

# **I - INTRODUCTION**

## **II – PHENOMENES PHYSIQUES**

**4°) Convection Thermique**

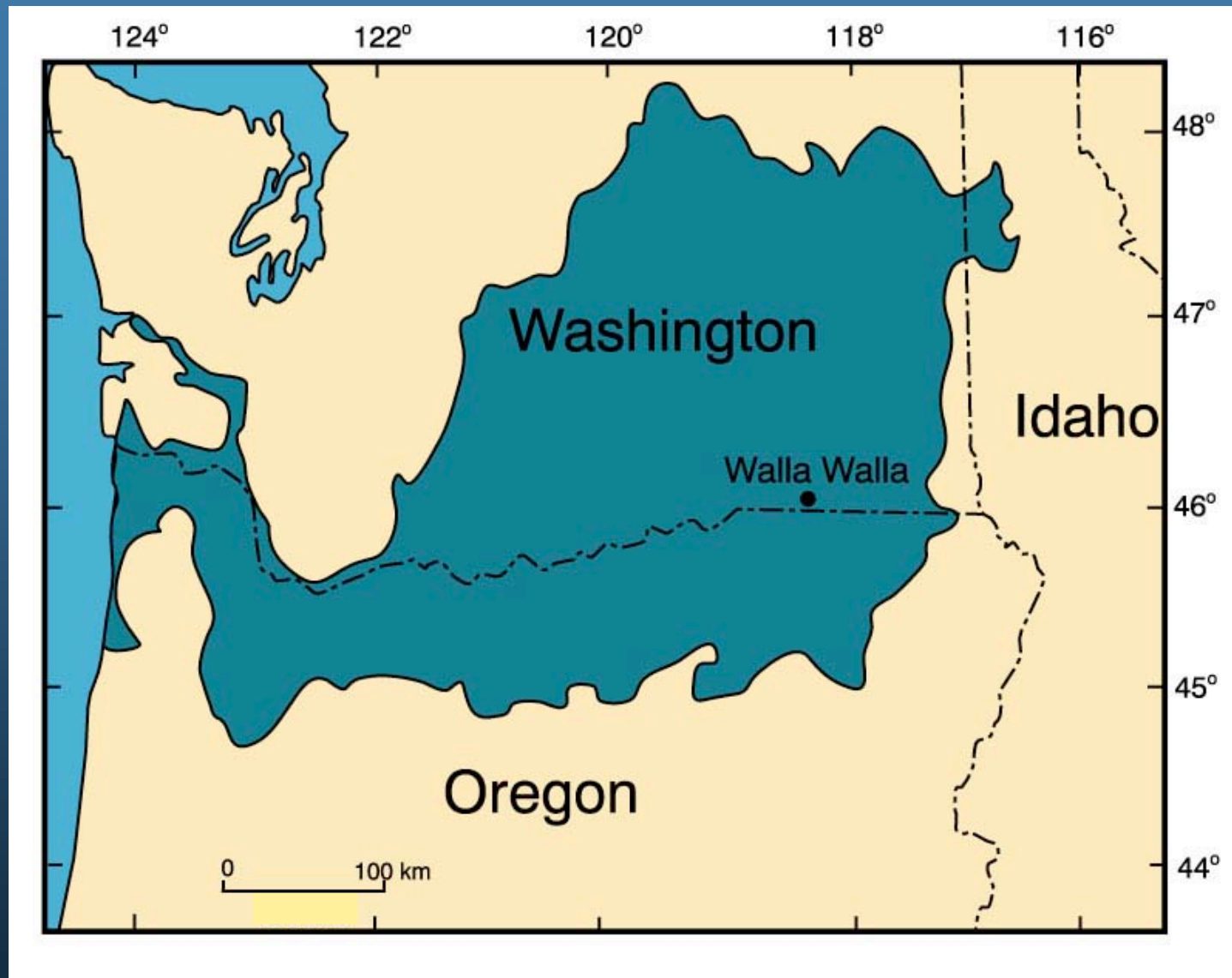
**5°) Déformation**

**6°) Fusion - Cristallisation**

**7°) Erosion - Sédimentation**

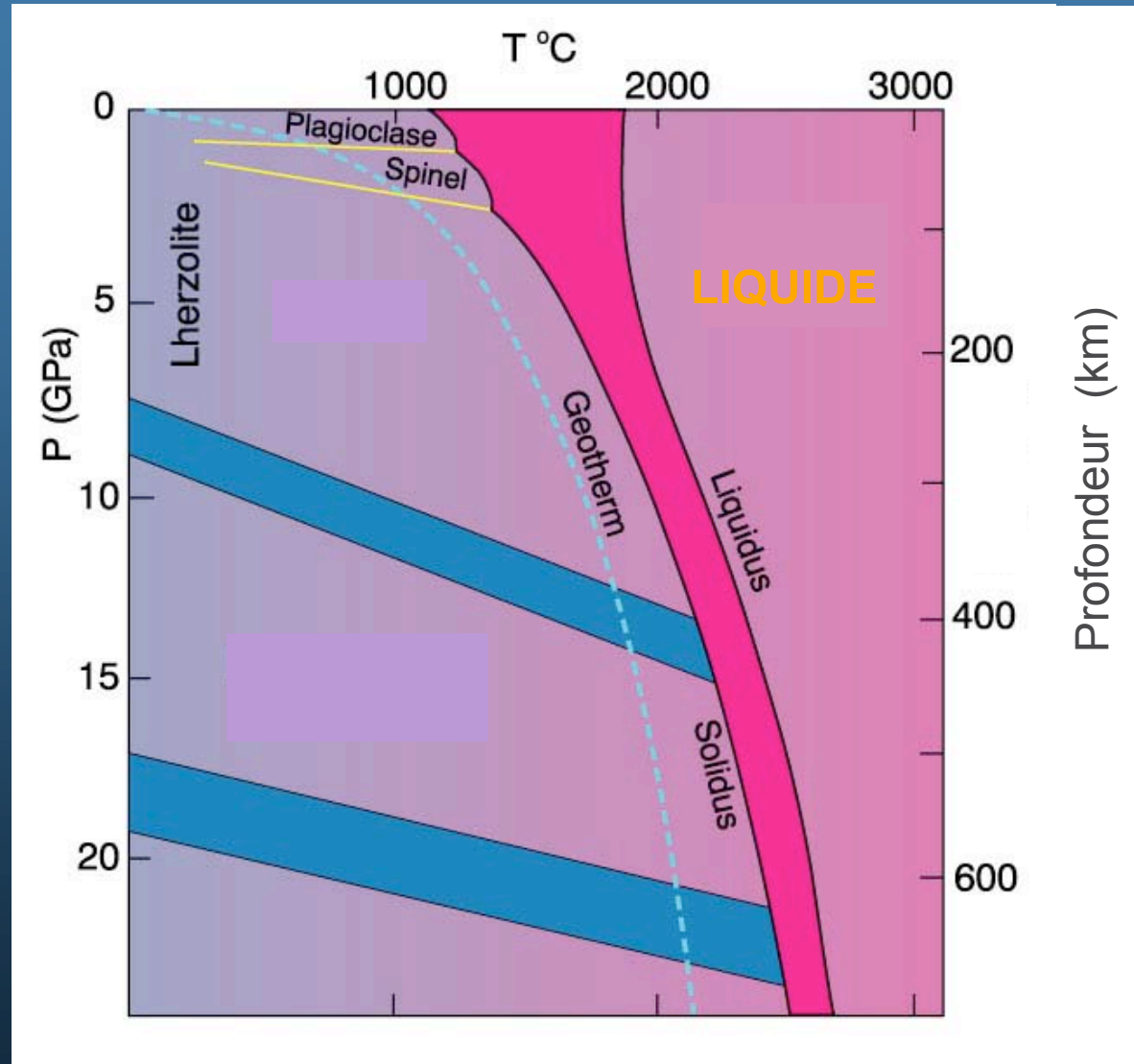


Les éruptions volcaniques produisent de très grandes quantités de lave

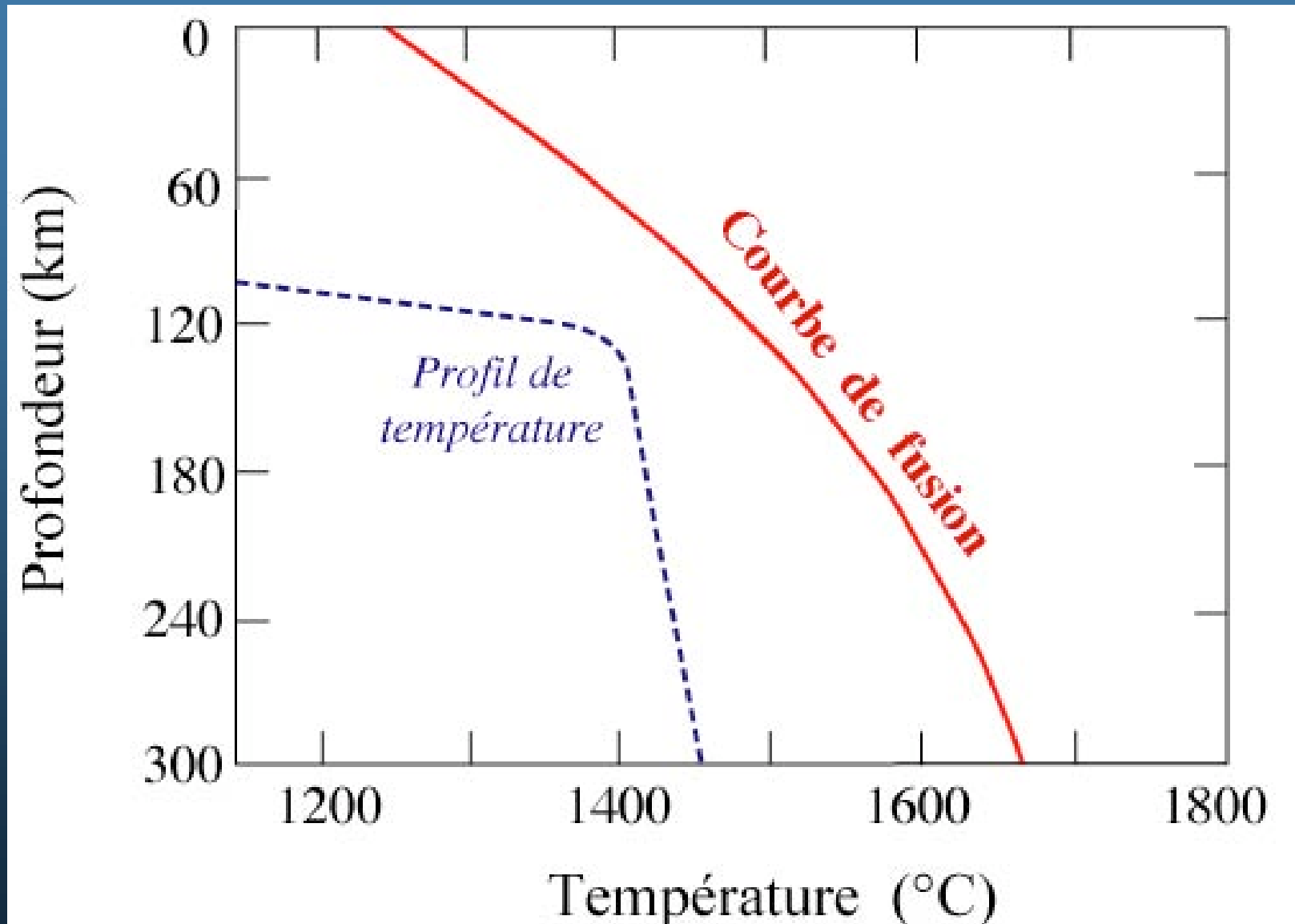


L'éruption de Grande Ronde

# Courbe de fusion du manteau (Iherzolite)



# LA TERRE N'EST PAS EN FUSION

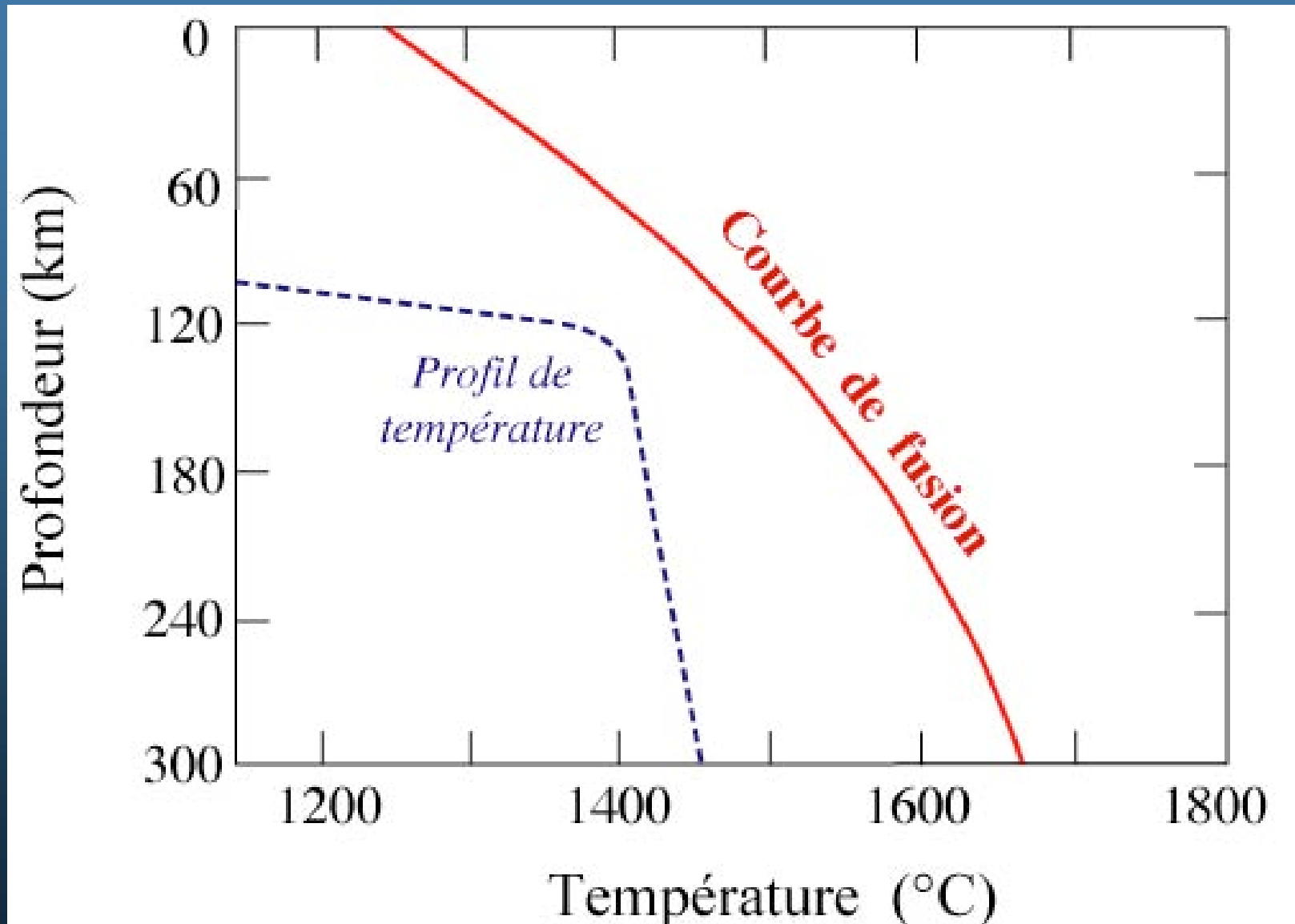


