

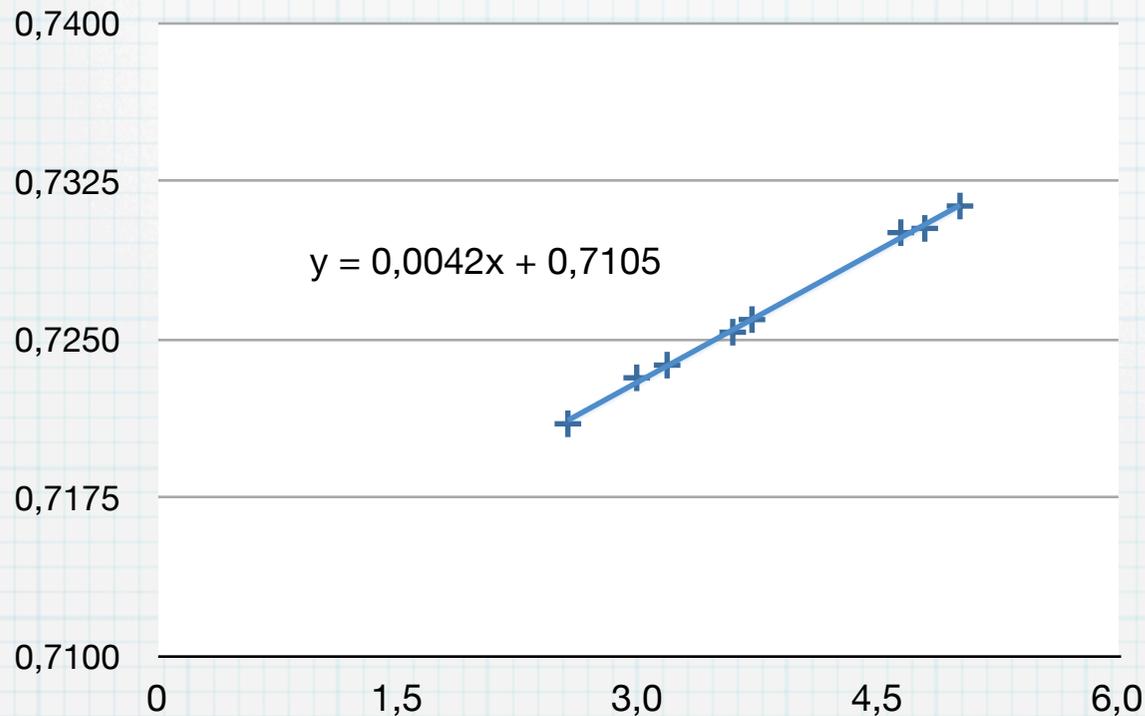
# TP 2

# Fusion, cristallisation

---

**Corrigés des exercices**

# Exercice 1



$$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right) = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 + \left(\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}\right) \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

$$t = \ln(\text{pente} + 1) / \lambda$$

$$\hat{\text{âge}} = 295 \text{ Ma}$$

$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 = 0,7105$ , qui correspond à un granite d'origine crustale

# Exercice 2

	Lherzolites	Harzburgites	Basalte MORB	Basalte intra-océanique
SiO <sub>2</sub>	45,1	42,1	48	46,53
TiO <sub>2</sub>	0,2	0,1	2,4	2,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,6	0,5	14,5	14,31
CaO	2	0,1	10	10,32
Na <sub>2</sub> O	0,2	0,1	2,2	2,85
K <sub>2</sub> O	0,1	0	0,4	0,84
FeO	7,5	7	11	12,32
MgO	41,3	50,1	13	9,54

le plus incompatible

manteau  
roche-  
mère

manteau  
résiduel

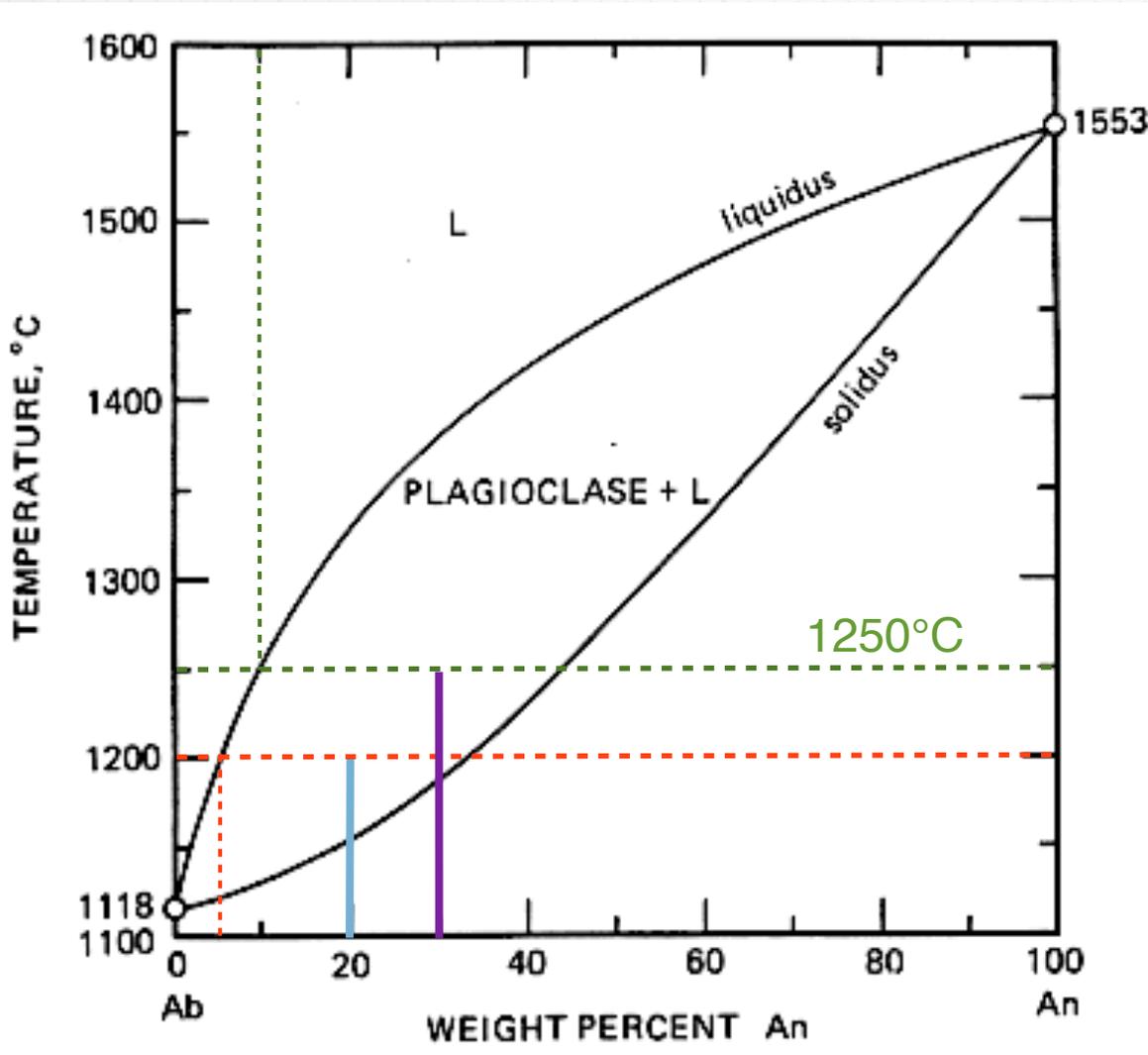
← roches volcaniques issues  
de la fusion du manteau →

