

Chapitre 2  
Les processus fondamentaux du  
magmatisme

# 1. La production des magmas primaires

# Importance de la roche mère



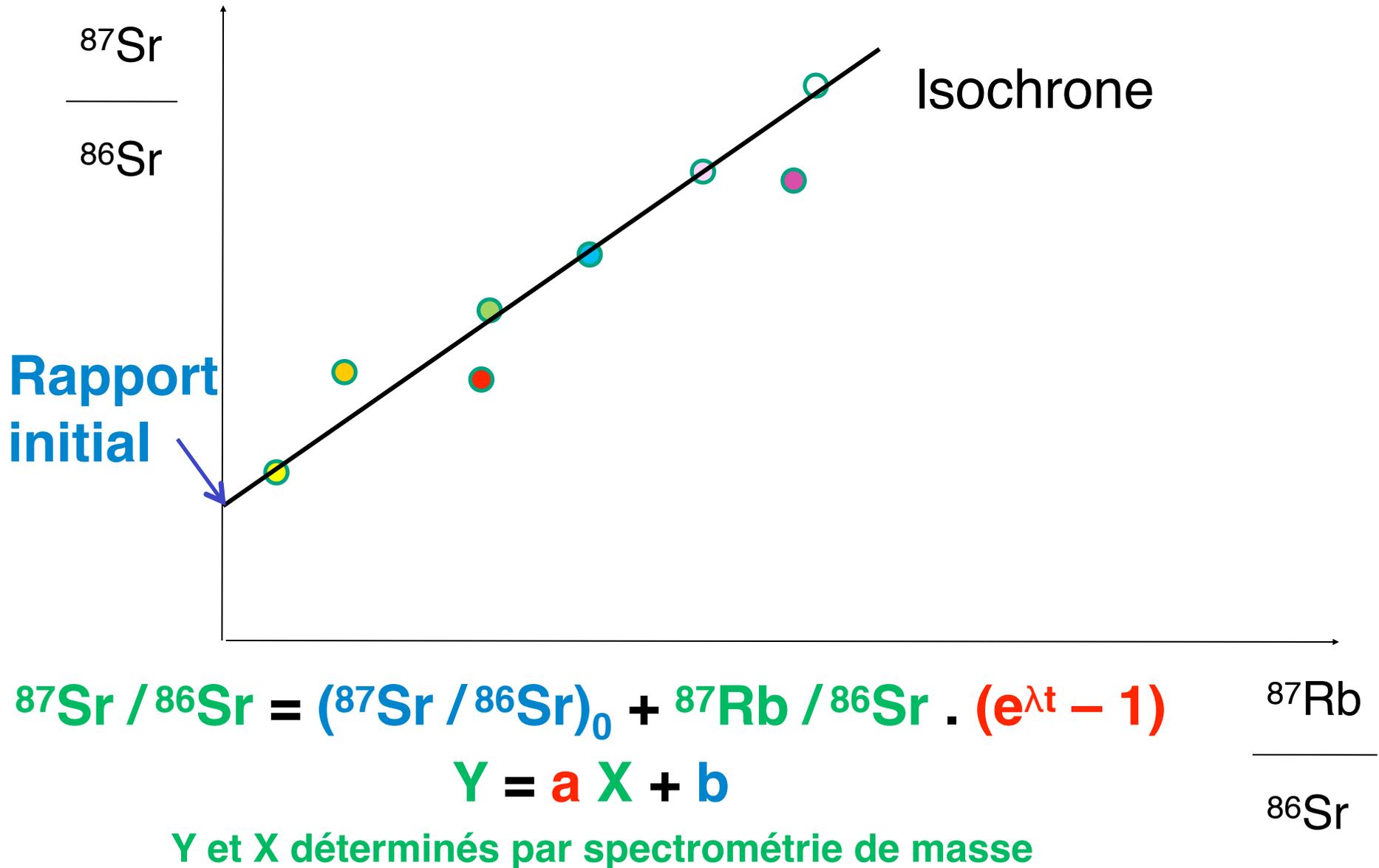
Basalte à enclave de  
péridotite



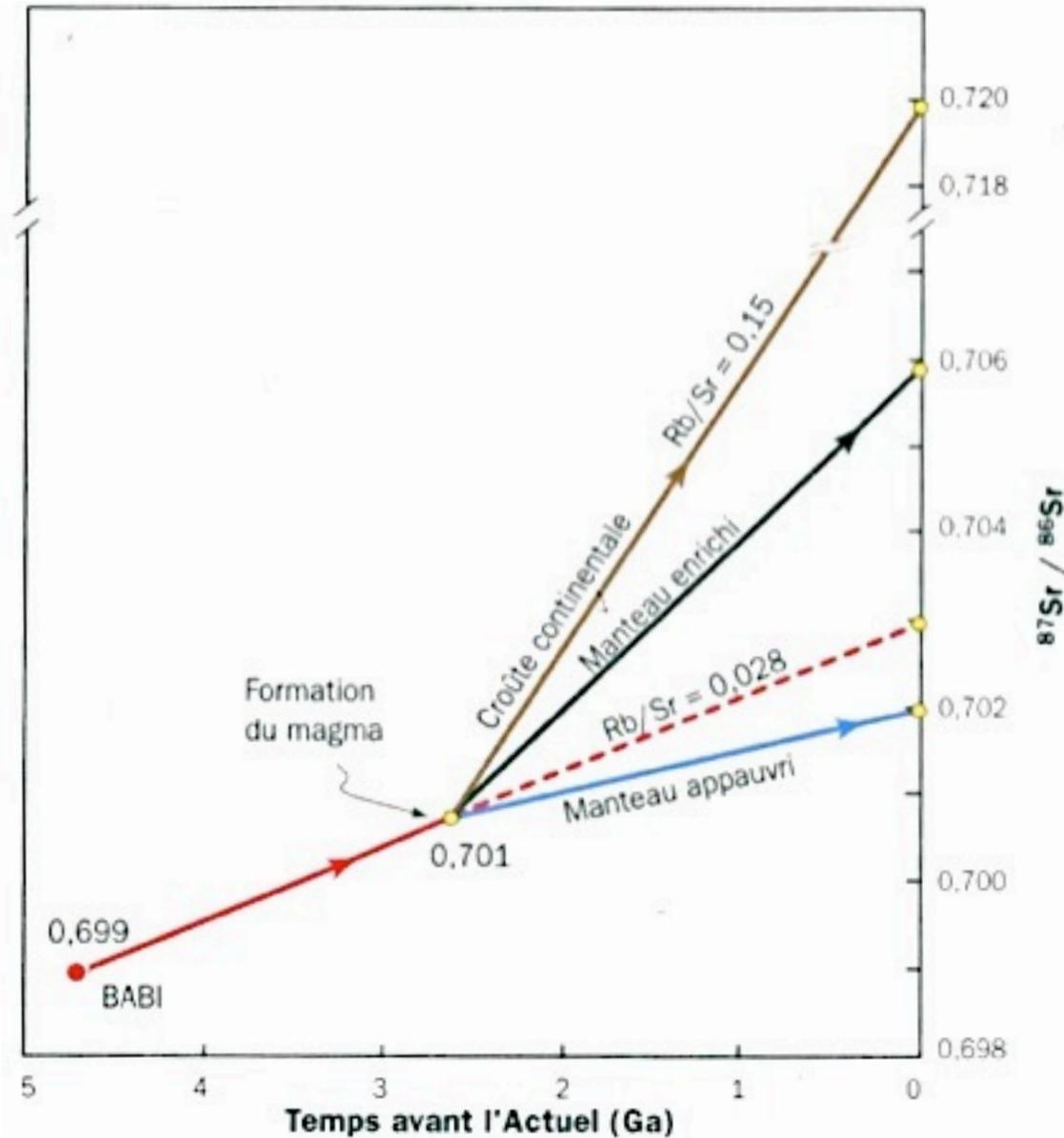
Granite

**Une fusion partielle et sélective**

# La signature isotopique : le rapport initial



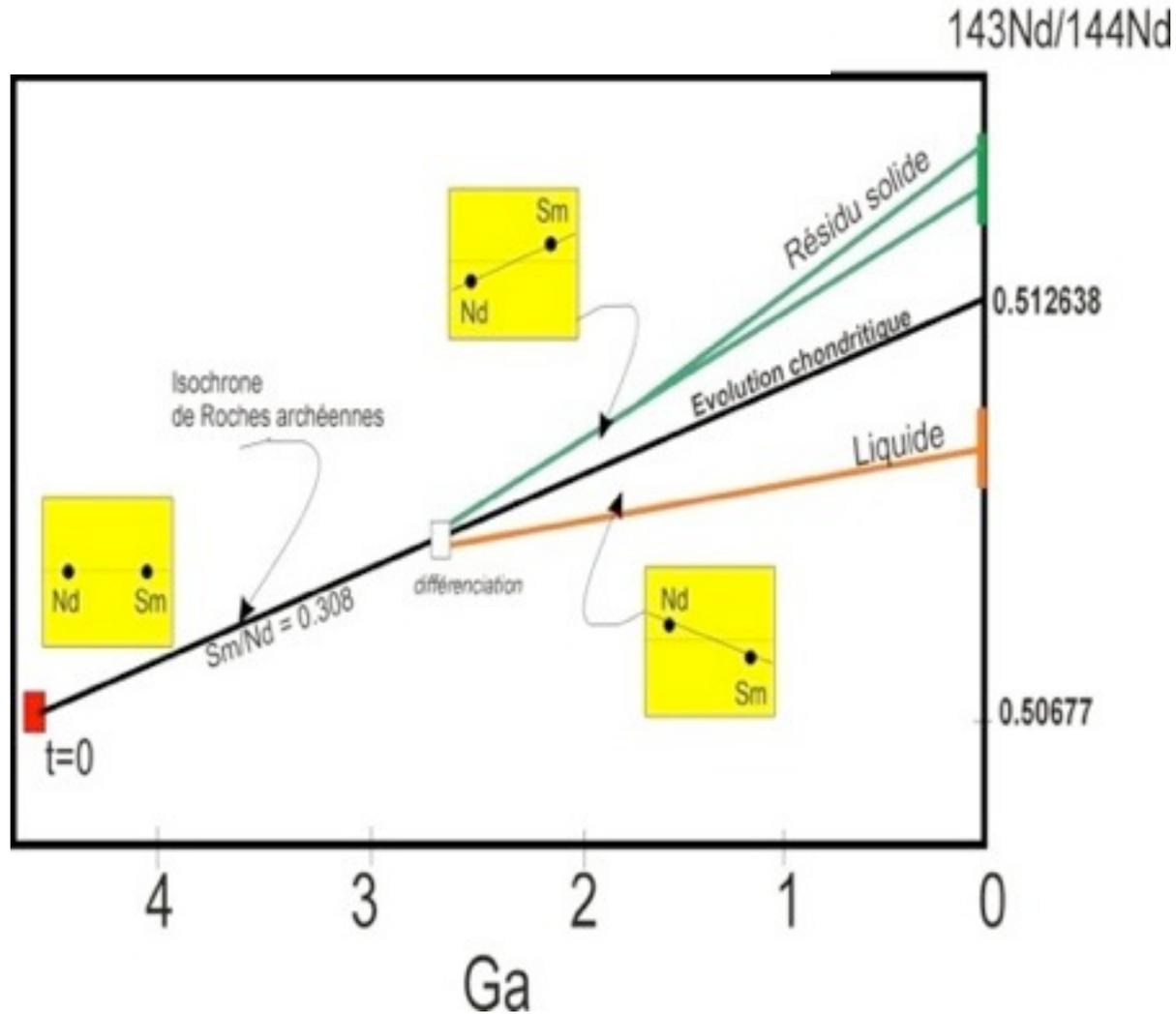
# Évolution dans le temps



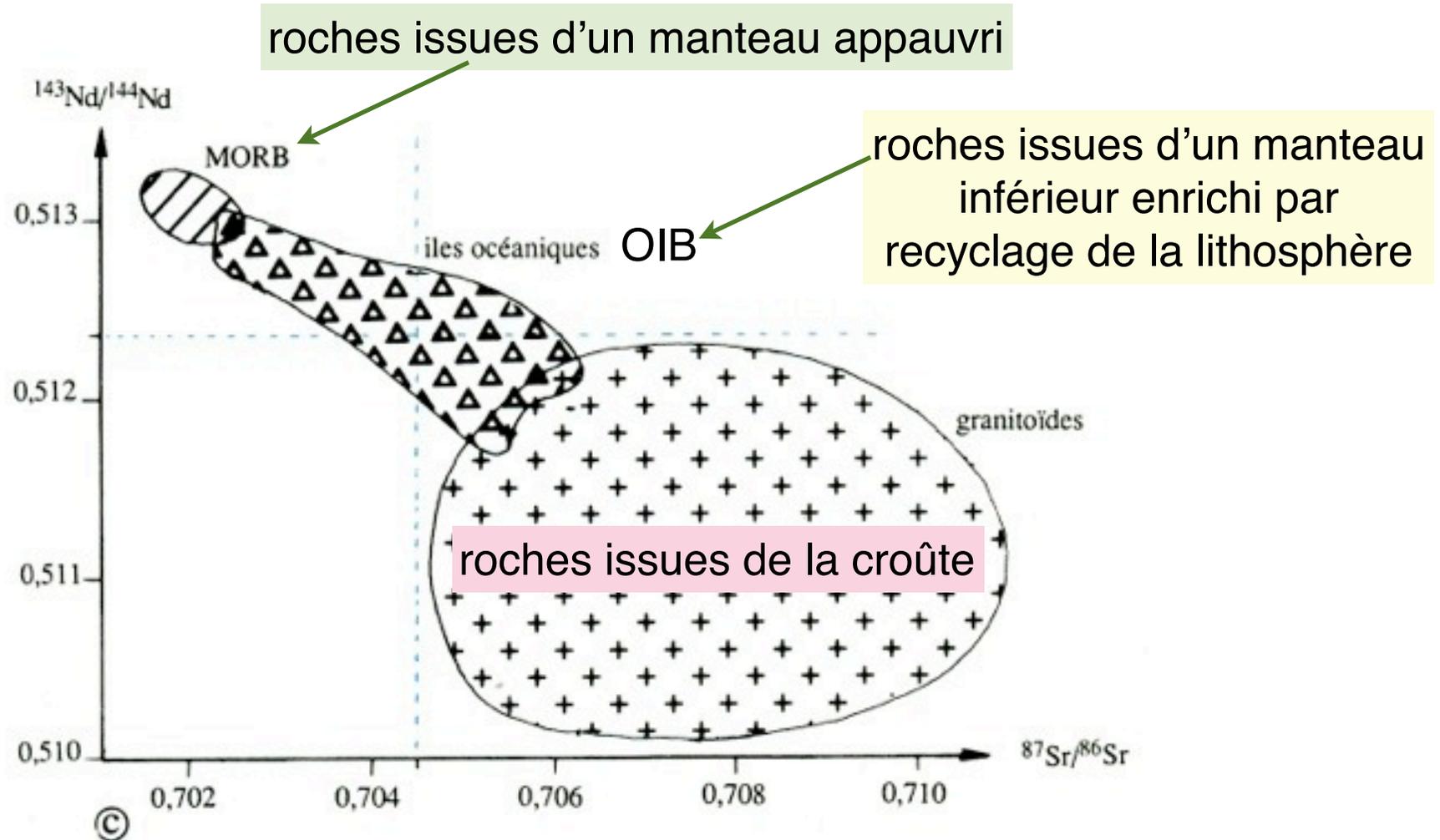
BABI = basalt  
achondrite  
best initial

# Le couple de terres rares Sm / Nd

Lien avec le TP

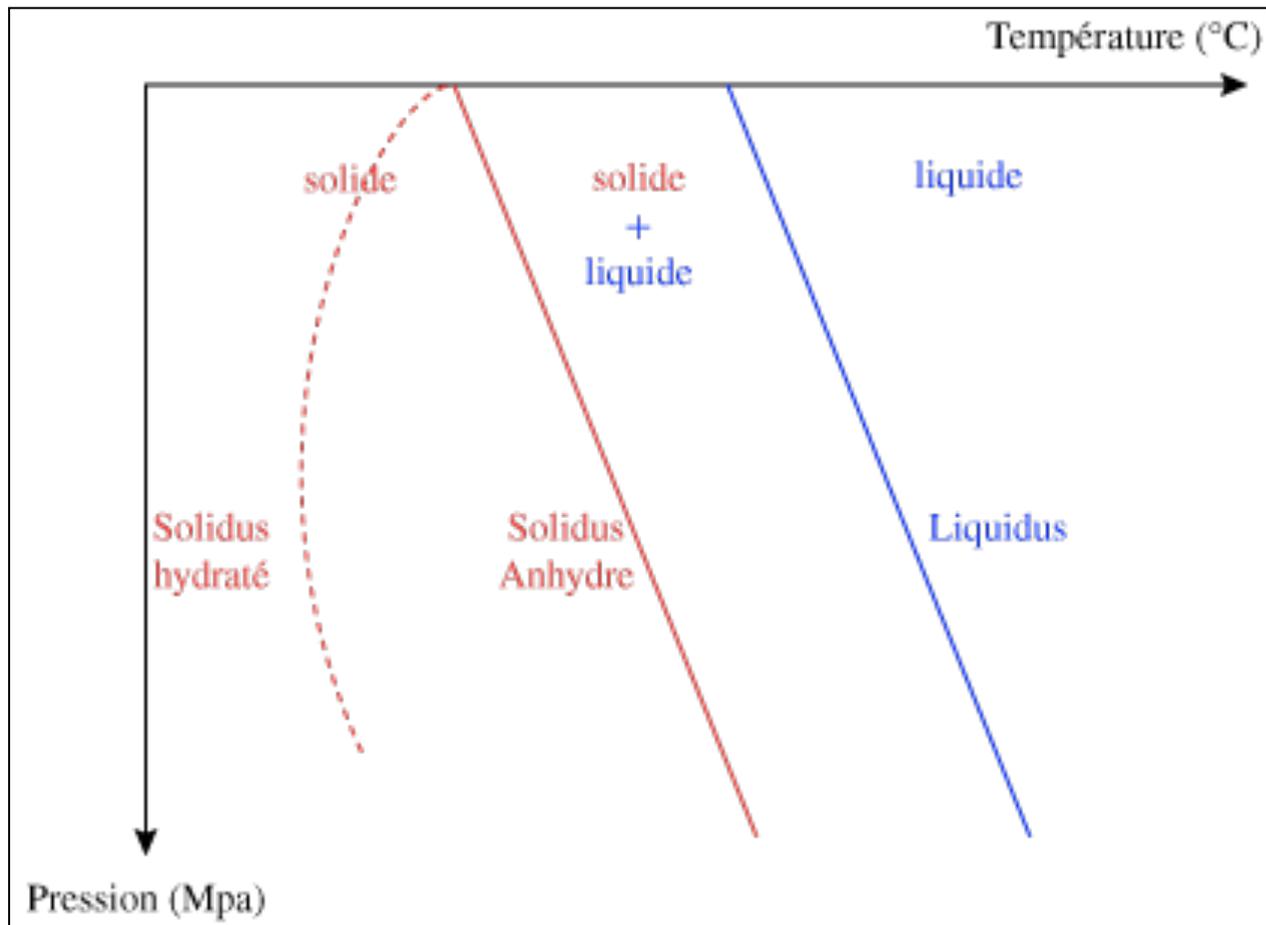


# Utilisation combinée des 2 couples



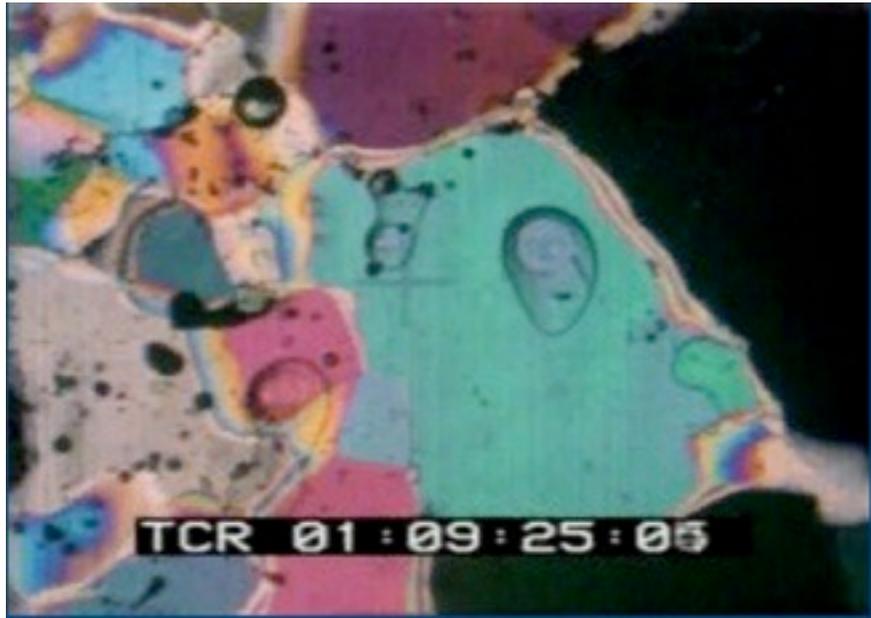
MORB = middle Ocean Ridge Basalt = dorsales  
OIB = Oceanic Island Basalt = points chauds

# Conditions P,T de la fusion d'une roche



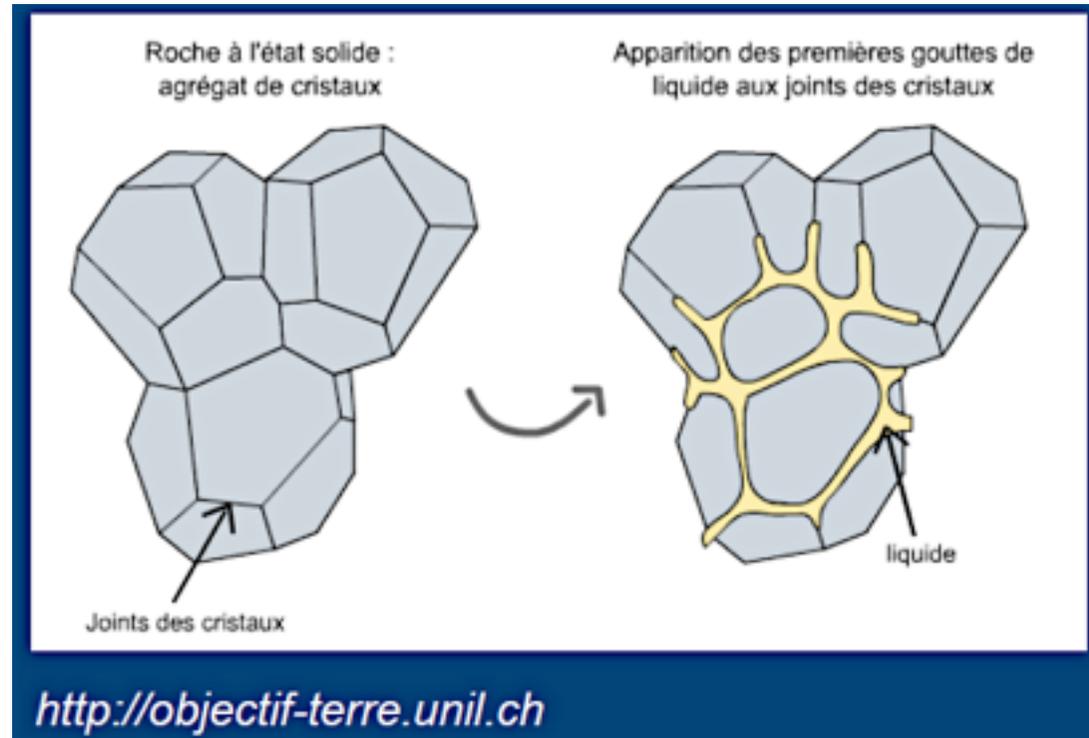
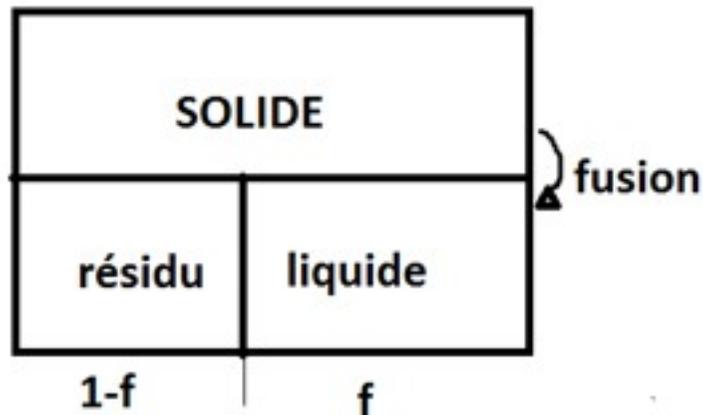
Fusion **congruente** = réaction de fusion durant laquelle seul du liquide est formé.  
Fusion **incongruente** si une nouvelle phase solide se forme au cours de la fusion, en plus de la phase liquide.

# La fusion débute aux joints



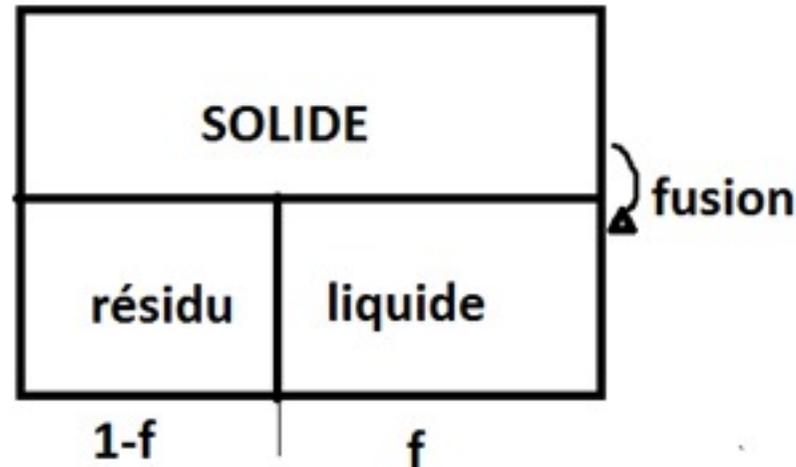
Fusion partielle d'une péridotite en lame mince (LPA).

<http://www.ipgp.fr/~mevel>  
UElith\_ocean2013Mevel1.pdf#page=23&zoom=auto,0,22



La fusion est partielle

# Calcul du taux de fusion partielle



Principe de conservation des masses, appliqué à un élément (ici K)

$$\%K_{\text{roche mère}} = f \times \%K_{\text{basalte}} + (1-f) \times \%K_{\text{résidu}}$$

$$\text{d'où } f = \frac{(\%K_{\text{roche mère}} - \%K_{\text{résidu}})}{(\%K_{\text{basalte}} - \%K_{\text{résidu}})}$$

# Application à un exemple

% poids	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeO
résidu	42,1	50,1	0,5	0,1	0,1	0	7
roche-mère	45,1	41,3	3,6	2	0,2	0,1	7,5
basalte	48	13	14,5	10	2,2	0,4	11

## taux de fusion calculé

	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeO
taux de fusion f							

# Application à un exemple

% poids	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeO
résidu	42,1	50,1	0,5	0,1	0,1	0	7
roche-mère	45,1	41,3	3,6	2	0,2	0,1	7,5
basalte	48	13	14,5	10	2,2	0,4	11

## taux de fusion calculé

	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeO
taux de fusion f	50,8 %	23,7 %	22,1 %	19,2 %	4,7 %	25 %	12,5 %

que choisir ?

# Des éléments compatibles et incompatibles



**Élément compatible** (avec les réseaux cristallins) = élément qui se retrouve préférentiellement dans les solides : il fond en dernier et cristallise en premier

**Élément incompatible** = élément **magmatophile** = qui se retrouve préférentiellement dans les liquides : il fond en premier et cristallise en dernier

On le détermine grâce au coefficient de partage

$$D_{\text{minéral/liquide}} = \frac{\text{concentration dans le minéral}}{\text{concentration dans le liquide}}$$

$D \ll 1$  : élément **incompatible** tel K, **Rb**, Th, U à grand rayon ionique et Ti, Zr, **Nd** à fort potentiel ionique

$D > 1$  : élément **compatible** tel le Ni qui a un  $D = 5$

# Les komatiites, témoins d'une forte fusion passée



Roche magmatique	Température	Vitesse de refroidissement	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeMgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Basalte de l'île de Gorgone	1 250°C	1	49,8 %	13,5 %	20,1 %	10,6 %	3,5 %	0,2 %	0 %
Komatiite de l'île de Gorgone	1 600°C	1	47,1 %	11,8 %	30,8 %	9,7 %	0,8 %	0,1 %	0 %
Péridotite de l'expérience de fusion des péridotites	1 600°C	1	43,7 %	2,7 %	46 %	3 %	0,3 %	0,1 %	0 %

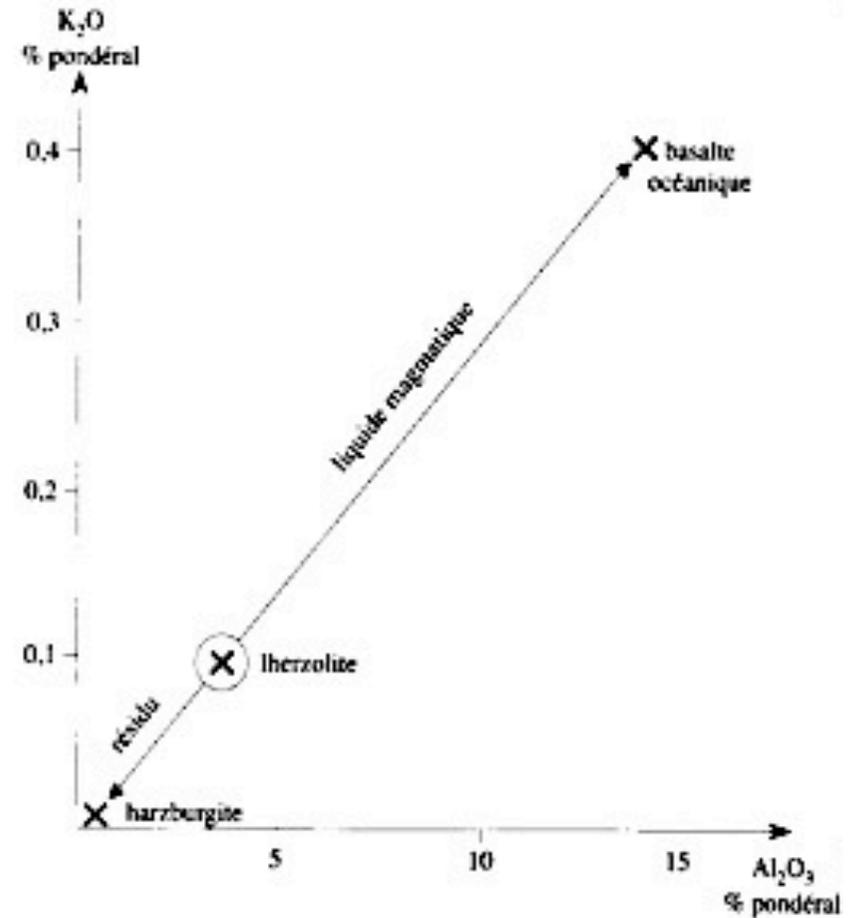
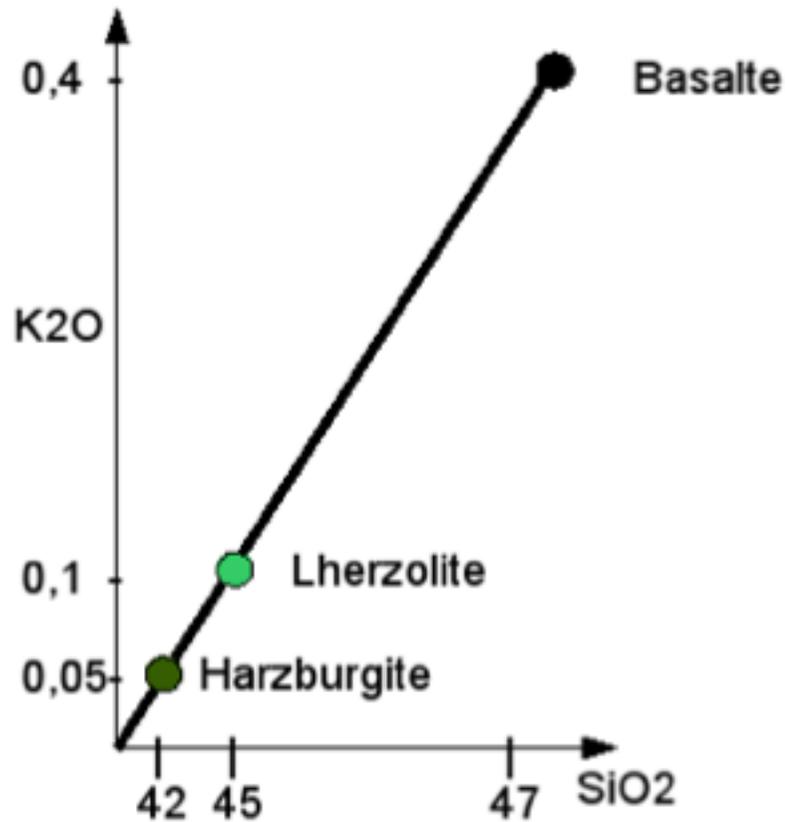
Données tirées de JUTEAU : *Géologie de la croûte océanique*, Dunod, Tableau II4 : Analyse de laves basaltiques de contexte intraplaque océanique (KTG et BPG).