**Pour fondre les roches, il faut donc:**

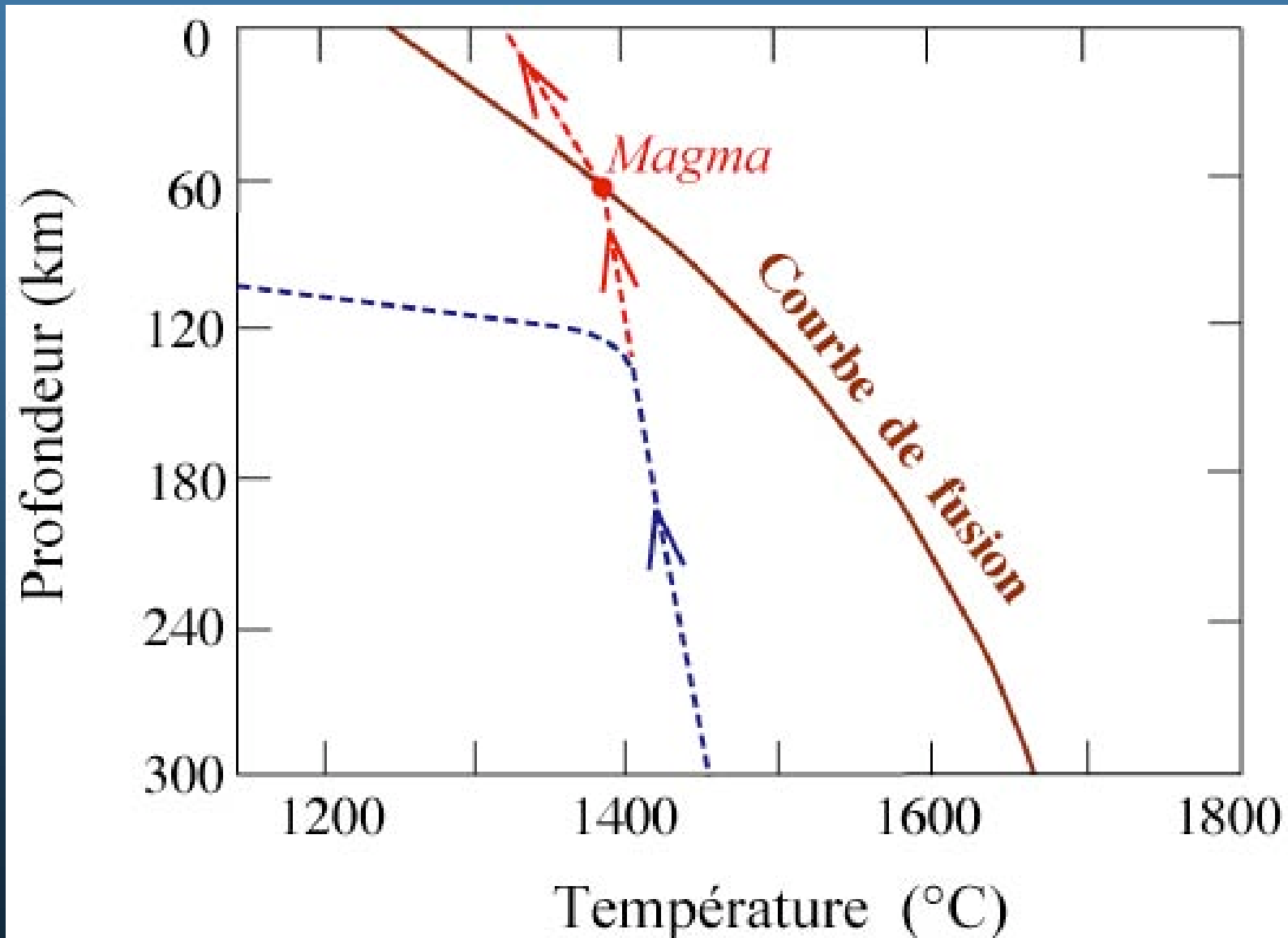
**soit changer la température**

**soit changer le solidus (point de fusion)**

# LA TERRE N'EST PAS EN FUSION

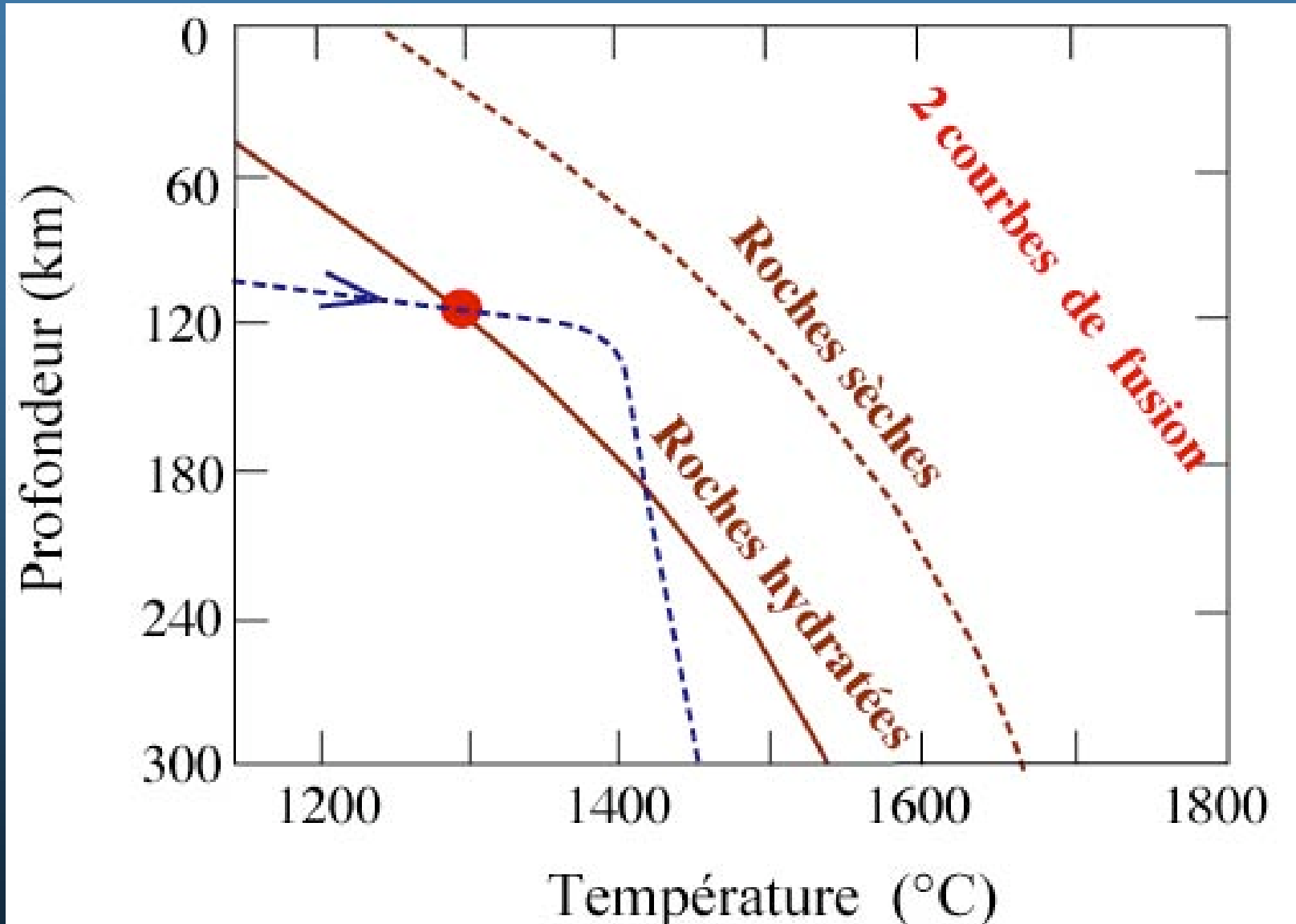


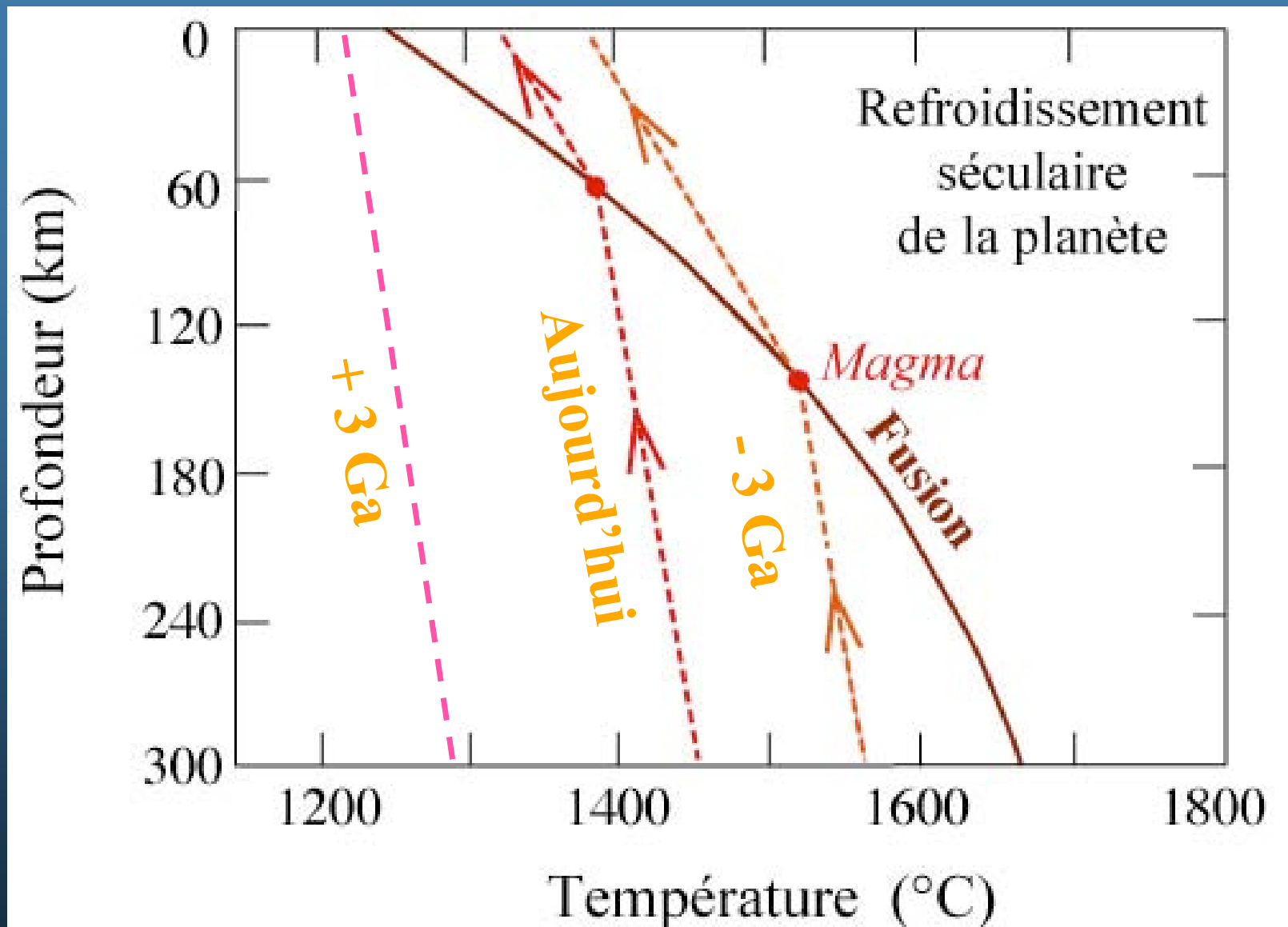
Lors de la montée :  
décompression



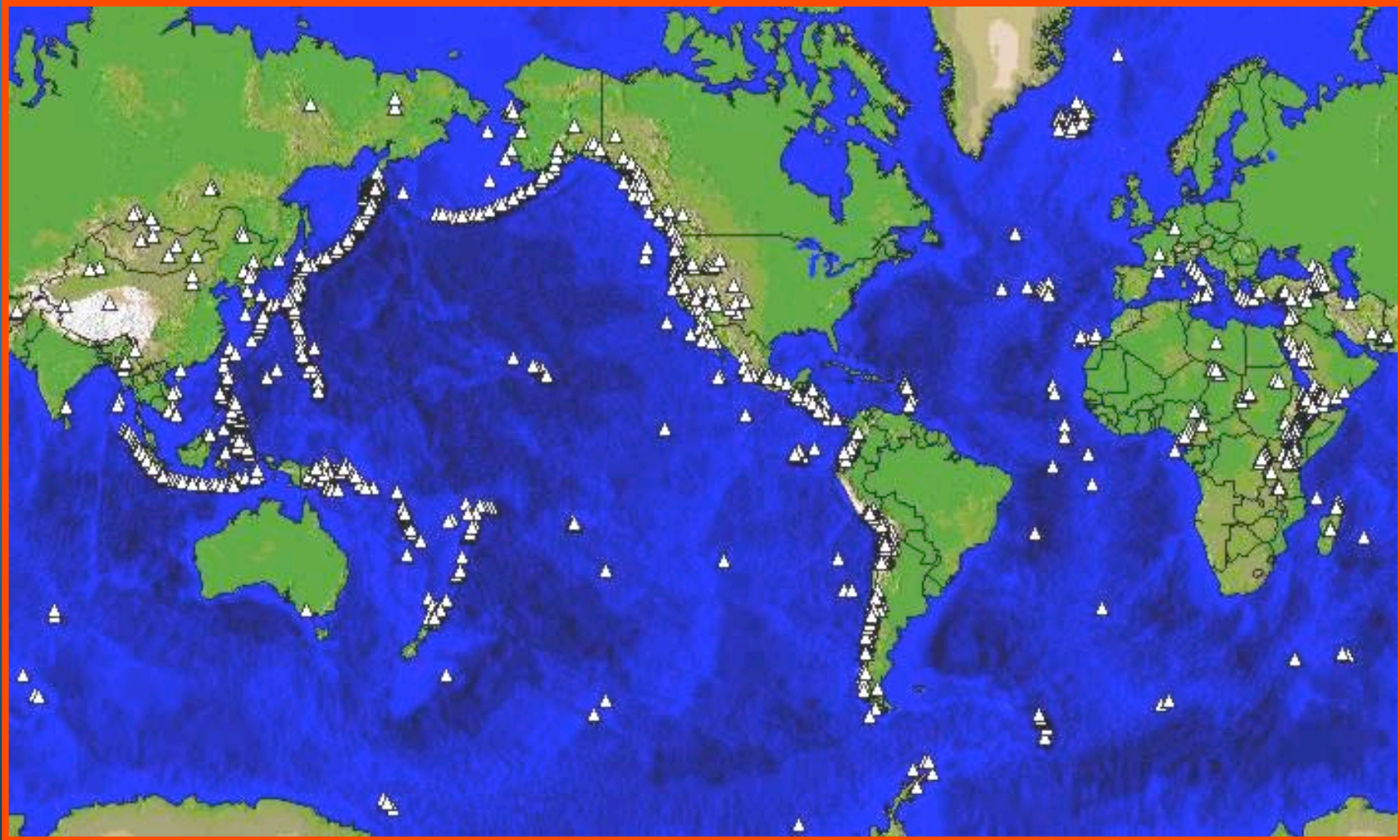


Lors de la descente :  
Fusion par hydratation

