

ST-F : le magmatisme

I-La mise en place des magmas

II-La production des magmas primaires

III-L'évolution des magmas d'une série magmatique

Révisions de BCPST1 :

STC La dynamique des enveloppes internes (flux thermique, mouvement des plaques)

STH La datation relative et absolue

STD Déformation de la lithosphère

STA La carte géologique

II-La production des magmas primaires

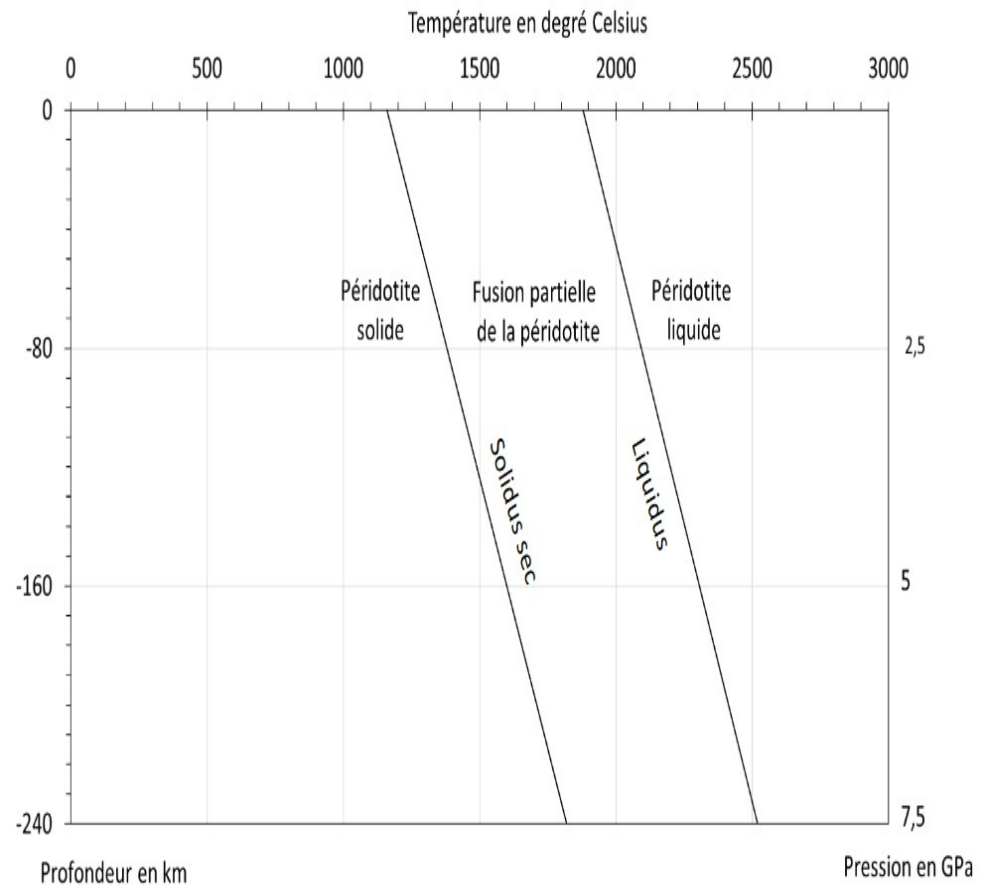
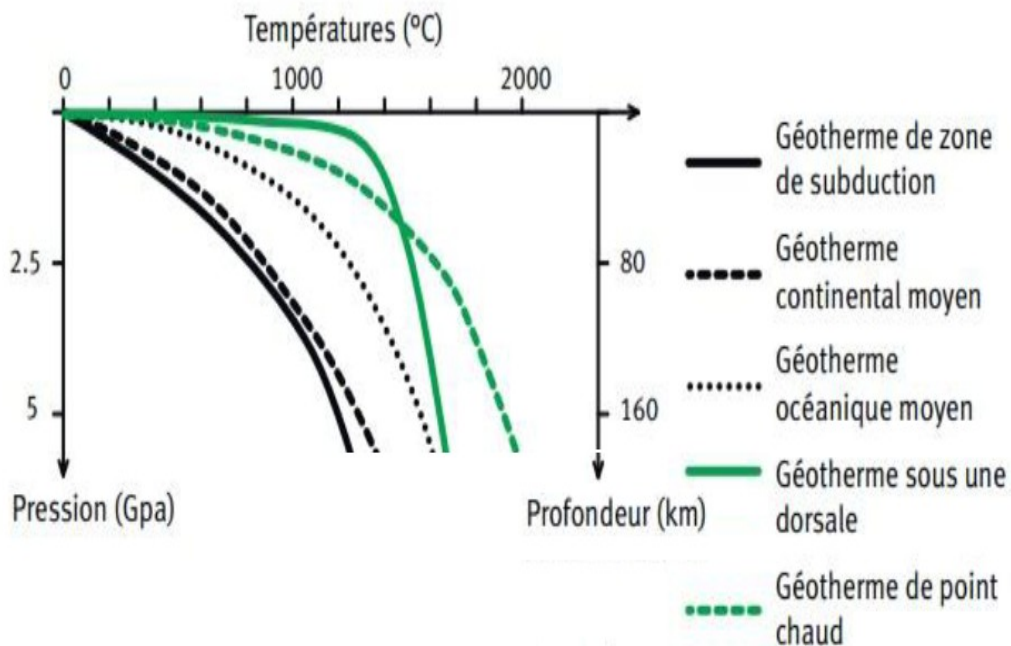
A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel

B-La composition du magma varie selon la roche mère et le taux de fusion partielle

C-Reconstitution de l'origine d'un magma

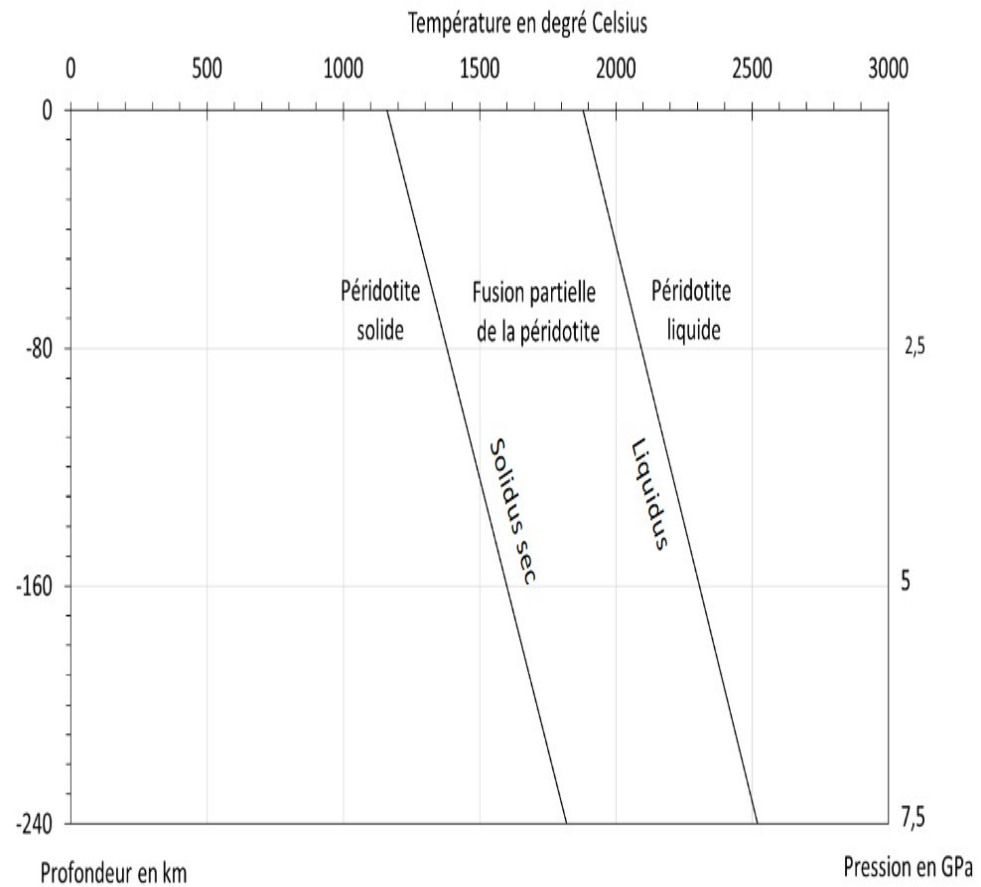
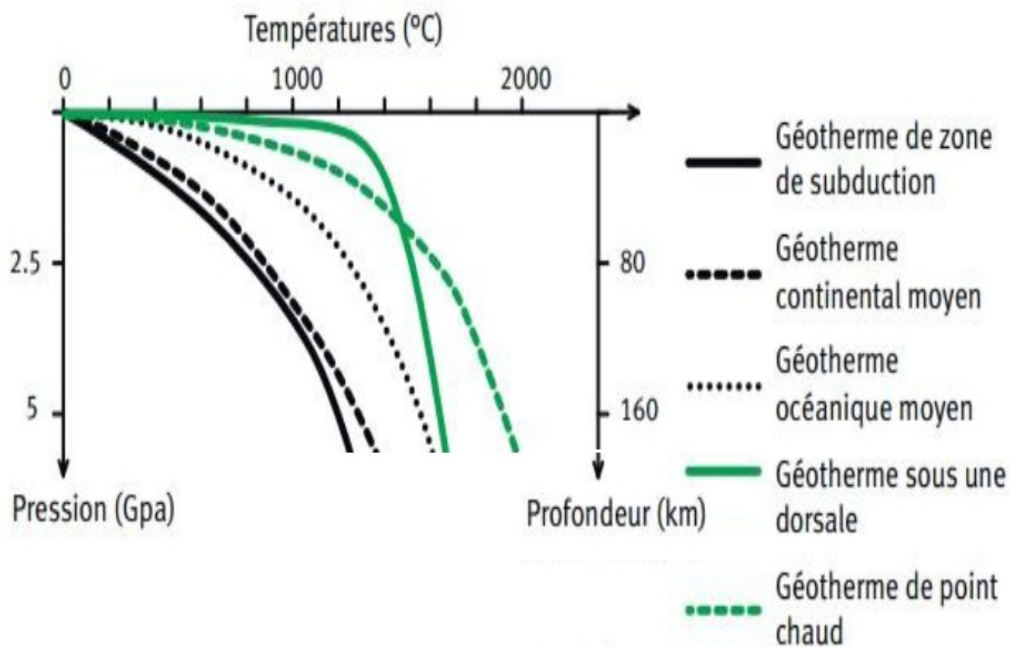
A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel

