

An underwater photograph of a cave system. The water is a deep, clear blue. The cave walls are composed of dark, jagged rock formations. A stream of bubbles rises from the bottom right towards the top center of the frame. The overall atmosphere is mysterious and serene.

La dynamique des zones de divergence

En quoi les zones de divergence sont-elles à l'origine de la lithosphère océanique ? Comment évolue cette lithosphère océanique après sa formation ?

I. Les caractéristiques des zones de divergence océanique

- A) La morphologie des dorsales océaniques
- B) La structure et la composition de la lithosphère océanique
- C) Les deux types de dorsales océaniques

II. Le fonctionnement des zones de divergence océanique

- A) La remontée du manteau asténosphérique à l'origine de la fusion partielle du manteau lithosphérique
- B) La cristallisation fractionnée du magma permettant la formation de la croûte océanique.
- C) L'origine magmatique de la diversité des dorsales océaniques

III. L'évolution des zones de divergence océanique

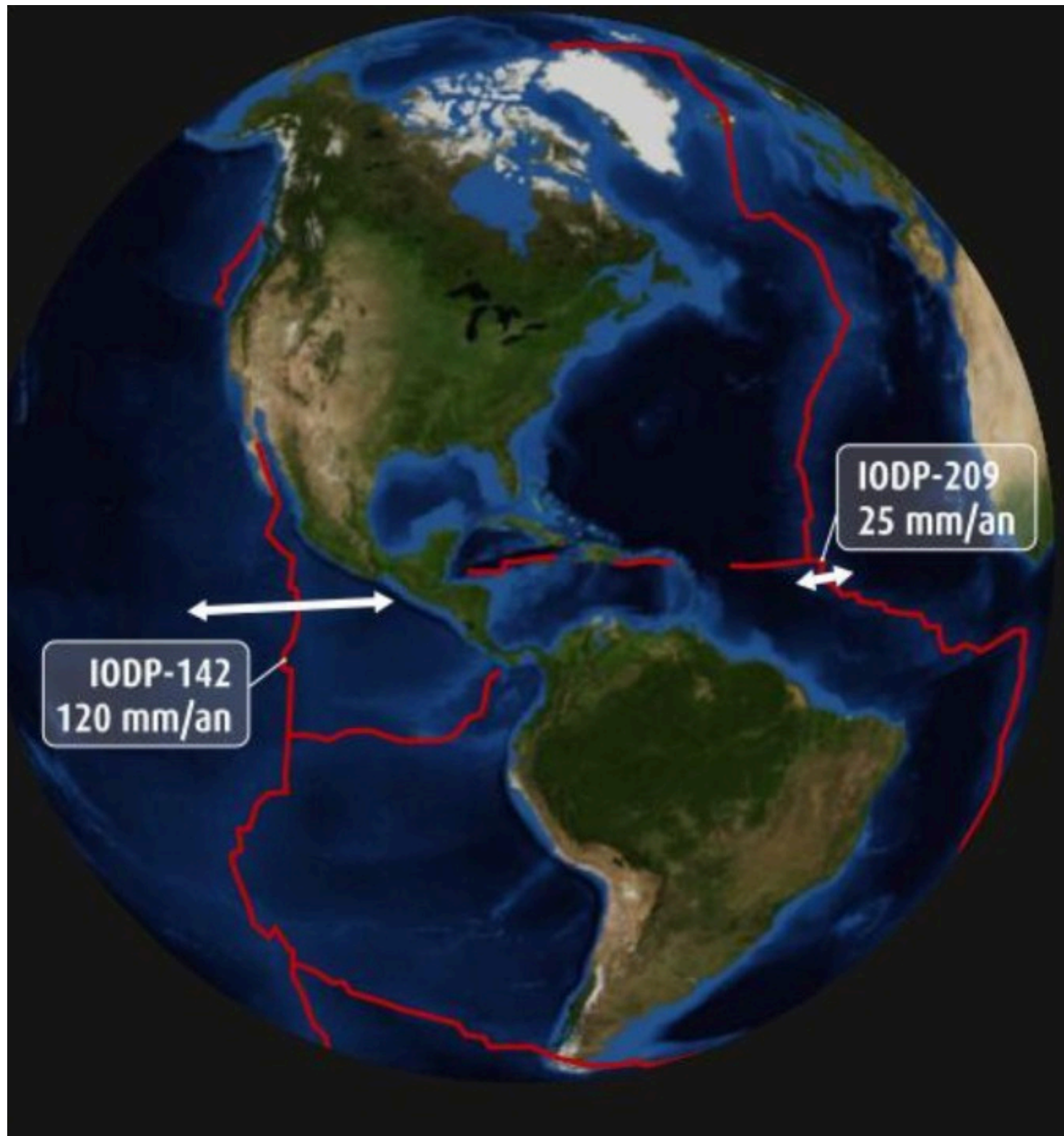
- A) Des transformations chimiques et minéralogiques
- B) Des transformations physiques



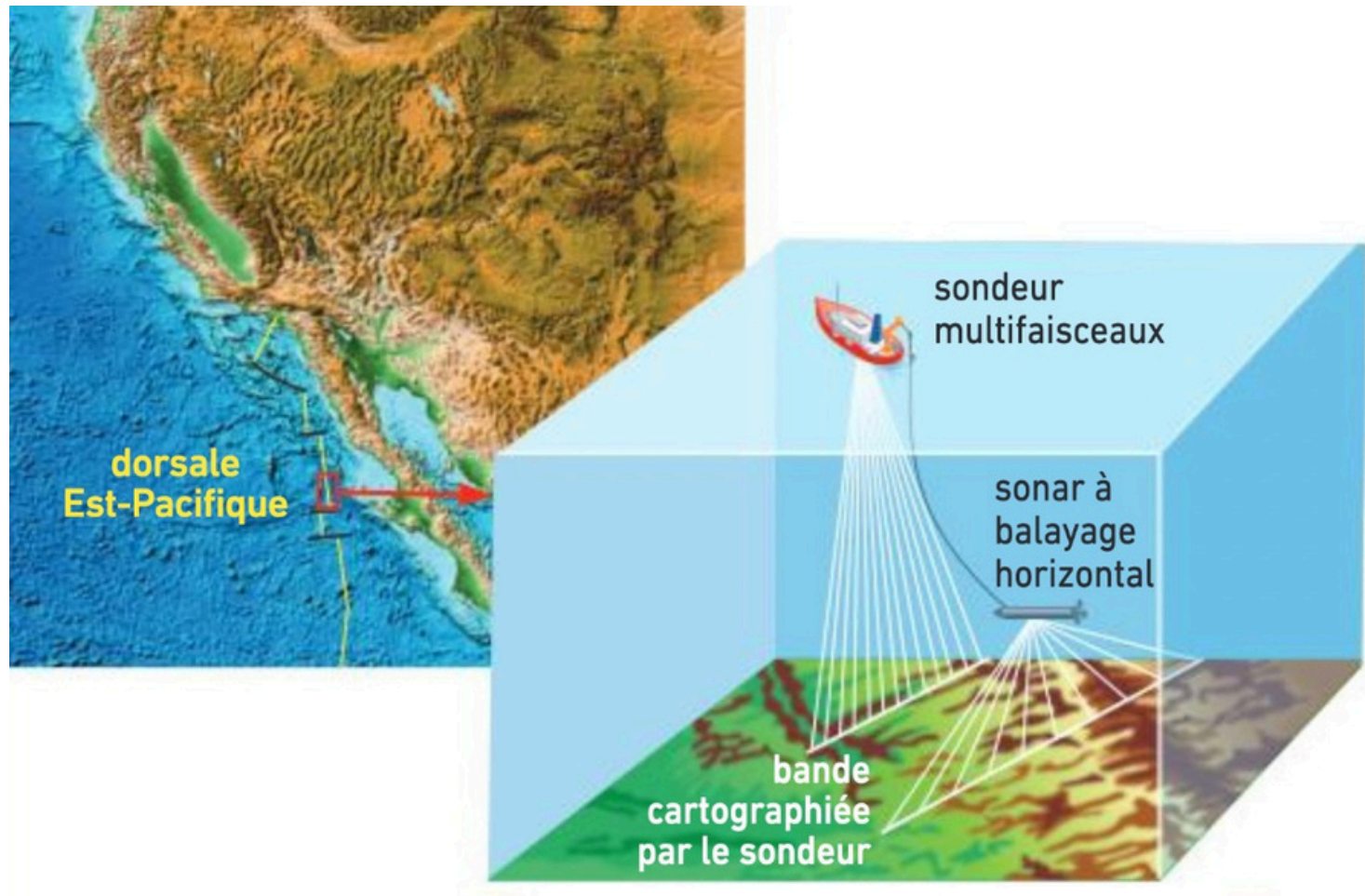
I. Les caractéristiques des zones de divergence océanique

→ A) La morphologie des dorsales océaniques

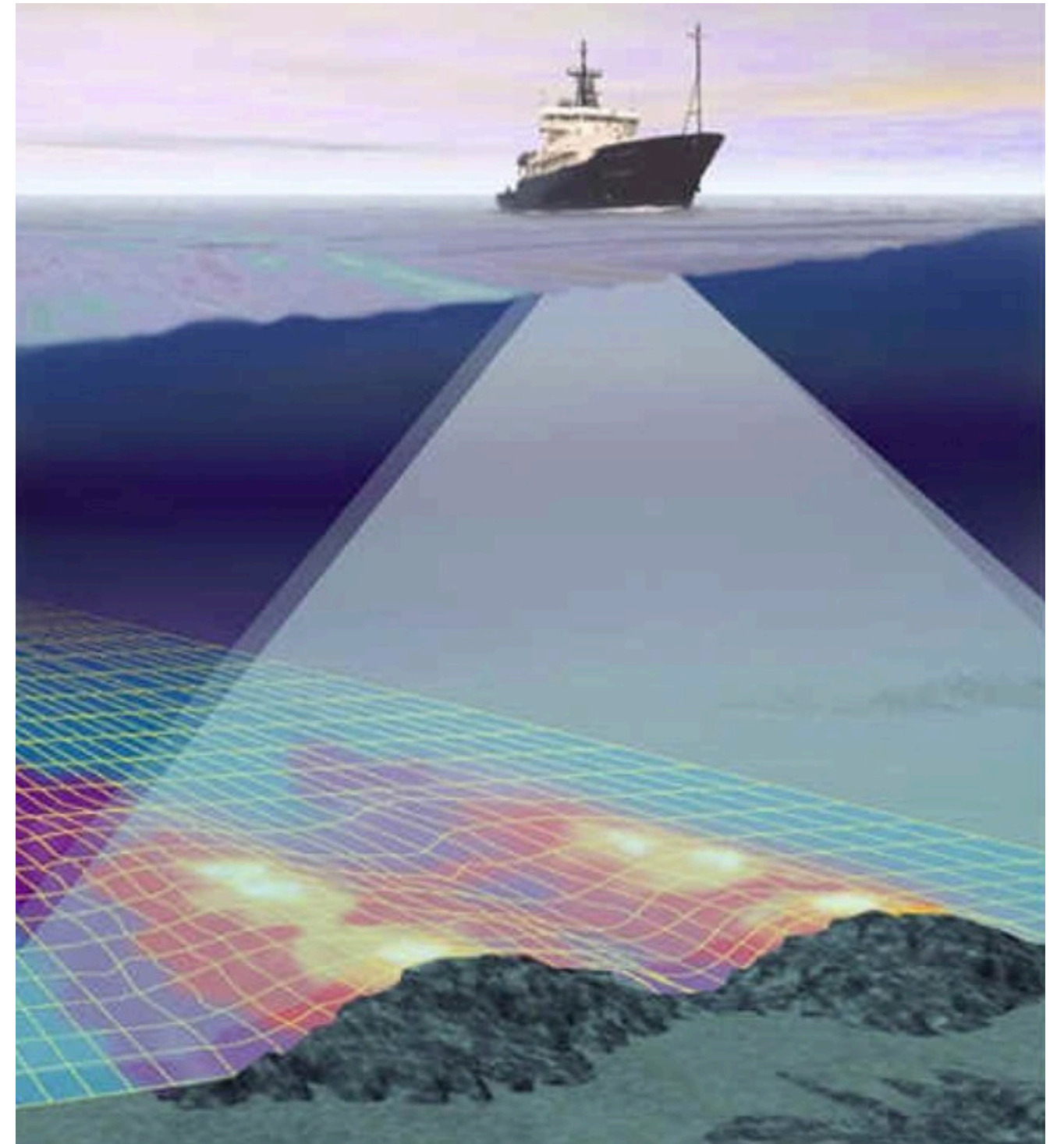


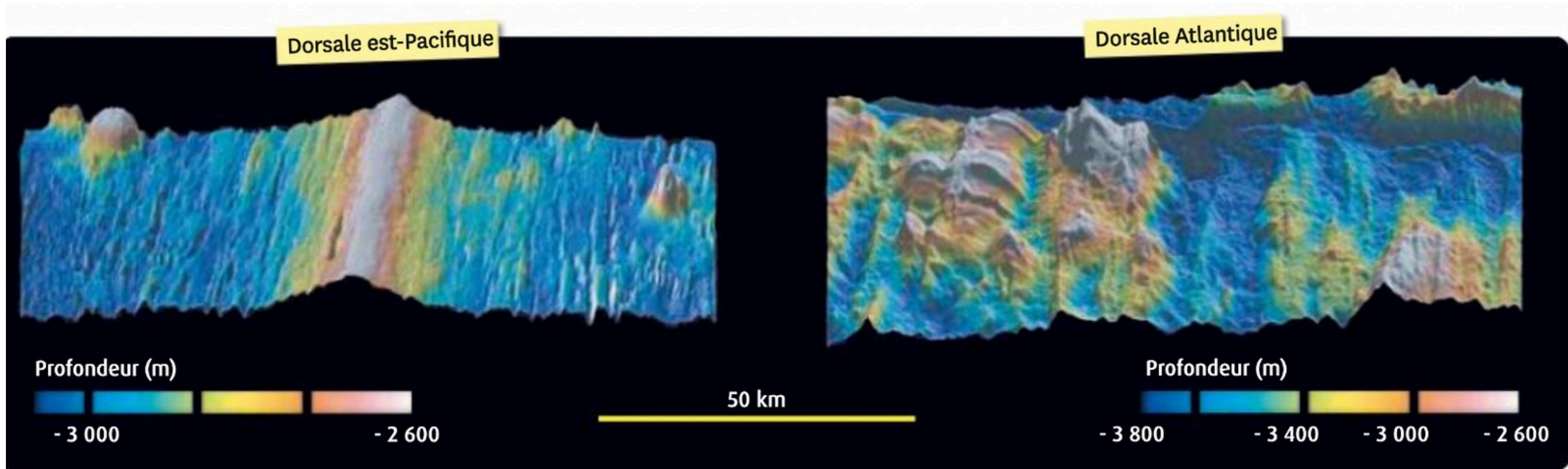


Vitesse de divergence des plaques lithosphériques au niveau de la dorsale Atlantique et de la dorsale Est-Pacifique

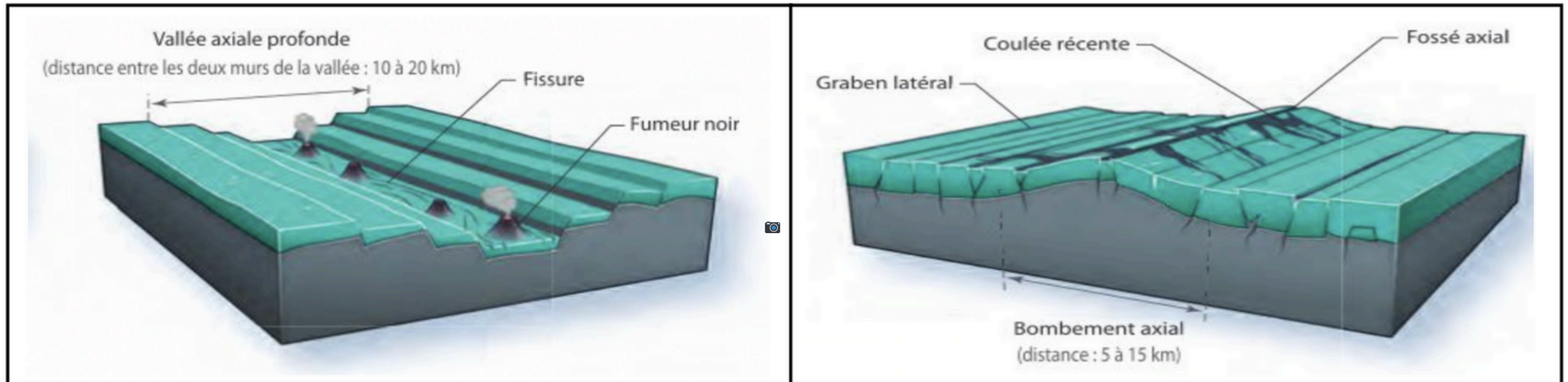


Cartographie des reliefs océaniques par les sondeurs multifaisceaux





Comparaison de la bathymétrie du plancher océanique au niveau de la dorsale Est-Pacifique et de la dorsale Médio-Atlantique