**Composition en minéraux magnésiens (olivine et pyroxène qui fondent peu) et en feldspaths (qui fondent bien)**

	Péridotite	Komatiite de l'île de Gorgone	Basalte de l'île de Gorgone
Minéraux riches en MgO Total olivine + pyroxène	36 + 54 = 90 %	21 + 43 = 64 %	21 + 27 = 48 %
Minéraux riches en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Total feldspaths	10 %	36 %	52 %

**position  
intermédiaire**

# La fusion partielle du manteau



2 représentations de l'évolution des phases liquide et solide résiduelle

# Les phases

**système** = association de plusieurs phases

Une roche =  
un **système**



Ensemble des  
cristaux d'orthose  
= une phase

Une phase est caractérisée par sa composition chimique et son état  
Exemple : orthose  $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{K}$  sous forme solide

# La variance



## Règle des phases ou loi de Gibbs

$$v = k + 2 - \phi$$

v : variance (ou degrés de liberté) du système

k : nombre de constituants chimiques indépendants (ex :  $\text{SiO}_2$  pour la silice)

$\phi$  : nombre de phases (ici nb de minéraux)

2 : nombre de paramètres qui définissent l'état du système, ici P et T

**Variance** (ou degrés de liberté) du système, **nombre de paramètres intensifs et indépendants** qui caractérisent un état d'équilibre.

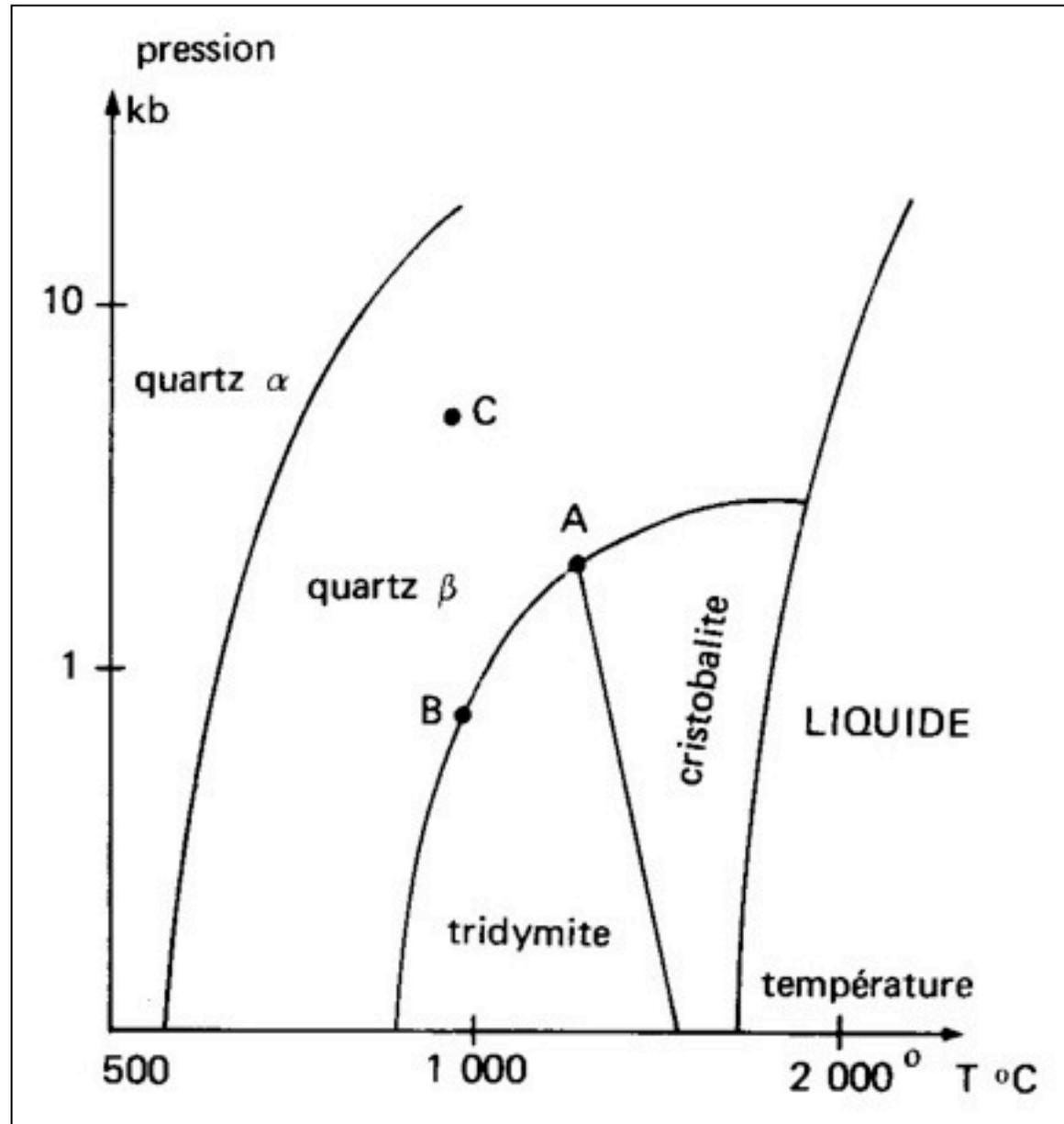
# Exemple de diagramme de phases : SiO<sub>2</sub>



Différentes phases minérales existent à l'état solide selon les conditions de pression et de température.

$$v = k + 2 - \phi$$

Calculez la variance en A, B et C



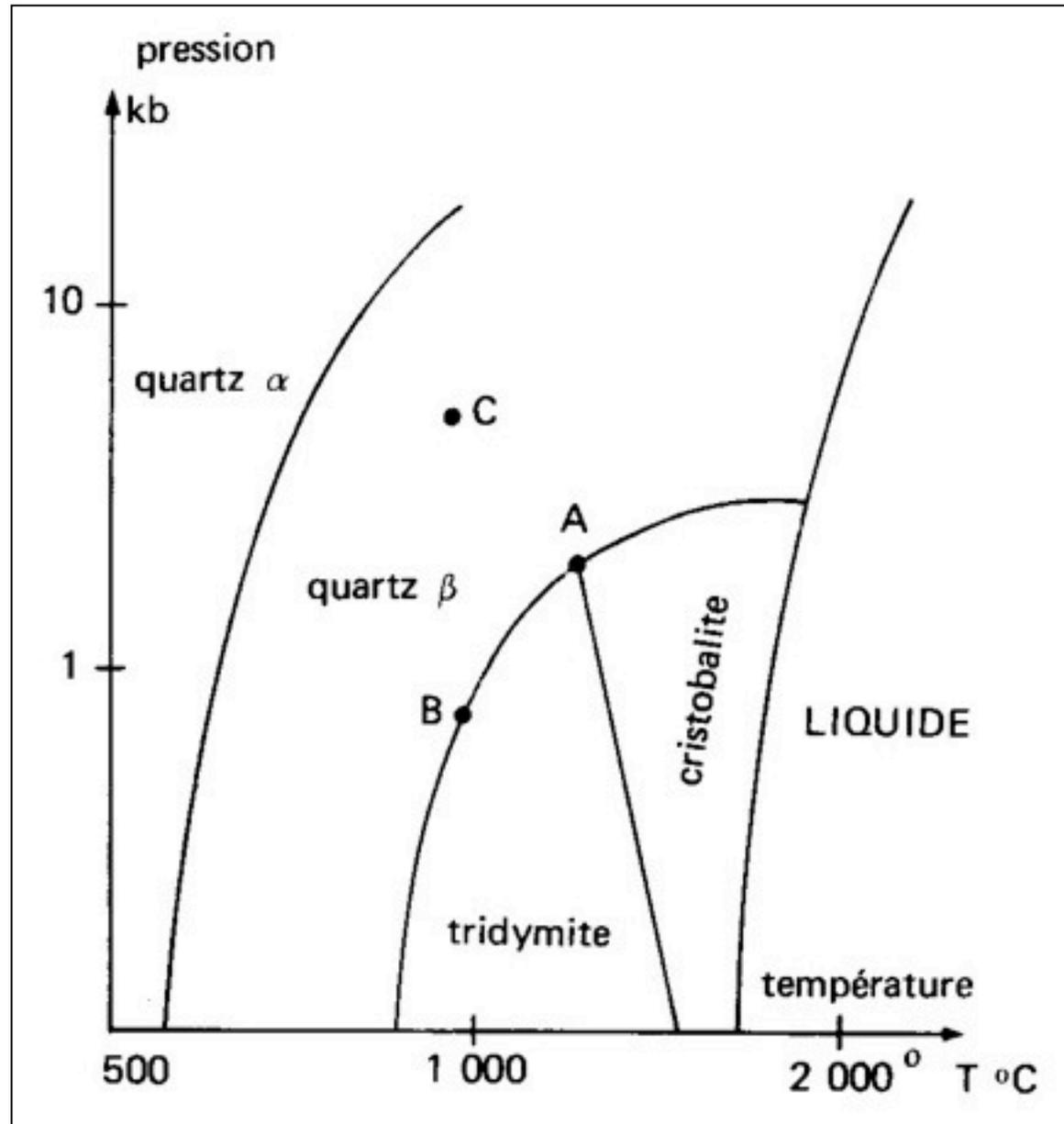
# Exemple de diagramme de phases : SiO<sub>2</sub>



Différentes phases minérales existent à l'état solide selon les conditions de pression et de température.

$$v = k + 2 - \phi$$

- En C : une seule phase  
 $V = 2$
- En B : deux phases  
 $V = 1$
- En A : trois phases  
 $V = 0$

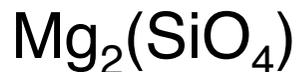


# Systeme binaire : cas de solides miscibles



## Forstérite

pôle magnésien de l'olivine



$T^\circ \text{ fusion} = 1890 \text{ }^\circ\text{C}$

intermédiaires  
 $(\text{Fe, Mg})_2(\text{SiO}_4)$



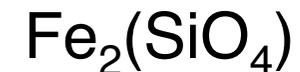
$k = 2$

(2 minéraux en mélange)



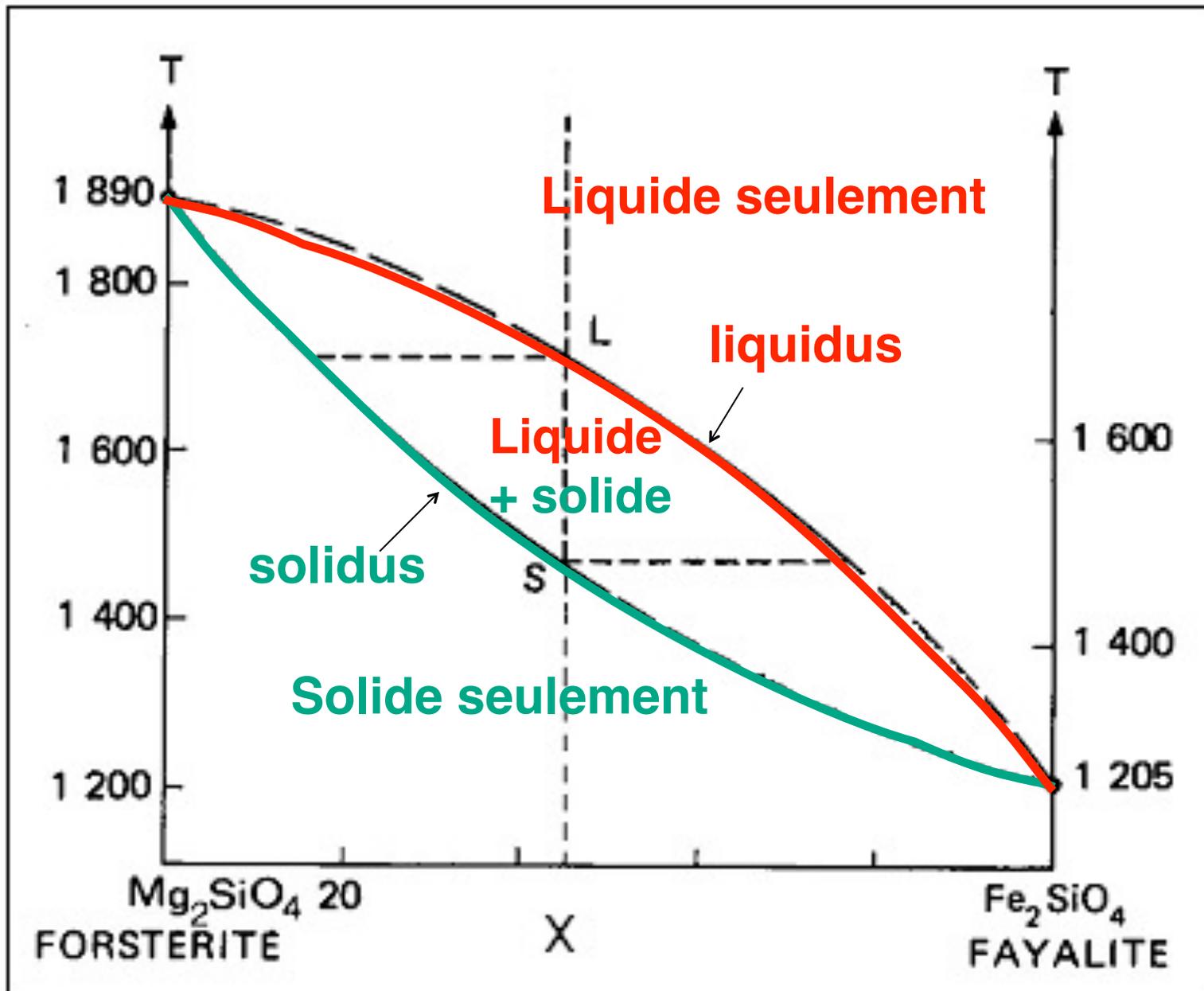
## Fayalite

pôle ferreux de l'olivine



$T^\circ \text{ fusion} = 1205 \text{ }^\circ\text{C}$

# Diagramme binaire de l'olivine



# Quand tout est solide : point de départ

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

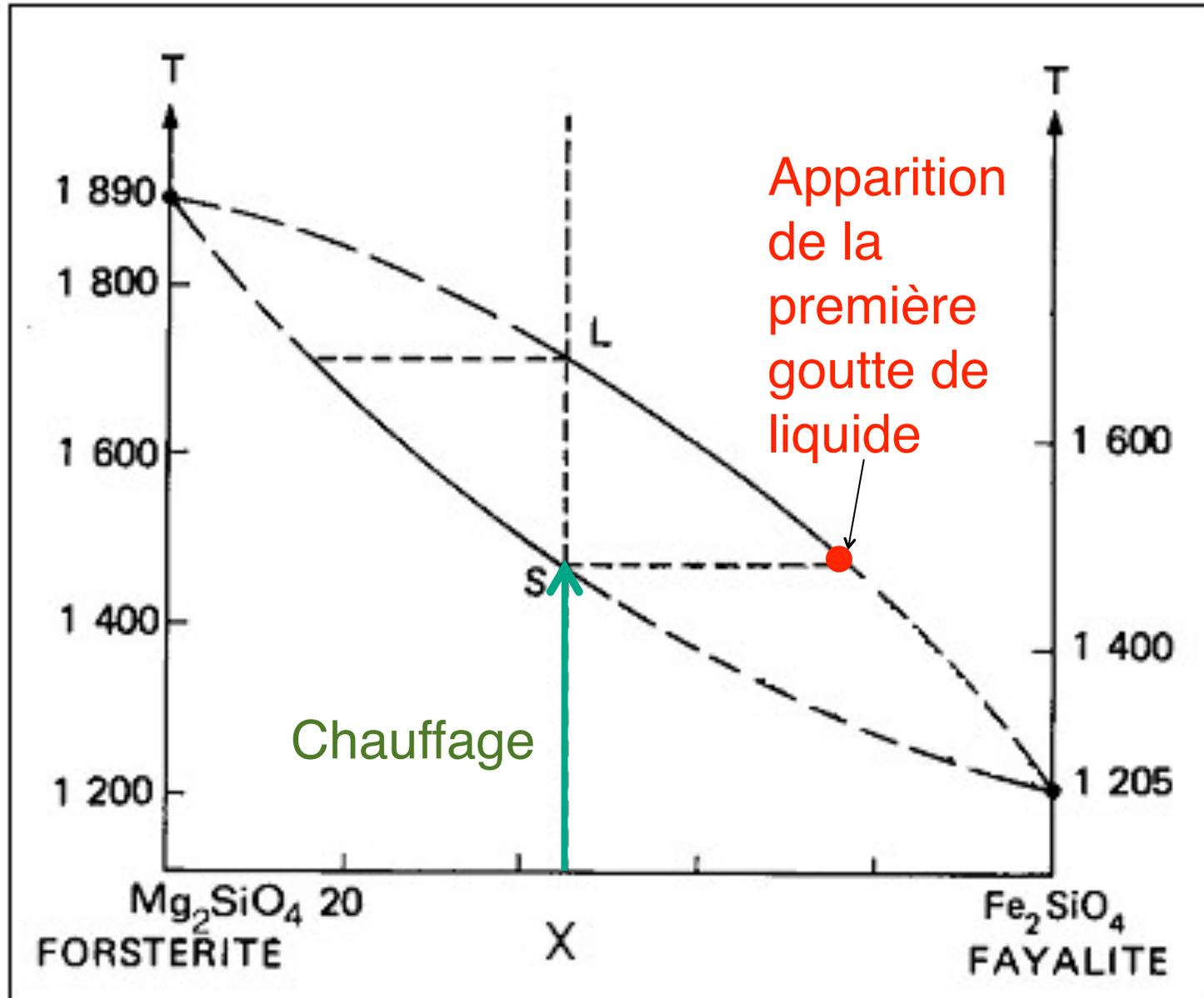
**$\phi = 1$  une seule phase car miscibilité complète**

**$k = 2$  (2 minéraux en mélange)**

$$v = 2$$

**→ La température et la composition chimique  
du mélange varient indépendamment**

# Lecture d'un diagramme binaire (1)



Mélange de composition X

# Changement de variance à la première goutte

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

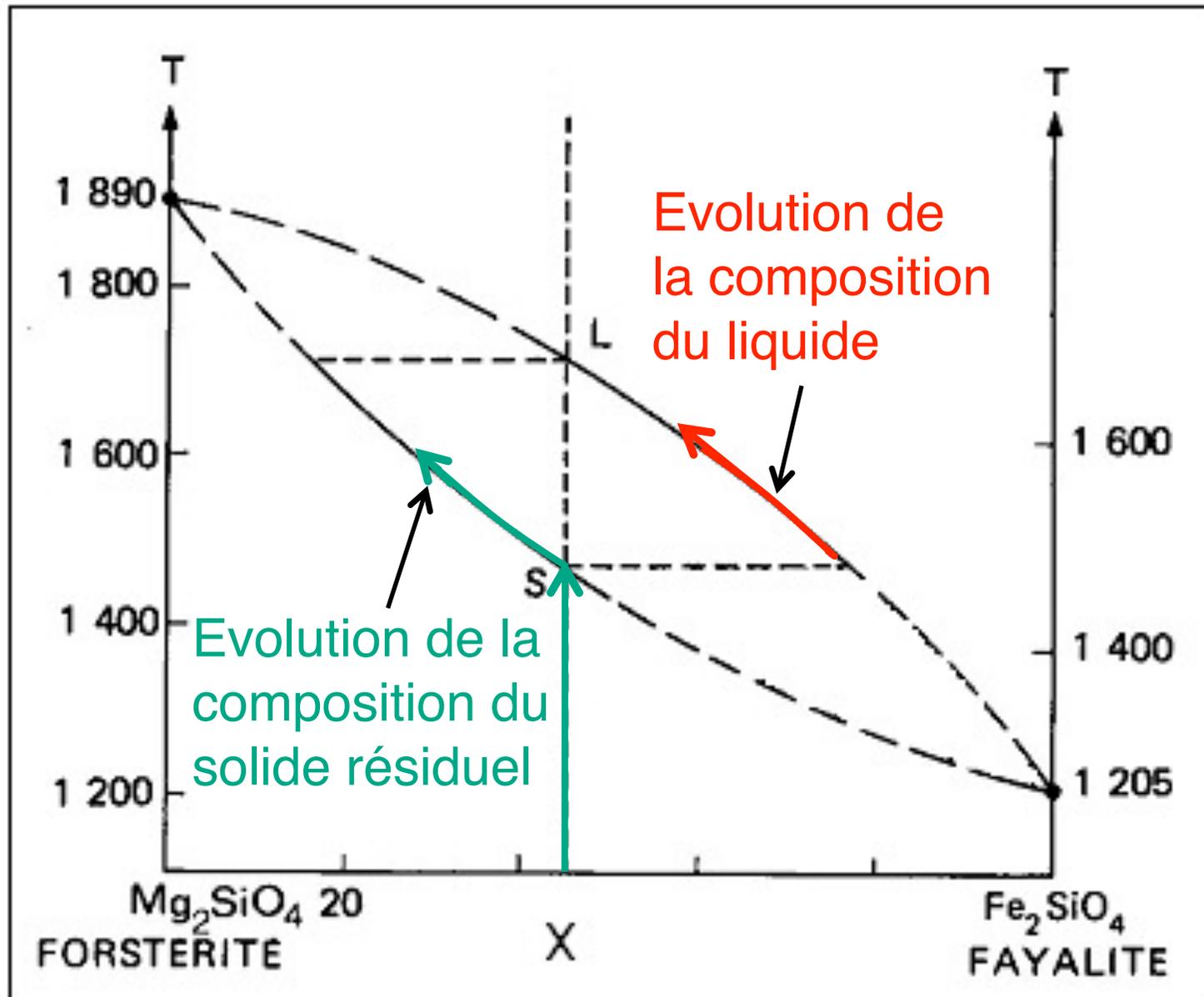
**$\phi = 2$  car une phase liquide + une phase solide**

$$k = 2$$

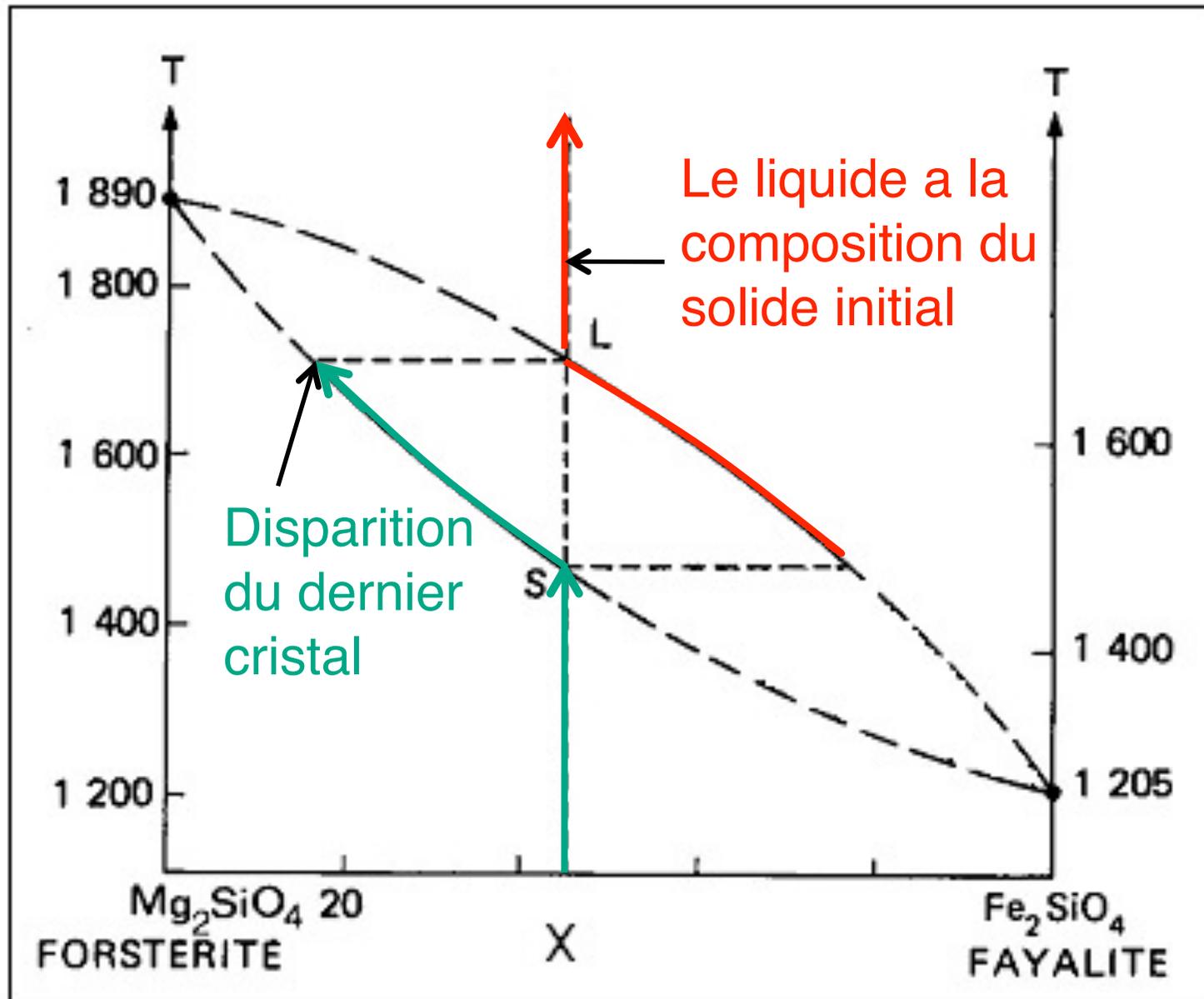
$$v = 1$$

**→ La composition chimique du solide résiduel et du liquide  
varient en fonction de la température  
(leur composition évoluent en suivant respectivement  
le solidus et le liquidus)**

# Lecture d'un diagramme binaire (2)



# Lecture d'un diagramme binaire (3)



# Variance à la disparition du dernier cristal

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

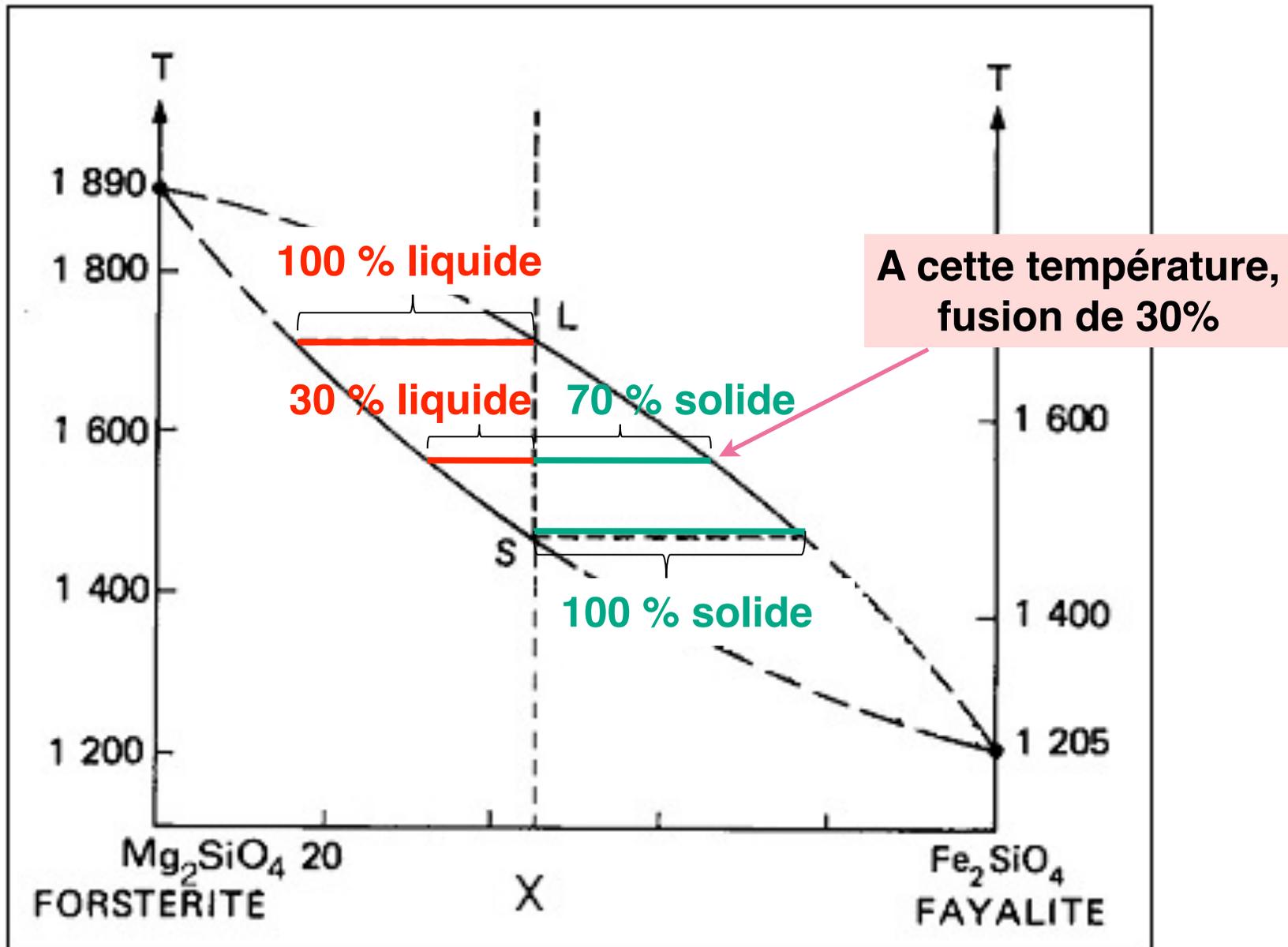
**$\phi = 1$  une seule phase liquide**

$$k = 2$$

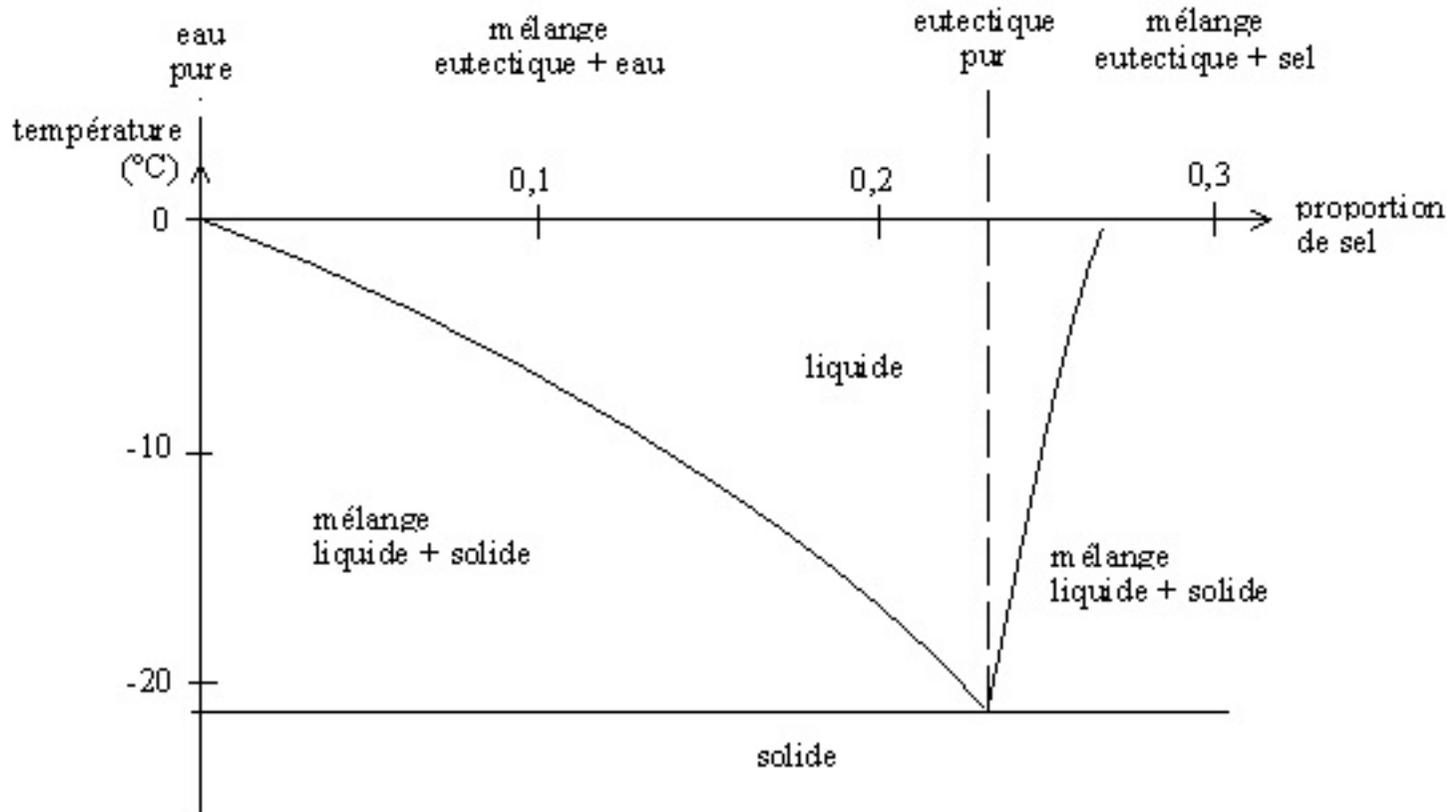
$$v = 2$$

→ **La température et la composition chimique  
du liquide varient indépendamment  
(le liquide a la composition du solide initial)**

# Règle du levier



# L'eutectique



Eutectique eau + sel : on sale les routes en hiver afin que la glace forme un eutectique avec le sel, eutectique = liquide obtenu à la température la plus basse possible.

