

Thème II: Les continents et leur dynamique

Objectif: Retracer le cycle de la croûte continentale dans le modèle global de la tectonique des plaques.

Thème II: Les continents et leur dynamique

Objectif: Retracer le cycle de la croûte continentale dans le modèle global de la tectonique des plaques

- **Quelles sont les caractéristiques du domaine continental?**
- **Comment et dans quel contexte, la CC acquiert-elle ces caractéristiques?**

Comment se forme-t-elle?

Comment est-elle épaissie et modifiée?

Comment disparaît-elle?

Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 1: Caractérisation du domaine continental .

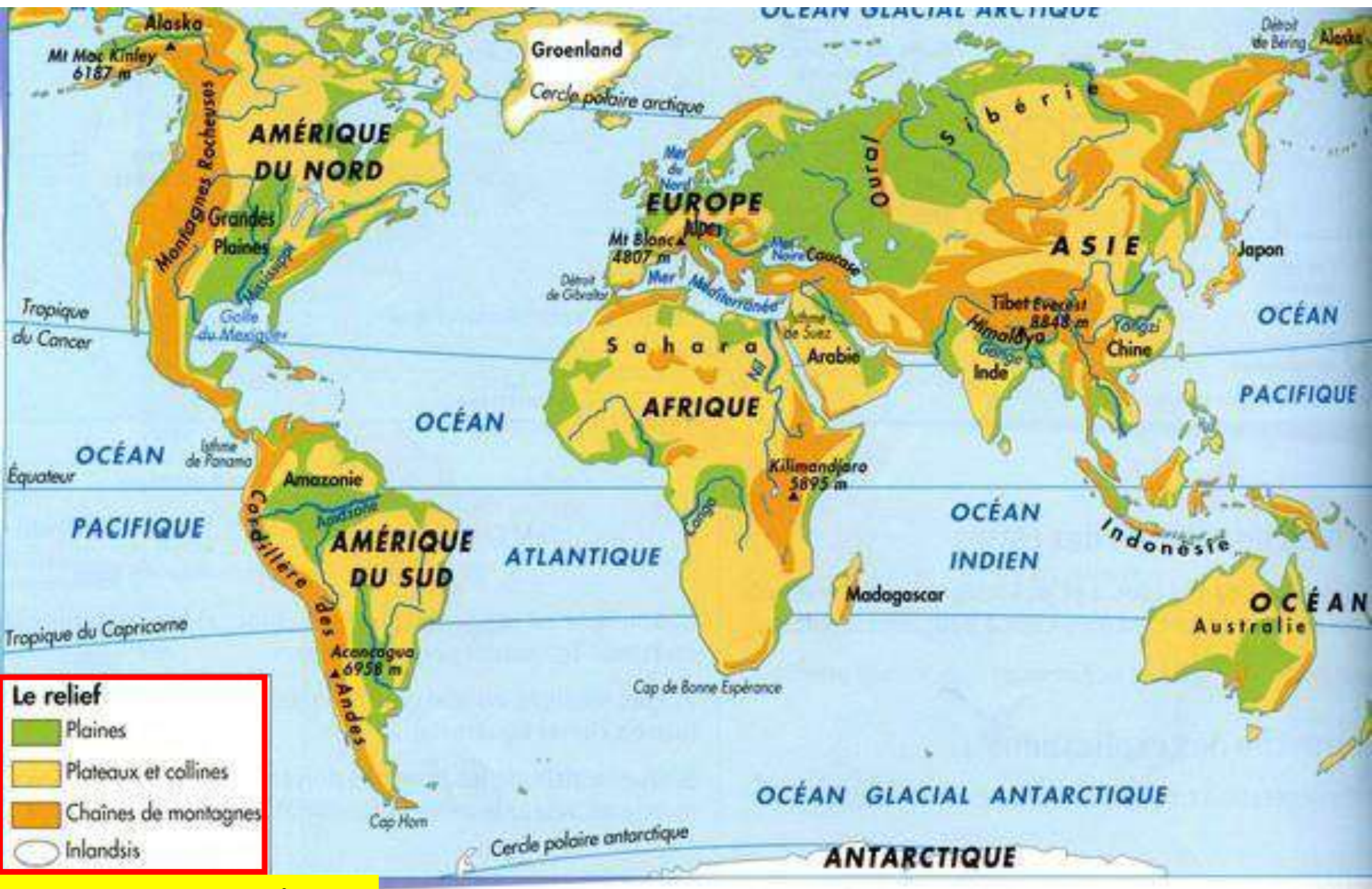
Introduction

Les continents



**30 % de la surface
de la Terre**

Les continents



Reliefs variés

Thème : Les continents et leur dynamique.