Exo : Localisation d'une zone de fusion partielle au niveau d'une dorsale



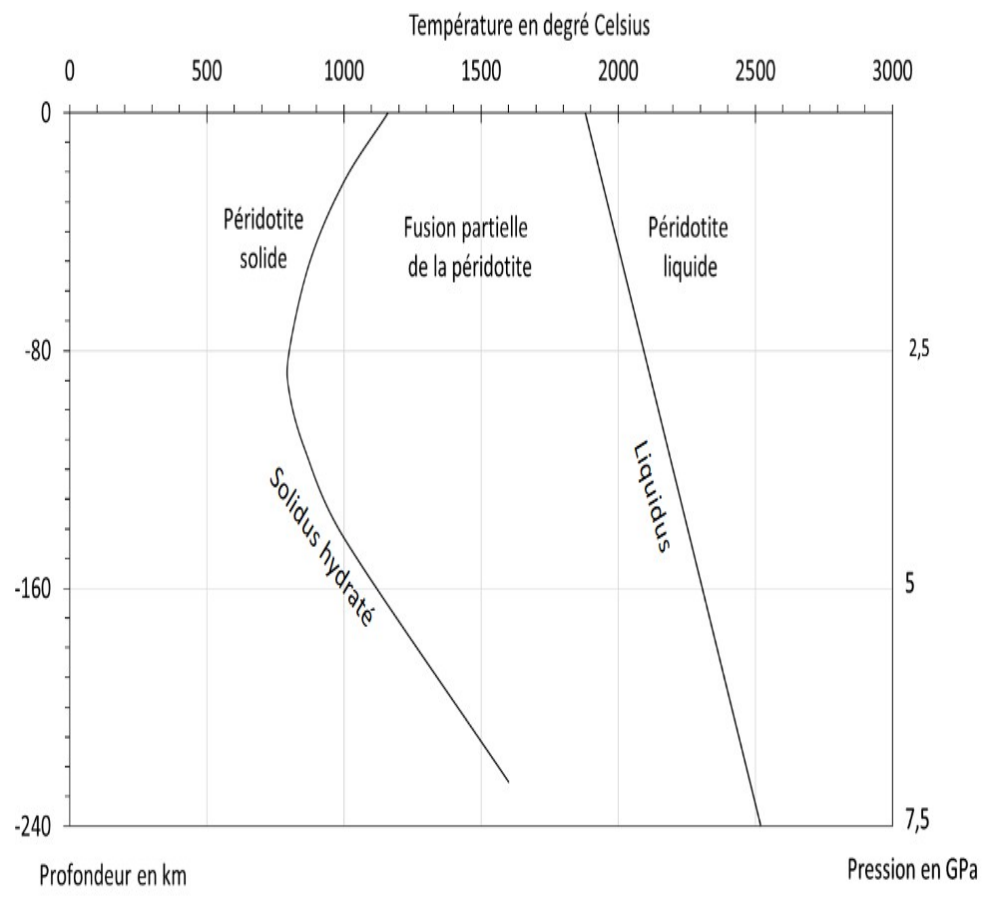
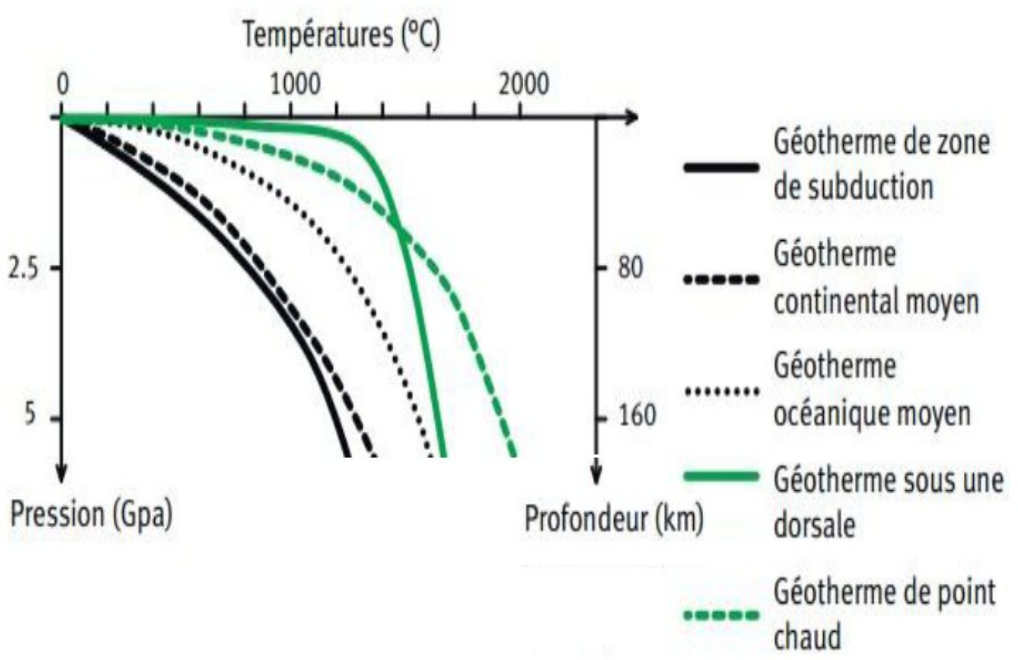
A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel

Exo : Localisation d'une zone de fusion partielle au niveau d'une zone de subduction



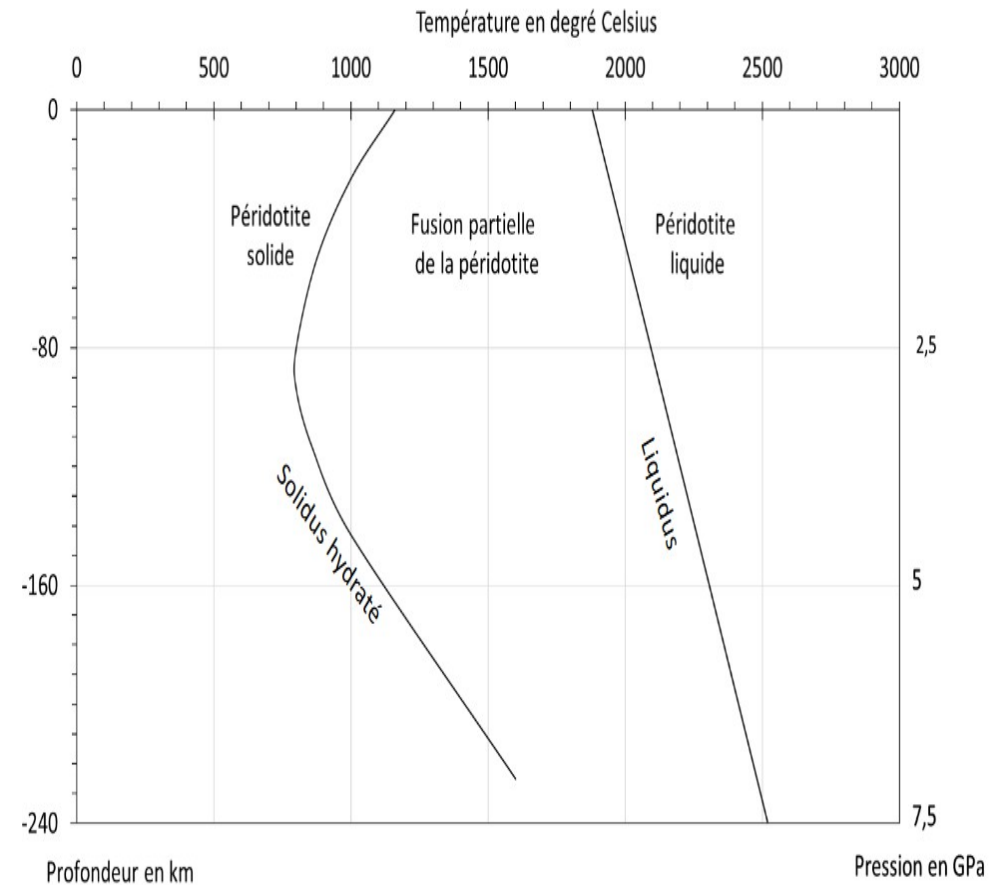
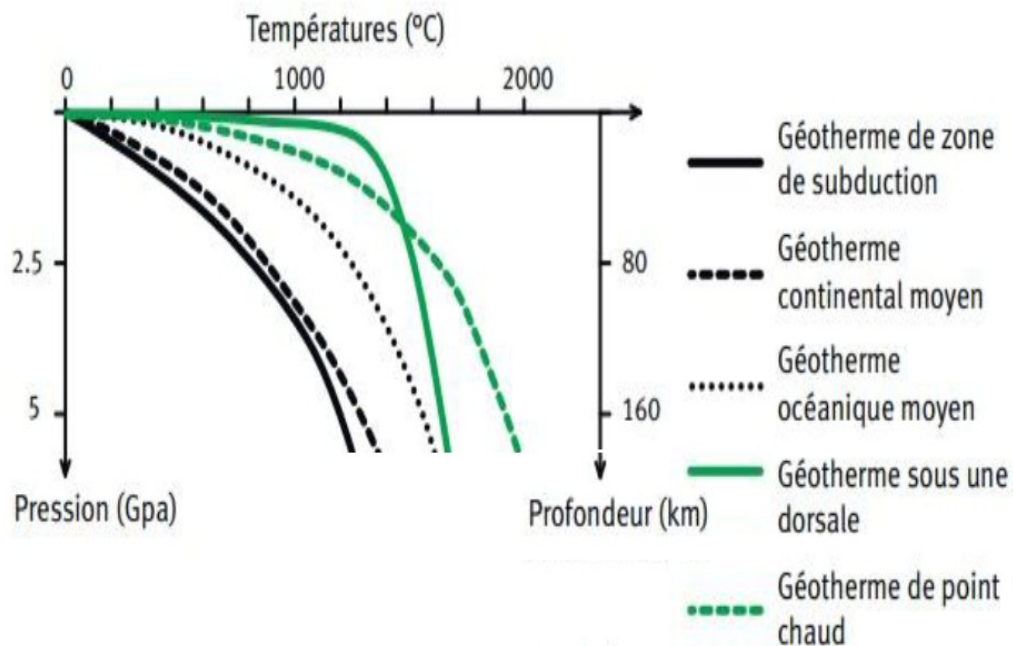
A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel

Exo : Localisation d'une zone de fusion partielle au niveau d'une zone de subduction



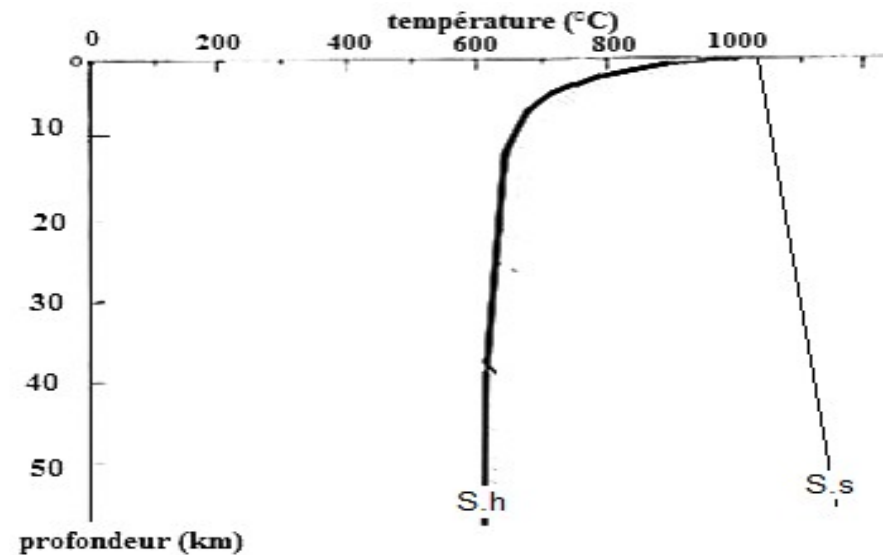
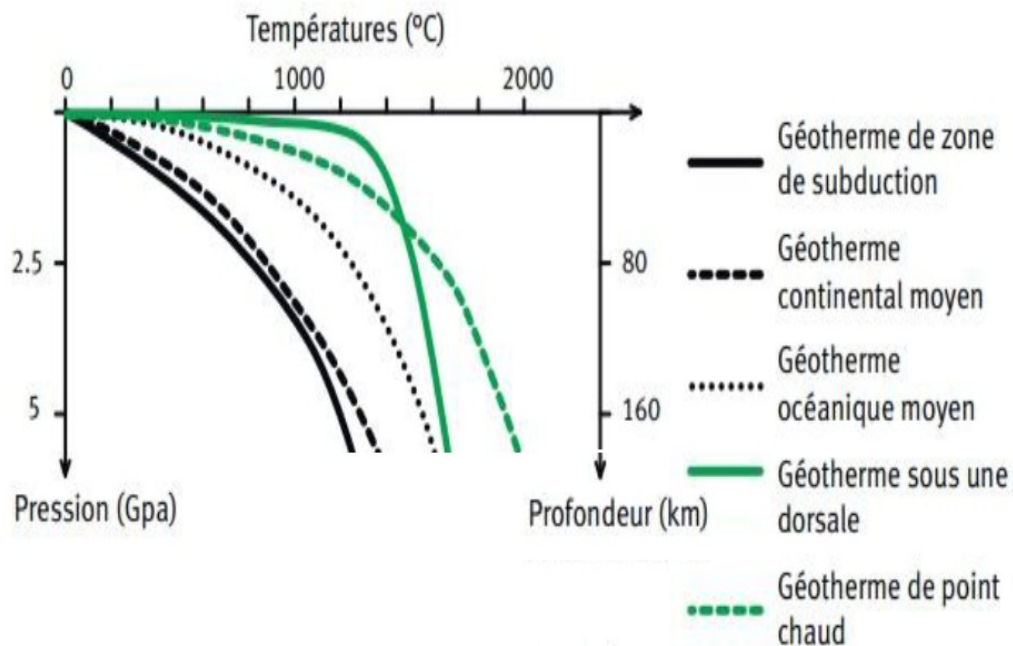
A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel