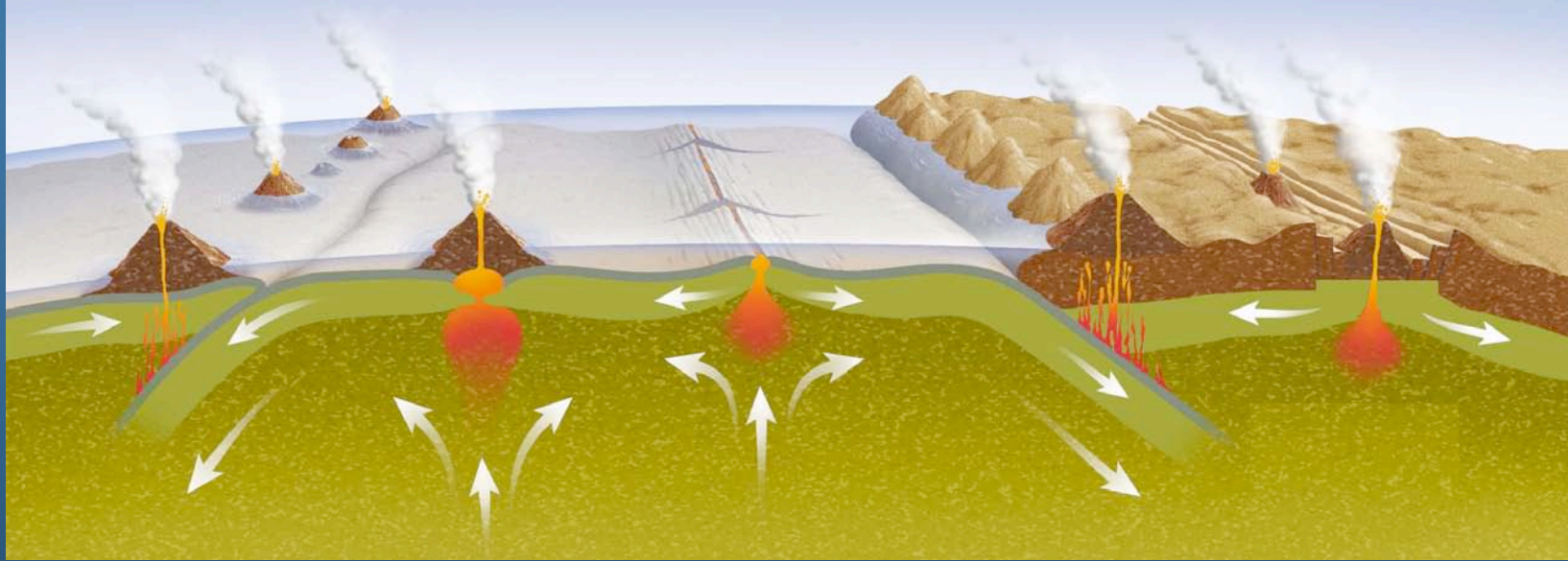




**La fusion s'arrêtera dans quelques milliards d'années**



**1. Dorsales 2. Zones de subduction  
3. Extension 4. Points chauds**



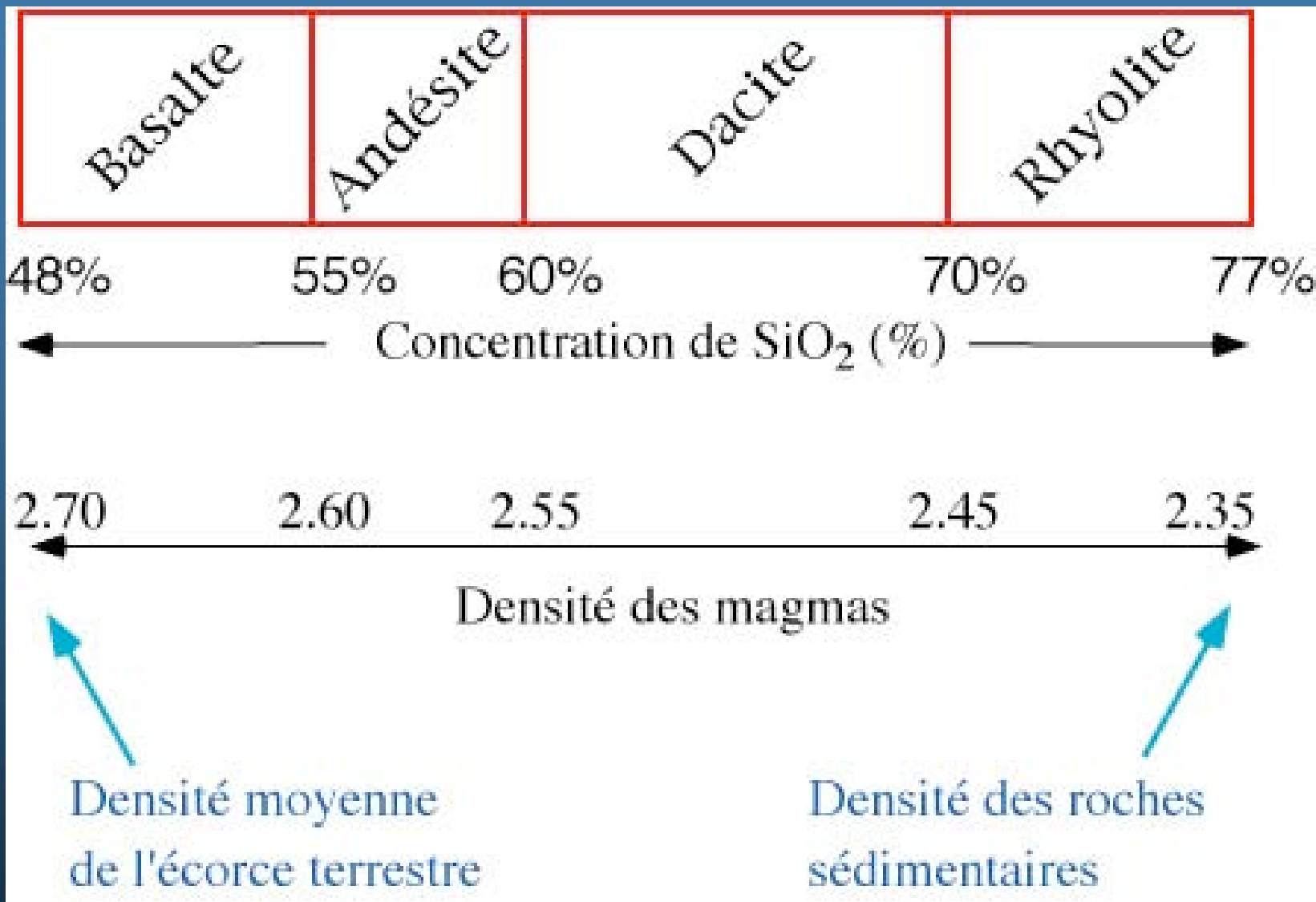
Subduction  
(Japon)

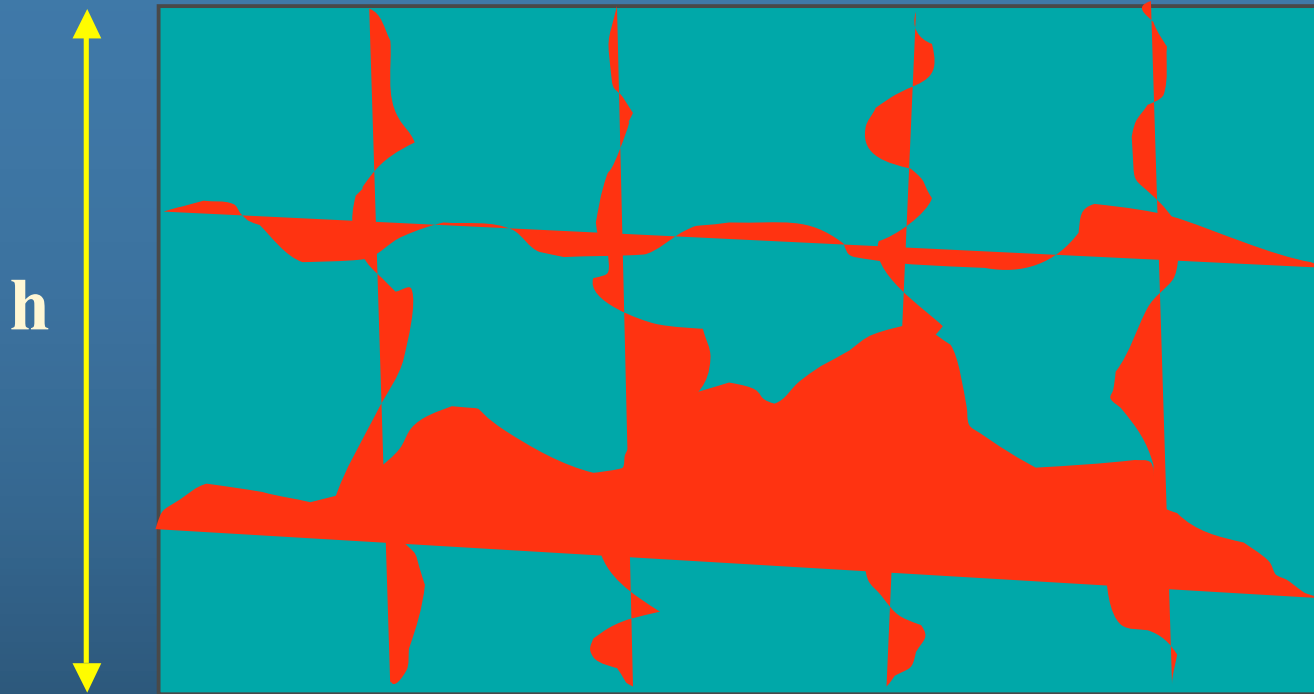
Panache  
(Hawaii,  
La Réunion)

Dorsale  
océanique

Subduction  
(Andes)

Extension  
(Rhin, rift  
Est-Africain)





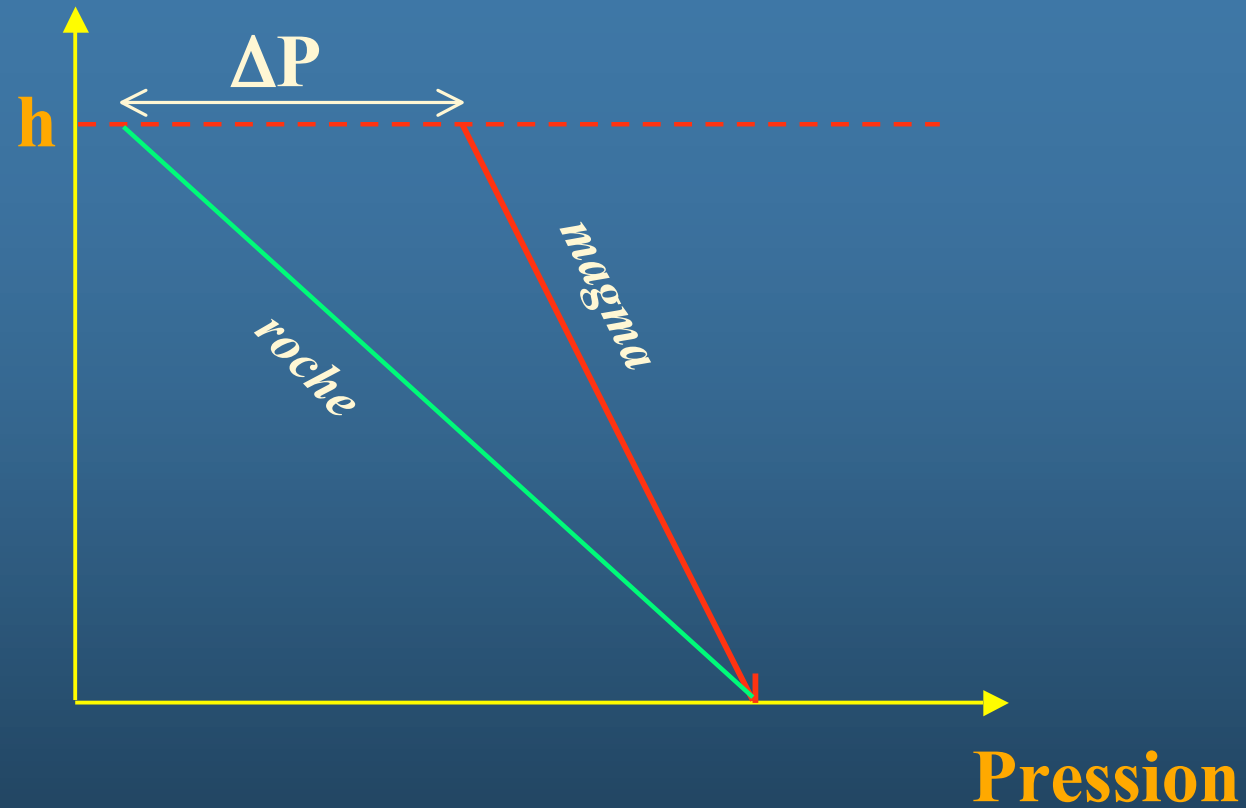
**Différence de pression dans la colonne de roche**

