



La structure interne de la Terre

Comment explorer et comprendre la structure du globe terrestre ?

I. Les apports de l'étude des roches de surface sur la connaissance du globe terrestre

- A) Les différences d'altitudes entre le domaine océanique et le domaine continental
- B) Composition et densité des roches crustales

II. Les apports des études sismologiques sur la connaissance du globe terrestre

- A) Séismes et propriétés des ondes sismiques
- B) Ondes sismiques et structure superficielle du globe
- C) Ondes sismiques et structure profonde du globe
- D) Le modèle radial de la Terre

III. Les apports des études thermiques sur la connaissance du globe terrestre

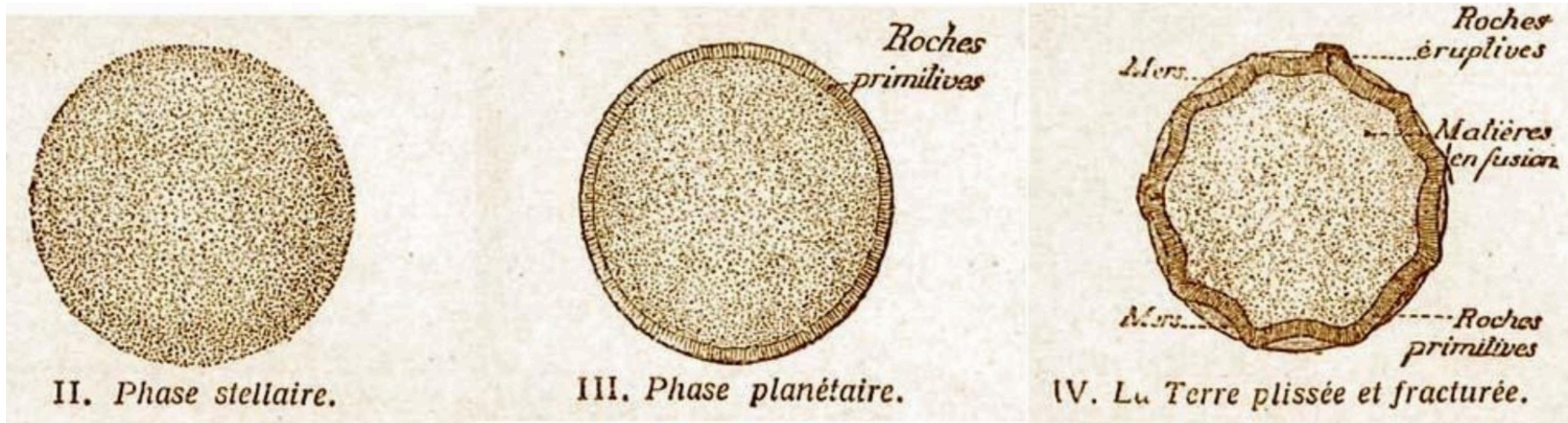
- A) L'augmentation de la température à l'intérieur du globe terrestre
- B) Le modèle thermique de la Terre
- C) Des hétérogénéité thermiques au sein du manteau terrestre



I. Les apports de l'étude des roches de surface sur la connaissance du globe terrestre

→ A) Les différences d'altitudes entre le domaine océanique et le domaine continental

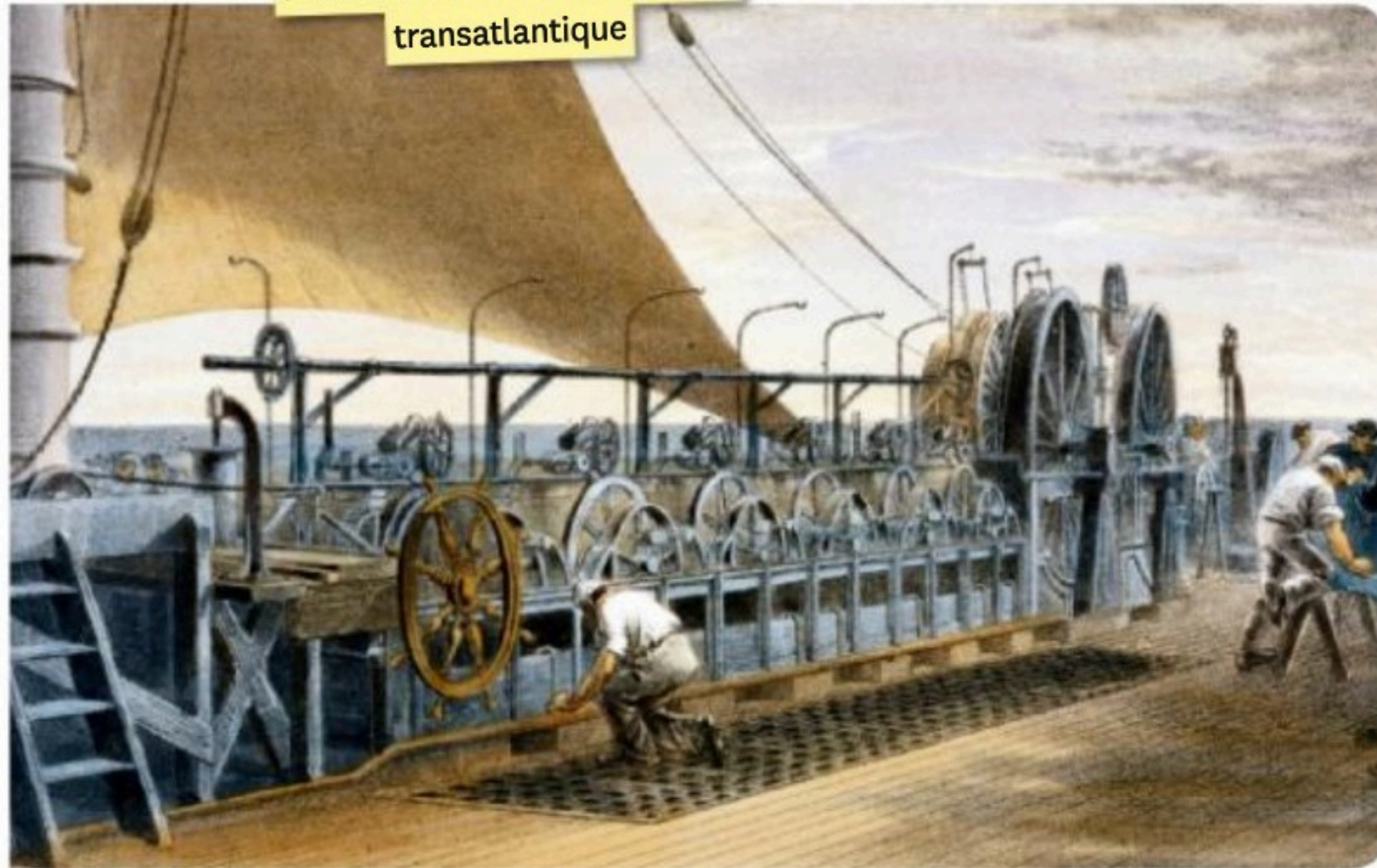




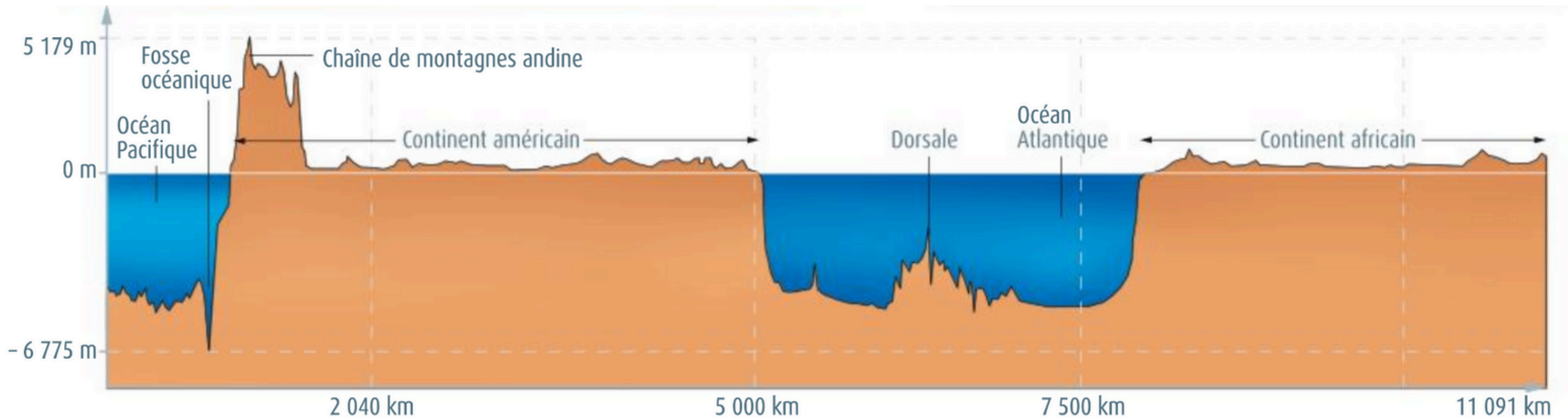
Modèle de la contraction thermique selon Suess



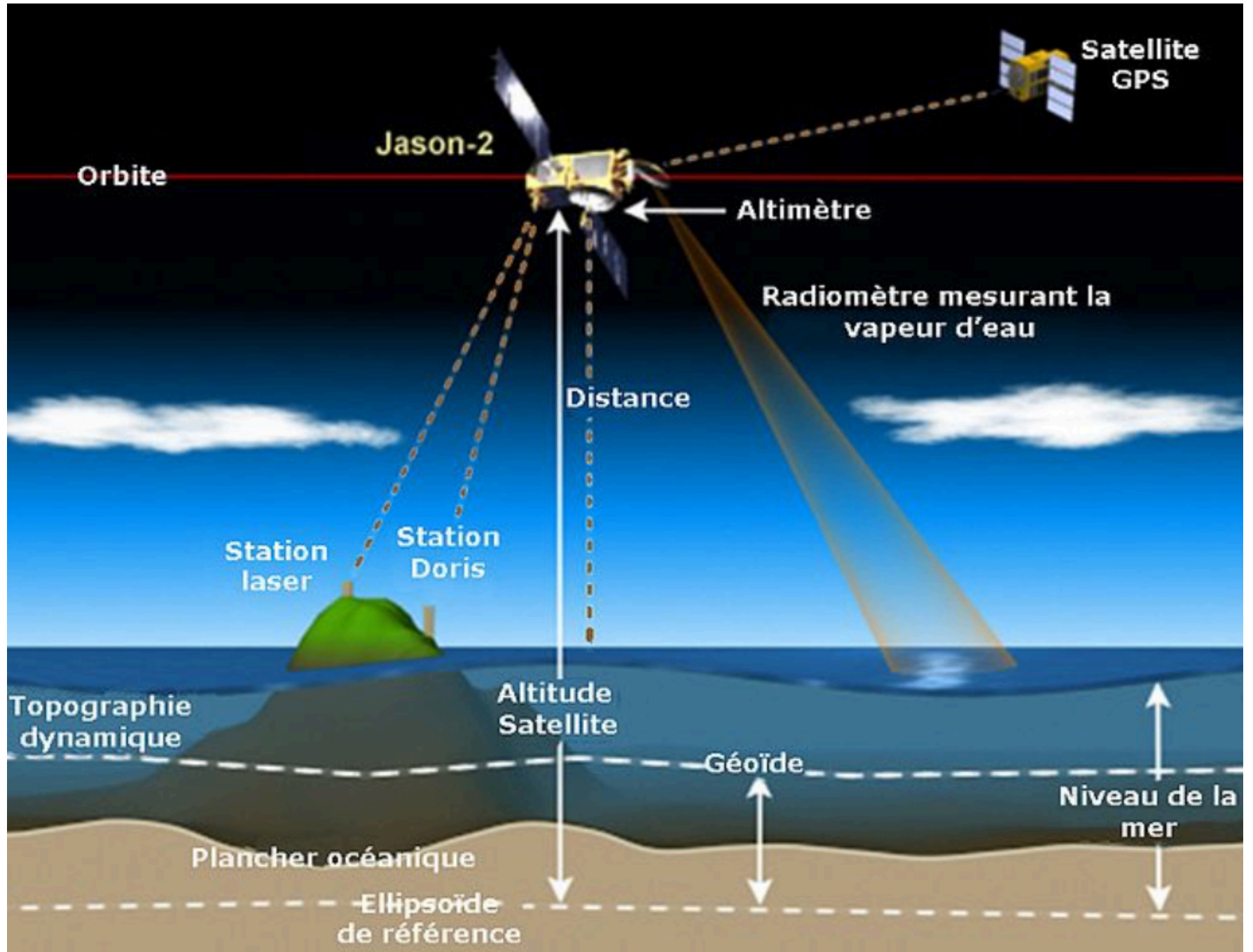
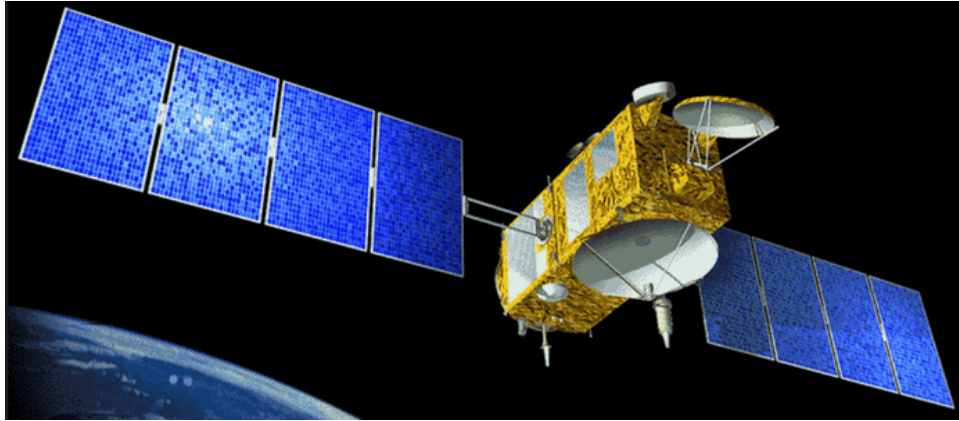
Pose d'un câble télégraphique transatlantique

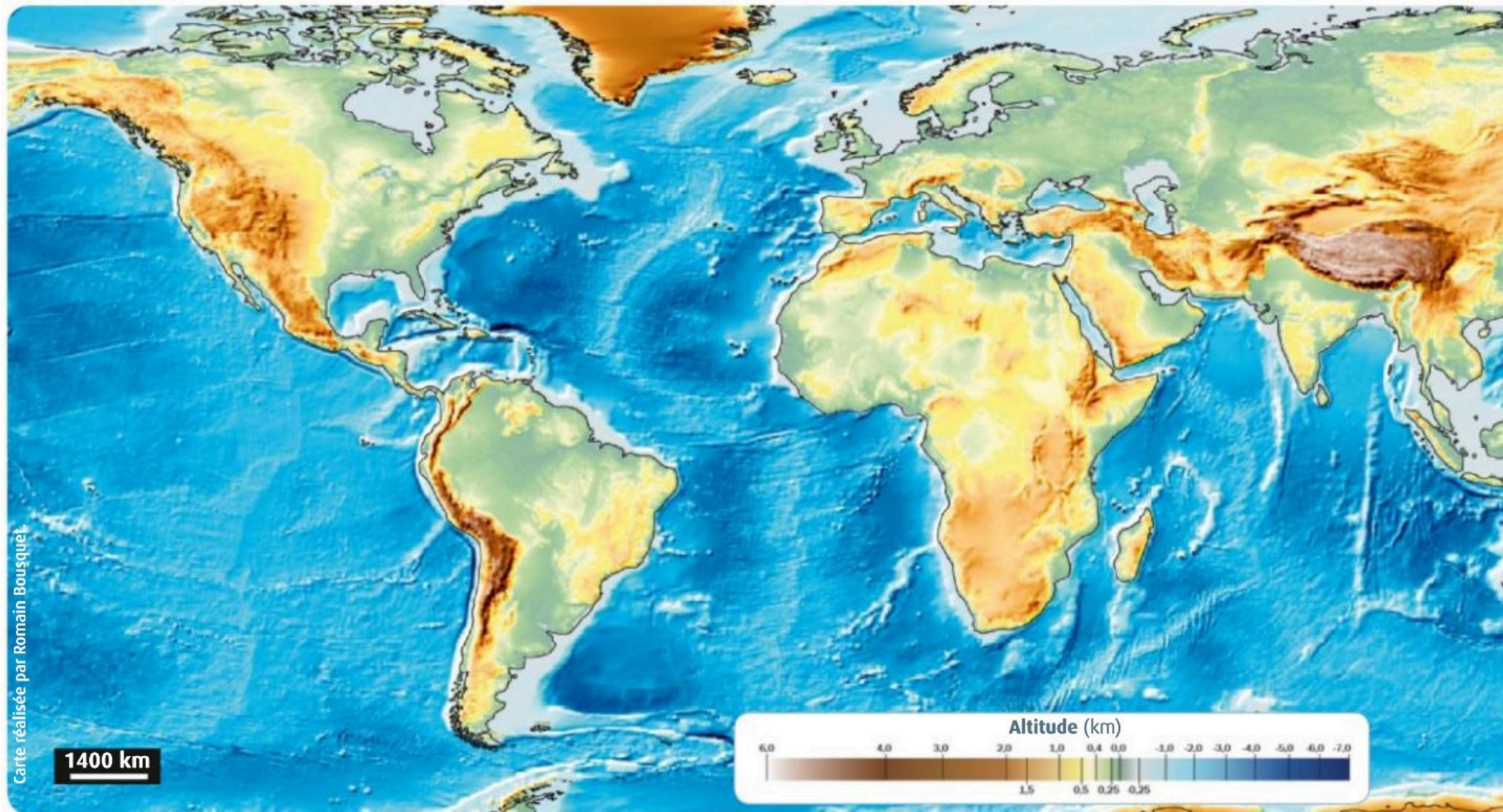


La découverte de la profondeur de l'Atlantique



Profil des altitudes de l'Amérique du Sud à l'Afrique

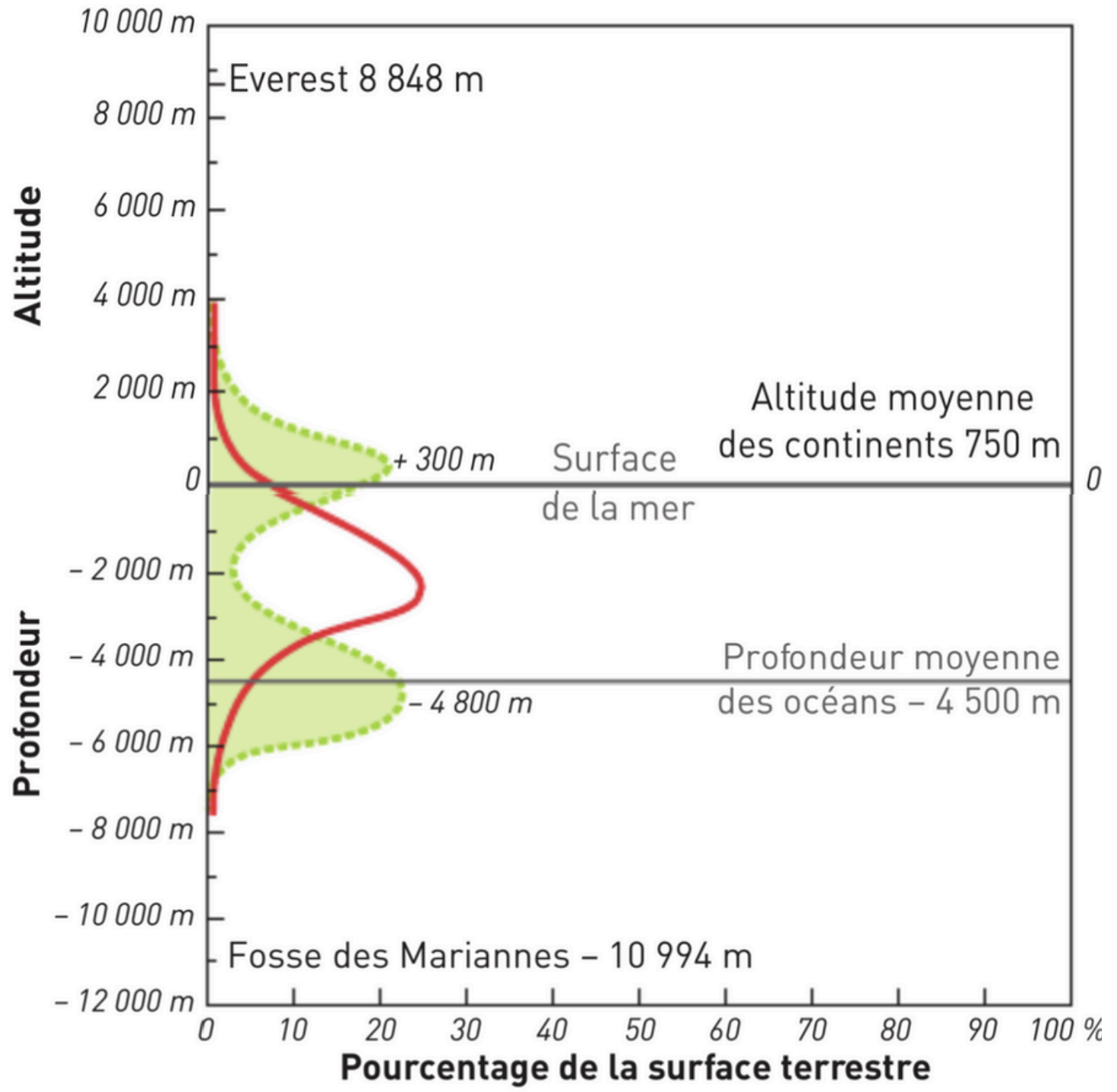




Carte géologique mondiale des altitudes terrestres



— Courbe théorique obtenue de manière statistique pour une croûte terrestre homogène
- - - Courbe obtenue d'après les mesures de terrain