Exo : Localisation d'une zone de fusion partielle au niveau d'une zone de collision



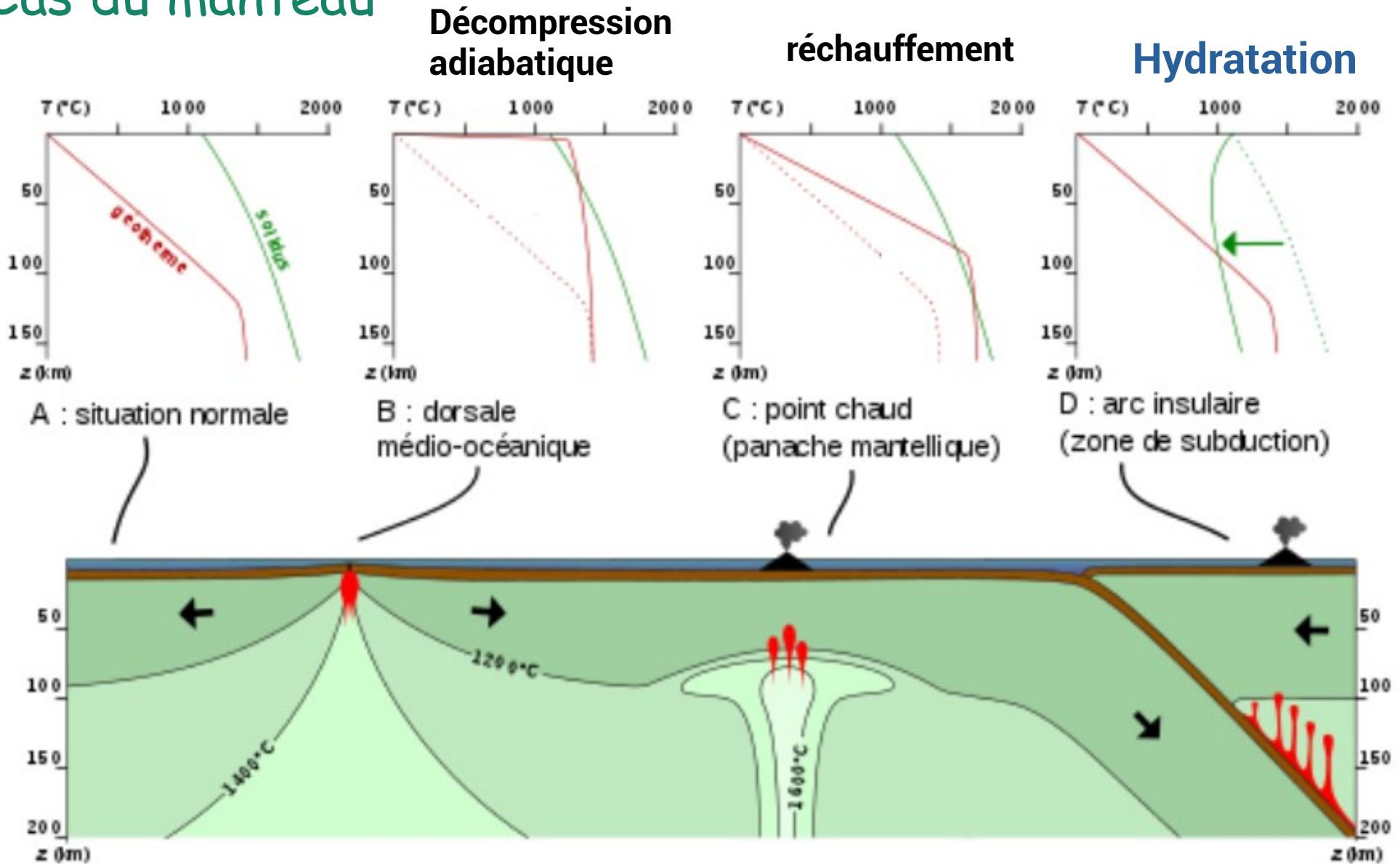
A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel

Exo : Localisation d'une zone de fusion partielle au niveau d'une zone de collision



A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel⁹

1-Cas du manteau



A-La fusion partielle est un processus relativement rare et superficiel¹⁰

2-Cas de la croûte continentale

Anatexie pendant la collision

- enfouissement des écaïlles => compression
=> métamorphisme => flux d'eau => **hydratation**
=> **réchauffement**

Anatexie tardive à la fin de la collision

- effondrement + réajustement iso + érosion
=> **décompression**

B-La composition du magma varie en fonction de la ¹¹¹roche mère et du taux de fusion partielle

1- Étude expérimentale de la fusion d'un mélange

a-cas de 2 minéraux miscibles

b-cas de 2 minéraux non miscibles

c-cas d'un mélange ternaire eutectique

1 - Etude expérimentale de la fusion d'un mélange

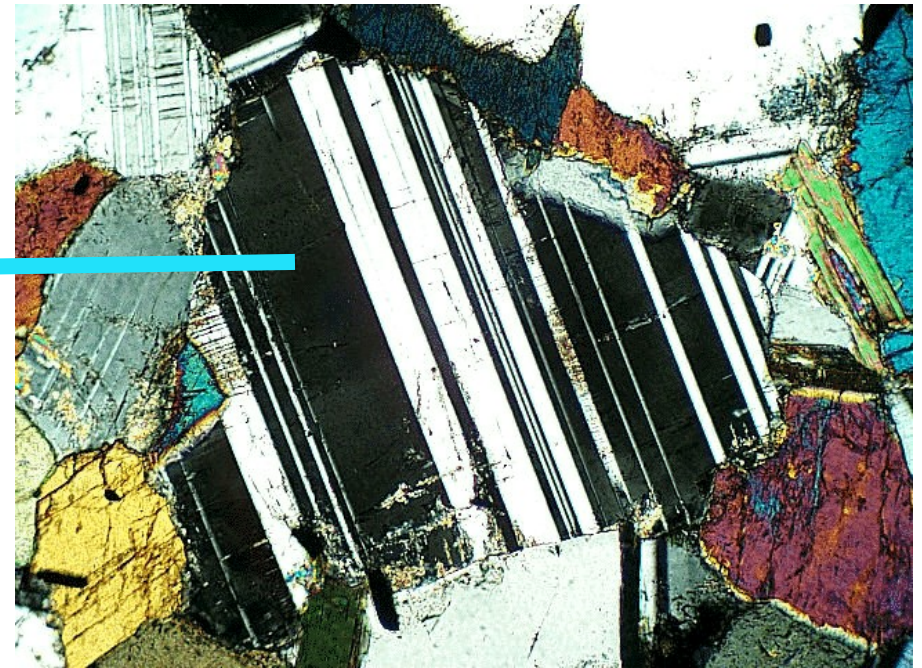
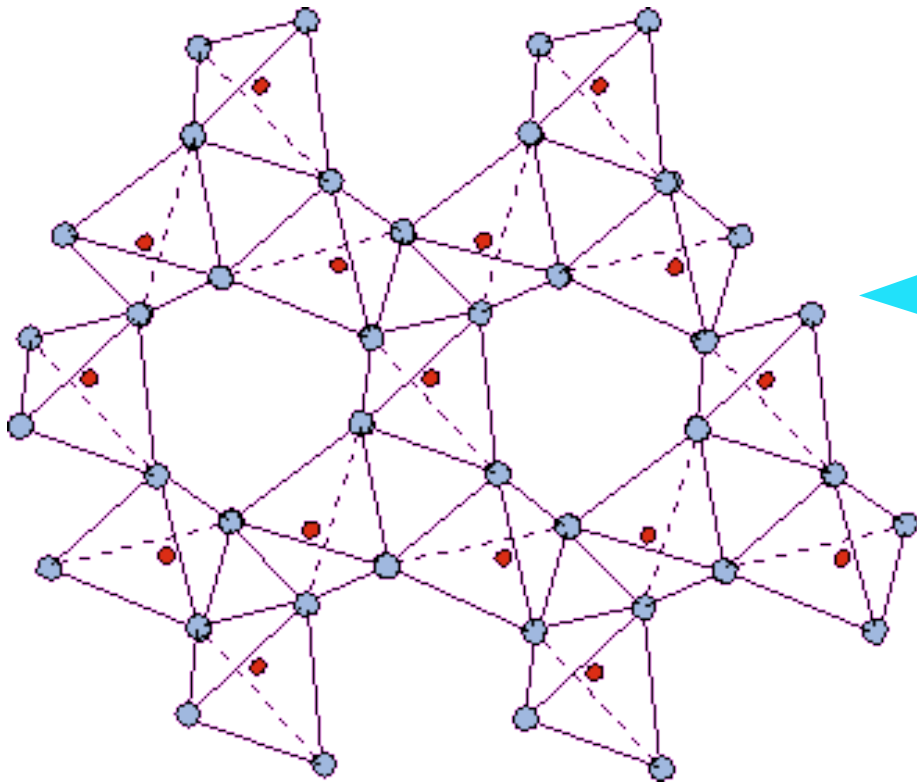
a-cas de 2 minéraux miscibles

12

Minéraux ayant des structures cristallines proches

Ex Feldspaths plagioclases

2 pôles : Albite $\text{Na} (\text{Al} \text{Si}_3 \text{O}_8)$ \longleftrightarrow Anorthite $\text{Ca} (\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8)$