taux de fusion calculé avec le potassium

- pour MORB : 25% --> dorsale

- pour OIB : 12% --> point chaud de type La réunion ou Hawaï

# Exercice 3



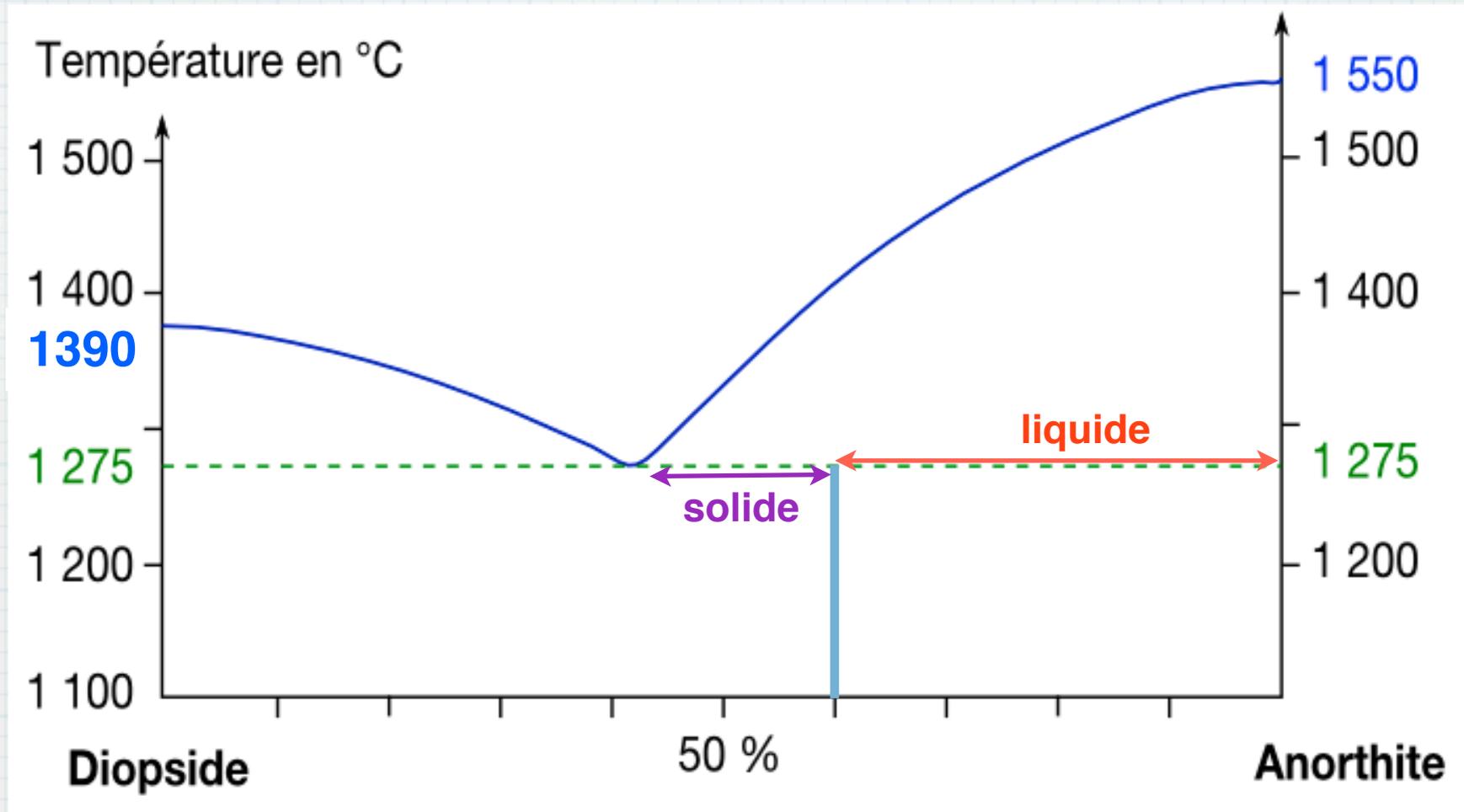
1) À 1200°C, taux de fusion de 45 % ; la composition du liquide se lit sur le liquidus et est de 5% An + 95% Ab  
À 1250°C, taux de fusion de 68% ; la composition du liquide est 10% An + 90% Ab.

2) À 1250°C, le mélange atteint un taux de fusion de 40%. La composition du liquide est la même que le mélange précédent à 1250°C.

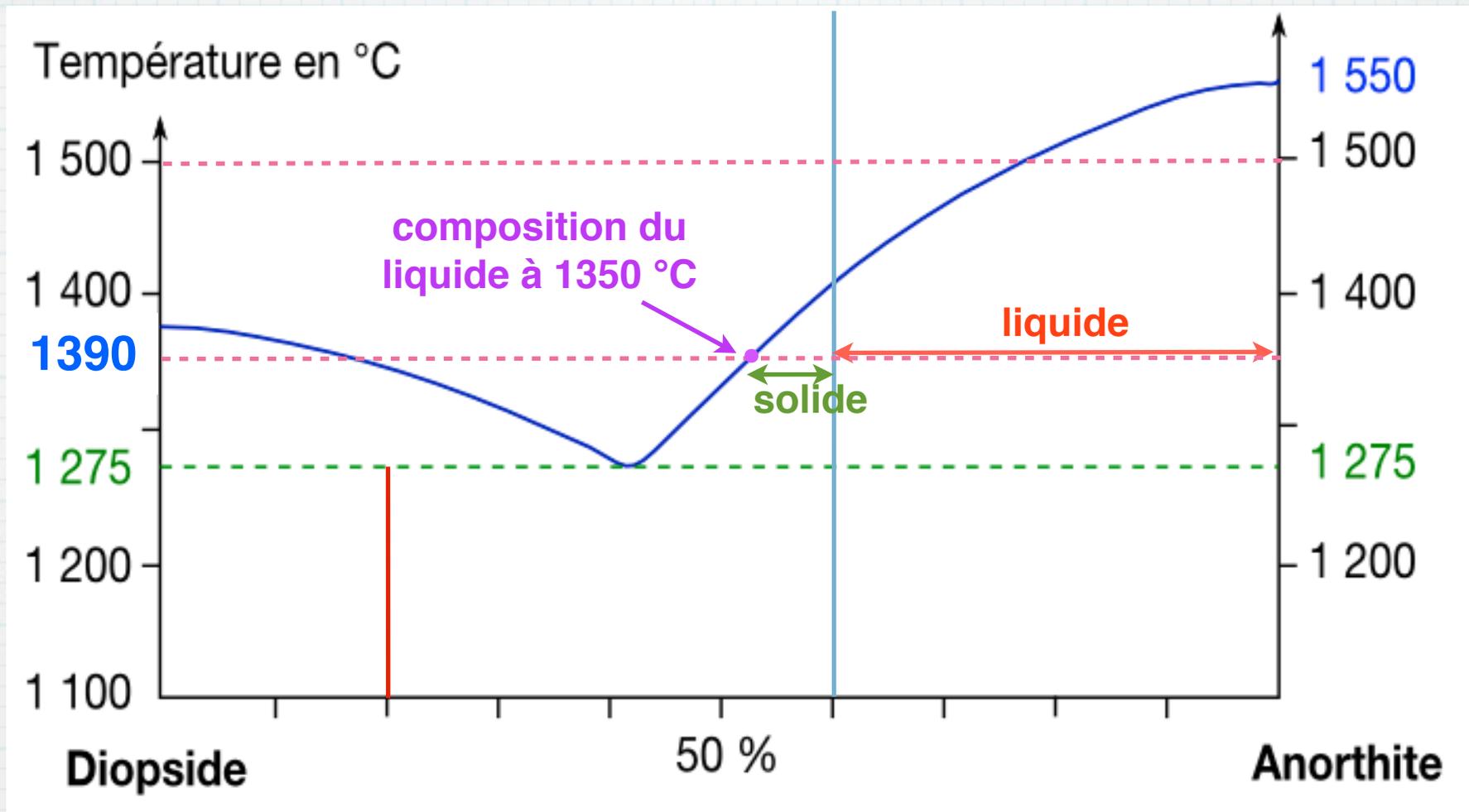
3) À même température de fusion, le taux de fusion dépend de la composition initiale. À même composition initiale, le taux de fusion dépend de la température.