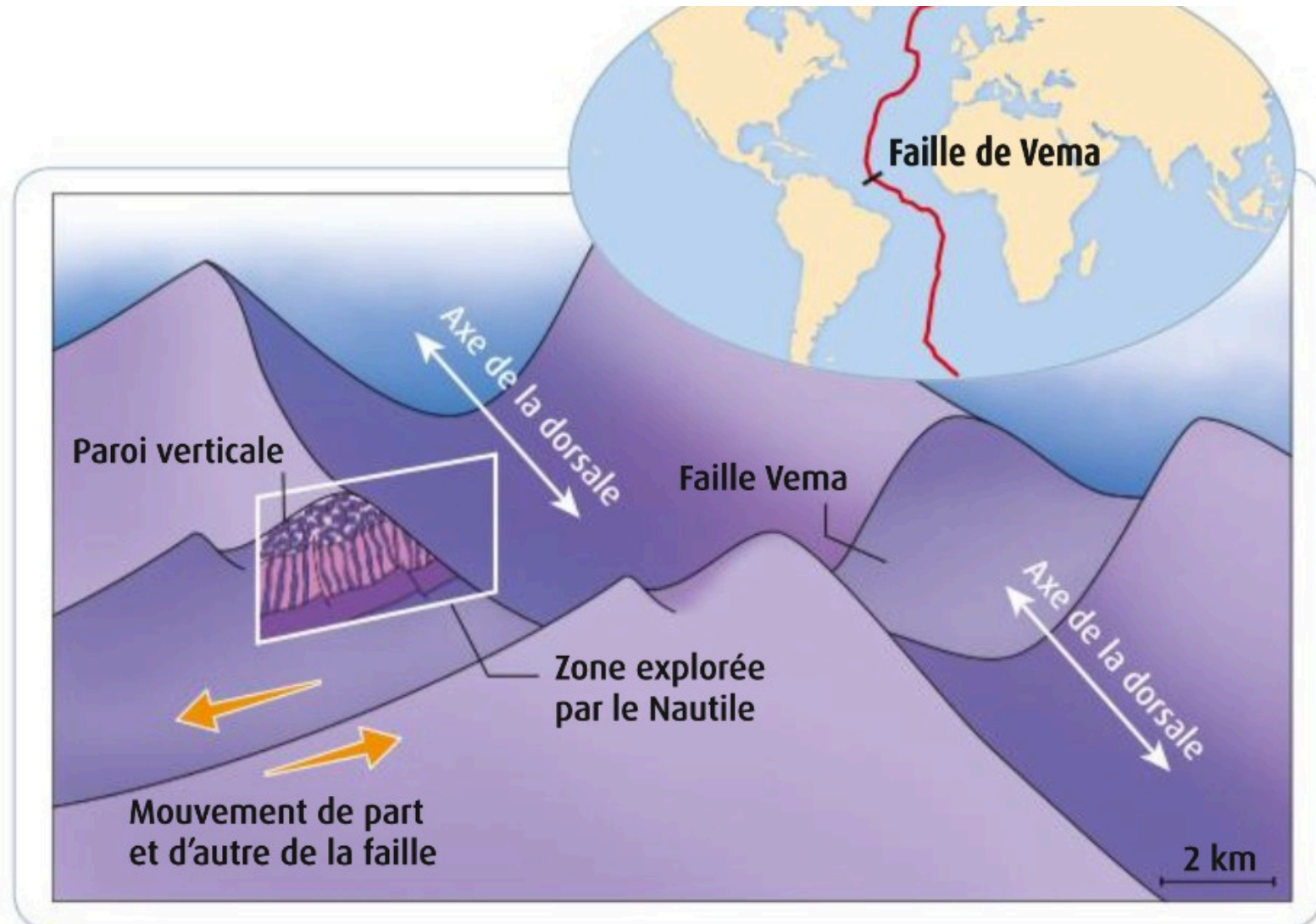


I. Les apports de l'étude des roches de surface sur la connaissance du globe terrestre

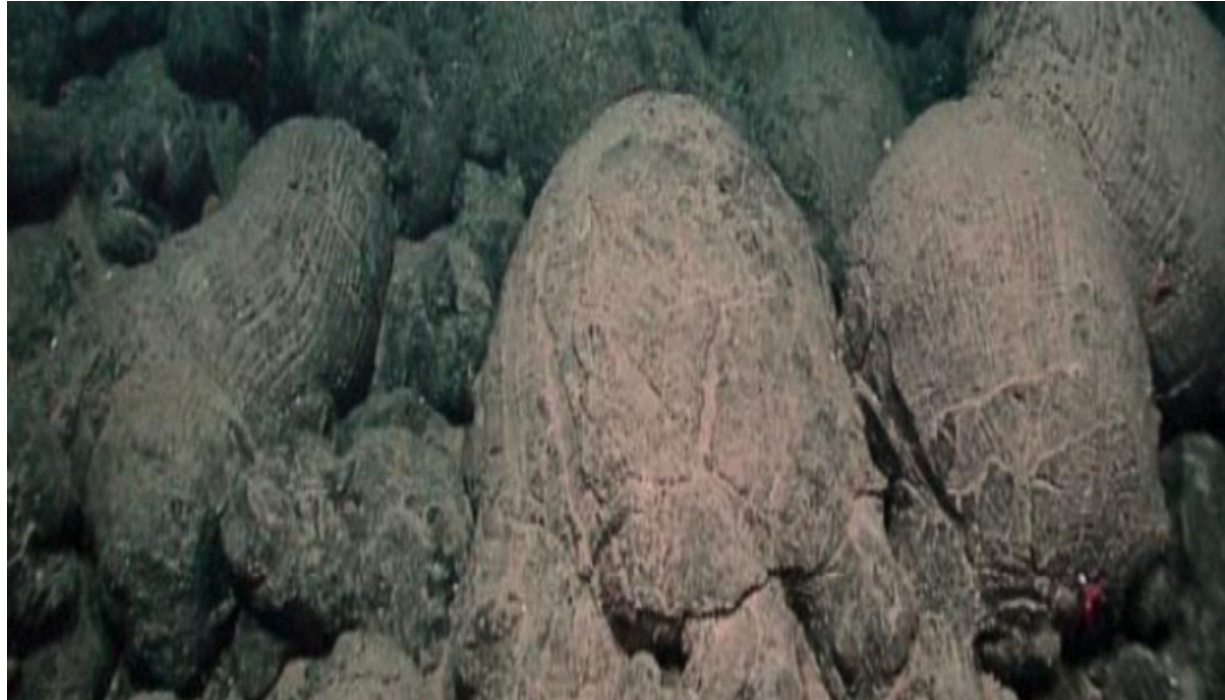
A) Les différences d'altitudes entre le domaine océanique et le domaine continental

→ B) Composition et densité des roches crustales

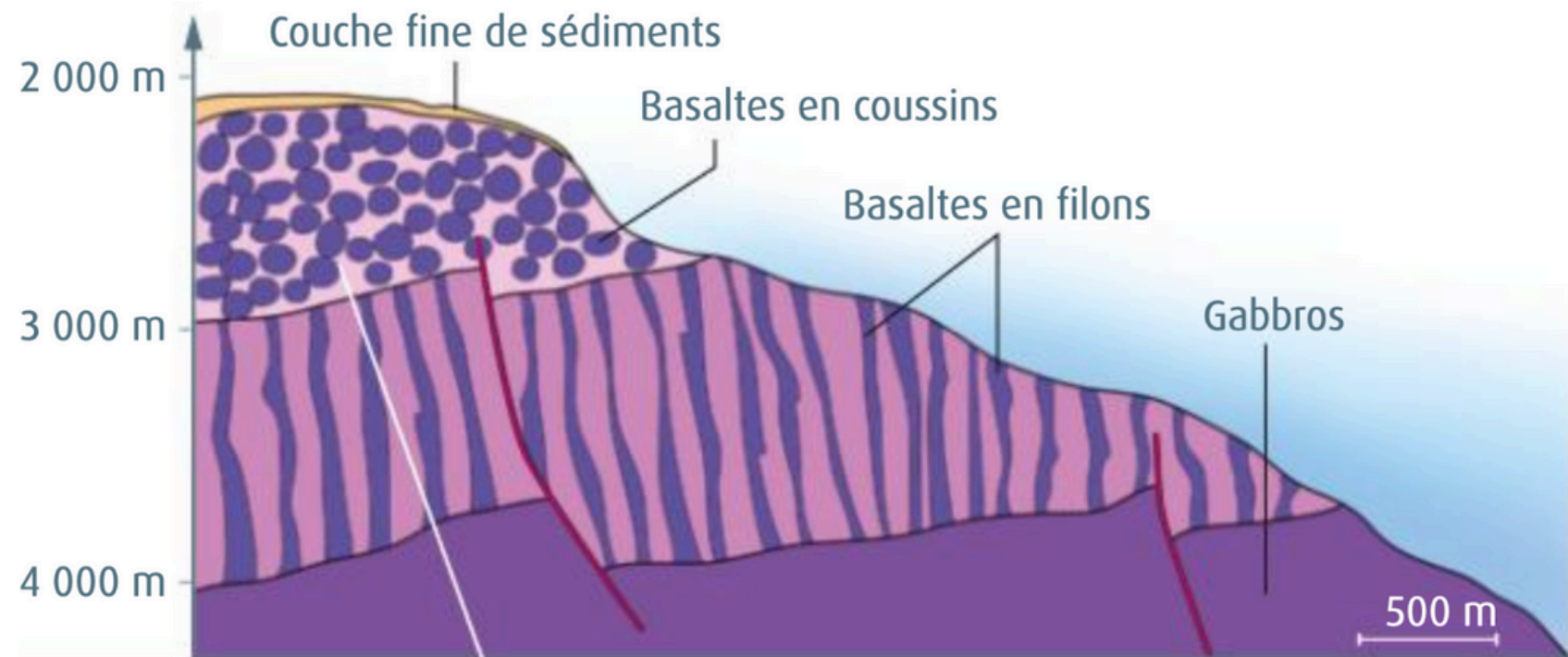




La faille de Véma dans l'océan Atlantique

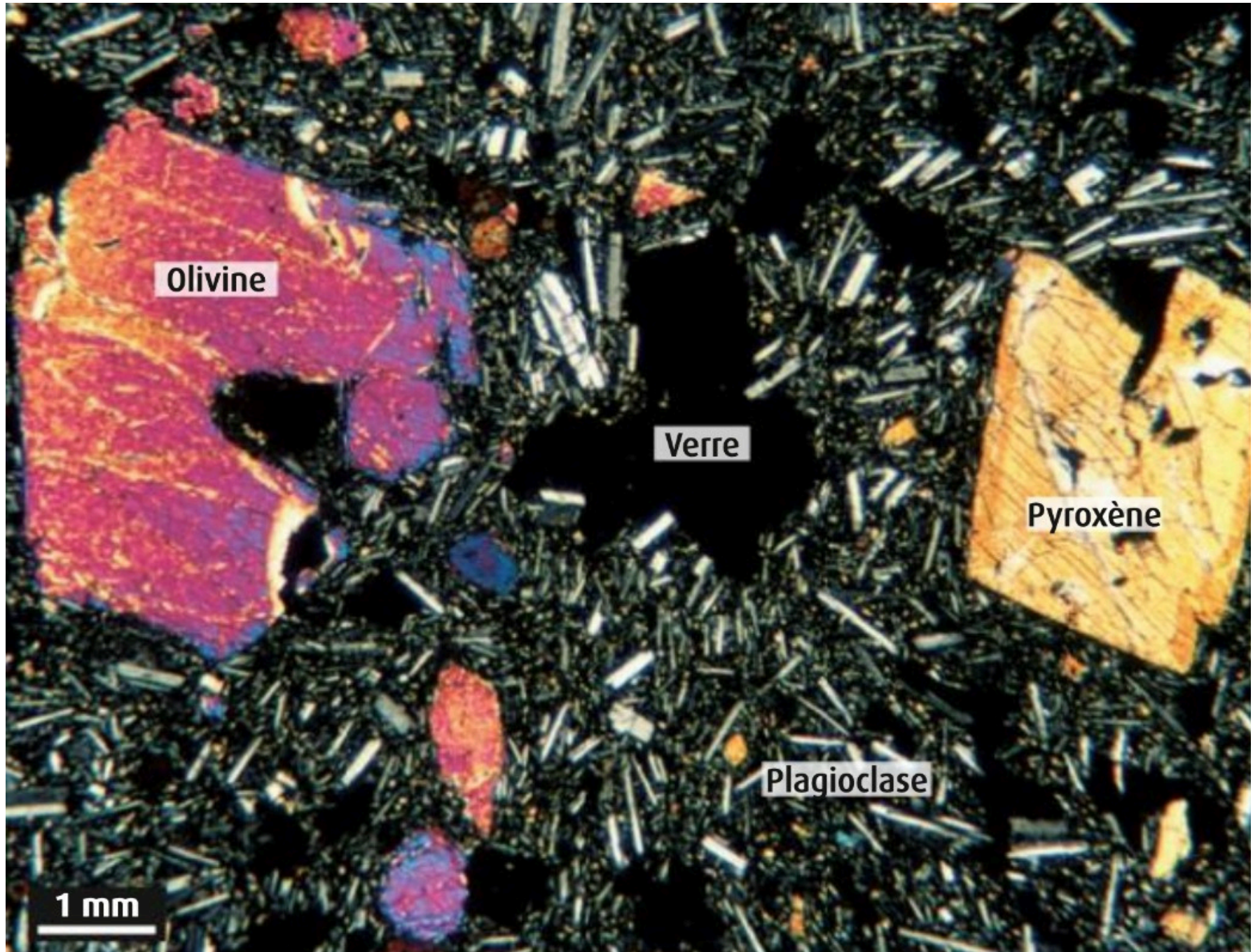


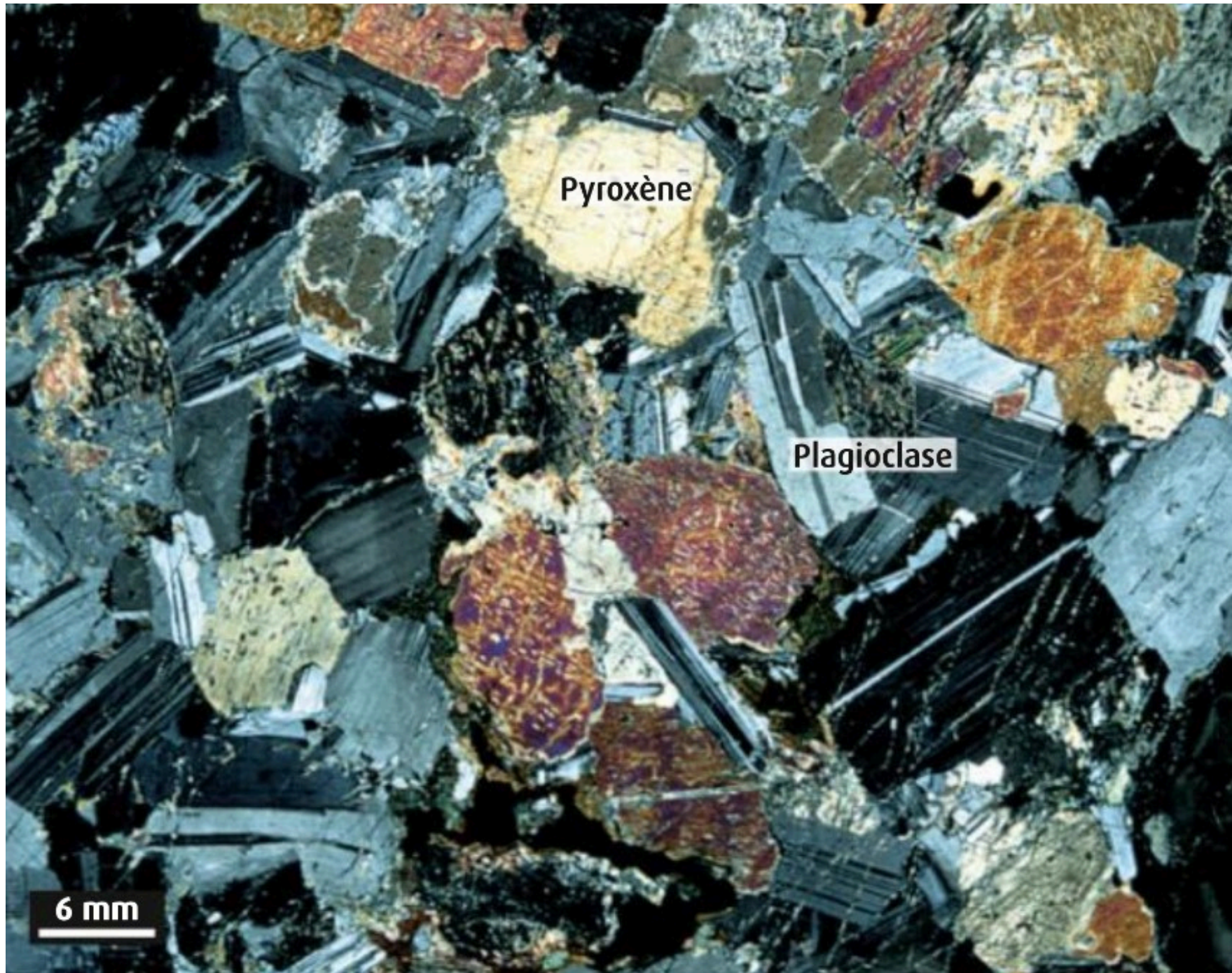
*Les roches de la croûte
océanique*





Une roche magmatique volcanique de texture microlithique : le basalte





Une roche magmatique plutonique de texture grenue : le gabbro



Roches sédimentaires

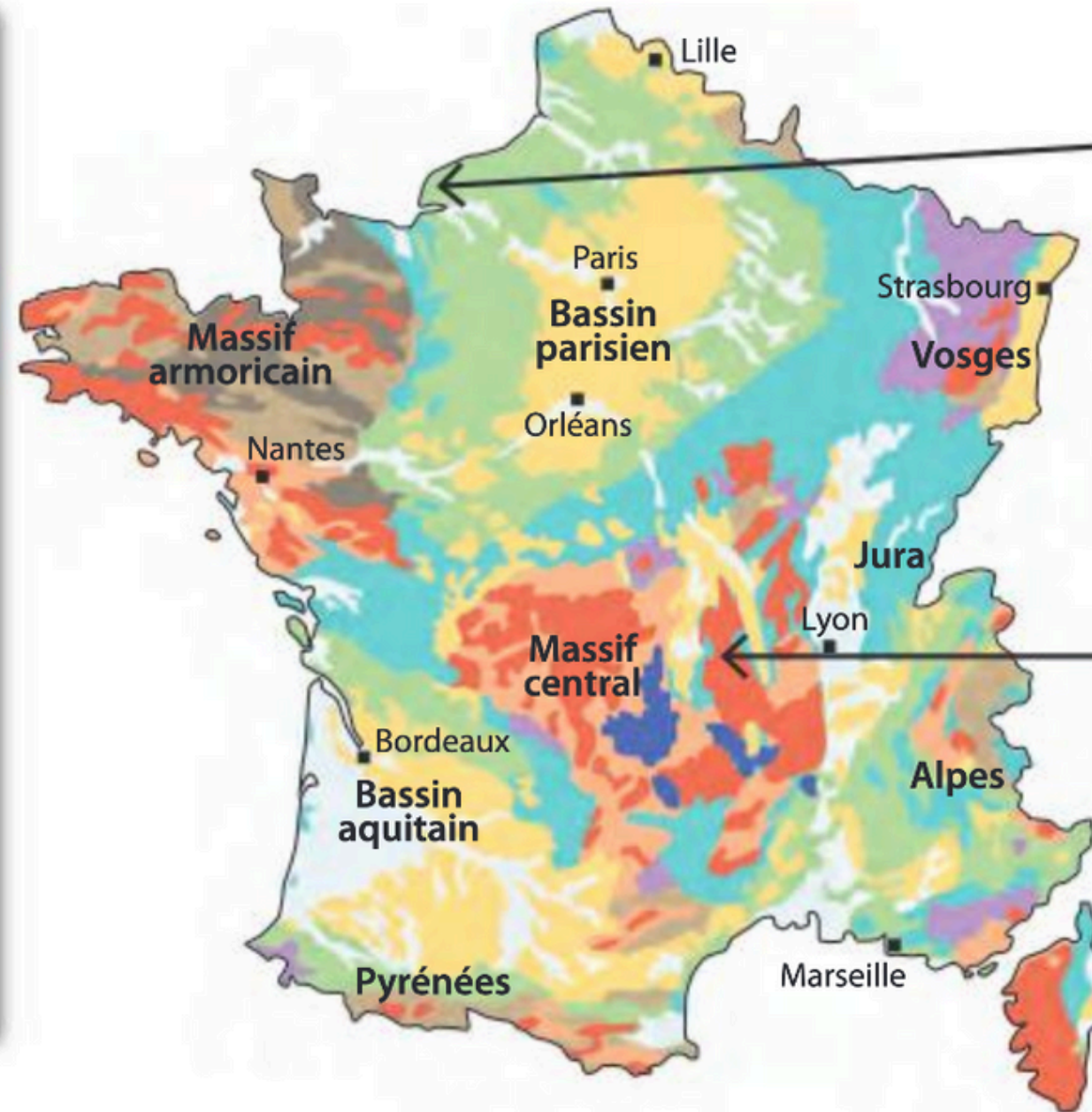
- Quaternaire (0 à -2,58 Ma)
- Paléogène-Néogène (-2,58 à -66 Ma)
- Crétacé (-66 à -145 Ma)
- Jurassique (-145 à -201 Ma)
- Trias (-201 à -252 Ma)
- Paléozoïque (-252 à -541 Ma)