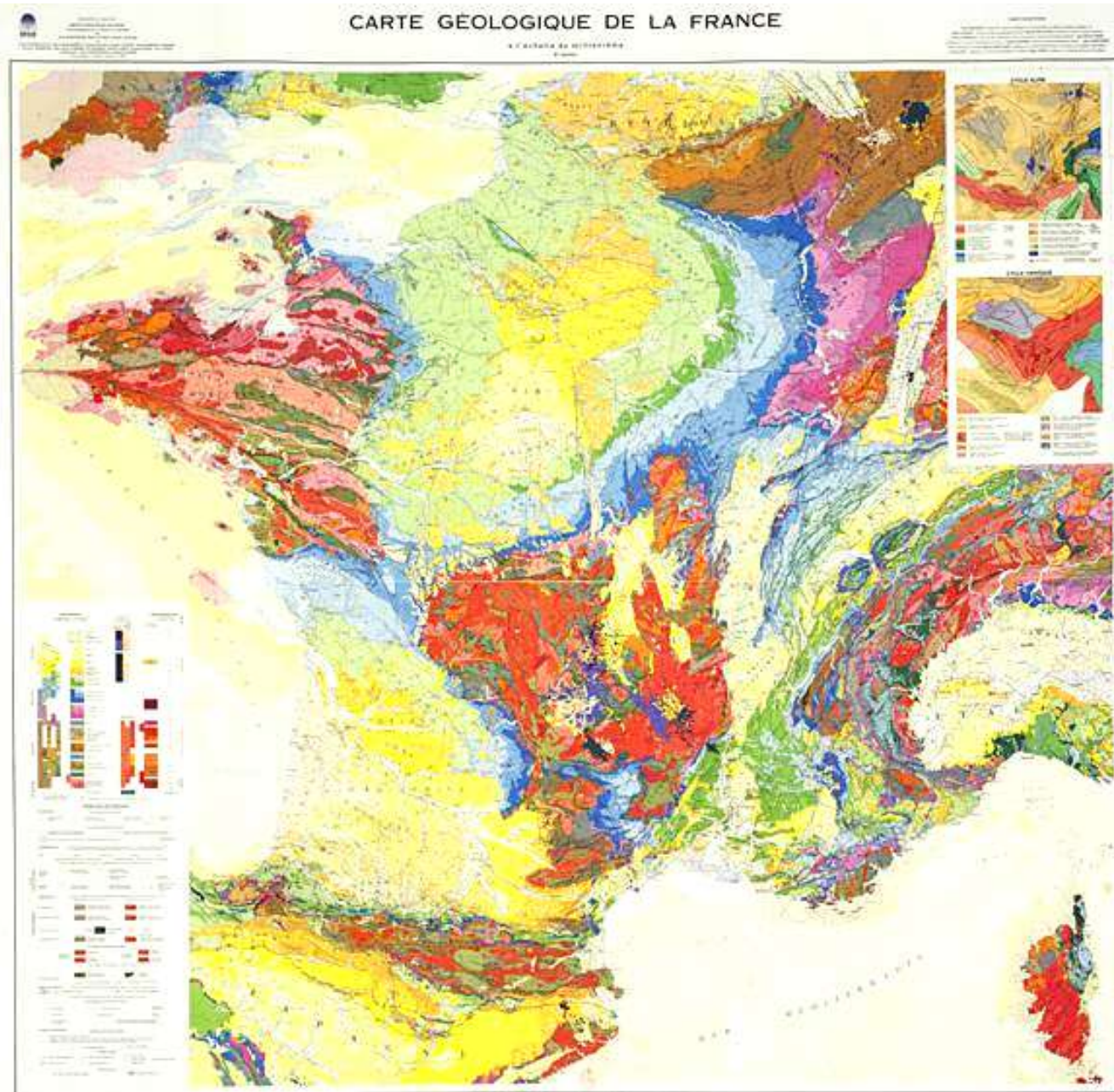
Caractérisation du domaine continental

Introduction

I°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

Les roches à l’affleurement



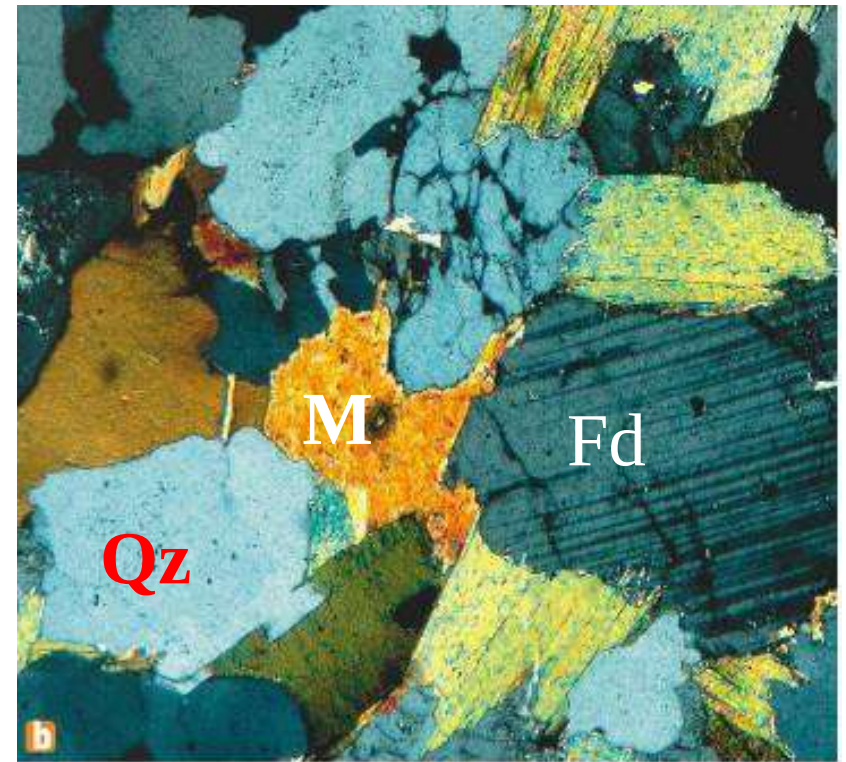
Roche caractéristique de la croûte continentale : le granite