1 - Etude expérimentale de la fusion d'un mélange

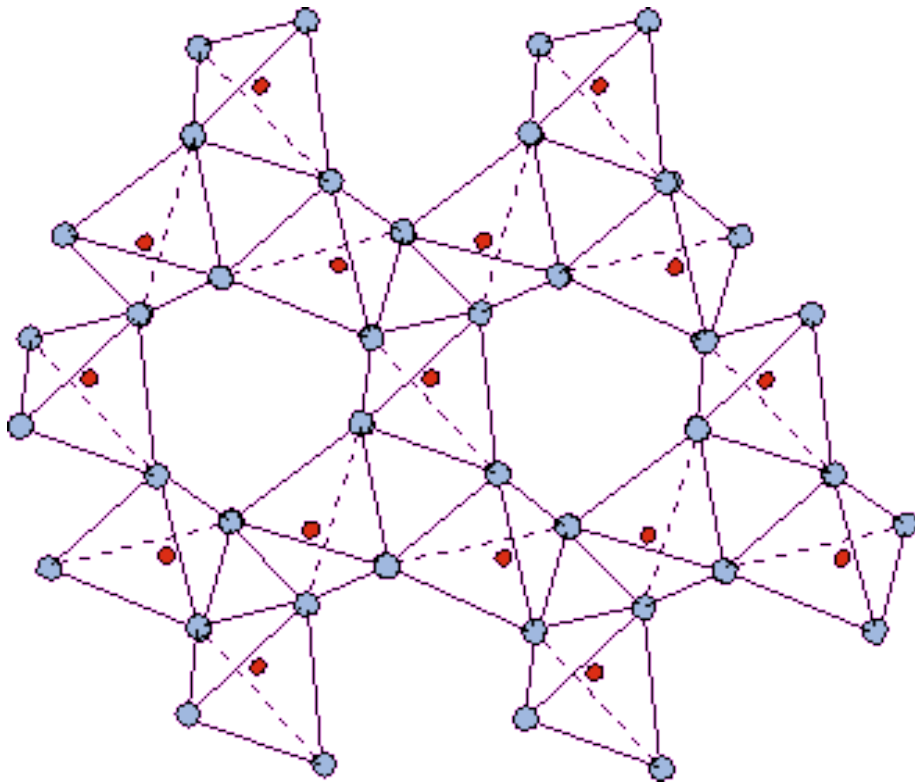
a-cas de 2 minéraux miscibles

13

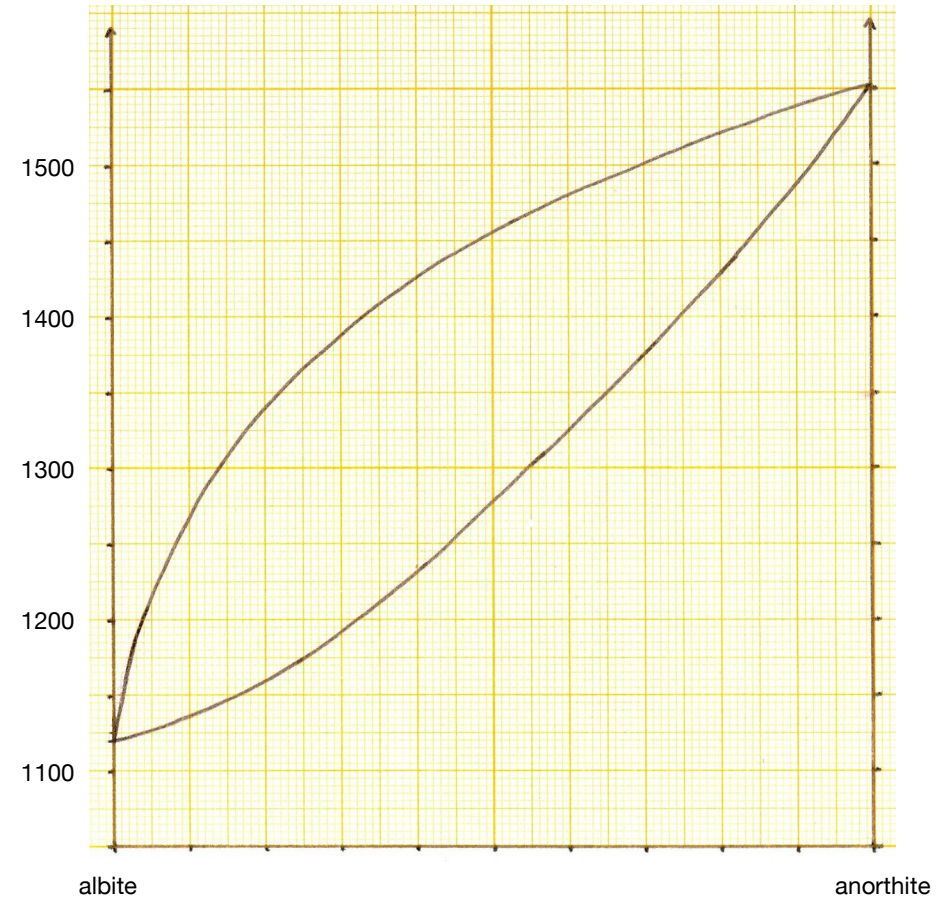
Minéraux ayant des structures cristallines proches

Ex Feldspaths plagioclases

2 pôles : Albite $\text{Na} (\text{Al} \text{Si}_3 \text{O}_8)$ \longleftrightarrow Anorthite $\text{Ca} (\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8)$



Température (° C)



1 - Etude expérimentale de la fusion d'un mélange a-cas de 2 minéraux miscibles

14

Minéraux ayant des structures cristallines proches

Ex Feldspaths plagioclases

2 pôles : Albite $\text{Na} (\text{Al} \text{Si}_3 \text{O}_8)$ \longleftrightarrow Anorthite $\text{Ca} (\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8)$

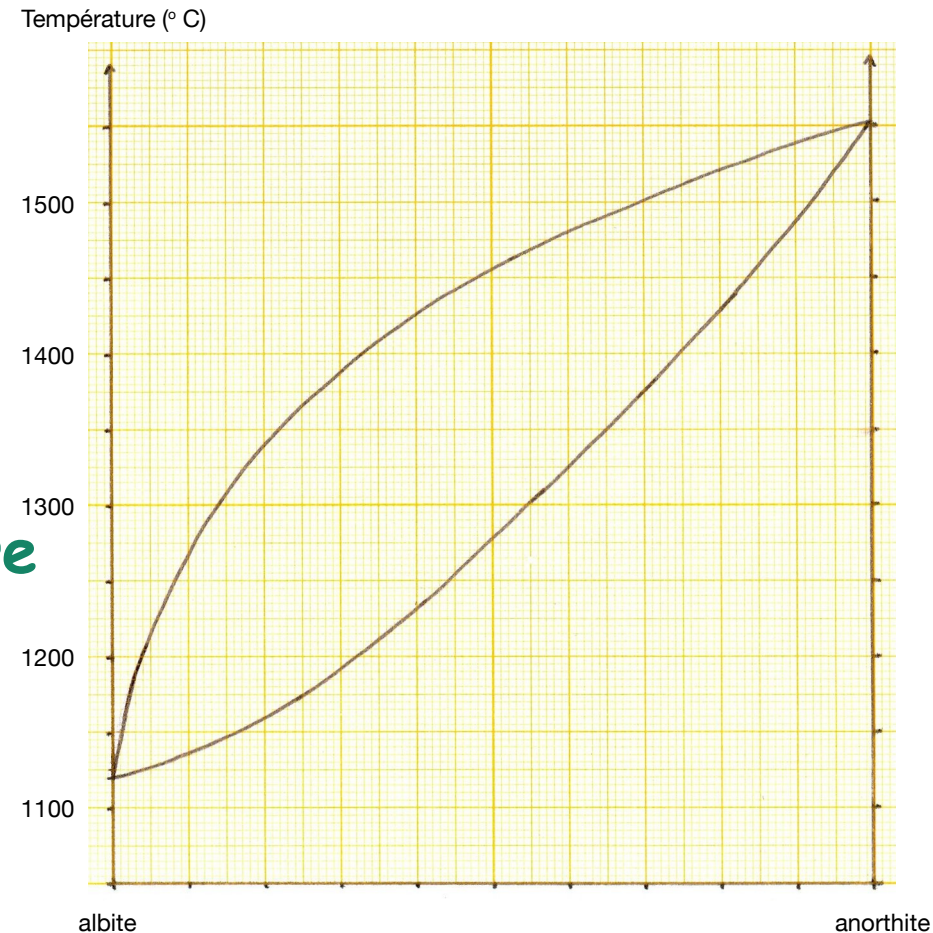
Si fusion lente (à l'équilibre)

=> \nearrow cte de T°

=> liquide initial enrichi en Albite

=> **Comp. magma \neq Comp. roche mère**

=> **=f(degré de fusion partielle)**

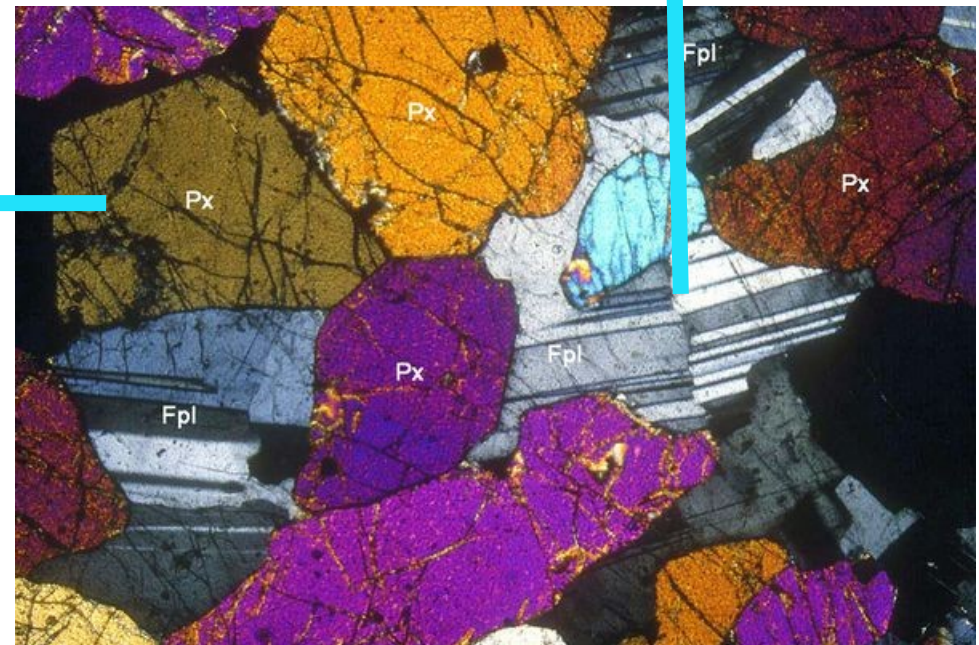
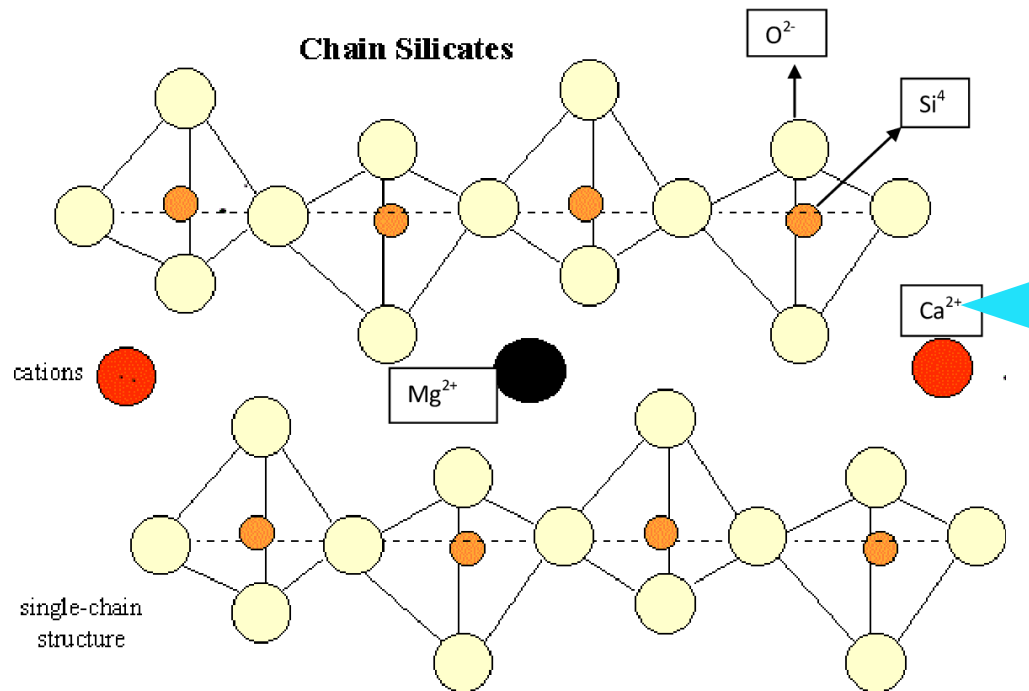
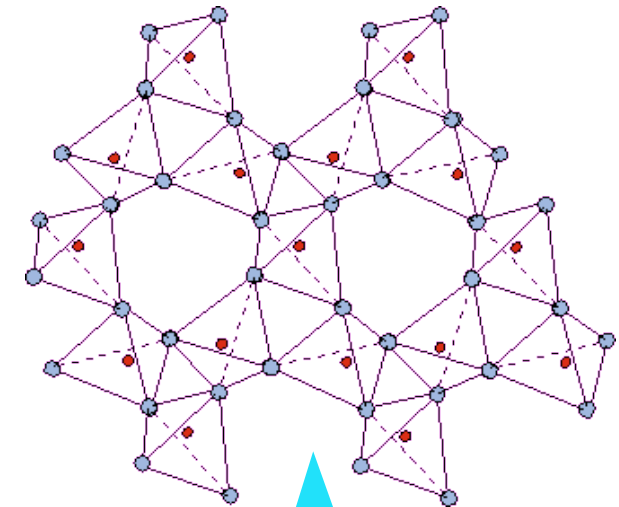


b-cas de 2 minéraux non miscibles

Minéraux ayant des structures cristallines différentes

Ex Anorthite (un plagioclase) $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$