Roches plutoniques et métamorphiques de différents âges

- Granites
- Roches métamorphiques
- Roches infra paléozoïques

Roches volcaniques

- Volcanisme cénozoïque



b. La falaise d'Étretat



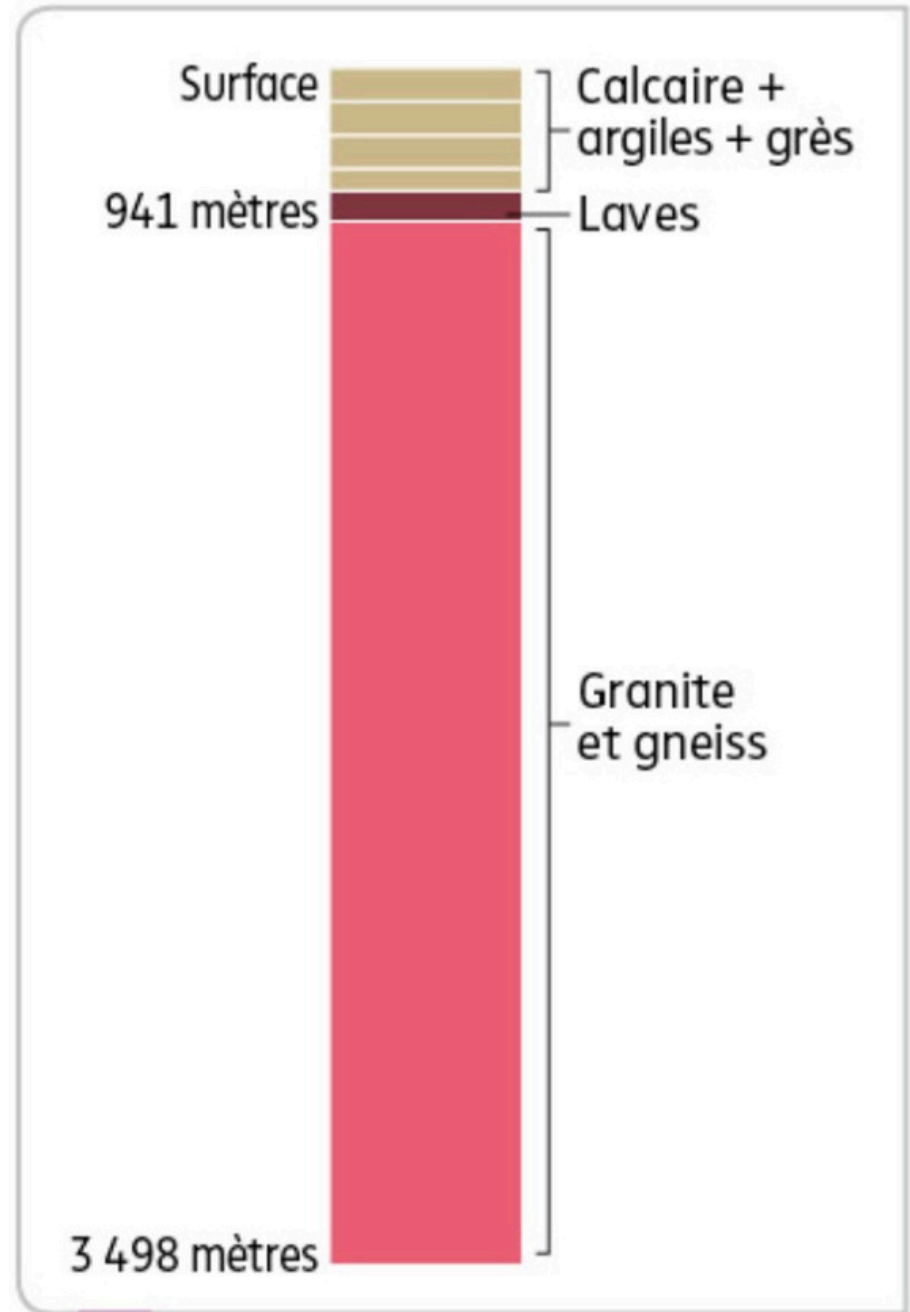
c. Le Pic Pelé

Ma = million d'années

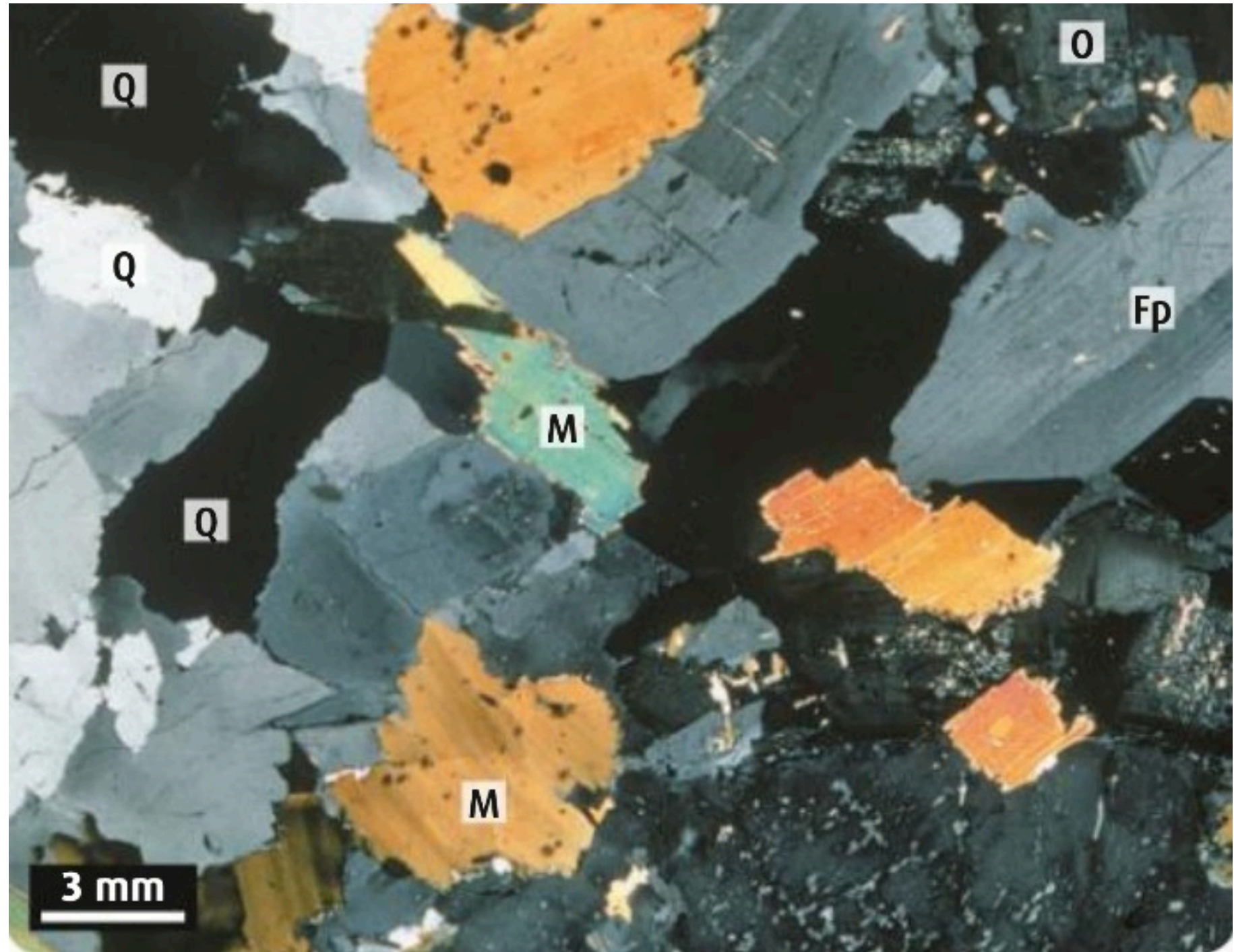
Carte géologique simplifiée de la France métropolitaine



© Geoajur.



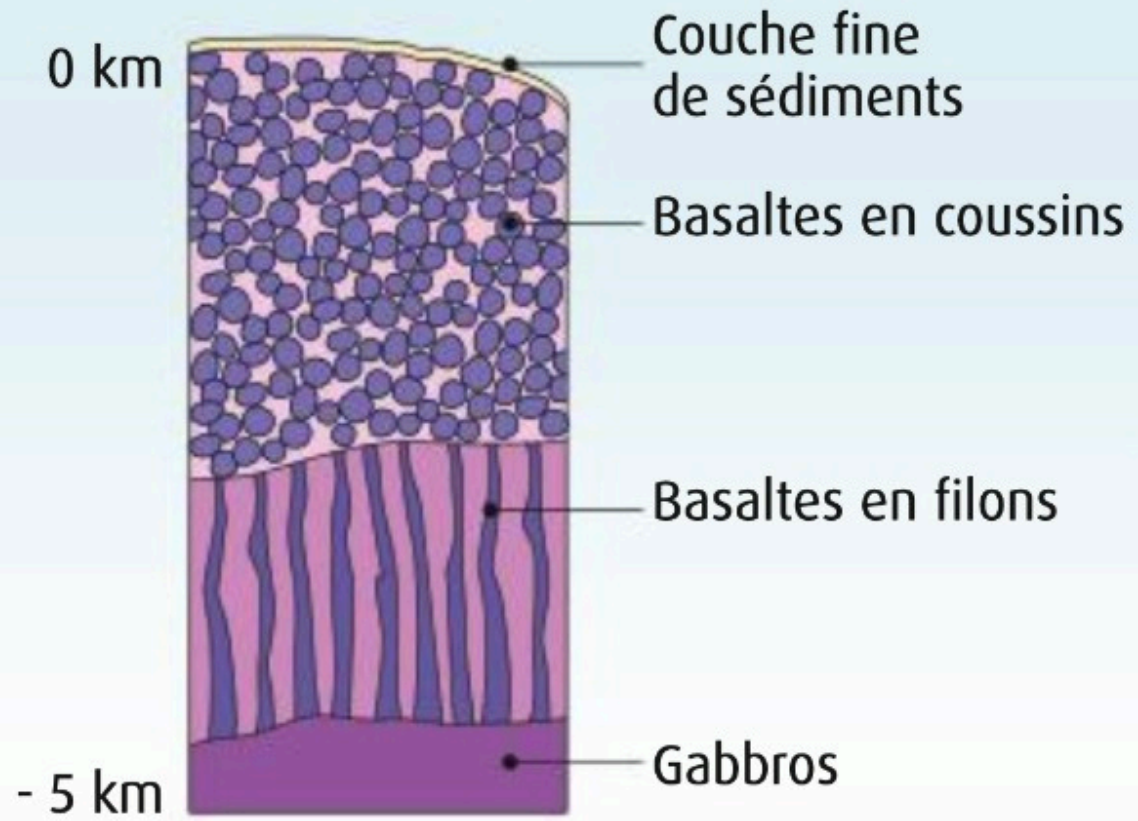
Résultat du forage de Sancerre-Couay



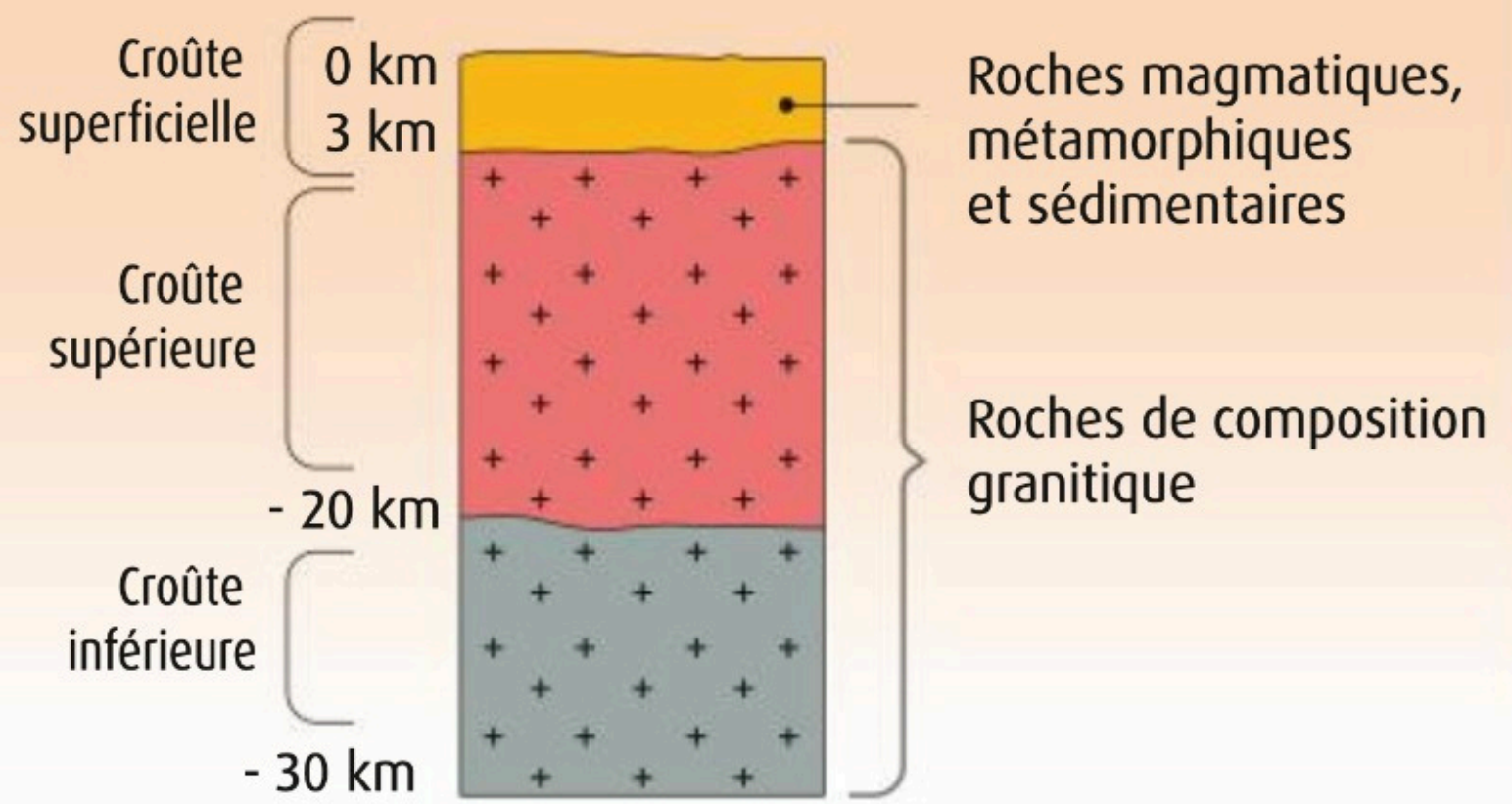
Une roche magmatique plutonique de texture grenue : le granite



Structure de la croûte océanique




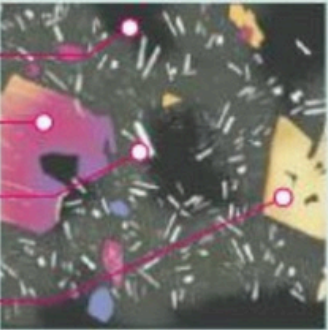
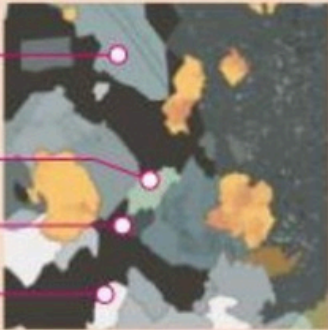


Structure de la croûte continentale



La structure de la croûte continentale et de la croûte océanique



	Roches de la croûte océanique		Roche représentative de la croûte continentale
	Basalte	Gabbro	Granite
			
Structure	Microlitique (la roche contient des minéraux invisibles à l'œil nu et du verre)		Grenue (roche entièrement cristallisée dont tous les minéraux sont visibles à l'œil nu)
Composition minéralogique (lame mince)	 <ul style="list-style-type: none"> Verre Olivine Feldspath plagioclase Pyroxène 	 <ul style="list-style-type: none"> Pyroxène Feldspath plagioclase 	 <ul style="list-style-type: none"> Feldspath plagioclase Mica Orthoclase Quartz
Densité	> densité du granite		< densité du basalte et du gabbro

Les caractéristiques pétrographiques de la croûte continentale et de la croûte océanique



Bilan: La répartition bimodale des altitudes à la surface du globe met en évidence un contraste de relief entre les domaines océaniques et continentaux. La croûte océanique est constituée de basalte et de gabbro. Sa densité est de 2,9. La croûte continentale est constituée en surface d'une diversité de roches dont des roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires. La densité moyenne de la croûte continentale est évaluée à 2,7.



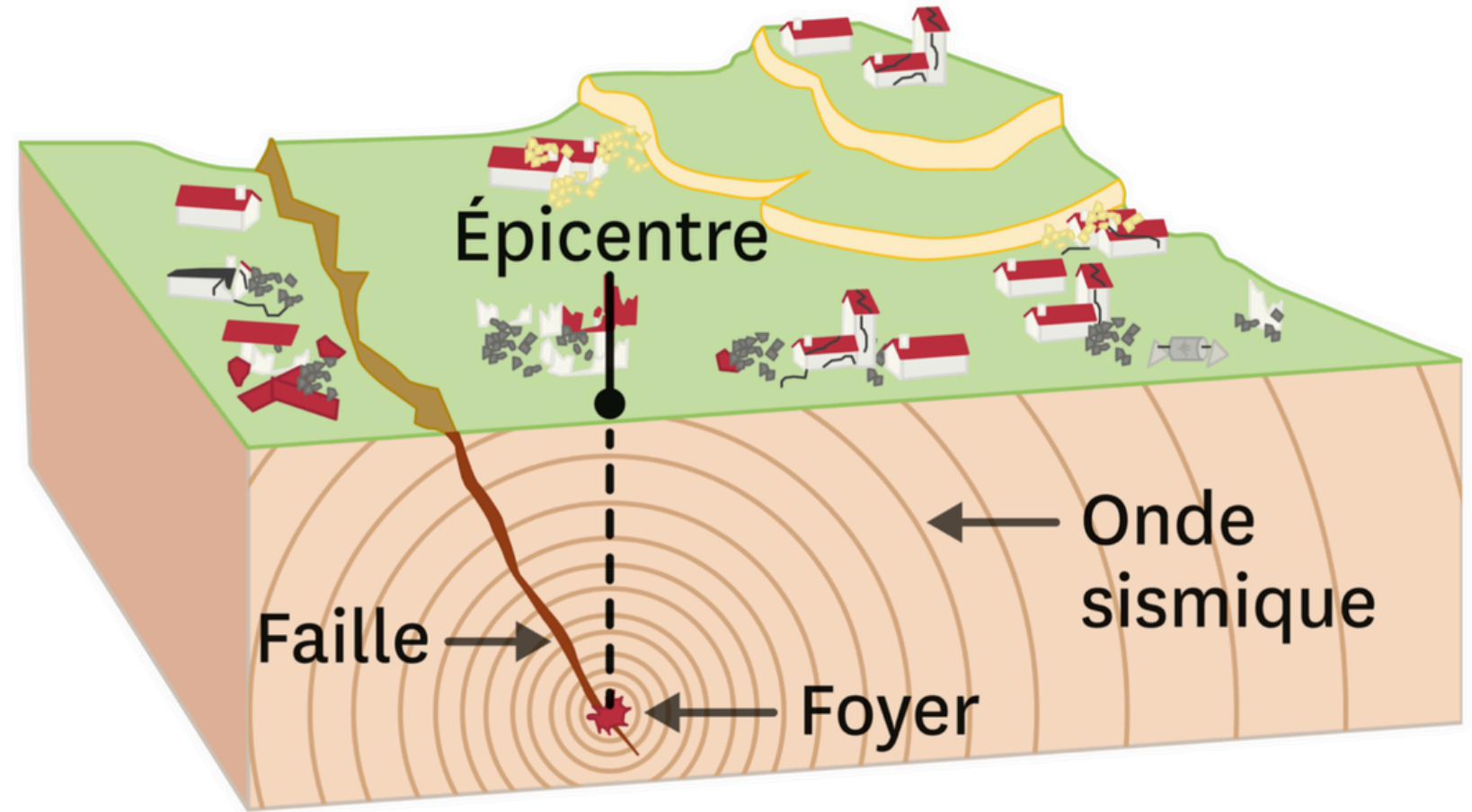
Le forage de Kola en Russie



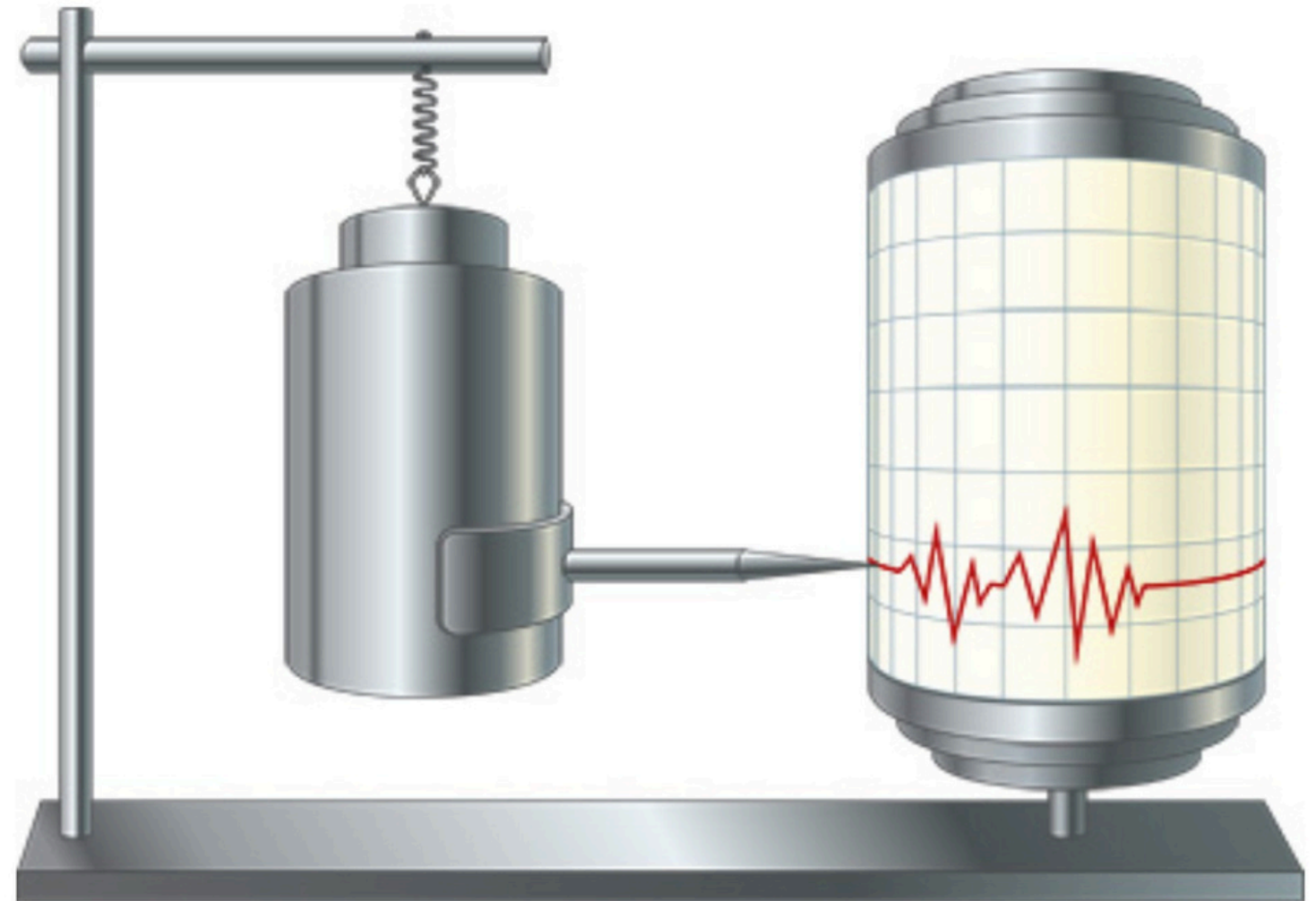
II. Les apports des études sismologiques sur la connaissance du globe terrestre