Comme le diagramme de phase eau-sel le montre, la température minimale à laquelle peut descendre ce mélange liquide est  $-21,6\text{ °C}$ .

Pour des températures plus basses, fréquentes en Amérique du Nord par exemple, le salage des routes se fait avec du chlorure de calcium qui présente un eutectique, avec l'eau, de  $-51,1\text{ °C}$ .

# Mélange binaire de 2 minéraux immiscibles



**Diopside** (clinopyroxène)



T° fusion = 1391 °C



**Anorthite** (plagioclase)



T° fusion = 1550 °C

**Une association de ces 2 minéraux fond à 1274 °C !**

**Et le liquide obtenu a toujours la même composition, quelle que soient les proportions initiales ! C'est l'eutectique.**

# Variance du système solide

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

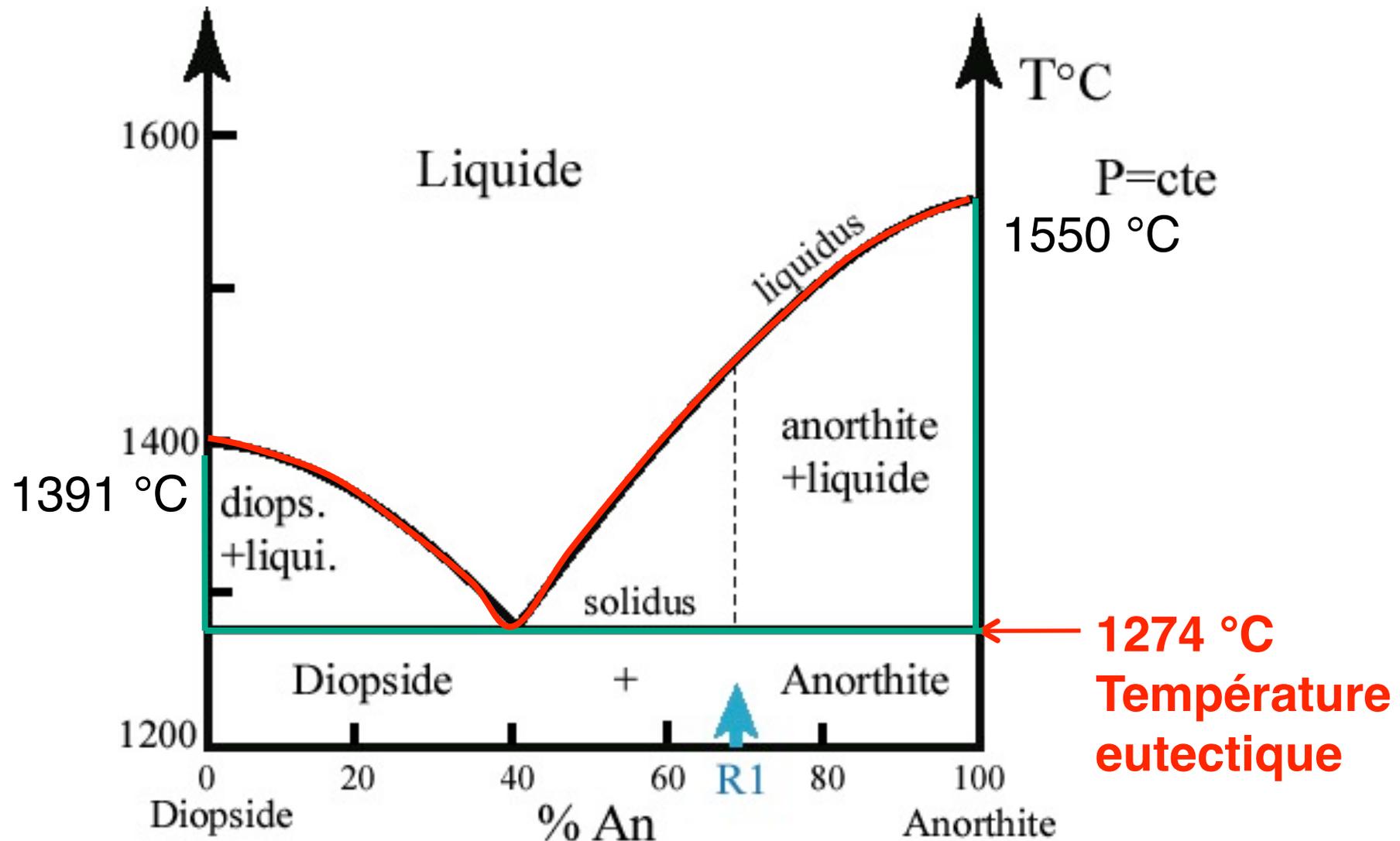
**$\phi = 2$  phases car minéraux non miscibles**

**$k = 2$  (2 minéraux en mélange)**

$$v = 1$$

**→ Seule la température change jusqu'à la température eutectique (qui dépend des minéraux en mélange)**

# Lecture d'un diagramme binaire avec eutectique



Animation : <http://christian.nicollet.free.fr/page/enseignement/LicenceSN/ani1/animation1.html>

# Variance quand la première goutte de liquide apparaît

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

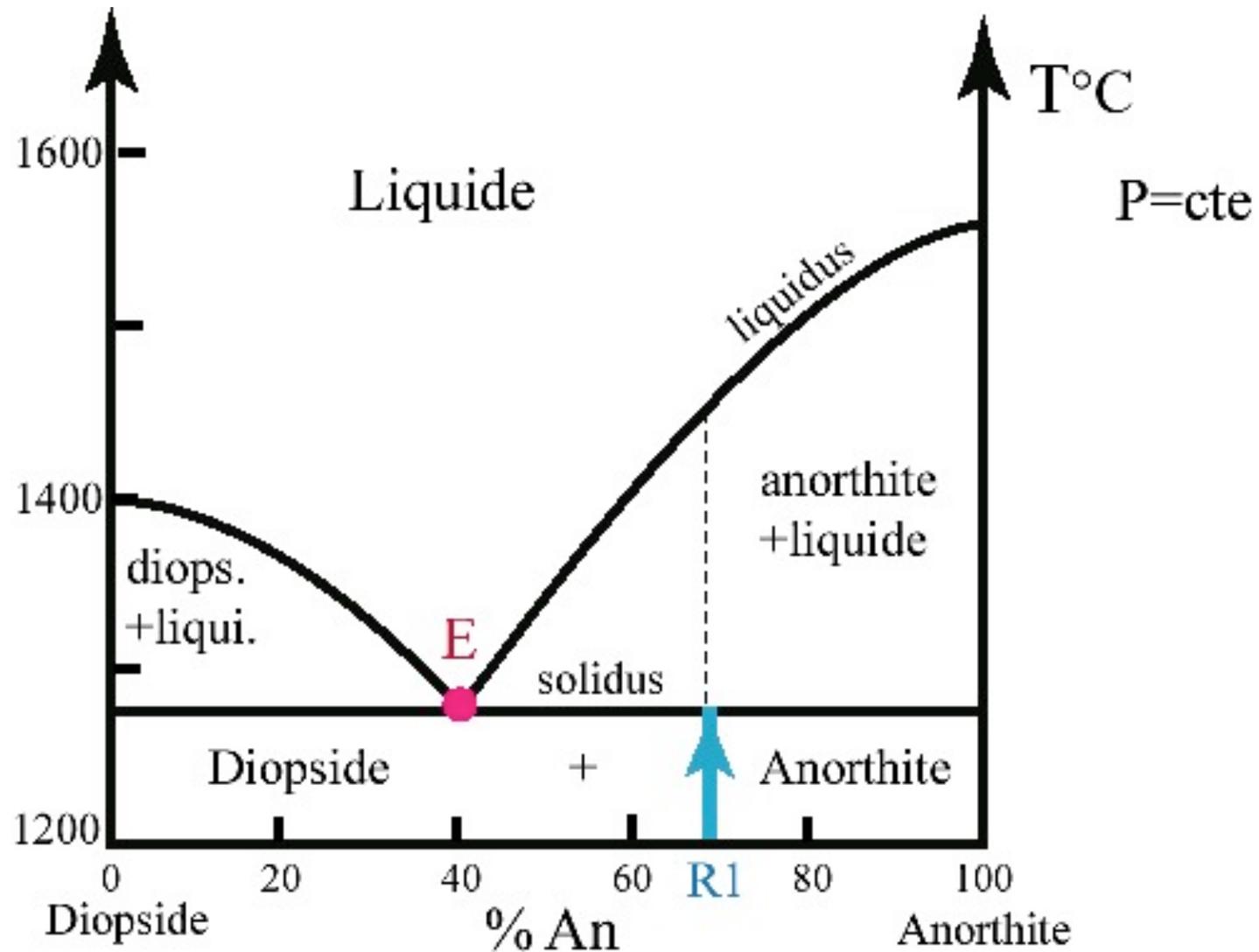
**$\phi = 3$  trois phases car 2 minéraux immiscibles + liquide**

**$k = 2$  (2 minéraux en mélange)**

**donc  $v = 0$  !**

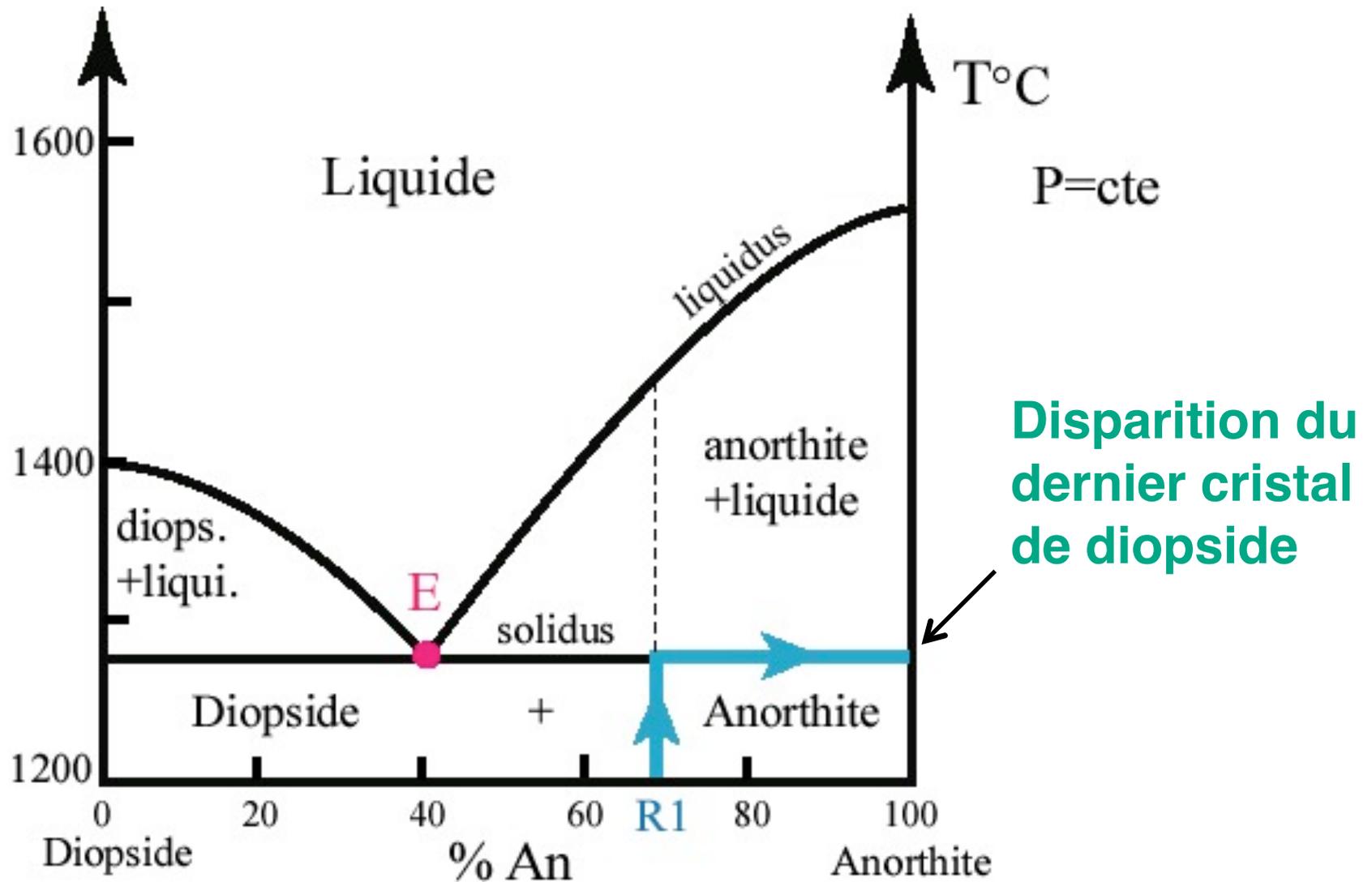
**→ La température ne peut plus augmenter tant qu'il y a trois phases, c'est-à-dire tant que l'un des deux minéraux n'a pas disparu !**

# Lors de l'apparition de la première goutte de liquide



# Fusion à température constante...

... tant qu'il reste du diopside solide !



Le liquide a toujours la composition de l'eutectique.

# Variance quand le dernier cristal de diopside disparaît

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

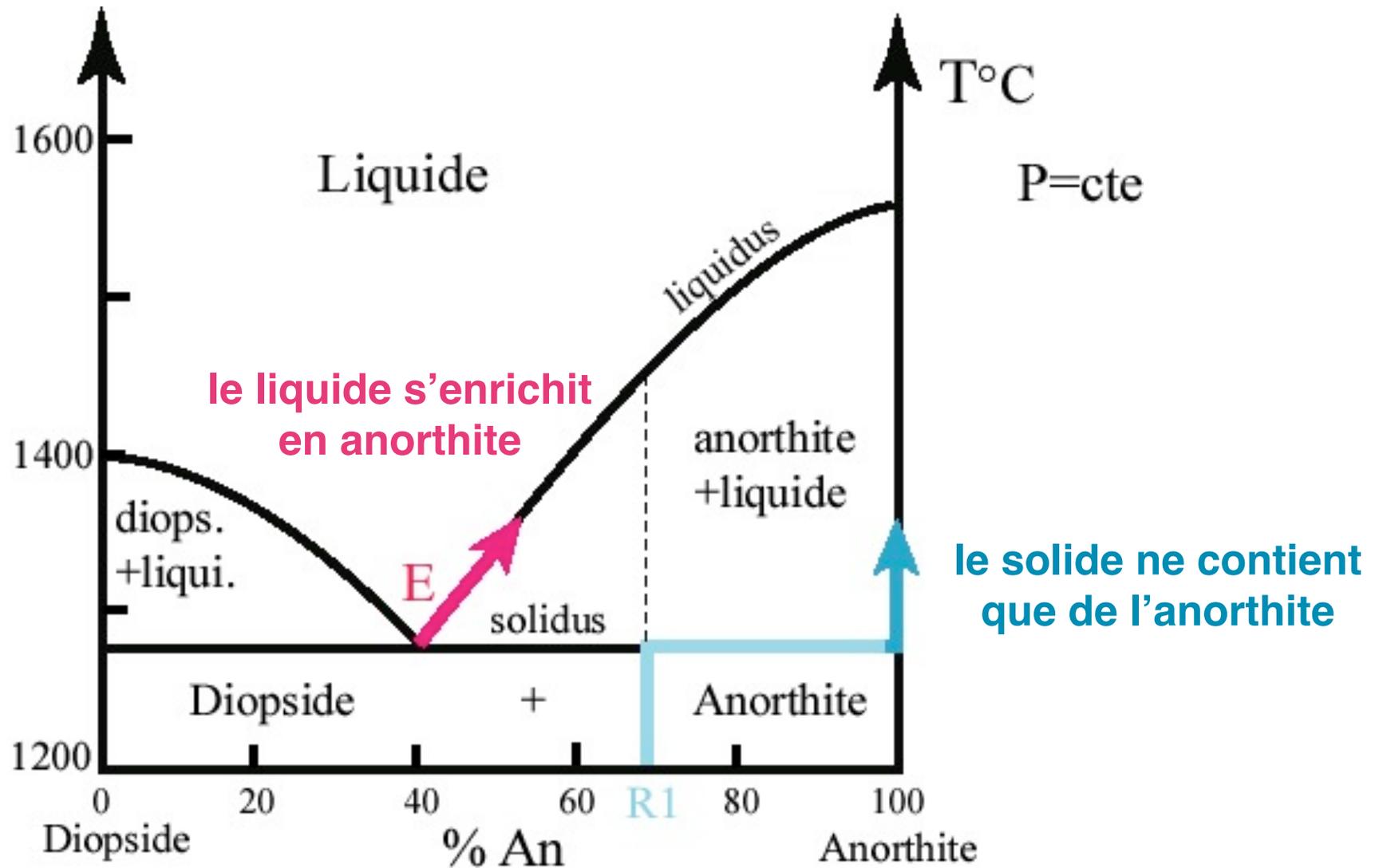
**$\phi = 2$  deux phases car 1 minéral + liquide**

**$k = 2$  (2 minéraux en mélange)**

$$v = 1$$

**→ La température augmente à nouveau, et la composition du liquide et du solide résiduel suivent respectivement le liquidus et le solidus (le solide résiduel est constitué à 100 % d'anorthite, mais sa quantité diminue)**

# La fusion continue



# Quand le dernier cristal d'anorthite disparaît

$$v = k + 1 - \phi$$

**P est fixé, donc 1 seule variable d'état,  
la T, pour décrire le système**

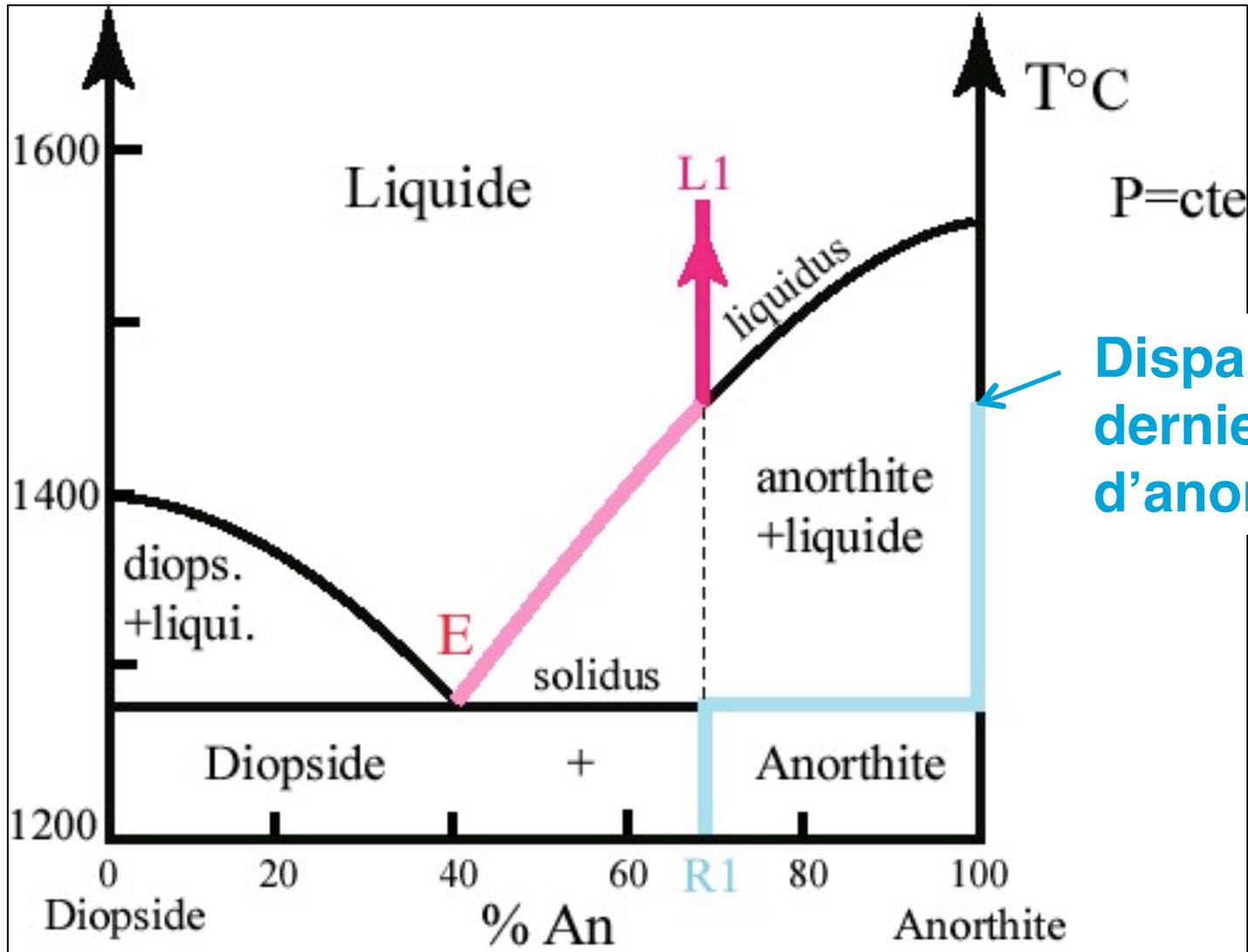
**$\phi = 1$  une seule phase : le liquide**

**$k = 2$  (2 minéraux en mélange)**

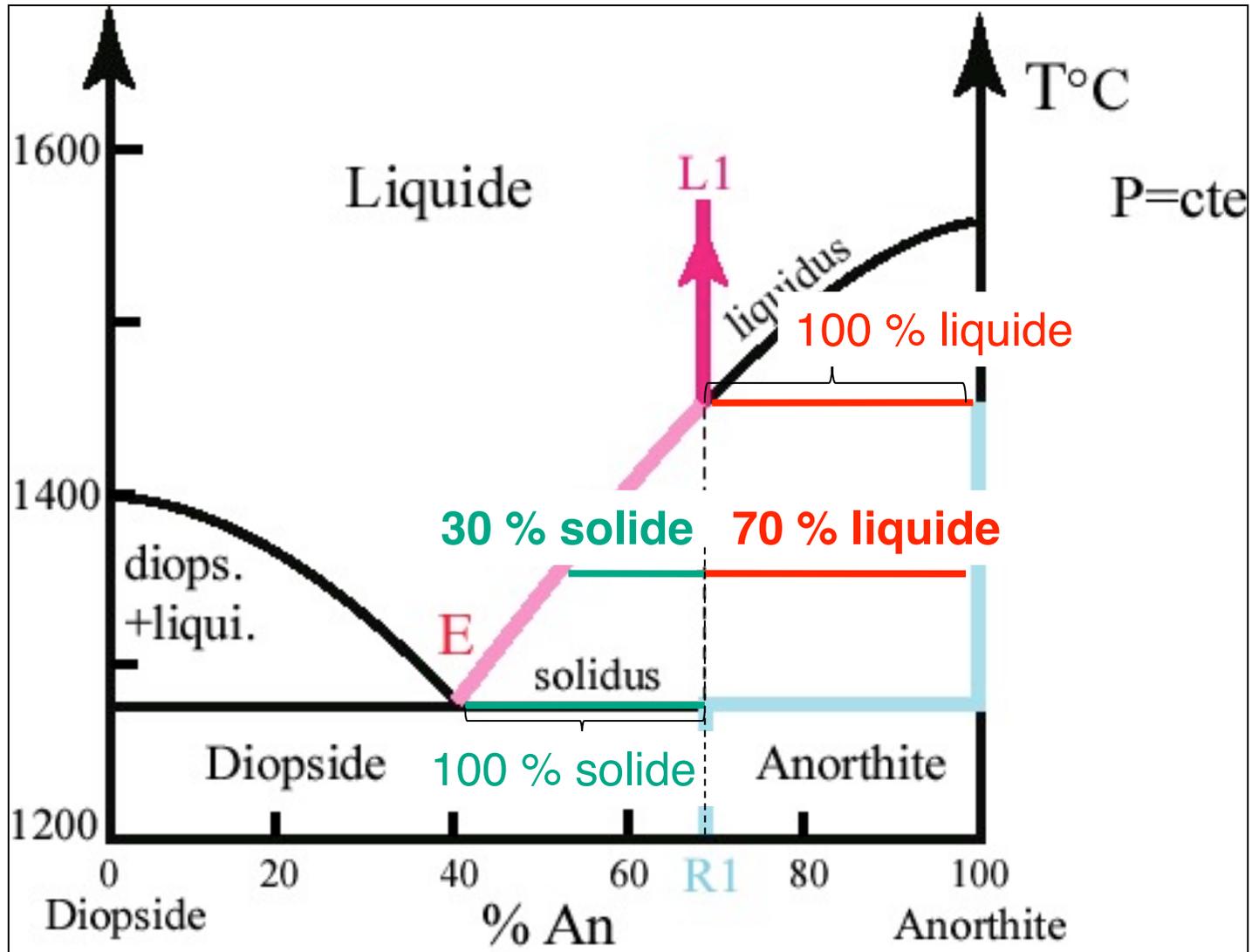
$$v = 2$$

**→ La température augmente à nouveau, indépendamment de  
la composition des minéraux en mélange.**

# Fin de la fusion



# Règle du levier

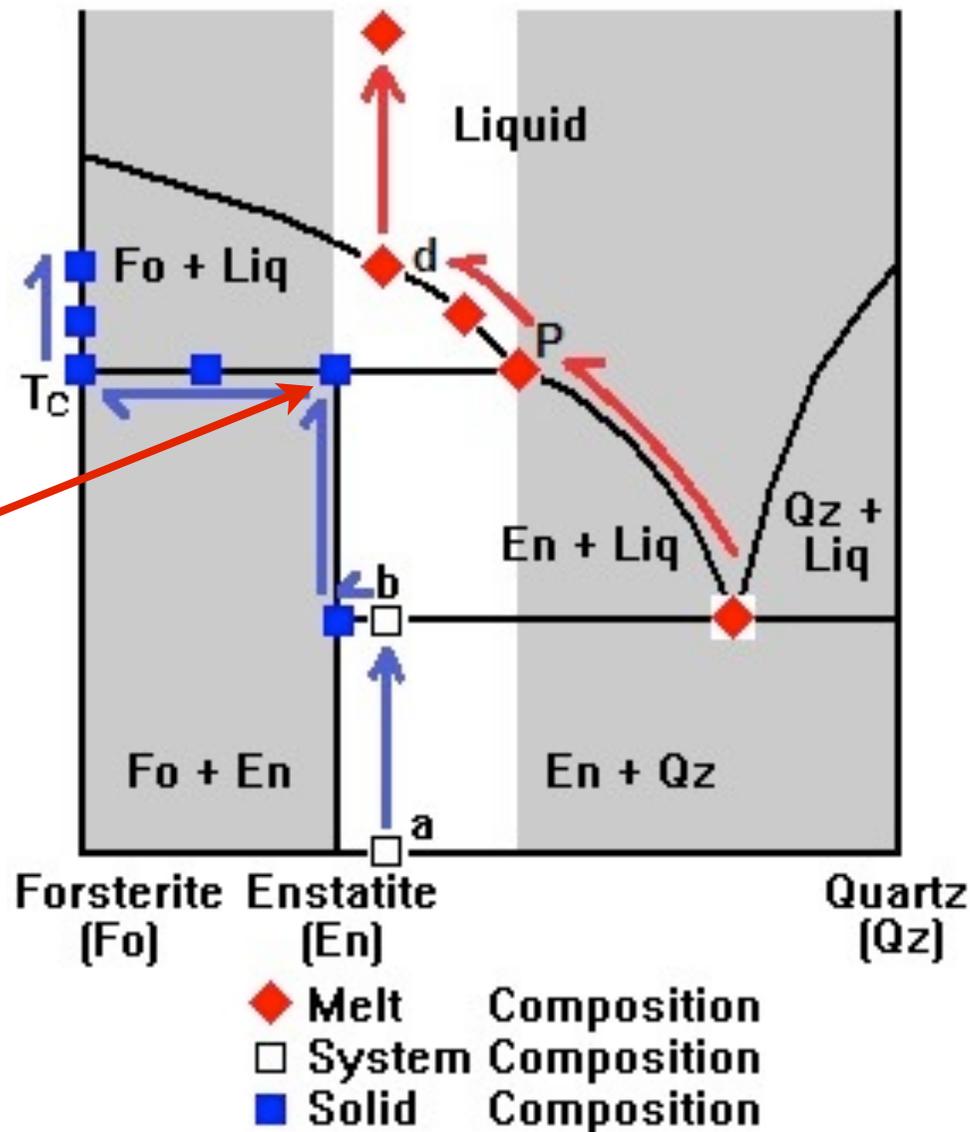


# Cas de fusion non congruente

Roche de départ = enstatite + un peu de quartz

la forstérite fond

A la température  $T_c$ , l'enstatite est convertie en un nouveau solide, la forstérite.