• Principaux éléments chimiques (en %) :

O	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K
47,4	32,6	7,6	2,2	0,5	1,4	2,4	4,1

Roche magmatique grenue



Lame mince de granite observée en lumière polarisée analysée

Détermination de la densité du granite



Densité = masse volumique de l'échantillon / masse volumique de l'eau

masse volumique de l'échantillon = masse de la roche / volume de la roche

Densité = 2,7

Thème : Les continents et leur dynamique.

Caractérisation du domaine continental

Introduction

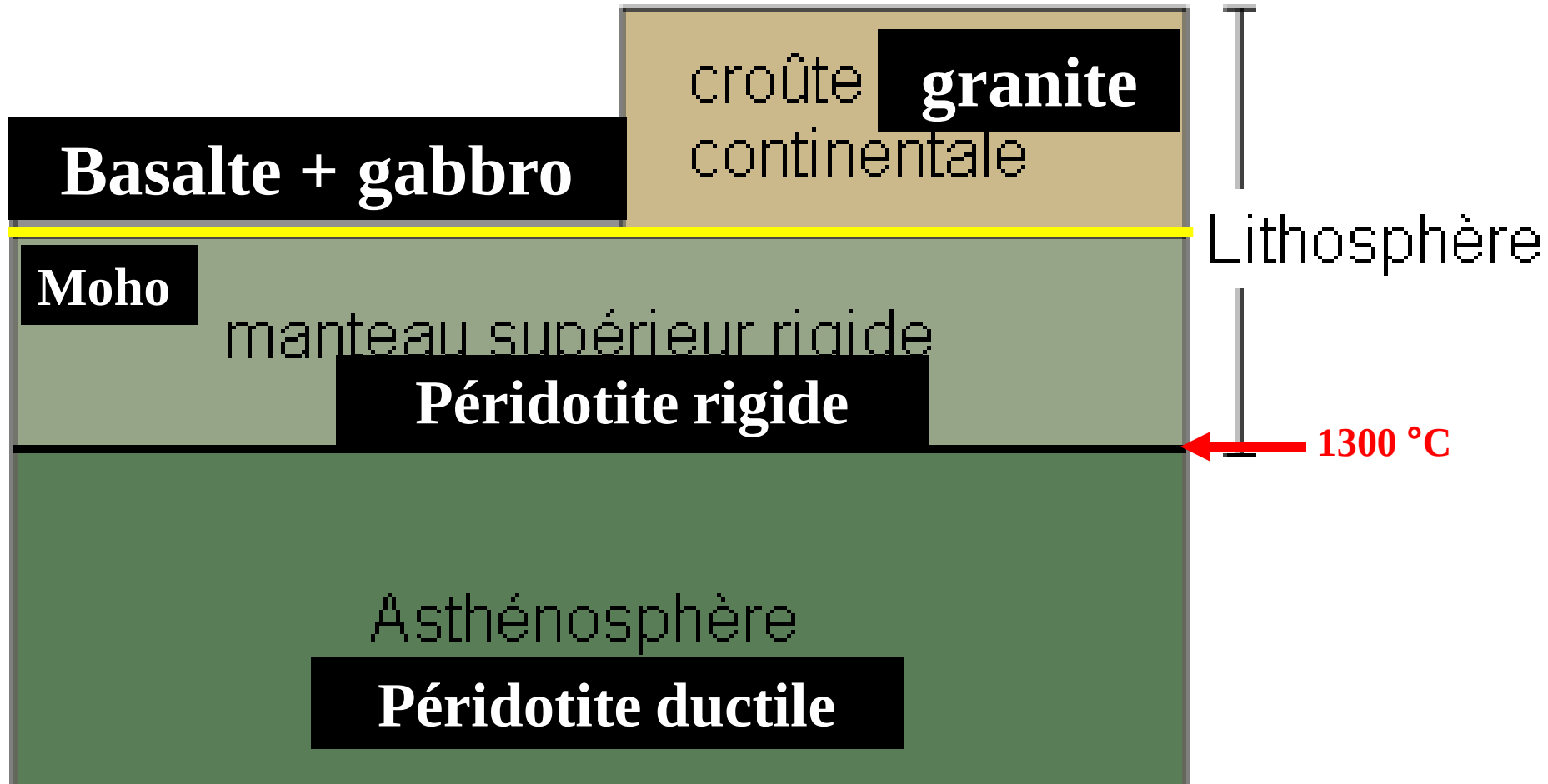
I°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

B°) Les mouvements verticaux de la lithosphère continentale.