→ A) Séismes et propriétés des ondes sismiques

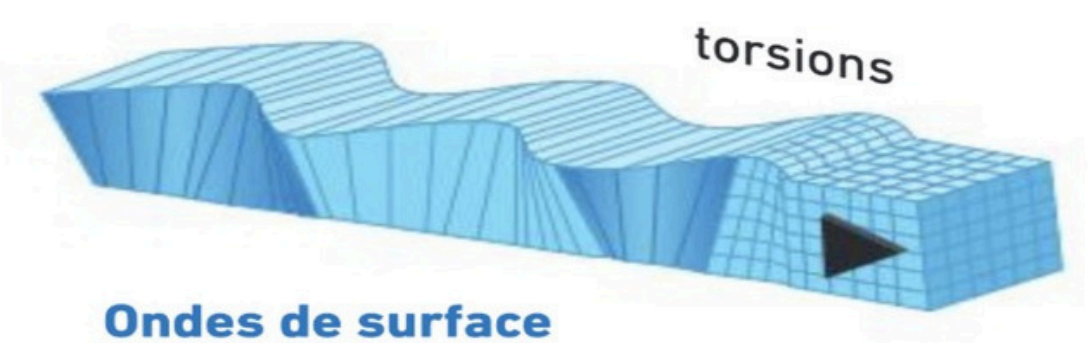
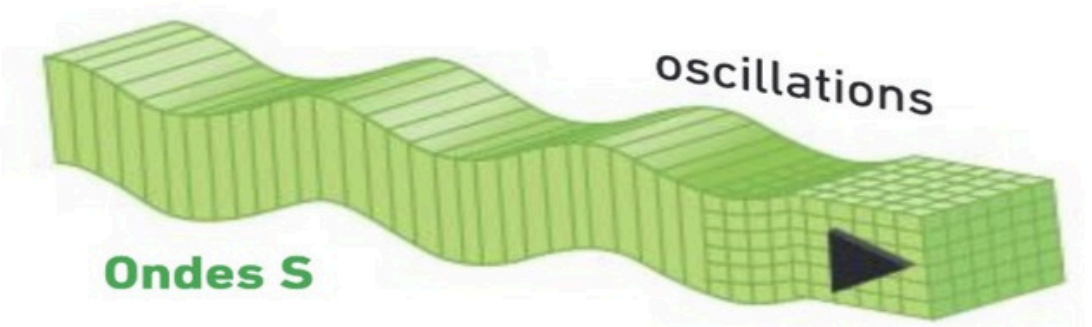
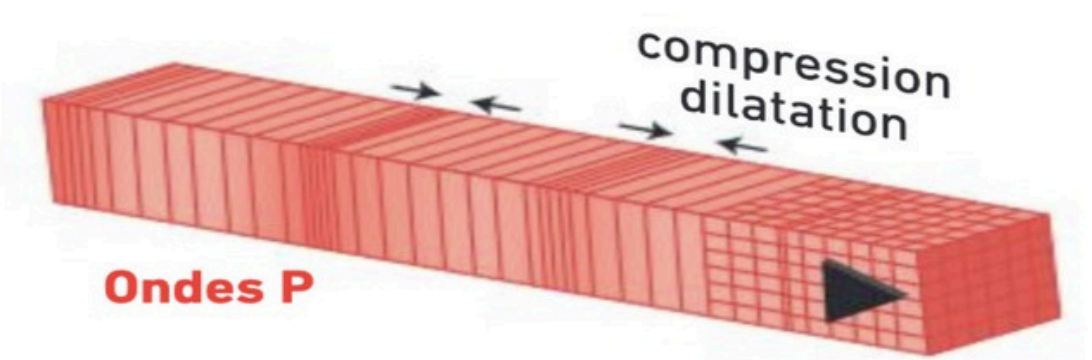
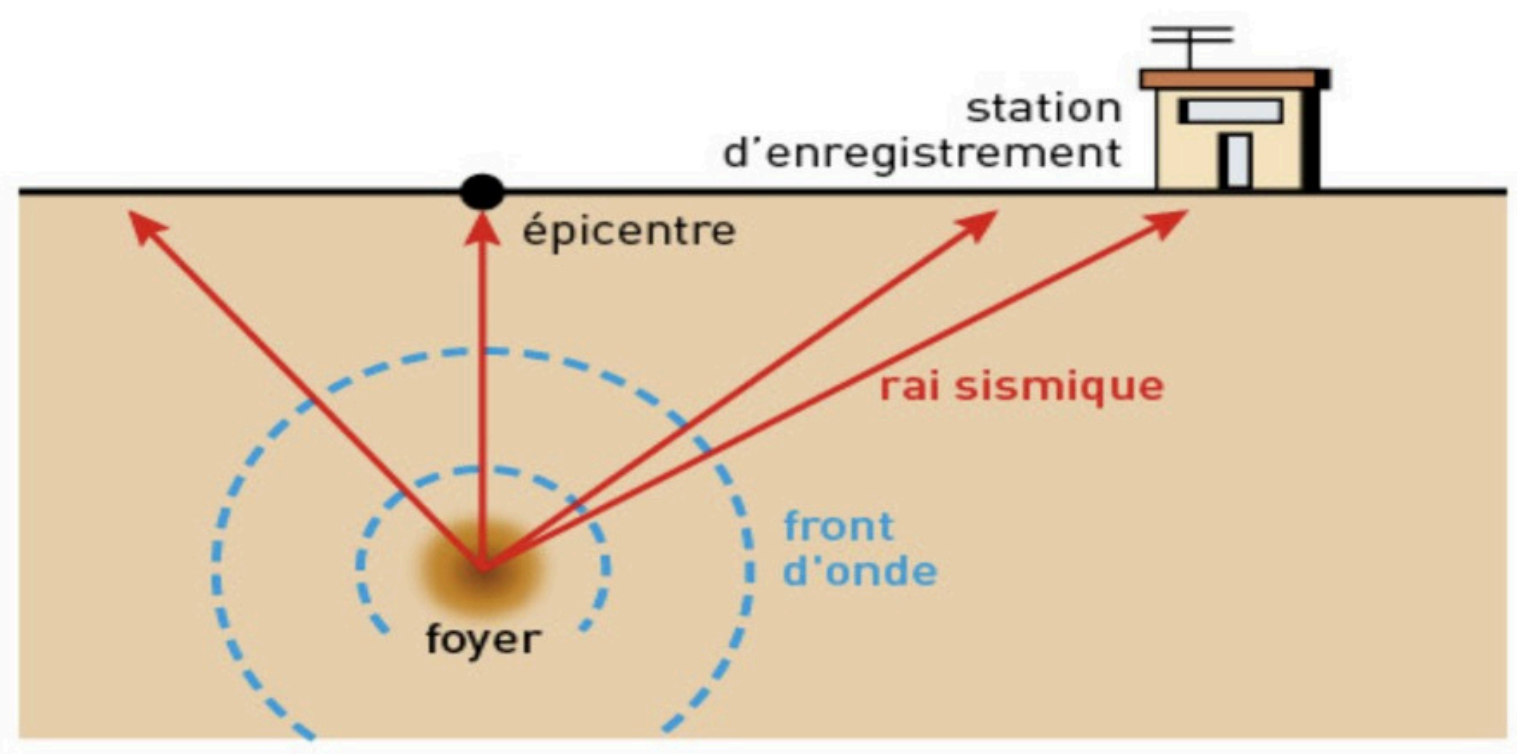
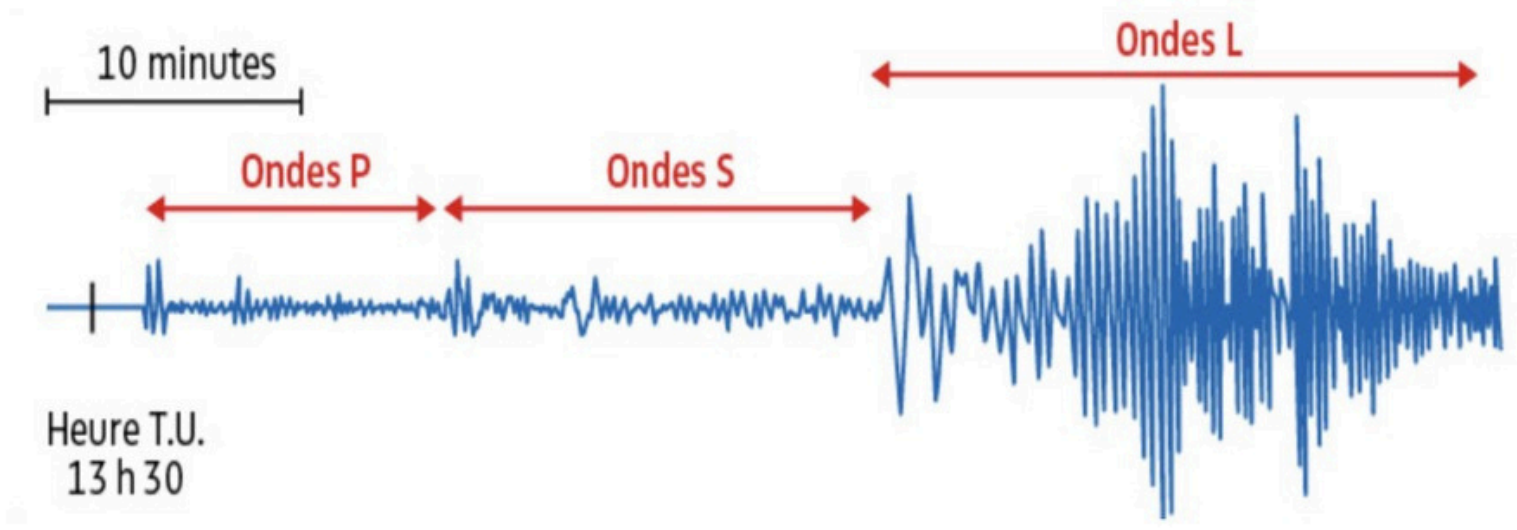




Les séismes



Le sismomètre : outil de mesure des séismes



La propagation des ondes sismiques



Roche	Péridotite	Granite	Basalte	Gabbro	Roches sédimentaires	Eau
Vitesse des ondes sismiques P (en km.s^{-1})	> 7,5	5-6	6-7	7	1,6 à 3,5	1,5

Profondeur (km)	Vitesse des ondes P sous les continents (km.s^{-1})
0	6
30	6
31	8
100	8
140	7,5
180	7,5
200	7,8
250	9
300	9,3

Profondeur (km)	Vitesse des ondes P sous les océans (km.s^{-1})
0	6,5
5	6,5
7	8
80	8
110	7,5
200	7,6
250	8,3
300	9

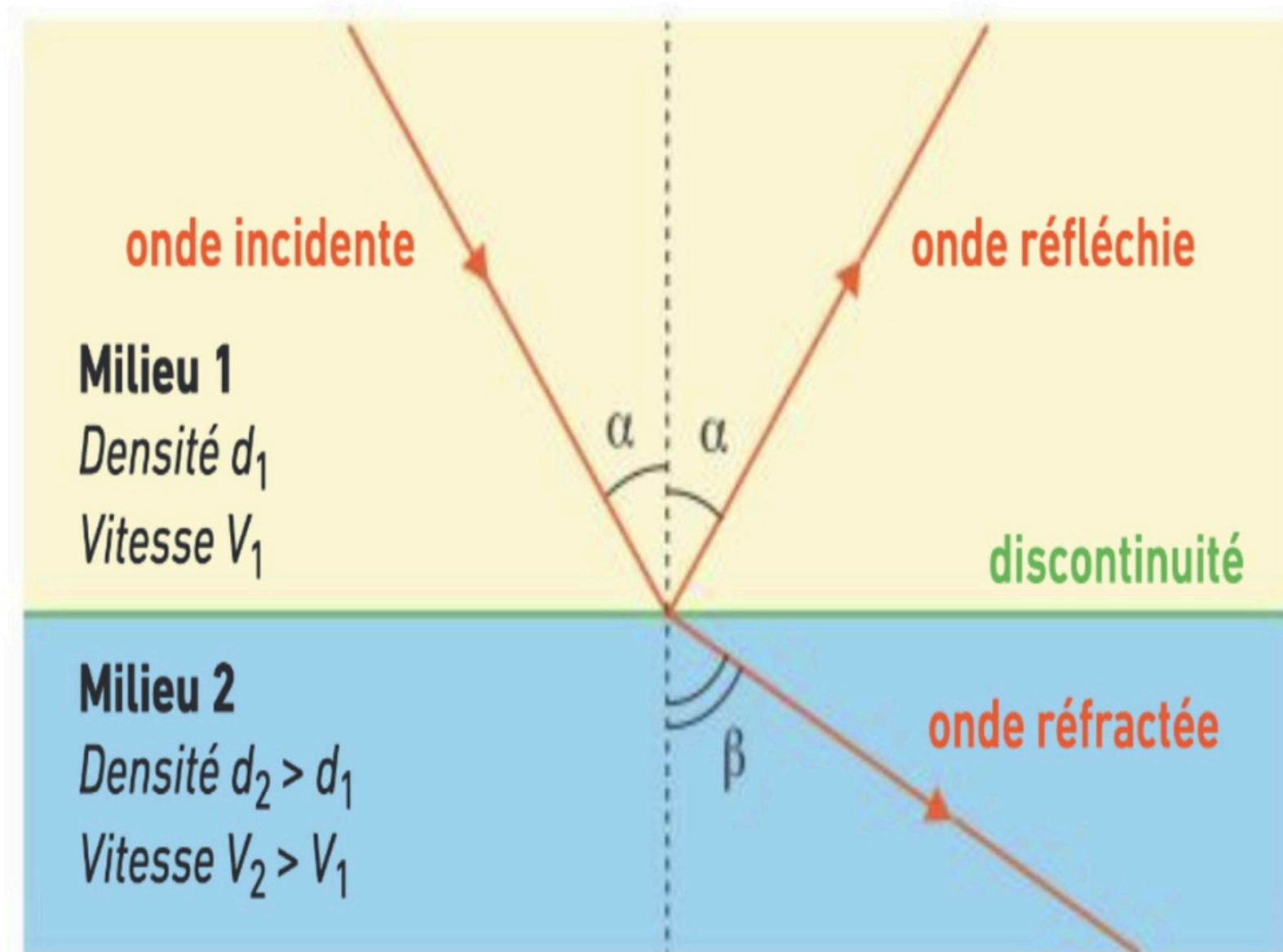
La vitesse des ondes sismiques

II. Les apports des études sismologiques sur la connaissance du globe terrestre

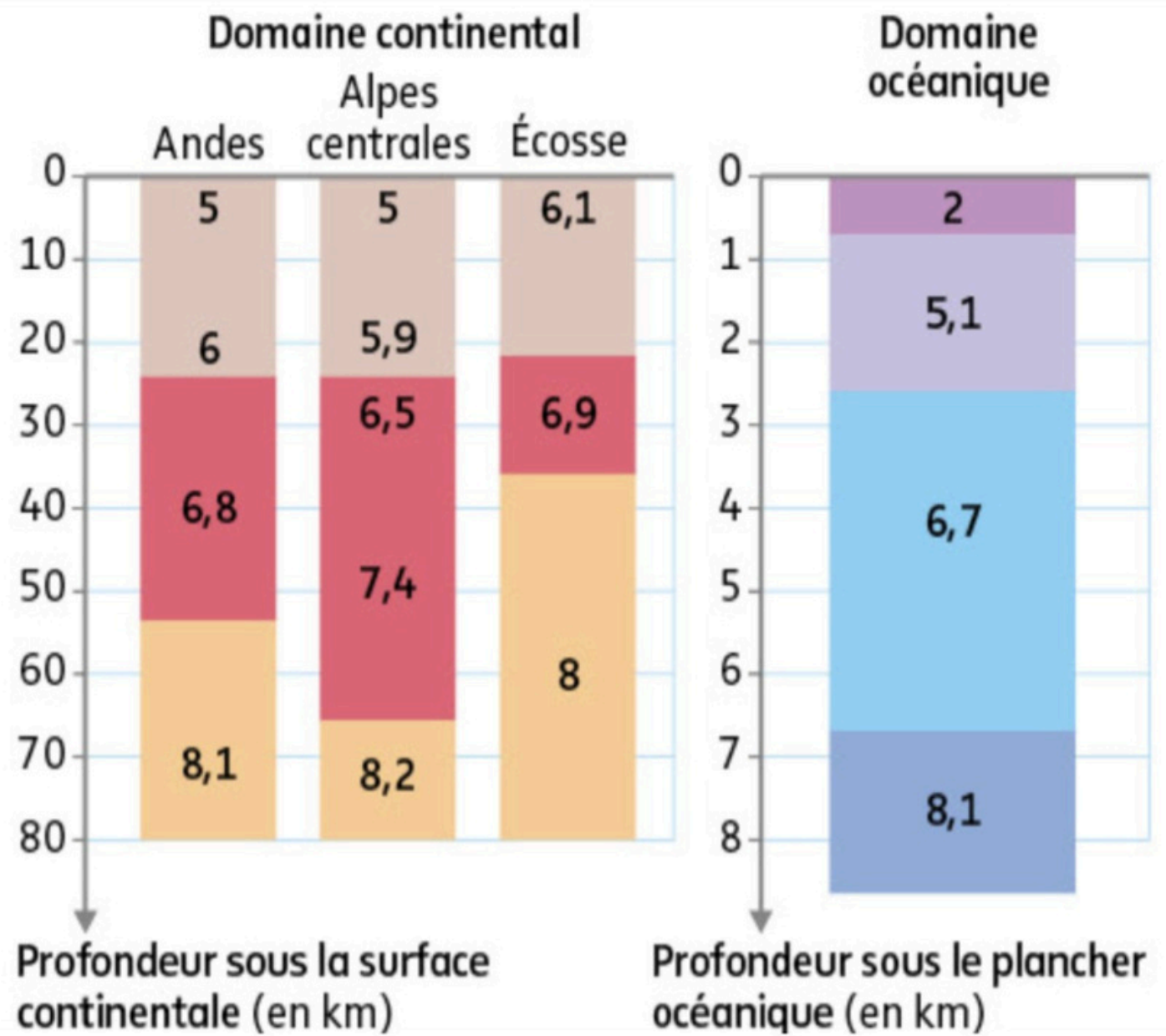
A) Séismes et propriétés des ondes sismiques

→ B) Ondes sismiques et structure superficielle du globe

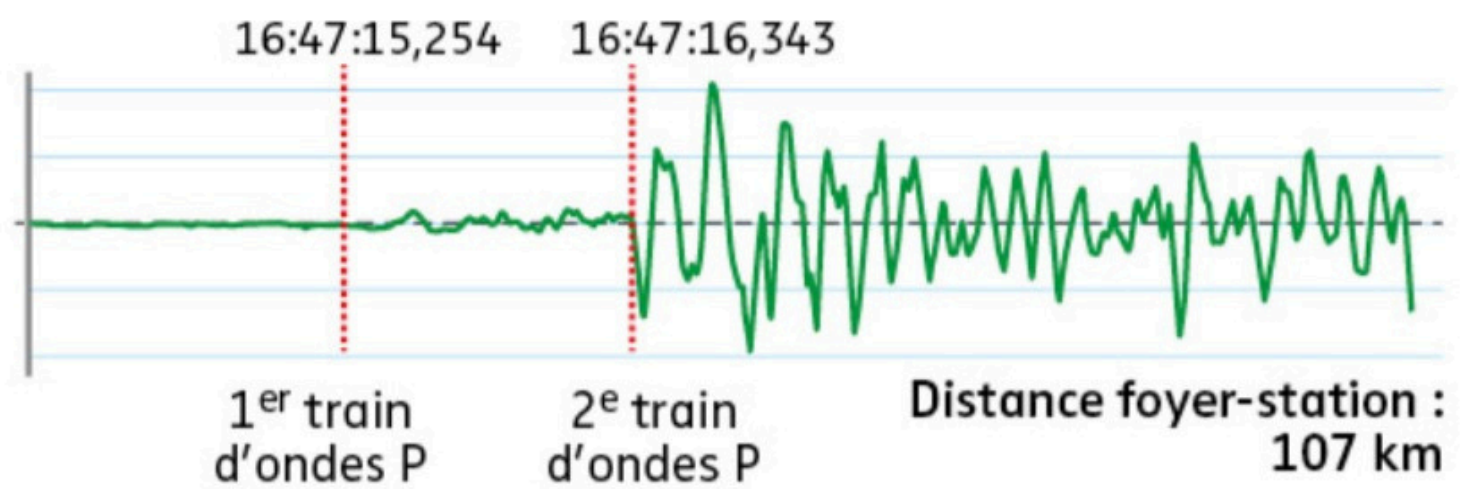
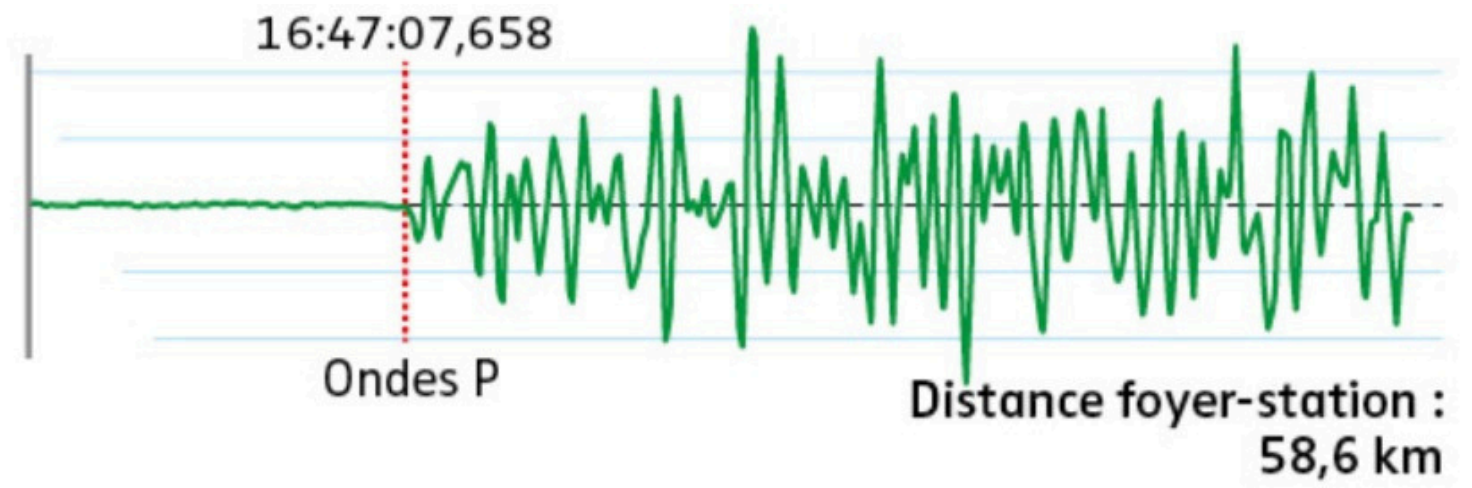
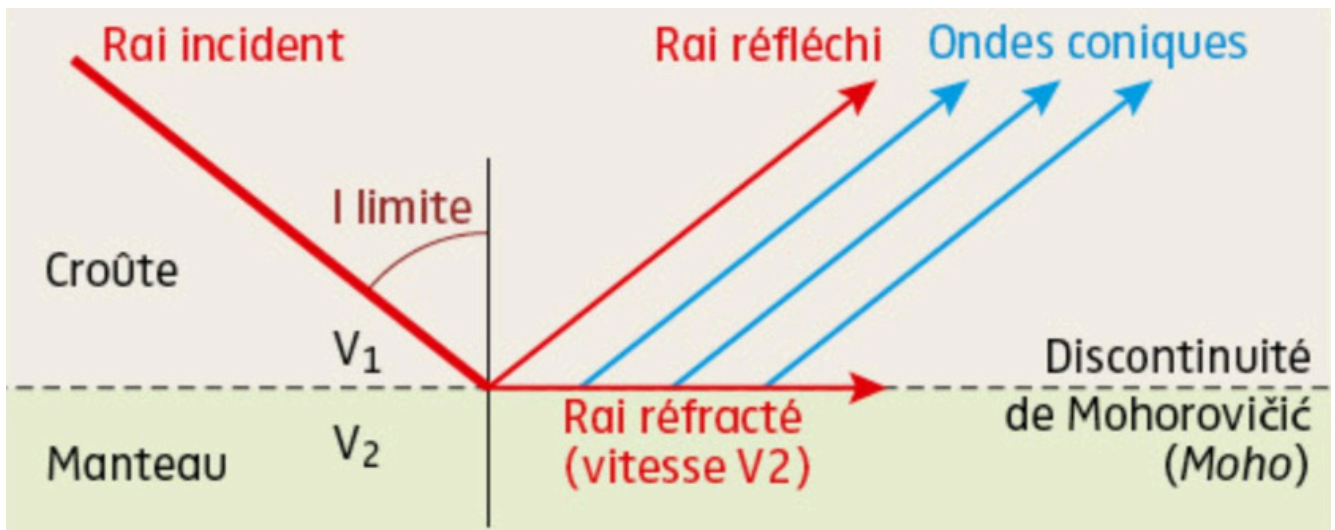