Diopside (un pyroxène) $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$



b-cas de 2 minéraux non miscibles

Minéraux ayant des structures cristallines différentes

Ex Anorthite (un plagioclase) $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$

Diopside (un pyroxène) $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

Cas particulier : Mélange eutectique
fusion de manière uniforme à une T° cte

Autres mélanges

Fusion en 2 temps :

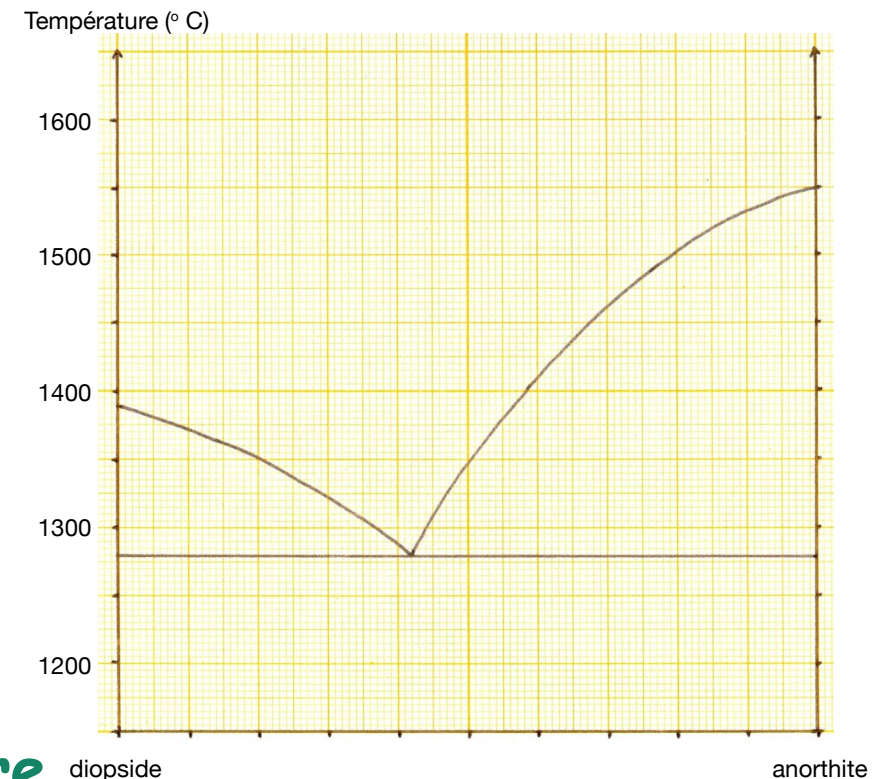
1- $T = \text{cte} = T_E$ - Compo L = Compo E

2- $T \nearrow$ - Compo L varie

Ccl: Comp. magma \neq Comp. roche mère

= Compo E si faible fusion partielle

= f(degré de fusion partielle) si forte fusion partielle

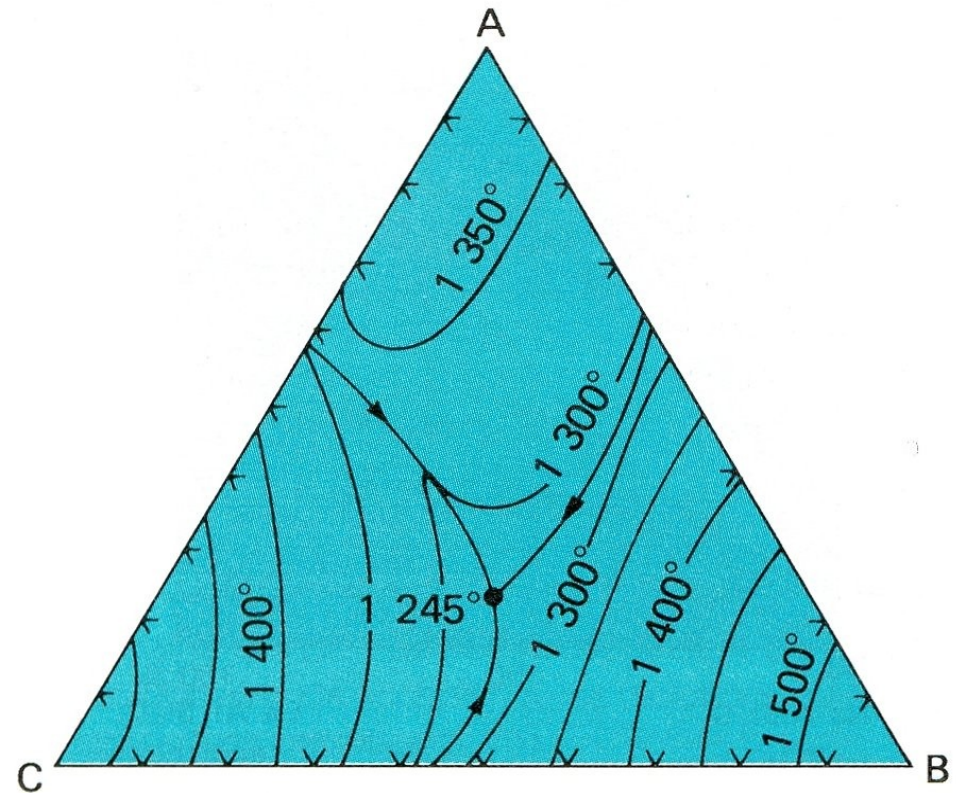
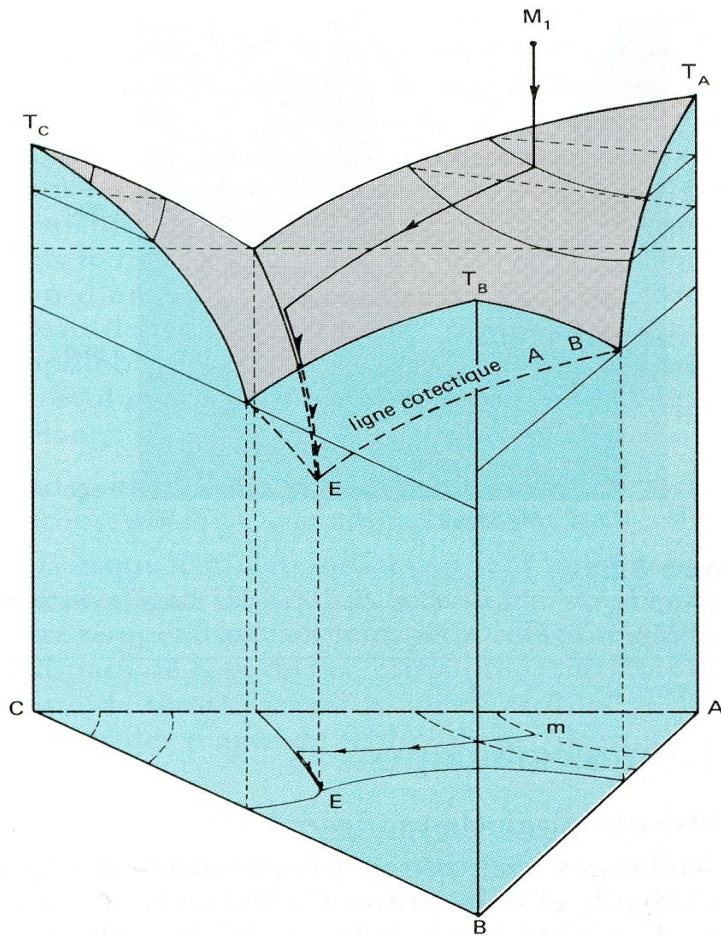


c-cas d'un mélange ternaire eutectique

17

Eutectique : $L+3$ solides

Cotectiques : $L+2$ solides



c-cas d'un mélange ternaire eutectique

Ex quartz-albite-orthose

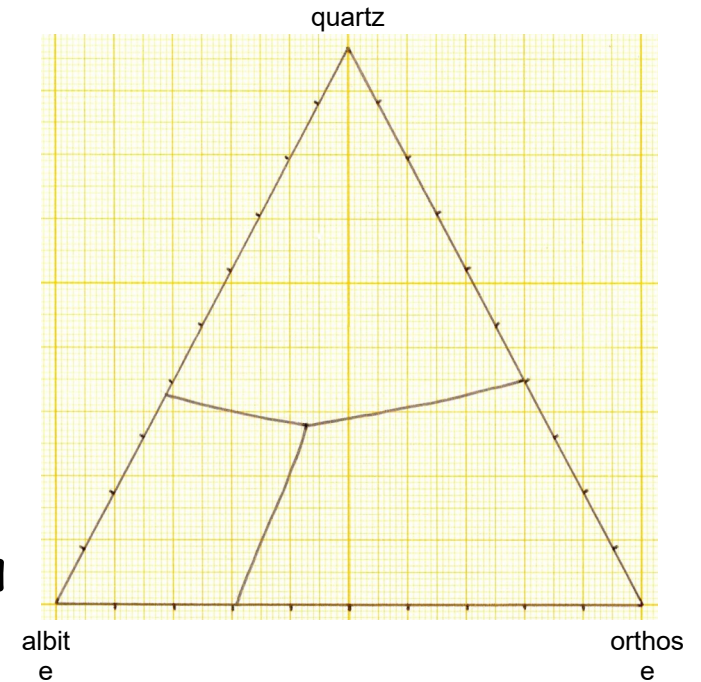
=> modélisation de l'anatexie

=> formation d'un **magma granitique**

Ex Olivine-grenat-pyroxène

=> modélisation de la fusion partielle du **manteau**

=> formation d'un **magma basaltique**



Ccl : C. magma \neq C. roche mère

= Compo E si faible fusion partielle

= f(degré de fusion partielle) si forte fusion partielle

2- La fusion partielle permet un tri géochimique

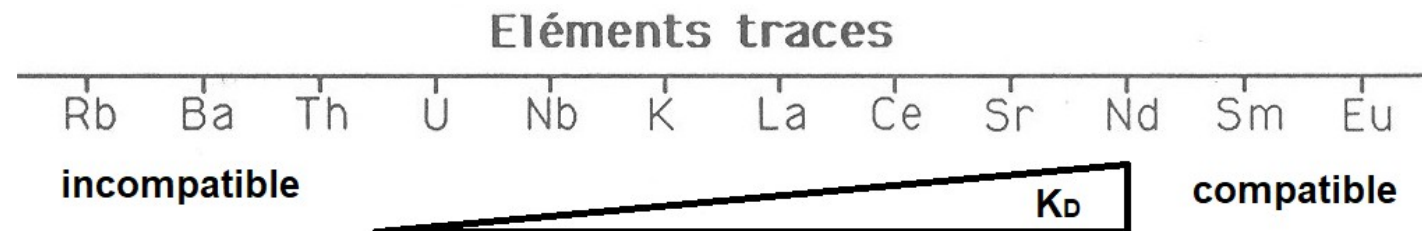
Roche 1 == F partielle faible ==> Roche résiduelle enrichie en Fe, Mg, ...
 + Magma enrichie en Na, K, ...