La composition du liquide dépend donc du taux de fusion, lui-même lié à la température et à la composition du mélange initial.

# Exercice 4



Quantité maximale de liquide atteinte quand tout le diopside a fondu (solide à 100% d'anorthite). D'après la règle des leviers, cela revient à 66 % de fusion

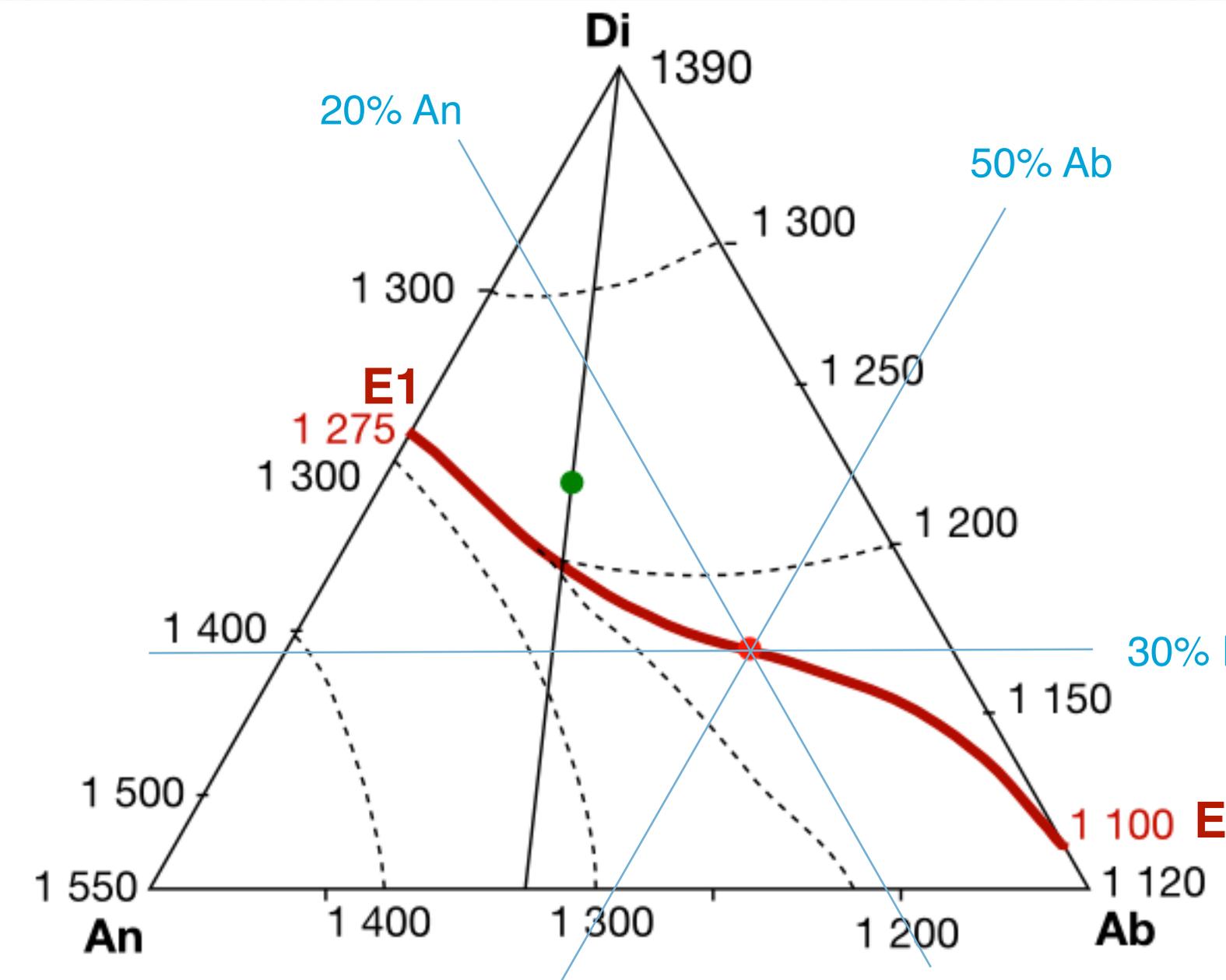


**À 1 350°C** : cristaux d'anorthite et liquide composé de 48% An + 52% Di  
taux de fusion de 83%

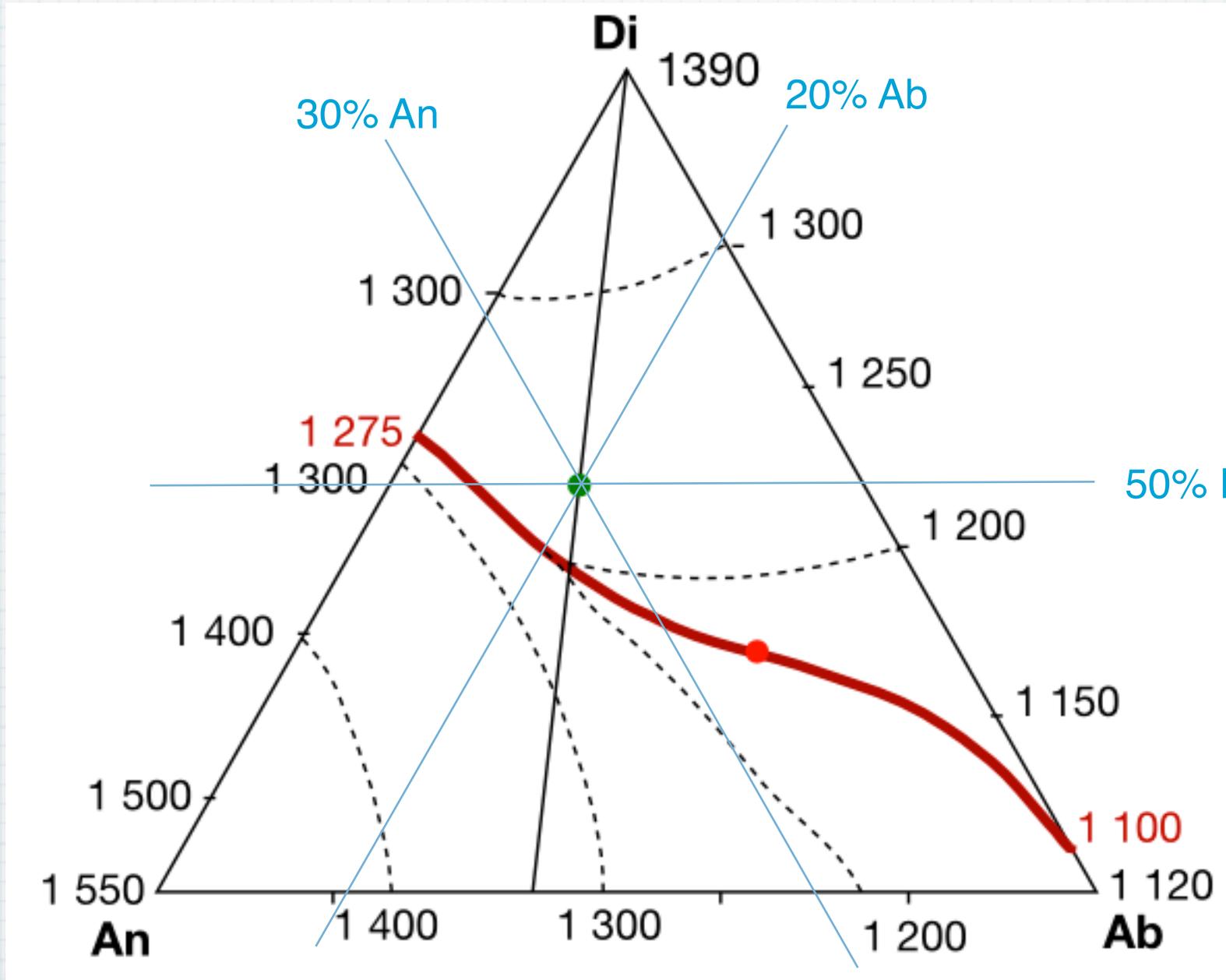
**À 1 500°C** : tout est fondu donc le liquide a la composition de départ : 60% An + 40% Di

3) Si le mélange est à 80% Di + 20% An, alors le liquide eutectique aura la même composition mais c'est le diopside qui formera les cristaux résiduels.