$$\Delta P_r = \rho_r g h$$

**Différence de pression dans la colonne de magma**

$$\Delta P_m = \rho_m g h$$

Hauteur



**DIFFERENTIEL**  $\Delta P = (\rho_r - \rho_m) g h$

**DIFFERENTIEL**  $\Delta P = (\rho_r - \rho_m) g h$

Pour  $\rho_r = 3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

$$\rho_m = 2.7 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

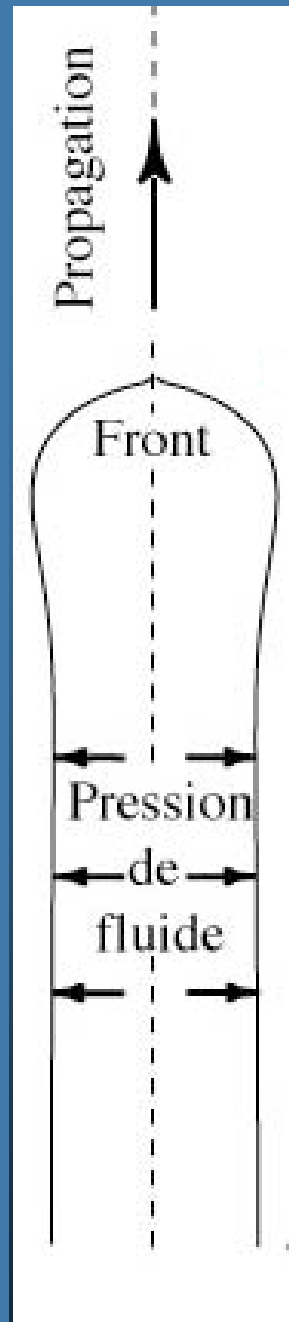
$$h = 3 \text{ km}$$

$$\Delta P = 10^7 \text{ Pa}$$

**Rupture!**

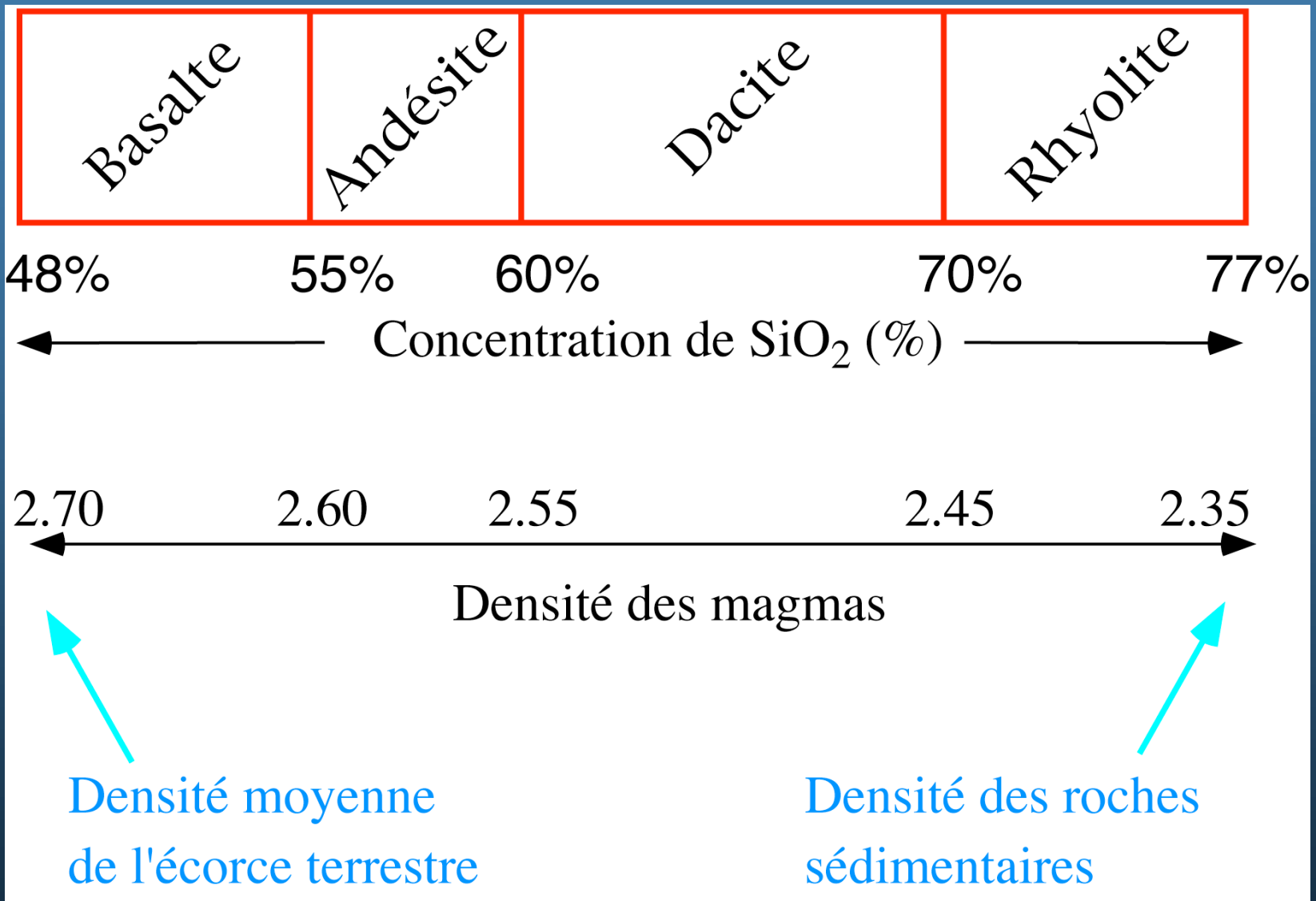


**Fracturation  
hydraulique  
= dyke**





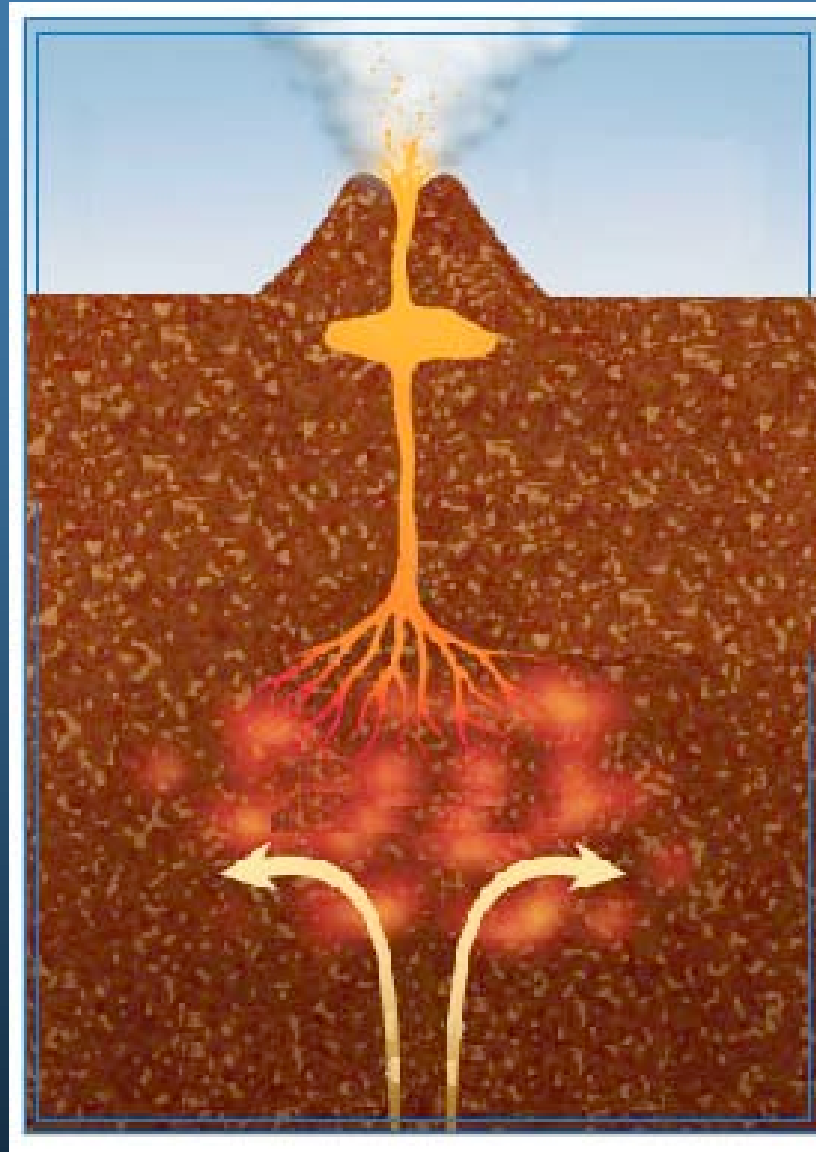




**Réservoir**

**Dyke**

**Source**





**Caldera = effondrement du toit du réservoir**

## ET LA COMPOSITION DES MAGMAS ?

**Magma = mélange d'oxydes  
(SiO<sub>2</sub>, MgO, FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, etc...)**

**Ce n'est pas un corps pur:**

- \* solide et liquide différent**
- \* fusion et cristallisation se produisent  
sur un intervalle de température**

## Observation directe : lac de lave

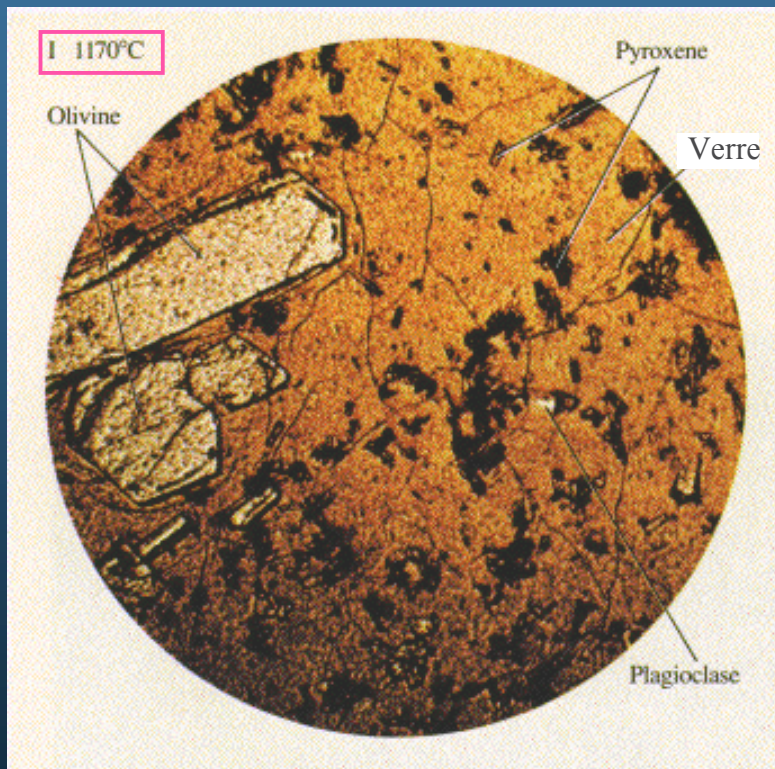


Erta Alé 2004



# Lac de lave de Makaopuhi (Hawaii)

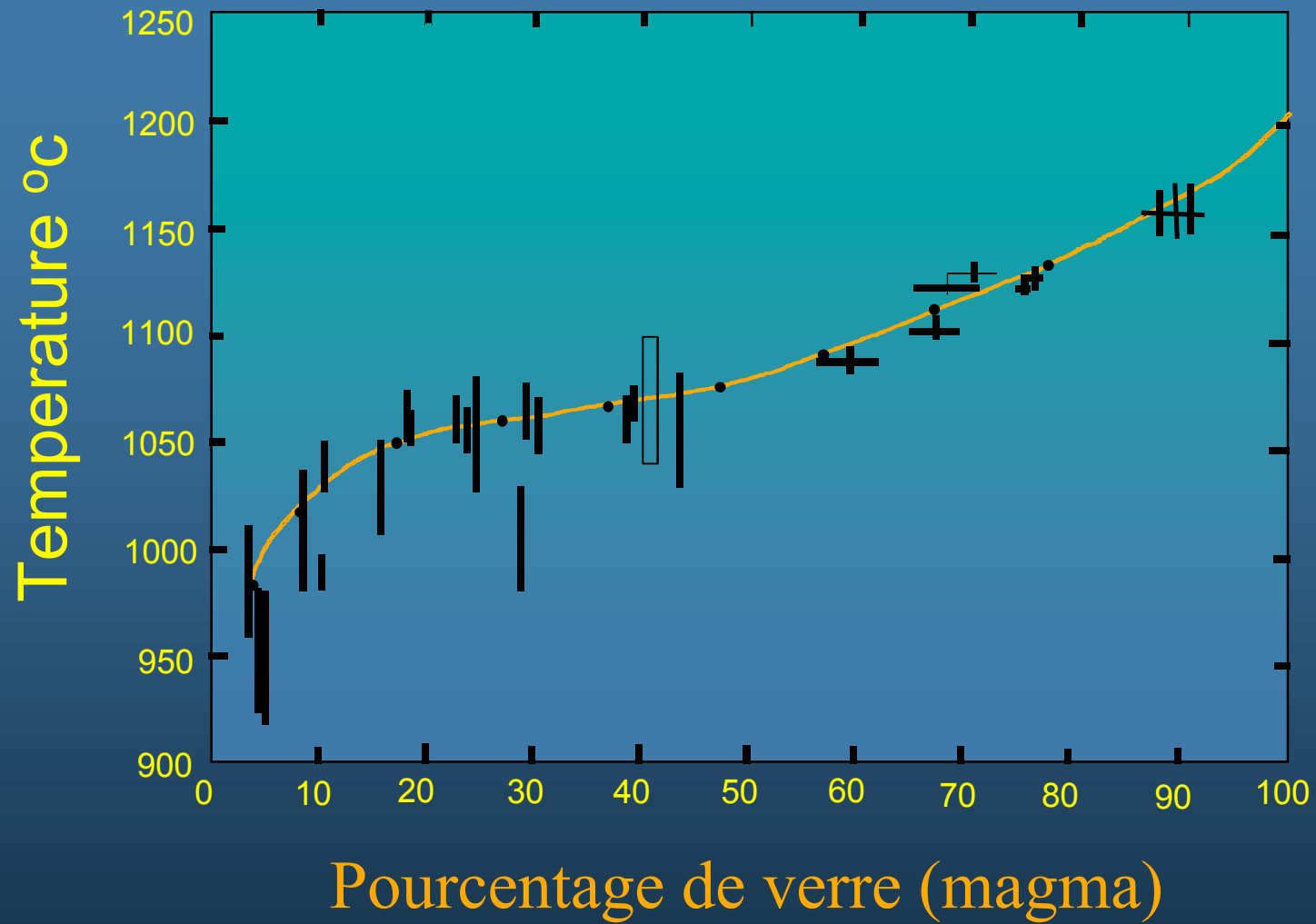
Echantillons prélevés à différentes profondeurs,  
avec des températures différentes.