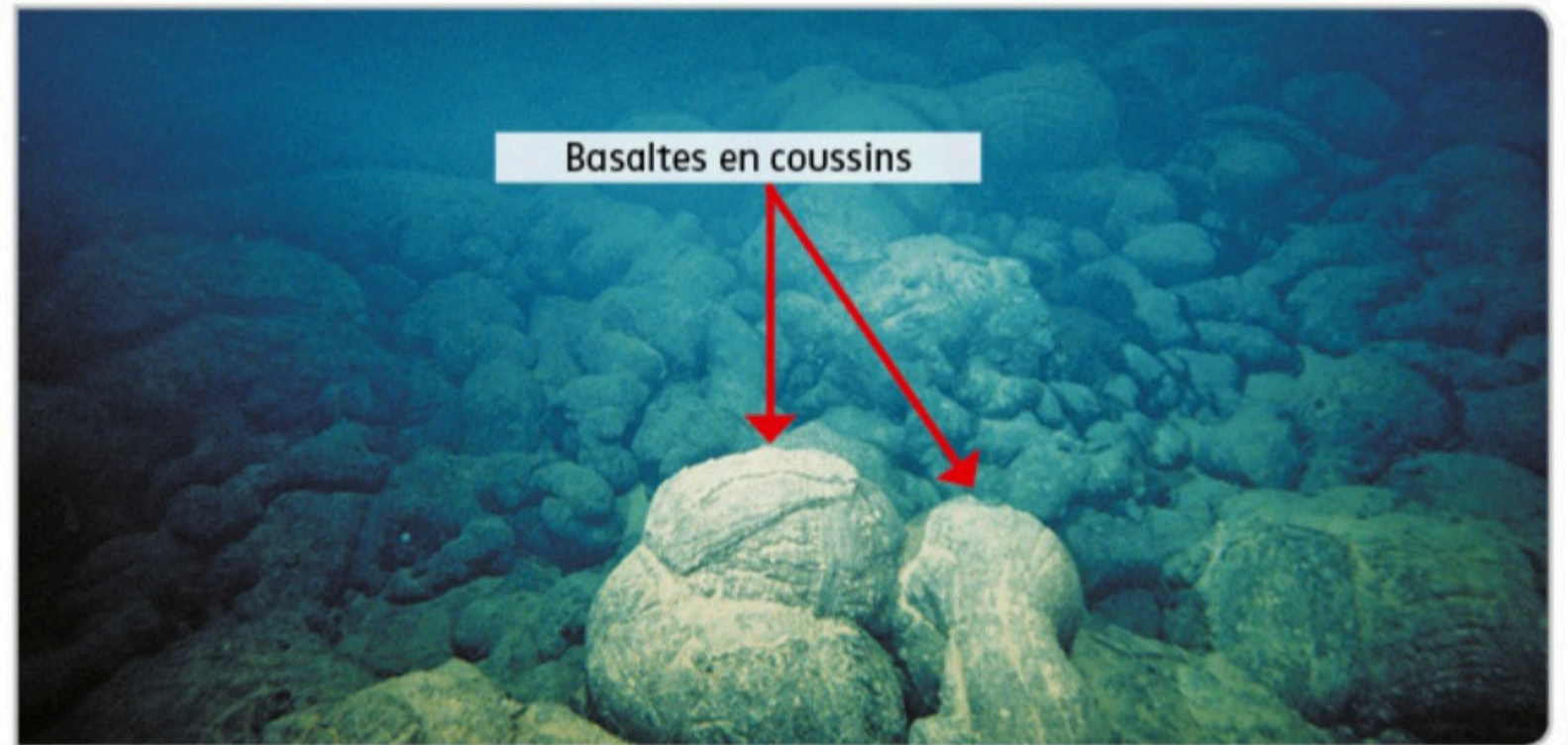
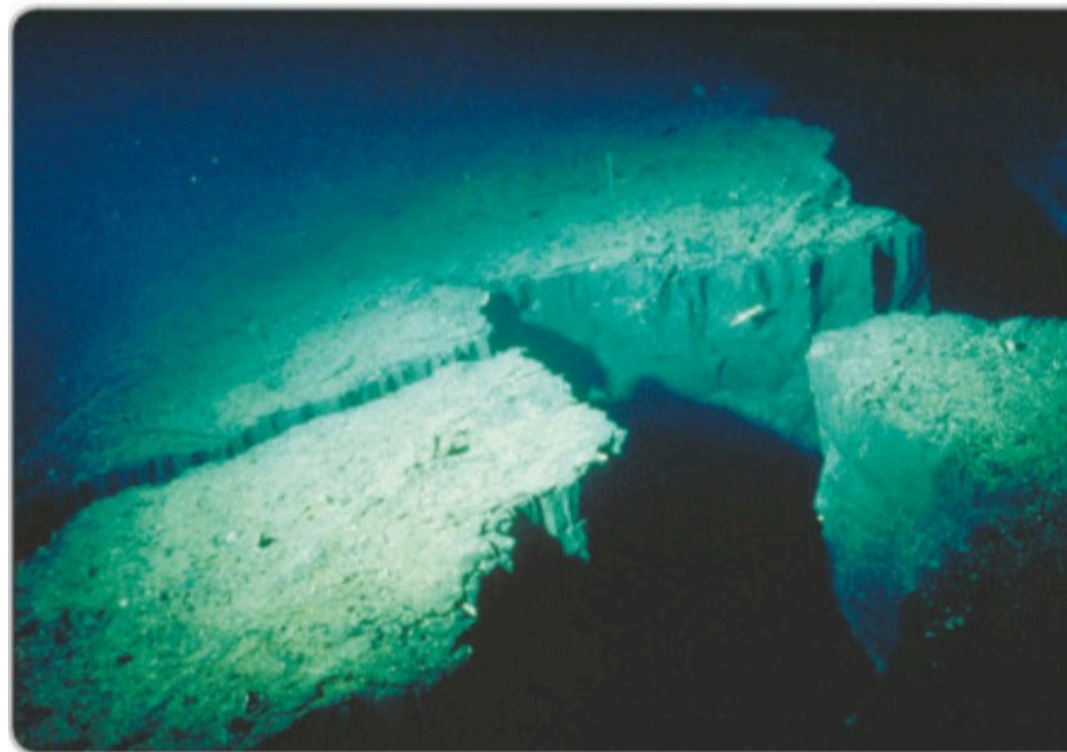
Document 1 : Morphologies des dorsales Atlantique (à gauche) et Est-Pacifique (à droite).

I. Les caractéristiques des zones de divergence océanique

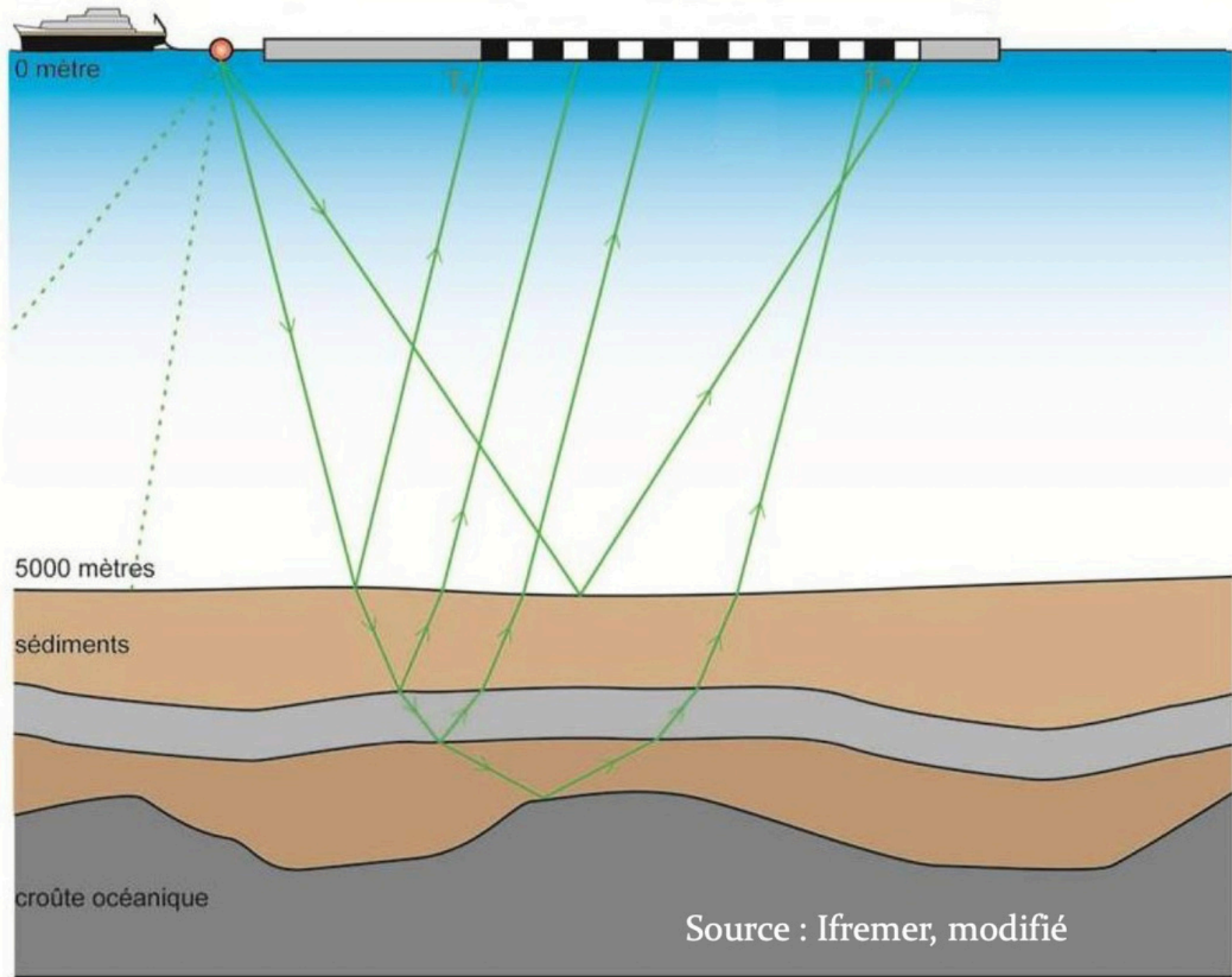
A) La morphologie des dorsales océaniques

→ B) La structure et la composition de la lithosphère océanique

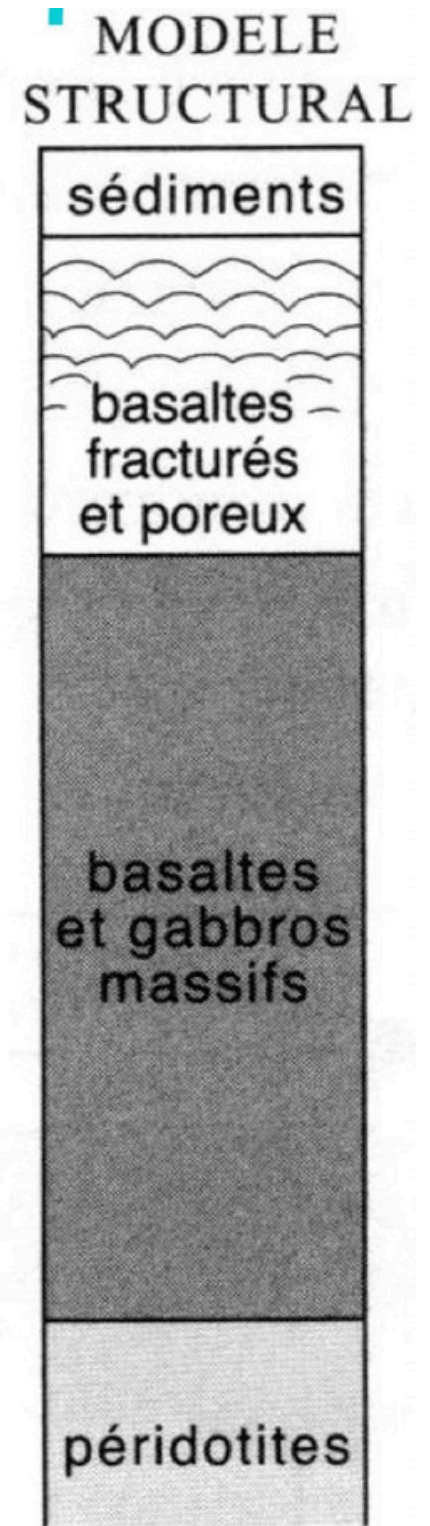
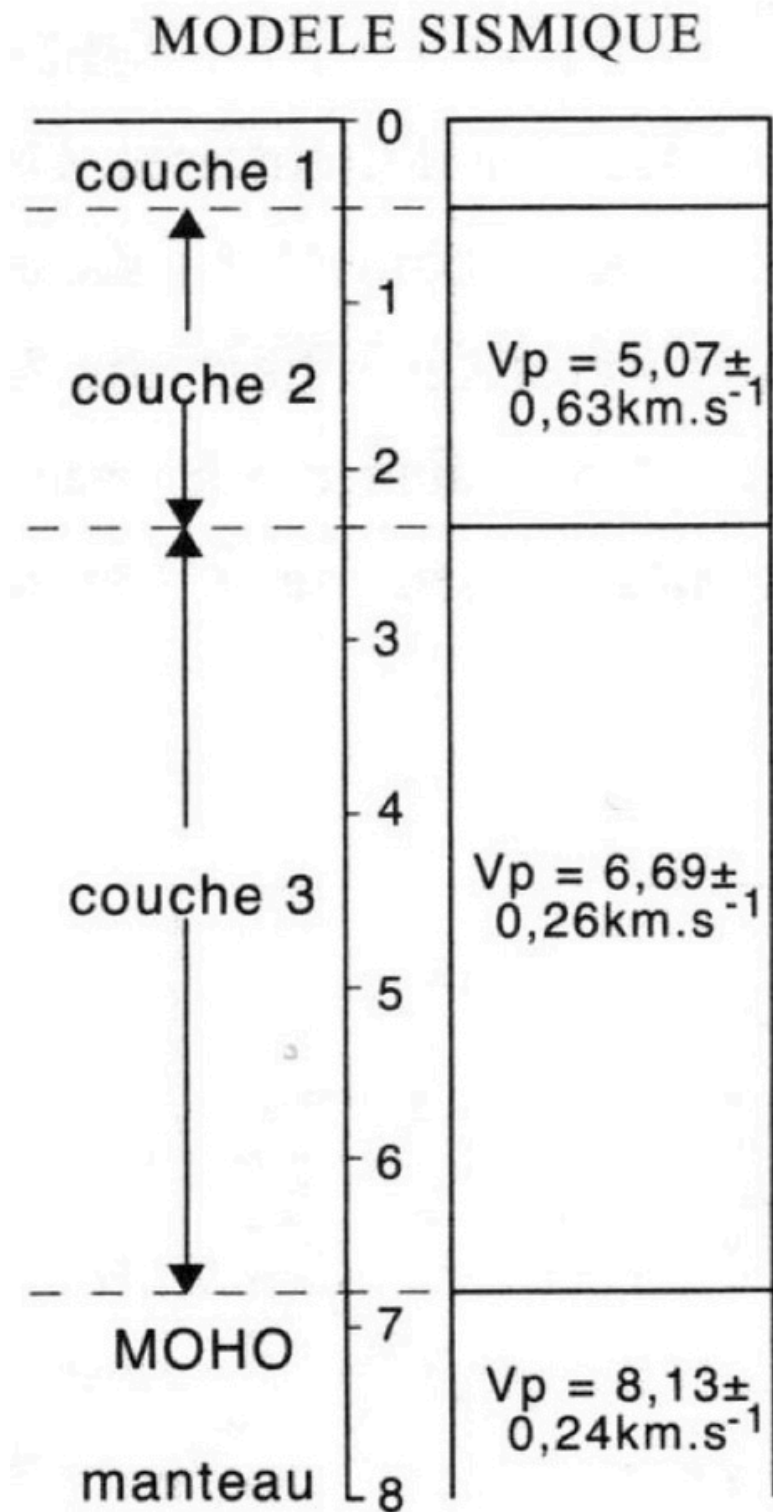




Photographies des fonds océaniques prise par un submersible



La sismique réflexion permet de déterminer la structure de la lithosphère océanique

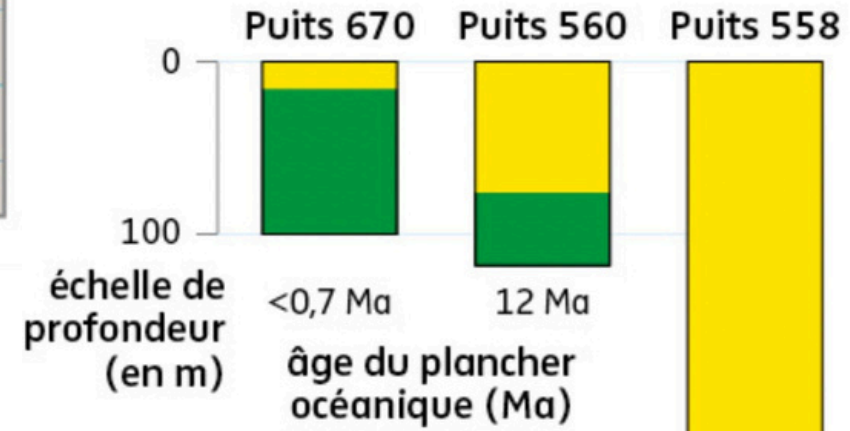
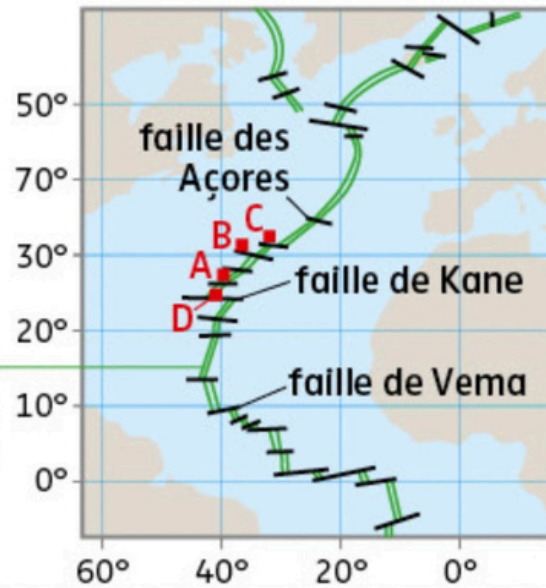