# Construction du diagramme ternaire

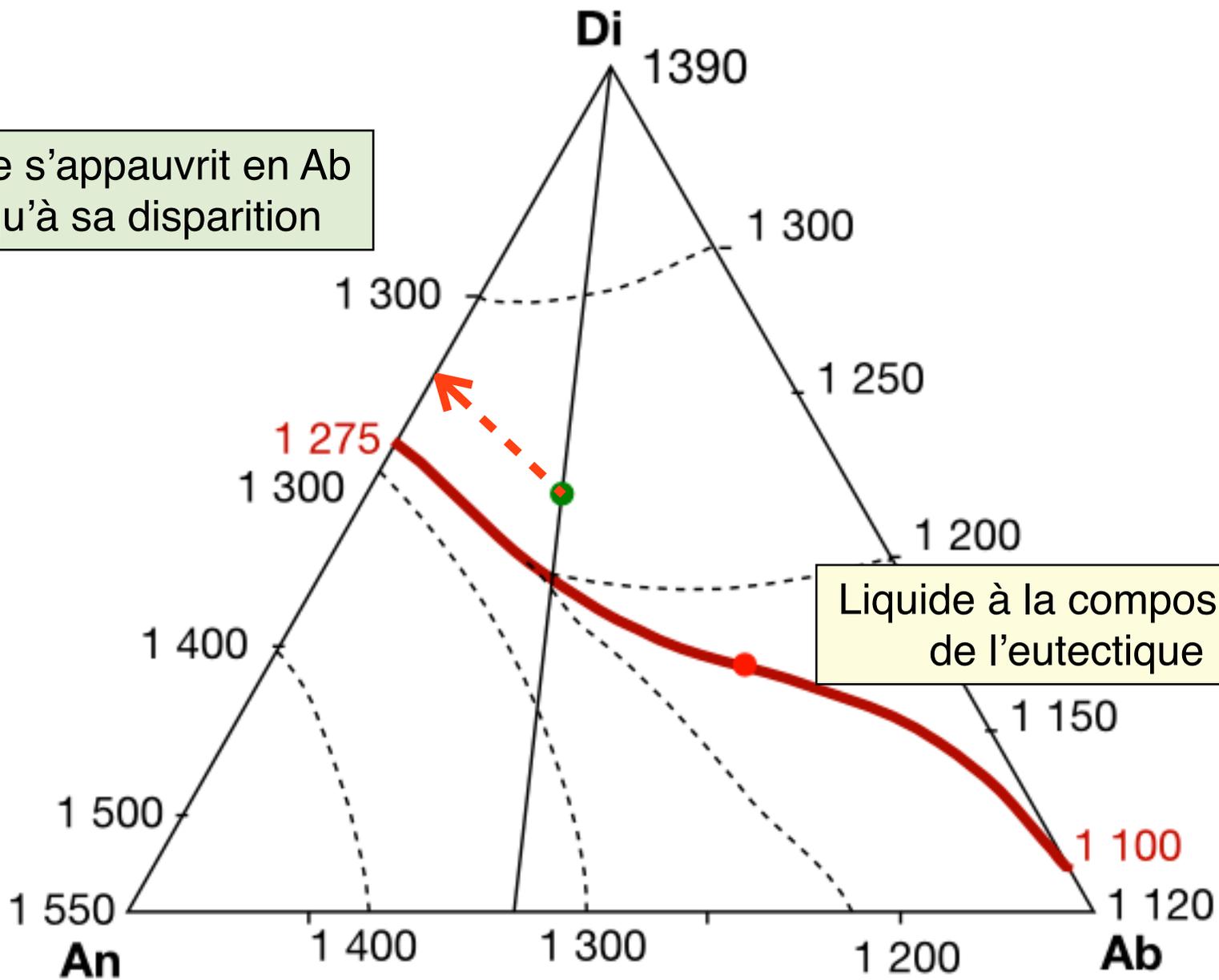


# Positionner le point de départ (solide initial)



# étape 1

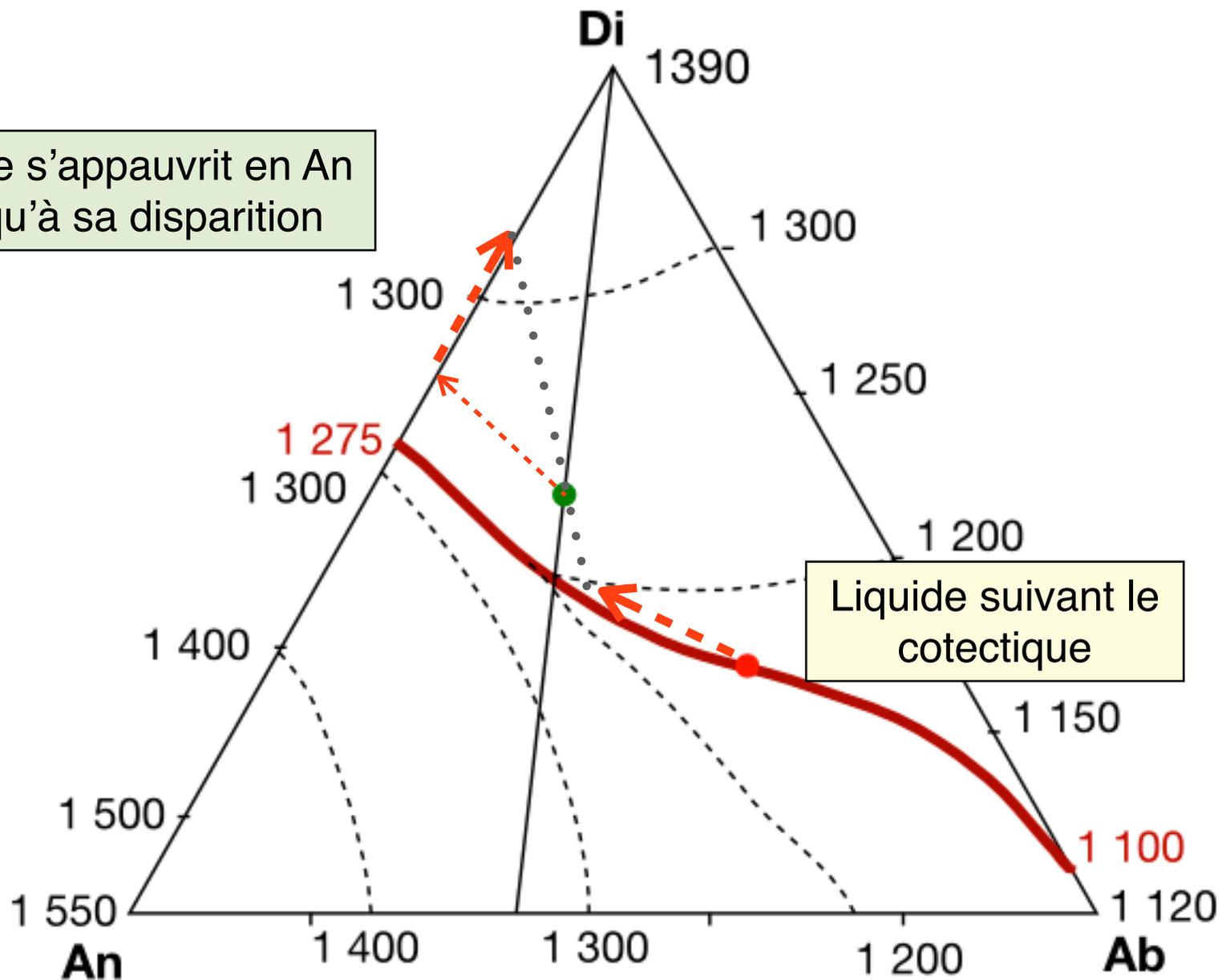
Solide s'appauvrit en Ab jusqu'à sa disparition



