Afin de préciser les conditions permettant la formation et la cristallisation du magma, on **modélise** les magmas par des mélanges simplifiés : ainsi le mélange « quartz-albite (un Feldspath plagioclase)-orthose (un feldspath alcalin) » permet de modéliser de façon assez satisfaisante un magma granitique.

Mais pour comprendre le comportement d'un mélange à 3 composants, il faut déjà comprendre le comportement d'un mélange à 2 composants !

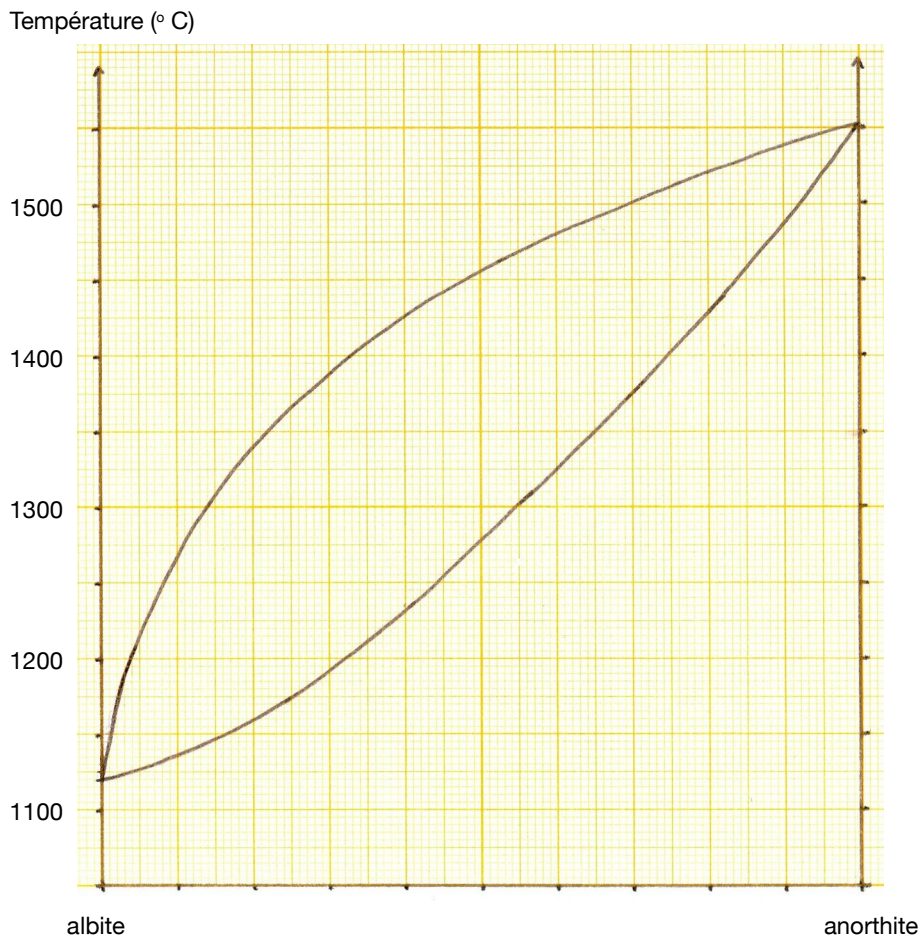
Pour cela on fait fondre en laboratoire 2 minéraux selon des proportions connues, puis on refroidit ce mélange et on repère la température T1 où apparaît le premier cristal et celle T2 où disparaît la dernière goutte de liquide. (on peut faire la mesure inverse en réchauffant le solide obtenu et en repérant T2 où apparaît la première goutte de liquide et T1 où disparaît le dernier cristal). On renouvelle ces mesures pour différentes proportions. On peut ainsi construire un **diagramme de phase** sur lequel l'ensemble des températures T1 forment une courbe appelée **liquidus** et l'ensemble des températures T2 forment une courbe appelée **solidus**.

Il existe deux types de mélanges que nous étudions dans les 2 exercices suivants :

RQ : Utilisez vos connaissances de physique pour traiter ces deux exercices. Si besoin, une aide méthodologique est fournie en page 4

Exercice 2 : cas d'un mélange de deux minéraux dits miscibles

Les plagioclases sont des feldspaths calco-sodiques. Ils forment une série continue entre leurs deux termes extrêmes : l'albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), sodique, et l'anorthite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), calcique. Le mélange de ces 2 extrêmes permet d'obtenir un nouveau plagioclase contenant dans son réseau cristallin à la fois du Ca et du Na. Le diagramme de phase obtenu est proposé ci dessous :



1) Légendez précisément le diagramme de phase en indiquant les secteurs où les mélanges sont entièrement liquides, entièrement solides, ou en partie liquide et solide. Localiser le liquidus et le solidus. Indiquer les températures de fusion de l'albite pure et de l'anorthite pure.