Légende

■ Site de carottage

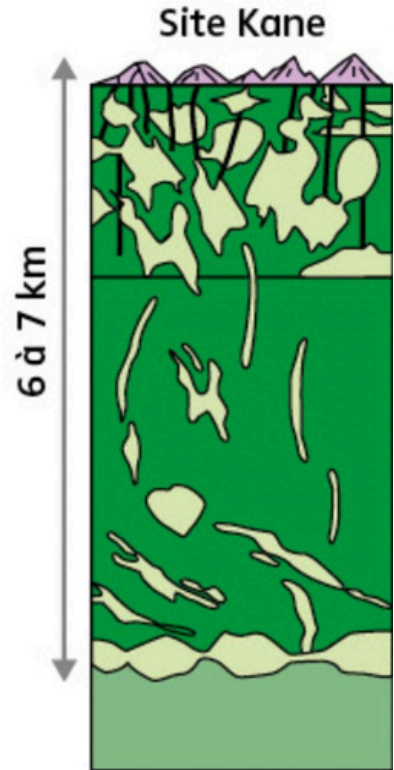
dorsale
médi
Atlantique



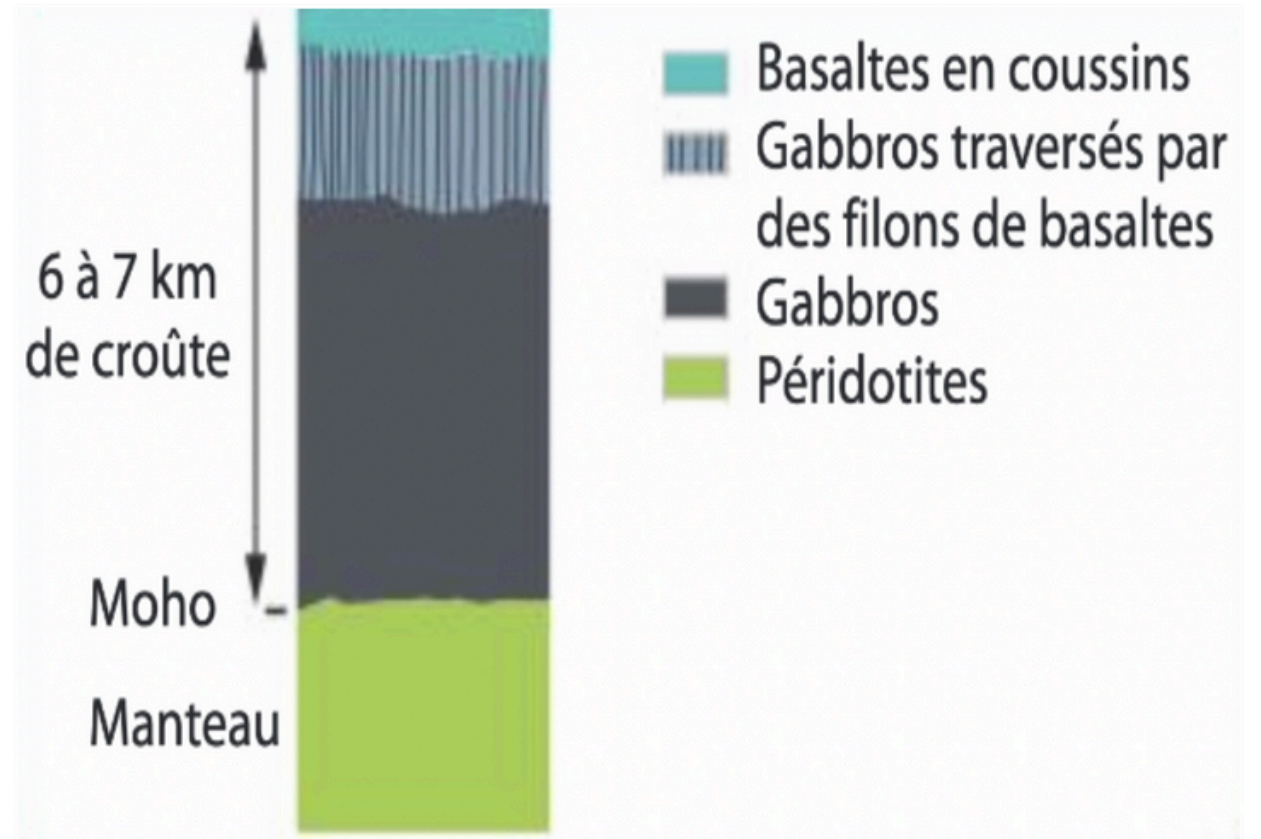
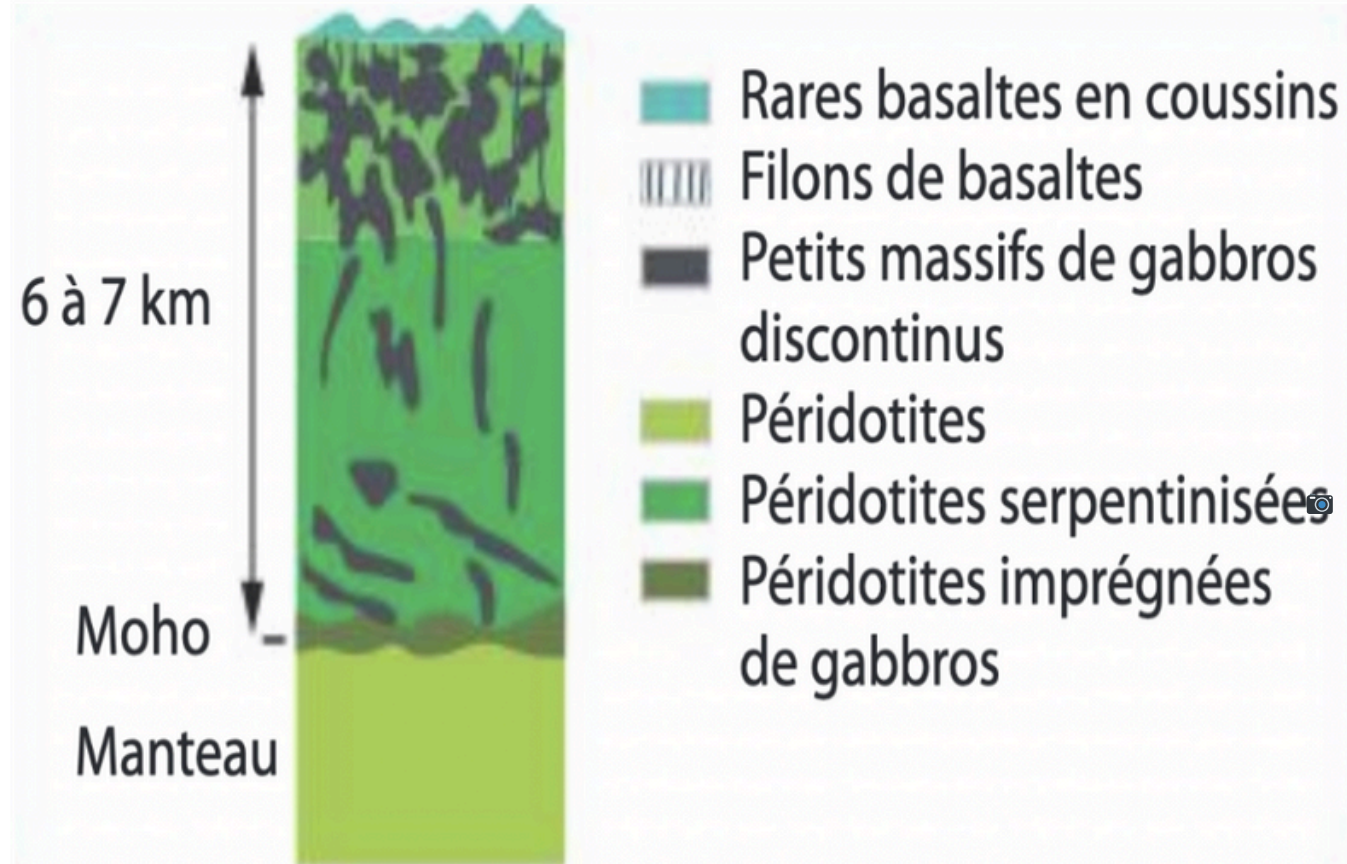
Légendes

- sédiment
- basaltes
- gabbros
- péridotite serpentinisée (serpentinite)
- péridotite

37 Ma



Forage océanique et structure de la lithosphère océanique au niveau de la faille de Véma (Océan Atlantique)



Document 2 : Structure et composition des dorsales Atlantique et Est-Pacifique.

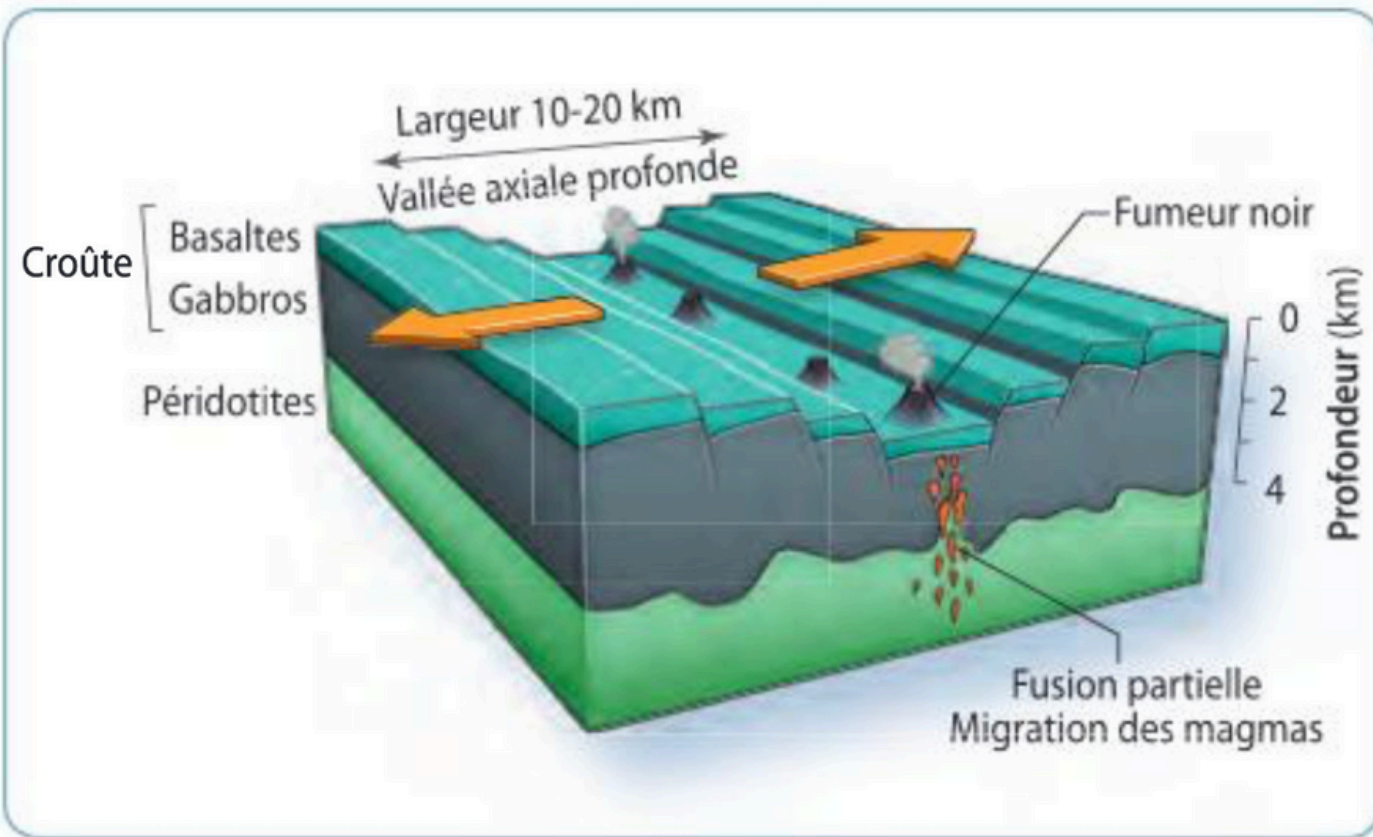
I. Les caractéristiques des zones de divergence océanique

A) La morphologie des dorsales océaniques

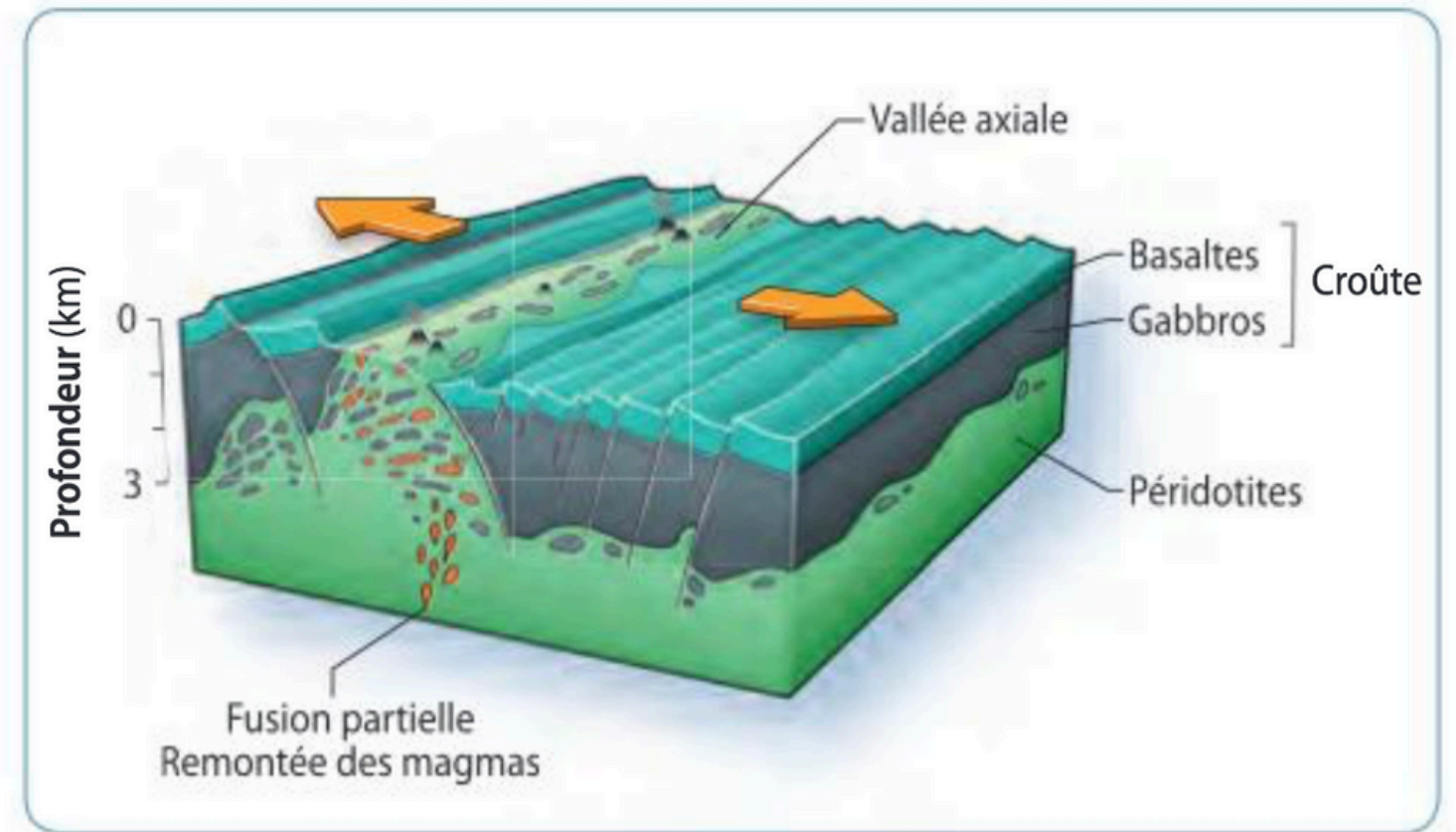
B) La structure et la composition de la lithosphère océanique

→ C) Les deux types de dorsales océaniques





a. Structure schématique d'une dorsale lente



b. Structure schématique d'une dorsale ultra-lente

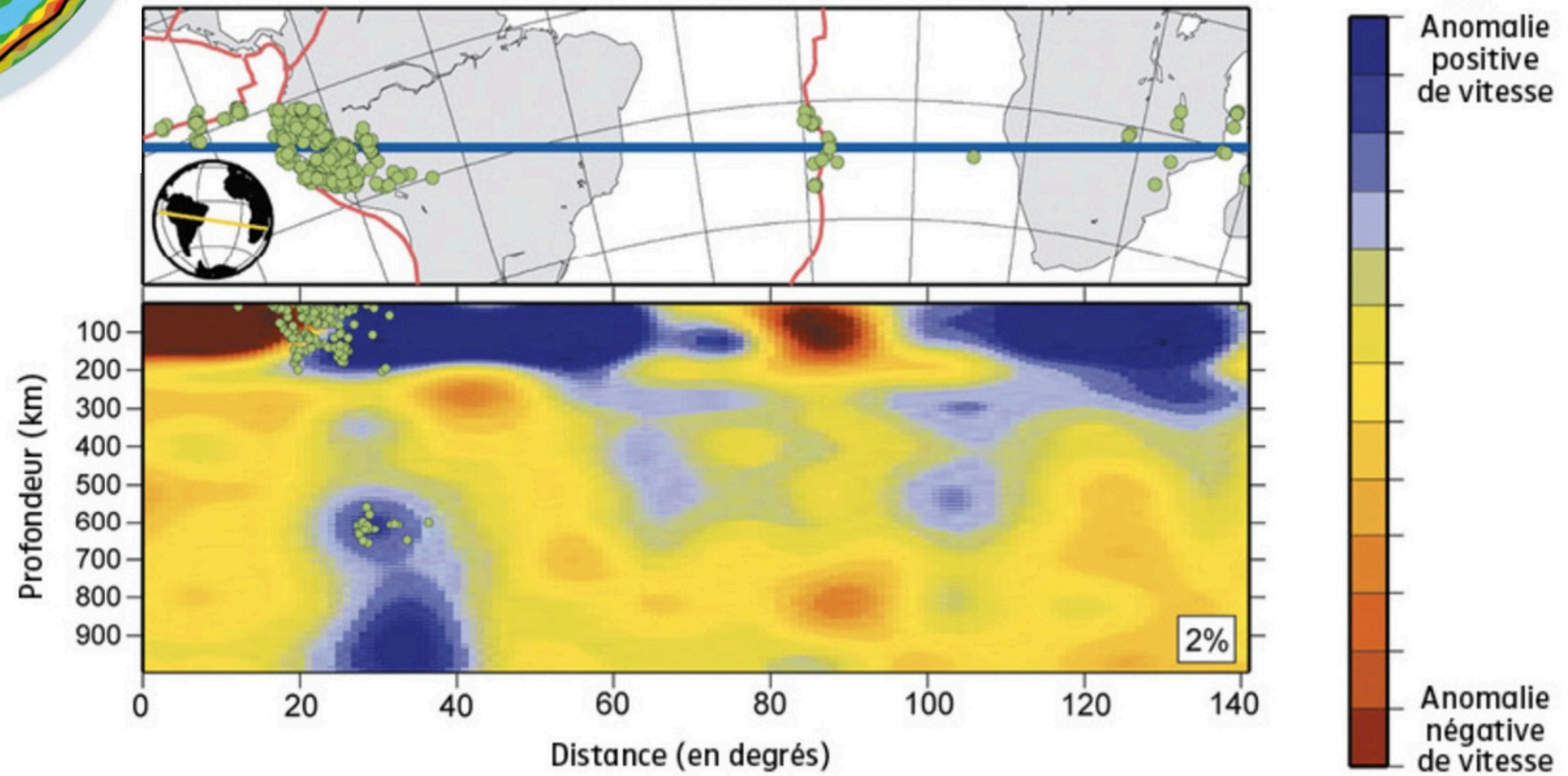
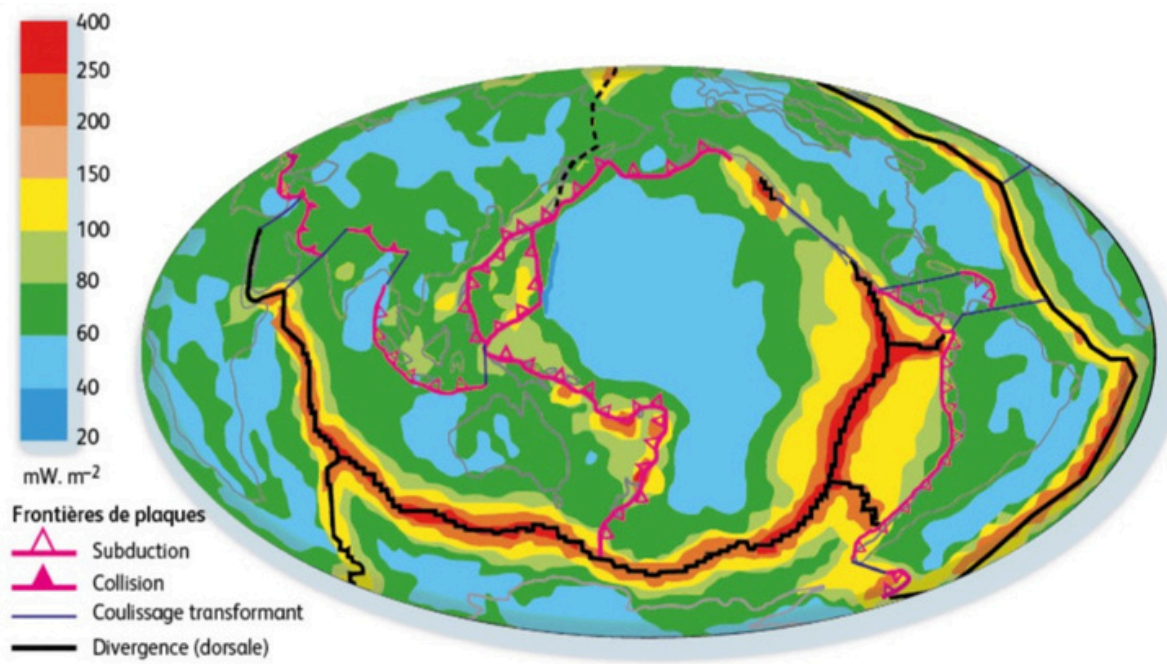


Bilan: Les dorsales sont des structures étroites de plusieurs kilomètres, formant un réseau long de 60 000 kilomètres, qui domine les plaines abyssales, en moyenne à 2500 mètres de profondeur. Elles sont caractérisées par une forte activité tectonique (failles normales dues à l'extension provoquée par la divergence) et magmatique (production de basaltes et de gabbros). D'autre part, l'étude des dorsales a permis de montrer qu'il existe 2 types : Les dorsales lentes (Atlantique avec une expansion de 2 à 4 cm/an) ont un profil central creux (rift océanique) et le manteau lithosphérique affleure (présent en surface), il n'y a Saisir quelque chose presque pas de croûte océanique formée. Les dorsales rapides (Pacifique avec une expansion de 6 à 10 cm/an voire plus) ont un profil central bombé au niveau duquel on trouve surtout des roches de la croûte océanique comme les basaltes et les gabbros en surface et du manteau lithosphérique en profondeur.