Liquide à la composition de l'eutectique

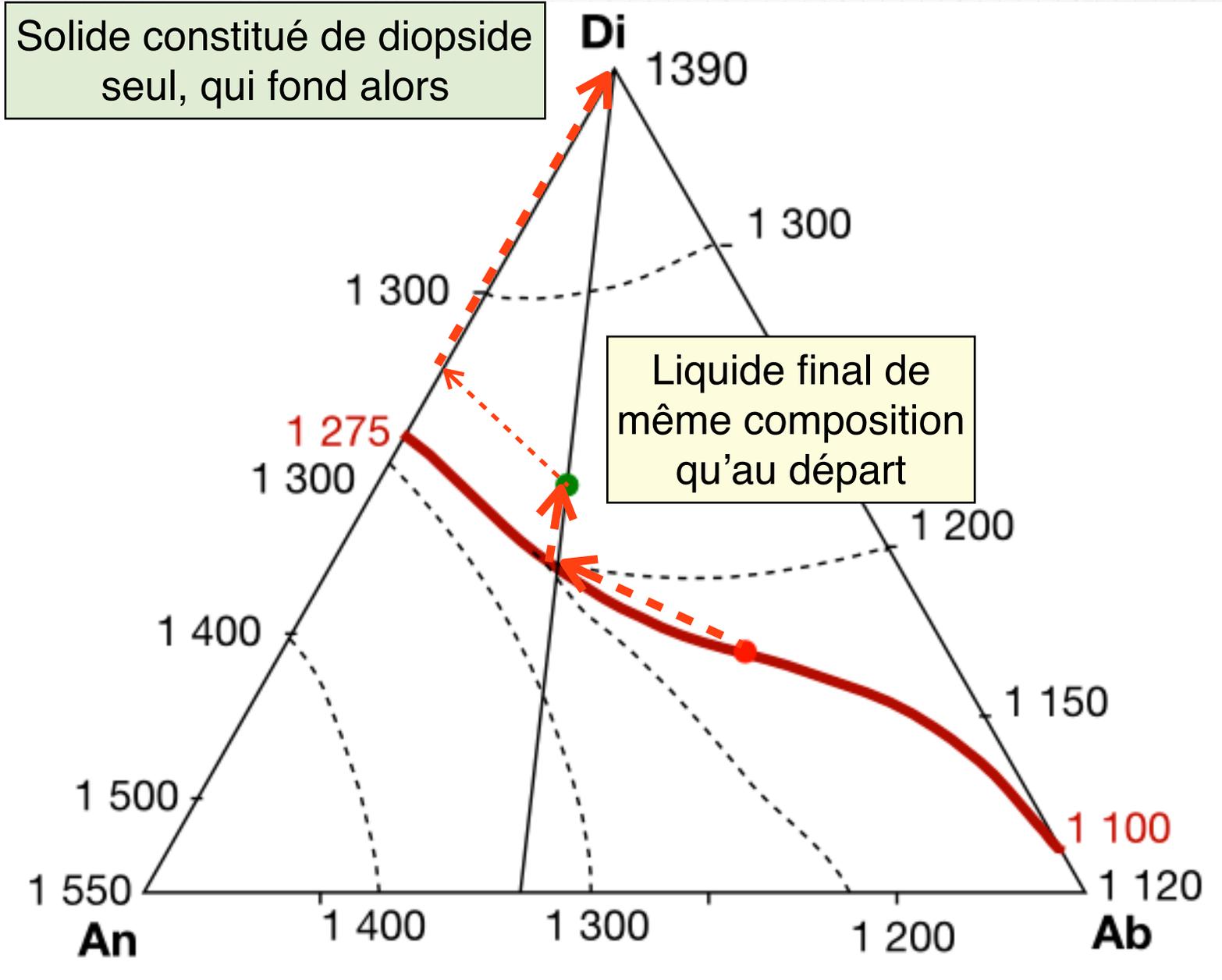
## étape 2

Solide s'appauvrit en An jusqu'à sa disparition



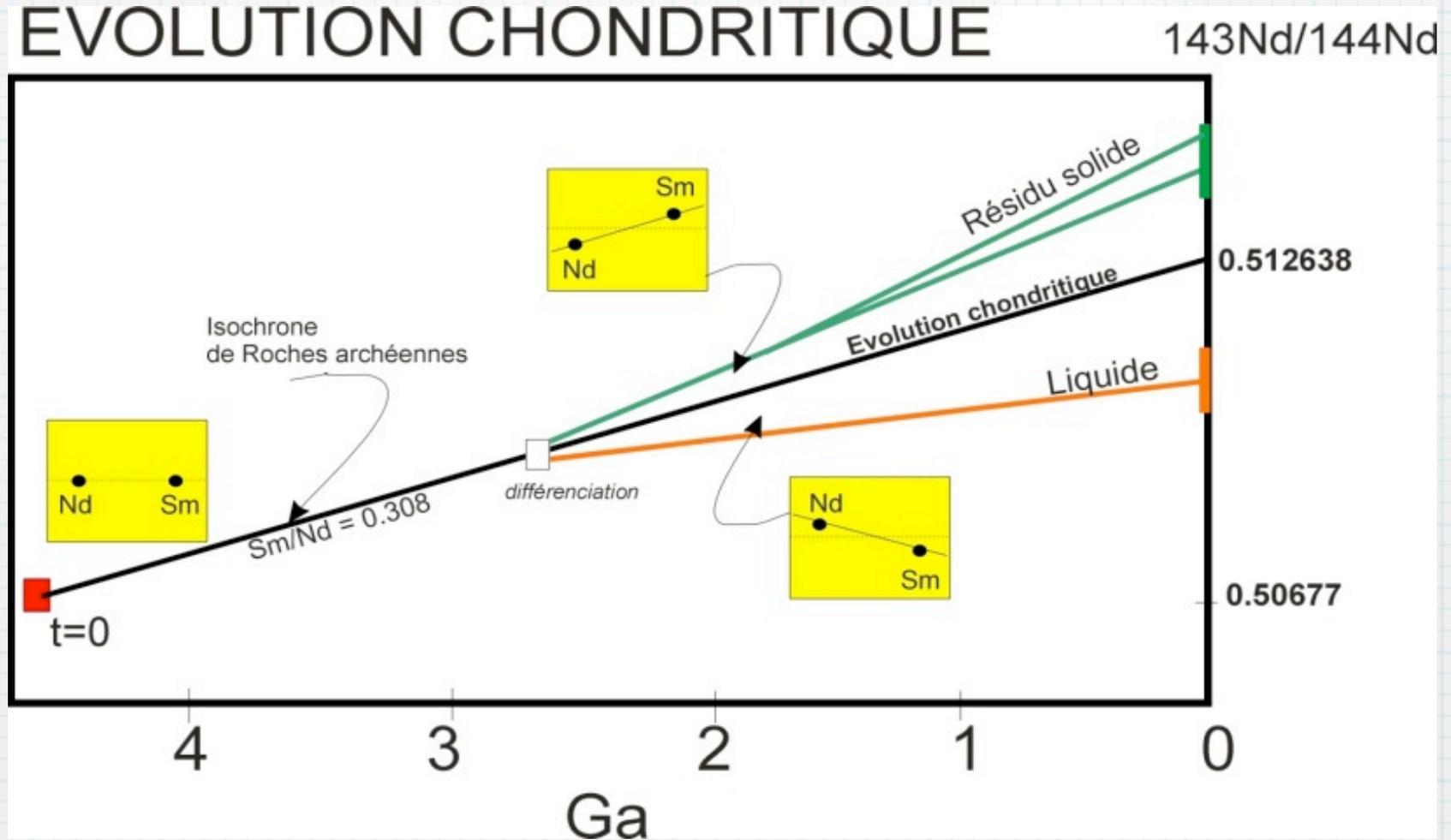
Liquide suivant le cotectique

# étape 3

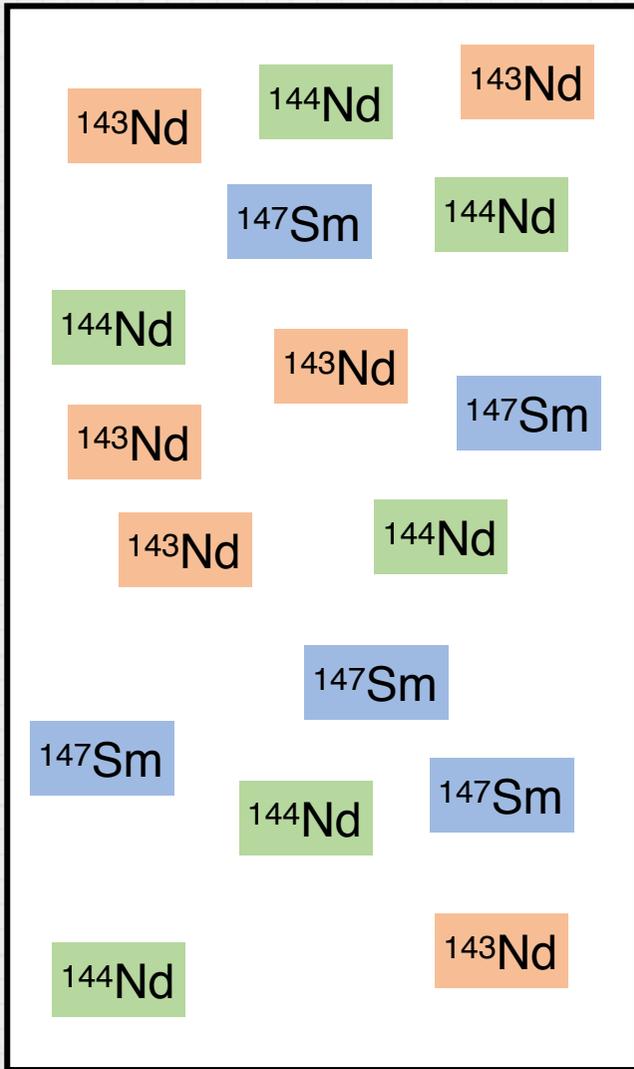


# Exercice 5

## EVOLUTION CHONDRITIQUE

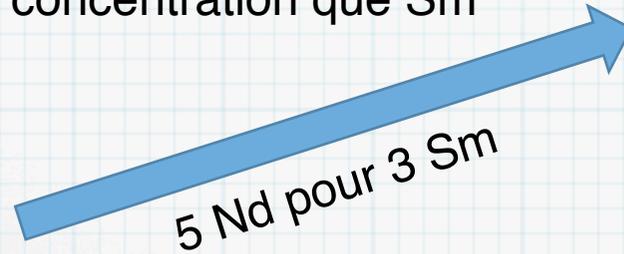


# Roche mère

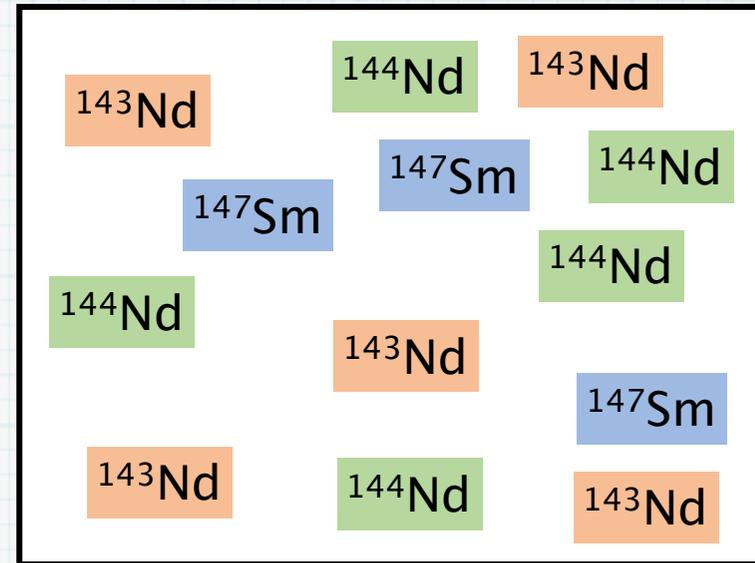


rapport de  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  de 1 qui évoluerait spontanément vers un maximum de  $11/6 = 1,85$

Nd et Sm sont incompatibles donc passent préférentiellement dans le liquide mais Nd en plus grande concentration que Sm



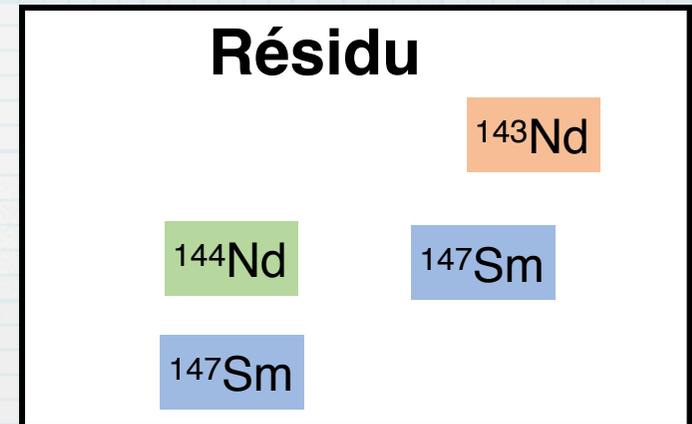
# Liquide



Le rapport des Nd est 1 au temps  $t = 0$  mais évolue peu car 3 Sm pour 10 Nd. Au maximum, on aura un rapport  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  de  $8/5 = 1,6$



# Résidu



Le rapport des Nd est de 1 au temps  $t = 0$  mais évolue beaucoup car 2 Sm pour 2 Nd. Au maximum, on aura un rapport  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  de  $3/1 = 3$

# Exercice 6

1. Roche volcanique à texture microlithique. Phénocristal + microlithes + verre.