2) On considère des cristaux de feldspath plagioclase contenant 40 % d'anorthite. Donner la séquence de fusion de ce mélange en précisant :

- ✓ les températures de début et de fin de fusion ;
- ✓ les compositions en albite et anorthite des phases solides et liquides en début et en fin de fusion ;
- ✓ l'évolution des compositions des phases liquides et solides au cours de la fusion.

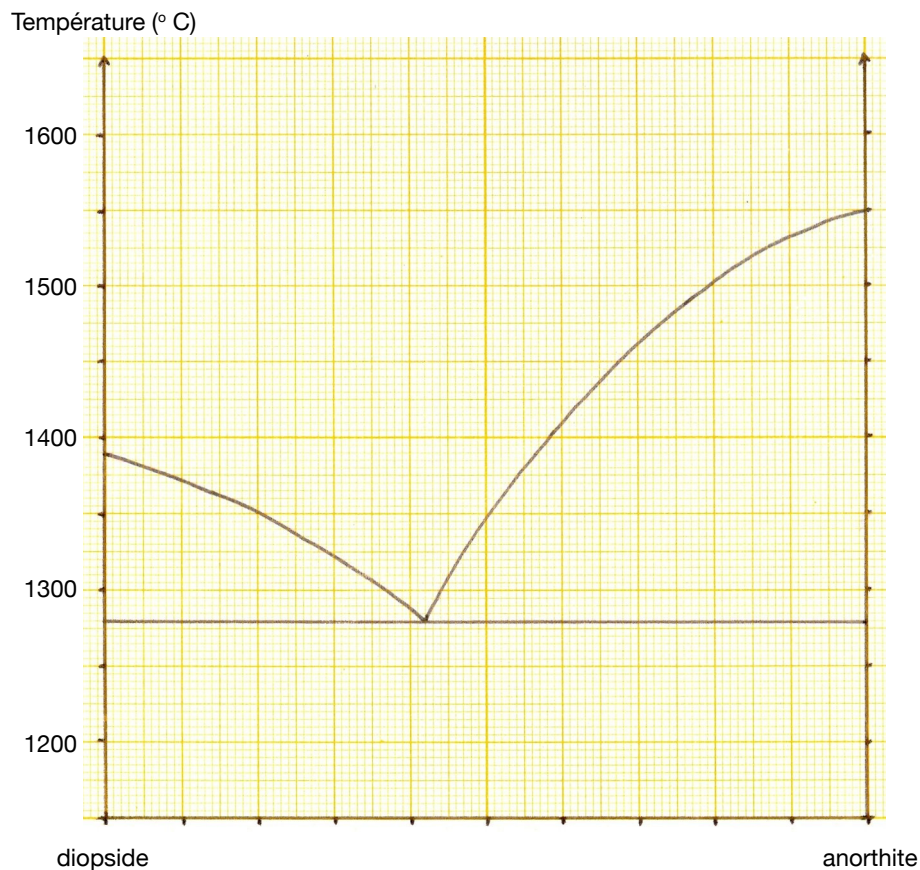
3) On décide d'arrêter la fusion à 1300 ° C.

- ✓ Quelle sont les compositions des phases liquides et solides à cette température ?
- ✓ Quel est le taux de fusion partiel ?

Exercice 3 Cas d'un mélange de 2 minéraux dits non miscibles

Le document ci-dessous présente le diagramme de phase de la diopside (un clinopyroxène) et l'anorthite (un feldspath plagioclase). Dans ce type de mélange, il n'y a pas formation d'un cristal de composition intermédiaire. Le solide est formé de cristaux diopside et de cristaux d'anorthite (en % variable selon le mélange).

On constate que le liquidus et le solidus se rencontrent en un point appelé l'**eutectique**. Un mélange ayant la composition correspondant à cet eutectique a la particularité de se comporter comme un corps pur.



1) Légèrer précisément ce diagramme en indiquant les secteurs où le mélange est entièrement liquide, entièrement solide, ou en partie liquide et solide. Localiser le liquidus, le solidus et l'eutectique.

Indiquer les températures de fusion de la diopside pure, de l'anorthite pure, du mélange de composition eutectique. Indiquez la composition de ce mélange

2) On considère un solide constitué de 20 % de diopside et de 80 % d'anorthite. Donner la séquence de fusion de ce mélange en précisant :

- ✓ les températures de début et de fin de fusion ;
- ✓ les compositions en diopside et anorthite des phases solides et liquides en début et en fin de fusion ;
- ✓ l'évolution des compositions des phases liquides et solides au cours de la fusion.