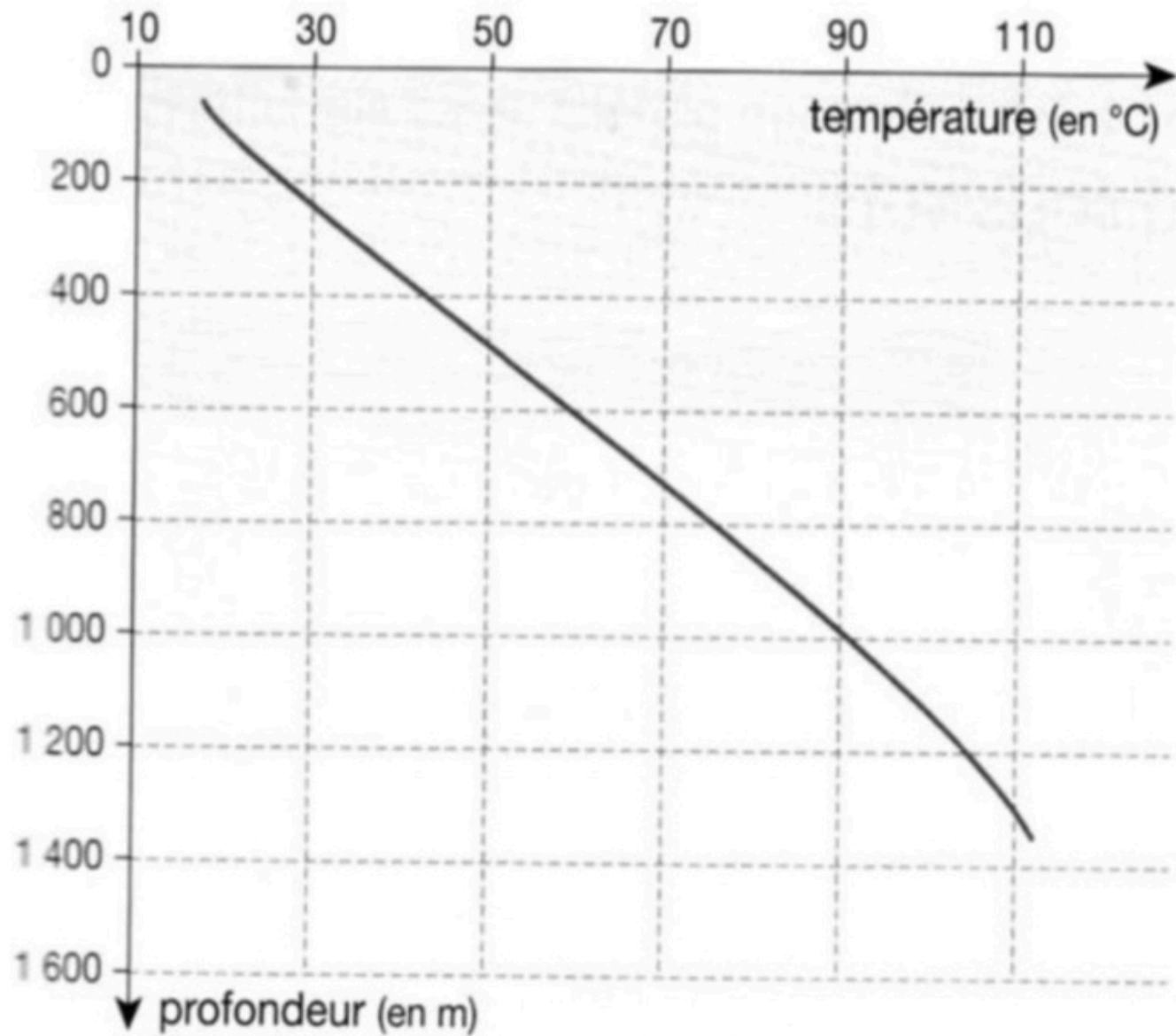
II. Le fonctionnement des zones de divergence océanique

- A) La remontée du manteau asténosphérique à l'origine de la fusion partielle du manteau lithosphérique

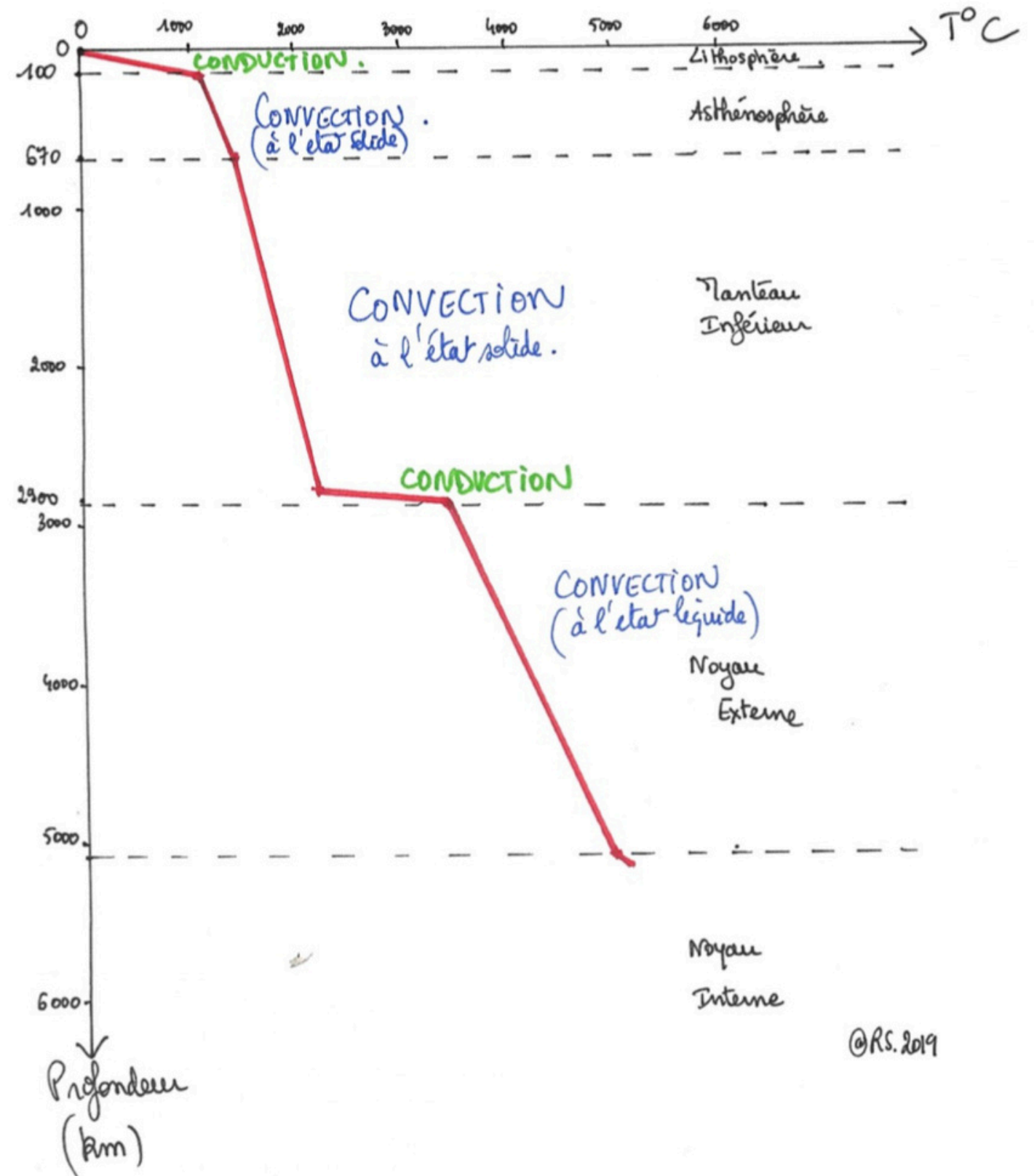


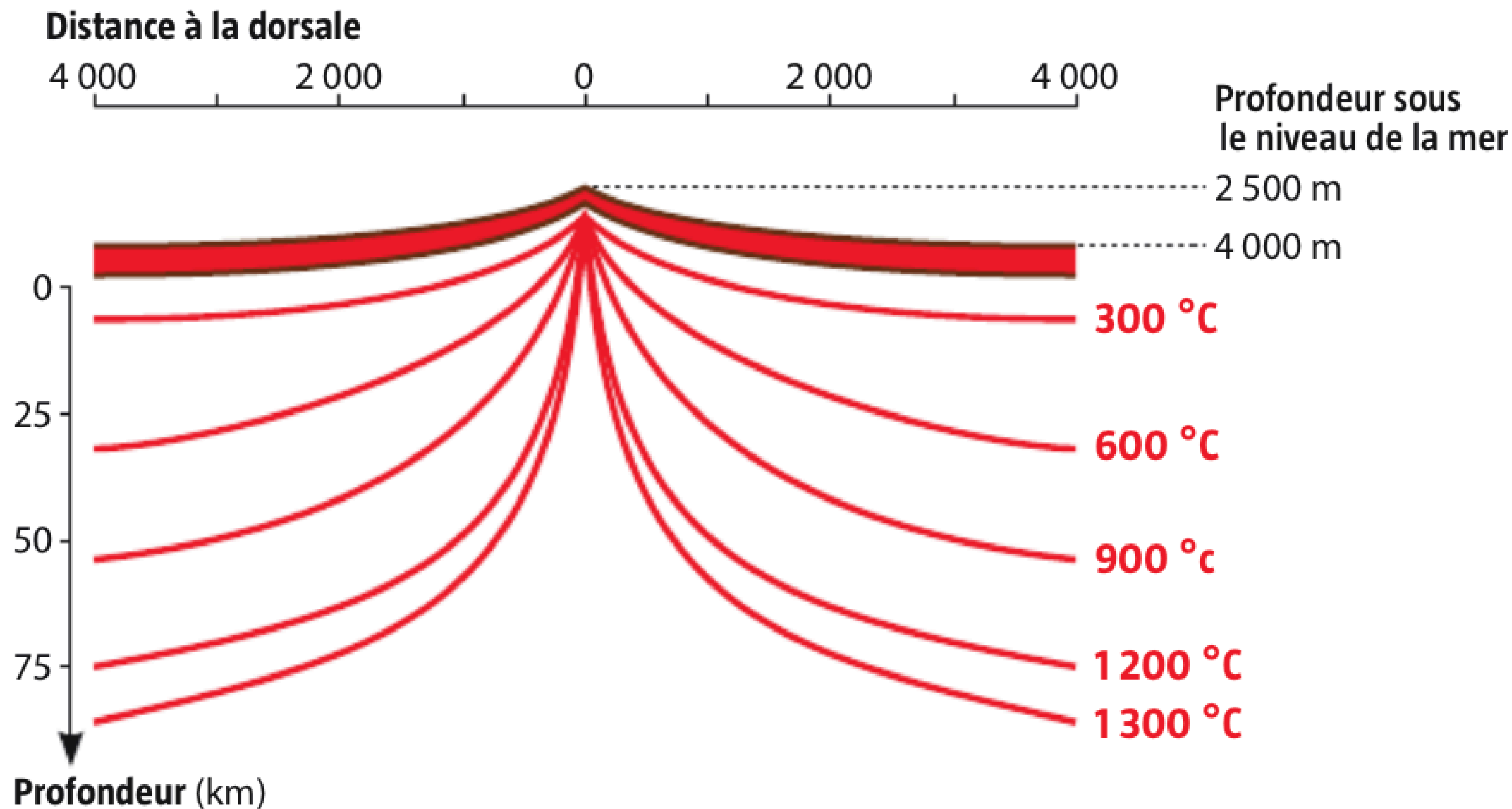


Tomographie sismique à l'aplomb de la dorsale Atlantique Sud entre 0 à 1000 km de profondeur



Le géotherme de la Terre





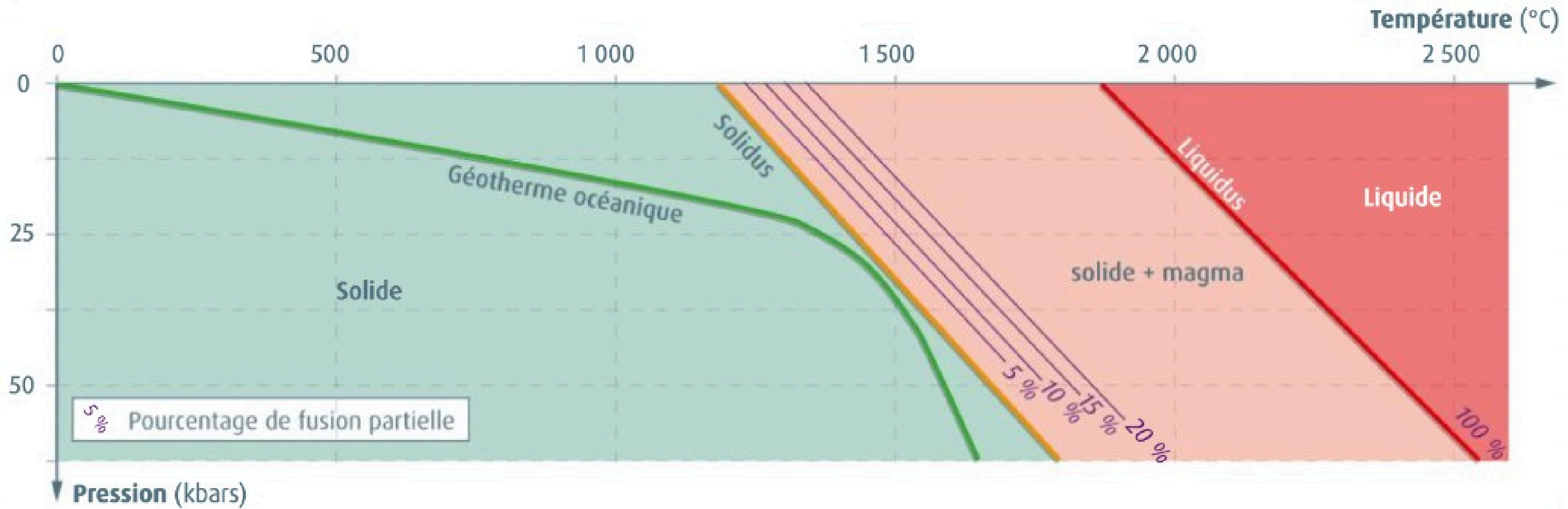
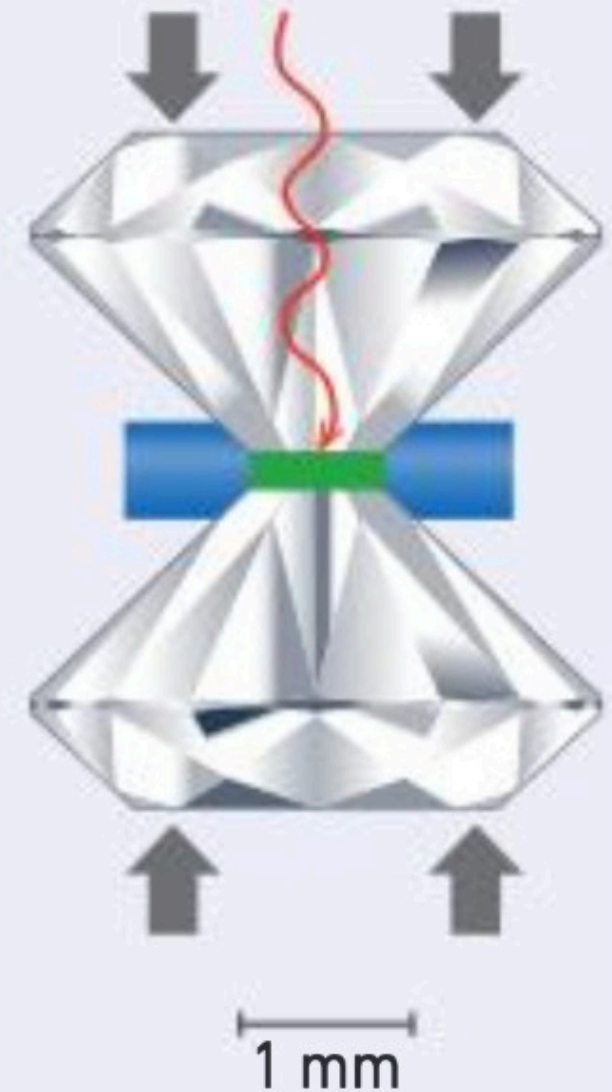
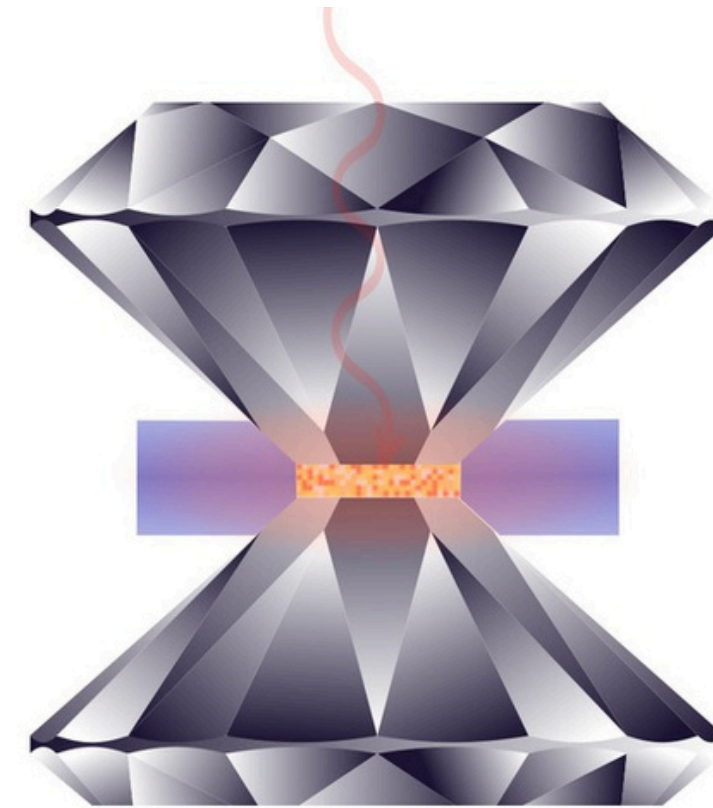


Diagramme de phase d'une péridotite lithosphérique au niveau océanique (en dehors des zones de dorsale)

Le schéma ci-contre représente une presse « à enclumes de diamant ». Cet appareil permet de soumettre une roche à des températures et des pressions telles qu'elles existent dans les profondeurs de la Terre, et d'observer son état (solide, liquide, ou partiellement fondu). L'échantillon (**en vert**) est réduit en poudre, puis placé entre deux diamants dans un joint métallique (**en bleu**). Un dispositif rapproche les deux diamants (flèches noires) pour régler la pression. L'échantillon est chauffé par un faisceau laser qui traverse les diamants (**en rouge**).