2.  $\text{Ca}_{0.6}\text{Na}_{0.4}\text{Al}_{1.6}\text{Si}_{2.4}\text{O}_8$  ou  $\text{Ca}_6\text{Na}_4\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}$
3. Il s'agit de cristaux miscibles : le mélange fondu conduit à la formation de cristaux de même structure et de composition intermédiaire.
4. Le cristal est zoné. Ceci traduit une évolution au cours du temps sans rééquilibrage entre le cristal et le liquide. Le cœur plus calcique est formé vers  $1450^\circ\text{C}$ . La cristallisation se poursuit au cours du refroidissement en surface permettant l'agrandissement du cristal. La cristallisation se fait à partir d'un liquide de plus en plus riche en Ab. La périphérie est cristallisée vers  $1150^\circ\text{C}$ .
5. Si l'on suppose que le cristal a commencé à se former à partir du liquide initial, cela correspond à un liquide  $\text{An}_{44}$ .
6. Le grand cristal cesse de croître et les microlithes sont formés rapidement lors de la trempe due à l'arrivée en surface. Ils ont la composition donnée par le solidus correspondant à la composition du liquide à ce moment, qui est également en équilibre avec celle de la périphérie du grand cristal. Ce liquide est plus albitique que le liquide de départ du fait de l'isolement de fractions plus anorthitiques dans le cœur du cristal.