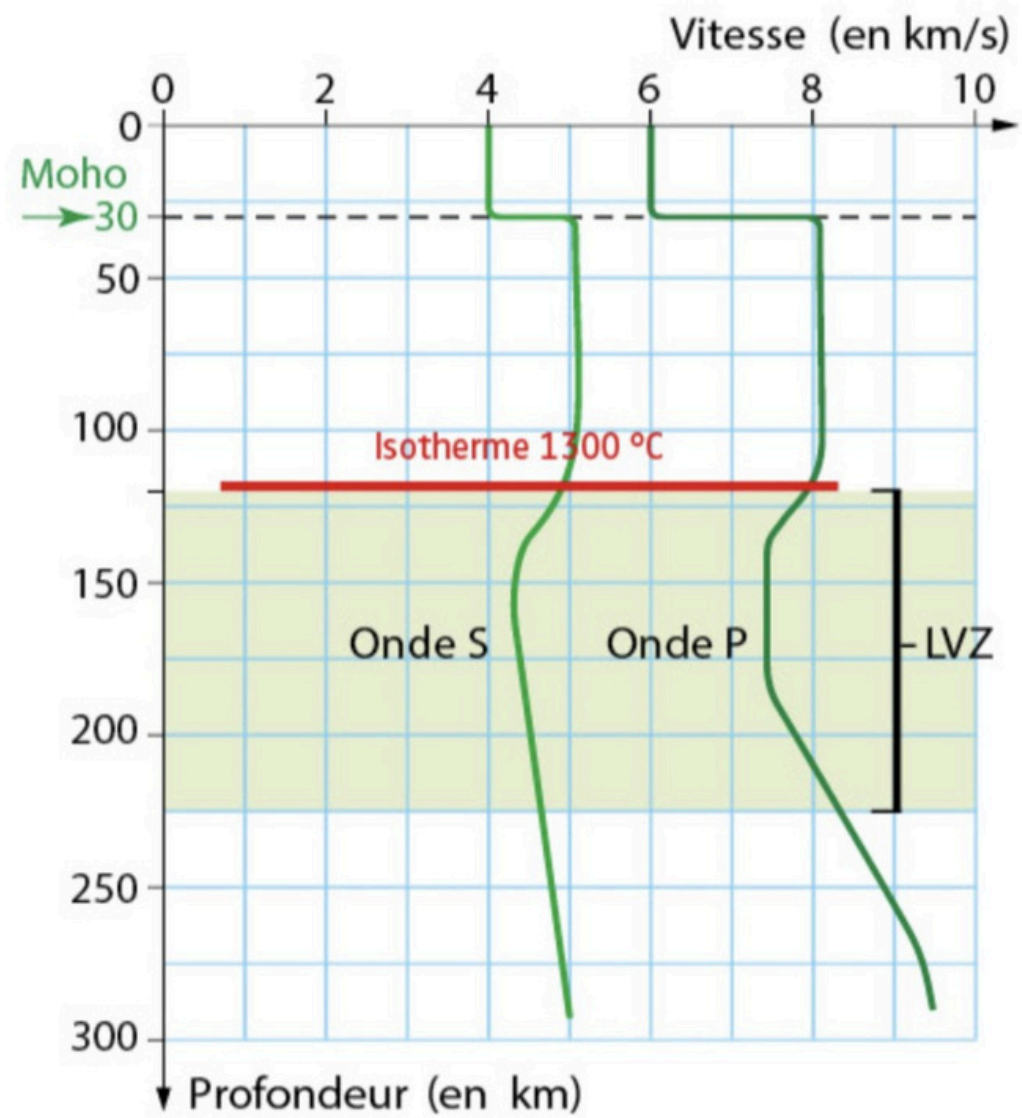
Les lois de Snell-Descartes



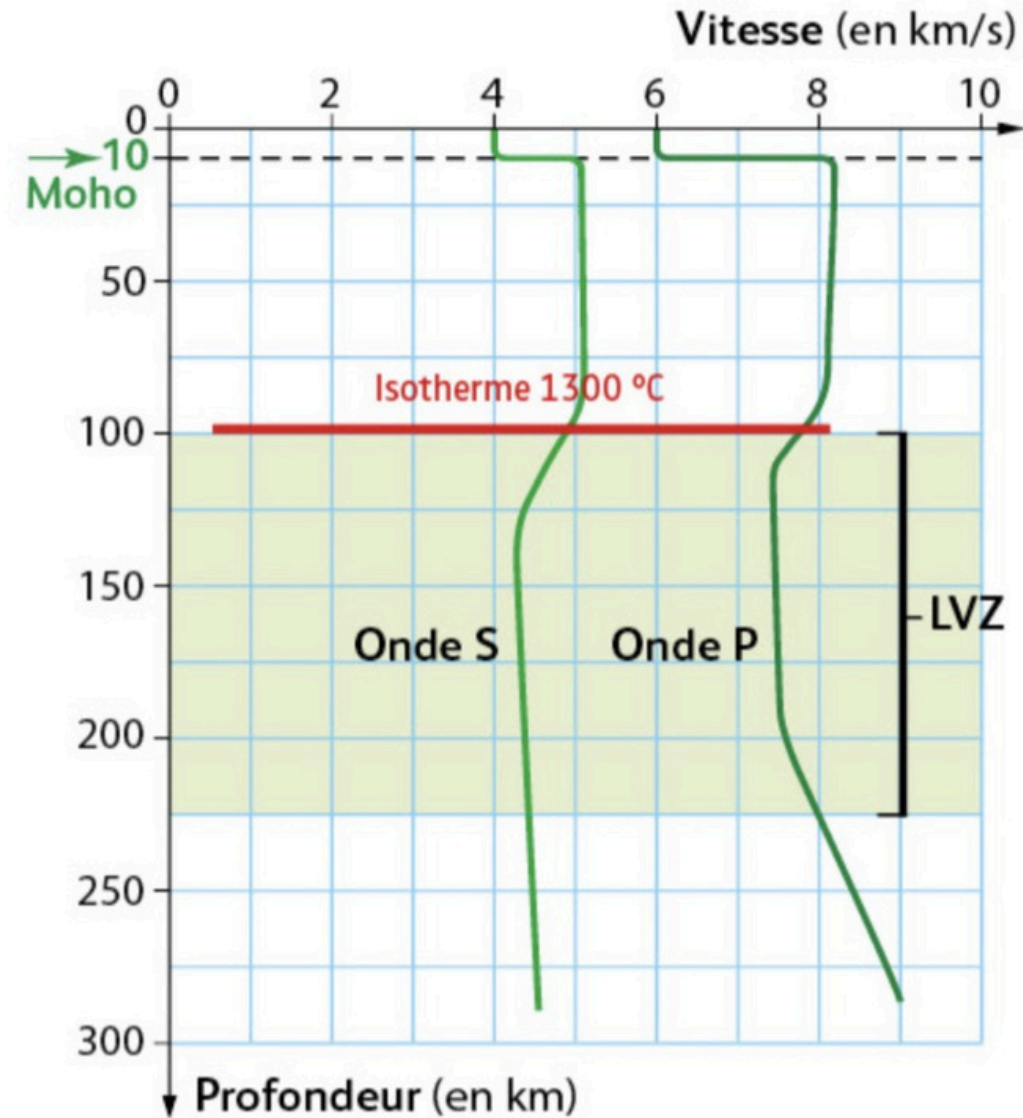
Les discontinuités sismiques au niveau crustale



La discontinuité de Mohorovicic ou "Moho"



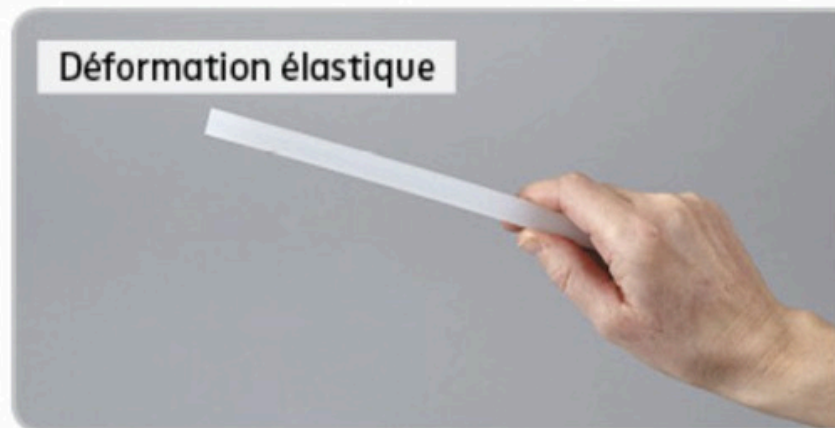
Isotherme = ligne de même température.



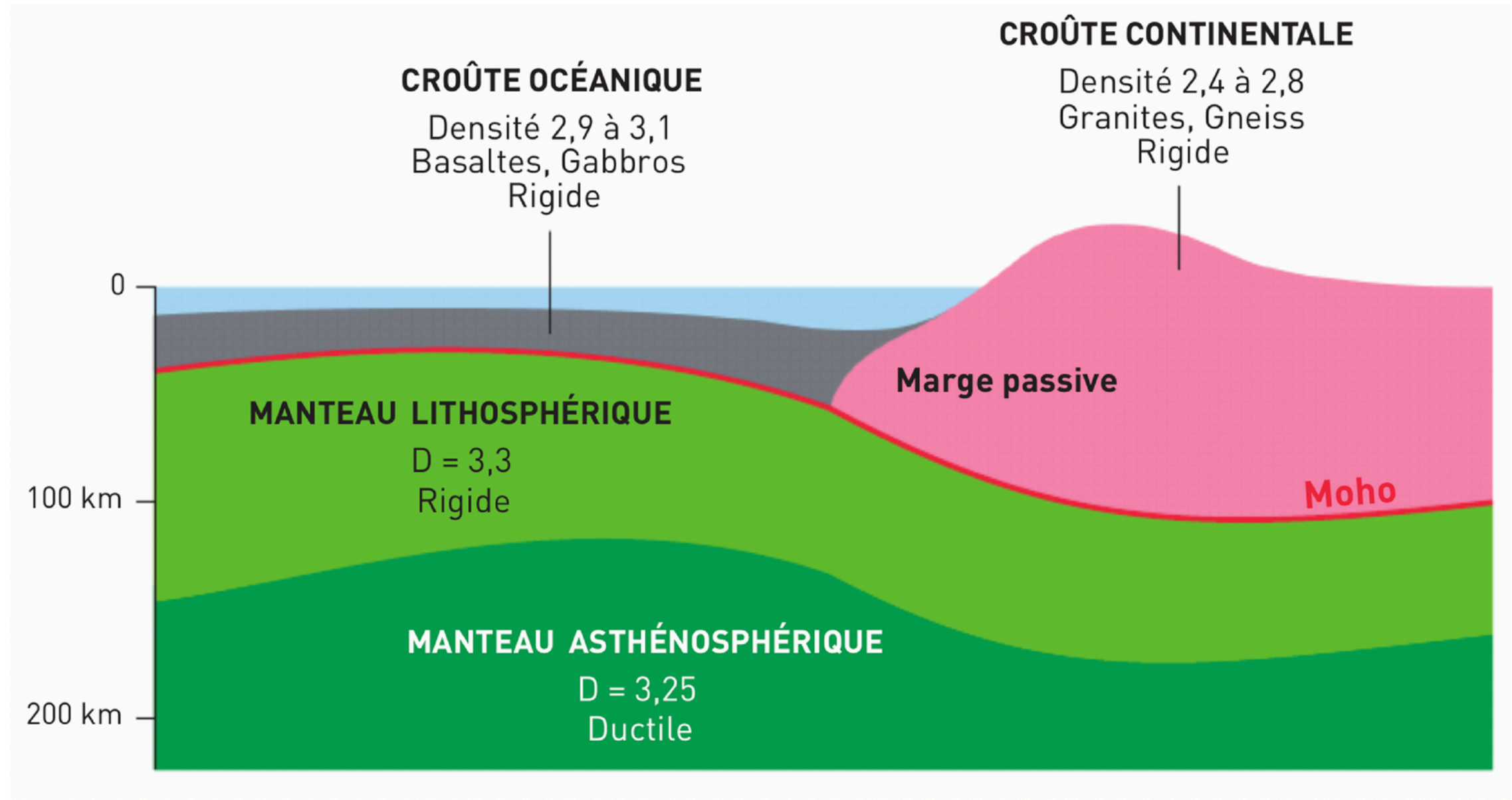
La distinction sismique entre la lithosphère et l'asthénosphère : la LVZ



- La rhéologie décrit le comportement des matériaux (leur déformation) lorsqu'ils sont soumis à une contrainte.
- Pour les matériaux solides, on distingue les comportements :
 - **élastique** : lorsqu'un matériau se déforme de façon réversible (retour à la forme initiale à l'arrêt de la contrainte) ;
 - **plastique (ou ductile)** : lorsqu'un matériau se déforme de façon irréversible sans casser ;
 - **rigide (ou fragile)** : lorsqu'un matériau se déforme de façon irréversible en cassant.
- Pour les gaz et les liquides, le comportement est qualifié de **fluide** : le matériau s'écoule lorsqu'il est soumis à une contrainte.
- Le comportement fluide permet un déplacement très rapide de la matière, le comportement plastique, associé à une faible viscosité, permet également un déplacement de la matière mais celui-ci est très lent.



Le comportement des roches



La structure de surface de la Terre

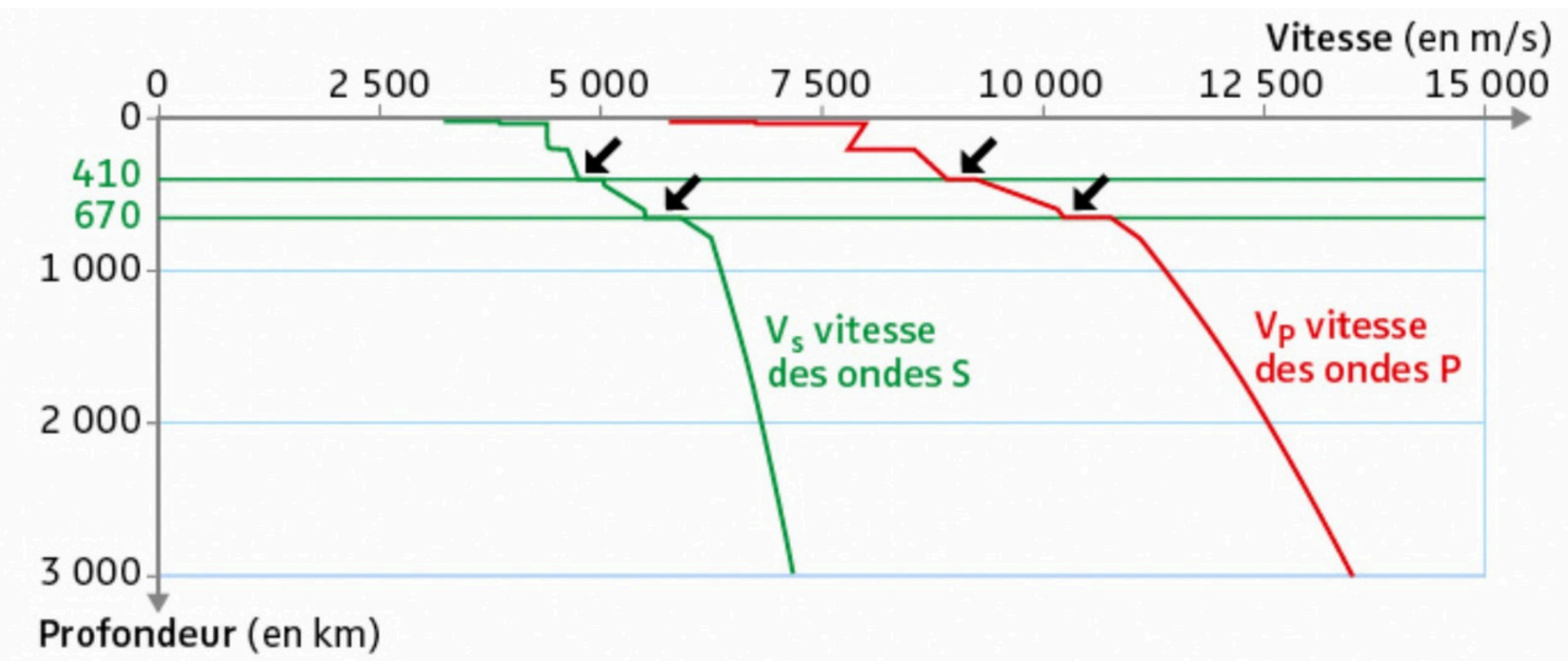
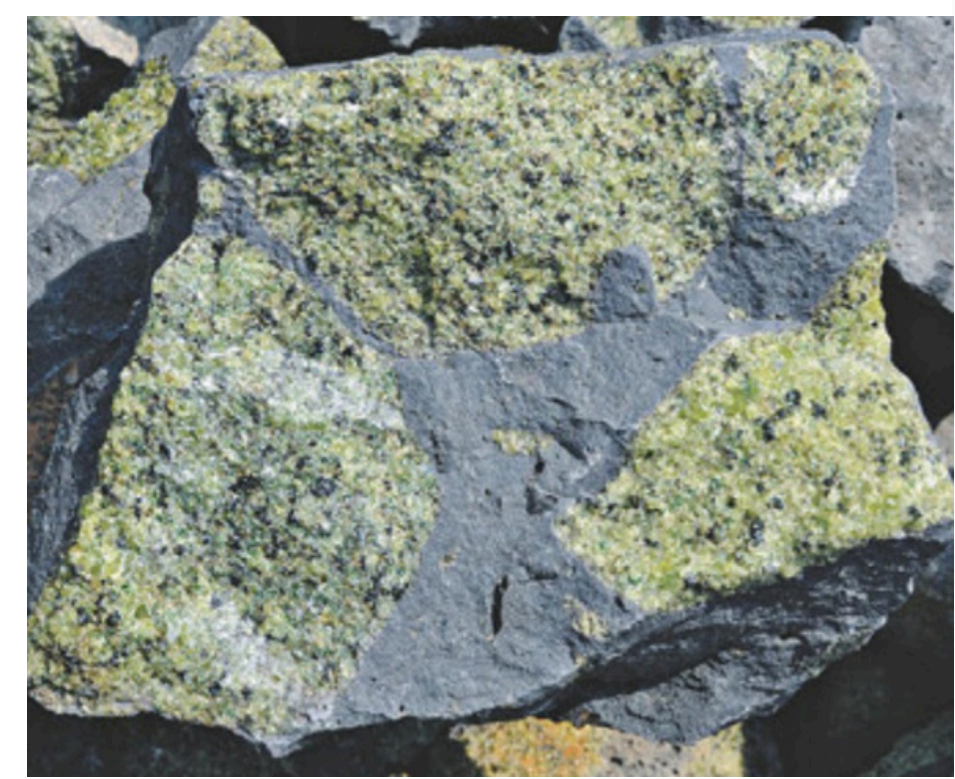
II. Les apports des études sismologiques sur la connaissance du globe terrestre