Presse à enclumes de diamant

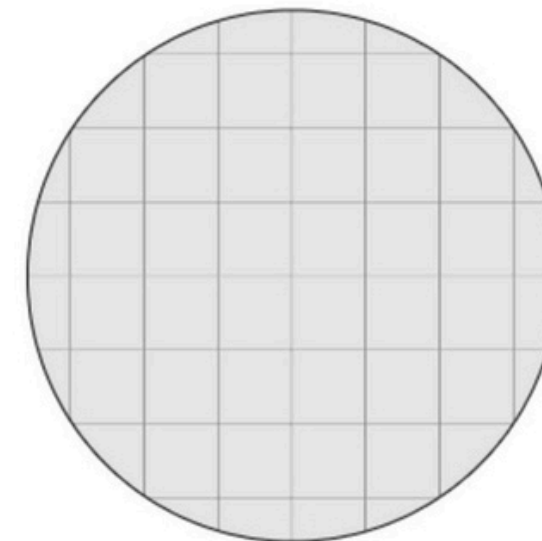


Réglages de la presse :

Température=1334 °C

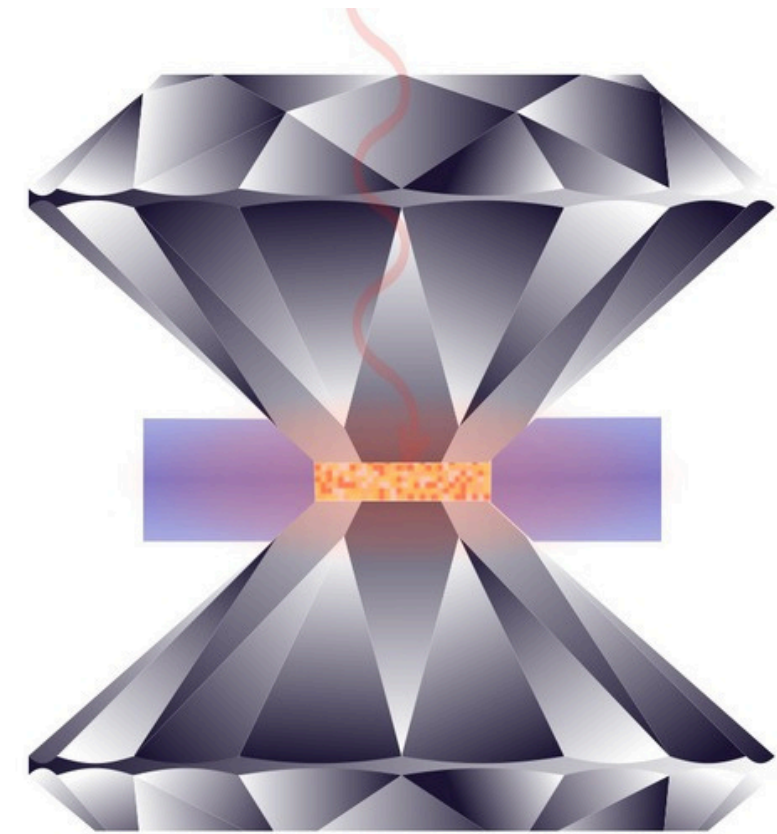
Pression=5.3 GPa (équivalent à une profondeur de 152 km)

Etat : solide



Presse à enclumes de diamant reproduisant les conditions de P/t au niveau de la lithosphère

La taille et la forme des cristaux ne correspond pas à la réalité. Seule les proportions des phases liquides (en noir) et solides (en blanc) sont significatives.



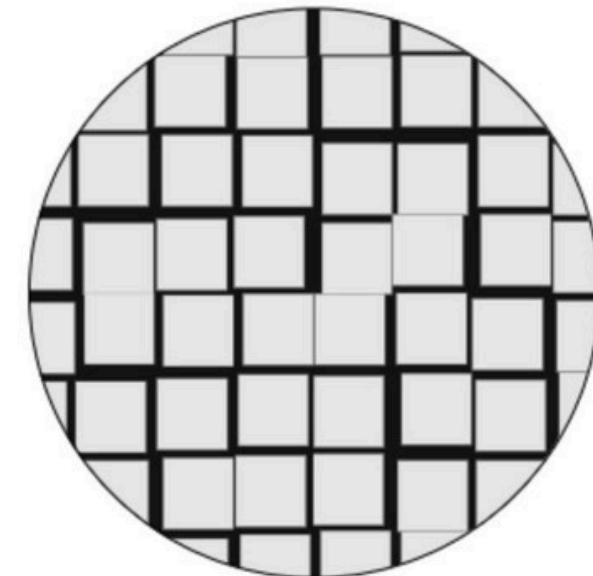
Réglages de la presse :

Température=1337 °C

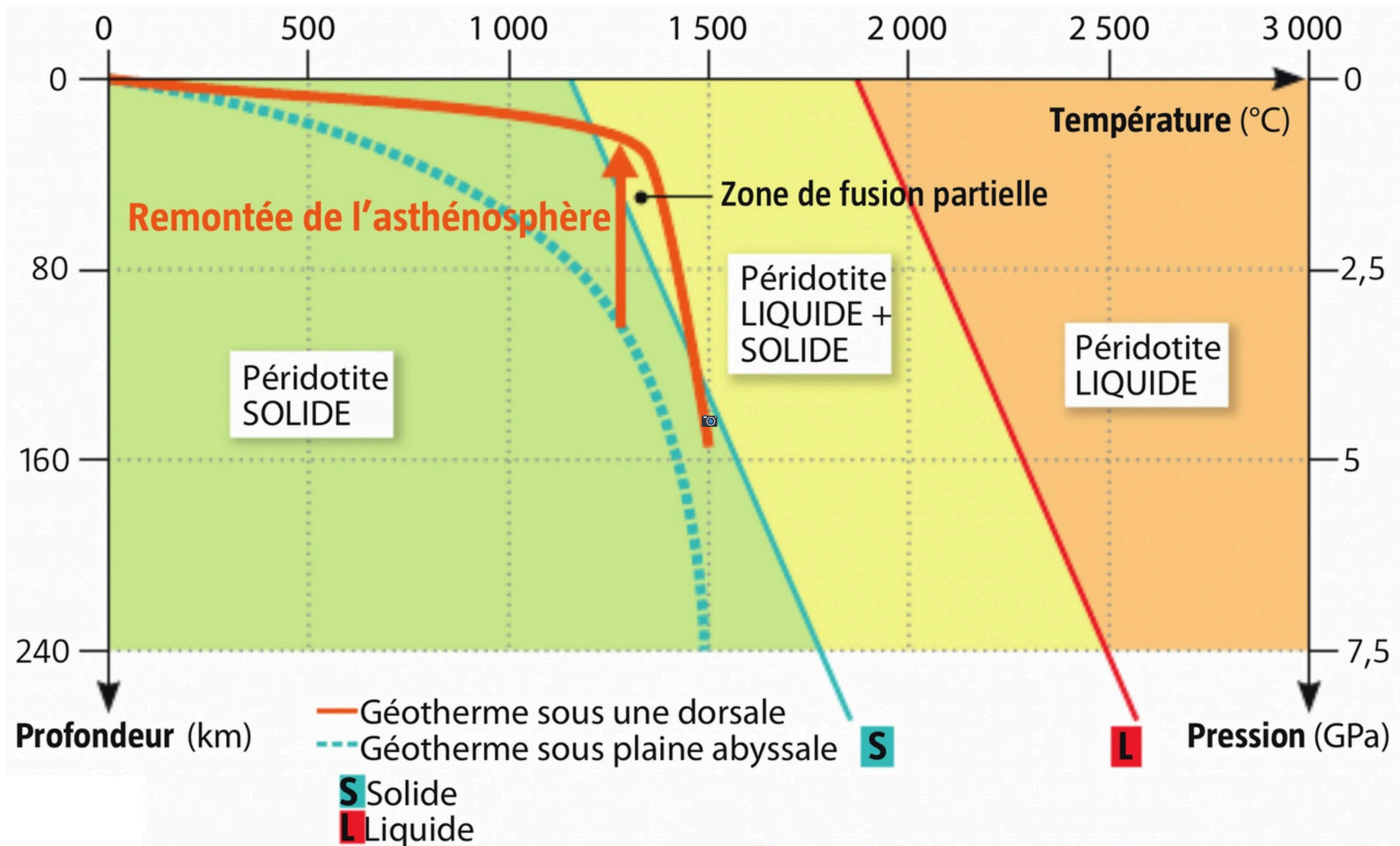
Pression=0.7 GPa (équivalent à une profondeur de 20 km)

Etat : liquide+solide (taux de fusion = 22%)

*Presse à enclumes de diamant en **diminuant**
la pression*



*La taille et la forme des cristaux ne correspond pas à la réalité.
Seule les proportions des phases liquides (en noir) et solides (en blanc) sont significatives.*



Profondeur
(km)

0

50

100

1300 °C

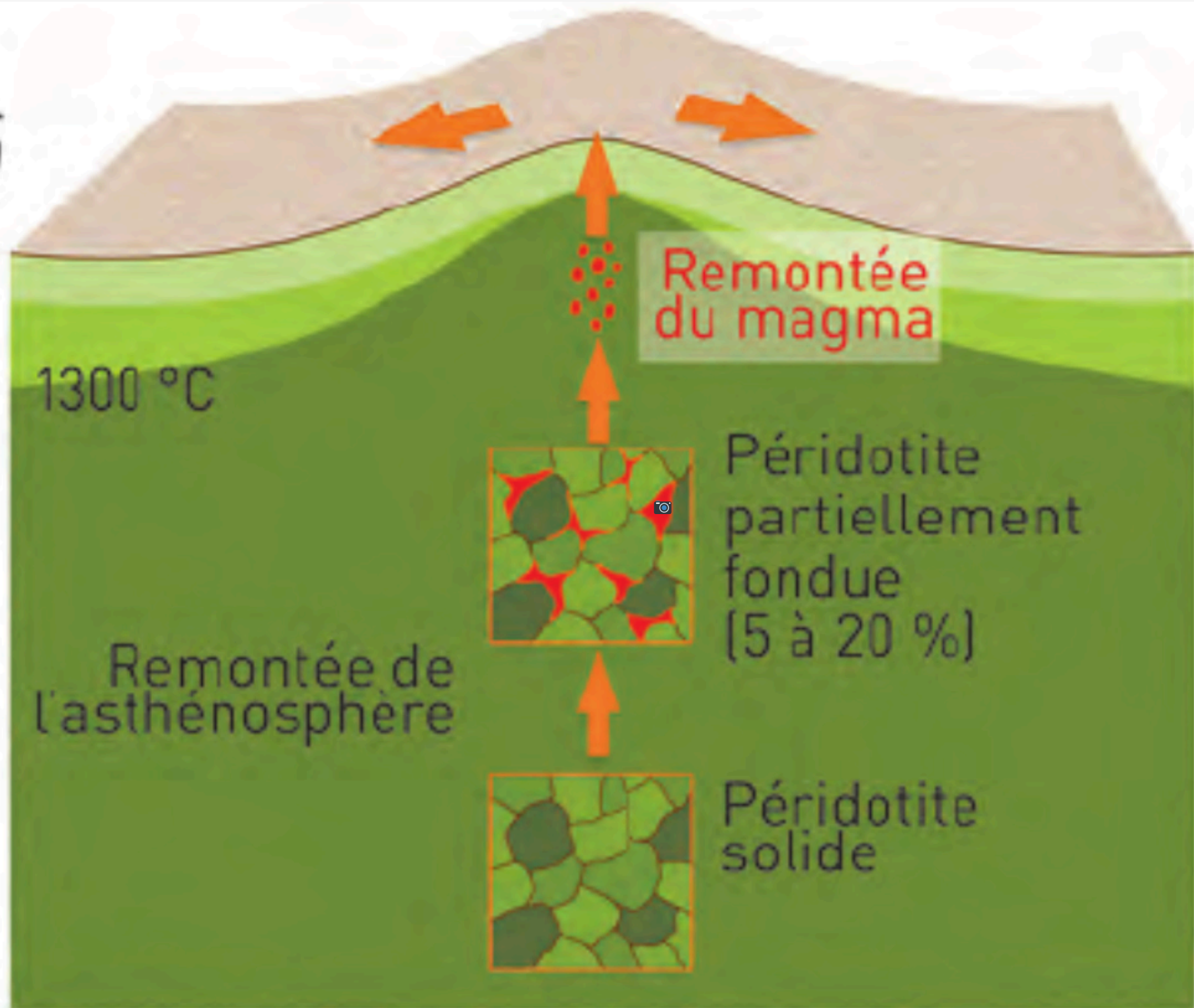
Remontée de
l'asthénosphère

Remontée
du magma

Péridotite
partiellement
fondue
(5 à 20 %)

Péridotite
solide

Croûte
océanique
Manteau
lithosphérique



Composition chimique	Péridotite utilisée lors de l'expérience	Pourcentage de fusion de la péridotite						Basalte de la dorsale	Péridotite appauvrie
		5 %	10 %	20 %	25 %	30 %	40 %		
SiO ₂	44,9	47	48	48,6	50,1	50,5	51,6	48	42,3
Al ₂ O ₃	3,2	15,7	13,2	12,8	11,8	10,5	7,8	14,3	0,5
Fe ₂ O ₃	8,6	13,9	12,1	8,9	8,3	8,9	8,4	11	7,1
MgO	40	10,4	12	15,4	18,8	19,2	23,9	12	49,6
CaO	3	9,2	12,6	13,2	10,1	9,9	7,4	12	0,1
Na ₂ O	0,2	2,6	1,5	1,1	0,8	0,9	0,8	2,2	0,1
K ₂ O	0,1	1,2	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,005

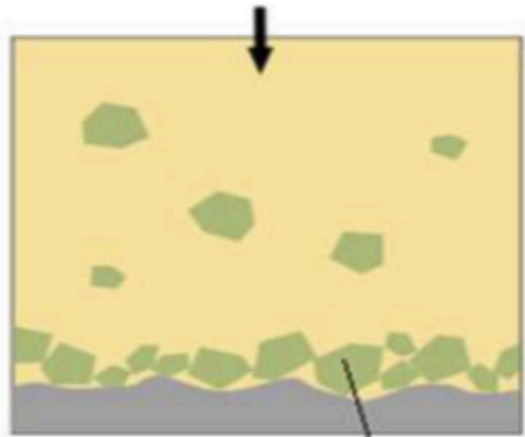
II. Le fonctionnement des zones de divergence océanique

A) La remontée du manteau asténosphérique à l'origine de la fusion partielle du manteau lithosphérique

→ B) La cristallisation fractionnée du magma permettant la formation de la croûte océanique