**Verre = magma liquide**

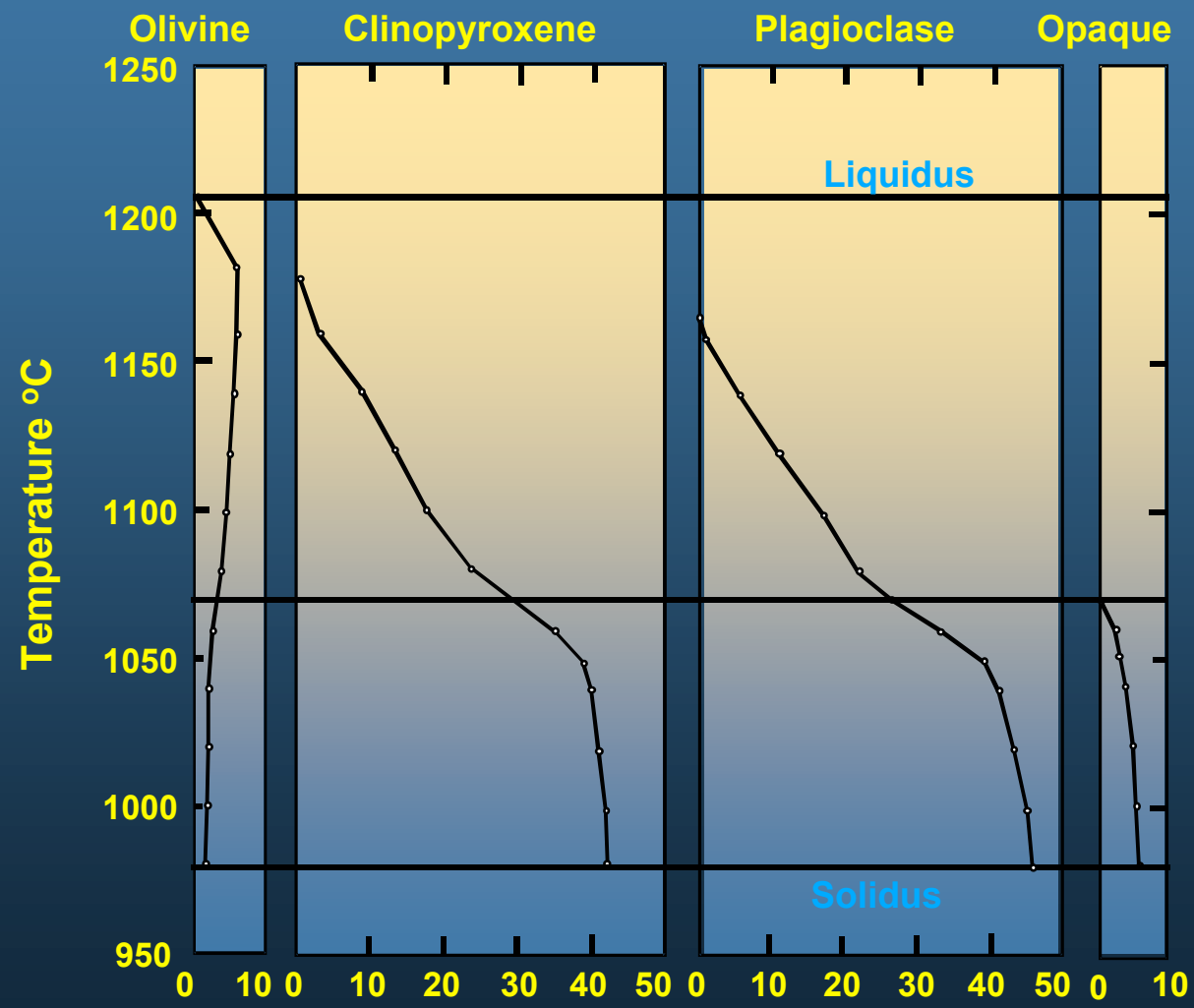


**De moins en moins de verre**



# Les minéraux qui se forment à partir du basalte de Makaopuhi

L'olivine est résorbée en dessous de 1175°C



# COURS DISPONIBLE SUR INTERNET

Serveur [step.ipgpp.jussieu.fr](http://step.ipgpp.jussieu.fr)

→ TICE

→ Serveur de Cours

**JE SERAI ABSENT**

**Jeudi 8 Décembre**

# **I - INTRODUCTION**

## **II – PHENOMENES PHYSIQUES**

**4°) Convection Thermique**

**5°) Déformation**

**6°) Fusion - Cristallisation**

**7°) Erosion - Sédimentation**

# Cristallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)



# Cristallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)
2. Plusieurs minéraux différents apparaissent, et leur nombre s'accroît lorsque la température décroît.

# Crystallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)
2. Plusieurs minéraux différents apparaissent, et leur nombre s'accroît lorsque la température décroît.
3. Les minéraux apparaissent dans un certain ordre.

# Crystallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)
2. Plusieurs minéraux différents apparaissent, et leur nombre s'accroît lorsque la température décroît.
3. Les minéraux apparaissent dans un certain ordre.
4. Les minéraux changent de composition avec la température.

# Crystallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)
2. Plusieurs minéraux différents apparaissent, et leur nombre s'accroît lorsque la température décroît.
3. Les minéraux apparaissent dans un certain ordre.
4. Les minéraux changent de composition avec la température.
5. La composition du magma (du liquide) change aussi.

# Crystallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)
2. Plusieurs minéraux différents apparaissent, et leur nombre s'accroît lorsque la température décroît.
3. Les minéraux apparaissent dans un certain ordre.
4. Les minéraux changent de composition avec la température.
5. La composition du magma (du liquide) change aussi.
6. Les minéraux dépendent de la température et de la composition initiale du magma.

# Crystallisation d'un magma

1. Passage de liquide à solide sur un intervalle de température (et de pression)
2. Plusieurs minéraux différents apparaissent, et leur nombre s'accroît lorsque la température décroît.
3. Les minéraux apparaissent dans un certain ordre.
4. Les minéraux changent de composition avec la température.
5. La composition du magma (du liquide) change aussi.
6. Les minéraux dépendent de la température et de la composition initiale du magma.
7. La pression affecte les types de minéraux et la séquence.

# Systeme binaire

Exemple des silicates à Sodium (Na) et Calcium (Ca)

Le solide est un minéral appelé Plagioclase.

La composition varie entre deux pôles:

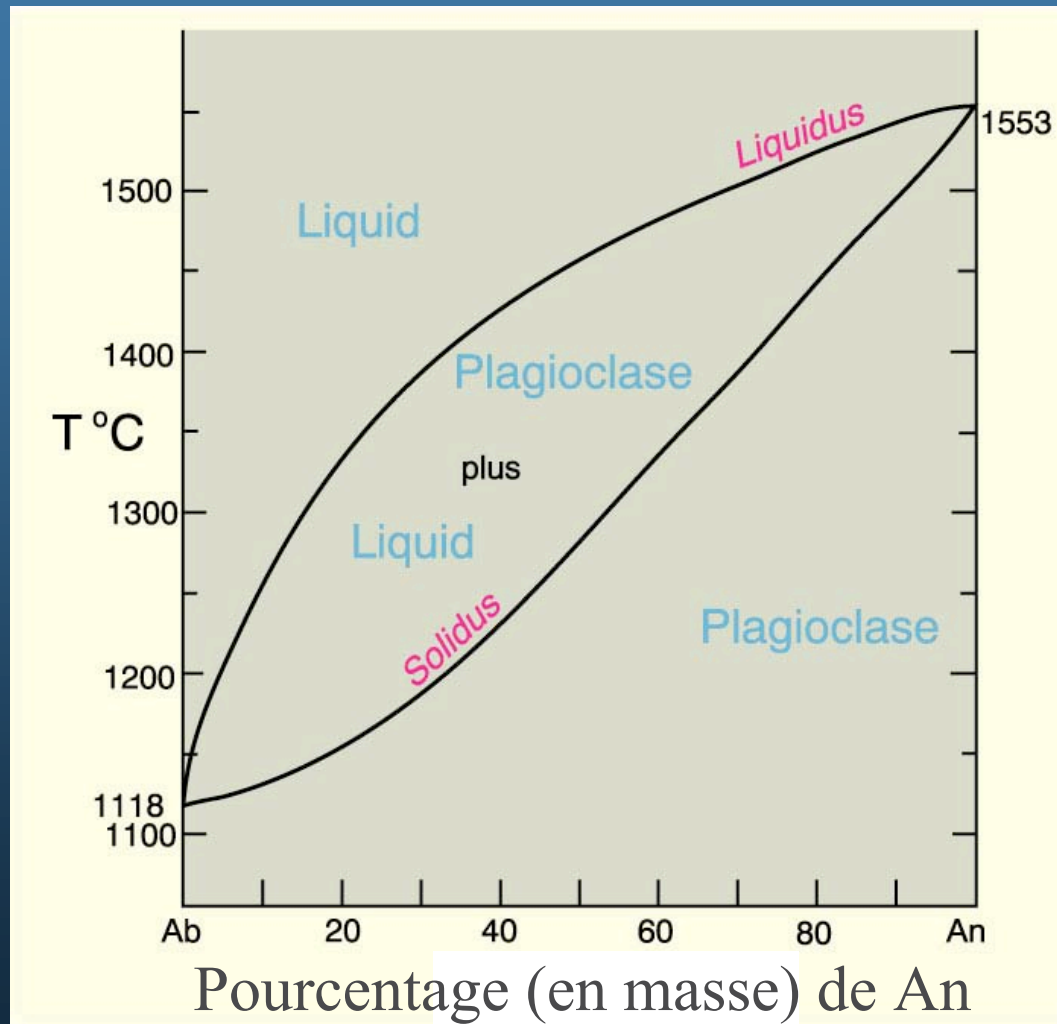
Pôle sodique :  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  (Albite)

Pôle calcique:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (Anorthite)

On représente la composition en pourcentage de l'un des deux pôles (ici l'anorthite)

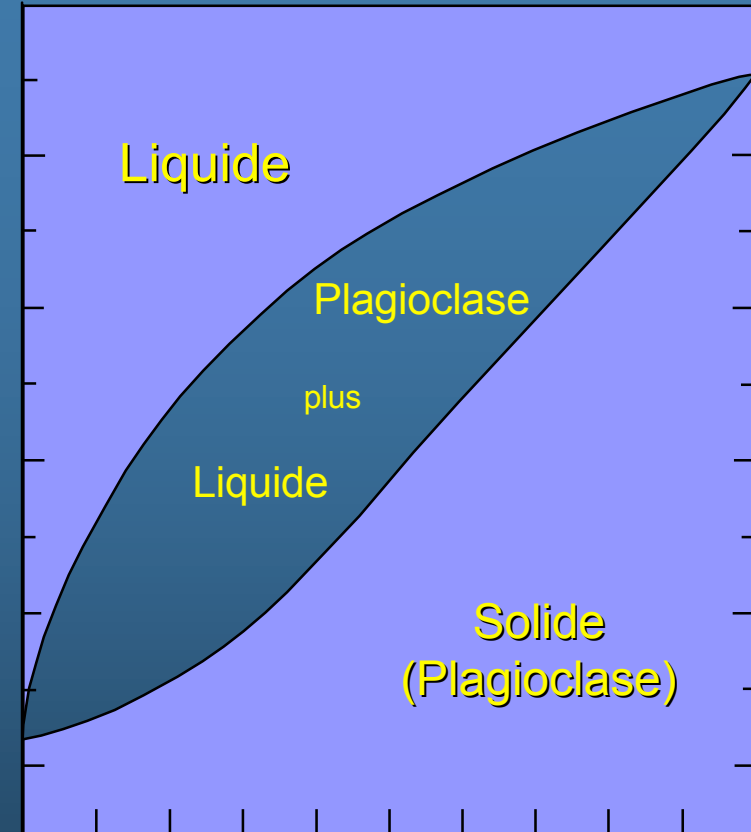
# Systeme binaire

Plagioclase (Ab-An,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ )



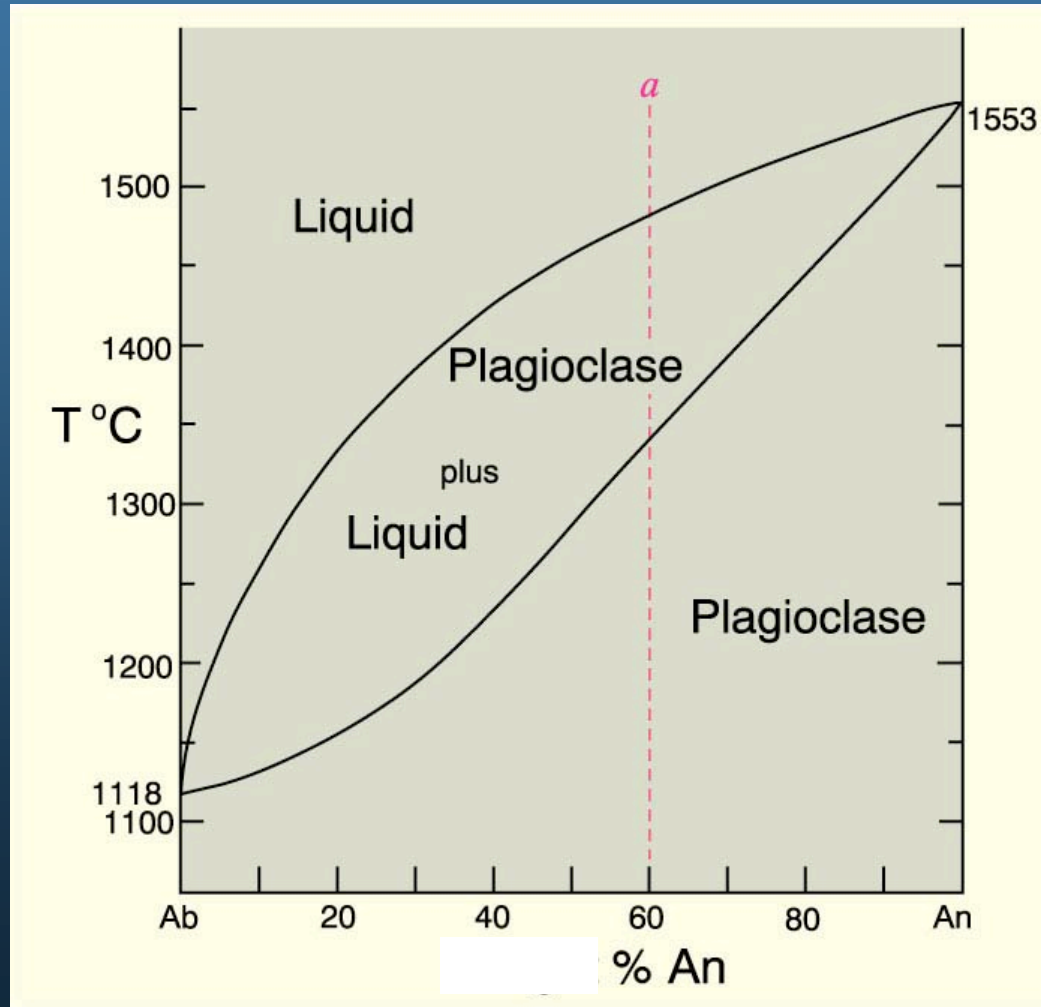


Le domaine intermédiaire décrit à la fois le solide et le liquide qui coexistent.