# Fusion d'un système ternaire



**Diopside**  
(clinopyroxène)  
 $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

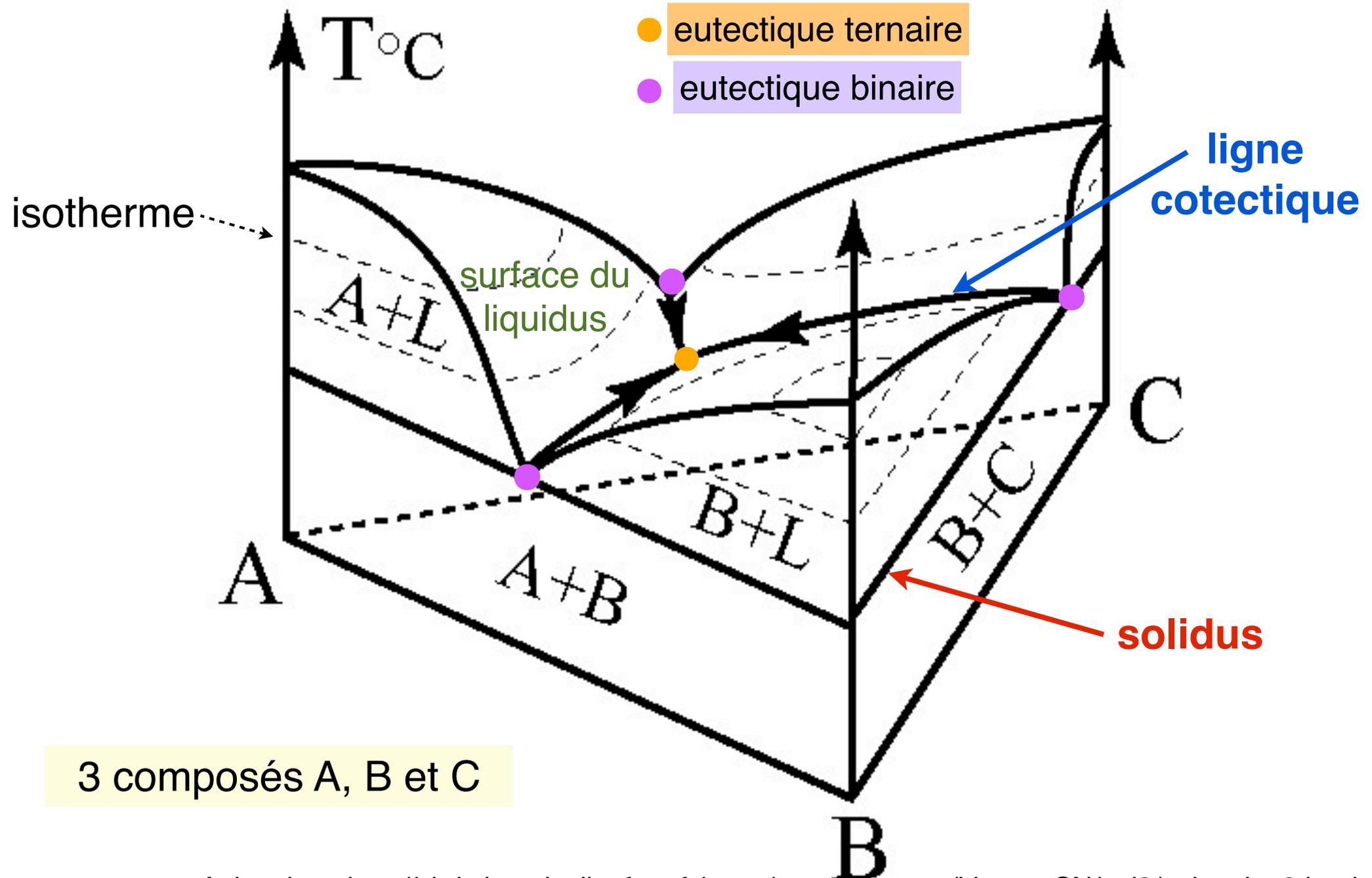


**Enstatite**  
(orthopyroxène)  
 $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$



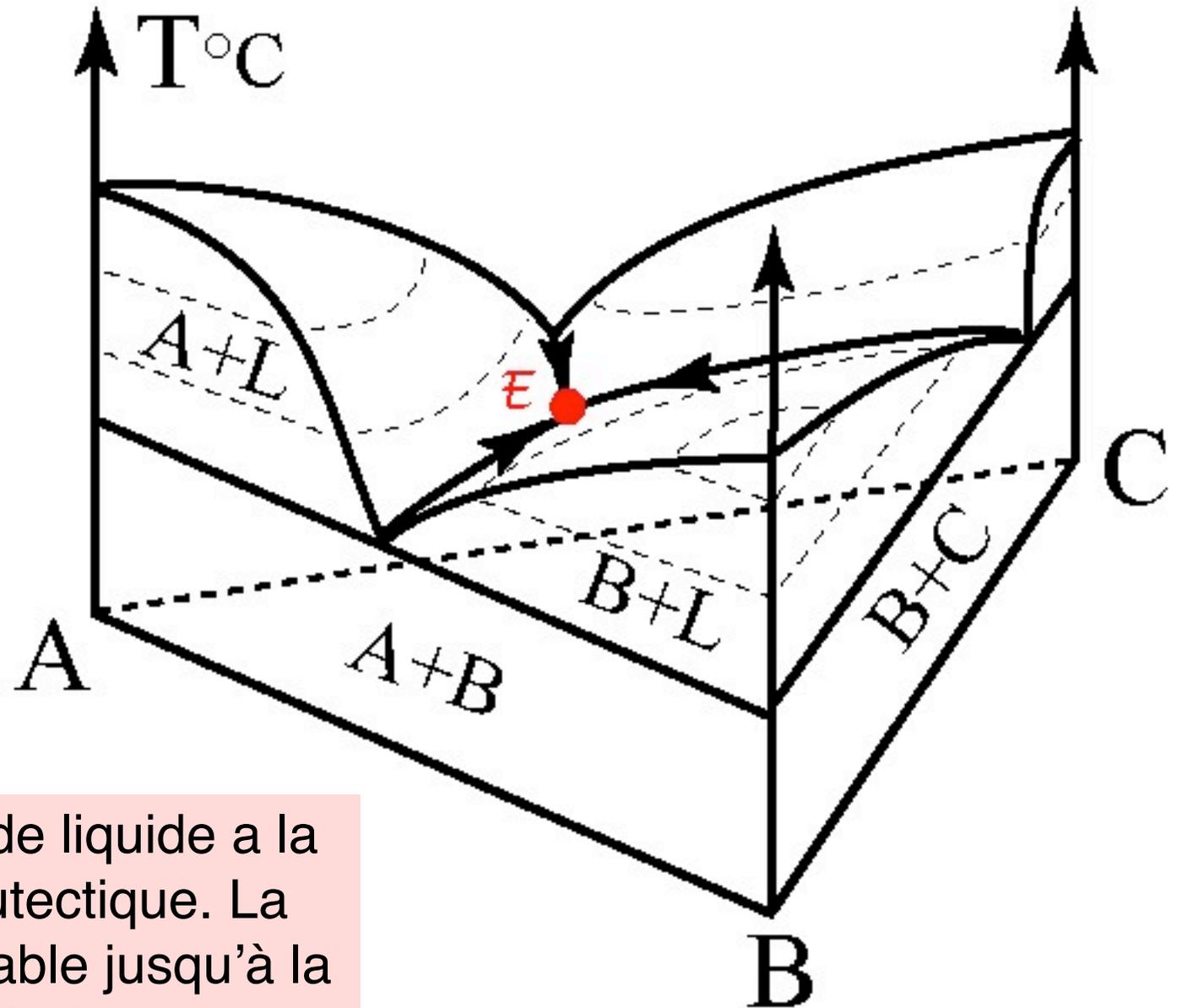
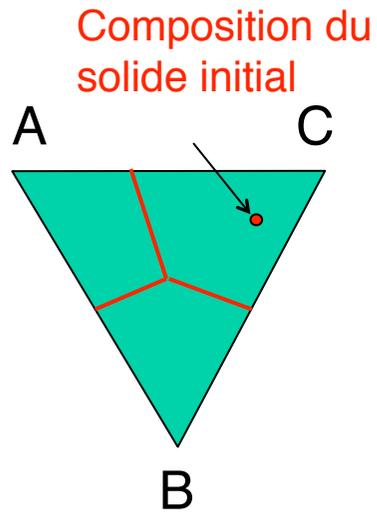
**Grenat**  
(nérosilicate)  
 $\text{X}_3^{2+}\text{Y}_2^{3+}[\text{SiO}_4]_3$

# Diagramme ternaire



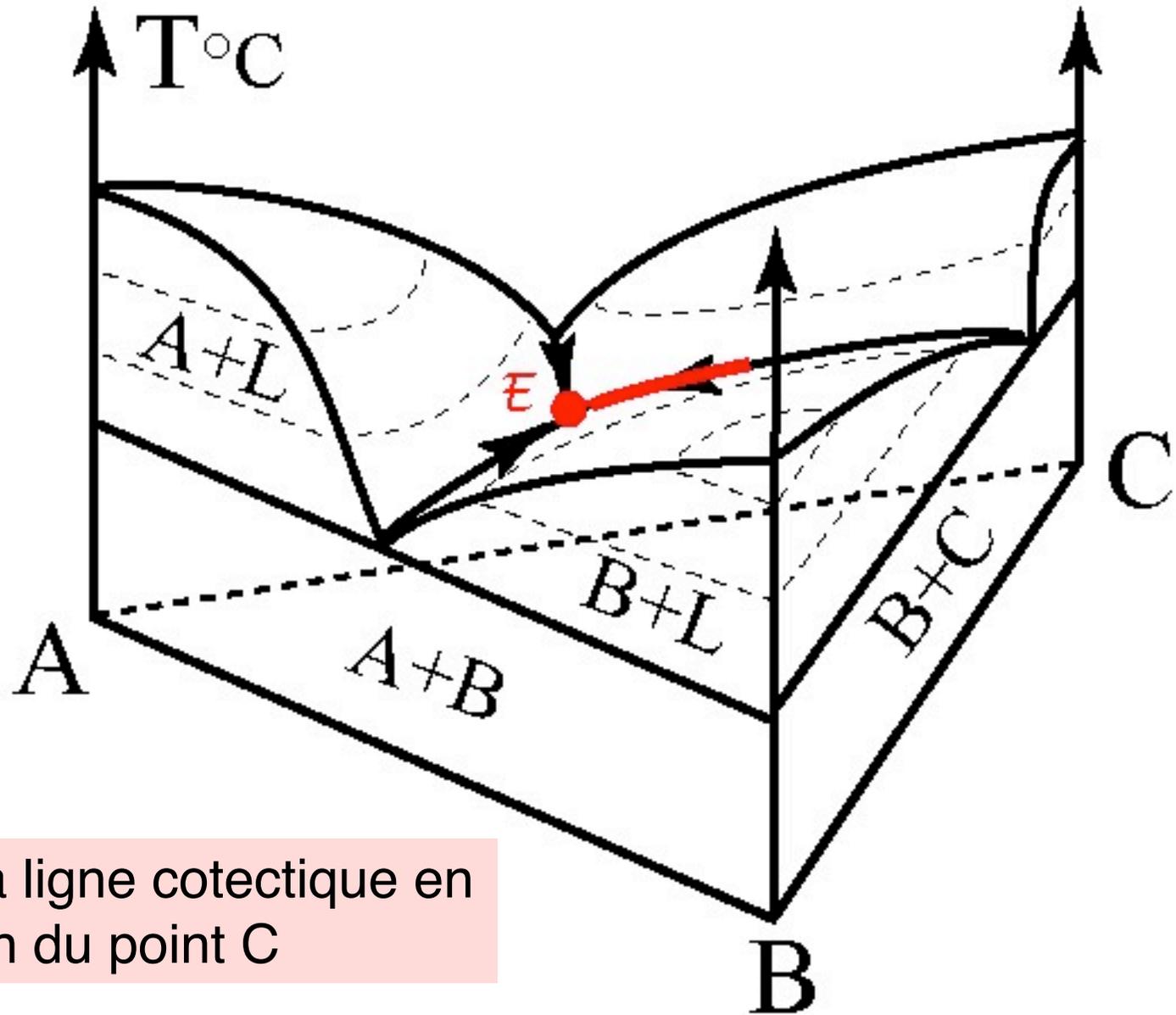
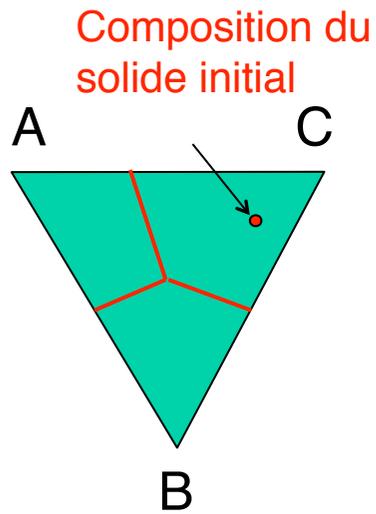
3 composés A, B et C

# Evolution du liquide lors de la fusion (1)



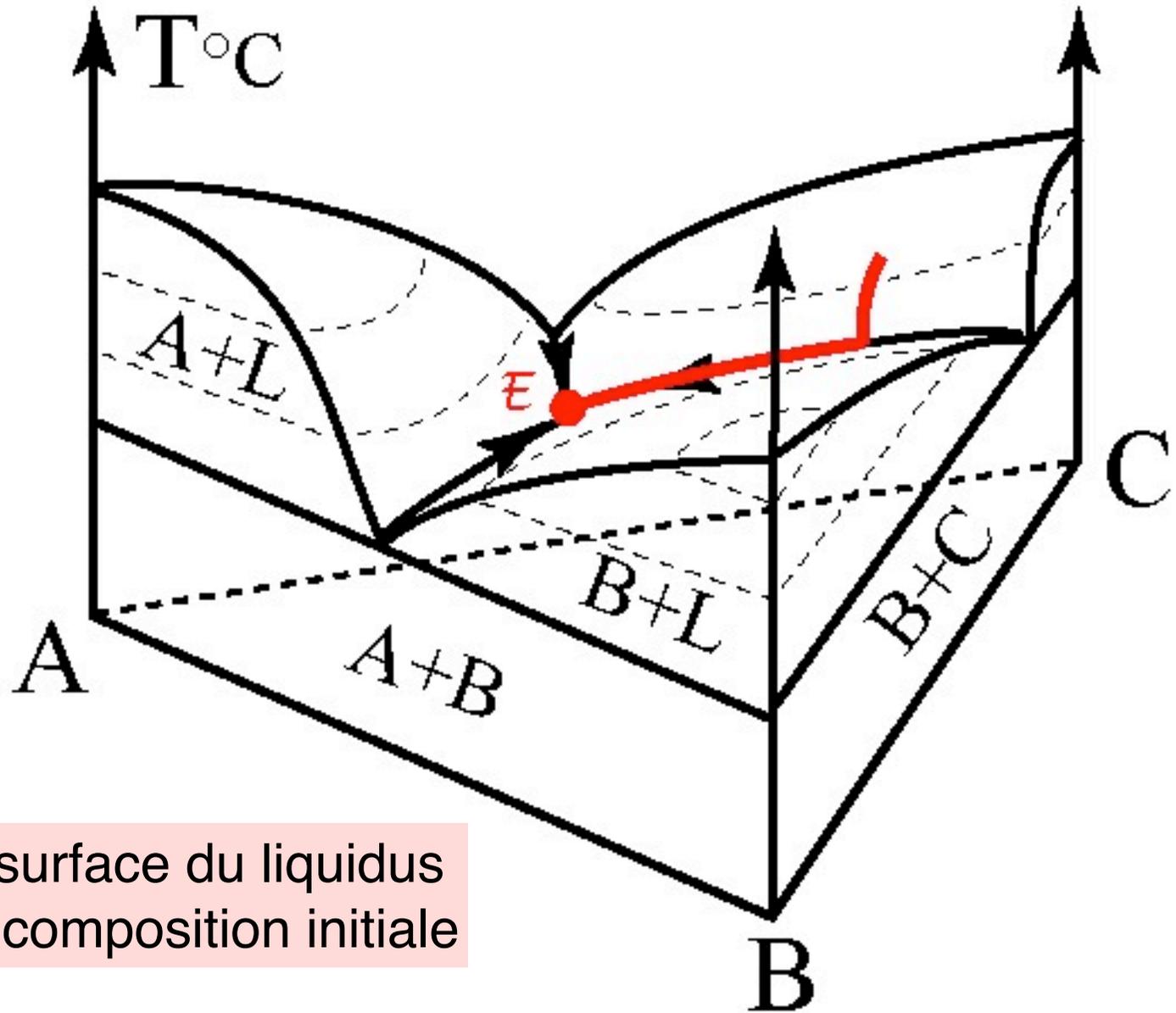
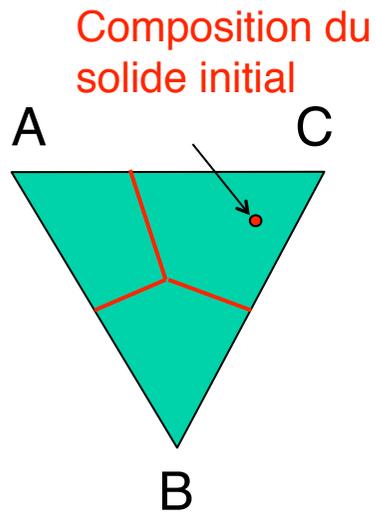
La première goutte de liquide a la composition de l'eutectique. La température reste stable jusqu'à la disparition de A.

# Evolution du liquide lors de la fusion (2)



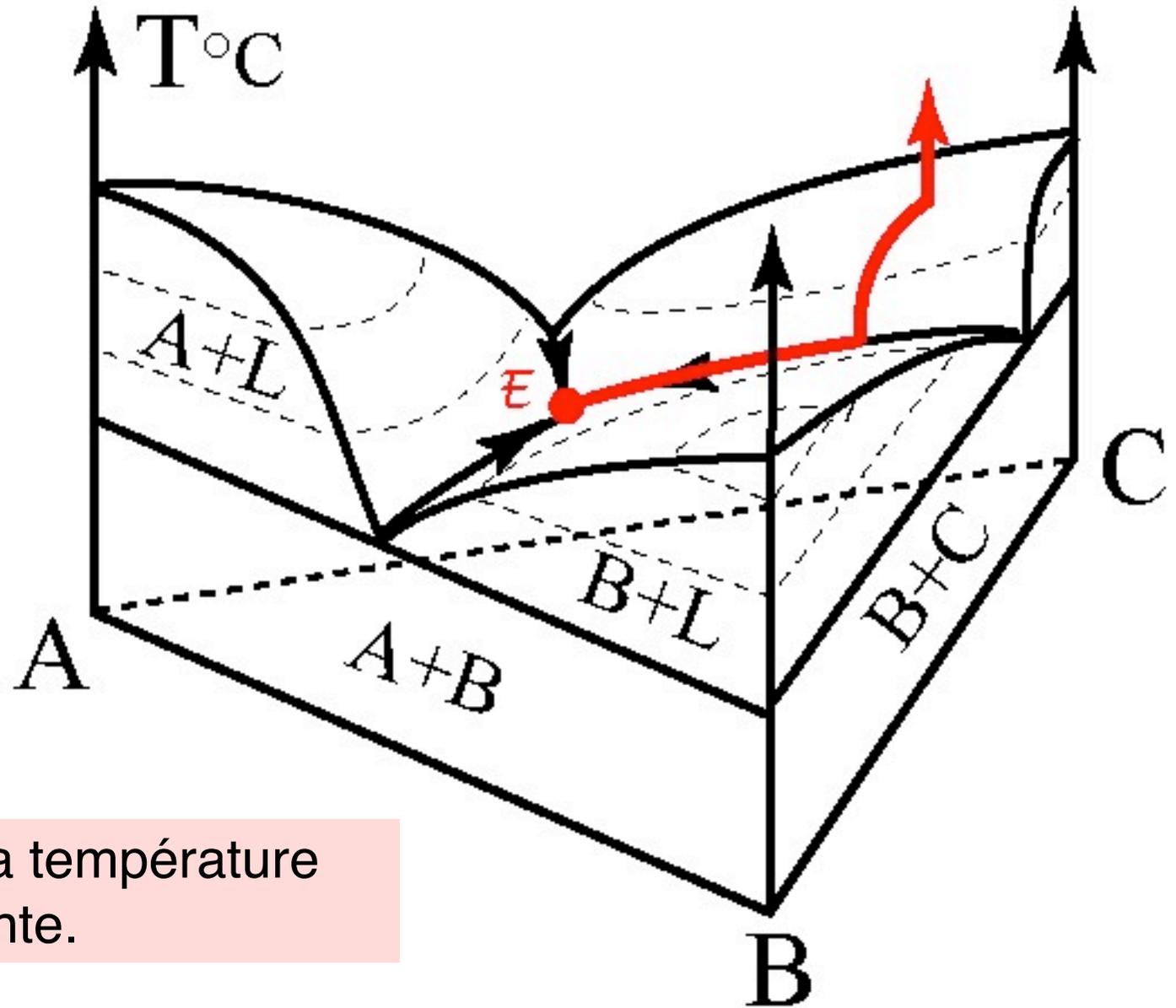
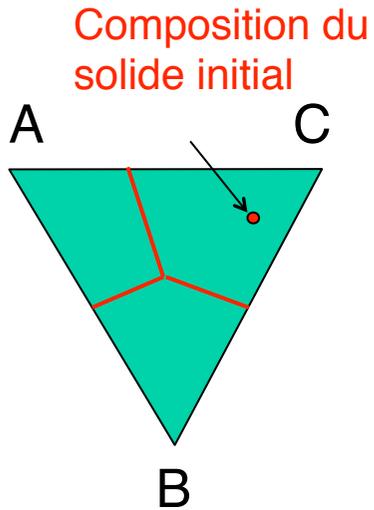
Le liquide suit la ligne cotectique en direction du point C

# Evolution du liquide lors de la fusion (3)



Le liquide suit la surface du liquidus en direction de la composition initiale

# Evolution du liquide lors de la fusion (4)

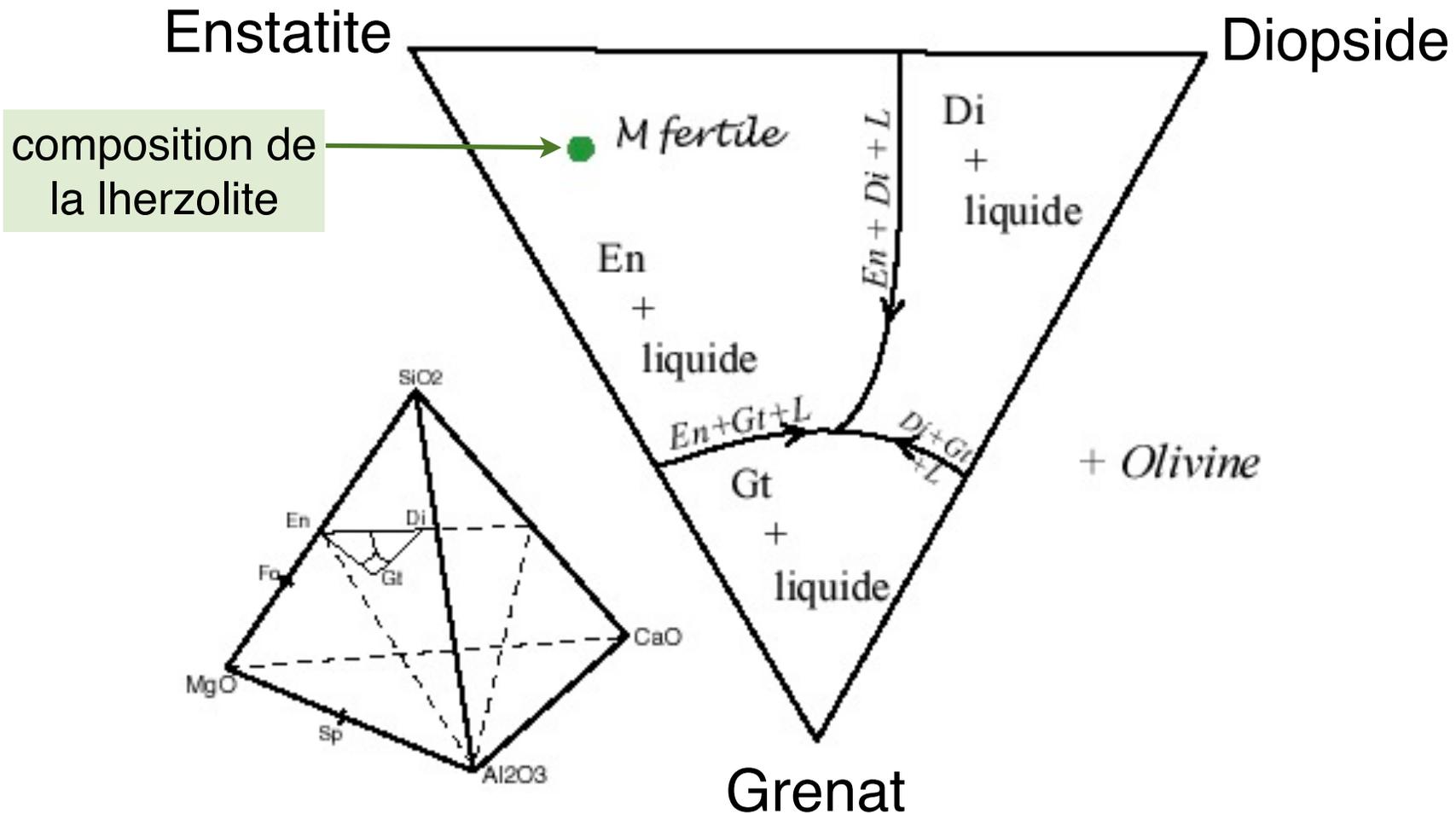


Tout est liquide, la température augmente.

# Evolution sur une projection plane

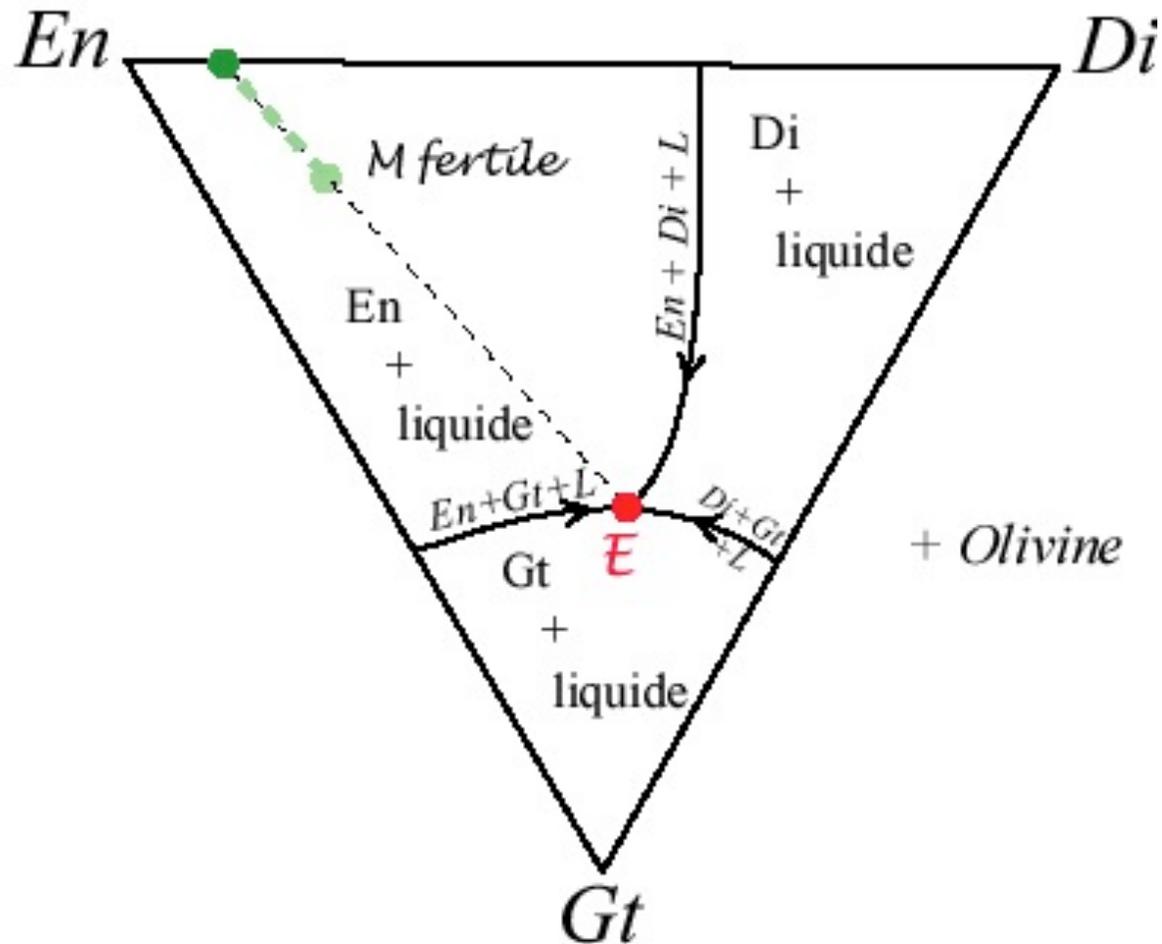
On projette sur un plan les 3 surfaces des liquidus.

Exemple d'une lherzolite : on néglige l'olivine qui fond en dernier et on obtient un diagramme ternaire avec 3 minéraux (cpx, opx, grenat).



*Fusion partielle des Lherzolites du Manteau fertile (Mf)*

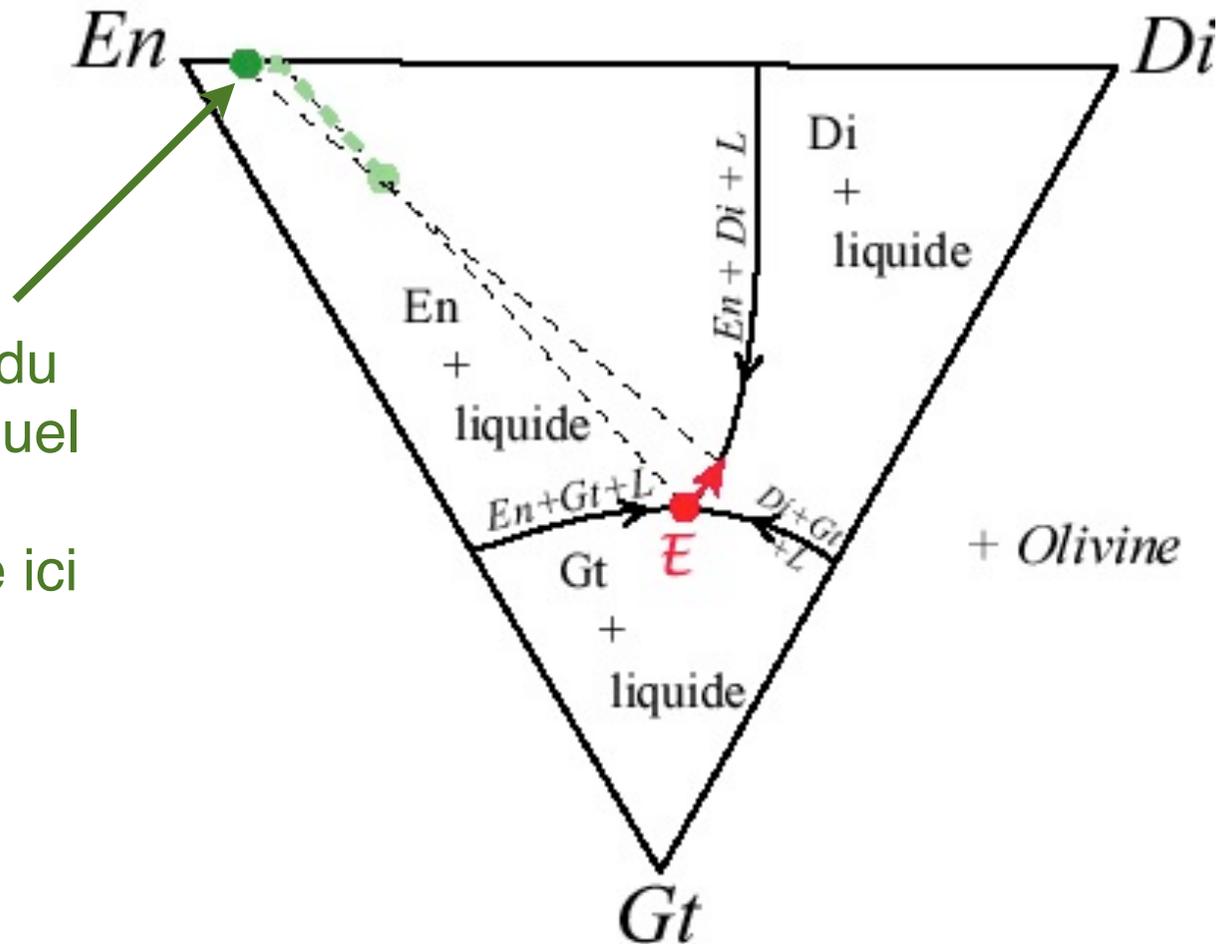
# Evolution de la fusion (1)



Le premier liquide a la composition de l'eutectique ternaire

Le solide se déplace vers le pôle enstatite, jusqu'à disparition du grenat, sur la ligne EM.

# Evolution de la fusion (2)

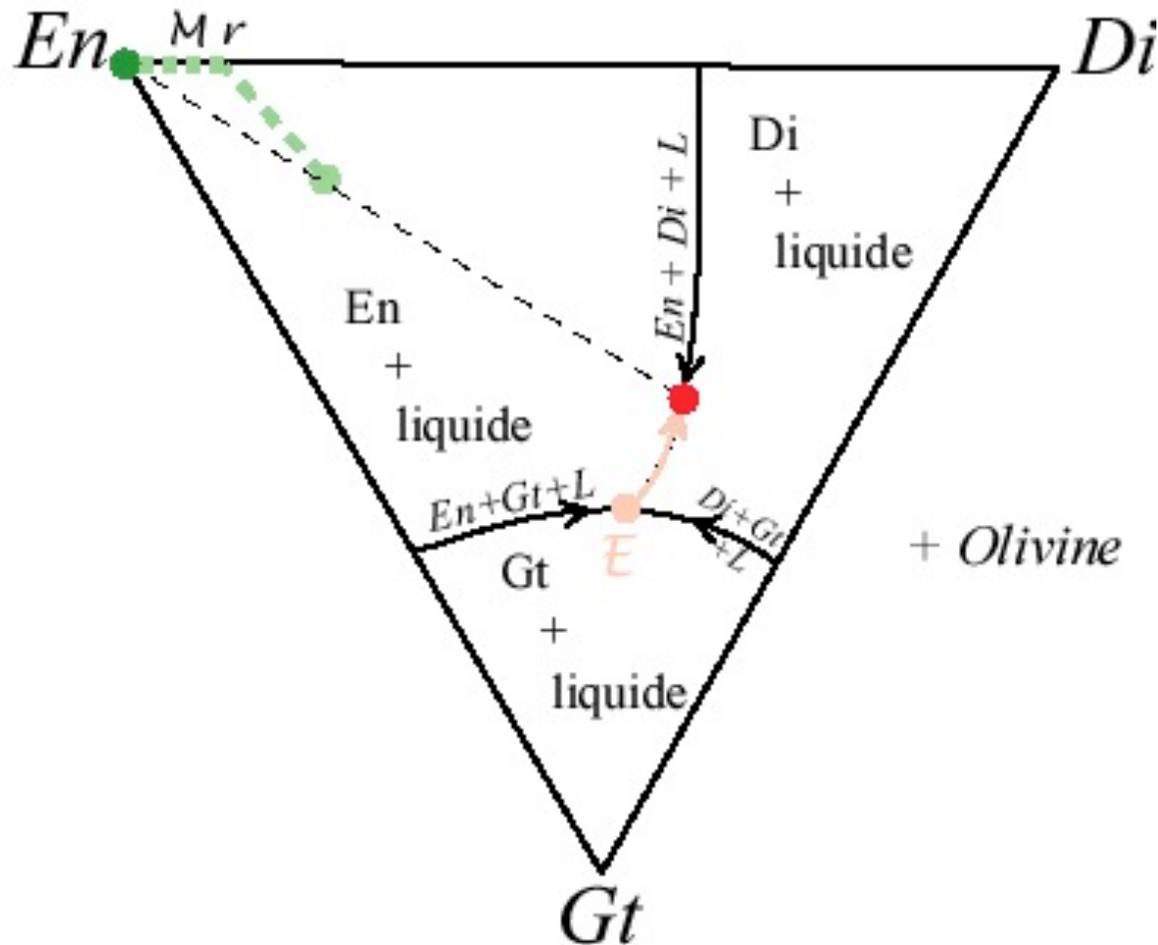


Composition du  
manteau résiduel  
si la fusion  
partielle cesse ici

Le liquide évolue sur la ligne cotectique opposée au grenat (entièrement fondu)

Le solide se déplace vers le pôle enstatite, car le diopside fond progressivement.