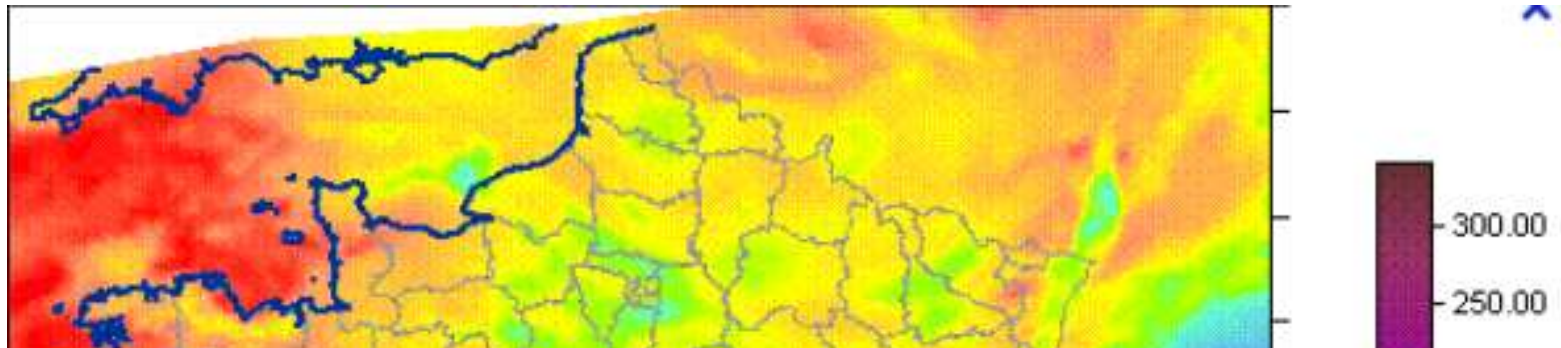
1°) La notion d'isostasie.