# Exercice 7

1. Gabbro plus ancien car présent sous forme d'inclusions à section anguleuse. Le filon granitique aurait cassé cette roche préexistante lors de son infiltration.

2. Trois hypothèses sont possibles :

- différenciation magmatique d'un magma ;
- fusion de la croûte continentale par le magma basique très chaud
- ou origine magmatique indépendante : 2 magmas qui s'hybrident.

### 3. Différenciation magmatique

Les roches ne seraient pas contemporaines et montreraient des roches intermédiaires de la série. Le granite aurait fait «recuire» le gabbro ou fusion partielle sur les bords.

Fusion de la croûte par la remontée de magma basique

Ce serait plutôt le gabbro qui entourerait le granite.

Deux magmas qui s'hybrident

Il y aurait des inclusions réciproques : granite dans gabbro et gabbro dans granite

# Exercice 8

magma de densité de  $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$  qui arrive en surface (donc à l'altitude 7669 m) par rapport au fond océanique. Pour monter de 7669 m, il faut que la pression du magma au fond de l'océan vale :

$$P = \rho \cdot g \cdot z \text{ avec } \rho = 2,7 \text{ g.cm}^{-3} = 2700 \text{ kg.m}^{-3} \text{ et } g = 10 \text{ m.s}^{-2} = 10 \text{ N.kg}^{-1} \text{ et } P \text{ en Pa} = \text{N.m}^{-2}.$$
$$P = 2700 \times 10 \times 7669 = 2,07 \cdot 10^8 \text{ Pa} = 2,07 \text{ kbar} \text{ (1 bar} = 10^5 \text{ Pa)}$$

La magma provient du Moho (10 km sous le niveau de la mer) : il doit monter d'une hauteur de 14 169m. Par le même calcul,

$$P = 2700 \times 10 \times 14169 = 3,83 \text{ kbar. C'est la surpression du magma au niveau du Moho.}$$

Ce magma provient du Moho où il a la même densité (profondeur du Moho à 6,5 km sous le plancher océanique). De quelle profondeur vient le magma permettant d'expliquer une surpression de 3,83 kbar ?

Le manteau a une densité de 3,3. Ce magma une densité de 2,7.

Surpression due à une colonne de roche de moindre densité :  $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ . Quelle hauteur  $h$  de magma faut-il pour compenser un déficit de densité de 0,6 mais une surpression de 3,83 kbar ?

$$\Delta P = \Delta \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow h = 65 \text{ km sous le Moho.}$$

# Exercice 9

## Etude pétrologique

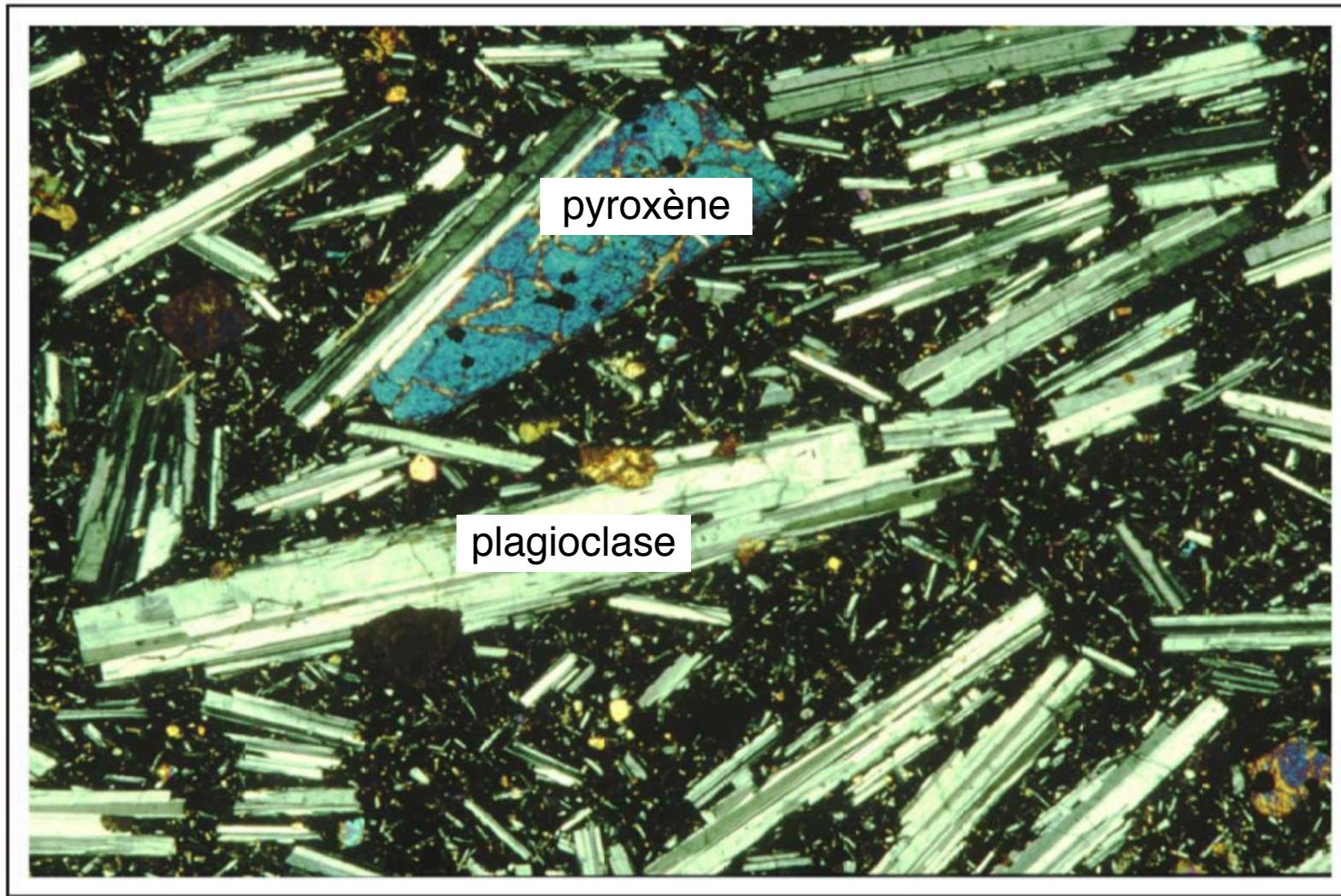
Le document 1 présente les analyses chimiques de certaines roches volcaniques de la chaîne des Puys.

Le document 2 présente une lame mince de roche vue au microscope polarisant.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7
SiO <sub>2</sub>	47,79	48,99	52,70	53,50	58,10	61,89	69,51
TiO <sub>2</sub>	2,28	2,18	1,83	1,50	1,14	0,85	0,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,03	16,73	17,06	17,69	18,20	18,41	15,58
FeO	11,00	10,78	8,94	10,64	6,26	4,34	2,14
MnO	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19	0,23	0,18
MgO	6,70	5,33	3,93	2,49	1,97	1,10	0,36
CaO	9,97	9,30	7,62	5,92	4,61	3,19	1,25
Na <sub>2</sub> O	3,74	3,96	4,49	5,03	5,51	5,74	5,61
K <sub>2</sub> O	1,70	1,82	2,49	2,72	3,46	3,93	4,89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,62	0,73	0,74	0,31	0,56	0,32	0,09
total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

***Document 1***

# Exercice 9



## ***Document 2 (x 15)***

- 1) Décrire cette roche. De quelle roche du document 1 peut-on la rapprocher ? Trouver l'échantillon parmi les roches proposées.