# Evolution de la fusion (3)



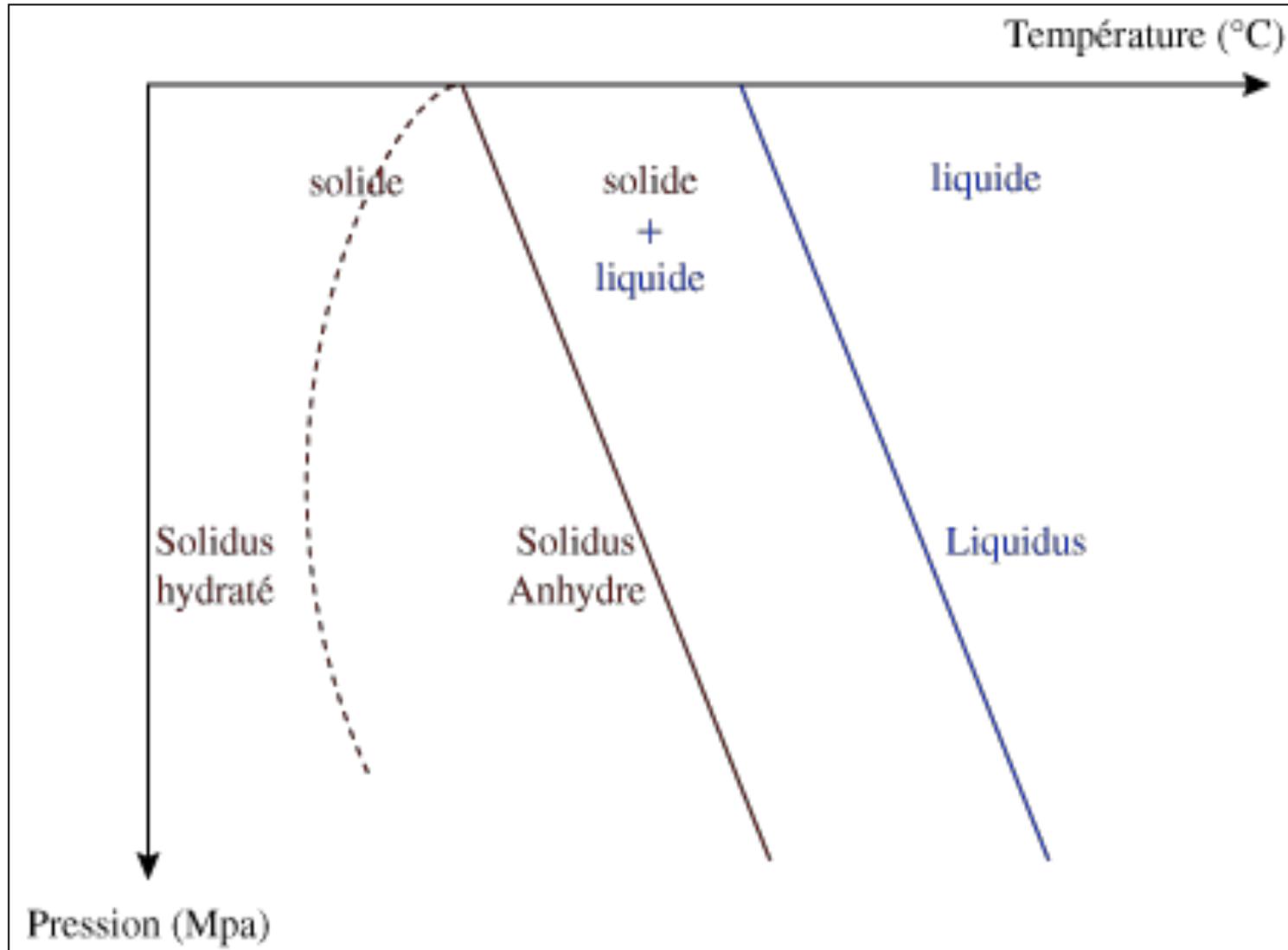
Fusion jusqu'au pôle enstatite, conduisant à un manteau appauvri sans diopside : la harzburgite.

Aucune situation de fusion plus poussée du manteau (sinon, le liquide se déplacerait sur la ligne *EnM*)

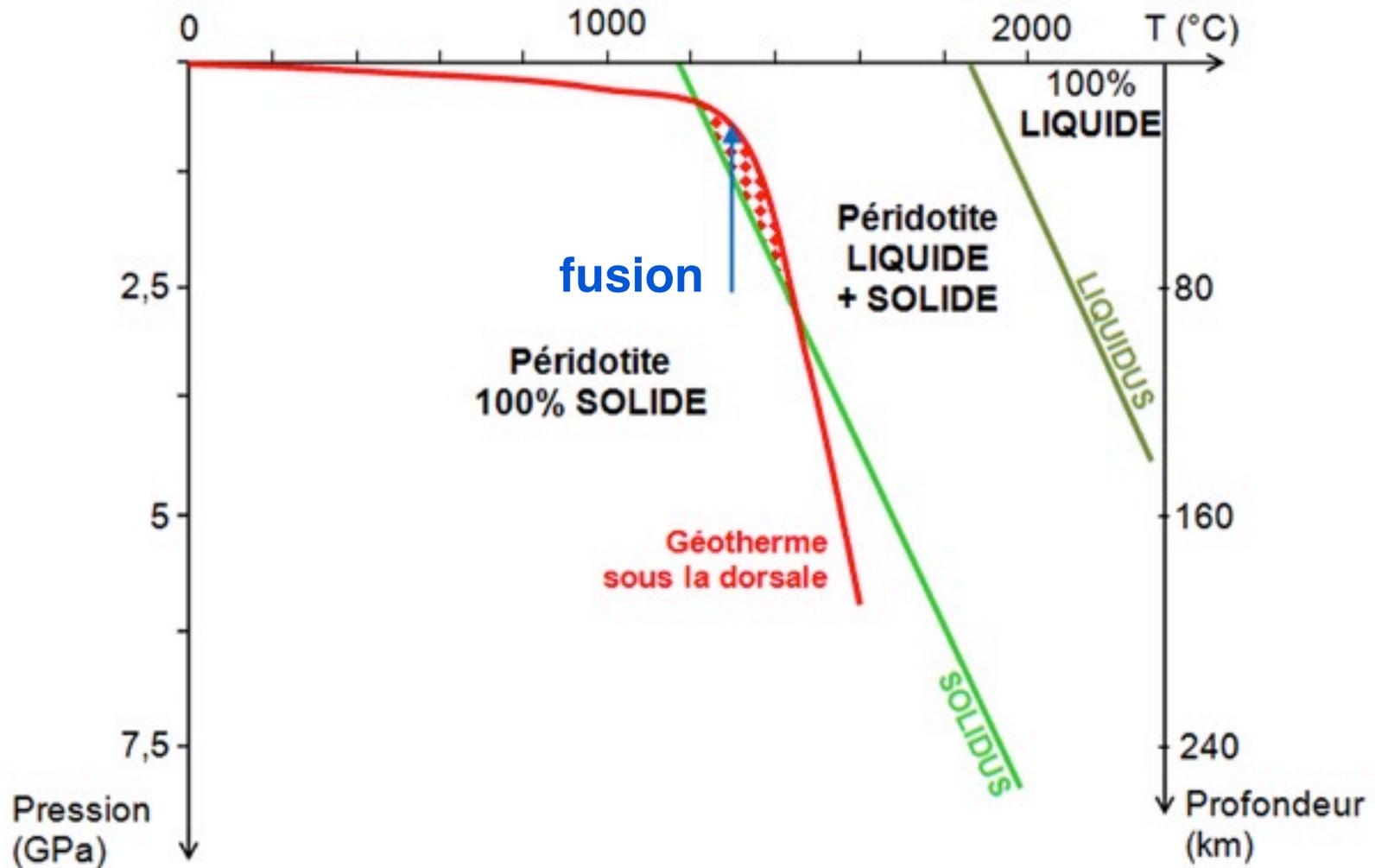
# Variations de P, T dans la Terre



## Modèle PREM



# Remontée adiabatique sous les rifts et dorsales



# Evolution d'une plaque océanique

Dorsale

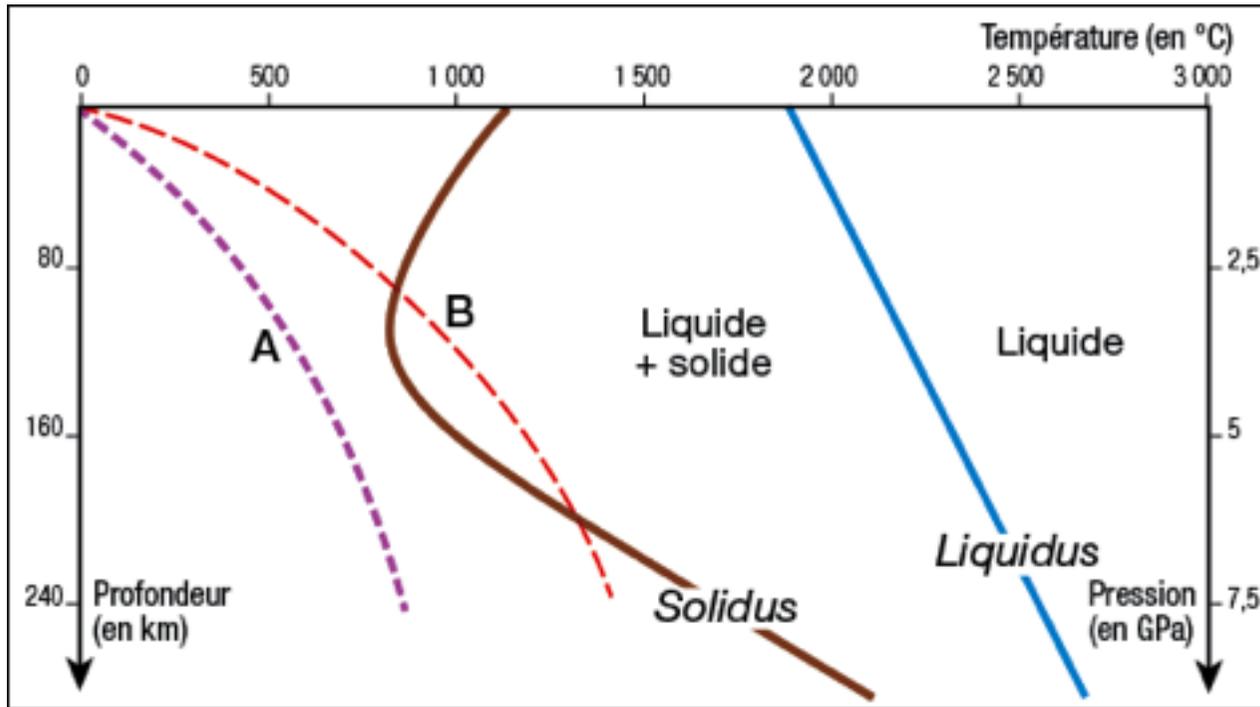
hydratation par hydrothermalisme

Enfoncement

C1		C2		C3		Q		V
Gabbro		Métagabbro		Métagabbro		Métagabbro		Métagabbro
Pyroxène	→	Pyroxène	→	Pyroxène	→	Pyroxène	→	Pyroxène
F.plagio	↑	F.plagio	↑	F.plagio	↓	F.plagio	↓	F.plagio
		Amphibole		Chlorite		Glaucophane		Jadéite Grenat
	gain d'eau		gain d'eau		perte d'eau		perte d'eau	
				Faciès schiste vert		Faciès schiste bleu		Faciès éclogite

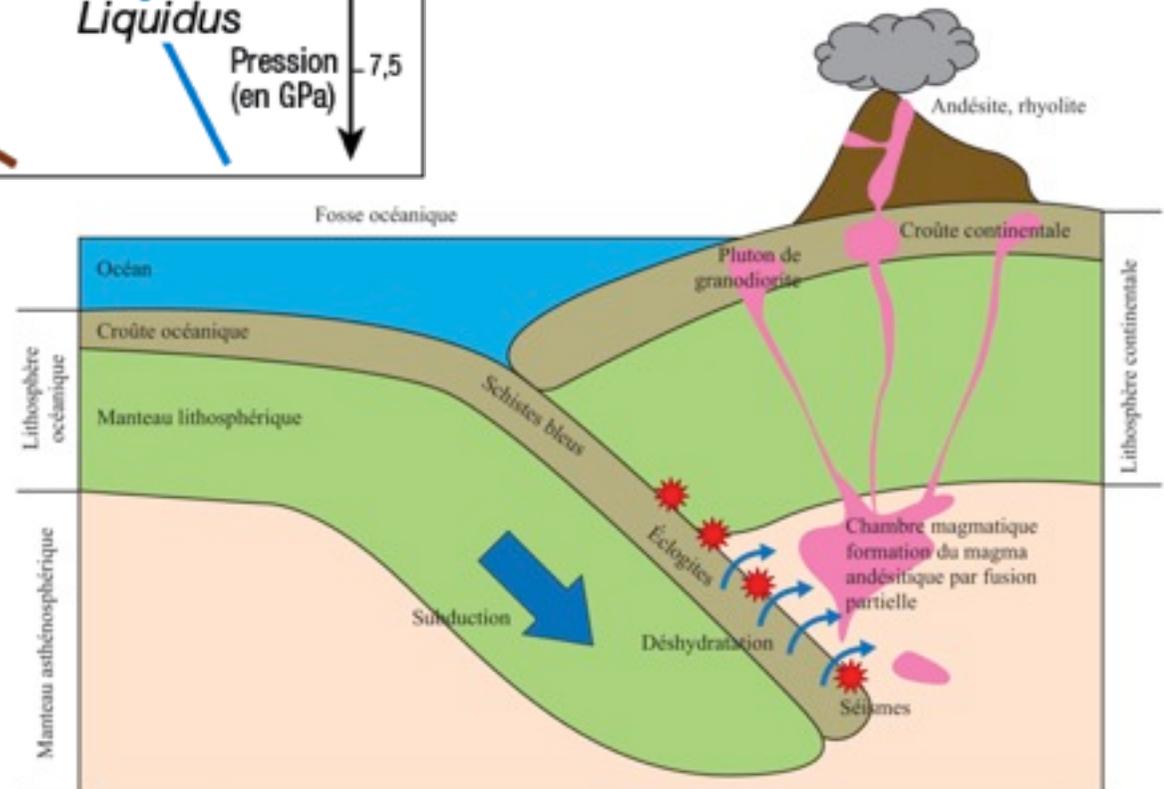
déshydratation

# Déplacement du solidus par hydratation

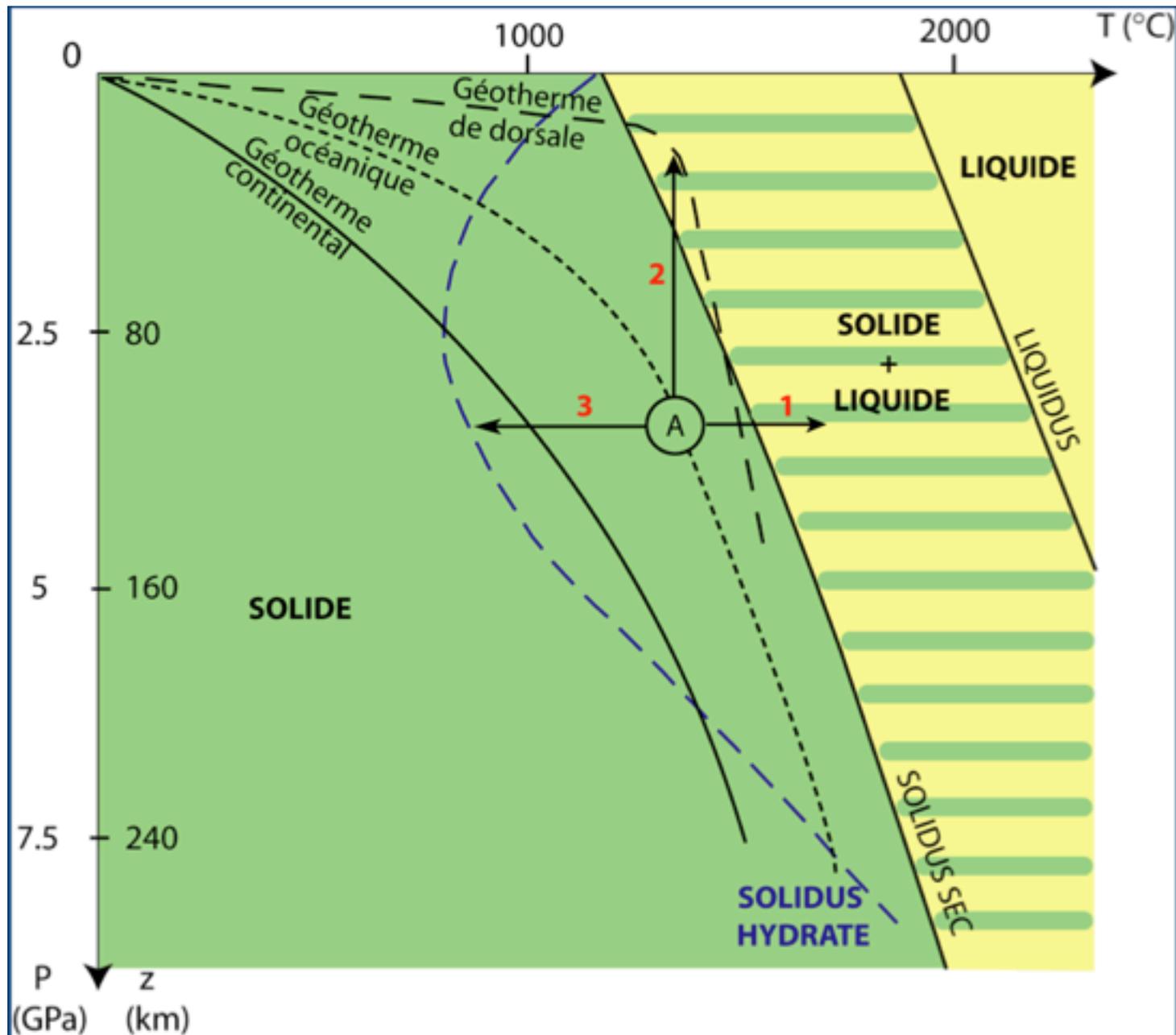


B : géotherme en zone de subduction : plaque chevauchante

L'eau libérée par la plaque plongeante va faire fondre le manteau sus-jacent.



# Bilan des 3 modalités de fusion



# Cas des granites

1 - granite d'origine **mantellique**

2 - granite d'origine **crustale**

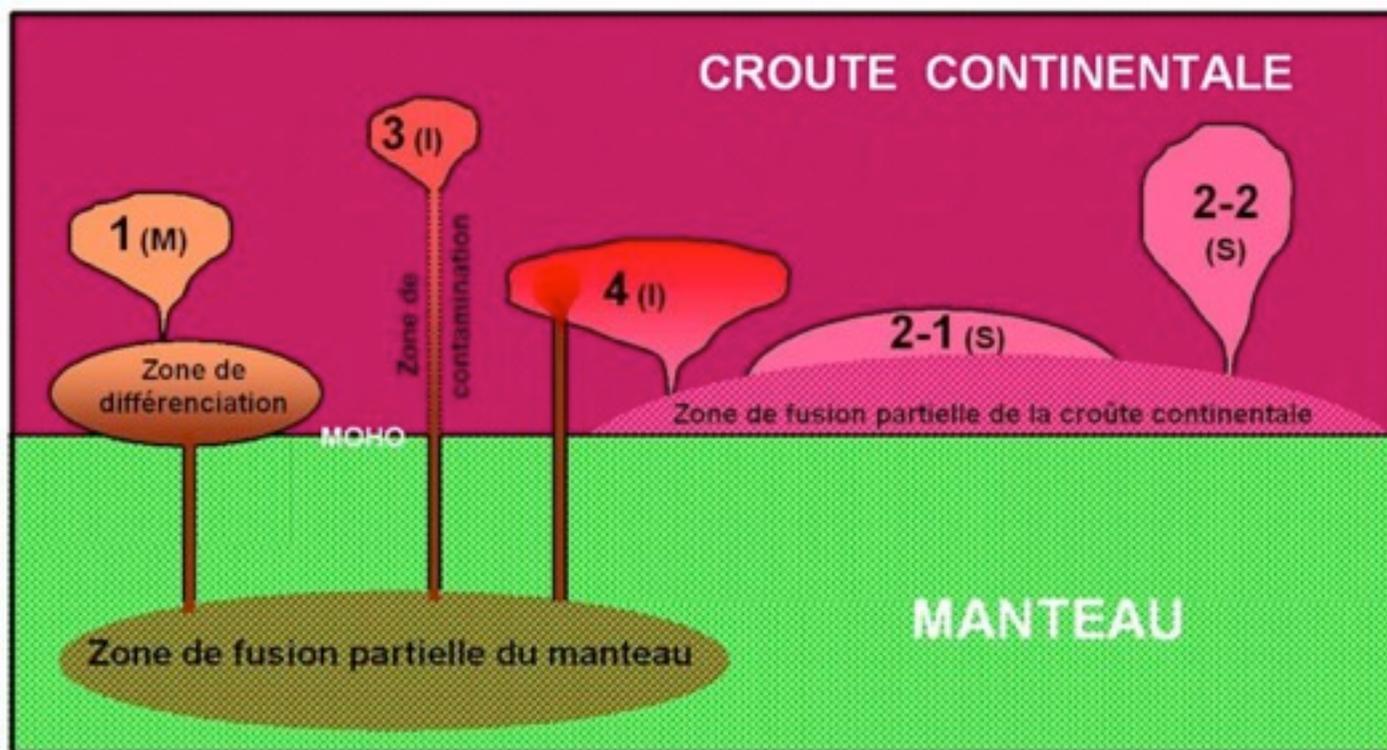
2-1 : concordant

2-2 : intrusif et discordant

**Granites d'origine mixte**

3 - magma basique contaminé par une fusion de la croûte traversée

4 - granite issu d'un mélange de magmas



# BILAN



Fusion partielle de type

taux de fusion

profondeur

dorsale, rift

25 %

20-30 km

zone de subduction

10 %

30-40 km  
80-150 km

point chaud

5 %

50-100 km

# Bilan de la fusion partielle

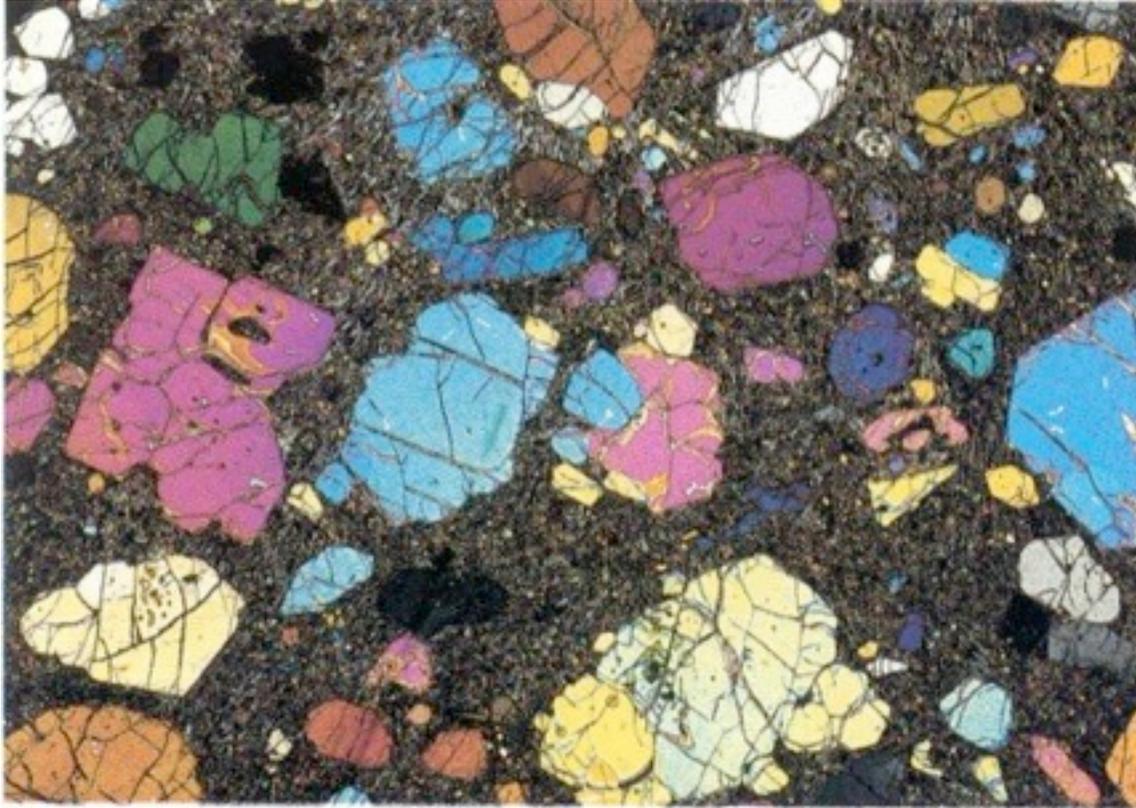


- **La composition du premier liquide formé diffère de celle de la roche mère.**
- **Le taux de fusion partielle conditionne la composition du magma.**
- **L'ordre de disparition des minéraux dépend de la composition de la roche mère.**
- **La composition du liquide eutectique dépend de la nature des minéraux en mélange, pas de leurs proportions.**
- **On distingue les éléments magmatophiles = incompatibles des éléments compatibles.**
- **La fusion partielle exerce un tri géochimique.**

## 2. Des magmas primaires aux magmas différenciés

# Lame 1

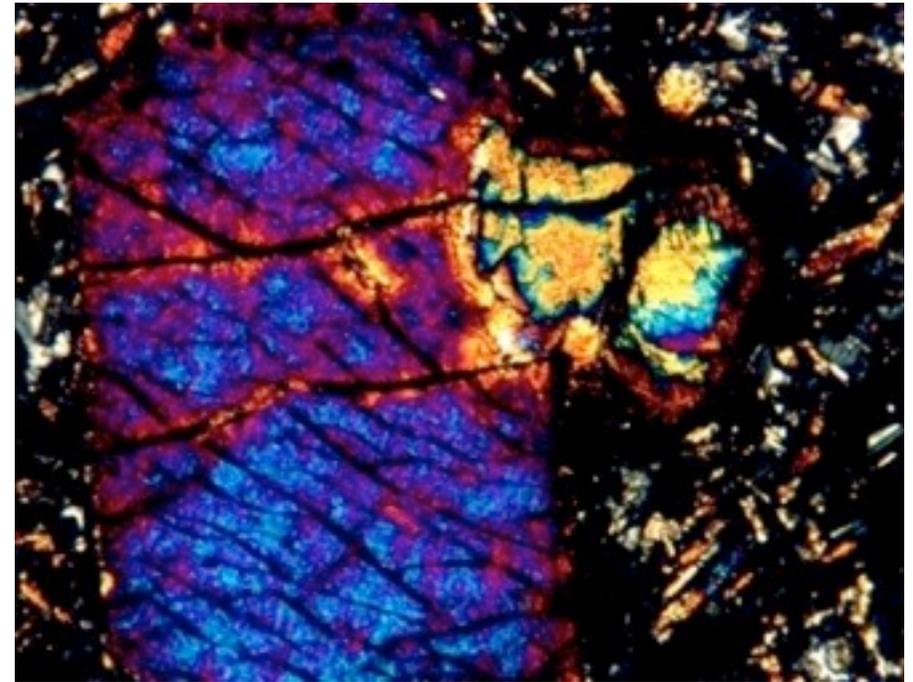
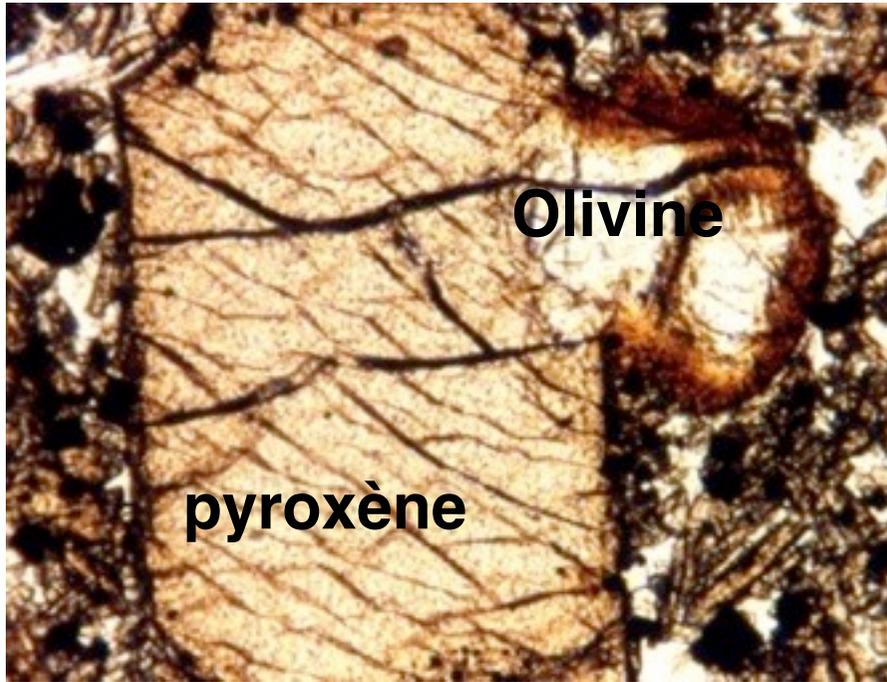
[planet-terre.ens-lyon.fr](http://planet-terre.ens-lyon.fr)



**Basalte alcalin, coulée de la Vache, Lassolas. MO, LPA**

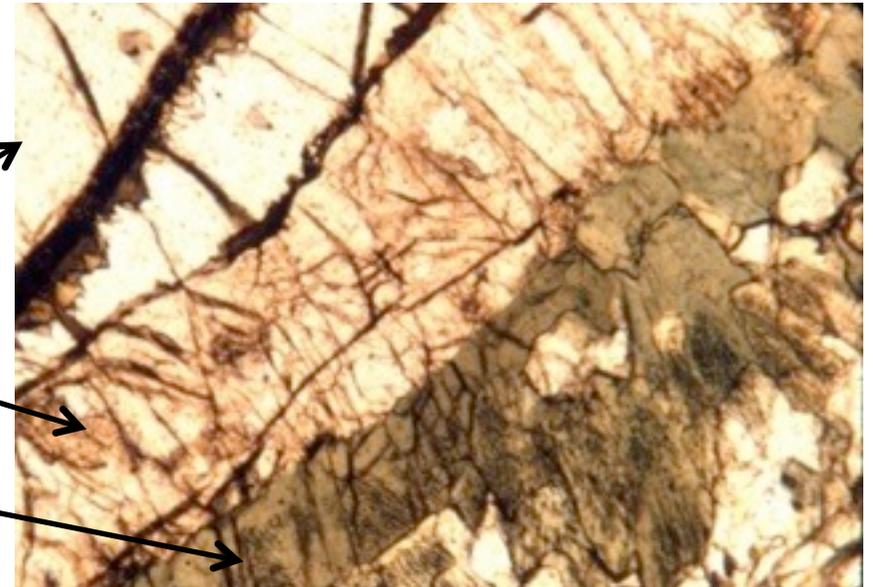
Olivines dans une pâte contenant plagioclases et pyroxènes : les olivines ont donc cristallisé avant l'éruption

## Lame 2 - Olivine incluse dans un pyroxène



## Lame 3 - Ordre de cristallisation : olivine puis pyroxène puis amphibole

Olivine « blindée »  
par un pyroxène,  
lui-même entouré  
d'amphibole



# Lame 4

# Lame 5



## Zonation minérale dans un plagioclase

L'angle d'extinction des plagioclases dépend des proportions Ca / Na donc la chimie du magma a évolué au cours de la cristallisation.