Ex manteau : Lherzolite → Harzburgite + magma basaltique

- Fusion incongruente si un nouveau solide se forme lors de la fusion
- éléments compatibles (avec le réseau cristallin) restent préférentiellement dans la phase solide
- éléments incompatibles passent préférentiellement dans la phase liquide

RQ : Termes qualifiant des éléments chimiques rares (autres que Si, O, Al)

- Coefficient de partage : $K_D = [E]_s / [E]_l$



Application : Estimation du taux de fusion partielle (Exo)

Hyp :
systeme fermé

Méthode :
Bilan de matière
(calcul avec Mg)

Calcul :

- (1) conservation masse Mg
- (2) conservation masse totale ;
- (3a,b,c) relation entre la masse de roche et la masse de Mg (pour chaque roche)
- (4) taux de fusion partielle = % de liquide (= % B)

Péridotite 1 → péridotite 2 + magma (roche B)

	Roche B (fig. 1)	Péridotite 1 (fig. 1 et 2)	Péridotite 2 (fig. 2)
SiO ₂	47,10	45,30	42,30
TiO ₂	2,30	0,20	0,10
Al ₂ O ₃	14,20	3,60	0,50
FeO	11,00	7,30	7,10
MnO	0,20	0,10	0,10
MgO	12,70	41,30	46,60
CaO	9,90	1,90	0,10
Na ₂ O	2,20	0,20	0,10
K ₂ O	0,40	0,10	0,0005

C- reconstitution de l'origine d'un magma

Signature isotopique en éléments traces

Ex Diagramme Néodyme-Strontium

DM : manteau supérieur

BSE-moyenne Terre

(chondrite)

EMI : sédiments océaniques

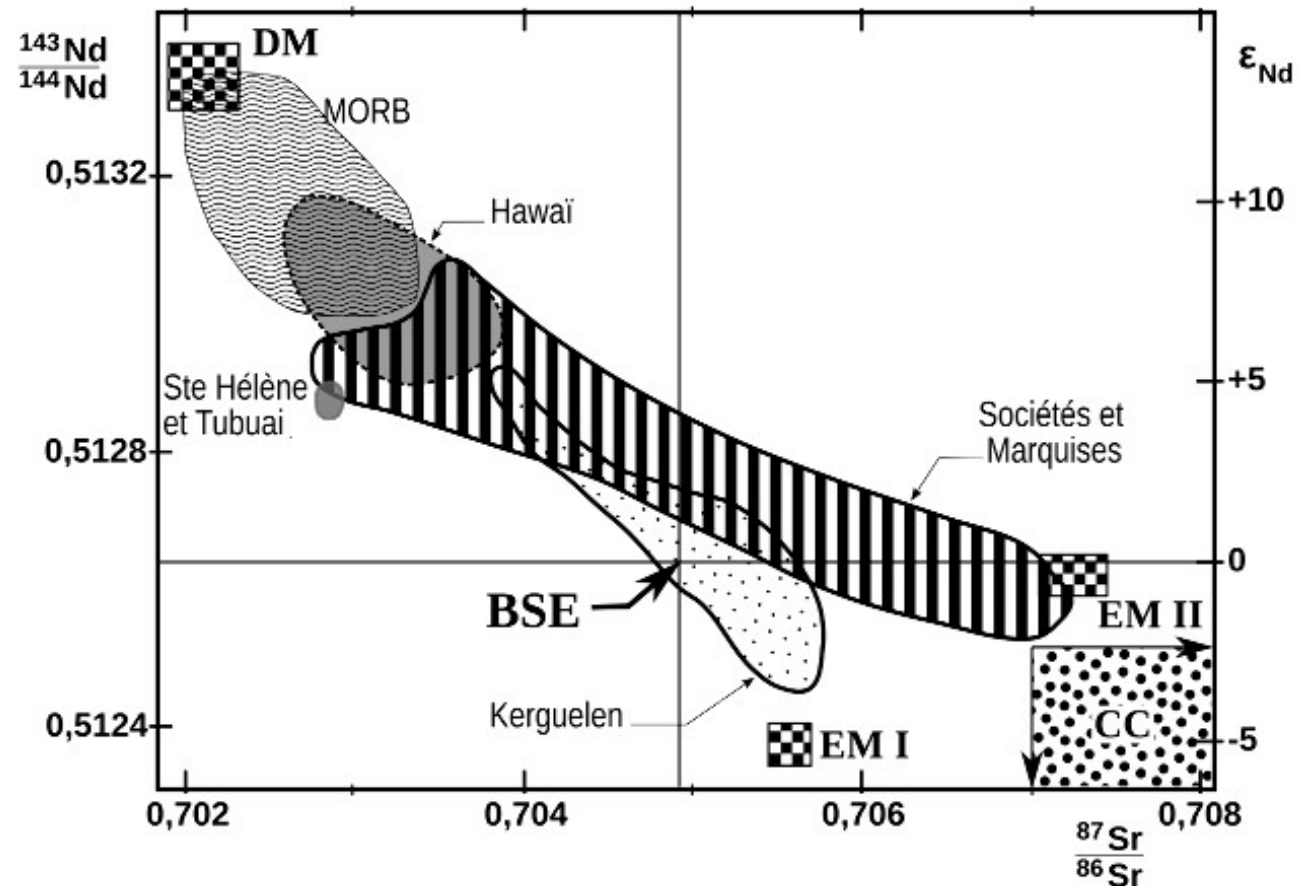
EMII : sédiments continentaux

MORB : dorsale

OIB : pt chaud

Z.subduction

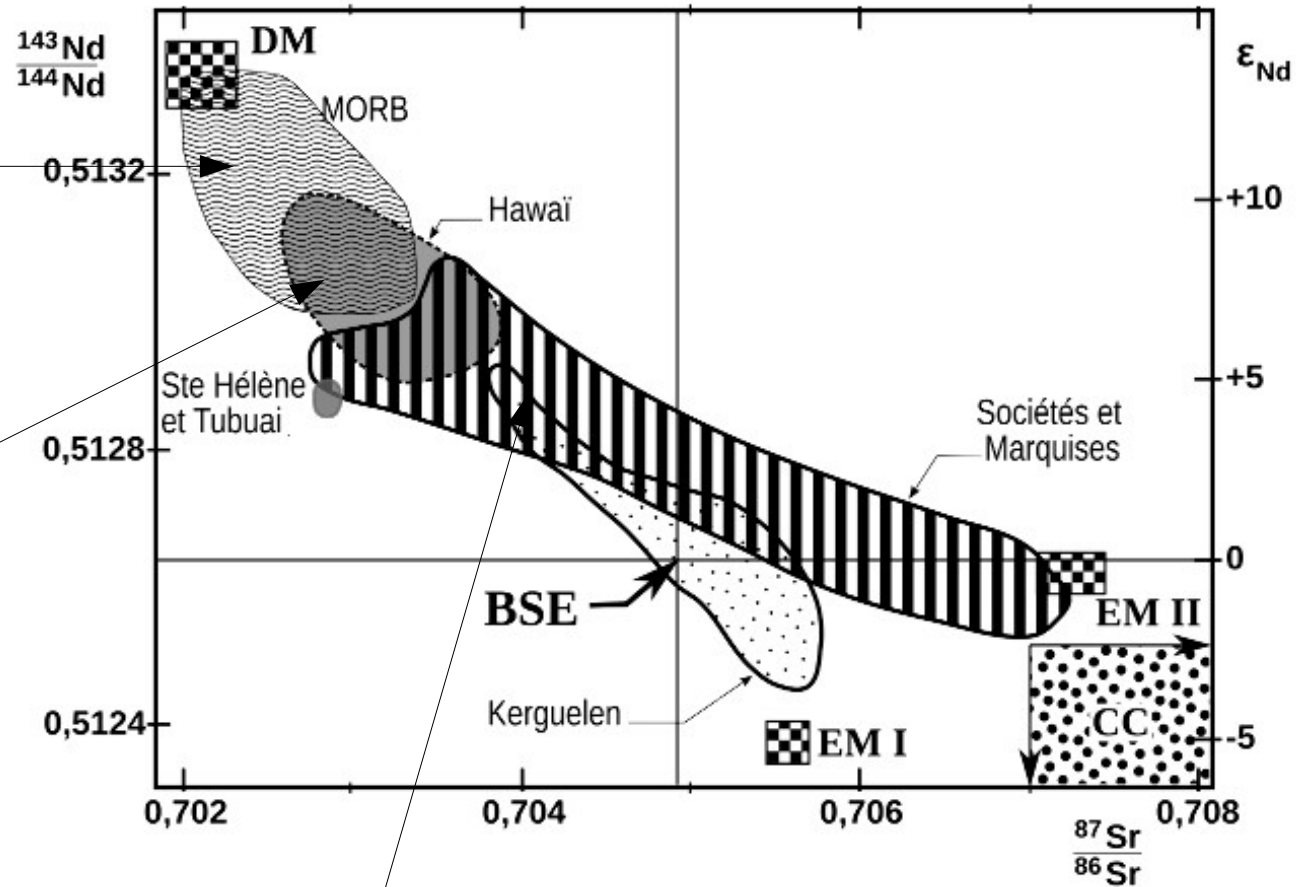
CC : croûte continentale



Ex Diagramme Néodyme-strontium

**Magma des dorsales
Issu du manteau sup**

**Magma des points chauds
Issu du manteau inf**



**Magma des zones de subduction -Signature variable
Issus du manteau sup + contaminations /CC**

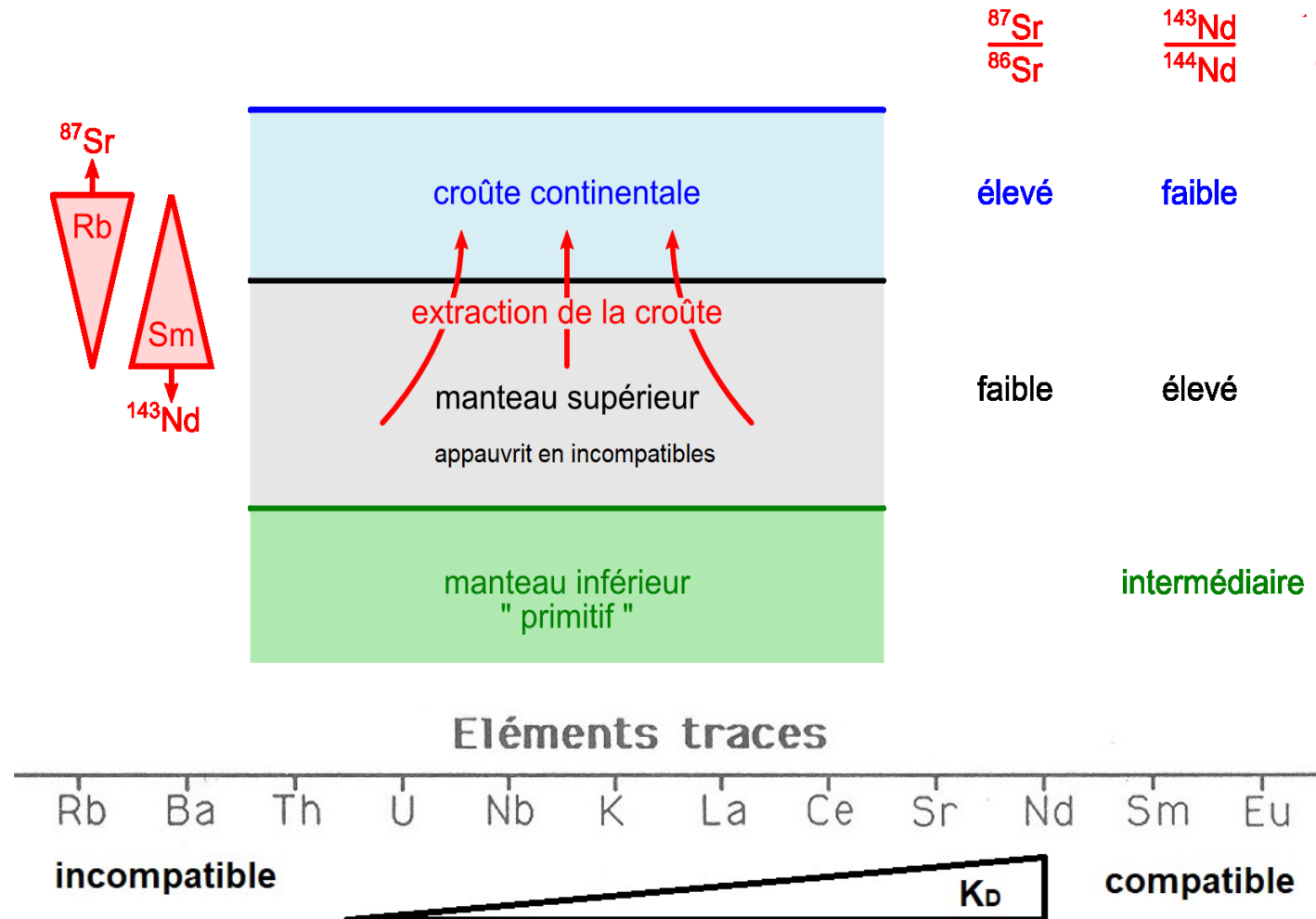
RQ : pourquoi manteau ≠ sup manteau inf ≠ CC