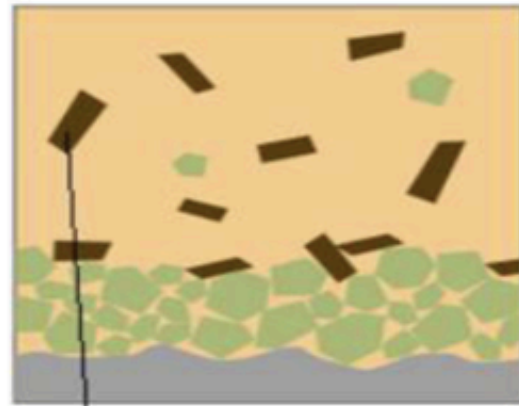


Magma résultant de la fusion partielle des péridotites mantelliques



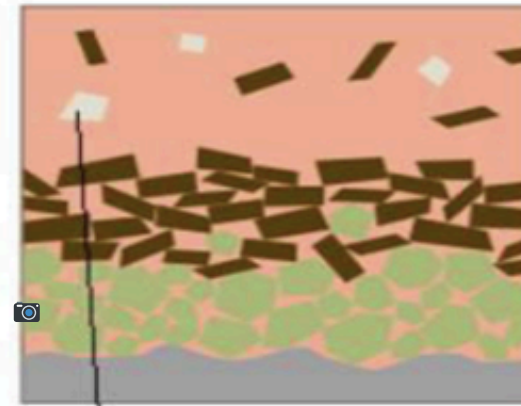
1

olivine



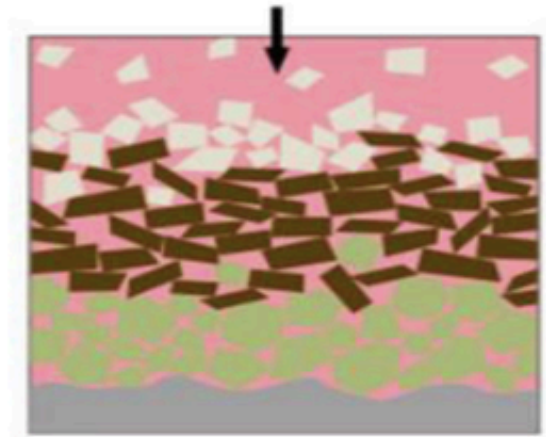
2

pyroxène



3

plagioclase calcique



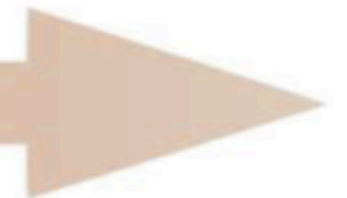
4

Liquide résiduel de plus en plus riche en silice

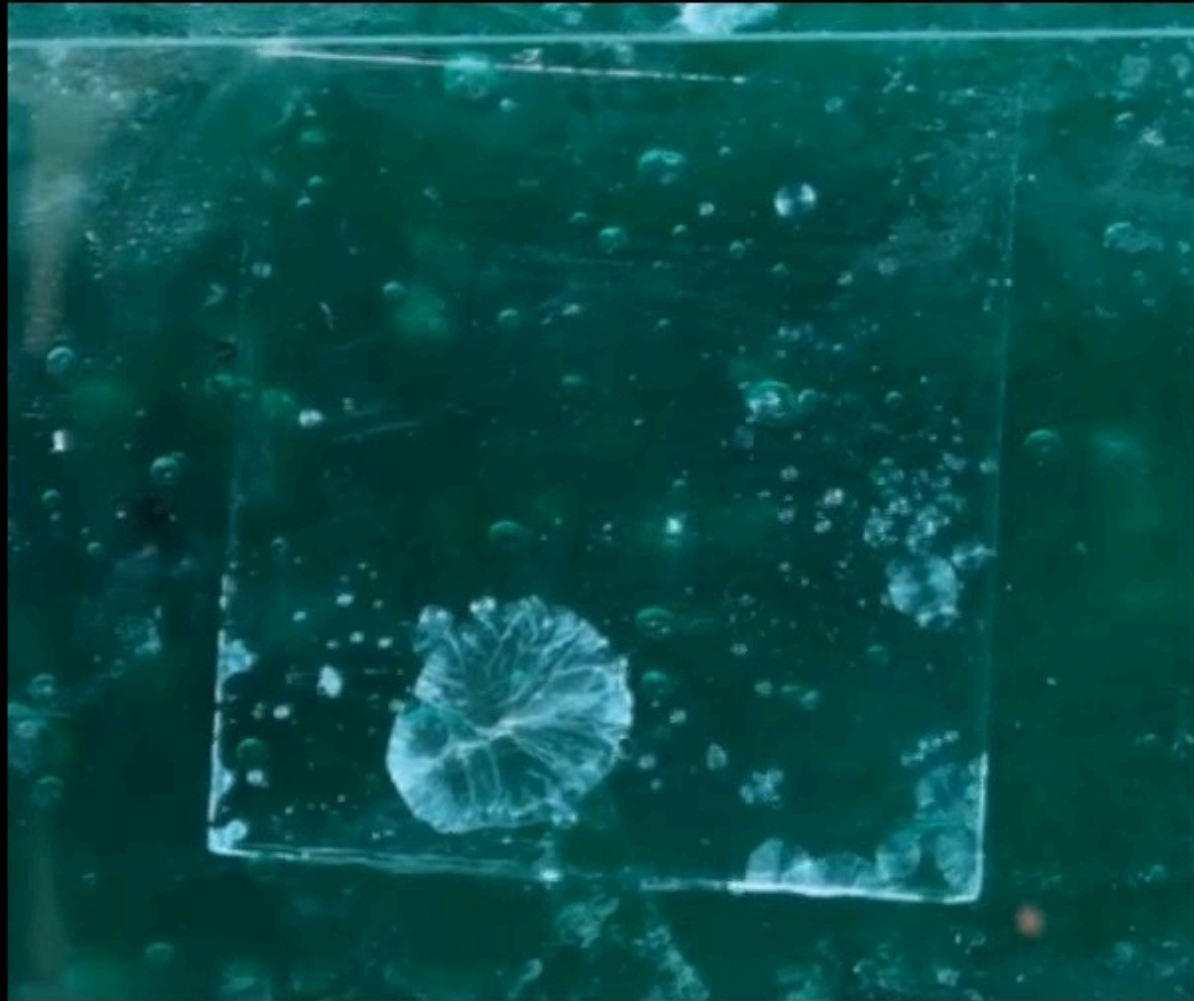
1200°C

600°C

Refroidissement



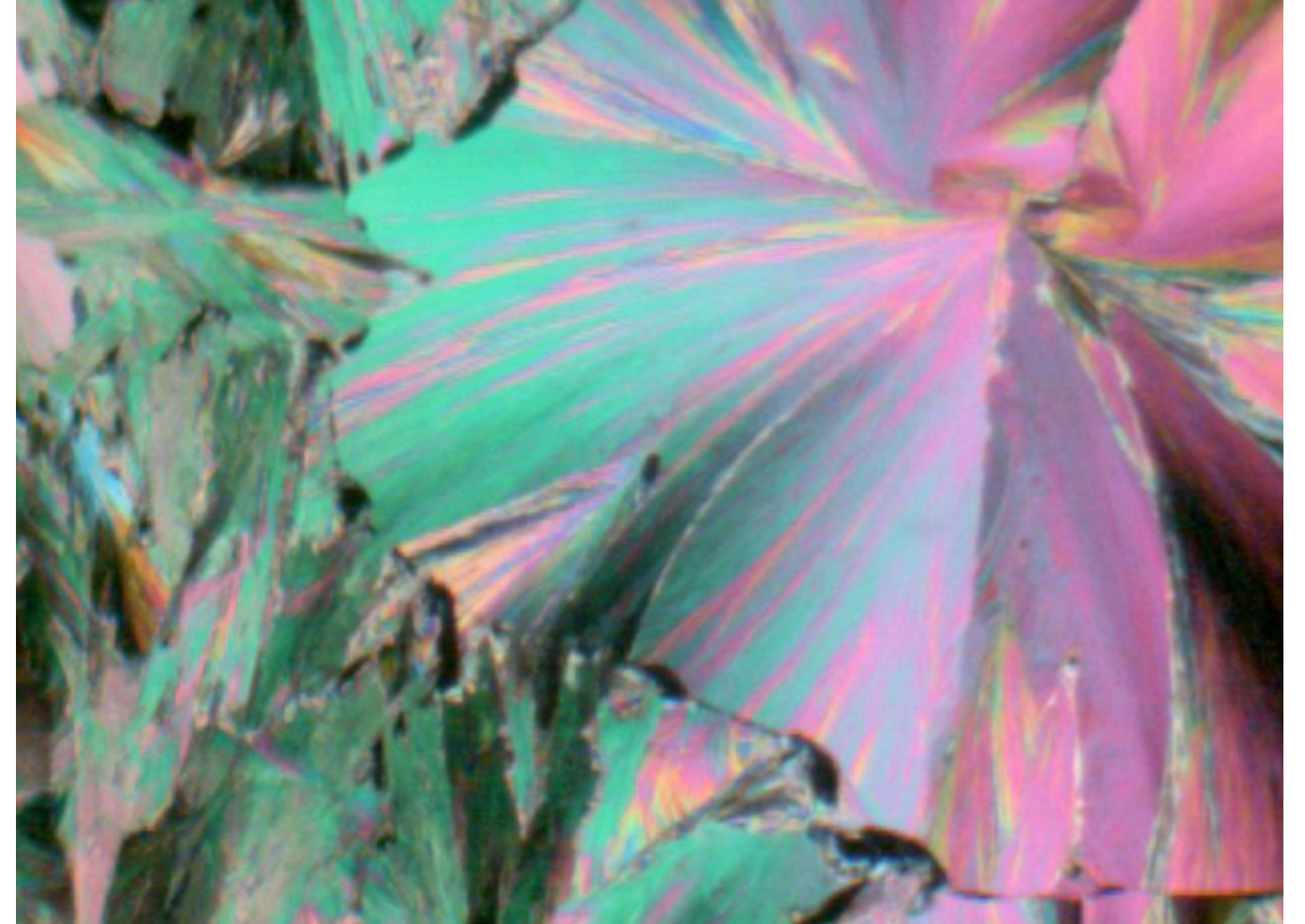
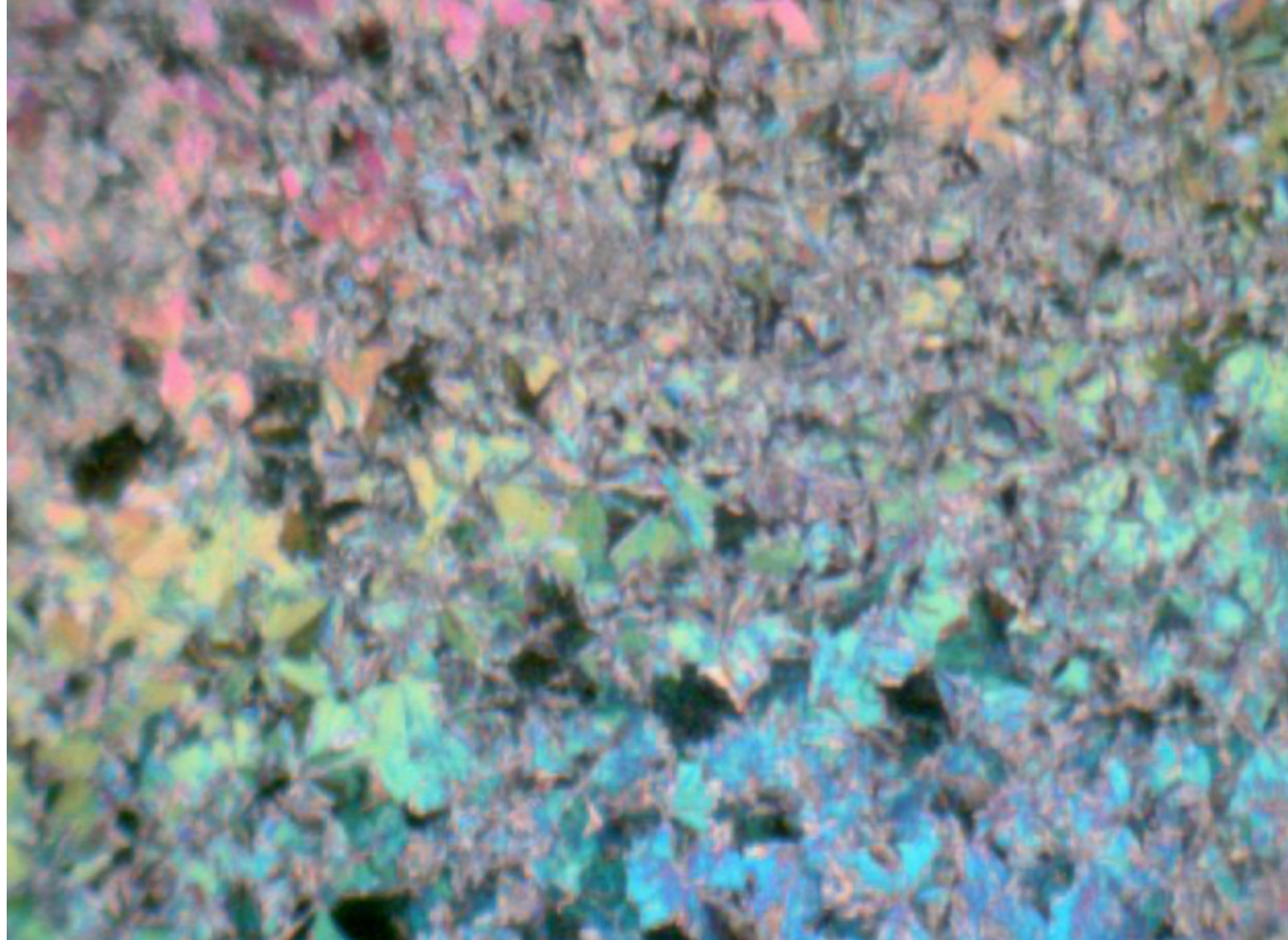
Lame posée sur un bac à glaçons



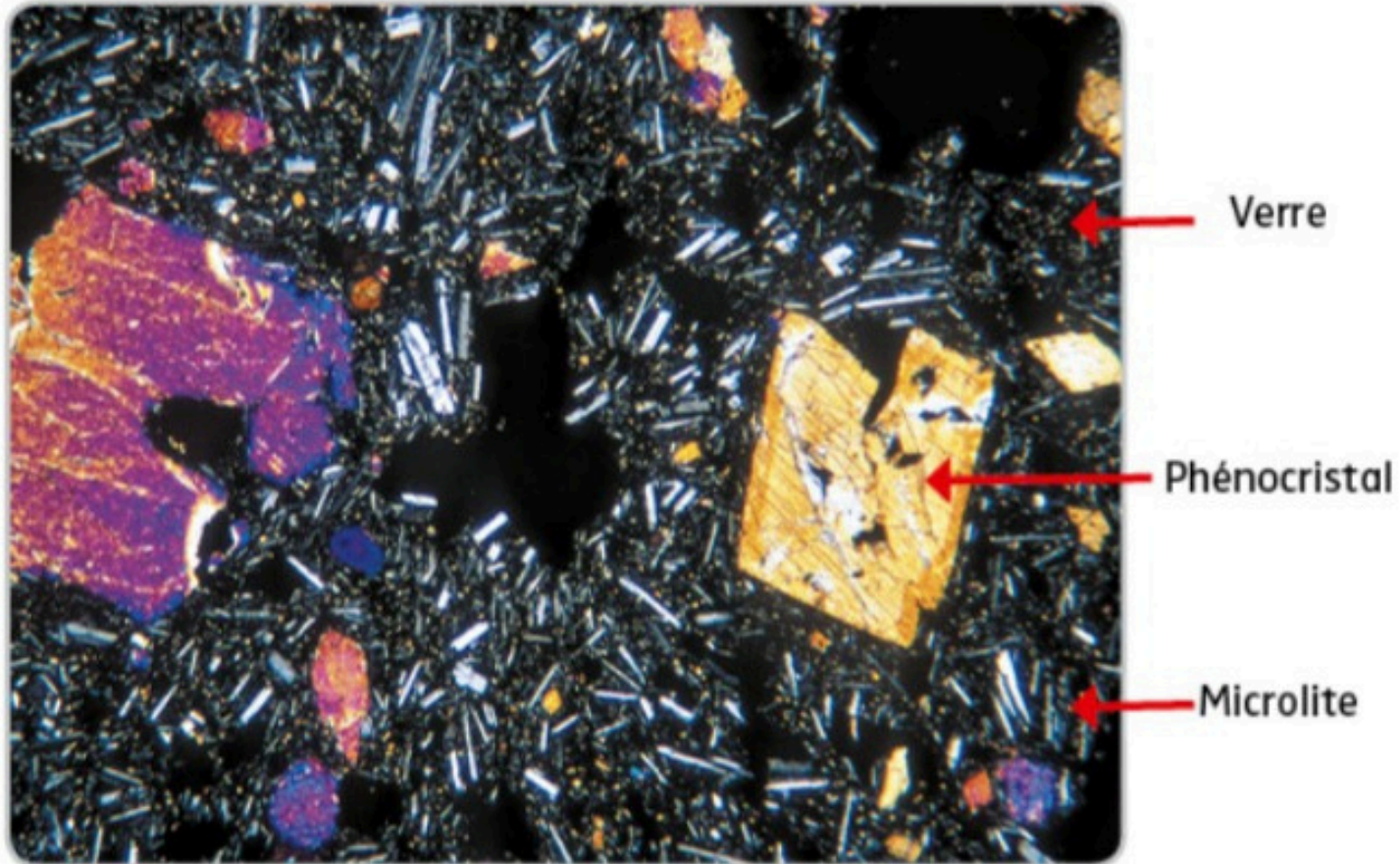
Lame à température ambiante



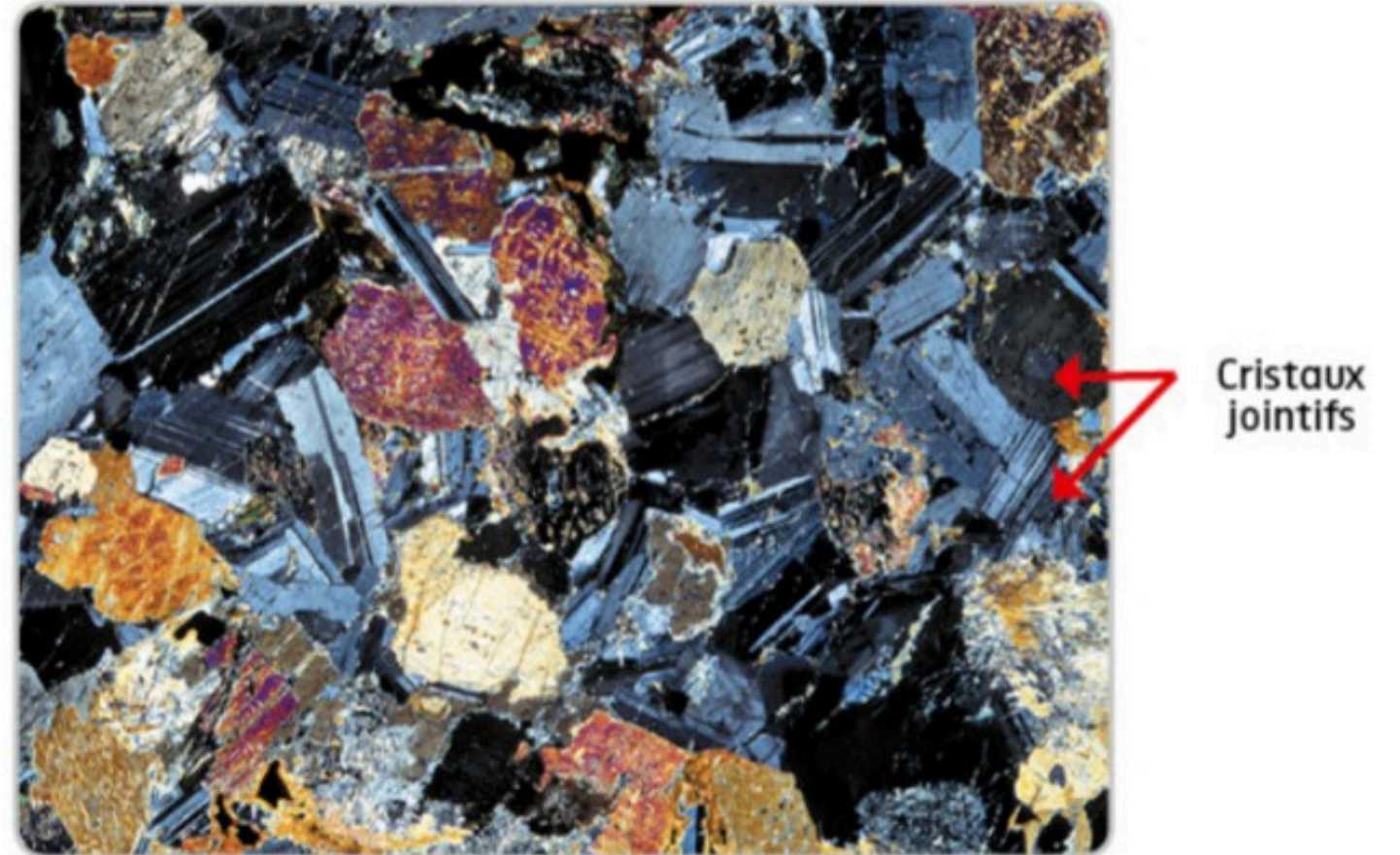
Vitesse x 8



Refroidissement rapide (à gauche) et lent (à droite) des cristaux de vanilline



c Lame mince de basalte observée en lumière polarisée analysée.

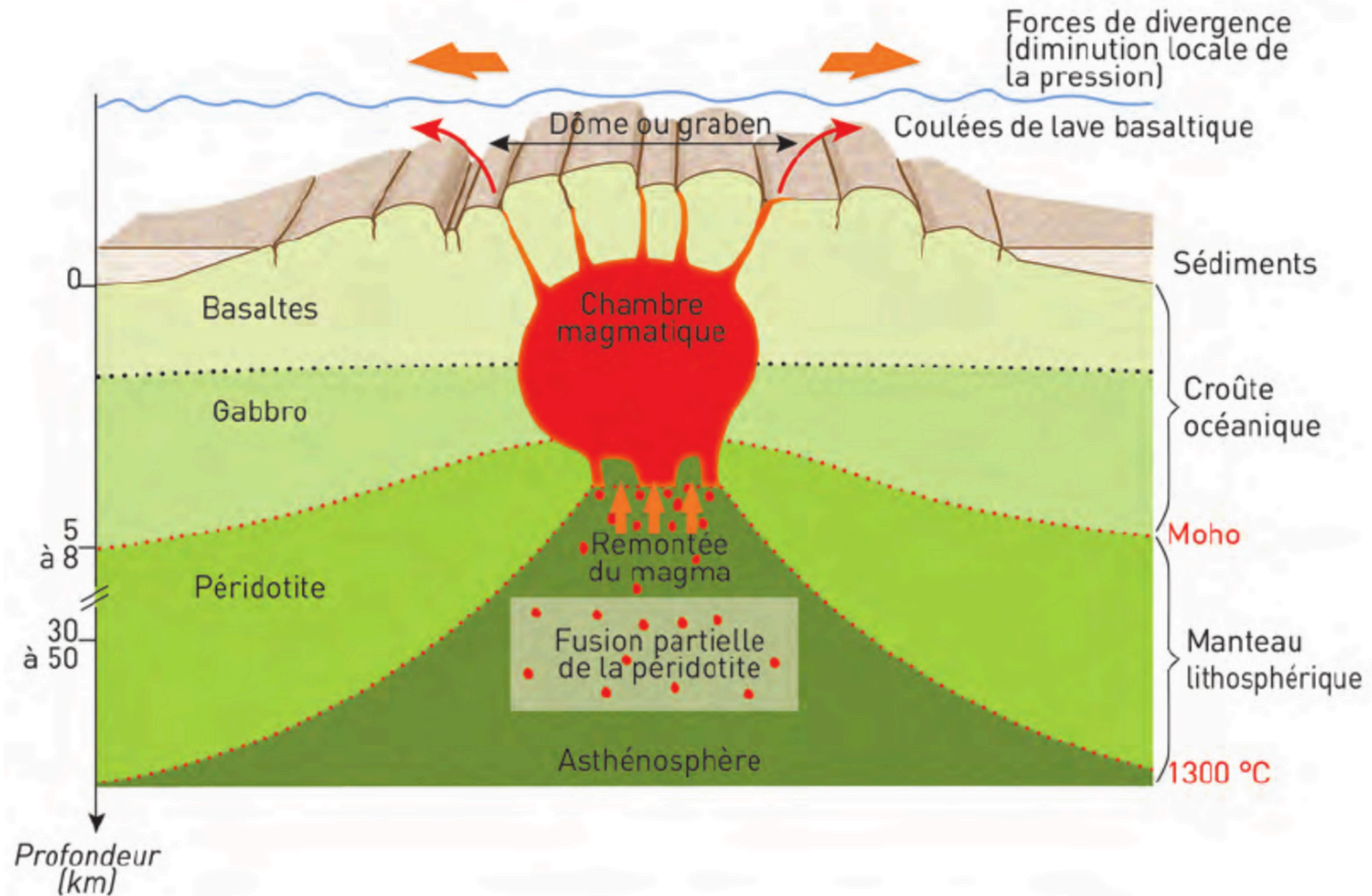


d Lame mince de gabbro observée en lumière polarisée analysée.