# Evolution des volcans de la chaîne des Puys

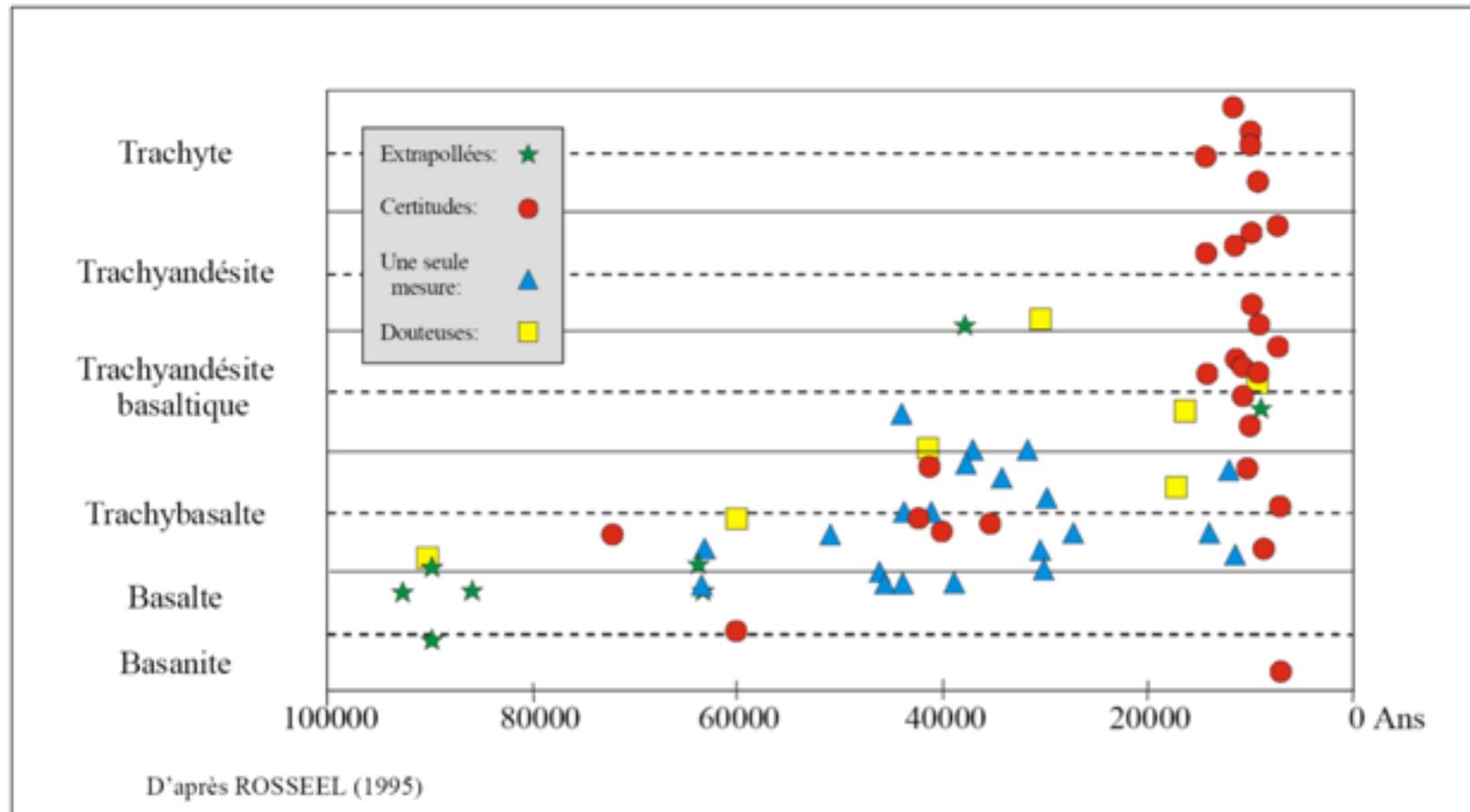
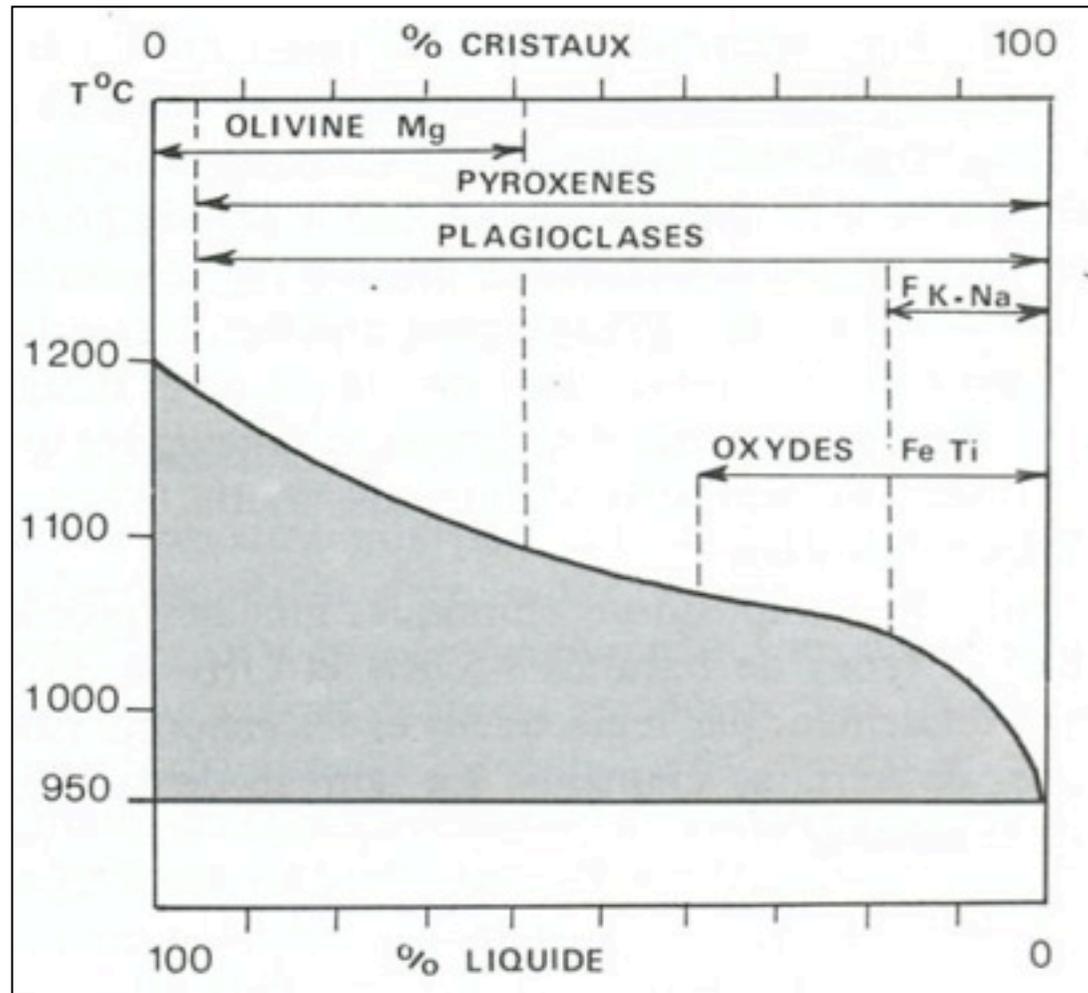


Figure 11 – Diagramme montrant l'ensemble des âges des produits volcaniques de la Chaîne des Puys en relation avec leur chimisme (d'après Rosseel, 1996 et de Goër, 1997). Un examen attentif des périodes d'activité montre clairement l'alternance de périodes d'activité et de périodes d'arrêt du volcanisme. Certaines de ces périodes de repos sont plus longues que celle qui nous sépare des dernières éruptions volcaniques (7000 ans). Ceci suggère qu'une reprise de l'activité volcanique est possible. Il est cependant impossible de savoir quand : dans 2 mois ou dans 2000 ans. Par contre l'évolution chimique et volcanologique passée des éruptions de la Chaîne des Puys indiquent une évolution marquée vers des produits de plus en plus riches en silice et par conséquent un dynamisme de plus en plus explosif.

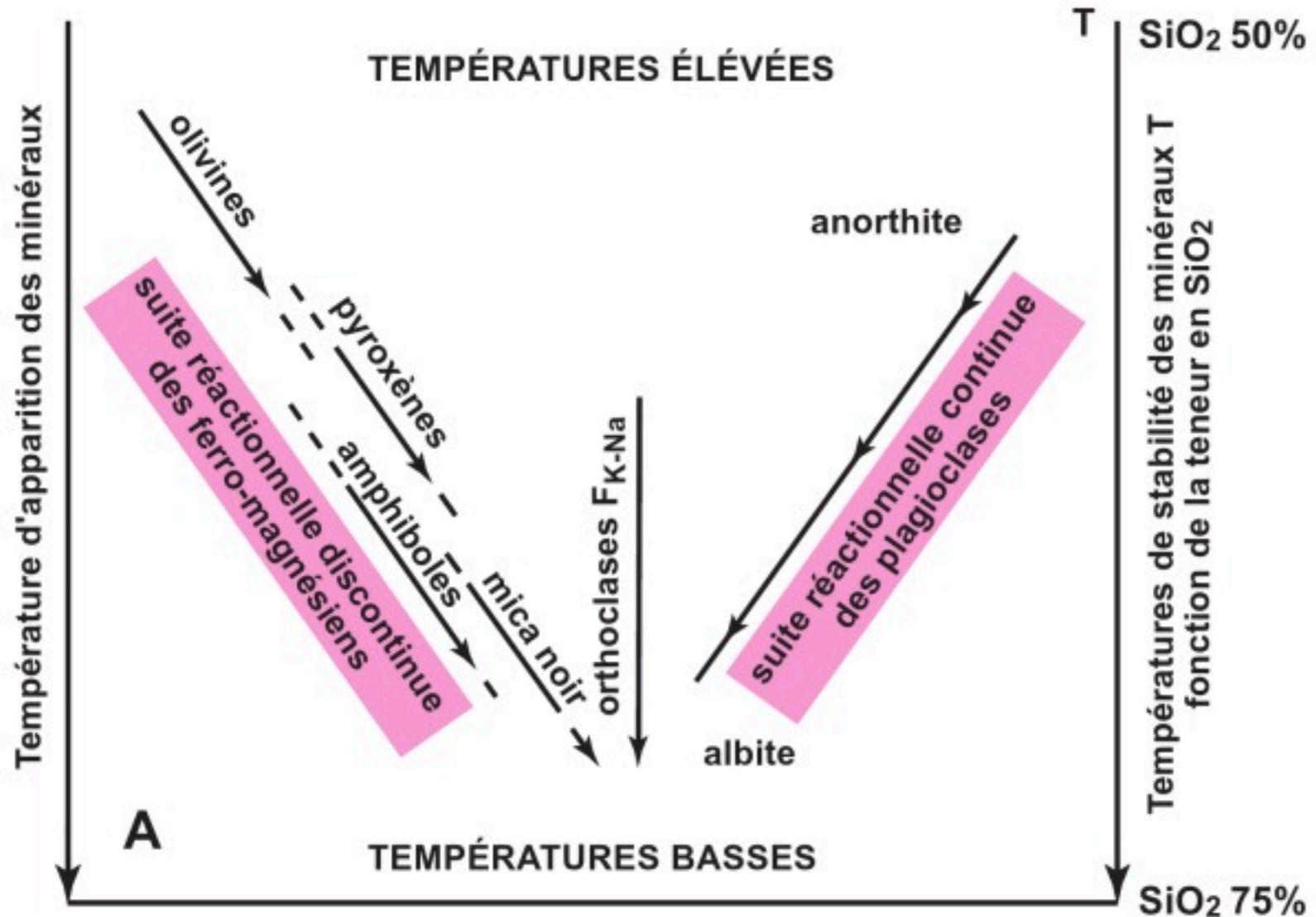
# Ordre d'apparition des minéraux



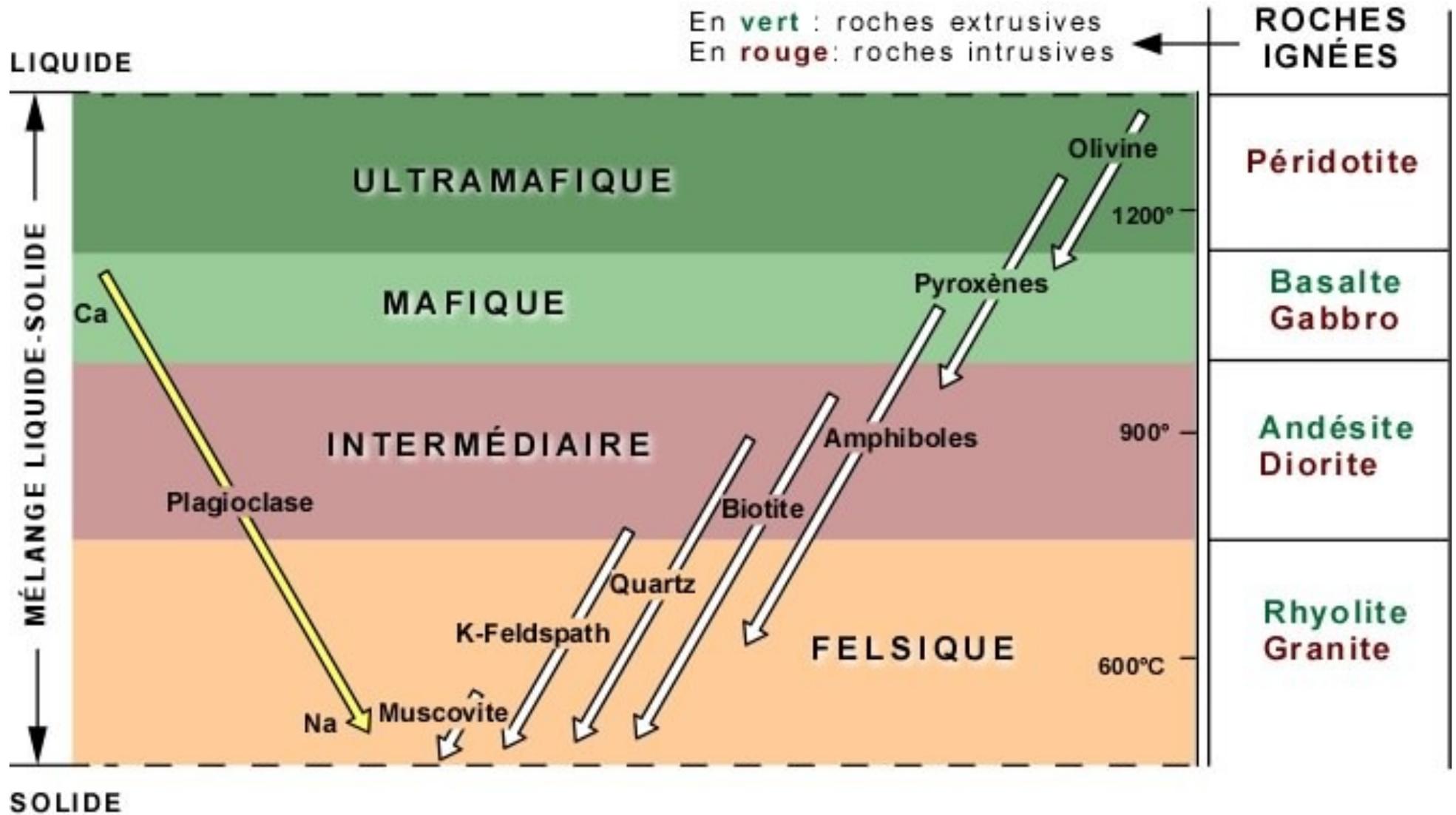
**Ordre d'apparition des minéraux lors de la cristallisation lente d'une coulée de basalte d'Hawaï.**

Le pourcentage de liquide est apprécié d'après celui des verres des laves solidifiées. A 900 °C, la lave est solide.

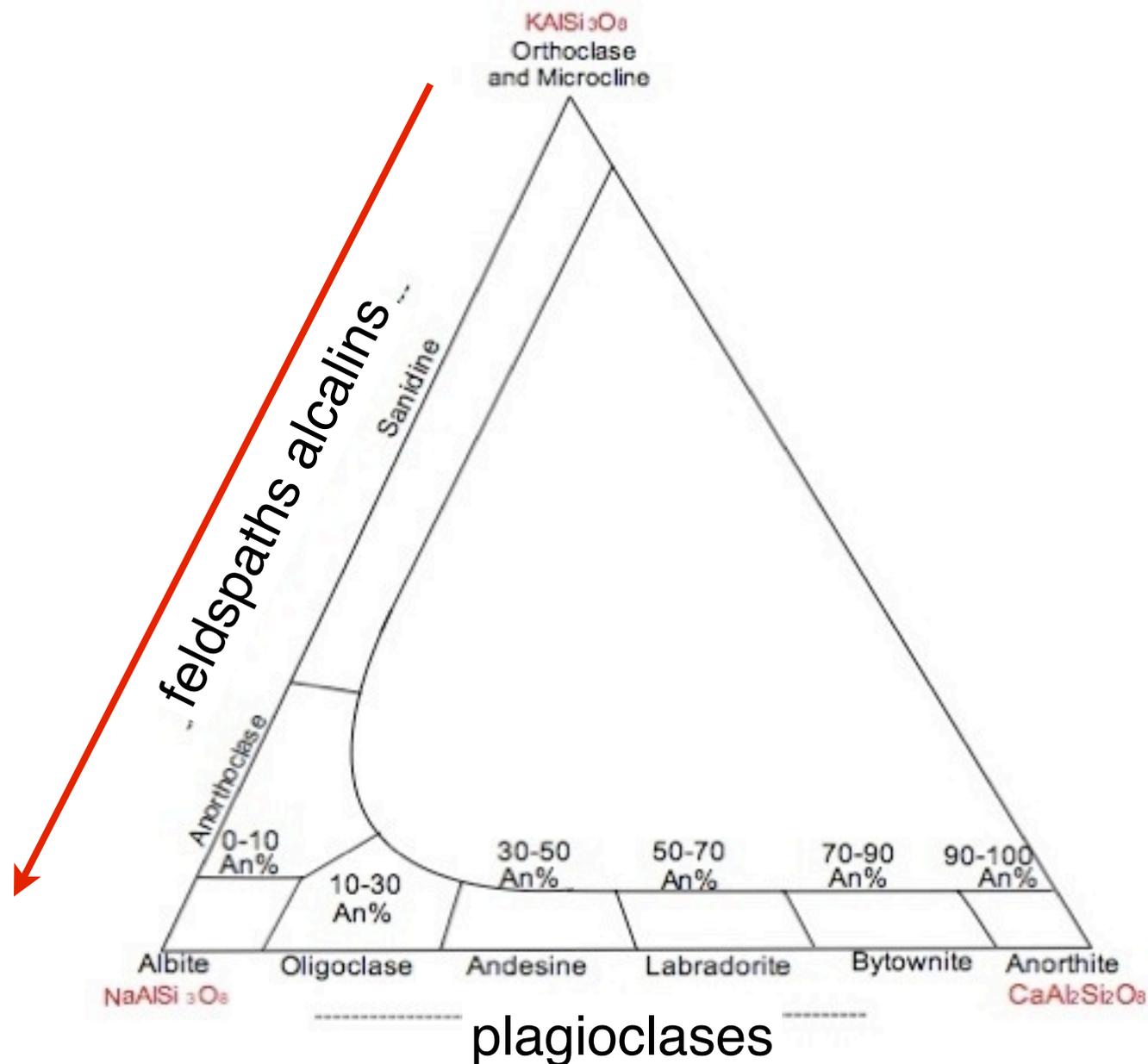
# Suite réactionnelle de Bowen



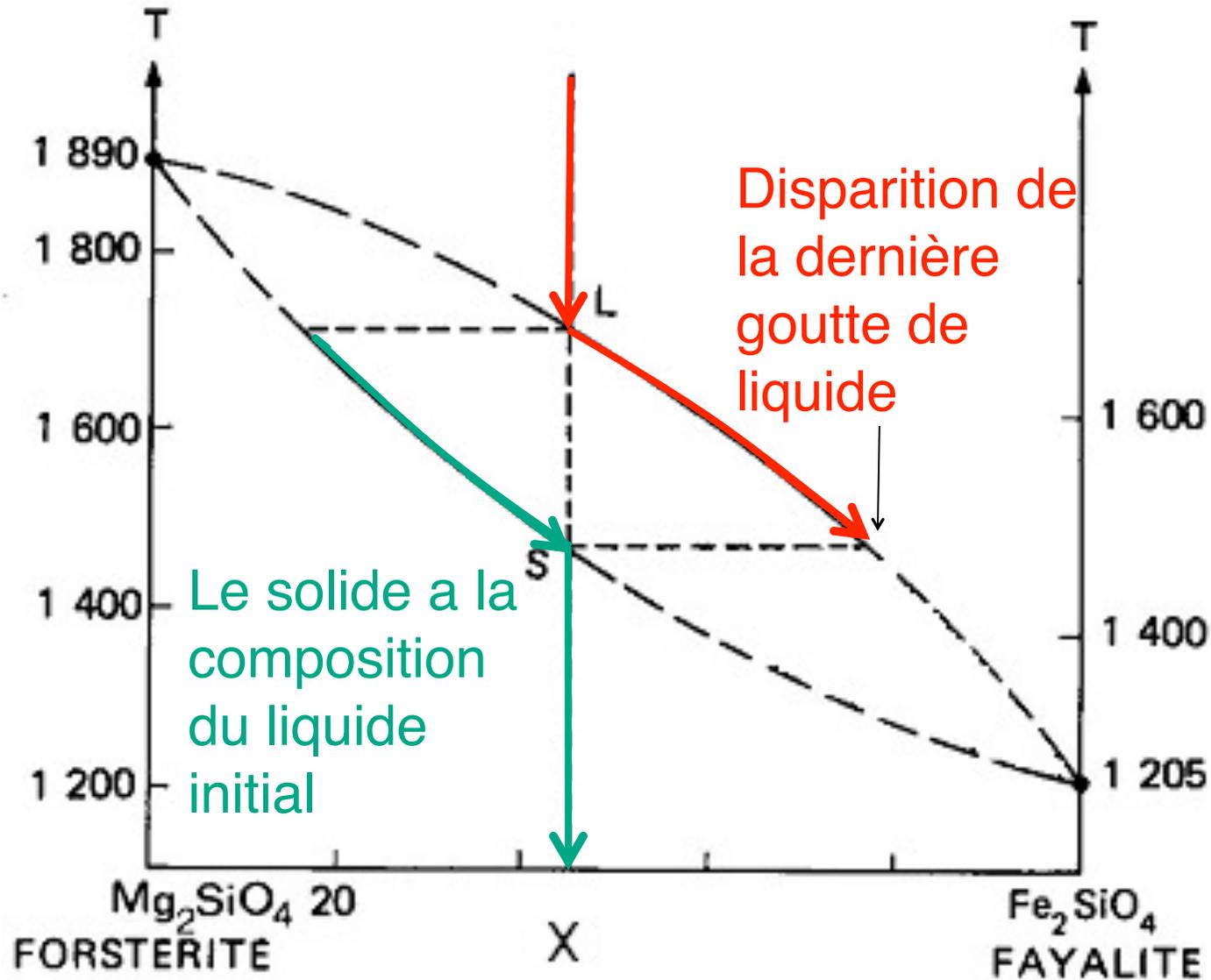
# Suite réactionnelle de Bowen



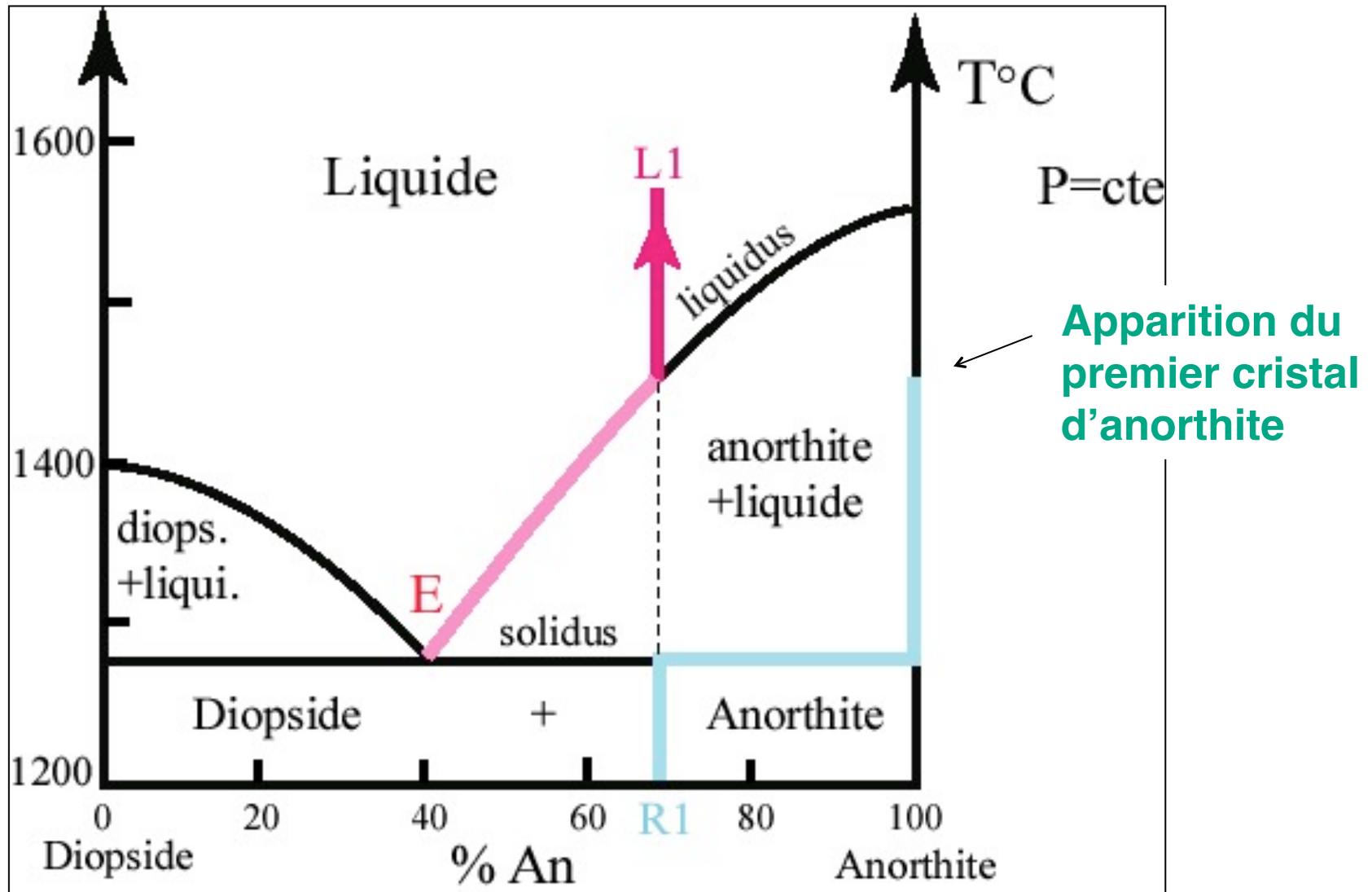
# Série des plagioclases et feldspaths alcalins



# Cristallisation fractionnée dans un diagramme binaire



# Cristallisation fractionnée dans un diagramme binaire avec eutectique



(inverser le sens de la flèche sous L1).

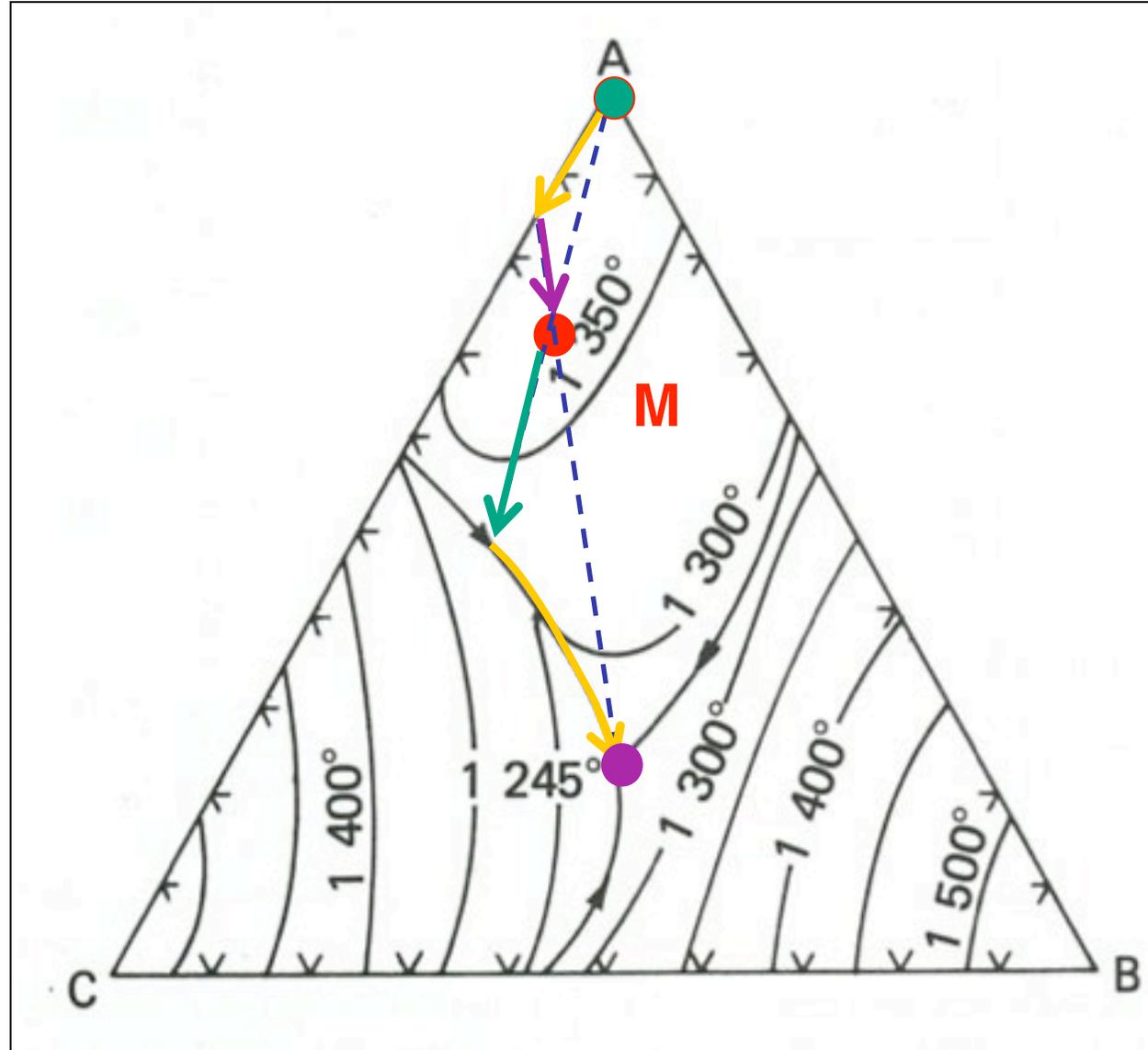
# Cristallisation d'un mélange ternaire

**A cristallise, la composition du liquide résiduel évolue en « descendant » la surface liquidus jusqu'à la ligne cotectique A+C+liquide**