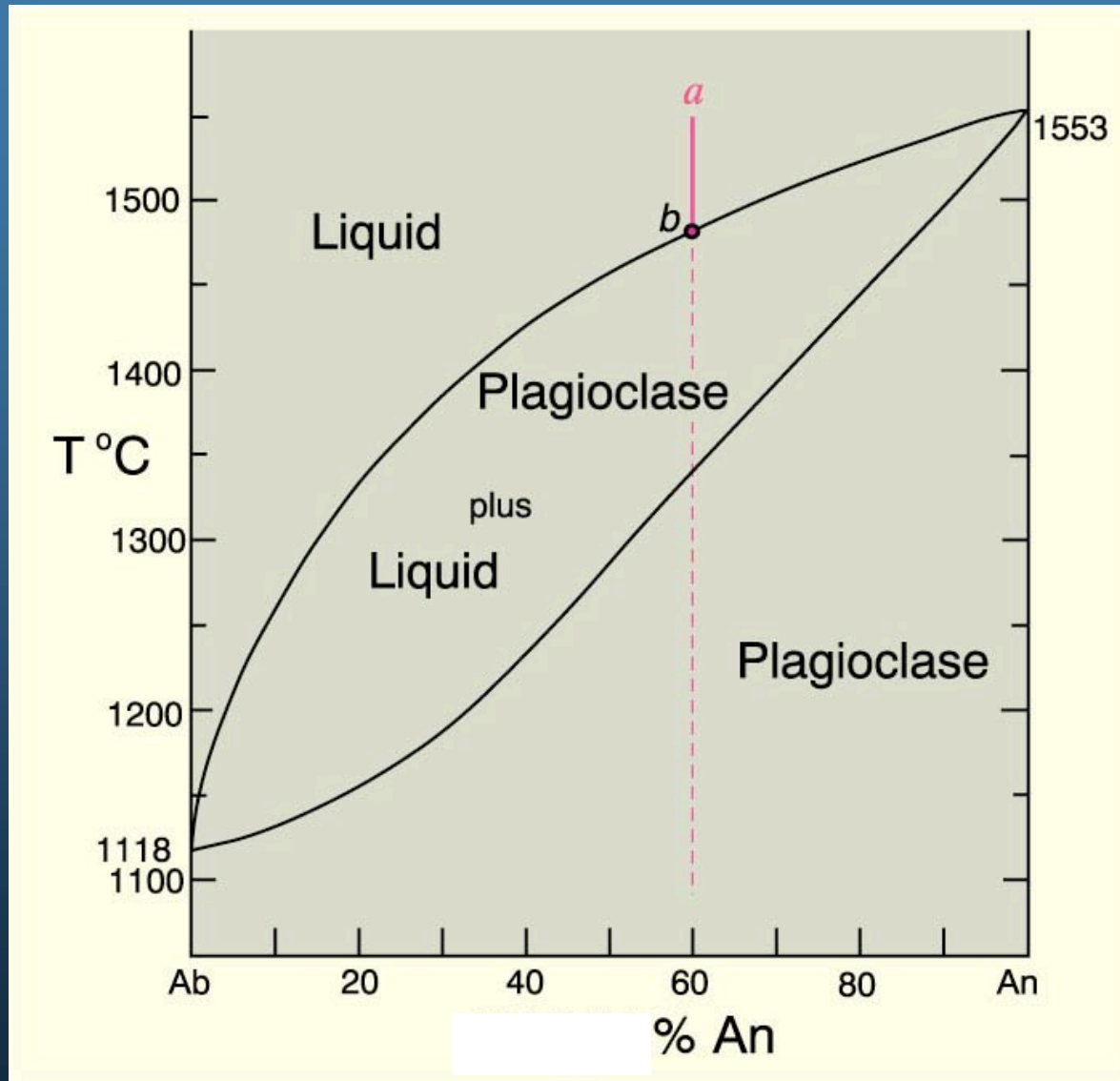


Composition  $a = 60\% \text{ An} + 40\% \text{ Ab}$

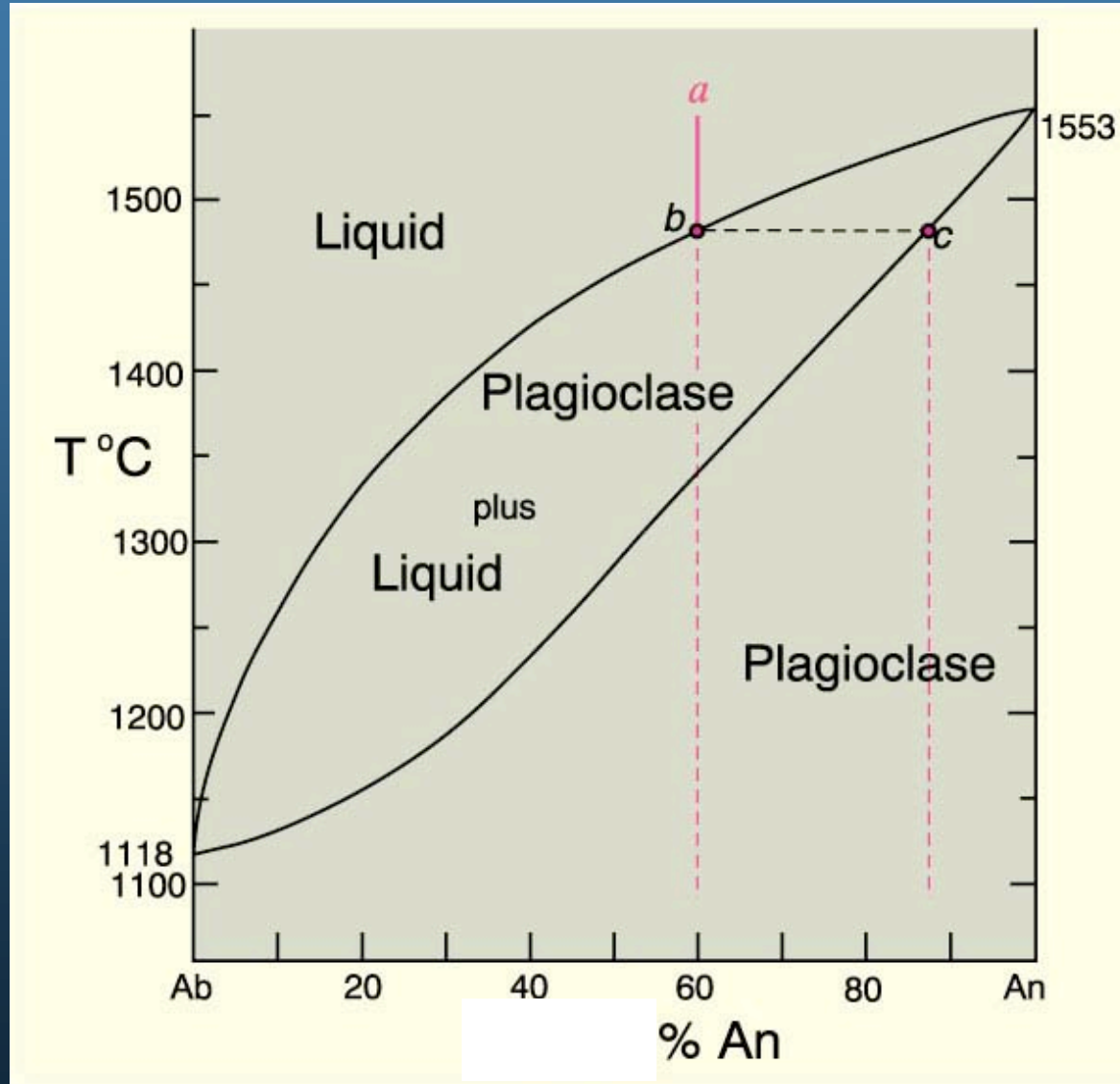
$$X_{\text{An}} = 60 / (60 + 40) = 0.60$$



## Refroidissement jusqu'à 1475°C (point b)

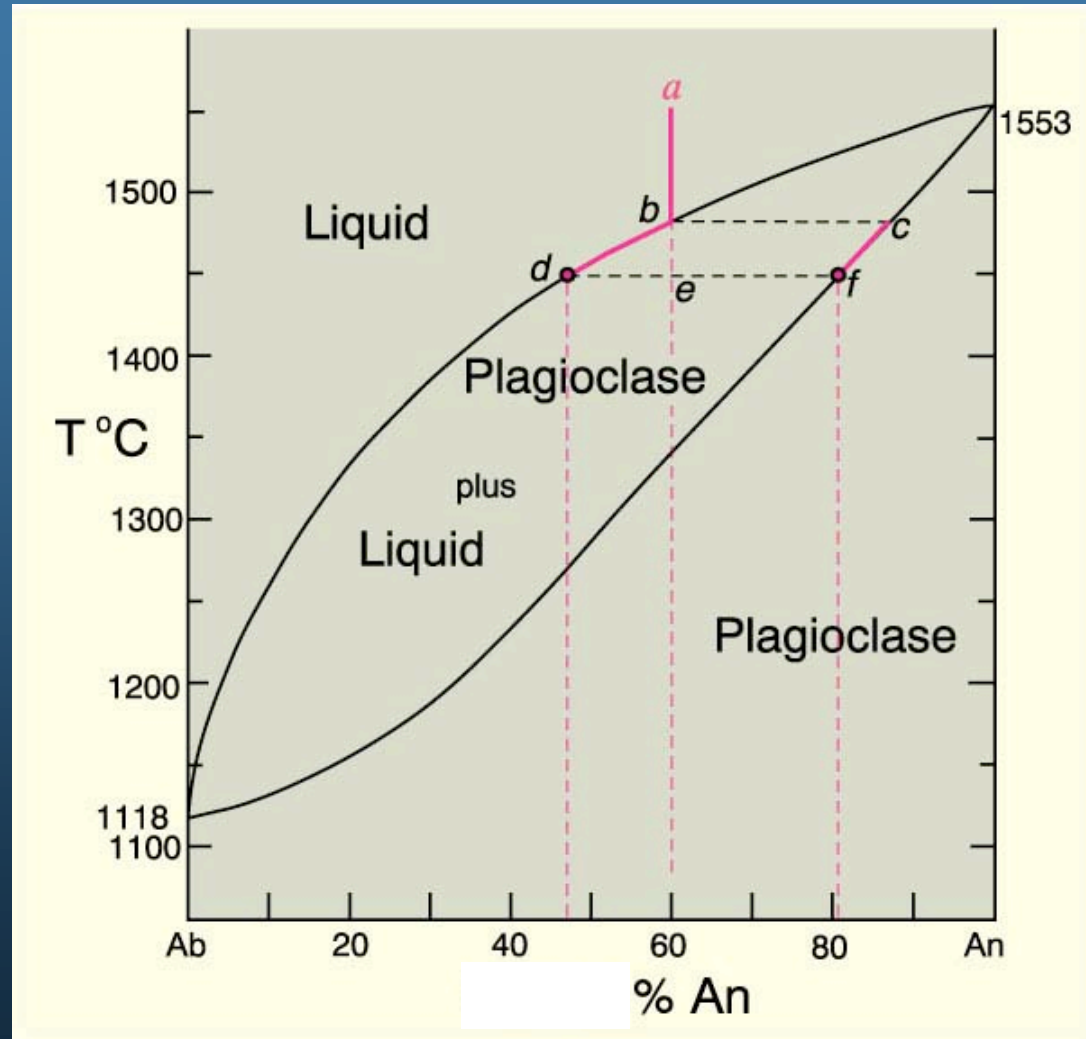
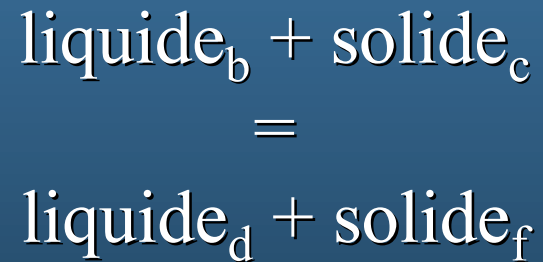


Cristaux de plagioclase :  $X_{An} = 0.87$  (point *c*)



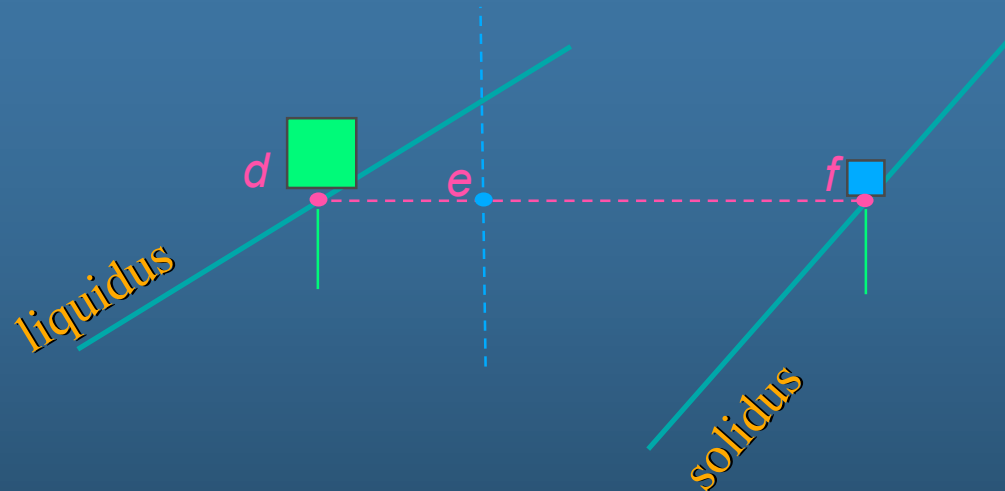
At 1450°C, liquide *d* et plagioclase *f* coexistent.