A) Séismes et propriétés des ondes sismiques

B) Ondes sismiques et structure superficielle du globe

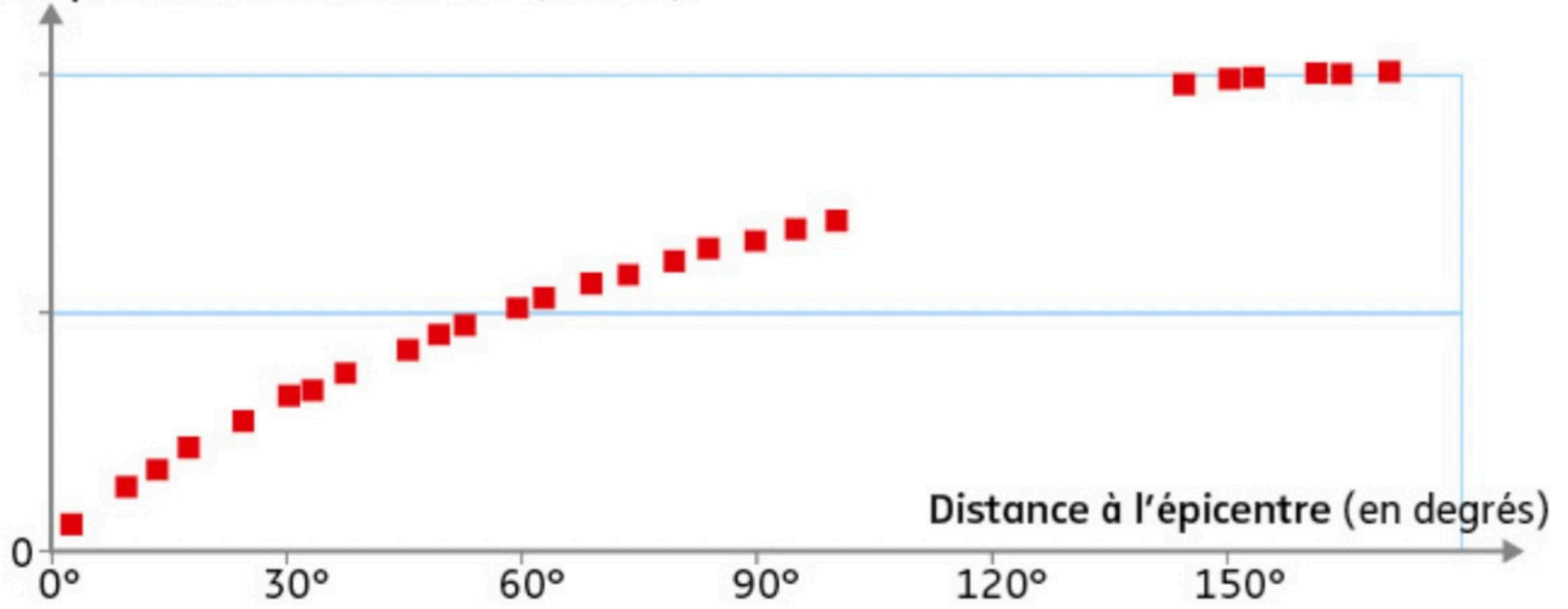
→ C) Ondes sismiques et structure profonde du globe



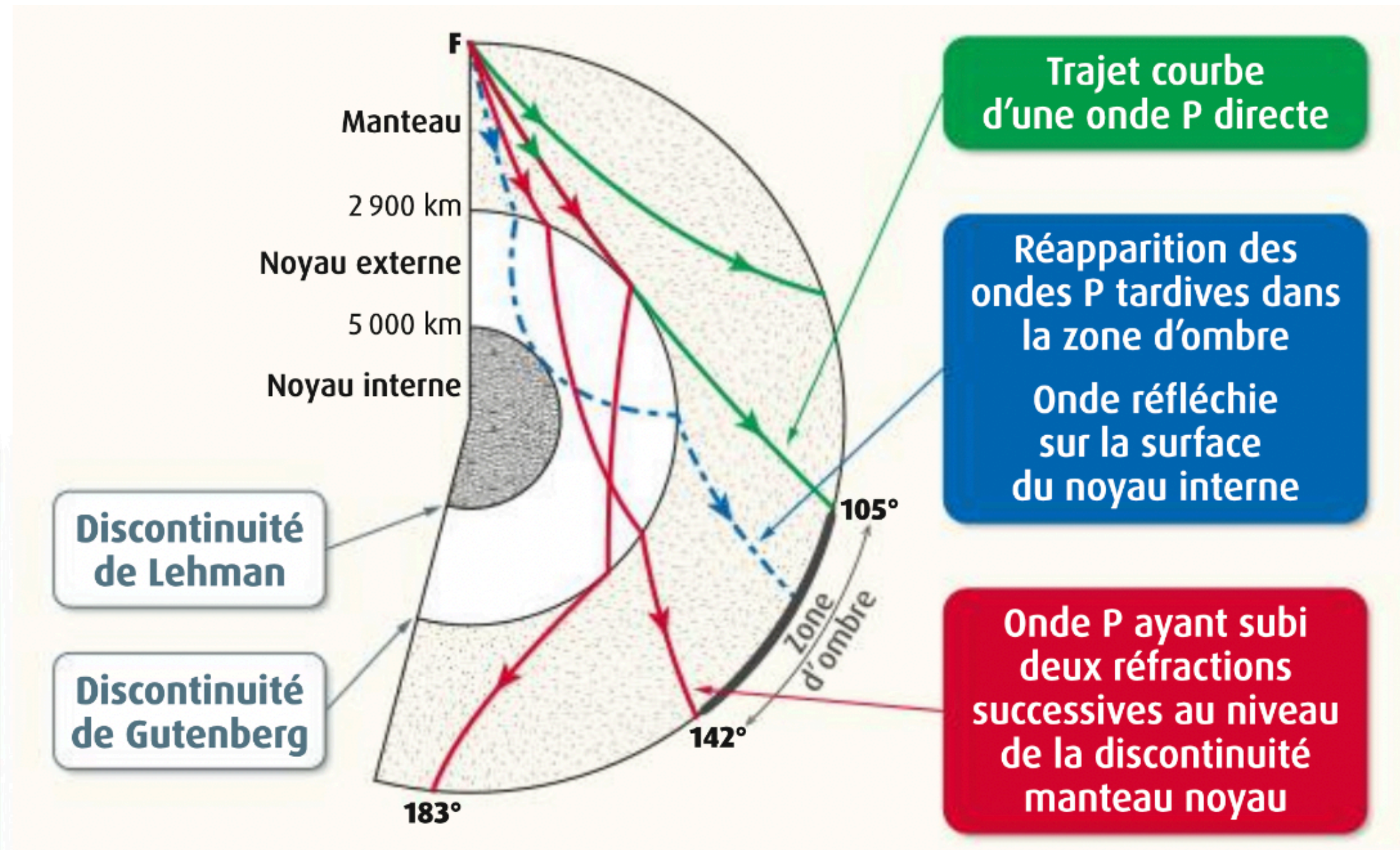
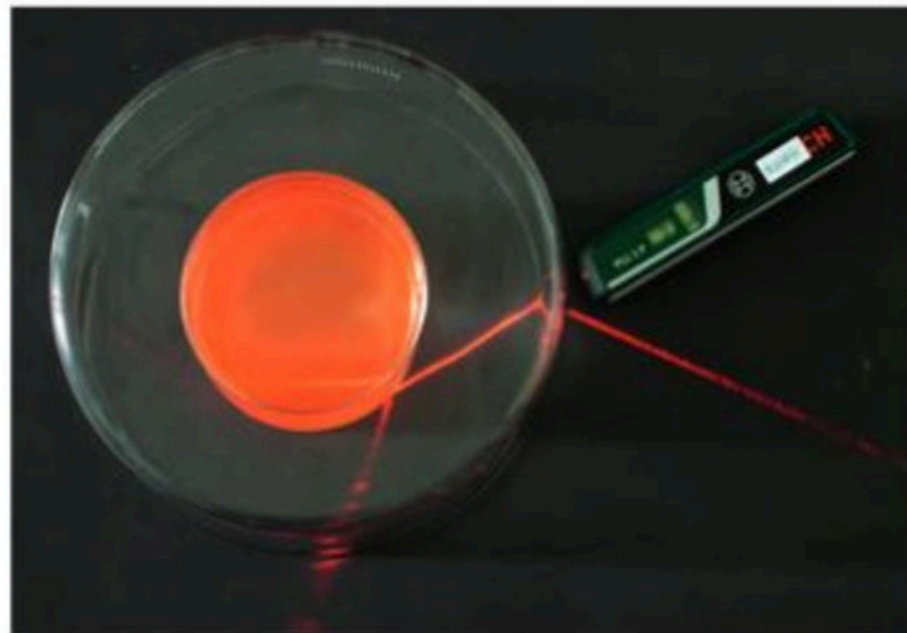
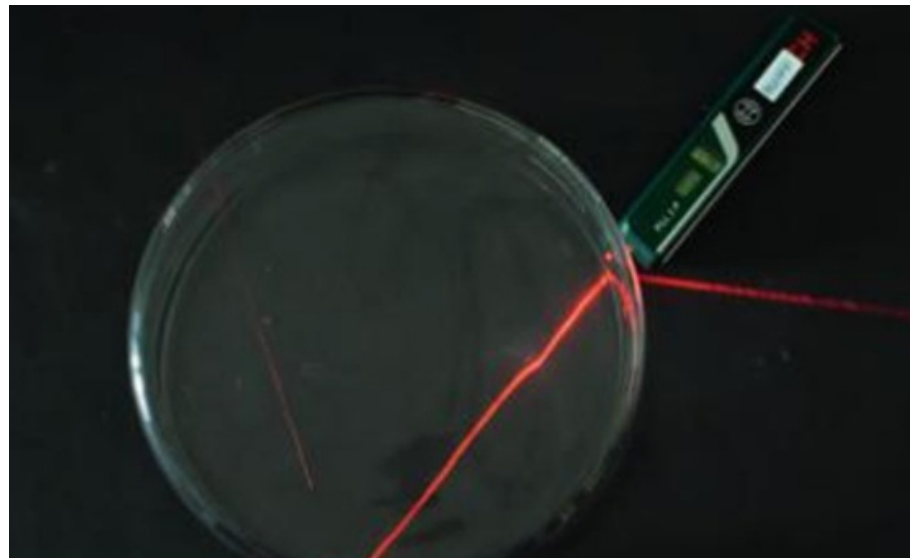


La nature du manteau terrestre

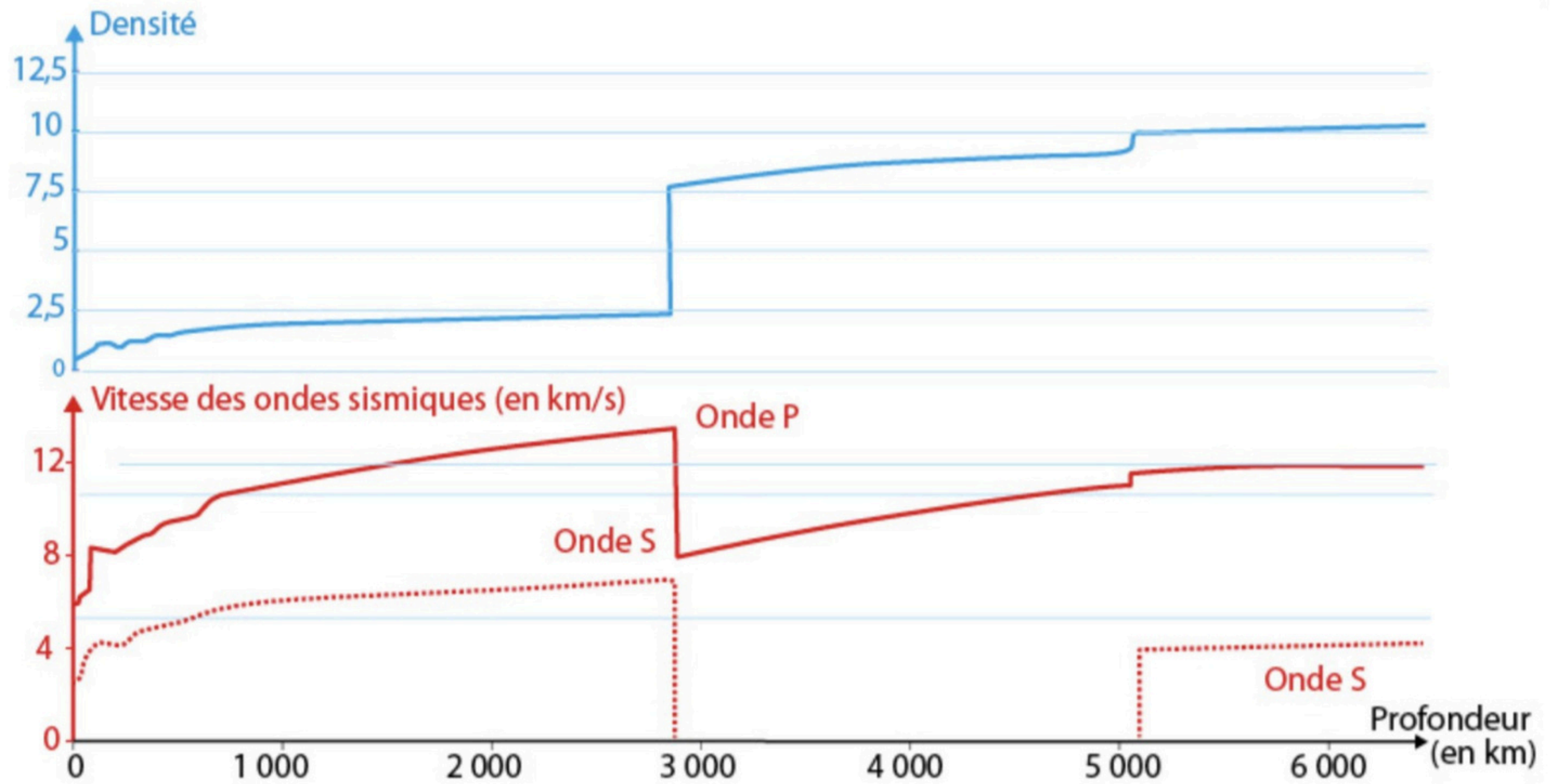
Temps d'arrivée des ondes P (en min)



La zone d'ombre de Gutenberg



La structure profonde de la Terre



Le modèle PREM

II. Les apports des études sismologiques sur la connaissance du globe terrestre

- A) Séismes et propriétés des ondes sismiques
- B) Ondes sismiques et structure superficielle du globe
- C) Ondes sismiques et structure profonde du globe
- D) Le modèle radial de la Terre





Bilan: L'étude de la propagation des ondes sismiques révèle d'importantes discontinuités sur lesquelles les ondes se réfléchissent ou se réfractent en changeant de vitesse. Elle permet de construire un modèle du globe en plusieurs couches, le modèle PREM. La croûte océanique ou continentale, est limitée à sa base par la discontinuité de Mohorovicic, ou Moho. Le manteau, entièrement solide, est situé entre le Moho et la discontinuité de Gutenberg à 2900 km de profondeur. Il est constitué de roches denses à l'état solide, les péridotites, dans lesquelles les ondes se propagent à une vitesse plus grande que dans la croûte. A plus de 2900 km, se trouve le noyau, liquide dans sa partie externe et solide dans sa partie interne.

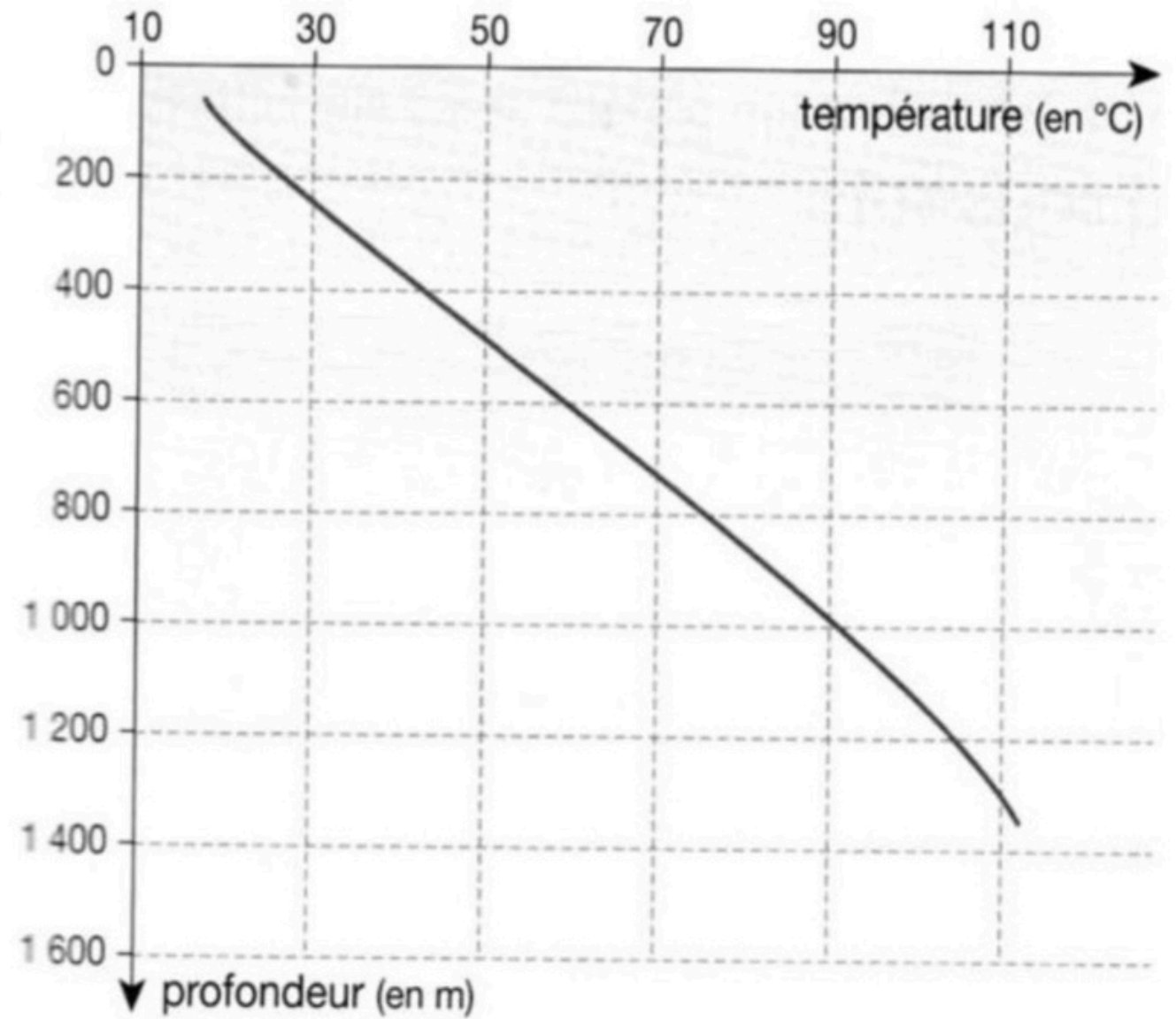
III. Les apports des études thermiques sur la connaissance du globe terrestre

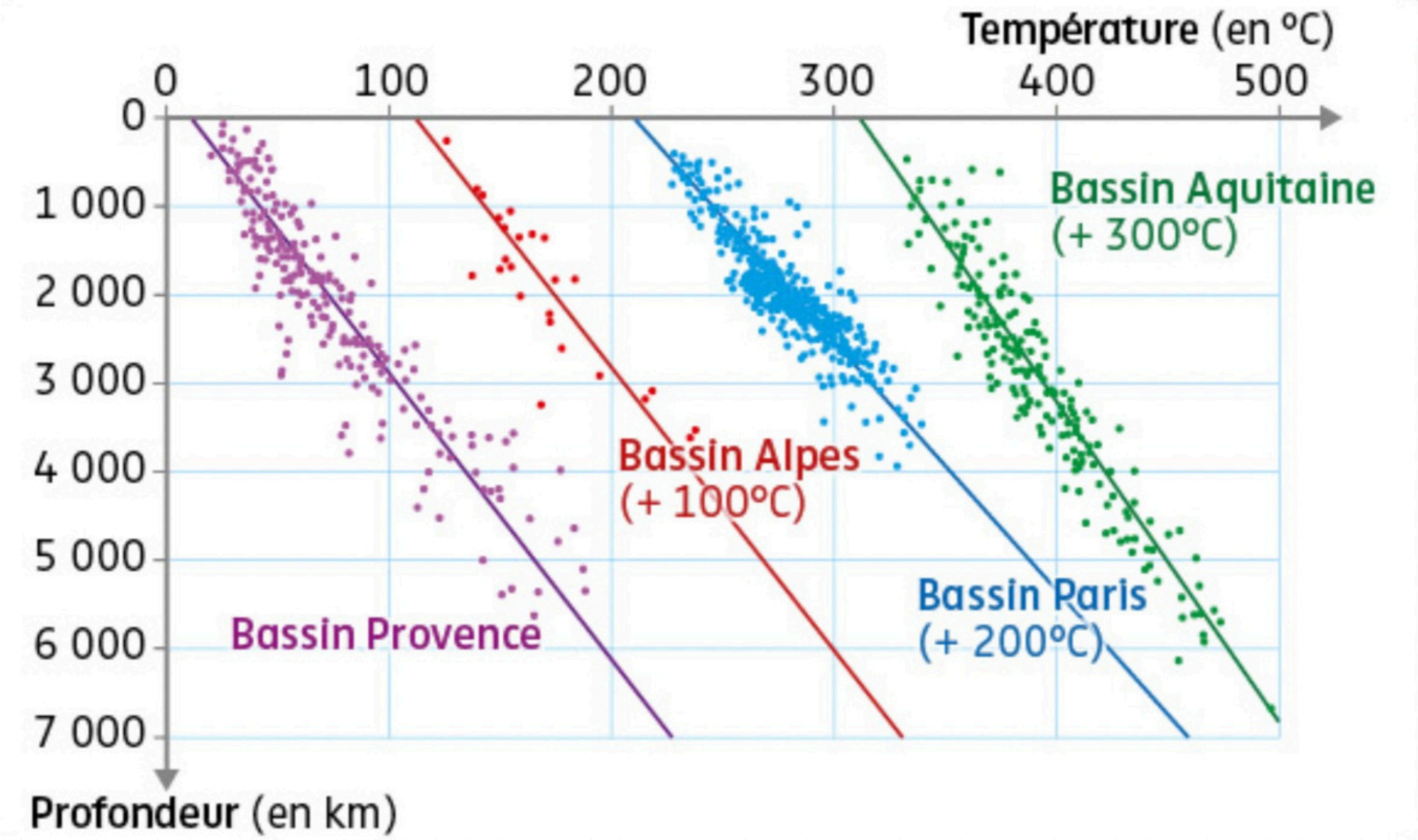
→ A) L'augmentation de la température à l'intérieur du globe terrestre