Lithosphère

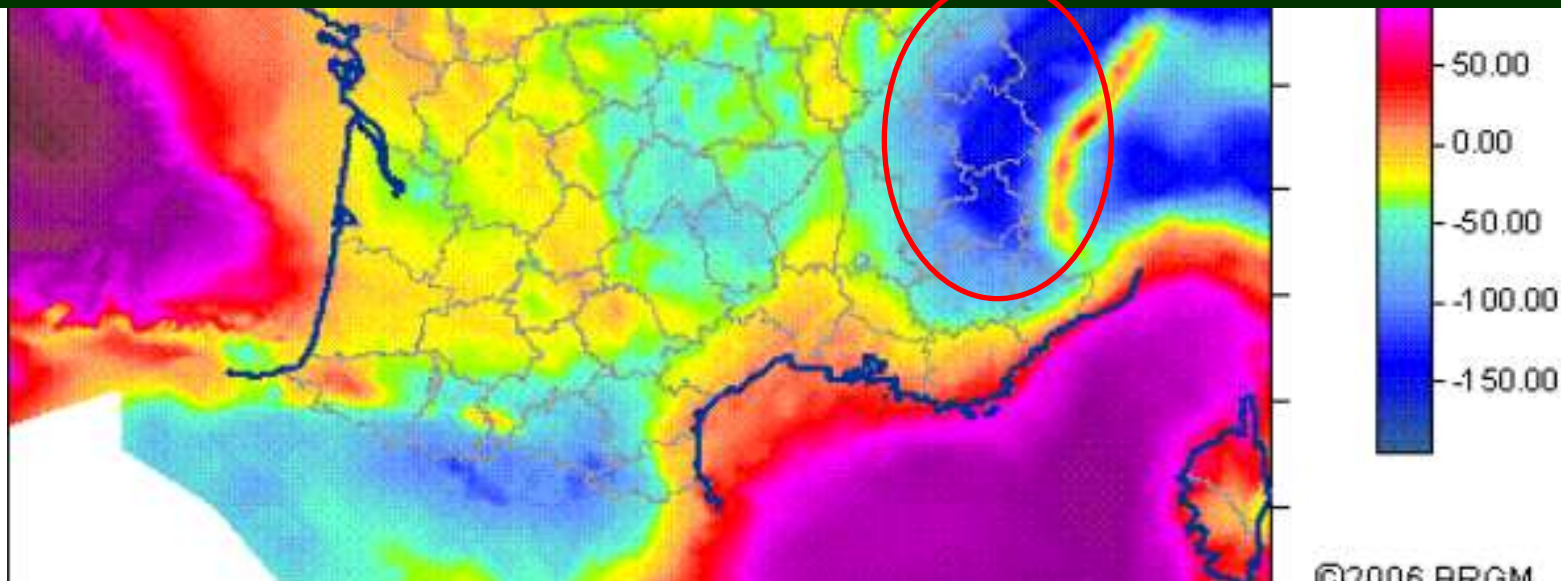


lithosphère (divisée en plaques) repose en équilibre sur les péridotites asthénosphériques ductiles.

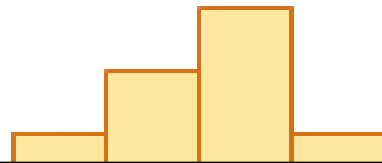
Anomalies gravimétriques en France



Dans les chaînes de montagne, la pesanteur mesurée est inférieure à la pesanteur calculée, tout se passe comme si l'excès de roches continentales peu denses en surface était compensé par un déficit de roches plus denses en profondeur.



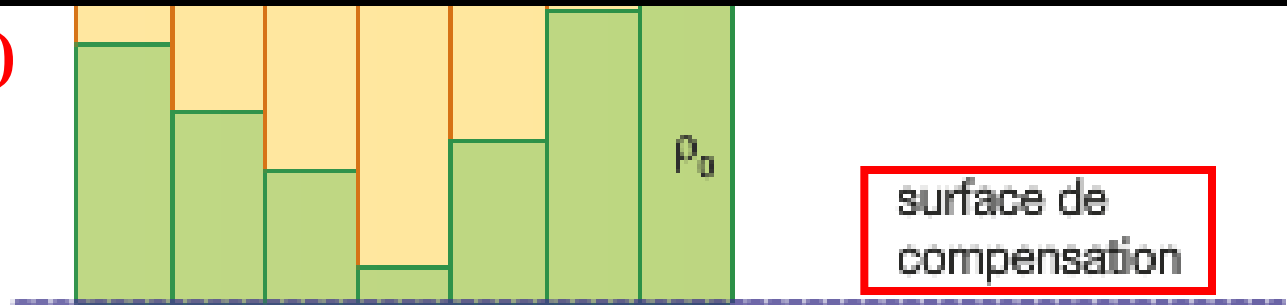
Modèle proposé par Airy pour expliquer les anomalies gravimétriques



niveau 0

On appelle **isostasie** cet état d'**équilibre hydrostatique** qui s'explique par la présence à une certaine profondeur d'une **surface de compensation**.

$$\rho_1 (2.7) < \rho_0 (3.3)$$



surface de
compensation

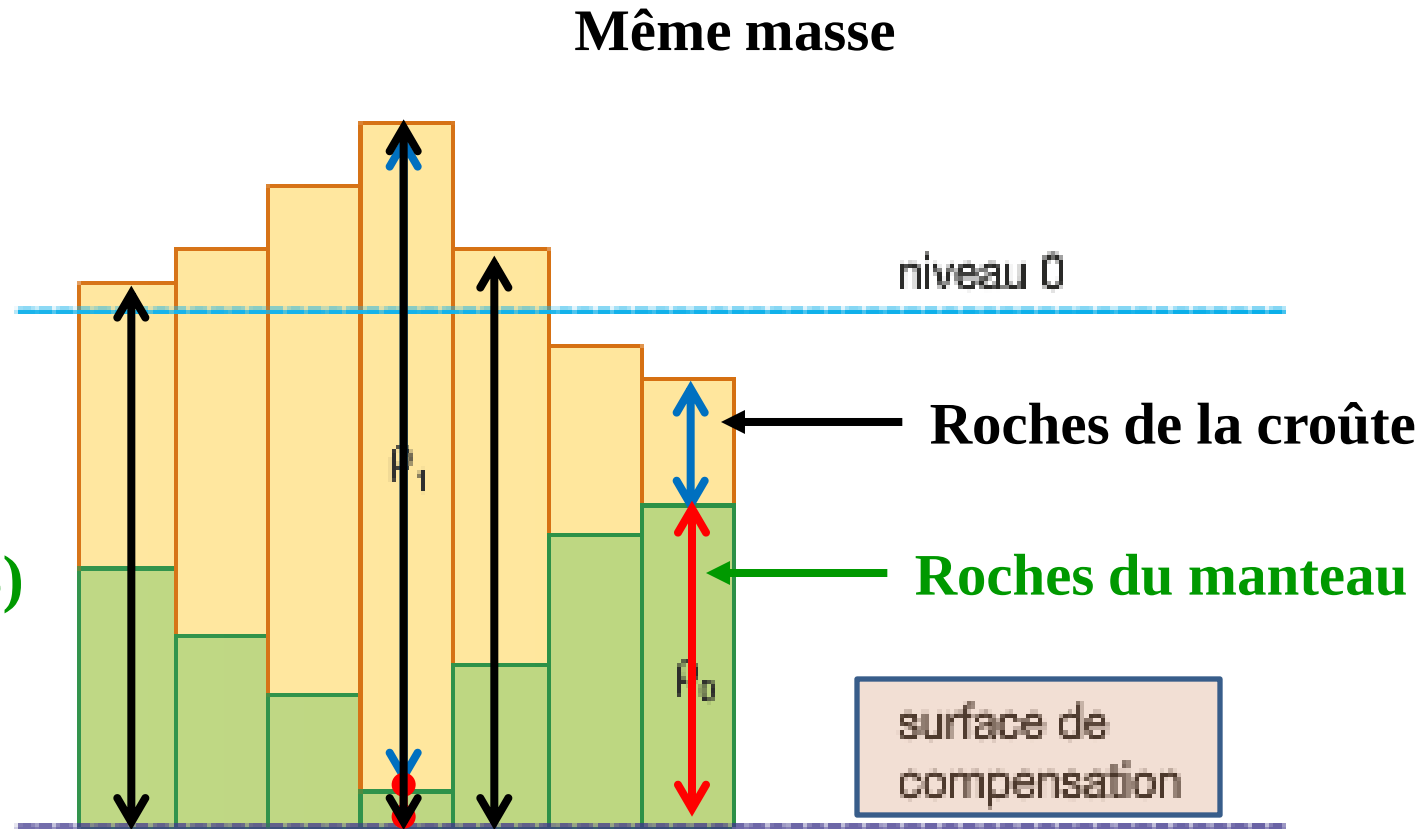
La lithosphère est en équilibre hydrostatique sur le manteau asthénosphérique