La réaction est du type:



## Comment calculer les proportions de liquide et de solide ?

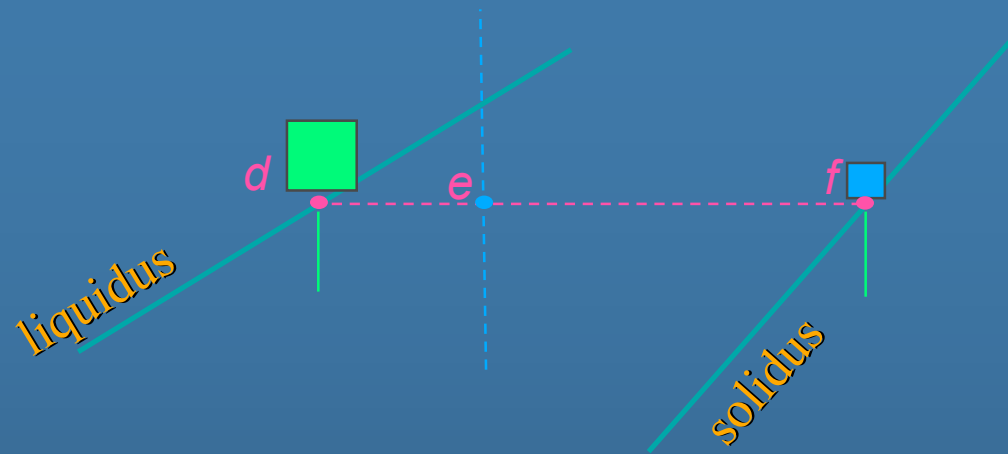
$d$  = composition du liquide,  $f$  = composition du solide  
et  $e = a$  = composition globale



**Bilan de masse (écrit pour un total de 100)**

$$\text{Masse totale} = M_{\text{liquide}} + M_{\text{solide}} = 100$$

$$\text{Masse de An totale} = 60 = m^*_{\text{liquide}} + m^*_{\text{solide}}$$



$$\text{Masse totale} = M_{\text{liquide}} + M_{\text{solide}} = M_T = 100$$

$$\text{Masse de An totale} = M_T e = 60 = m^*_{\text{liquide}} + m^*_{\text{solide}}$$

$$m^*_{\text{liquide}} = M_{\text{liquide}} d$$

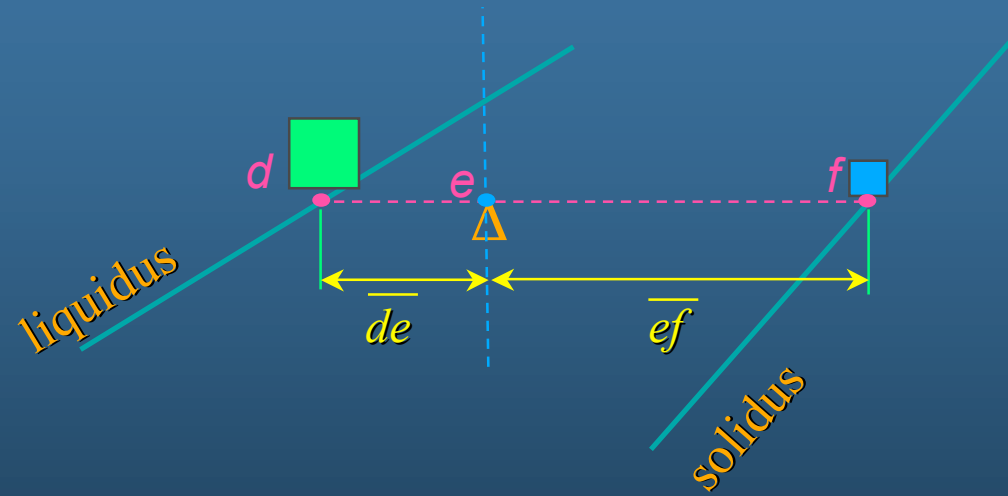
$$m^*_{\text{solide}} = M_{\text{solide}} f$$

$$M_T e = (M_{\text{liquide}} + M_{\text{solide}}) e = M_{\text{liquide}} d + M_{\text{solide}} f$$

$$M_{\text{liquide}} \times (e-d) = M_{\text{solide}} \times (f-e)$$

# La règle du levier

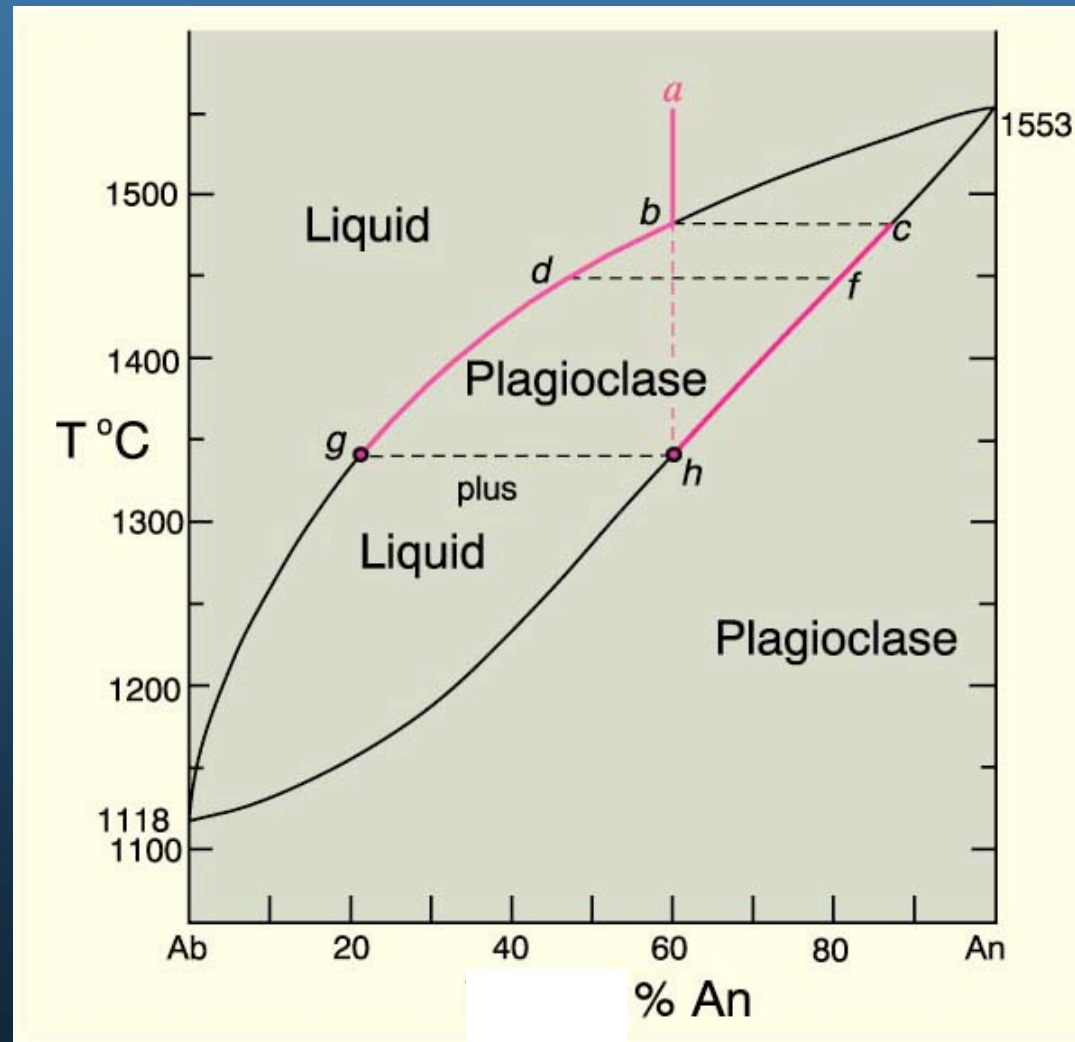
$$\frac{\text{■} \text{ masse de liquide}}{\text{■} \text{ masse de solide}} = \frac{\overline{ef}}{\overline{de}}$$



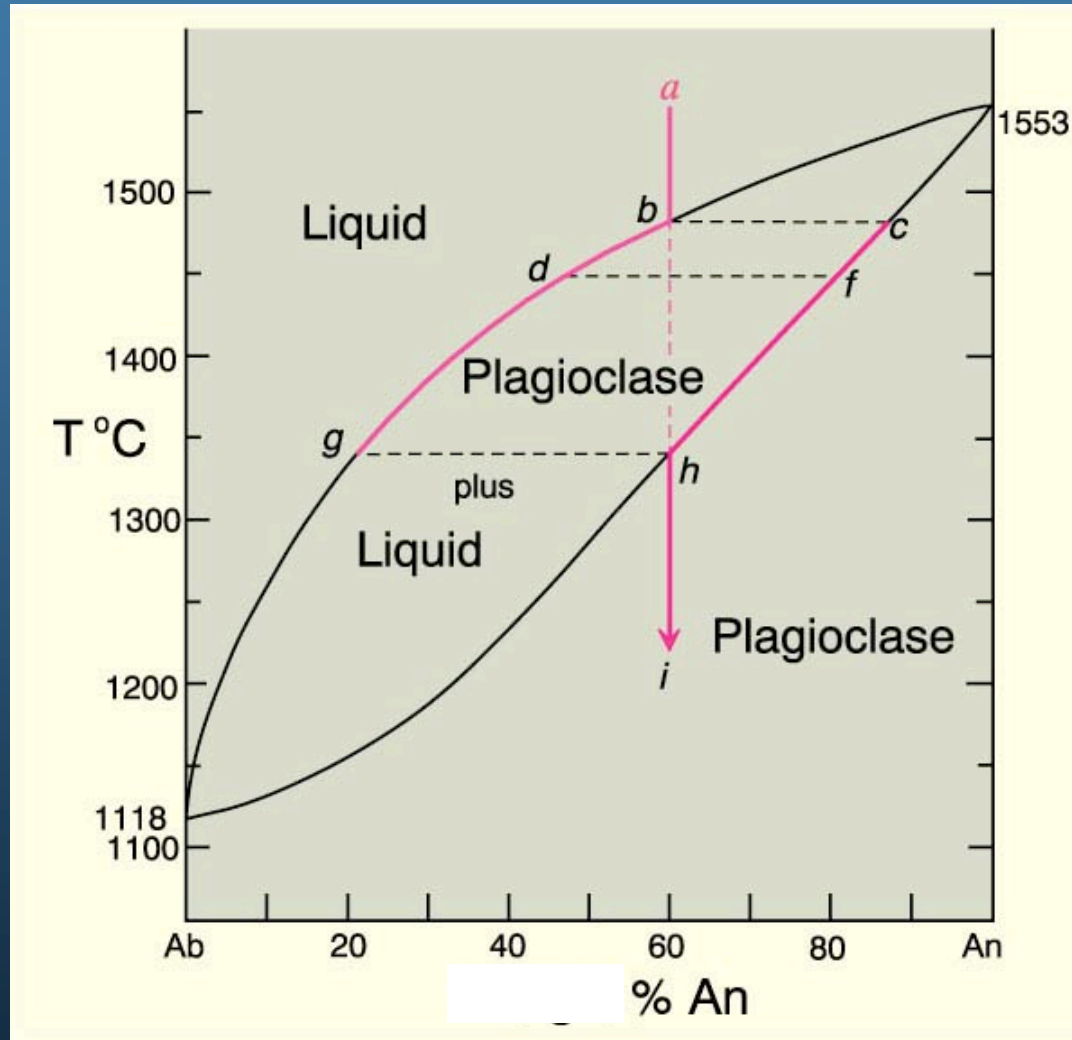


Quand  $X_{\text{plag}} \rightarrow h=a$  et, d'après la règle du levier,  
la quantité de liquide  $\rightarrow 0$

$g$  est la composition du dernier liquide à cristalliser à  $1340^{\circ}\text{C}$