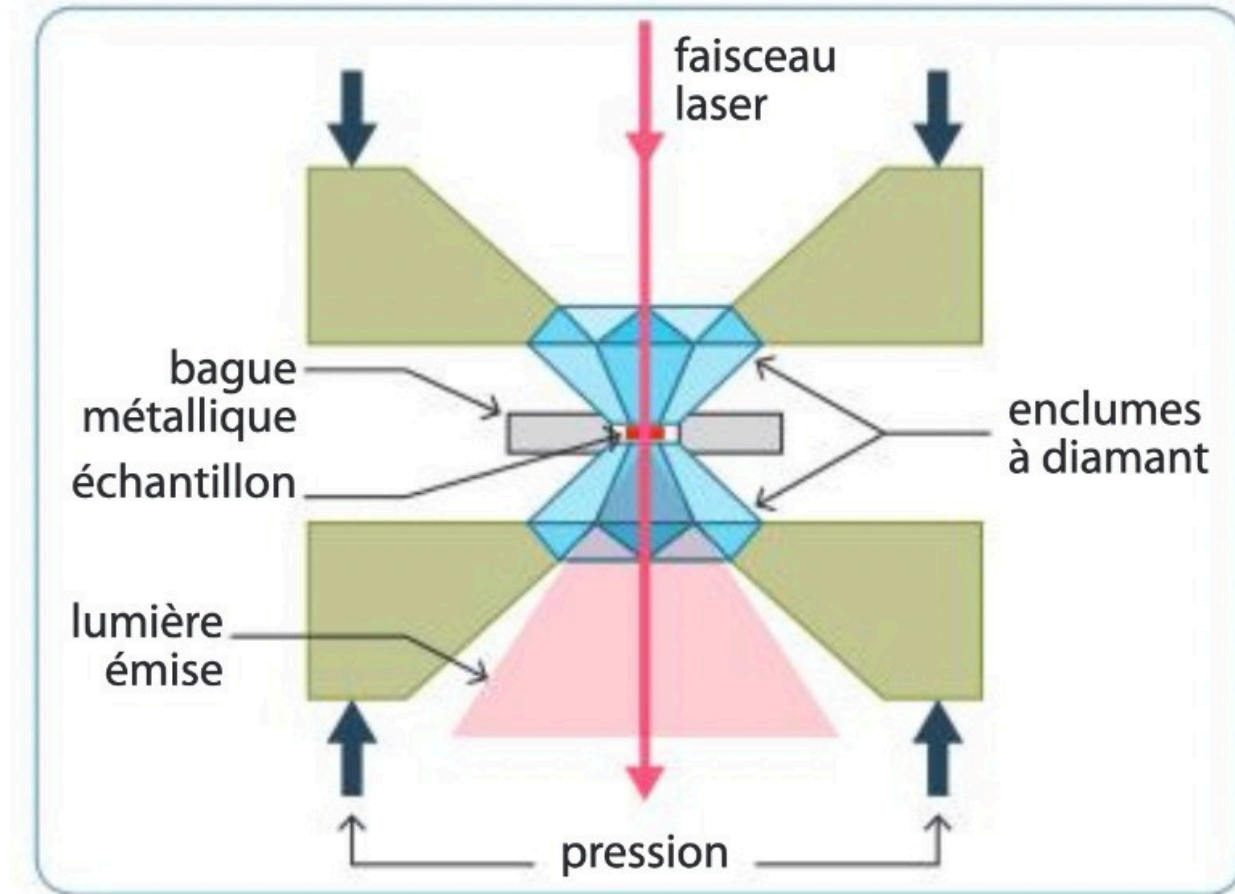
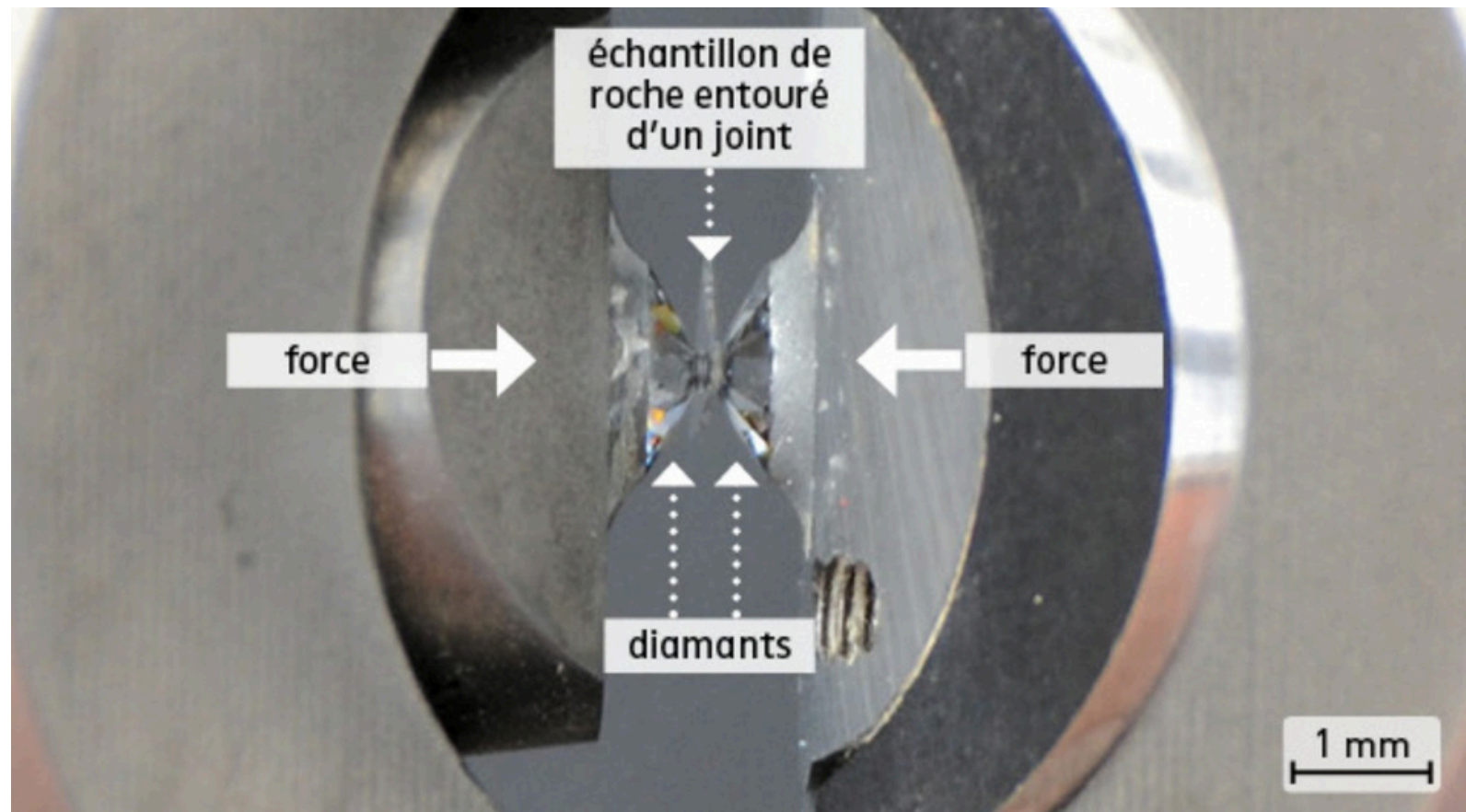


La température du sous-sol

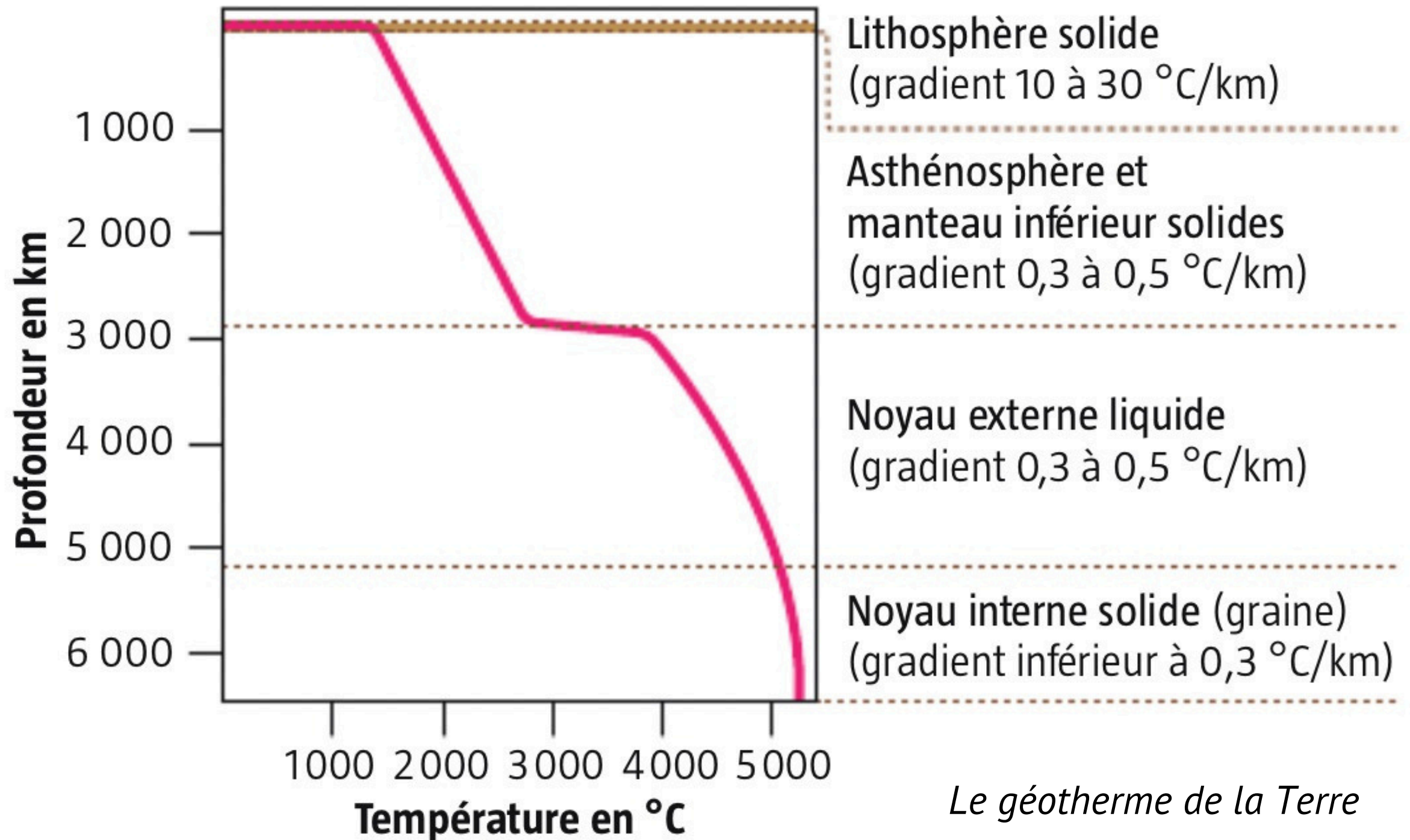




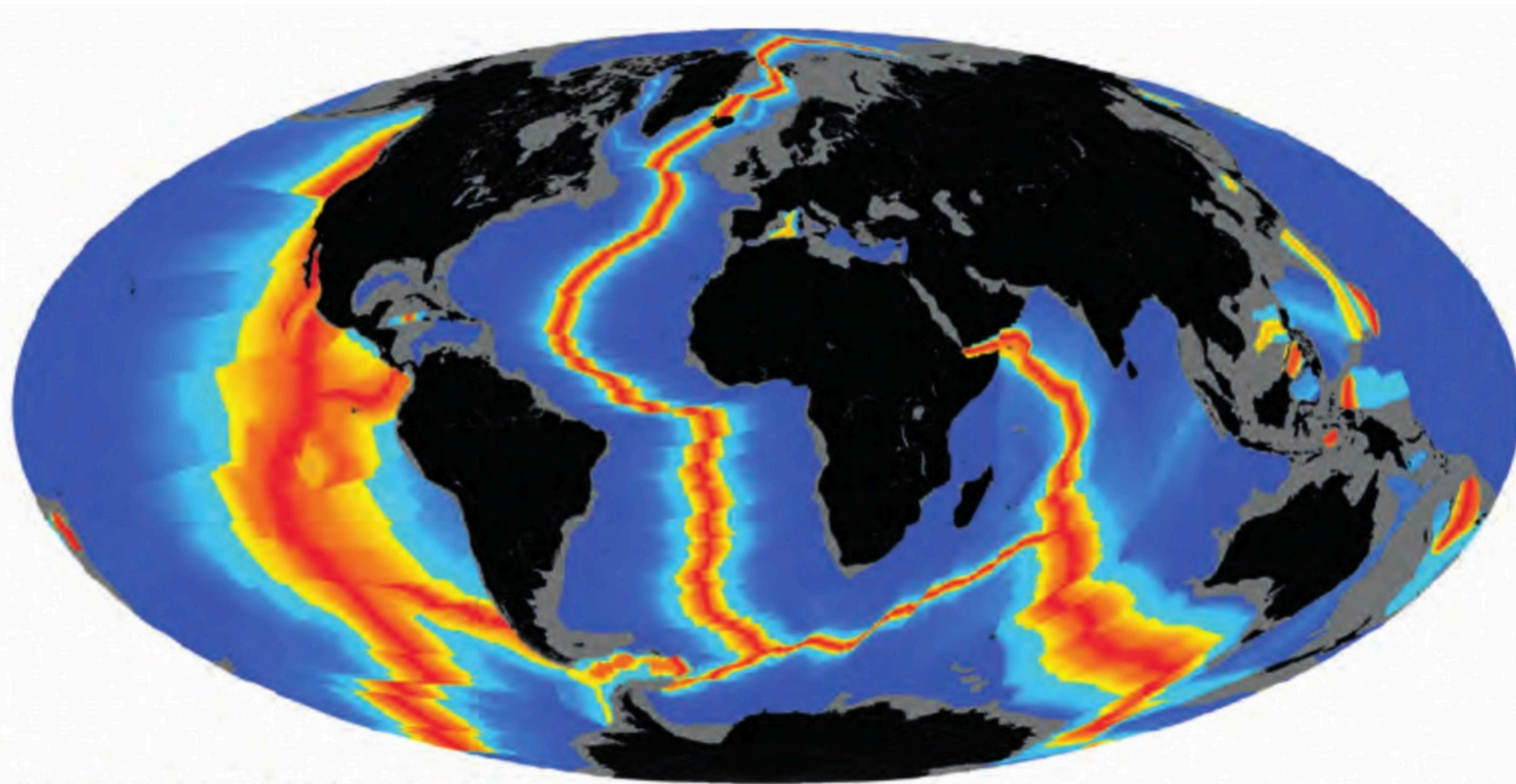
Les forages pour estimer la température interne



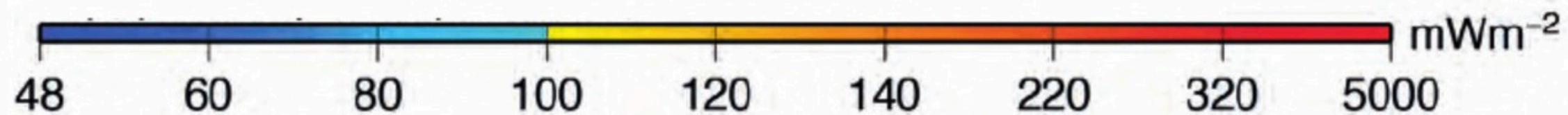
Principe des cellules à enclumes de diamant



Le géotherme de la Terre



*Le flux géothermique
de la Terre*



III. Les apports des études thermiques sur la connaissance du globe terrestre

A) L'augmentation de la température à l'intérieur du globe terrestre

→ B) Le modèle thermique de la Terre





Convection :

transfert de chaleur impliquant des mouvements de matière.

Exemple : dans l'eau de la casserole

Rayonnement thermique :
émission d'ondes électromagnétiques.

Exemple : rougeoiement des flammes



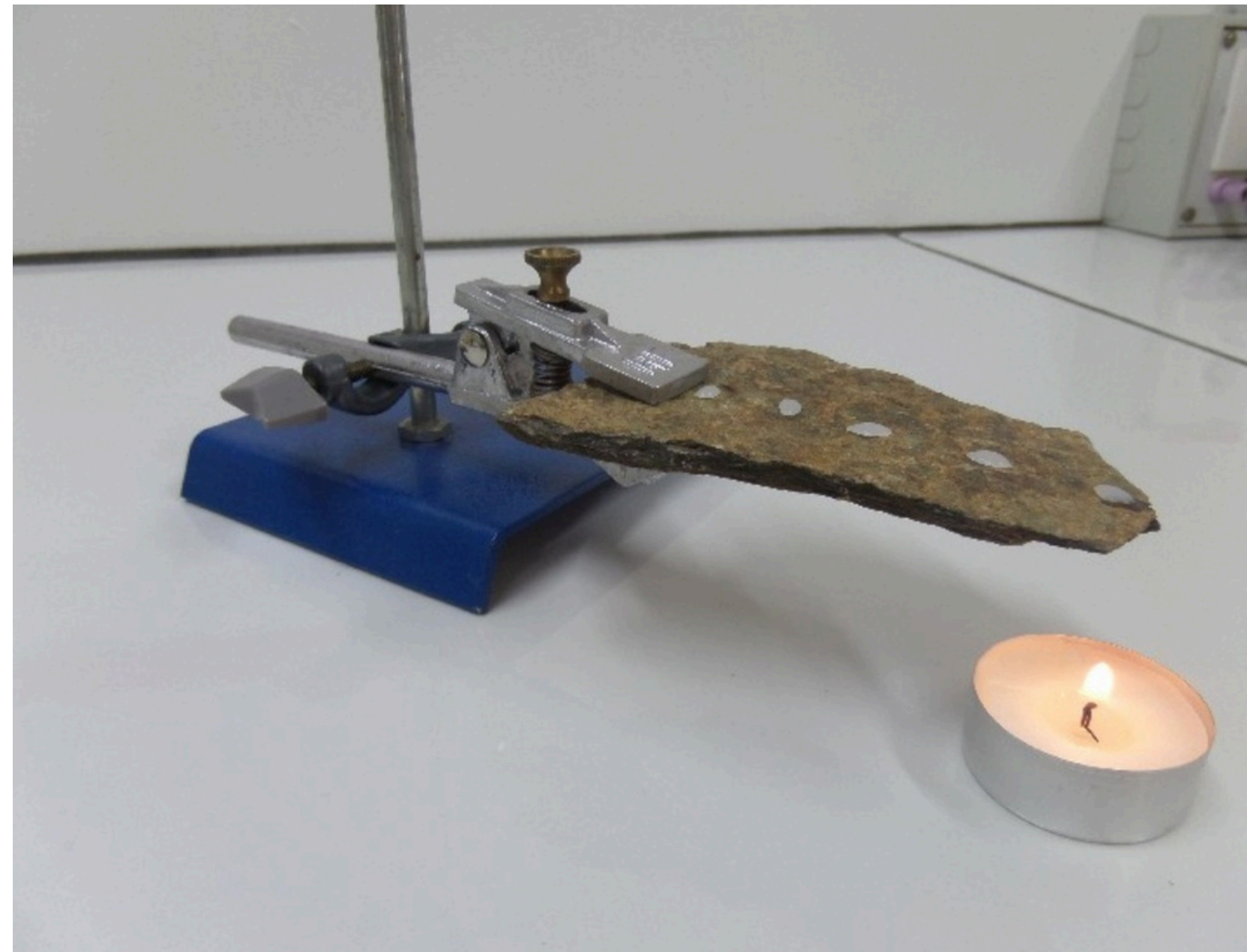
Conduction :

transfert de chaleur de proche en proche sans mouvement de matière.

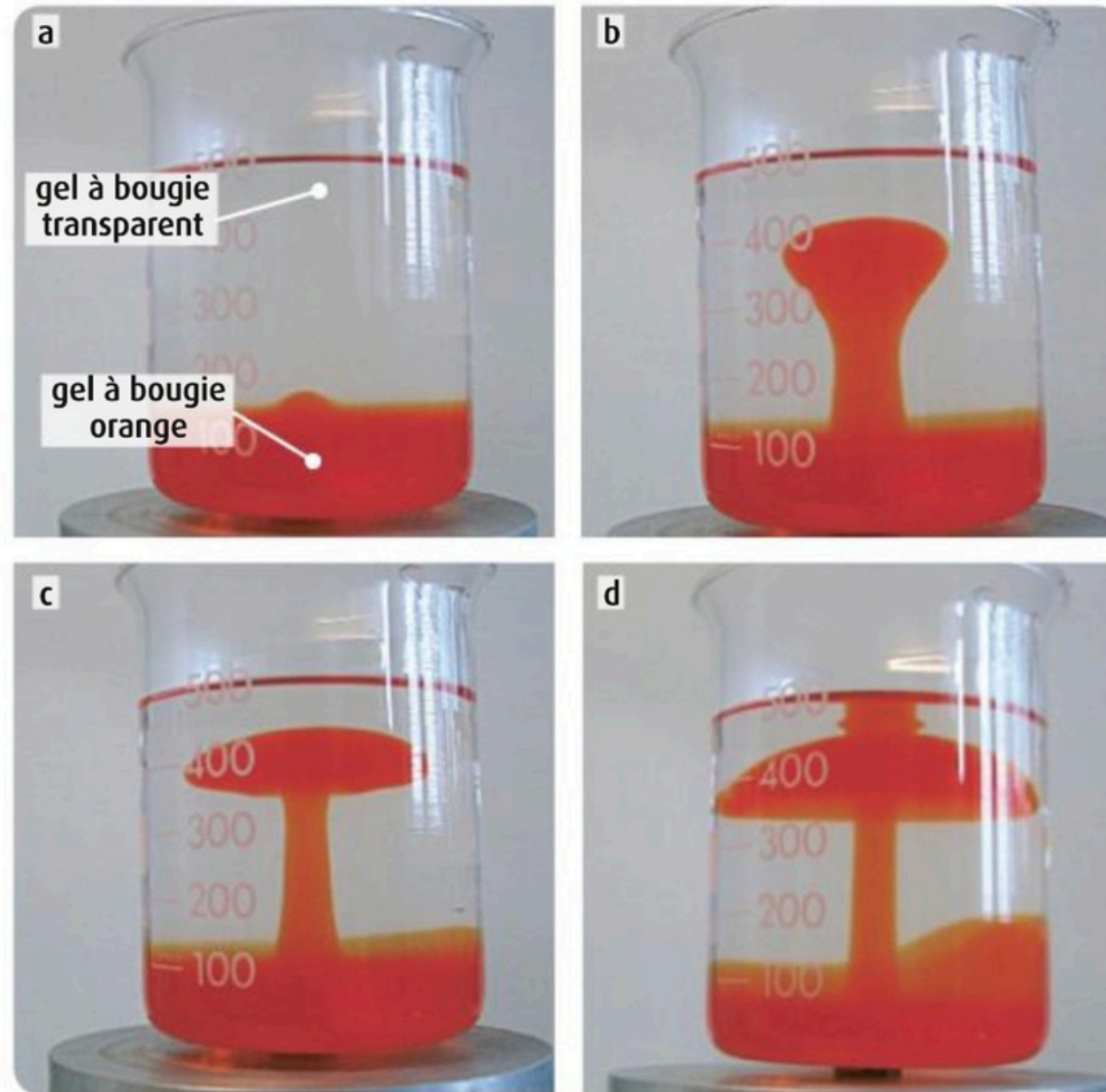
Exemples :