Hyp : Formation de la C.C a modifié le manteau sup

^{87}Sr et ^{143}Nd = isotopes radiogéniques

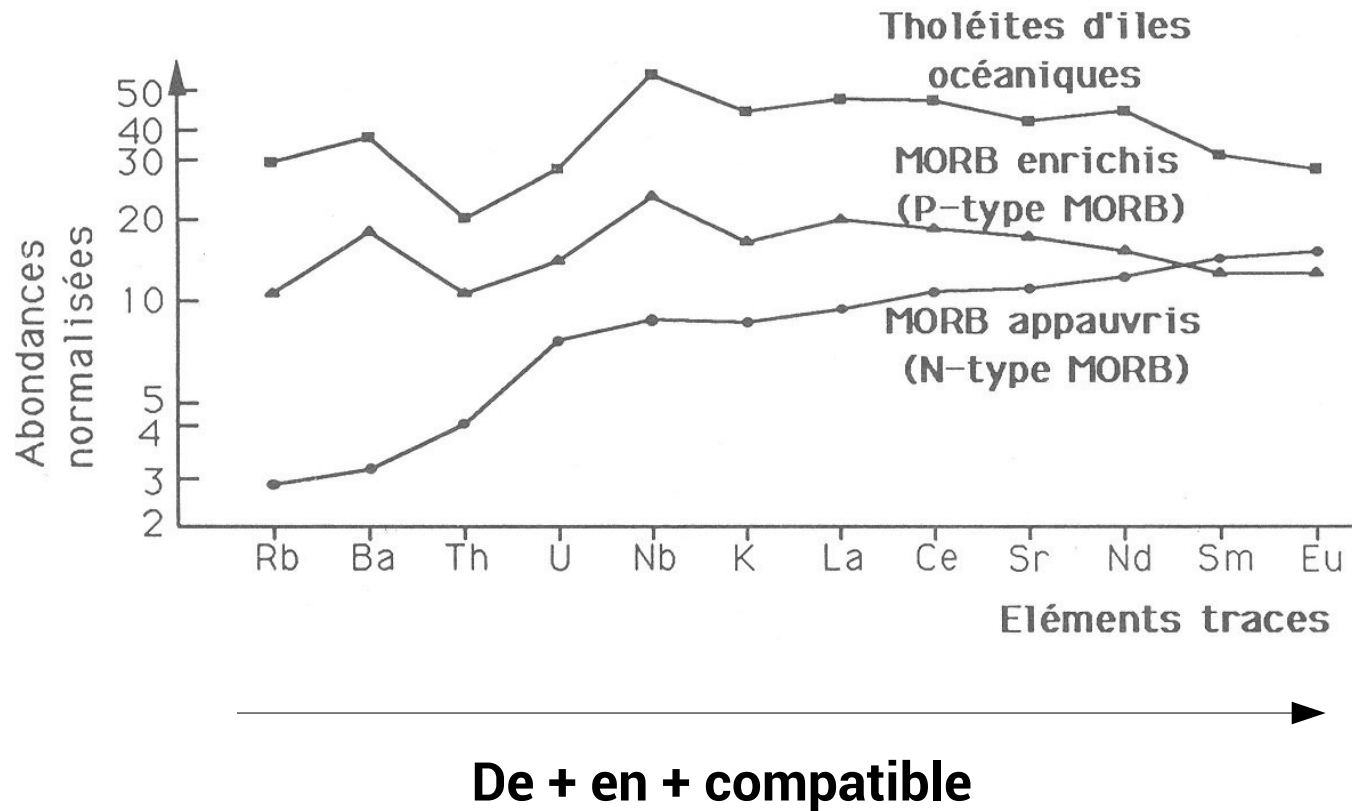
Rb très incompatible → liquide → croûte → ↗ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Sm très compatible → solide → Manteau sup → ↗ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$



Compléments

RQ : Autre exemple de diagramme



METHODO : Exploitation d'un diagramme binaire

26

Hyp : fusion lente (= à l'équilibre)

T°

début de fusion → Solidus

Fin de fusion → Liquidus

Composition

de S → solidus

de L → liquidus

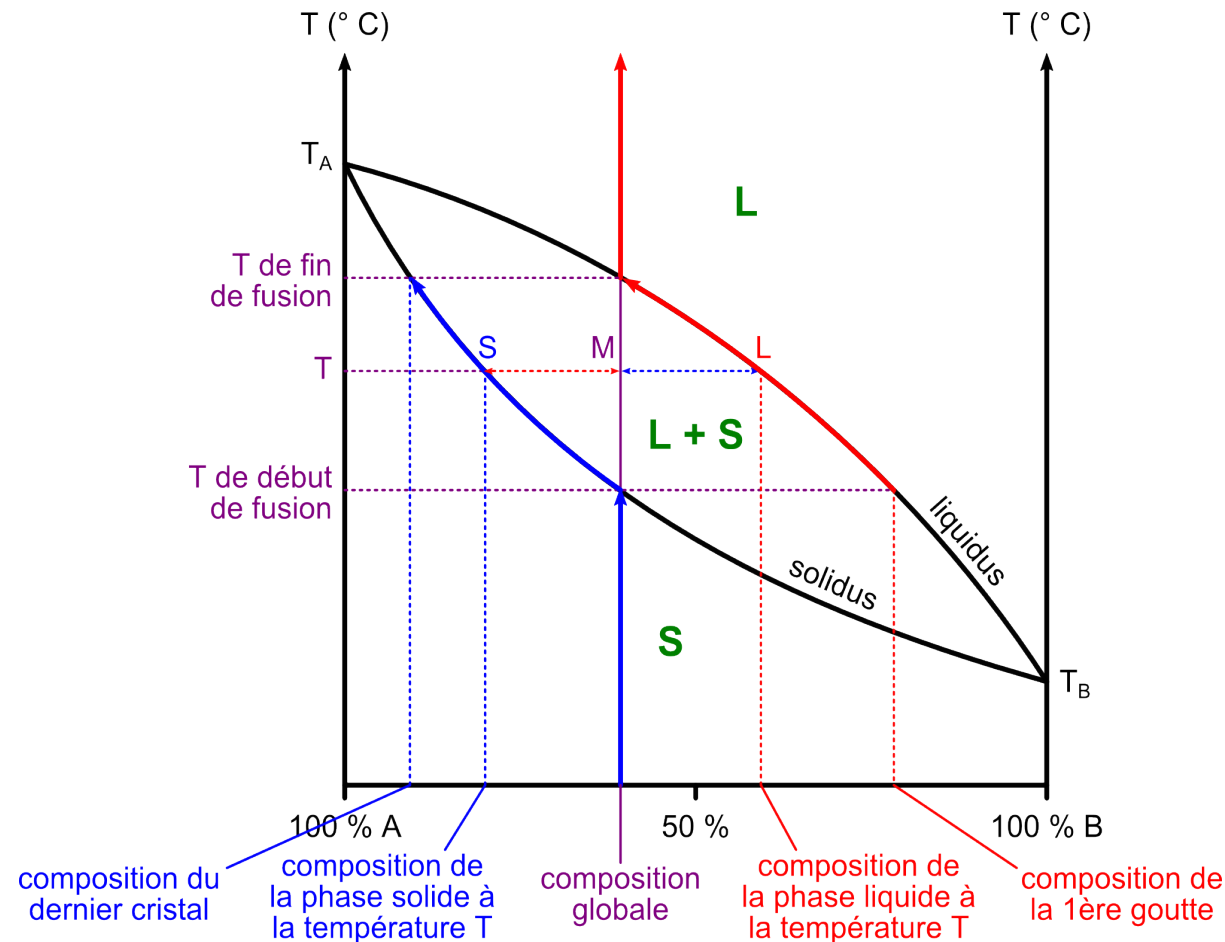
Règle Alignement L,M,S

Taux de L ou S

Théorème des moments (leviers)

$tx(\text{solide}) = ML/SL$

$tx(\text{liquide}) = MS/SL$



METHODO : Exploitation d'un diagramme binaire

27

Hyp : fusion lente (= à l'équilibre)

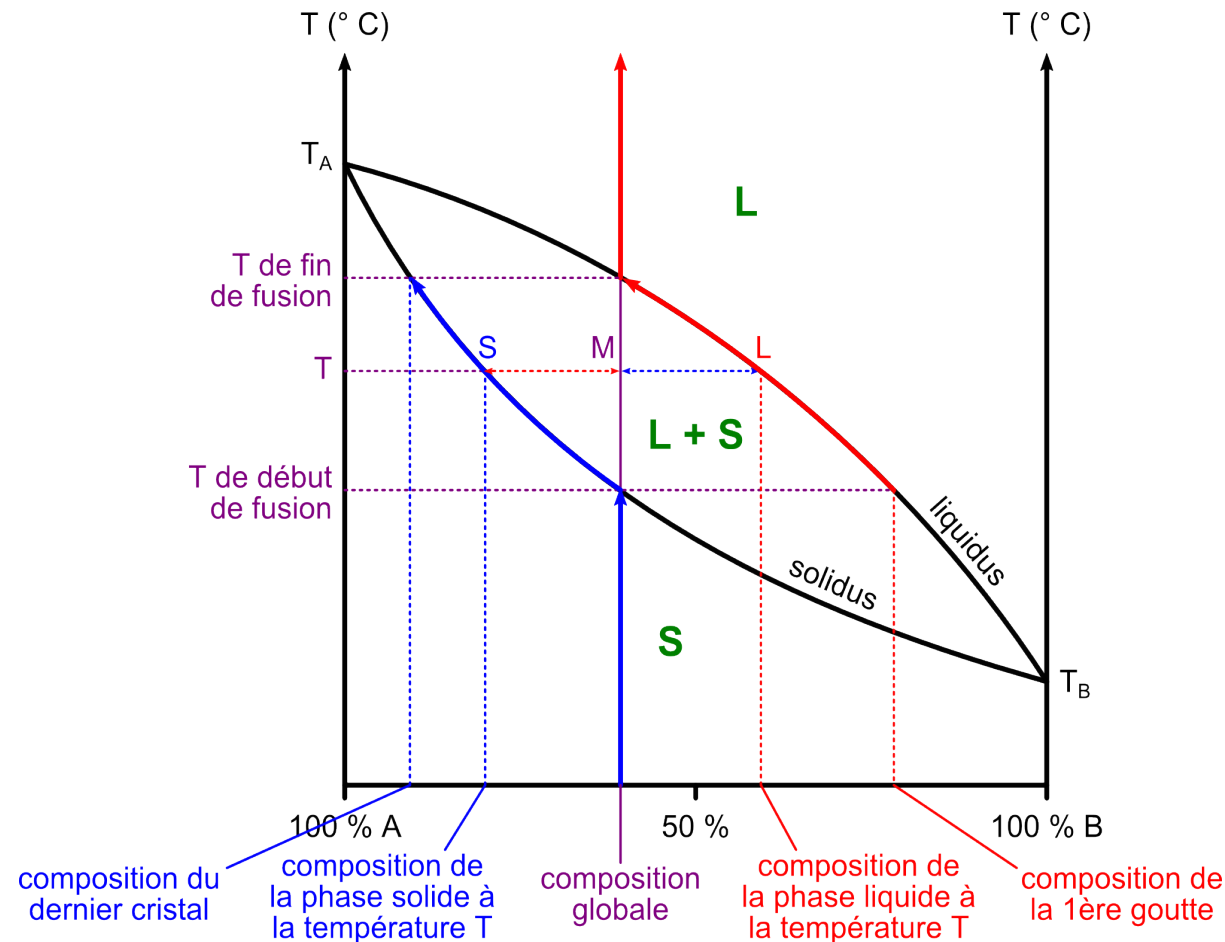
Cas d'une fusion partielle

→ S et L ont une composition différente de M

→ magma a une composition différente de la roche mère

Explication

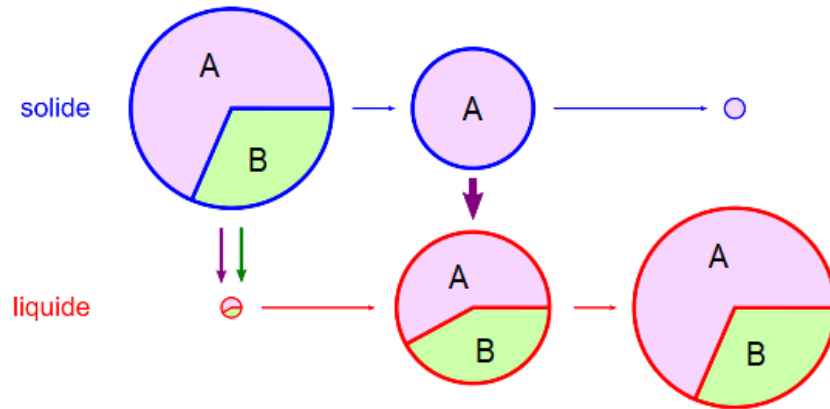
B fond plus facilement que A



METHODO : Exploitation d'un diagramme binaire avec eutectique²⁸

Hyp : fusion lente (= à l'équilibre)