**A + C cristallisent, la composition du liquide résiduel suit la ligne cotectique jusqu'au puits eutectique**

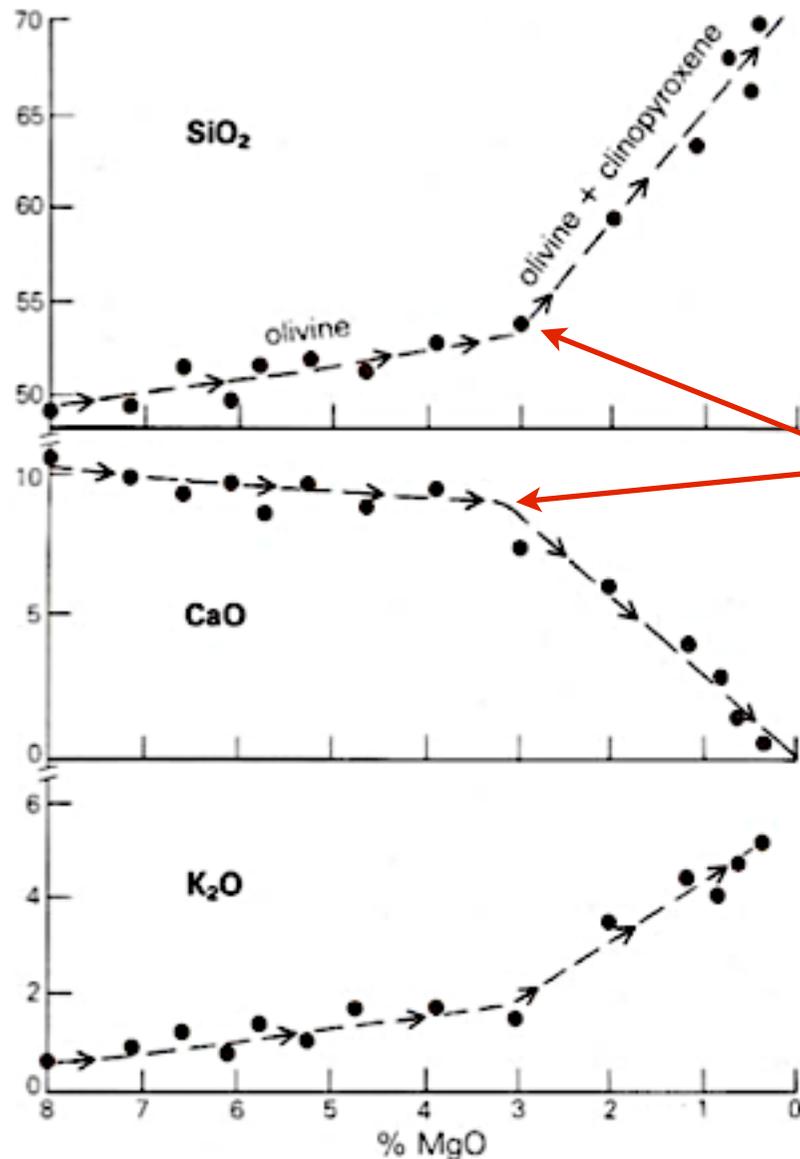
**A + B + C cristallisent, le liquide a la composition de l'eutectique, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus**

**A la fin, le solide a la même composition M que le liquide initial**



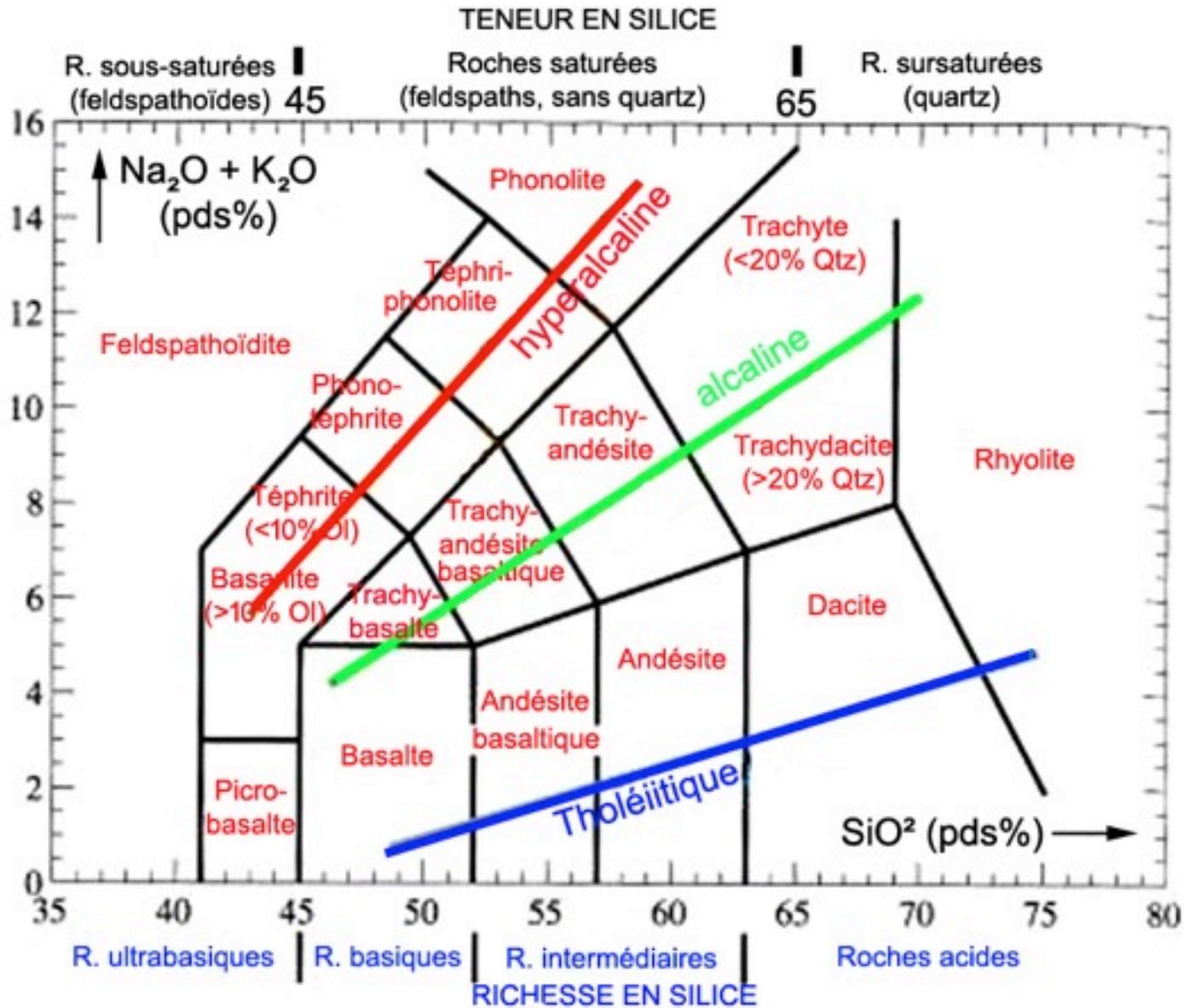
# Diagrammes de Harker

Evolution chimique du magma lors de la cristallisation : suite de roches volcaniques cogénétiques résultant de la cristallisation d'olivine, clinopyroxène et magnétite.



rupture de pente interprétée comme l'apparition d'un nouveau minéral qui cristallise et modifie la chimie du magma restant

# Les séries en diagramme de Harker (TAS)



(diagramme alcalin-silice ou TAS (=Total Alkali vs. silica))

(D'après "Géologie, roches et géochimie" (2011). A. Pruvost et C. Langlois. Dunod. ed.)

# Les séries en diagramme de Harker (TAS)

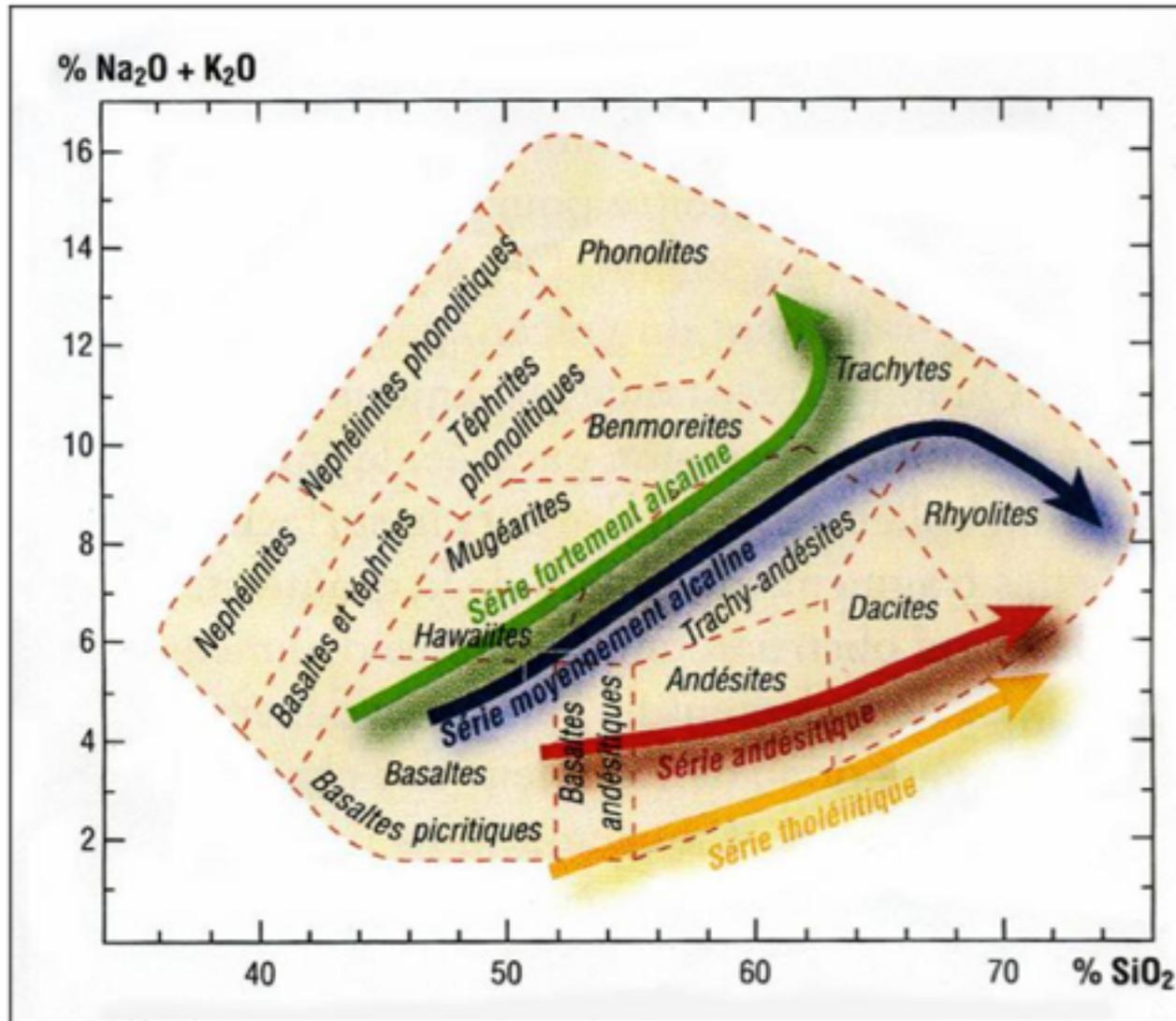
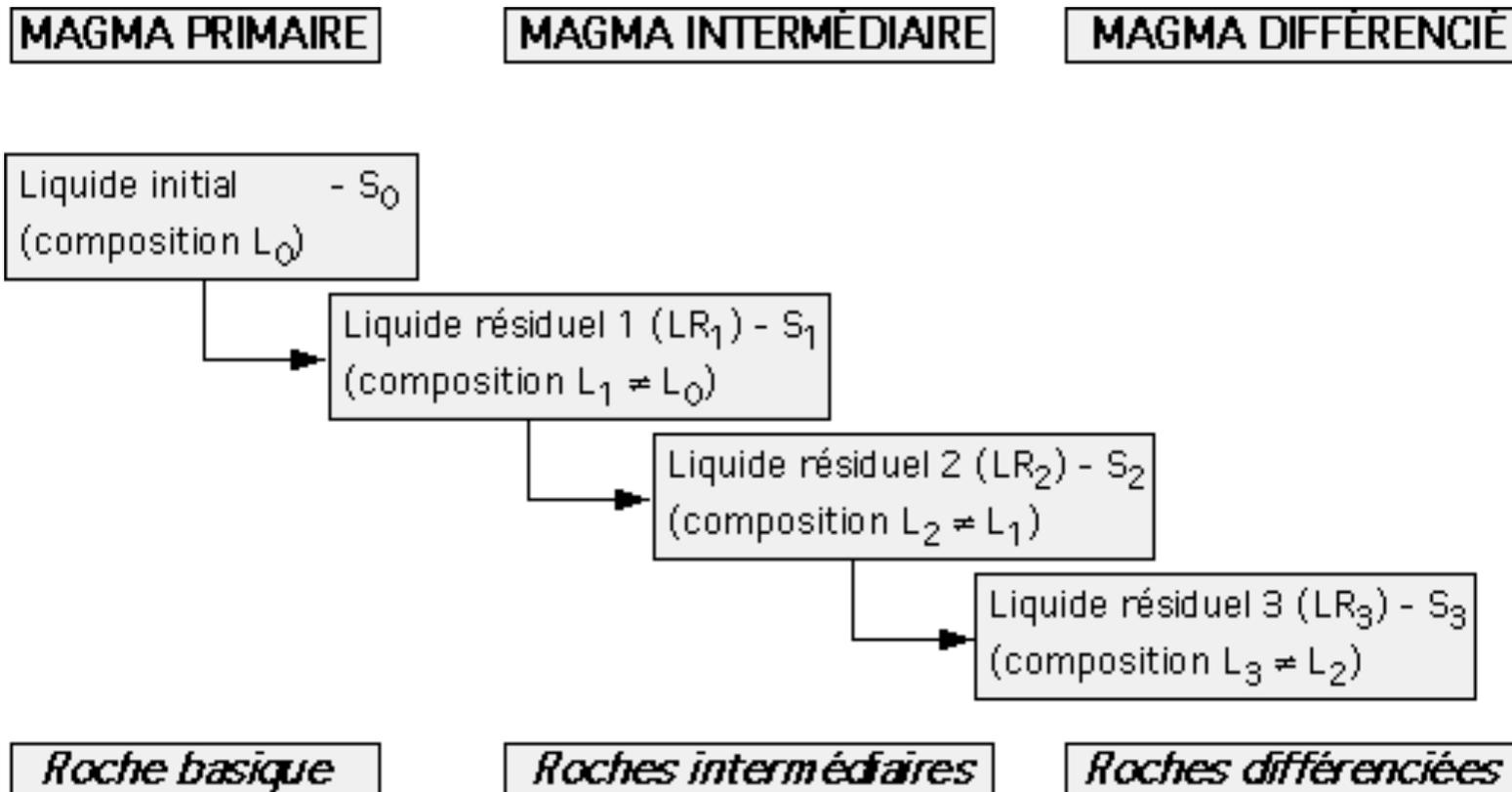


Diagramme TAS faisant apparaître 4 séries magmatiques. Pour la série alcaline, il y a deux évolutions possibles : rebroussement vers la rhyolite ou vers la phonolite.

# Evolution par cristallisation fractionnée



**Différenciation magmatique** : tout processus permettant à un magma (primaire) d'évoluer vers un magma différent.

**Nécessité d'une séparation cristaux / phase liquide**

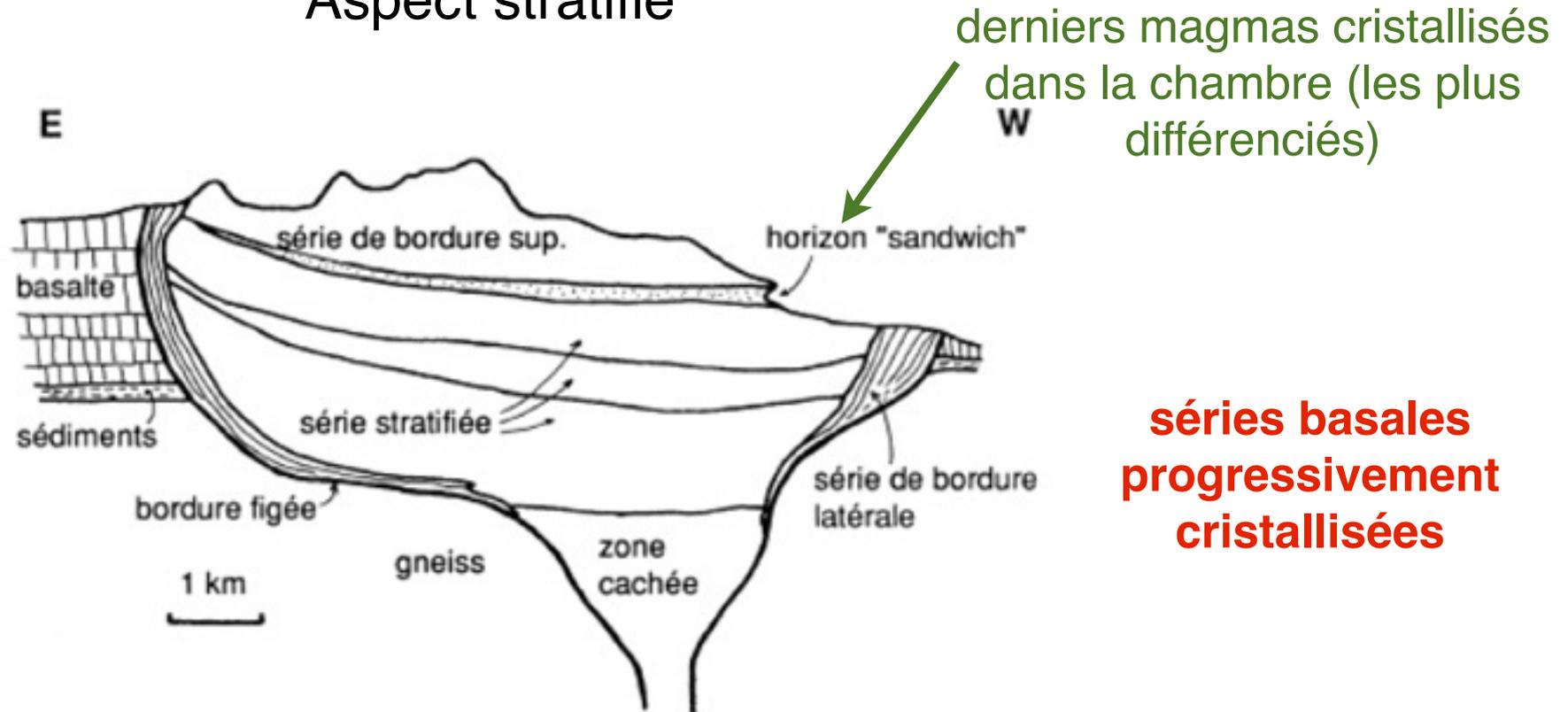
# Gabbros lités du Skaergaard

Chambre magmatique fossile du Groenland



# Le Skaergaard, chambre magmatique fossile

## Aspect stratifié



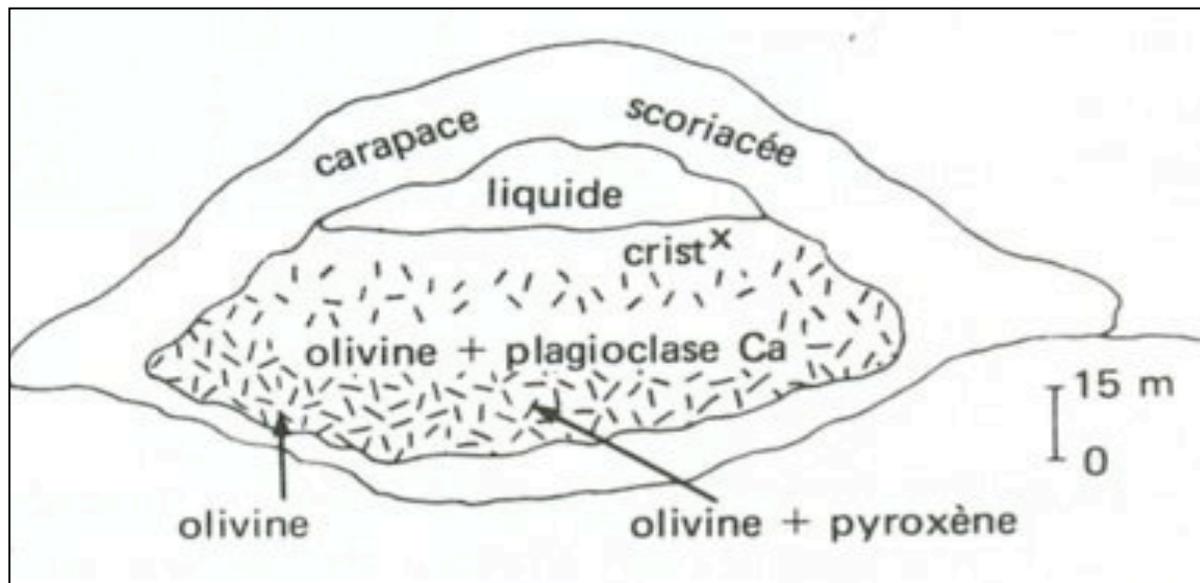
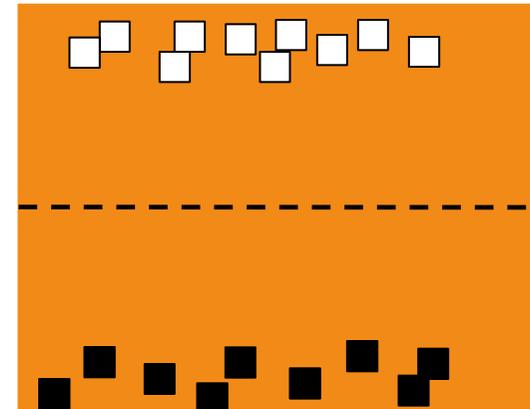
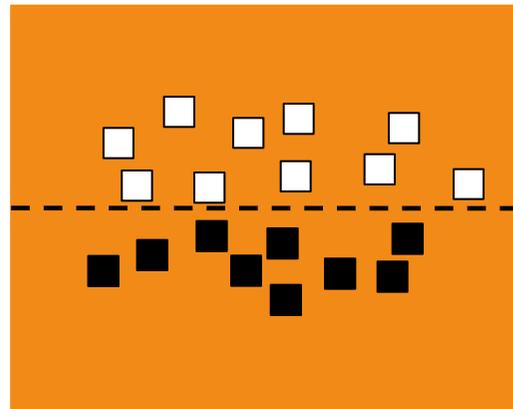
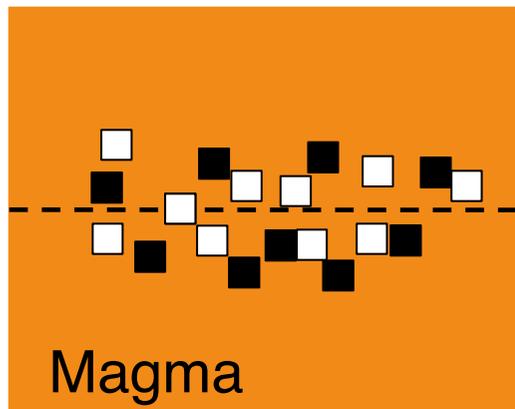
**séries basales  
progressivement  
cristallisées**

Le massif grenu du Skaergaard (Groenland), chambre magmatique fossile : coupe schématique E-W (vue vers le Sud) (d'après McBIRNEY, 1993, modifié).

Phénomène de sédimentation dans la chambre magmatique

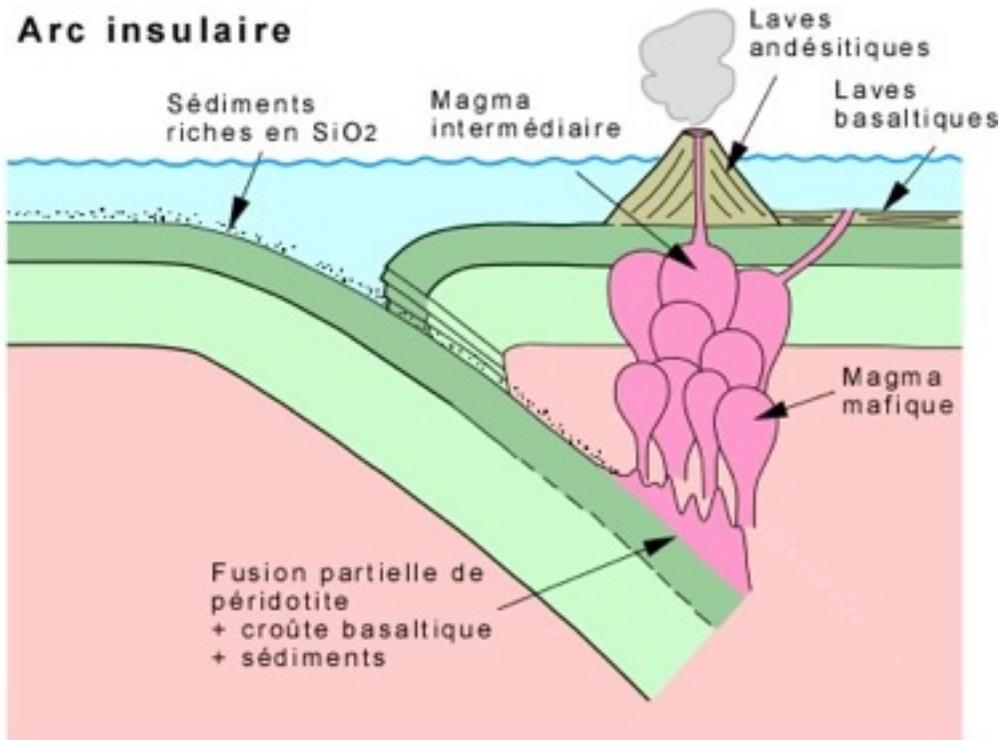
# Effet de sédimentation des minéraux

Sédimentation de minéraux de densités différentes => apparition de lits de minéraux différents.



# Contamination crustale

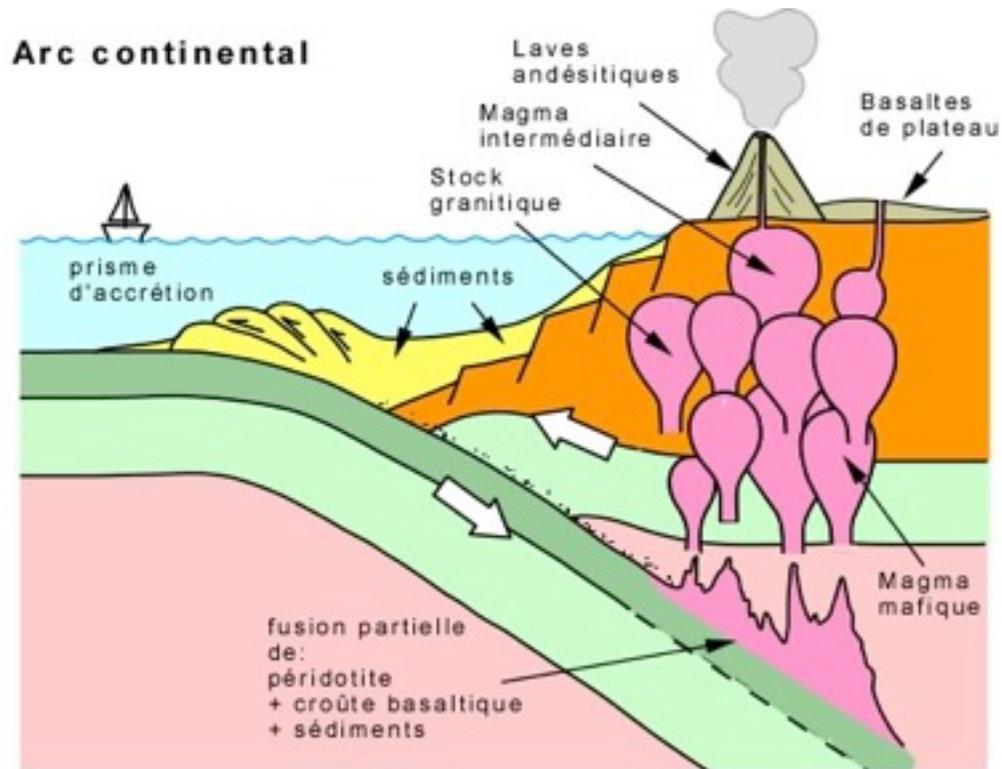
## Arc insulaire



### Zone de subduction entre 2 plaques océaniques

Le magma obtenu est riche en ferro-magnésiens issus de la participation de la fusion de la lithosphère océanique chevauchante => volcanisme basaltique possible.

## Arc continental



### Zone de subduction sous une plaque continentale

Le magma obtenu est moins riche en ferro-magnésiens mais plus siliceux à cause de la participation de la fusion de la croûte continentale => andésites et rhyolites dominant.

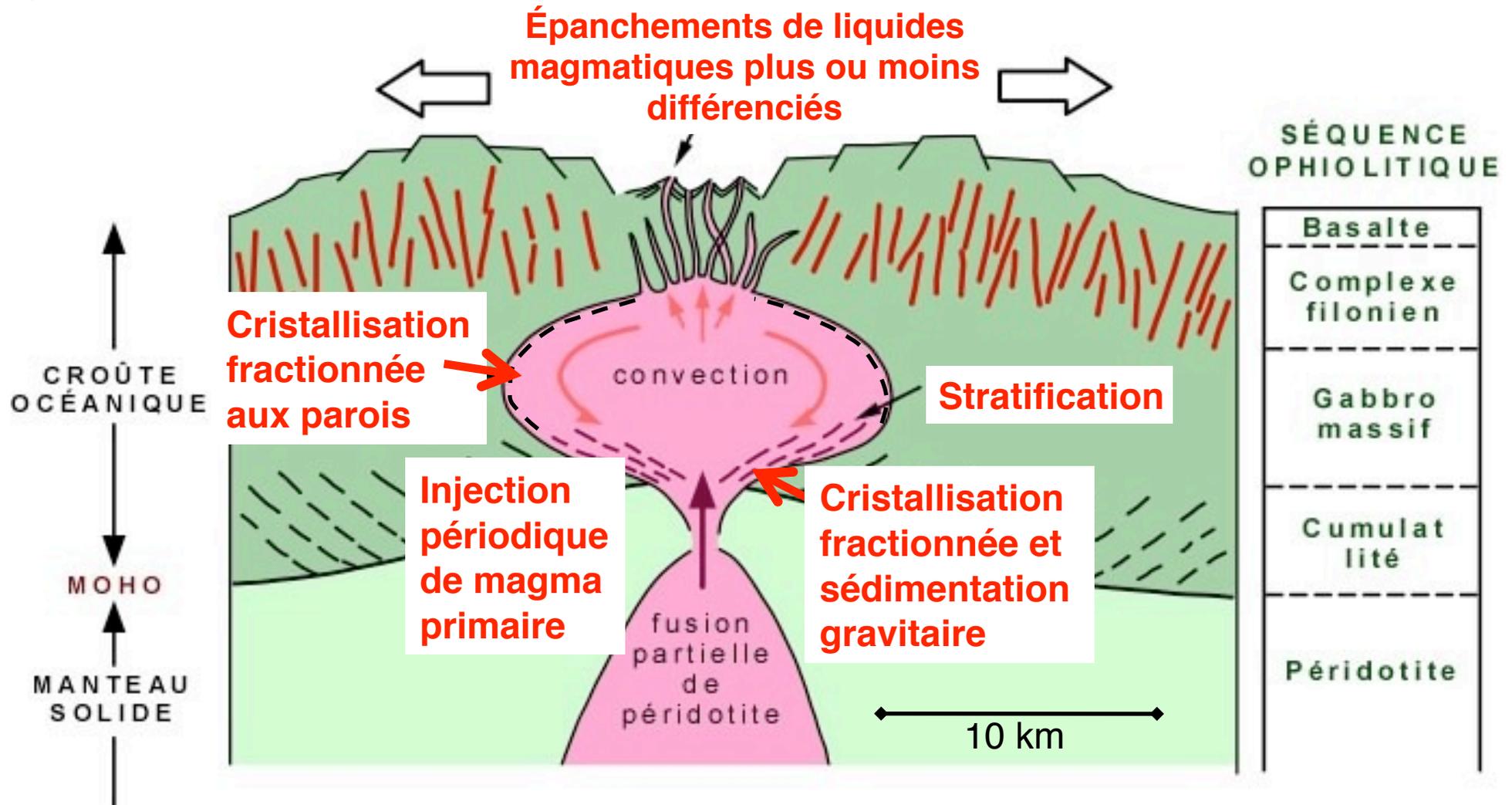
# Hybridation magmatique



Baie de Sainte-Anne,  
Trégastel (Côtes d'Armor).