- le long de la poignée de la casserole
- entre l'eau et l'air à la surface de la casserole
- entre le fond de la casserole et l'eau

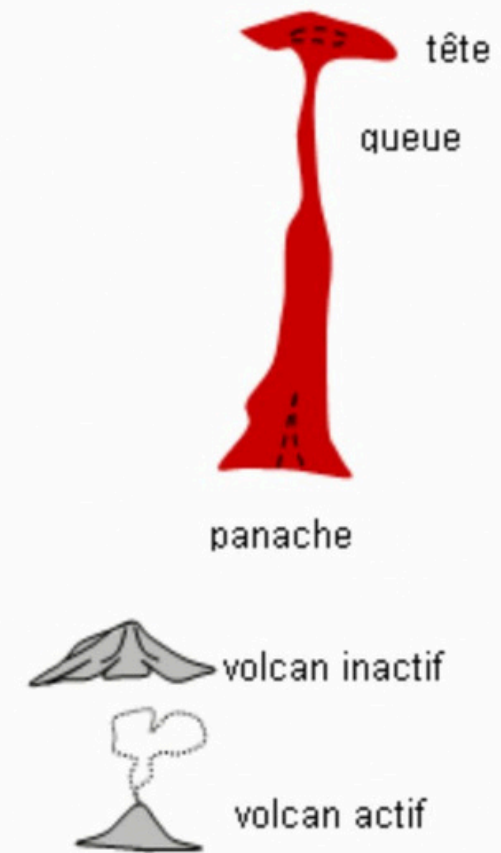
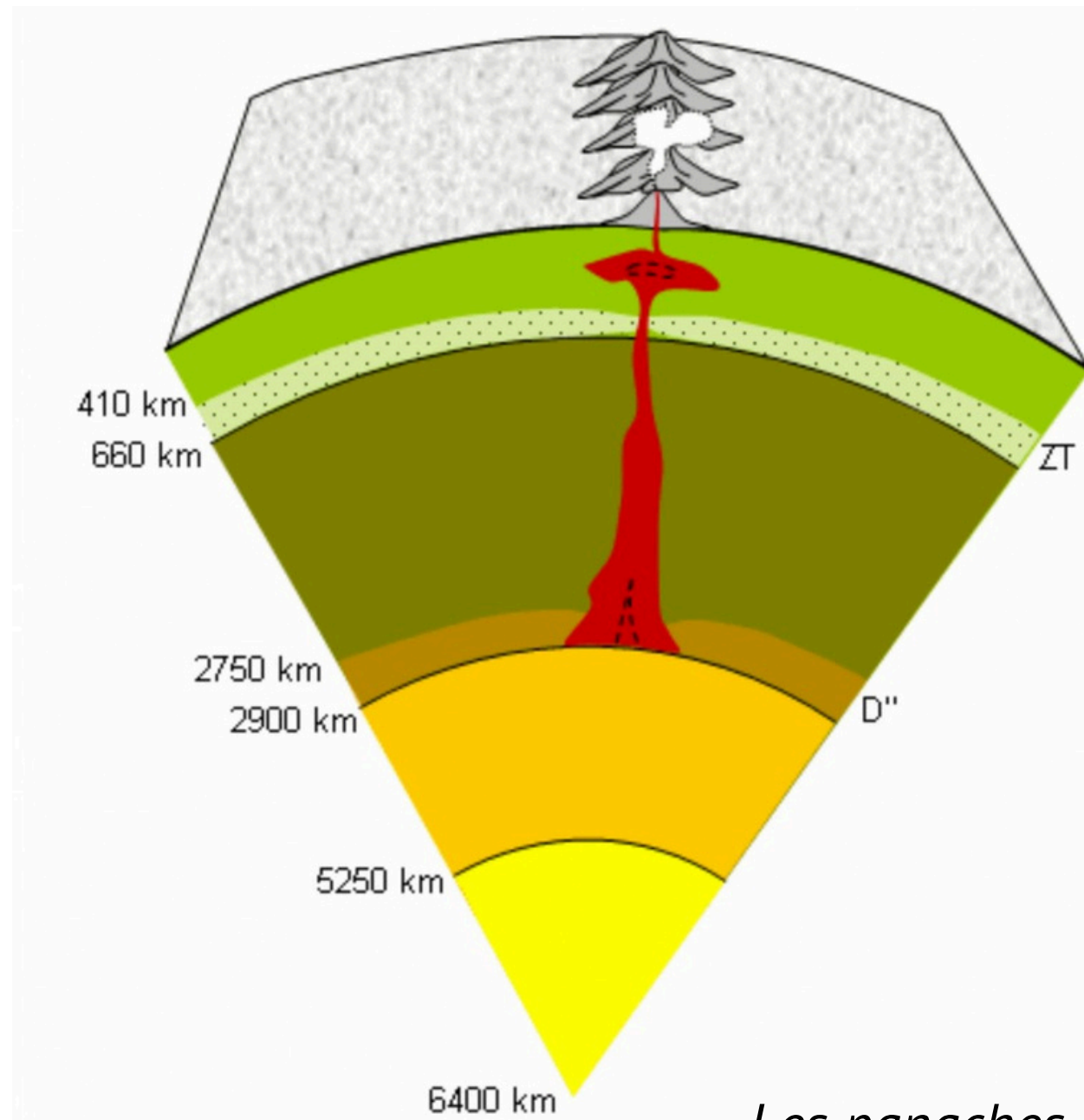
Les mécanismes de transfert de chaleur de la Terre



Le transfert de chaleur par conduction



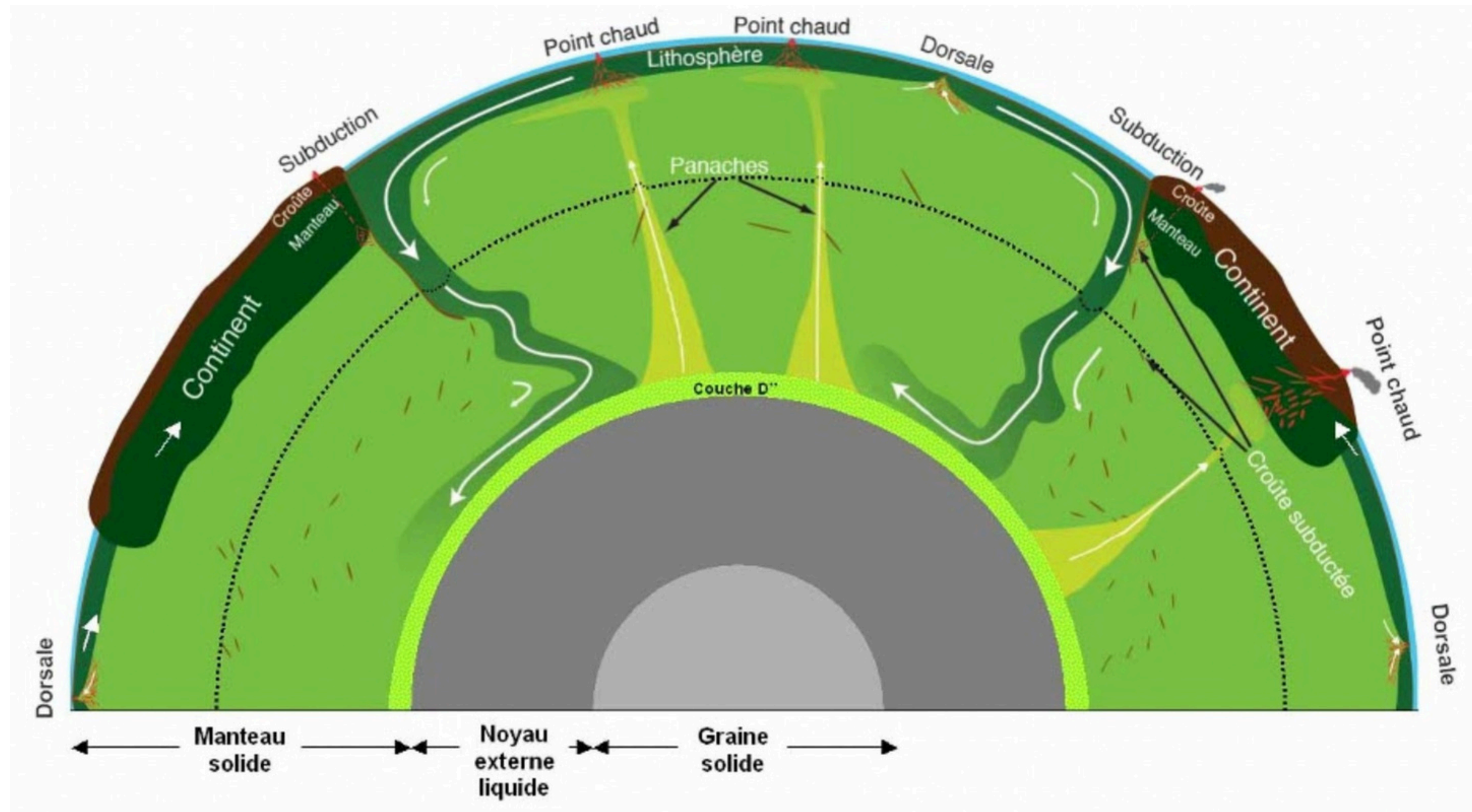
Le transfert de chaleur par convection



D'' : couche frontière entre
manteau et noyau

ZT : zone de transition

Les panaches mantelliques



Le modèle thermique de la Terre

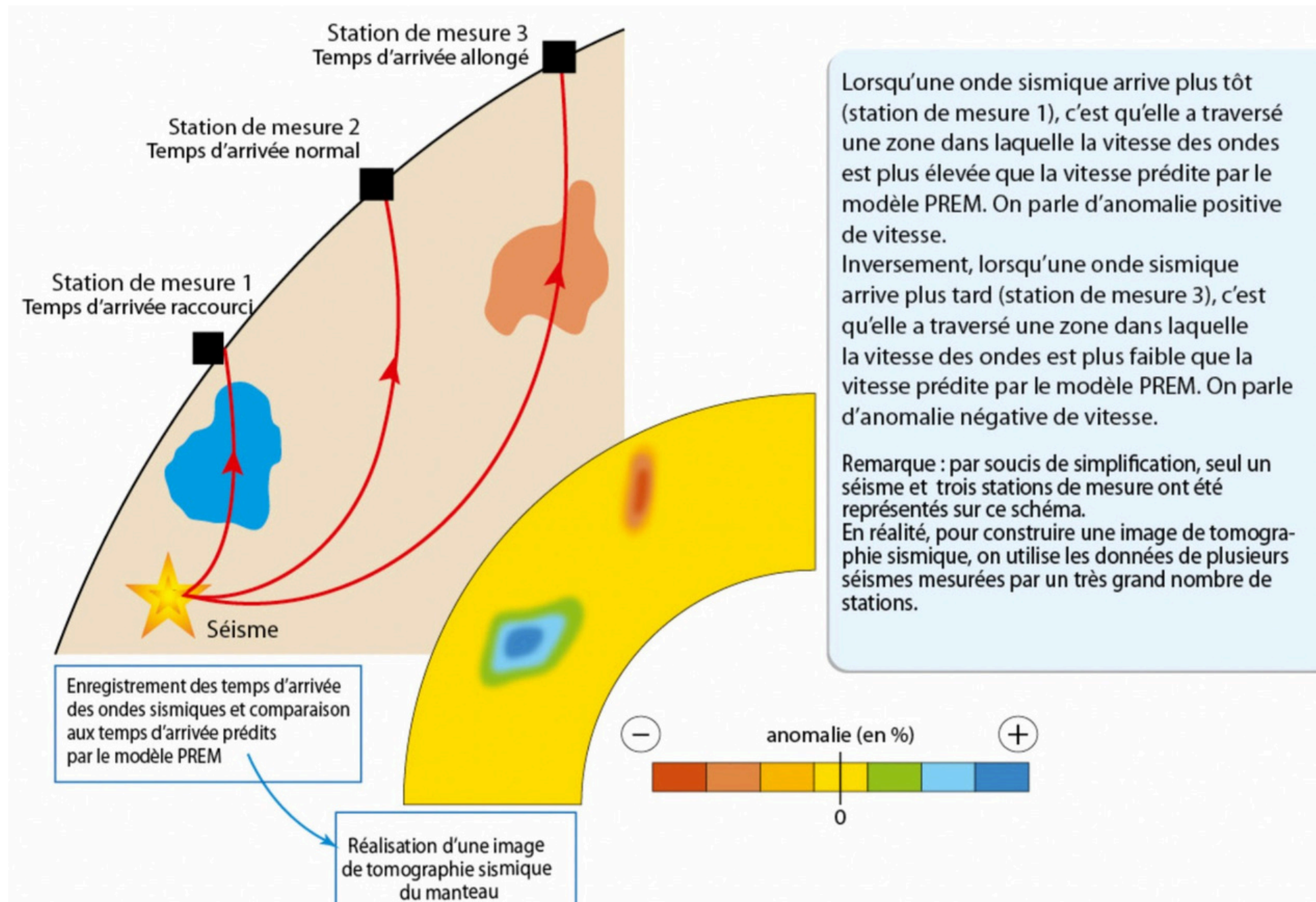
III. Les apports des études thermiques sur la connaissance du globe terrestre

A) L'augmentation de la température à l'intérieur du globe terrestre

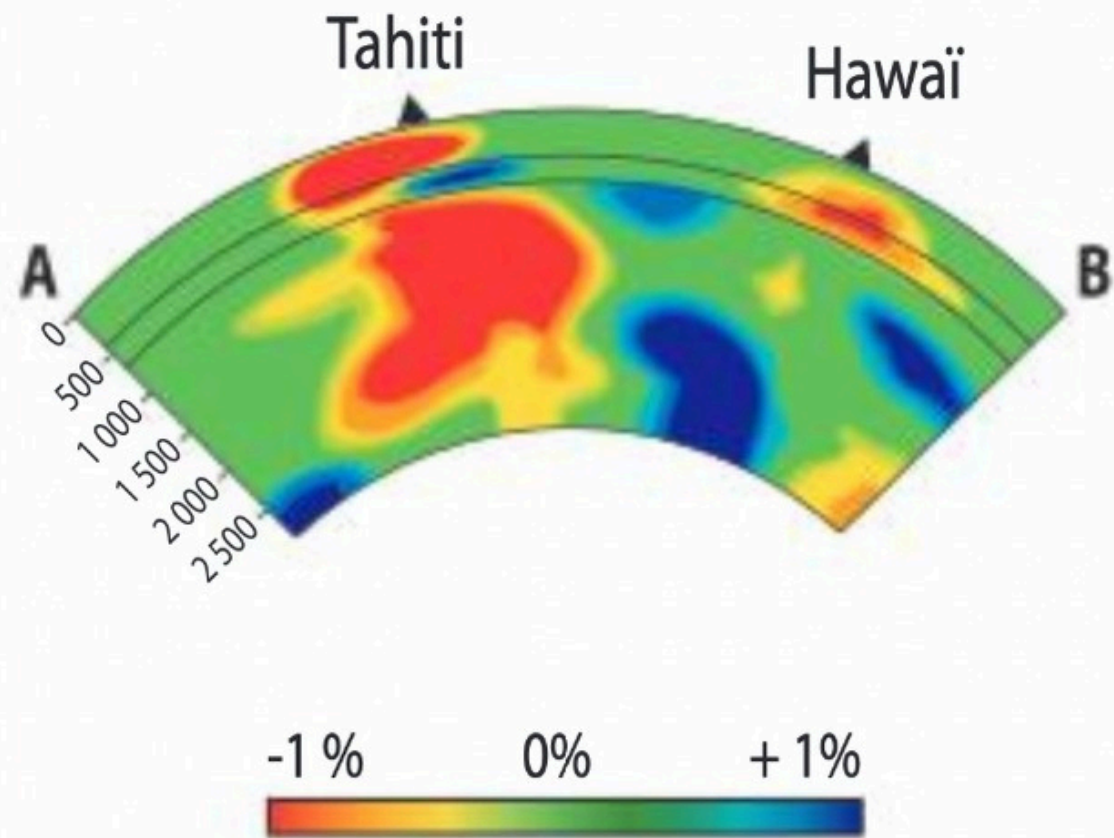
B) Le modèle thermique de la Terre

→ C) Des hétérogénéité thermiques au sein du manteau terrestre



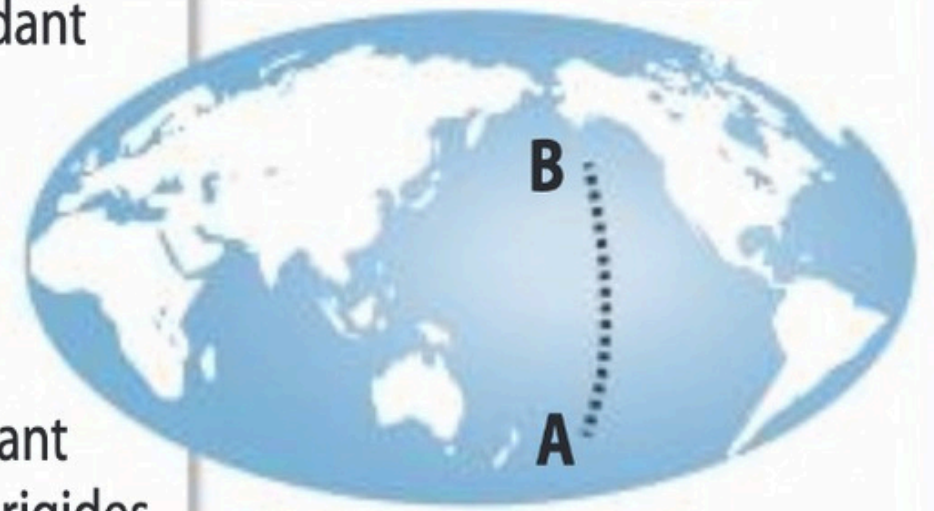


Le principe de la tomographie sismique



■ Anomalies négatives correspondant à des zones moins denses ou plus ductiles. Elles sont souvent interprétées comme des zones anormalement chaudes.

■ Anomalies positives correspondant à des zones plus denses ou plus rigides. Elles sont souvent interprétées comme des zones anormalement froides.

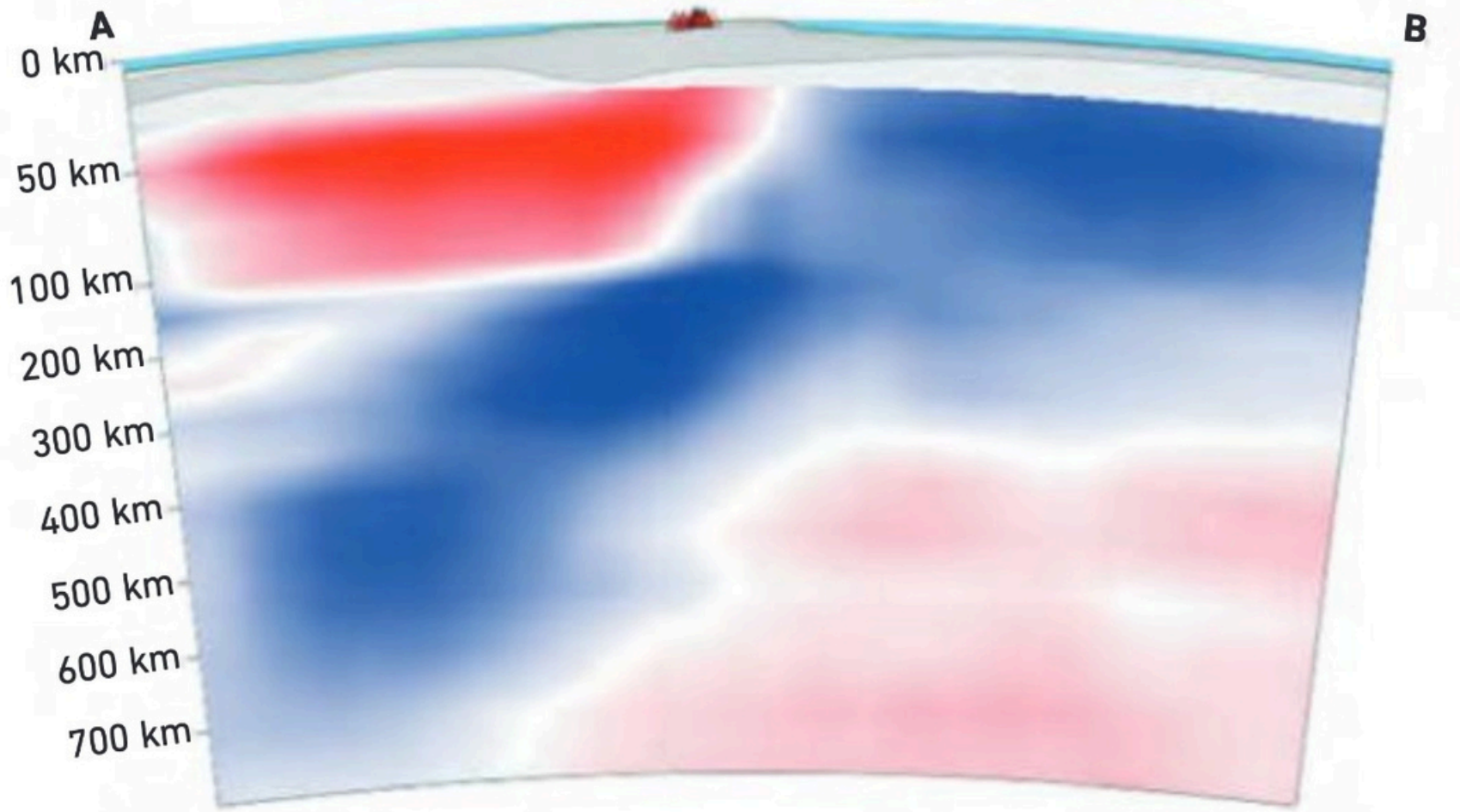


Les anomalies thermiques négatives et positives par rapport au modèle PREM



200 km

Archipel volcanique des Antilles



▲ volcan

anomalie de vitesse
sismique (en %) :



Tomographie sismique au niveau des Antilles



Bilan : La température croît avec la profondeur. Le tracé représentant l'évolution de la température en fonction de la profondeur est appelé géotherme. Le profil du géotherme est propre à chaque enveloppe terrestre. Cela s'explique par des mécanismes de transfert thermique différents : par conduction dans la lithosphère et par convection dans l'asthénosphère. Ces mouvements convectifs chauds ascendants, froids et descendants, sont mis en évidence grâce à la tomographie sismique : on observe des anomalies de vitesse des ondes par rapport au modèle PREM ce qui permet de révéler des hétérogénéités thermiques au sein du manteau dans certaines régions du globe (fosses océaniques, volcans de point chaud).