Schéma de la fusion

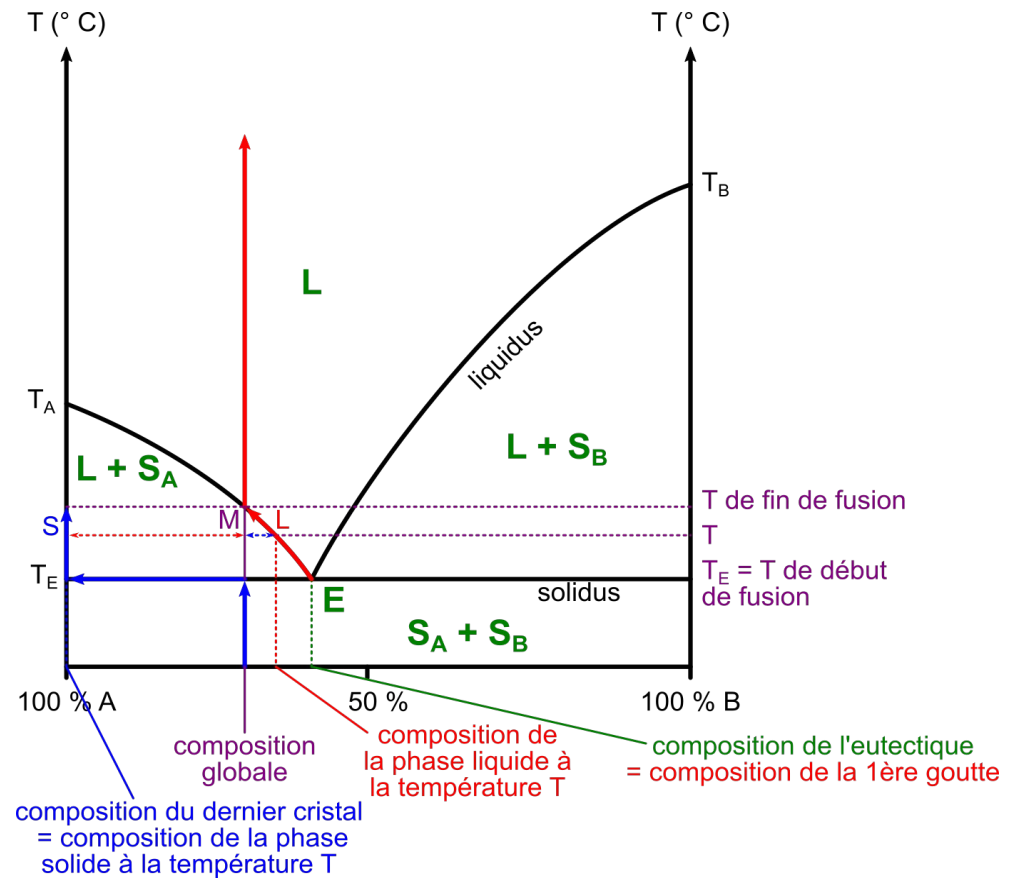


Cas d'une fusion partielle

→ S et L ont une composition différente de M

(sauf si $M=E$)

→ magma a une composition différente de la roche mère



METHODO : Exploitation d'un diagramme binaire avec eutectique²⁹

Hyp : fusion lente (= à l'équilibre)

T^o

début de fusion → Solidus: **T_E**

Fin de fusion → Liquidus

Composition

de S → solidus :

de L → liquidus : 1^o goutte = **E**

L = E tant que B fond

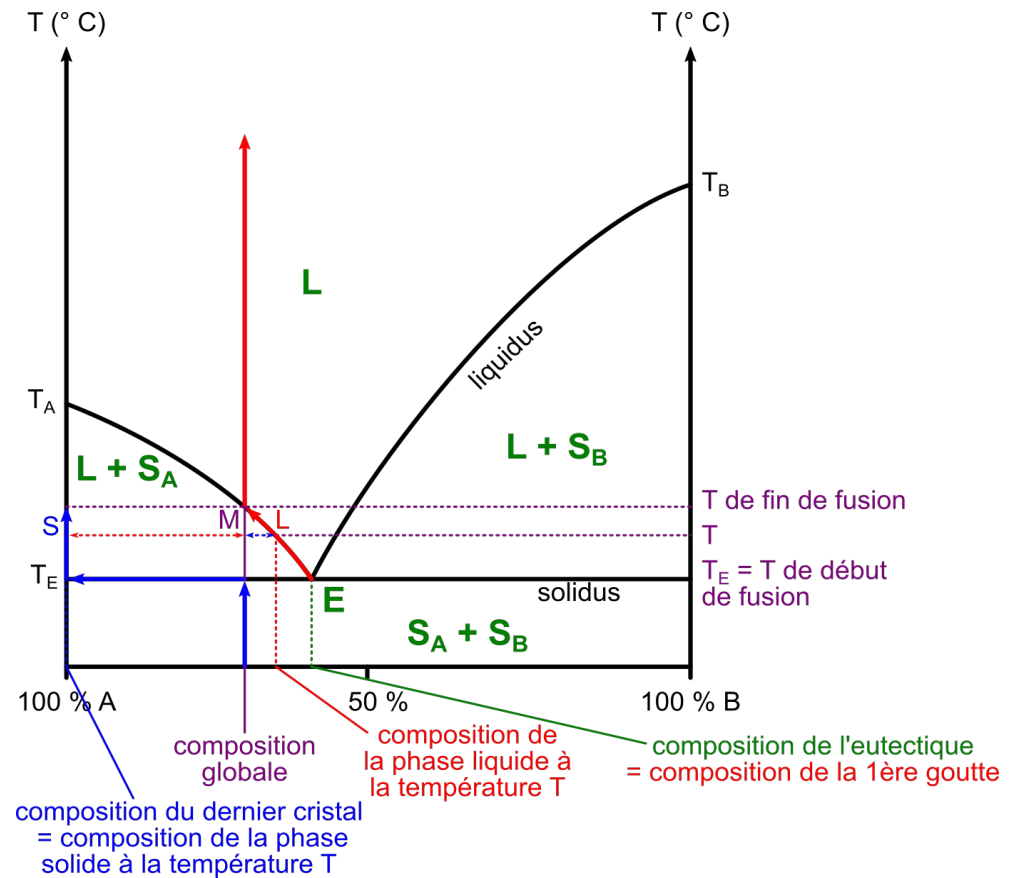
Règle Alignement L,M,S

Taux de L ou S

Théorème des moments (leviers)

tx (solide) = ML/SL

tx (liquide) = MS/SL



METHODO :

Exploitation d'un diagramme ternaire avec eutectique

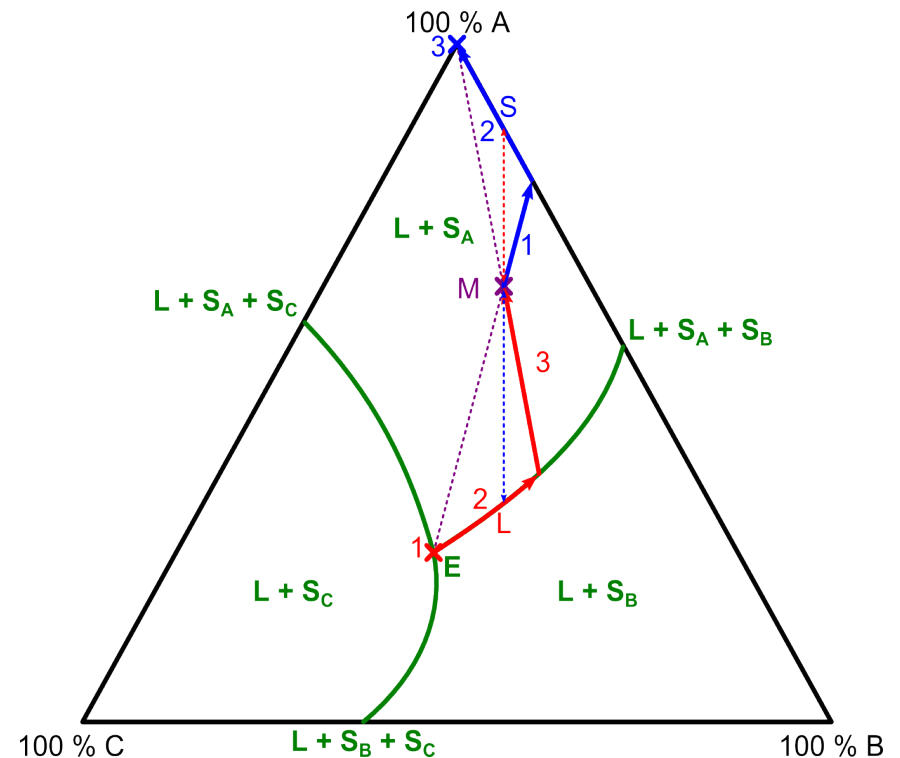
Règles générales pour la lecture d'un diagramme

règle 1 : dans un mélange L+S,
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)
 $tx(\text{solide}) = ML/SL$ et $tx(\text{liquide}) = MS/SL$

Règle 4 : En présence d'un eutectique,
La première goutte de liquide a la
composition E et la température TE



Application : Estimation du taux de fusion partielle (Exo)

Hyp :

systeme fermé

Méthode :

**Bilan de matière
(calcul avec Mg)**

Calcul :

$$- (1) m Mg_B + m Mg_{P2} = m Mg_{P1}$$

$$- (2) m B + m P2 = m P1$$

$$- (3) m Mg_B = m B \times \% Mg_B; m Mg_{P1} = m B \times \% Mg_{P1}; m Mg_{P2} = m B \times \% Mg_{P2}$$

$$- (4) \text{Taux de fusion partielle} = m B / m P1$$

Résultat : environ 16 %

Péridotite 1 → péridotite 2 + magma (roche B)

	Roche B (fig. 1)	Péridotite 1 (fig. 1 et 2)	Péridotite 2 (fig. 2)
SiO ₂	47,10	45,30	42,30
TiO ₂	2,30	0,20	0,10
Al ₂ O ₃	14,20	3,60	0,50
FeO	11,00	7,30	7,10
MnO	0,20	0,10	0,10
MgO	12,70	41,30	46,60
CaO	9,90	1,90	0,10
Na ₂ O	2,20	0,20	0,10
K ₂ O	0,40	0,10	0,0005