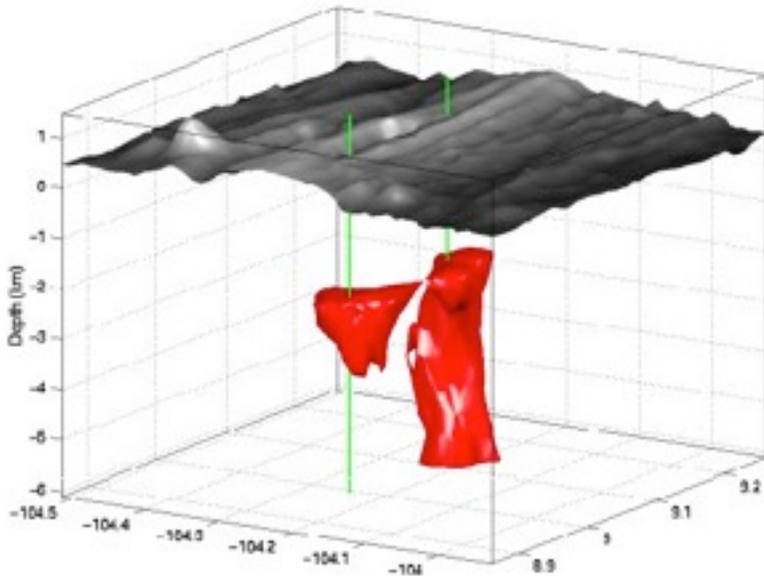
# Bilan



# 3. Des magmas aux roches magmatiques

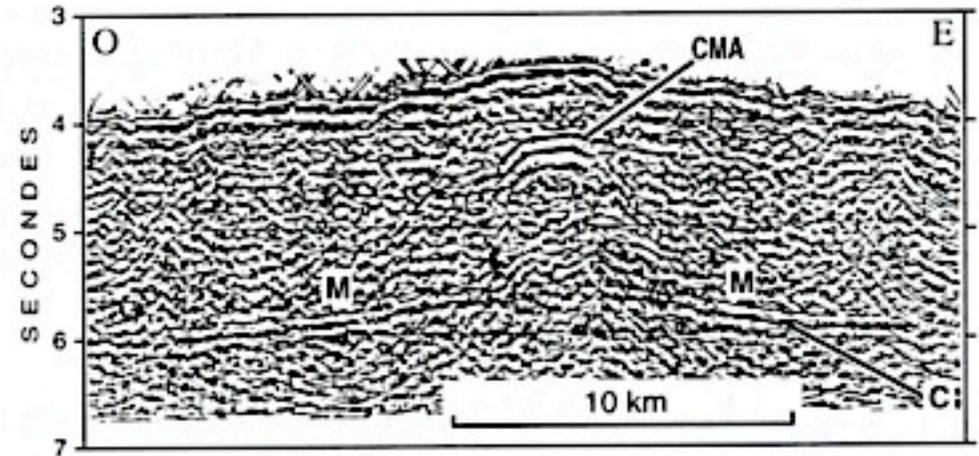
# La dorsale océanique

Visualisation 3D de la chambre magmatique (zone à faible vitesse en rouge)

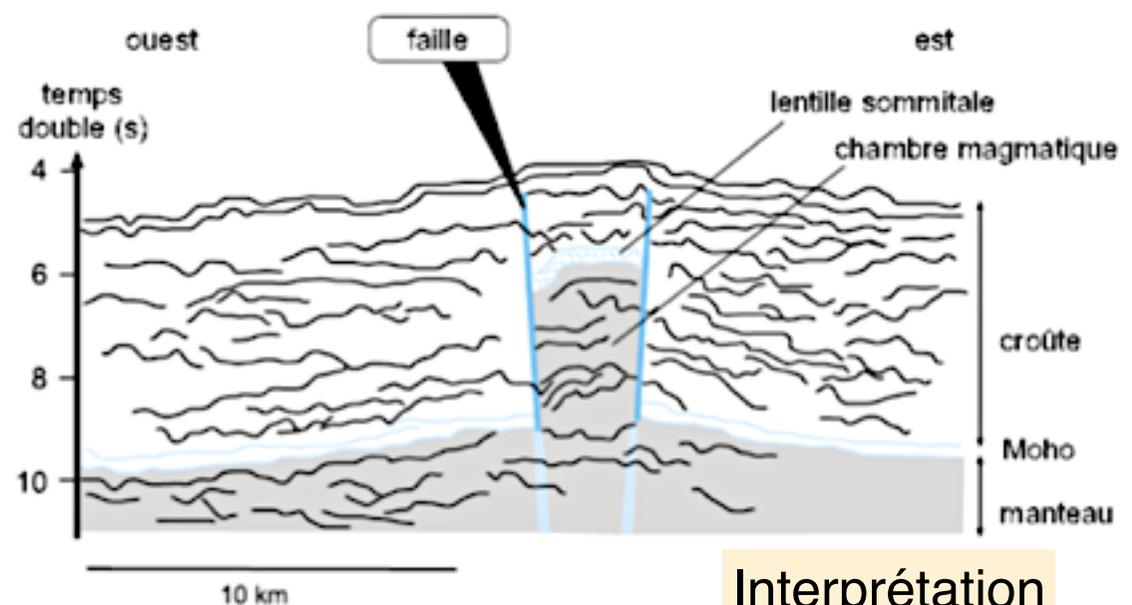


[http://www.ipgp.fr/~bazin/sitewebsara\\_old/interest](http://www.ipgp.fr/~bazin/sitewebsara_old/interest)

Analyse par sismique réflexion



CMA = réflecteur correspondant au toit de la chambre magmatique  
M = réflecteur du Moho.



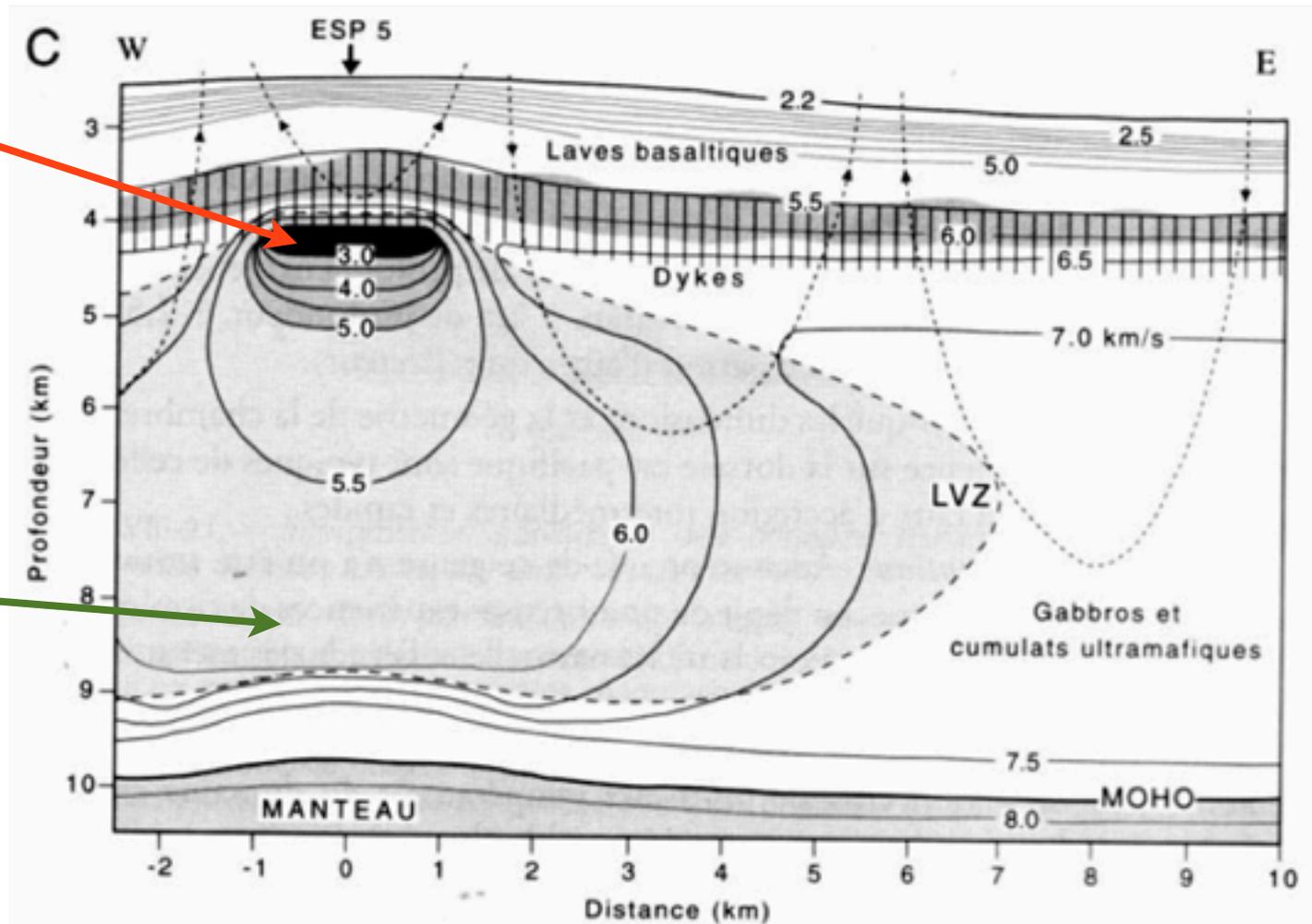
Interprétation

[http://elecoix.free.fr/paf/M1%20ESPE%202013/confs/06B\\_Divergence%20lithospherique.pdf](http://elecoix.free.fr/paf/M1%20ESPE%202013/confs/06B_Divergence%20lithospherique.pdf)

# Modèle de structure de vitesse sur un profil

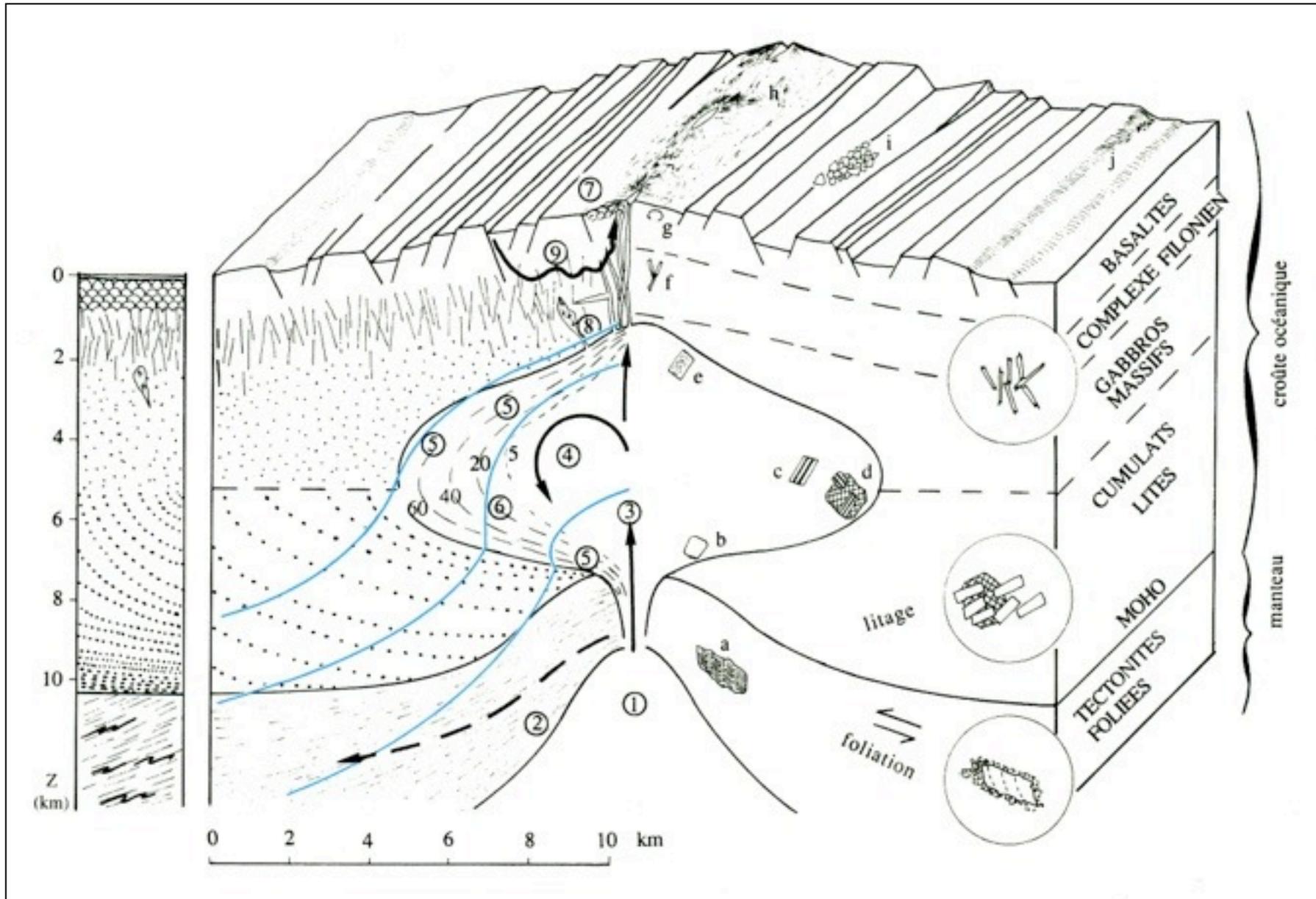
À son sommet, les ondes S n'y sont pratiquement plus transmises, ce qui suggère un état quasi liquide

état quasi solide



L'étude sismique au niveau des dorsales rapides révèle l'existence d'une zone au sein de la croûte où les vitesses des ondes P sont très atténuées.

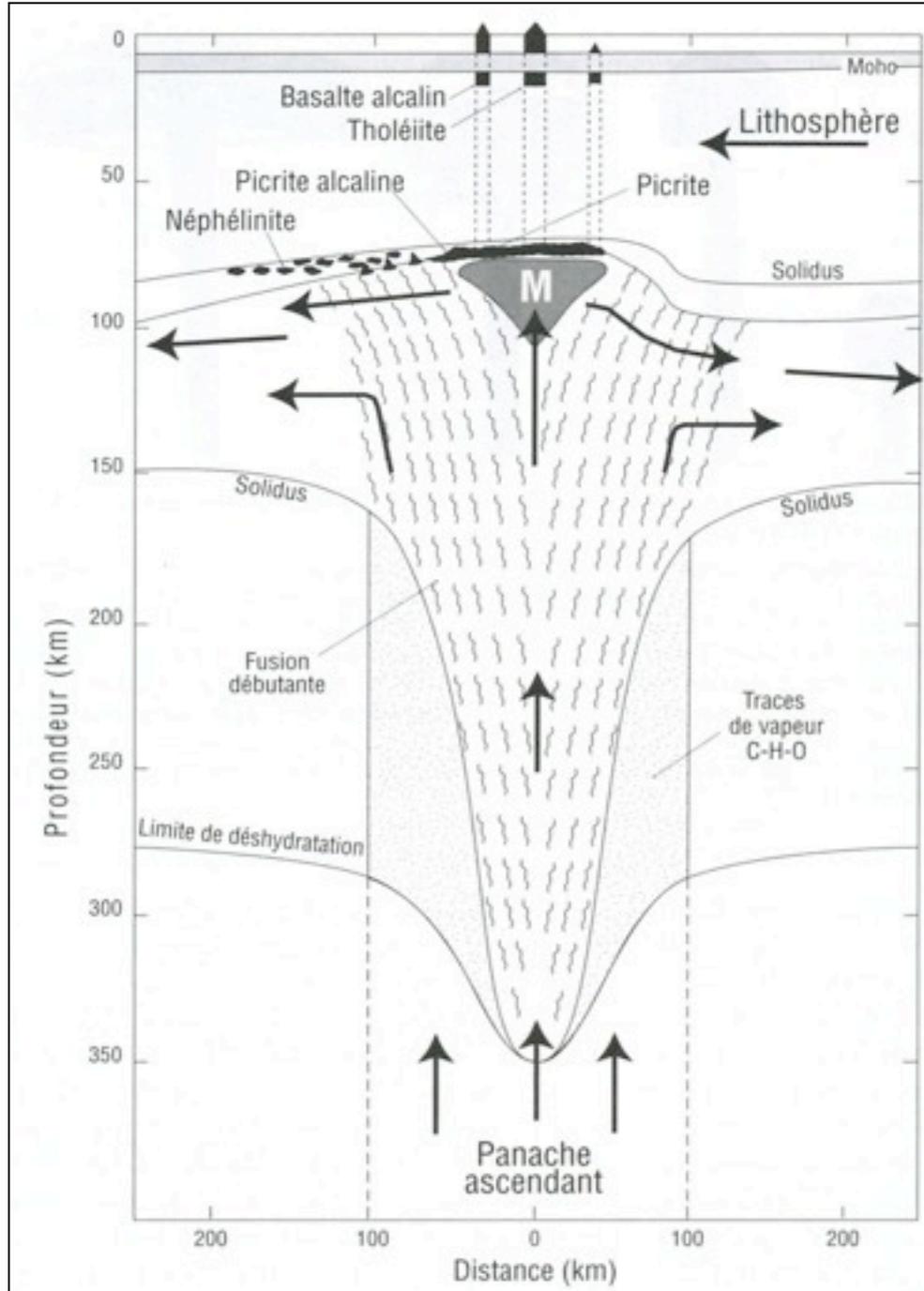
# Une superposition de roches



(Caron J.M. et coll., " Comprendre et enseigner la Planète Terre ", Ophrys Ed.).

# Modèle de fusion dans le cas d'un point chaud

M : chambre magmatique

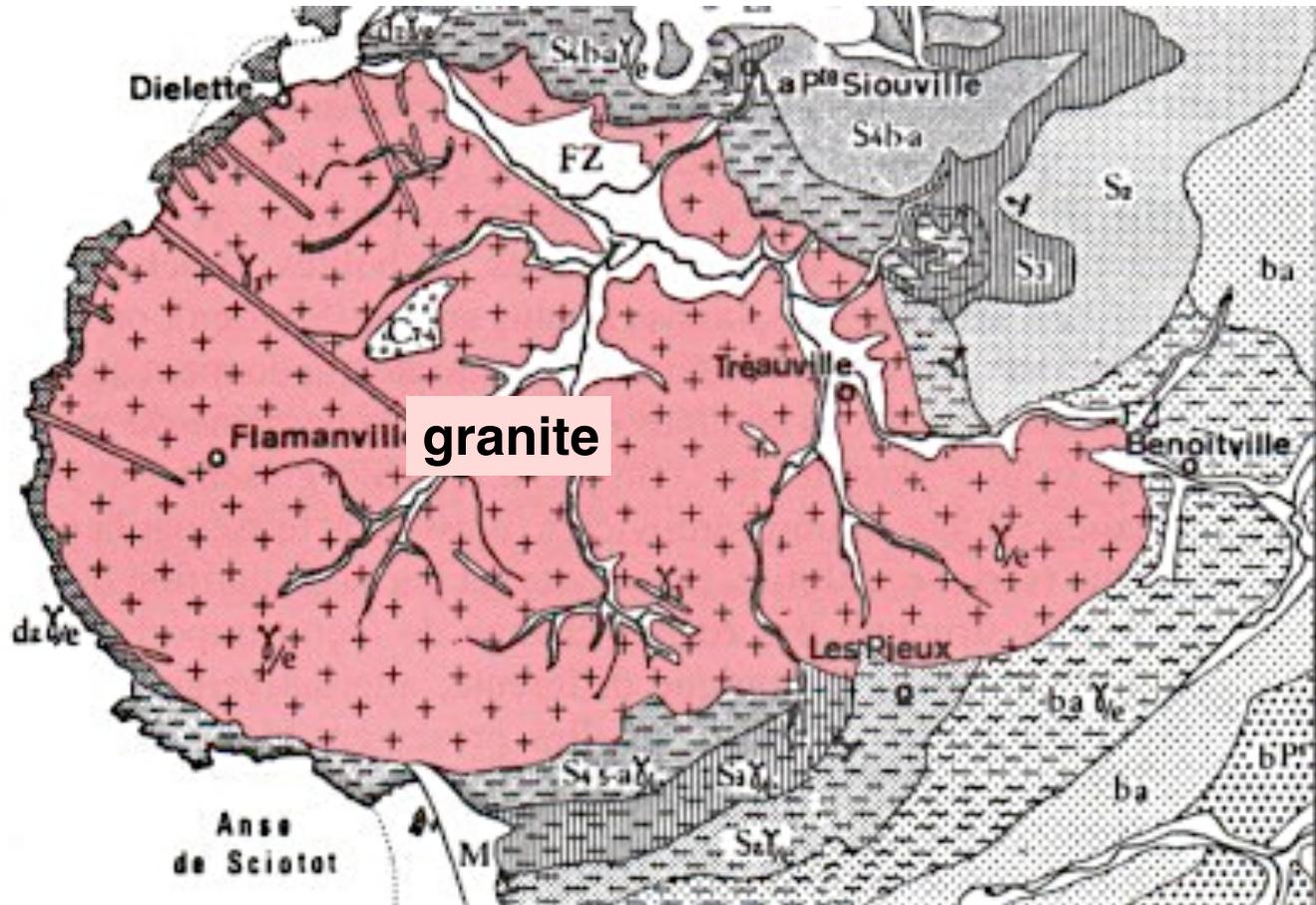


(Juteau T., Maury B., "Géologie de la croûte océanique", Dunod Ed.).

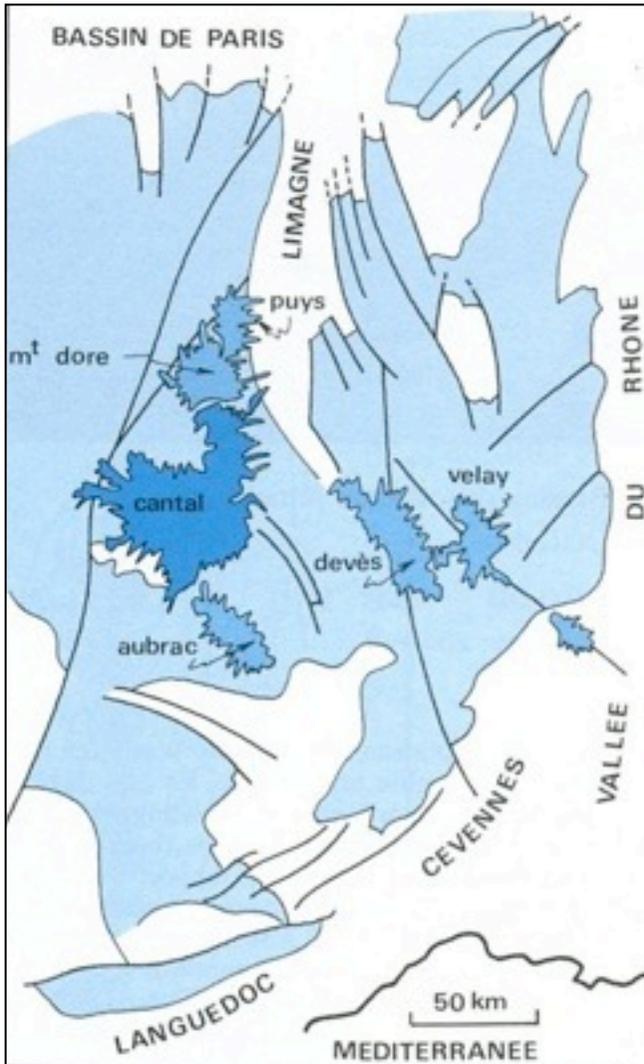
# Un pluton intrusif



--- auréole de  
--- métamorphisme



# Le granite autochtone du Velay



gros batholithe

**Au cœur du massif : granite du Velay à biotite et cordiérite.**

**Zone intermédiaire  
Migmatite : lits clairs de  
granite dans un gneiss**

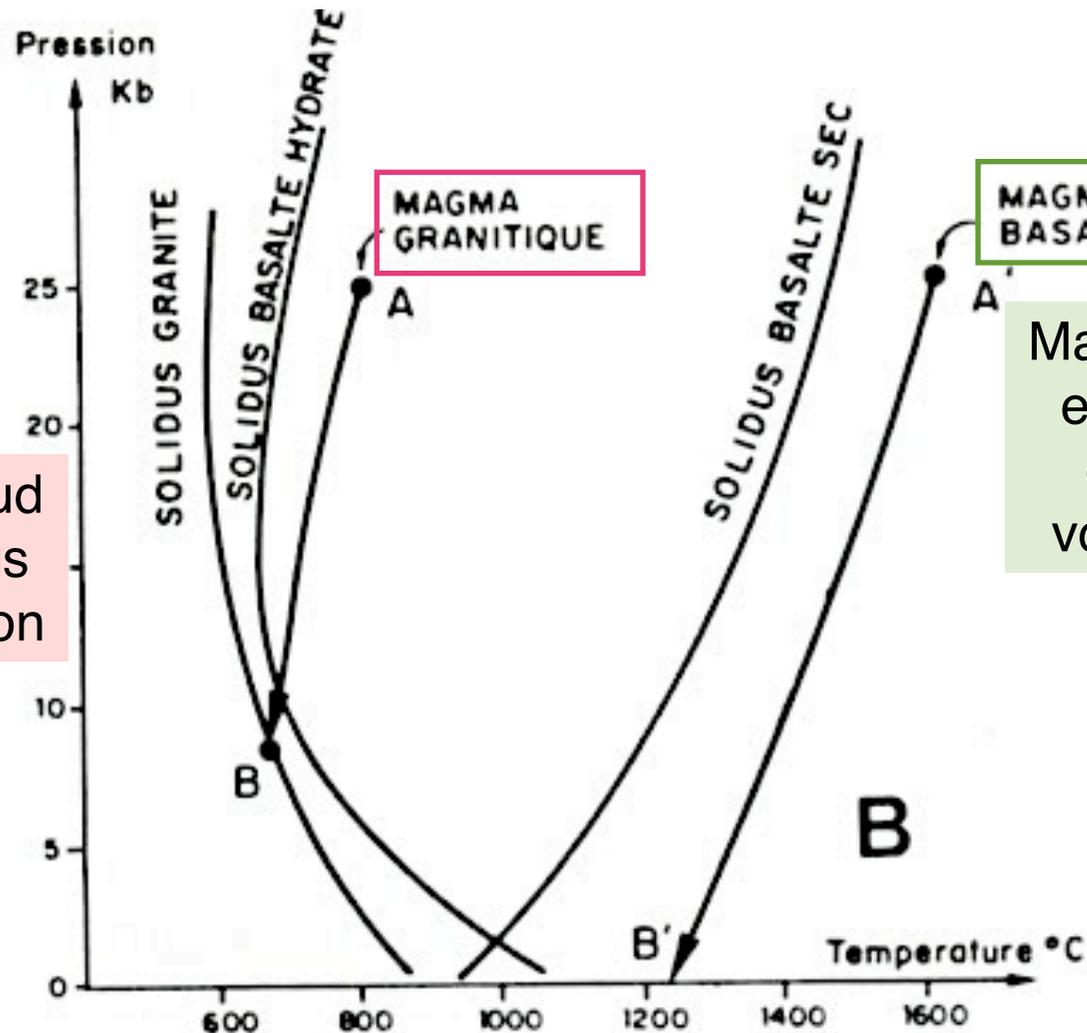


**Autour du pluton  
Orthogneiss constituant  
le toit du granite du Velay.**

# Evolution comparée de 2 magmas

80 km = 25

Magma moins chaud qui croise le solidus vers 25 km => pluton



Magma chaud qui arrive en surface sans avoir croisé le solidus => volcanisme basaltique

# Viscosité des magmas

Roches correspondantes	$\nu$ (viscosité) poise seuille = 1 Pa.s
granite sec 800 °C	$10^{11}$
granite saturé en H <sub>2</sub> O 800 °C, 2kbar	$2,5 \cdot 10^6$
granite saturé en H <sub>2</sub> O 1 200 °C, 5kbar	$0,5 \cdot 10^3$
basalte à 1 200 °C, P atmosphérique	$10^2$
andésite à 1 200 °C, P atmosphérique	$10^3$
rhyolite à 1 200 °C, P atmosphérique	$10^5$

**Figure 5.1.** Quelques données de viscosité de magmas.

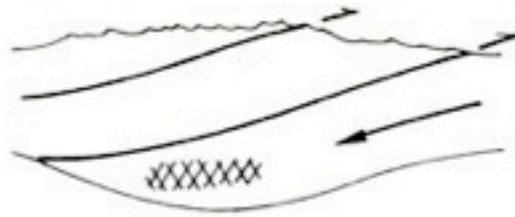
Remontée plus lente des magmas granitiques de viscosité très importante

# Circonstances de l'anatexie crustale

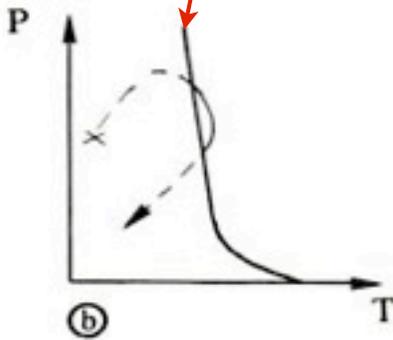


c. Décompression liée à l'érosion et l'extension post-orogénique, réchauffement (richesse en éléments radiogènes).

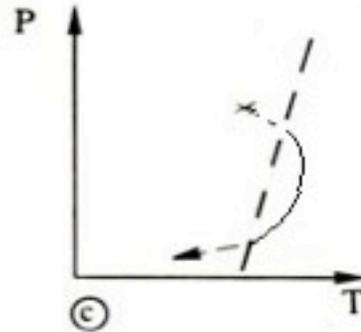
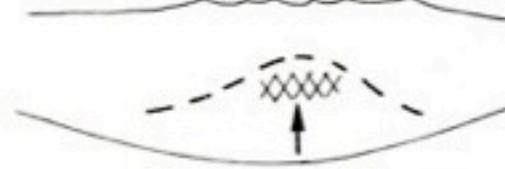
e. Déshydratation par métamorphisme de l'unité inférieure qui hydrate l'unité chevauchante.



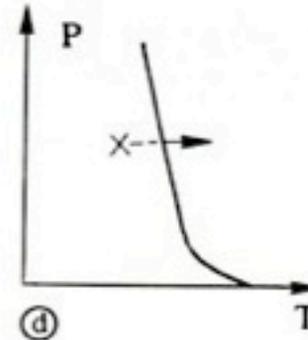
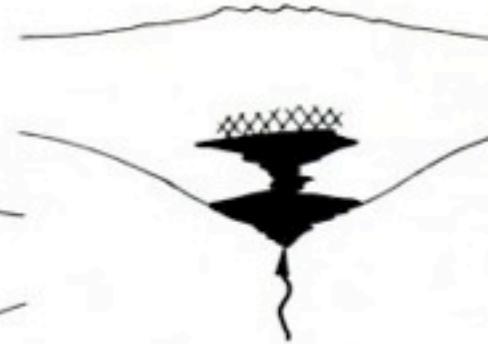
solidus hydraté



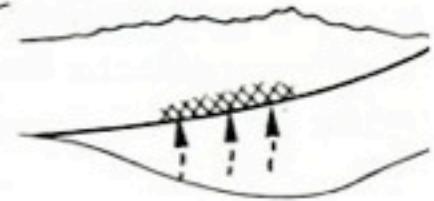
b. Enfouissement tectonique, réchauffement puis remontée isostatique liée au décapage par l'érosion.



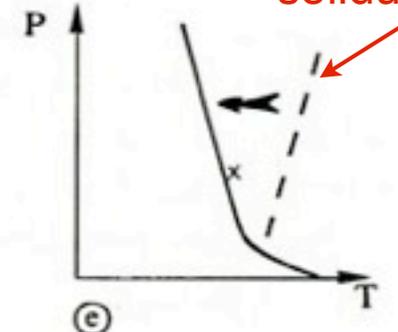
c. Décompression liée à l'érosion et l'extension post-orogénique, réchauffement (richesse en éléments radiogènes).



d. Réchauffement par l'apport magmatique d'origine mantellique.



solidus sec



e. Déshydratation par métamorphisme de l'unité inférieure qui hydrate l'unité chevauchante.

# Conclusion



Contexte géodynamique	Source du magma	Conditions de la fusion partielle	Profondeur FP	Taux FP	Nature et chimie magma I	Roches magmatiques et série correspondantes
Dorsales	Manteau asthénosphérique	Décompression adiabatique	Début vers 75 km 20 – 30 km	20 – 25 %	Basalte tholéitique Assez riche en $\text{SiO}_2$ : 47-49 % pauvre en alcalins : $\text{K}_2\text{O} < 0,5 \%$ $\text{Na}_2\text{O} \approx 2,5 \%$	basalte MORB gabbro <b>Série tholéitique</b>
Points chauds	Manteau inférieur ? (700 à 2900 km)	Augmentation de $T^\circ$ consécutive à panache mantellique ascendant	Début vers 300 km ? 50 – 100 km	5 % (peut atteindre 20 %)	Basalte alcalin Pauvre en $\text{SiO}_2$ : 44 – 47 % Riche en alcalins : $\text{K}_2\text{O} 1 \%$ $\text{Na}_2\text{O} 3 - 4 \%$	basalte OIB, trachyte (alcaline) rhyolite (alcaline) <b>Série alcaline</b>
Subduction	Manteau asthénosphérique et/ou manteau lithosphérique	Hydratation consécutive au métamorphisme HP-BT de la LO subduite	100 – 150 km	10 %	Basalte alumineux Saturé en $\text{SiO}_2$ : 48 - 53 % Riche en $\text{Al}_2\text{O}_3 > 16 \%$ Riche en eau Assez riche en alcalins	andésite granodiorite rhyolite granite <b>Série calco-alcaline</b>