Une différence de composition minéralogique entre le basalte et le gabbro

	Élément							
	O	Si	Al	Ca	Mg	Fe	Na	K
Basalte	44,83	23,18	7,72	7,93	5,14	8,73	1,80	0,06
Gabbro	44,15	23,54	8,11	8,87	5,10	8,51	1,63	0,08

Une différence de composition minéralogique entre le basalte et le gabbro



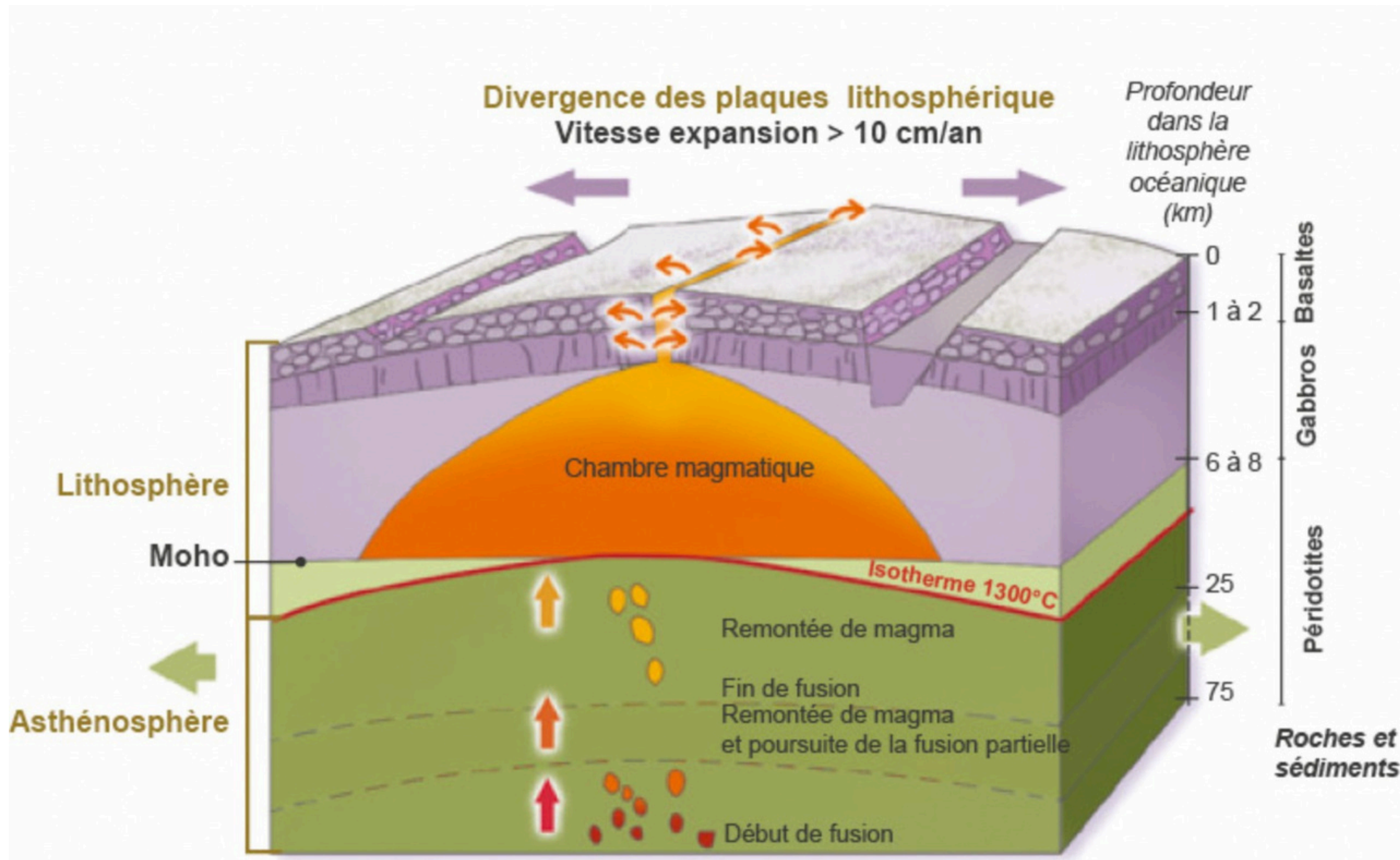
II. Le fonctionnement des zones de divergence océanique

A) La remontée du manteau asténosphérique à l'origine de la fusion partielle du manteau lithosphérique

B) La cristallisation fractionnée du magma permettant la formation de la croûte océanique

→ C) L'origine magmatique de la diversité des dorsales océaniques





Deux types de magmatisme en lien avec deux types de dorsales



Deux types de magmatisme en lien avec deux types de dorsales

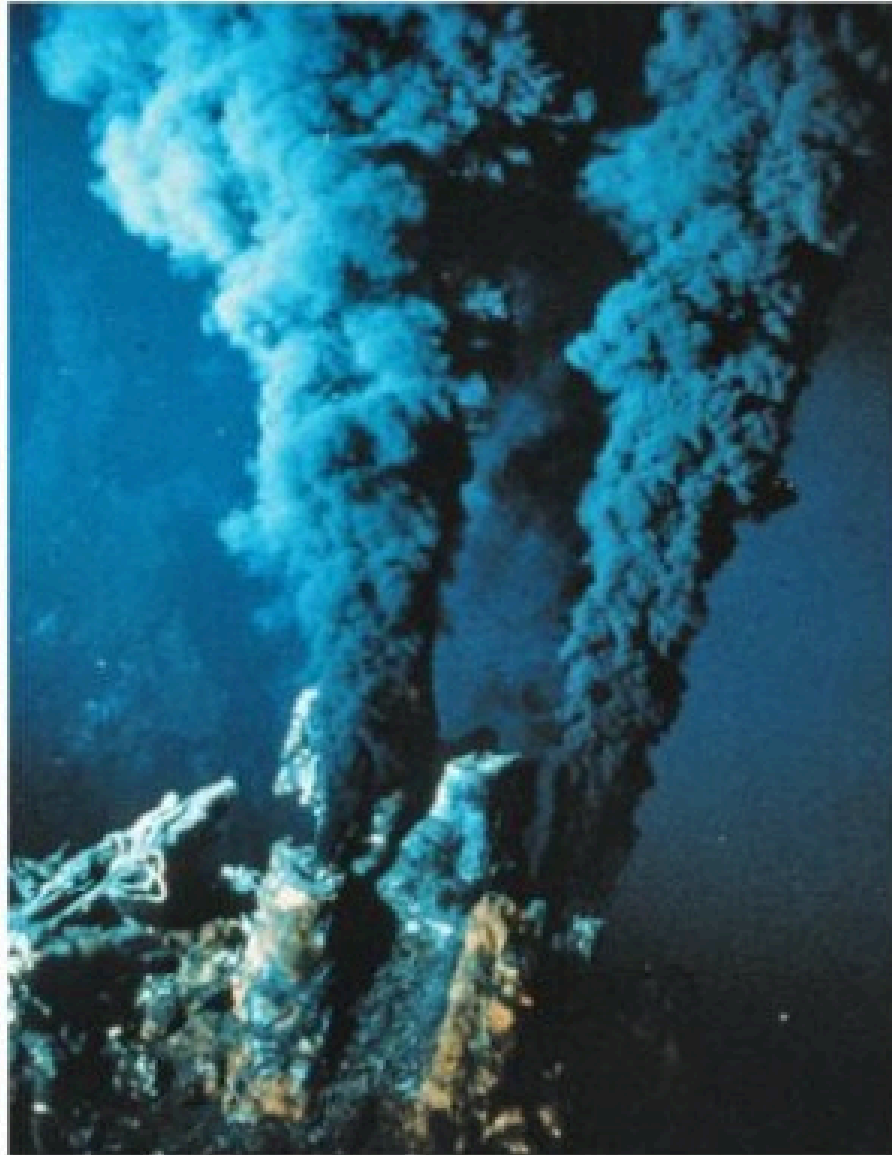


Bilan: Sous les dorsales rapides, l'ascension de péridotites fait diminuer la pression à laquelle celle-ci est soumise. Cette décompression entraîne sa fusion partielle. Le magma qui en résulte refroidit et cristallise de manière fractionnée, formant une croûte océanique constituée de gabbro pour une cristallisation lente en profondeur, surmonté de basalte en filons et en coussins avec une cristallisation rapide en surface. Dans ce contexte d'accrétion océanique rapide, ce sont donc des processus magmatiques qui gouvernent la mise en place de la lithosphère océanique. Le magmatisme ne joue donc qu'un rôle secondaire dans le cas des dorsales lentes, l'essentiel de la divergence étant assumé par des phénomènes tectoniques : failles normales.

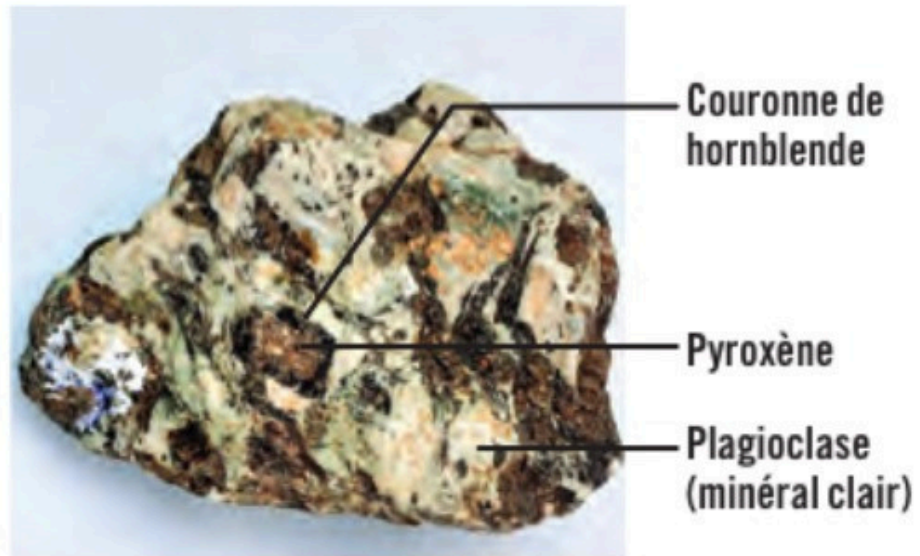
III. L'évolution des zones de divergence océanique

→ A) Des transformations chimiques et minéralogiques

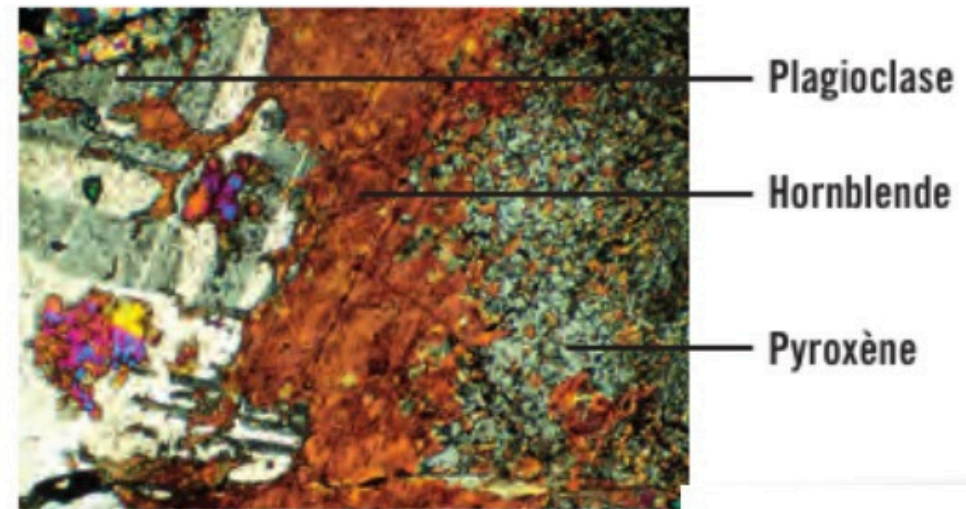




Les cheminées hydrothermales ou "fumeurs noirs"



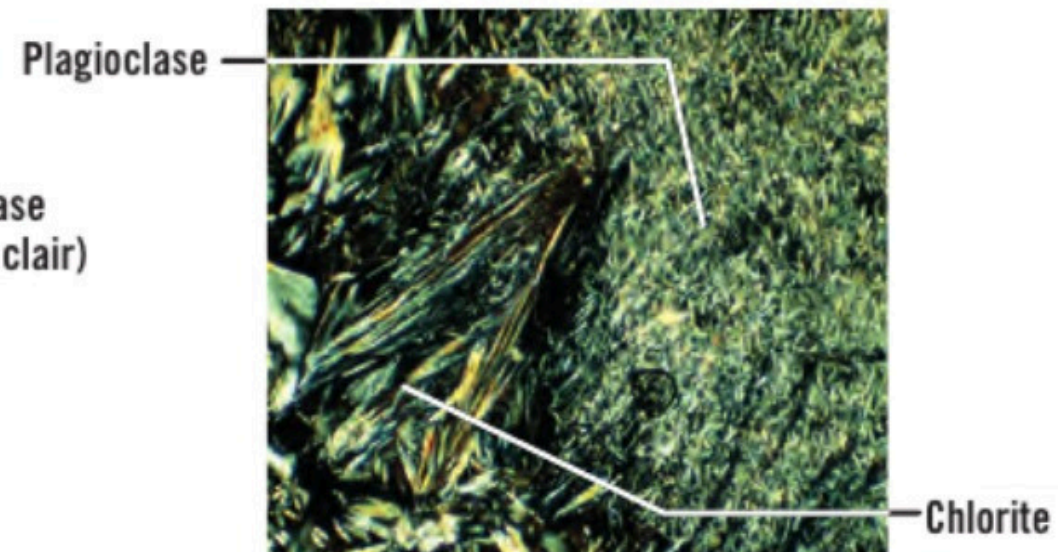
▲ Gabbro à hornblende du Chenaillet.



▲ Observation de gabbro à hornblende au microscope polarisant (LPA x 40).



▲ Métagabbro du Chenaillet.



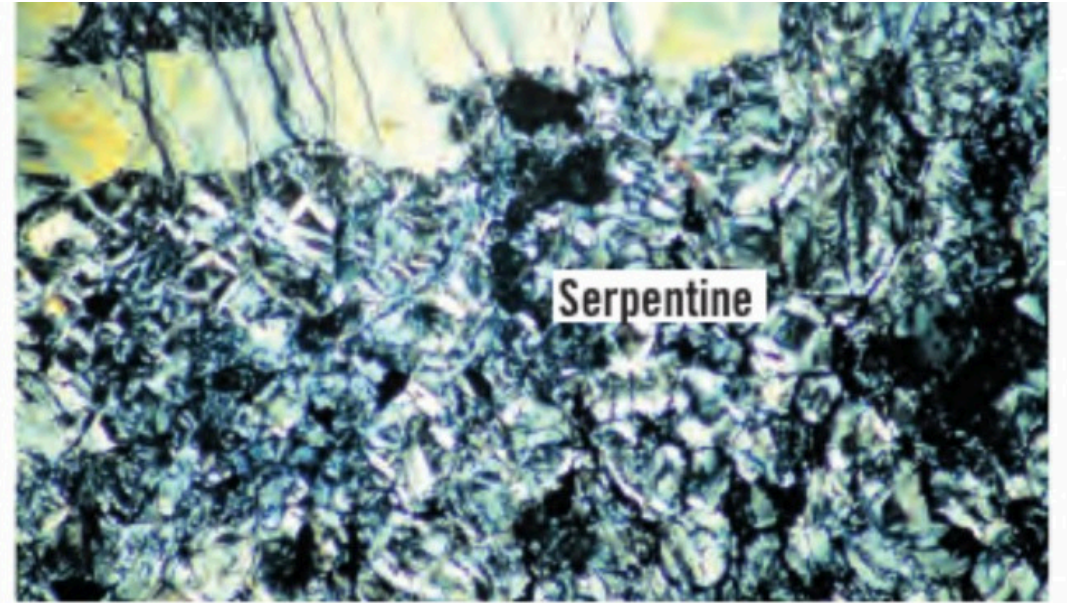
▲ Observation d'un métagabbro au microscope polarisant (LPNA x100).

Les roches du plancher océanique



Serpentine

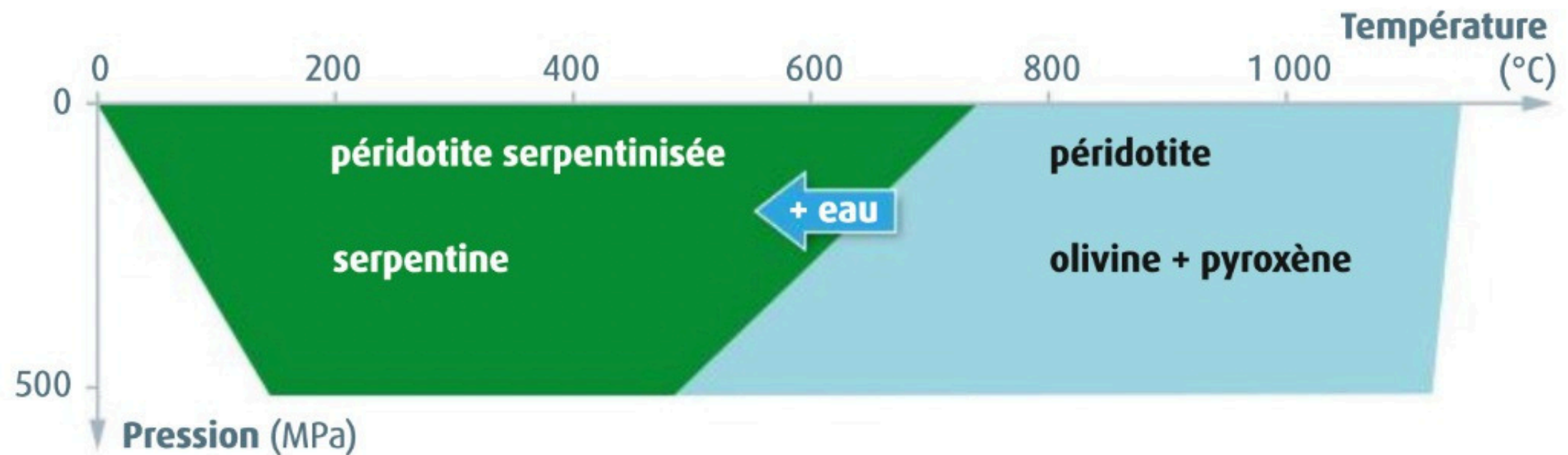
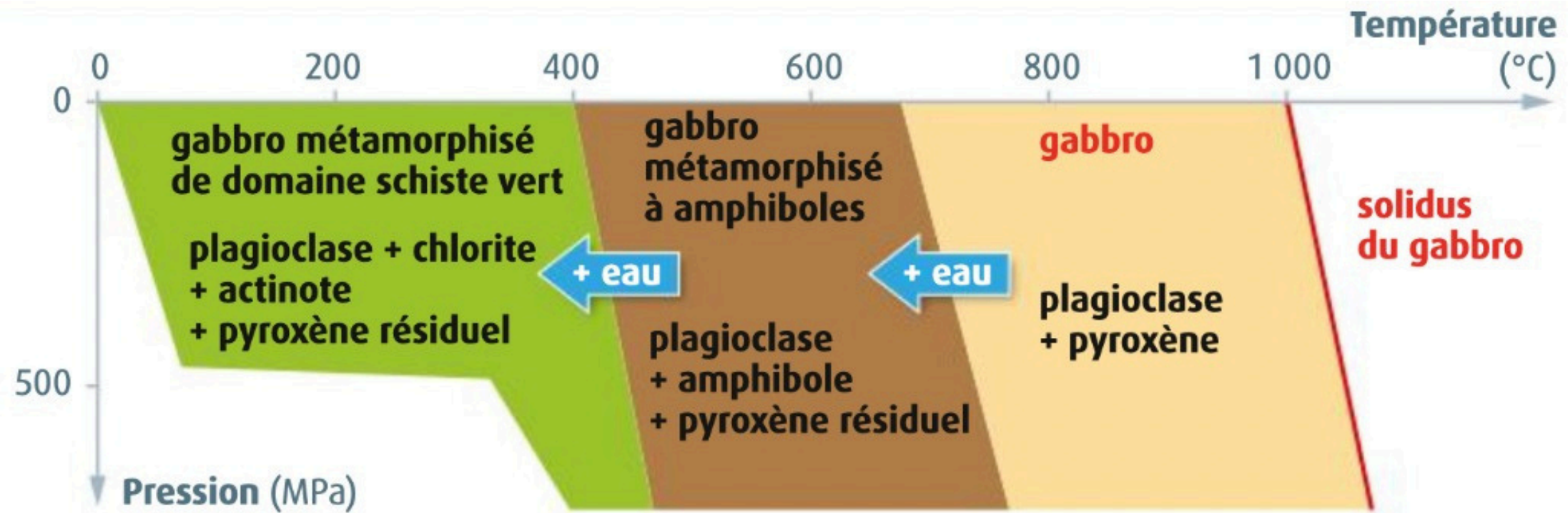
◀ Péridotite serpentinisée.