Modèle proposé par Airy pour expliquer les anomalies gravimétriques



Airy

$$\rho_1 (2.7) < \rho_0 (3.3)$$



Un excès de roches crustales peu denses est compensé en profondeur (au dessus de la surface de compensation) par un déficit de roches plus denses du manteau.

Thème : Les continents et leur dynamique.

Caractérisation du domaine continental

Introduction

1°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

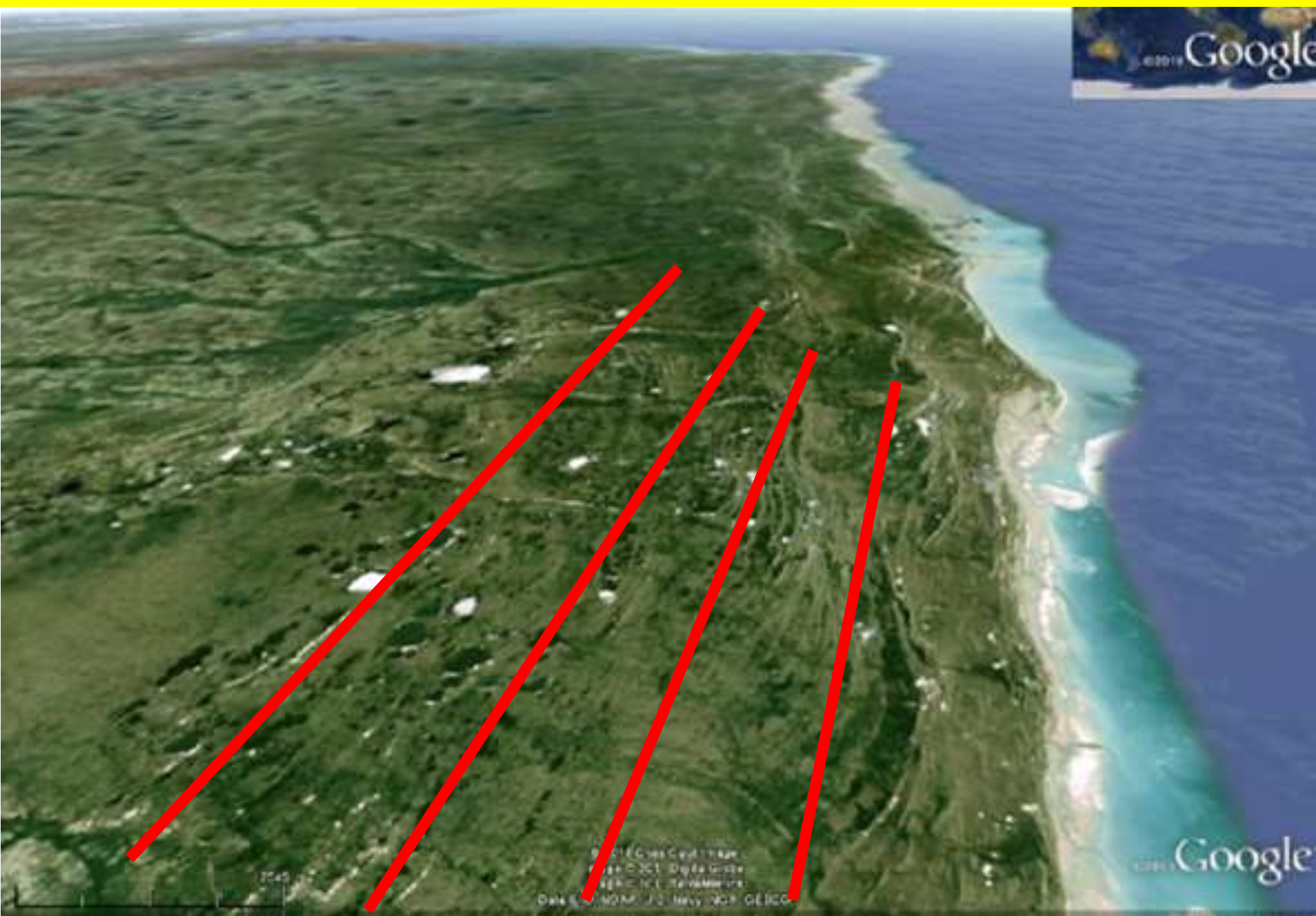
A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