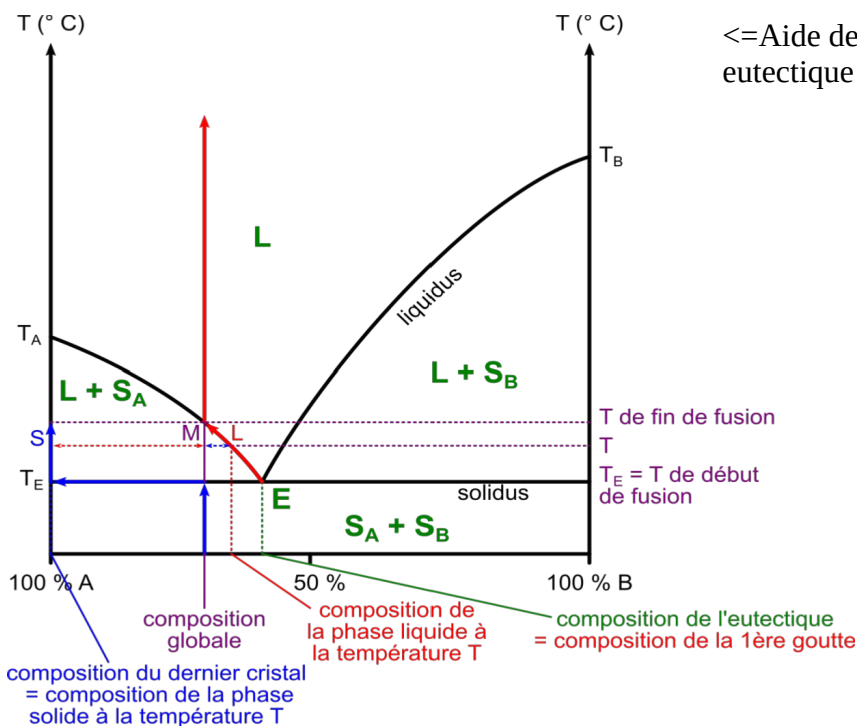
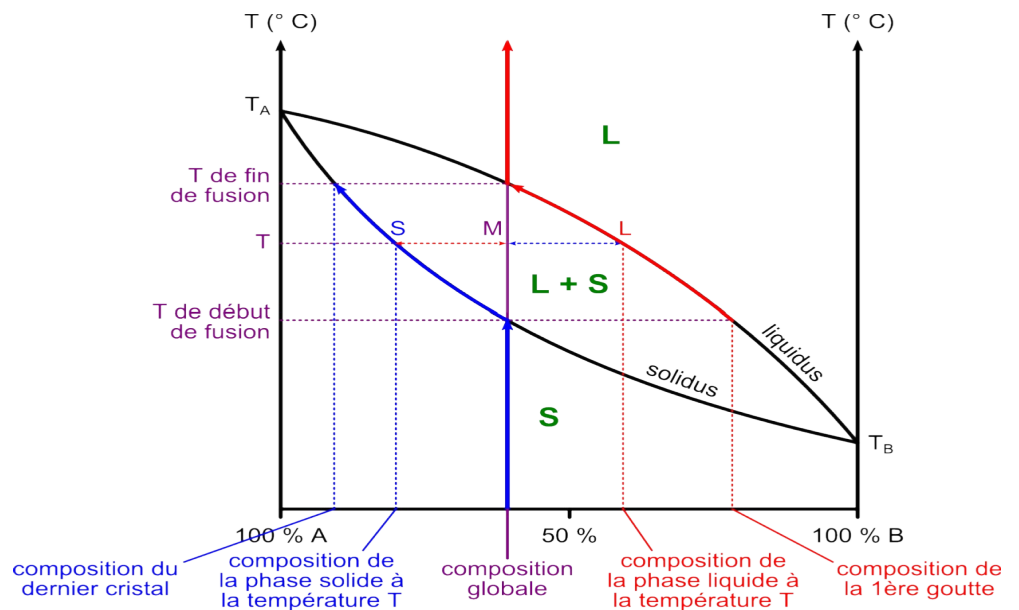
3) On décide d'arrêter la fusion à 1400 ° C.

- ✓ Quelle sont les compositions des phases liquides et solides à cette température ?
- ✓ Quel est le taux de fusion partiel ?

4) Si le taux de fusion partiel est de 20 %, quelles sont les compositions des phases liquides et solides ?

AIDE METHODOD (si besoin)

Aide de lecture d'un diagramme binaire (composants miscibles) lors d'une séquence de fusion (S=solide, L=liquide) =>



<=Aide de lecture d'un diagramme binaire eutectique lors d'une séquence de fusion

Règles générales pour la lecture d'un diagramme

La composition du liquide est notée L, celle du solide S et celle du mélange M

Règle 1 : dans un diagramme, L se lit sur le liquidus ; S se lit sur le solidus

Règle 2 : les points L, S et M sont alignés

Règle 3 : théorème des moments (=des leviers) taux de solide = ML/SL et taux de liquide = MS/SL

Règle 4 : En présence d'un eutectique E,

la première goutte de liquide à se former a la composition de E (et la température de E)

La dernière goutte de liquide à disparaître a la composition de E (et la température de E)