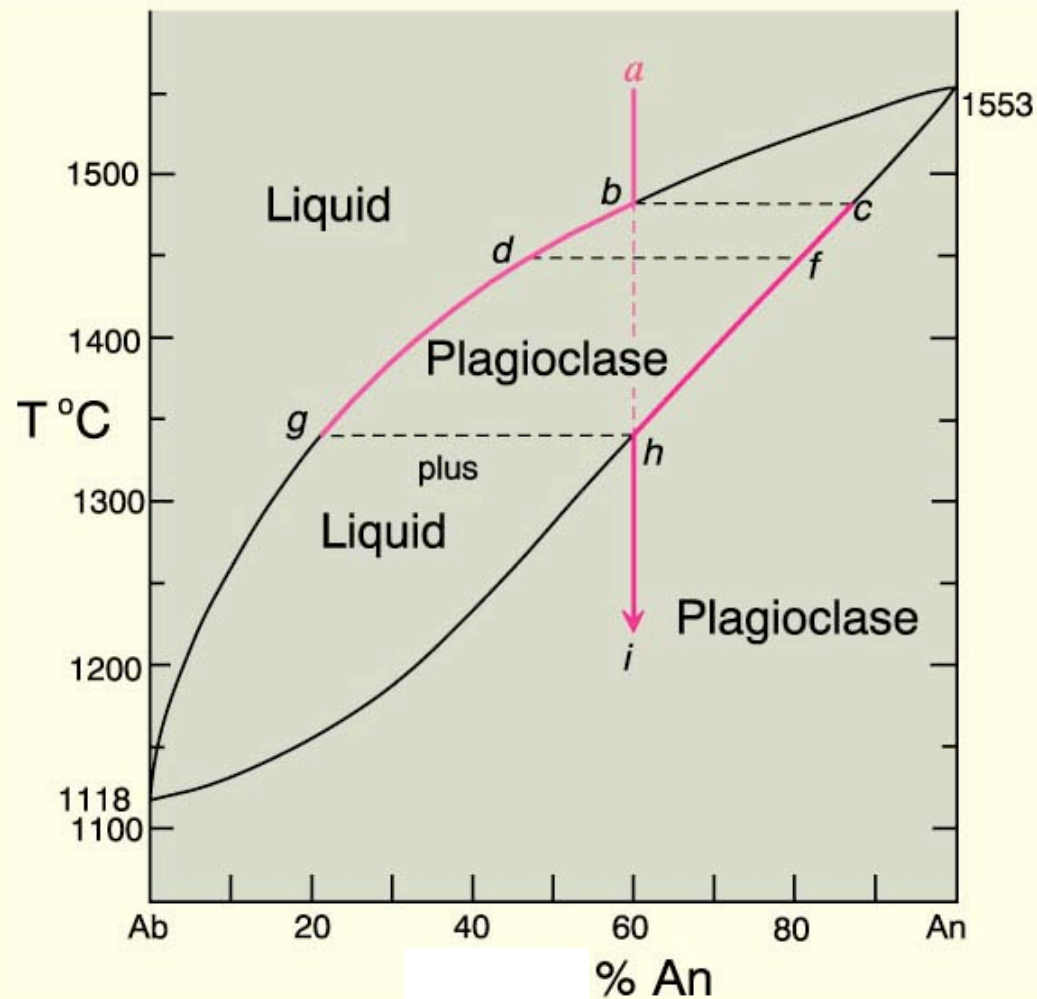


Le dernier plagioclase à cristalliser est  $i = a = 0.60$



## Caractéristiques importantes:

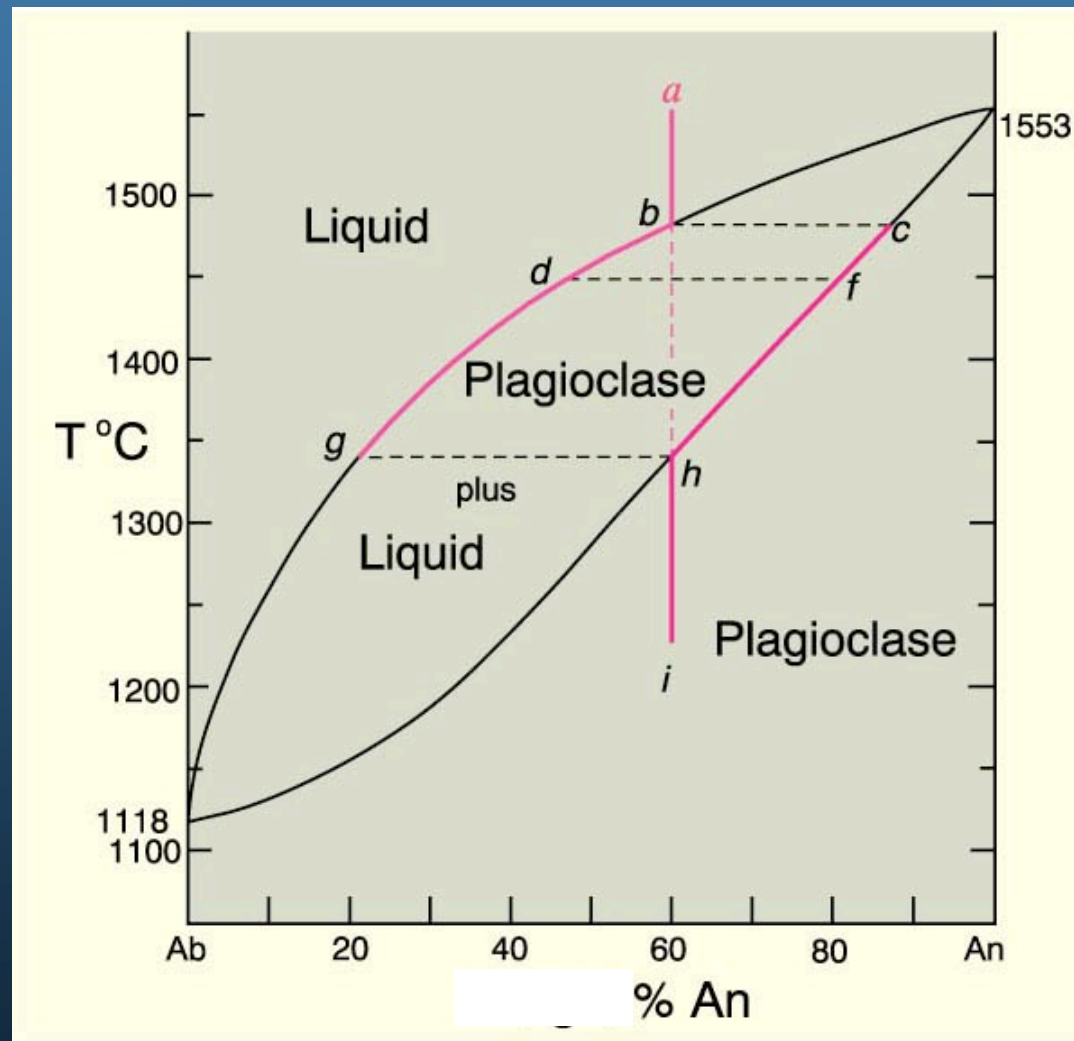
1. Le liquide cristallise sur un intervalle de  $135^{\circ}\text{C}$  \*
2. La composition du liquide change de  $b$  à  $g$
3. La composition du solide change de  $c$  à  $h=a$



**ATTENTION**  
Ces valeurs dépendent  
de la composition initiale

## La fusion se produit en sens inverse

- \* Pour  $An_{60}$ , le premier liquide est  $g$  à  $An_{20}$  et  $1340^{\circ}C$
- \* Le dernier solide à fondre est  $c$  ( $An_{87}$ ) à  $1475^{\circ}C$



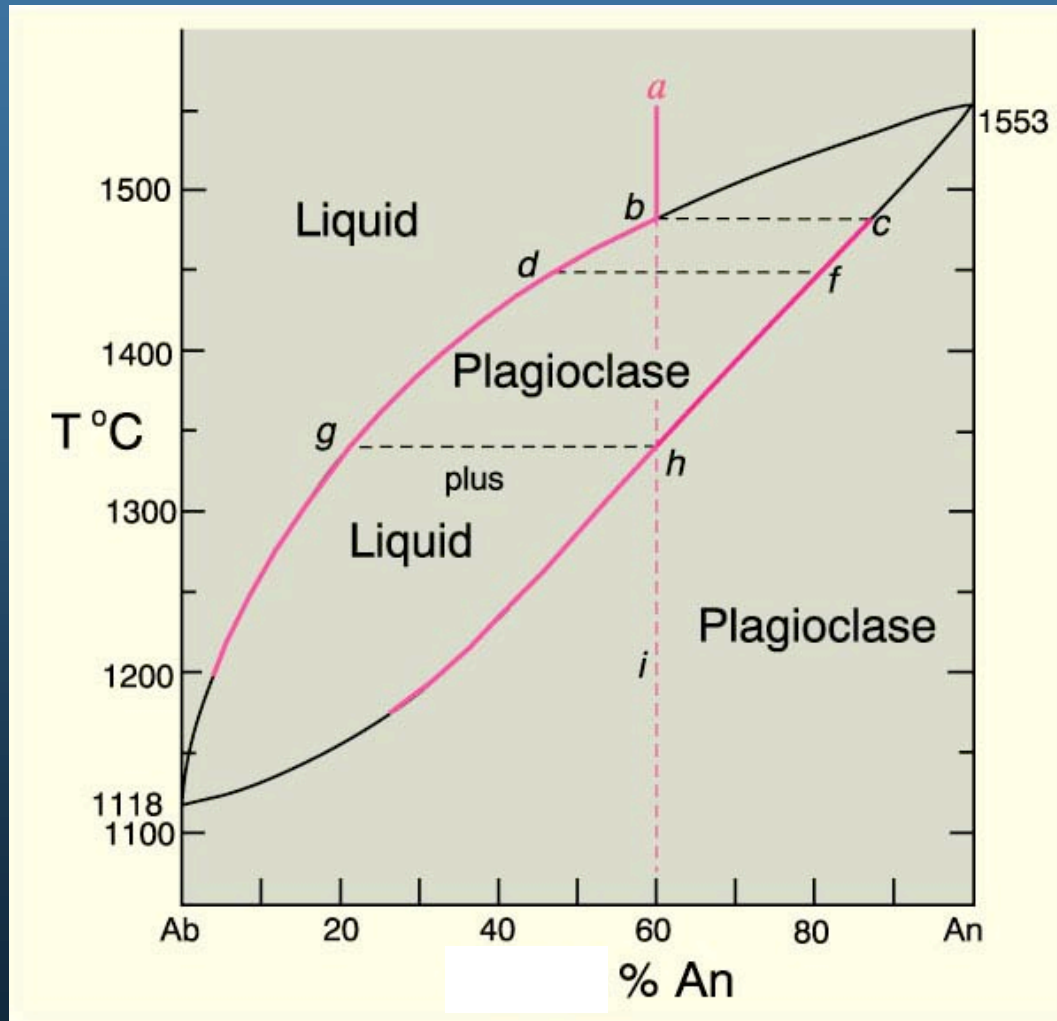
**TOUT CHANGE SI CRISTAUX ET LIQUIDE SE  
SEPARENT**

C'est la cristallisation fractionnée.

**La séparation est due à la différence de densité entre  
liquide et solide  
(qui ont des compositions différentes).**

## Cristallisation fractionnée.

A tout instant (et toute température)  $X = X_{\text{liq}}$

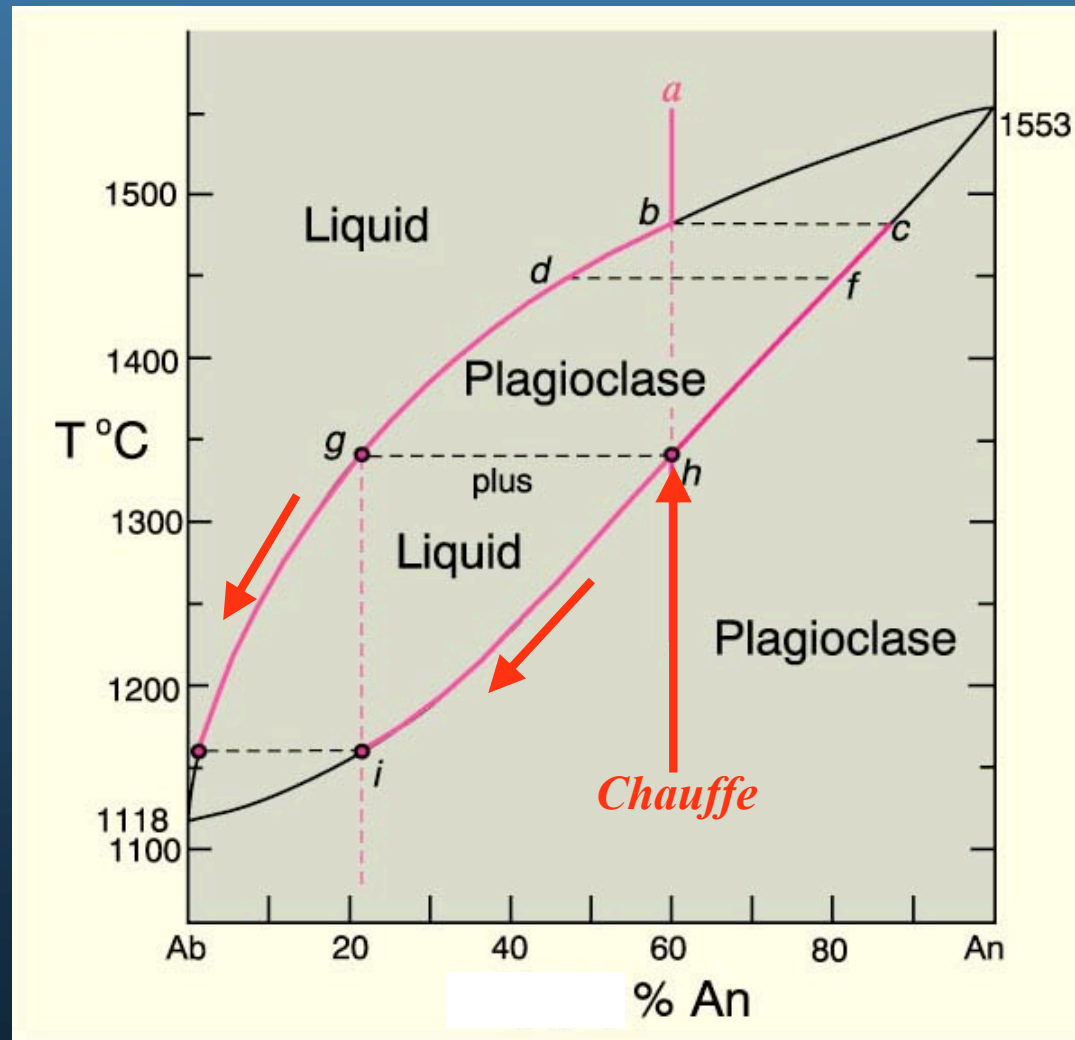


La séquence de cristallisation est la même, mais les proportions changent.

Si le liquide est extrait (éruption par ex.), on obtient une série de magmas différents: diversité des roches.

**A l'inverse, fusion partielle  
+ extraction du liquide  
au fur et à mesure.**

Pour  $X_{\text{bulk}} = 0.60$ , premier liquide =  $g$   
Extraction puis refroidissement : solide final de composition  $i$





# CONCLUSION

**Cristallisation (refroidissement)  
et fusion (réchauffement ou décompression)  
engendrent des liquides et des solides  
différents.**

**La différence de composition entraîne une différence de densité,  
et la séparation des deux phases.**

**Ce sont ces deux mécanismes (intimement liés)  
qui sont responsables de la grande diversité des roches terrestres.**

# Le sill de Palisades (200 Ma, New Jersey)



$(T_m = 1200^\circ\text{C})$

# La structure du sill de Palisades