B°) Les mouvements verticaux de la lithosphère continentale.

1°) La notion d'isostasie.

2°) L'altitude des reliefs varie au cours du temps.

Plages soulevées en baie d'Hudson (Canada)



Soulèvement de l'écosse

Document 1 : Photographie de la baie de Gruinard en Ecosse

— — — Ligne de rivage actuelle

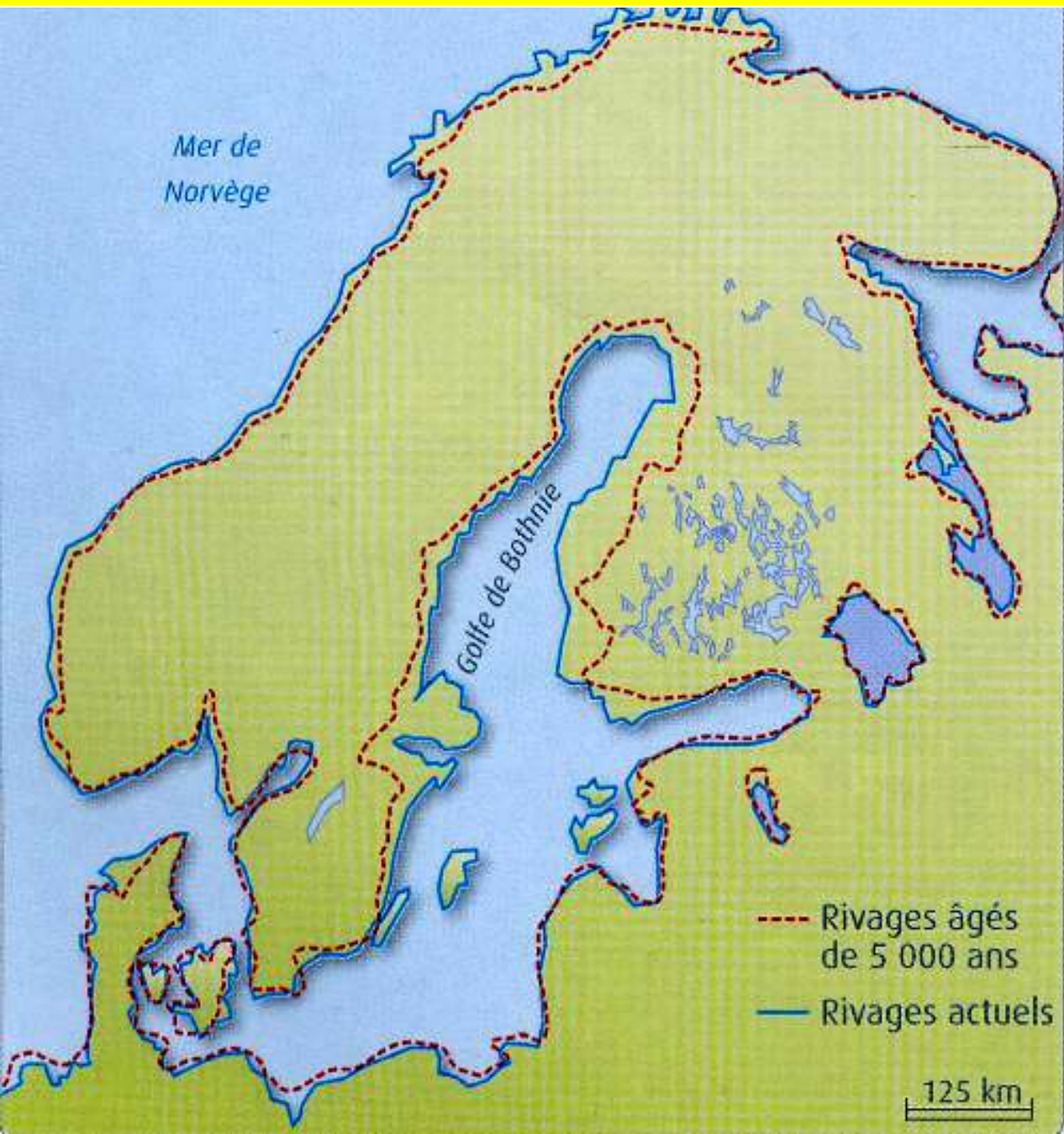
..... Ligne de rivage datée de -7 000 ans (datation basée sur des études sédimentaires)