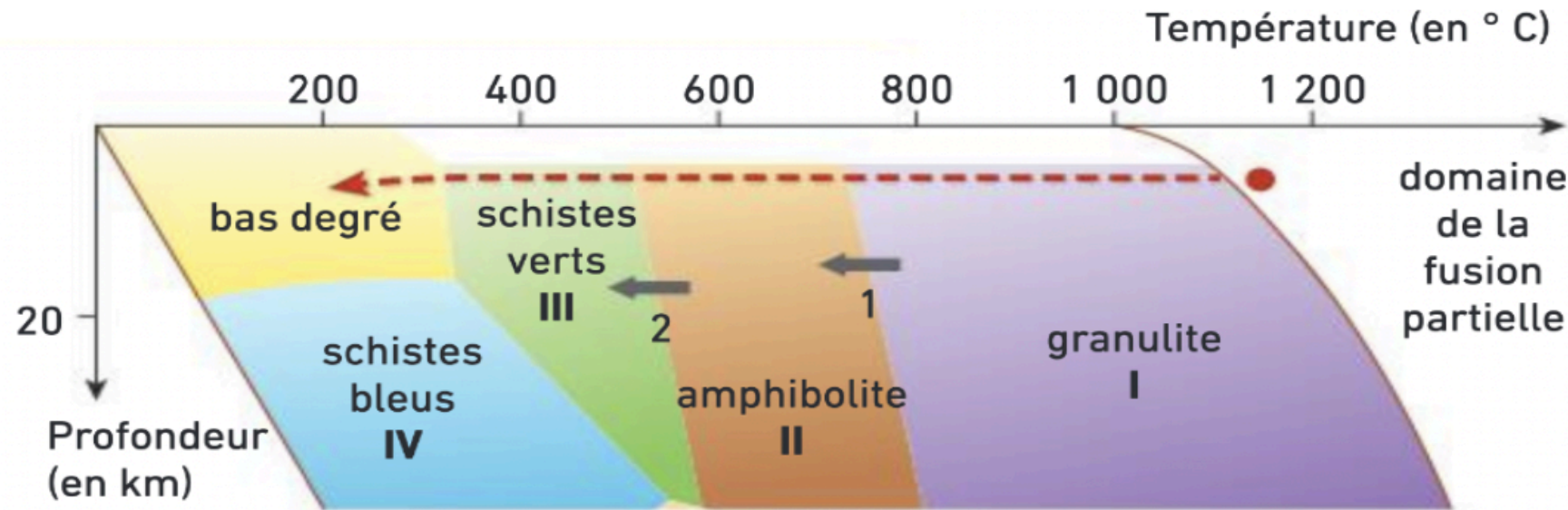
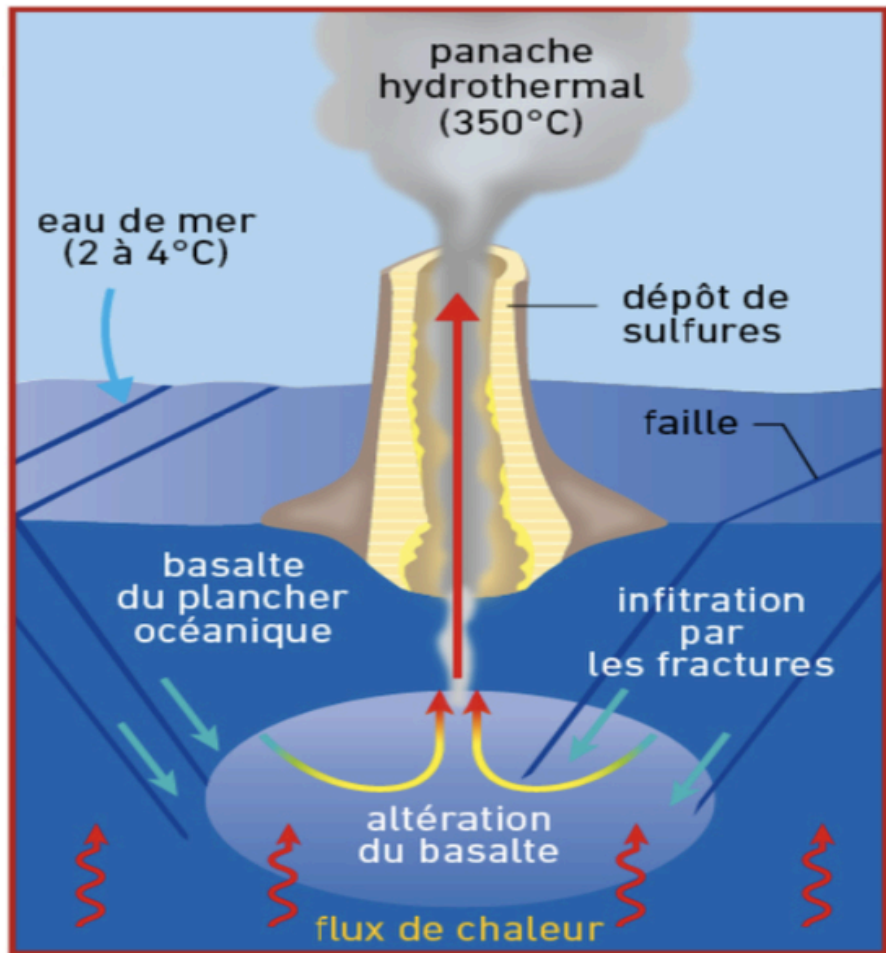
Serpentine

▲ Observation de péridotite serpentinisée au microscope polarisant (LPA x 40).

Les roches du plancher océanique



*Domaine de stabilité de quelques associations minéralogique
du gabbro et de la péridotite*



I, II, III... : faciès métamorphiques

Domaines de stabilité de quelques associations minérales

I pyroxène + plagioclase

II hornblende + plagioclase

III chlorite + actinote + plagioclase

← - - - Trajet « pression-température » d'un gabbro au cours du temps

Document 8 : Le métamorphisme de la lithosphère océanique.

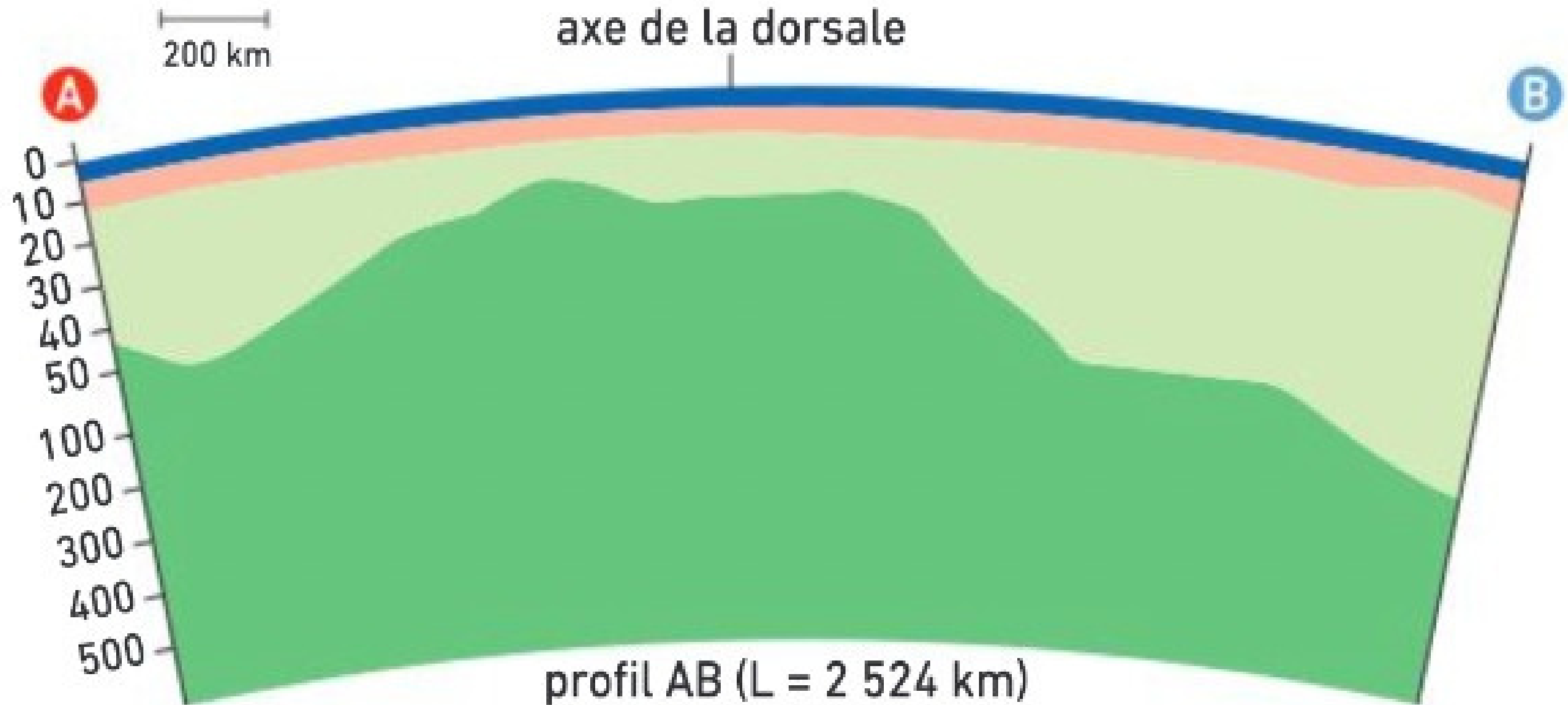
III. L'évolution des zones de divergence océanique

A) Des transformations chimiques et minéralogiques

→ B) Des transformations physiques

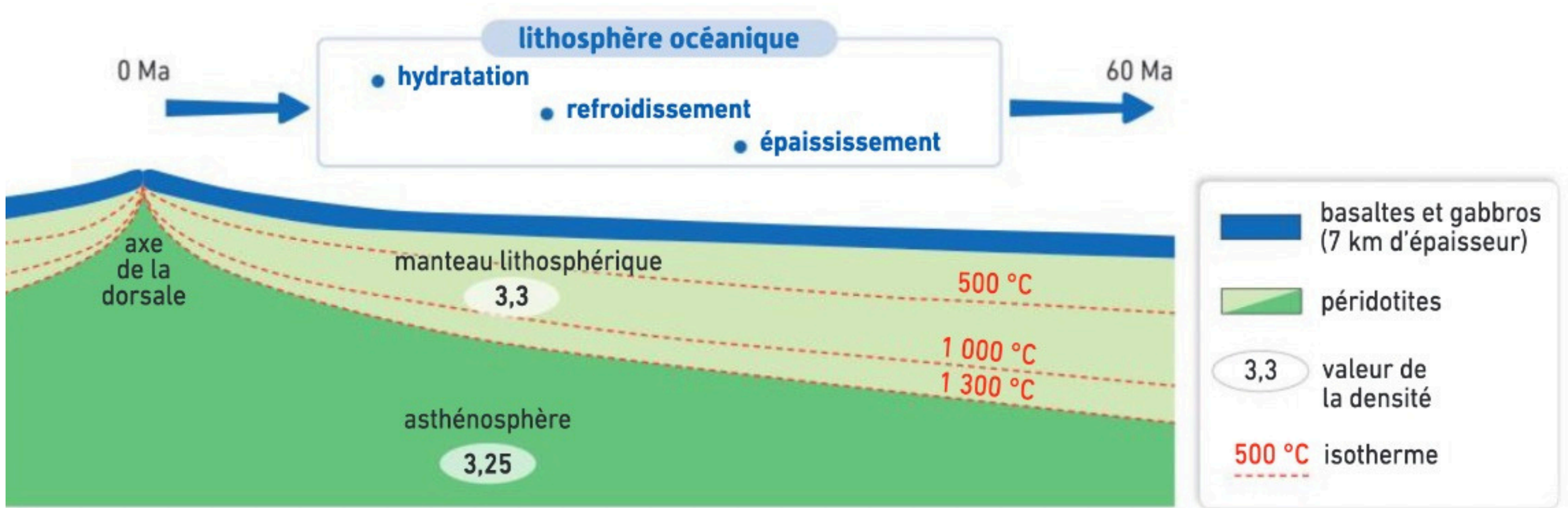


distance à l'axe de la dorsale (en km)	âge (en millions d'années)	épaisseur du manteau lithosphérique (en km)	épaisseur de la croûte océanique (en km)	densité de la lithosphère	densité de l'asthénosphère
0	Actuel	0,0	7	2,85	3,25
160	2	6,0	7	3,05	3,25
800	10	22,1	7	3,19	3,25
1 200	15	28,6	7	3,21	3,25
2 000	25	39,0	7	3,23	3,25
2 400	30	41,0	7	3,24	3,25
3 200	40	51,2	7	3,25	3,25
4 800	60	64,3	7	3,26	3,25
6 400	80	75,3	7	3,26	3,25

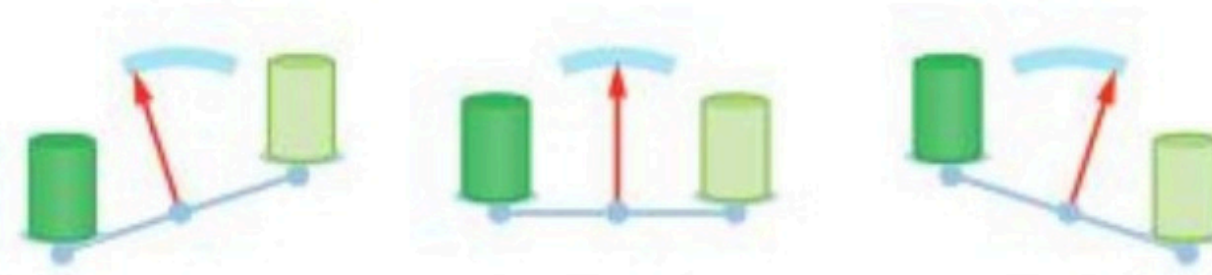
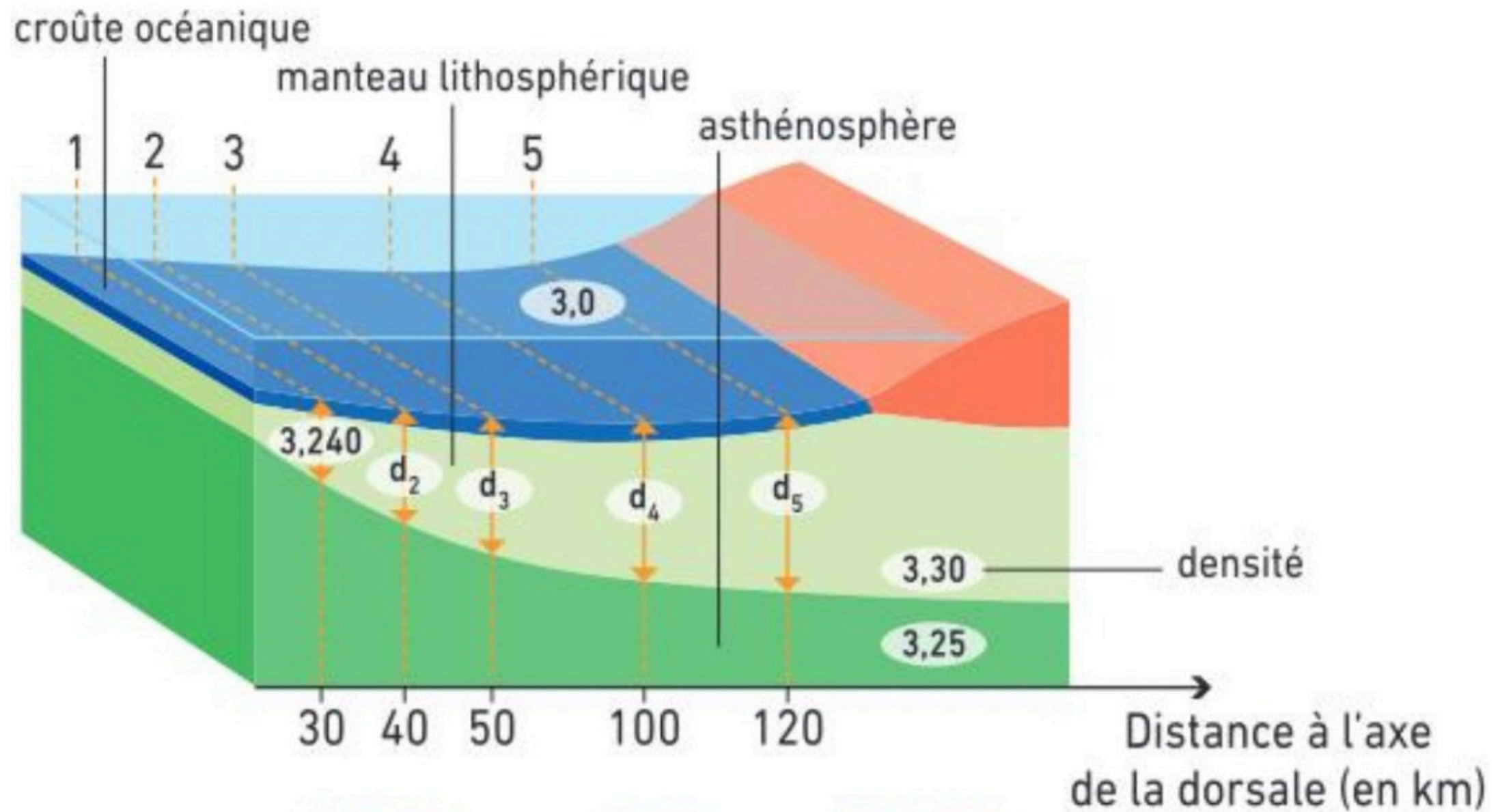


Profondeur (en km)

Croûte océanique et limite supérieure de l'asthénosphère



Modèle d'évolution de l'épaisseur de la lithosphère et la subsidence thermique



Vieillessement et augmentation de la lithosphère océanique



Bilan: La circulation d'eau dans la jeune lithosphère océanique entraîne un hydrothermalisme, c'est-à-dire une hydratation et une transformation chimique des minéraux qui la constituent. Le refroidissement déstabilise les associations minérales initiales. De nouveaux minéraux se forment, par métamorphisme. Ce refroidissement provoque aussi l'enfoncement de l'isotherme 1 300 °C (limite lithosphère/asthénosphère) et donc l'épaississement de la lithosphère océanique. L'ensemble de ces changements a pour conséquence l'augmentation de densité de la lithosphère, qui s'enfonce peu à peu dans l'asthénosphère sous-jacente.

Saisir quelque chose