# Exercice 9

Une enclave de structure grenue a été trouvée dans une bombe volcanique d'un des puys de la chaîne des Puys. Son analyse chimique est présentée dans le document 3, analyse 1.

2) De quelle roche peut-il s'agir ? Argumenter.

On émet l'hypothèse que la roche CP1 provient de la fusion partielle d'une roche identique à cette enclave.

3) Expliquer le phénomène de fusion partielle.

4) Calculer le taux de fusion partielle en justifiant vos choix. Discuter cette valeur.

## document 3

	1	2
SiO <sub>2</sub>	45,19	38,05
TiO <sub>2</sub>	0,71	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,54	0,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,00
FeO	8,46	20,54
MnO	0,14	0,56
MgO	37,49	40,52
CaO	3,08	0,22
Na <sub>2</sub> O	0,57	0,00
K <sub>2</sub> O	0,13	0,00
NiO	0,20	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,00
total	100,00	100,00

5) Construire schématiquement un diagramme alcalins / silice ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = f(\text{SiO}_2)$ ). Placer les points représentatifs des roches CP1 à CP7. Interpréter.

Un minéral M de la roche CP1 a été analysé : document 3 analyse 2.

6) De quel minéral s'agit-il ?

On suppose que 10% d'un magma de composition CP1 cristallise sous forme du minéral M et s'en sépare.

7) Argumenter cette hypothèse.

8) Calculer la teneur en silice du magma résultant. Comparer à la composition chimique de CP2 et interpréter.

# Exercice 9

1) L'observation de cette lame mince de roche, en lumière polarisée et analysée, révèle une texture microlitique. C'est donc d'une roche volcanique (lave).

- présence de nombreux phénocristaux automorphes (rectangulaires) de plagioclases (taille de 1 à 5 mm) reconnaissables à leur macles polysynthétiques noir et blanc

- un phénocristal de pyroxène

La pâte (mésostase) contient des microlithes de plagioclases et de pyroxènes ainsi que du verre. Il s'agit d'un basalte porphyrique, qui peut être rapproché de la lave CP1 (ou CP2) du document 1.

2) Roche grenue très pauvre en silice (45%) et quasiment exclusivement constituée de silice + Fe + Mg, avec un peu de Ca et Al. Il pourrait s'agir d'une péridotite, avec des olivines  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ .

3) Les roches magmatiques ne se comportent pas comme un corps pur et ne fondent pas à une température unique. Elles commencent à fondre (fusion partielle) lorsqu'elles atteignent leur solidus et le taux de fusion augmente jusqu'au liquidus ( $t_{\text{solidus}} < t_{\text{liquidus}}$ ). Dans le domaine situé entre le liquidus et le solidus, coexistent une phase liquide et une phase solide de compositions chimiques différentes. Certains éléments chimiques compatibles restent dans la phase solide alors que d'autres magmatophiles (incompatibles), migrent dans la phase liquide. Ce phénomène de fusion partielle explique la formation de magmas différents selon la roche initiale et le taux de fusion partielle (0 - 20 %).

# Exercice 9

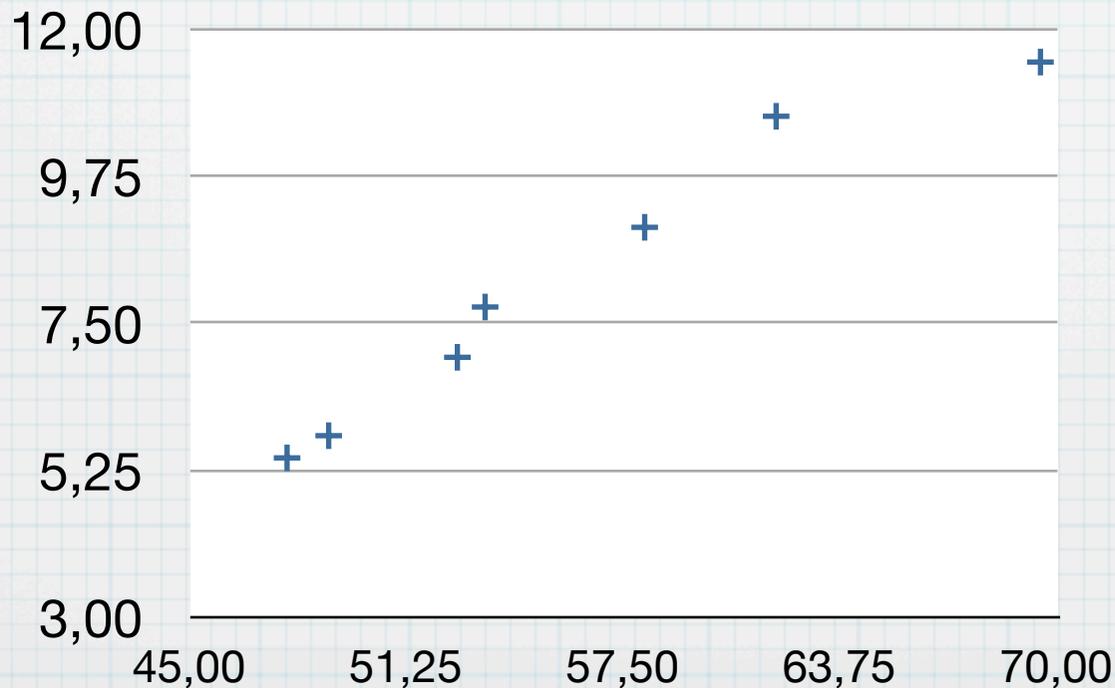
4) Le potassium est très magmatophile et passe donc très facilement dans la phase liquide. La péridotite contient 0,13 % de  $K_2O$  alors que la lave CP1 en contient 1,70 %. On fait l'hypothèse que tout le potassium est passé dans le magma.

donc :  $0,13 = 1,70 \times T$  avec  $T$  = taux de fusion partielle exprimée en %

soit :  $T = 0,13 / 1,70 = 7,6 \%$

Valeur faible, compatible avec point chaud ou zone de subduction.

5) Enrichissement en silice et alcalins : témoin d'une différenciation. Notion de série magmatique.



# Exercice 9

6) Le minéral (M) est un silicate relativement pauvre en silice, très riche en magnésium et aussi en fer. Il s'agit d'une olivine (parfois confondue avec un pyroxène), proche du pôle magnésien forstérite  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ .

7) L'olivine est un des premiers minéraux à cristalliser. Les basaltes les moins différenciés contiennent fréquemment de l'olivine (une teneur de 10 % est classiquement observée).

8) Il faut faire un bilan de matière.

Si 10 % d'olivine sont soustraits au magma de composition CP1, il vient :

$$100 \% \text{ CP1} = 10 \% \text{ olivine} + 90 \% \text{ magma 2}$$

$$\text{soit magma 2} = (\text{CP1} - 0,1 \text{ olivine}) / 0,9$$

pour la silice cela correspond à :

$$(47,79 - 3,81) / 0,9 = 43,98 / 0,9 = 48,87$$

Cette valeur est très proche de la teneur en silice (48,99 %) de CP2.

CP2 pourrait alors provenir d'une faible différenciation du magma CP1. L'hypothèse émise semble judicieuse en ce qui concerne la silice. Il faudrait en fait vérifier les autres équations correspondant à chacun des éléments chimiques.