La différence d'altitude entre le rivage actuel et le rivage ancien est de 10 mètres.

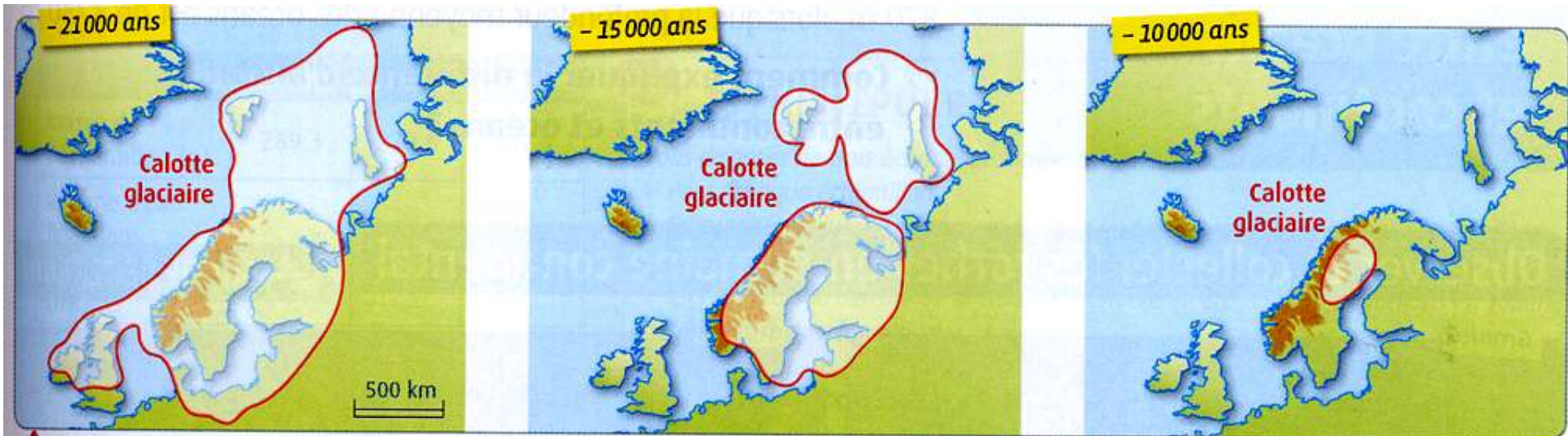


Source : S.BEAUDIN

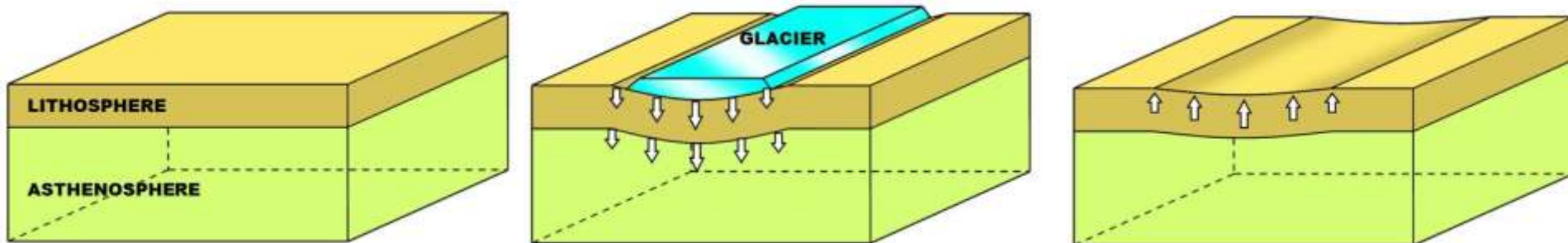
Rivages actuel et rivage il y a 5000 ans en Scandinavie



Les enveloppes superficielles du globe terrestre sont animées de mouvements verticaux



4 Reconstitution de l'évolution de la calotte glaciaire scandinave. Des formes d'érosion et des sédiments périglaciaires témoignent de la présence d'une ancienne calotte glaciaire en Scandinavie. Il y a 20 000 ans, l'épaisseur des glaces atteignait plusieurs kilomètres.



Thème : Les continents et leur dynamique.

Caractérisation du domaine continental

Introduction

I°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

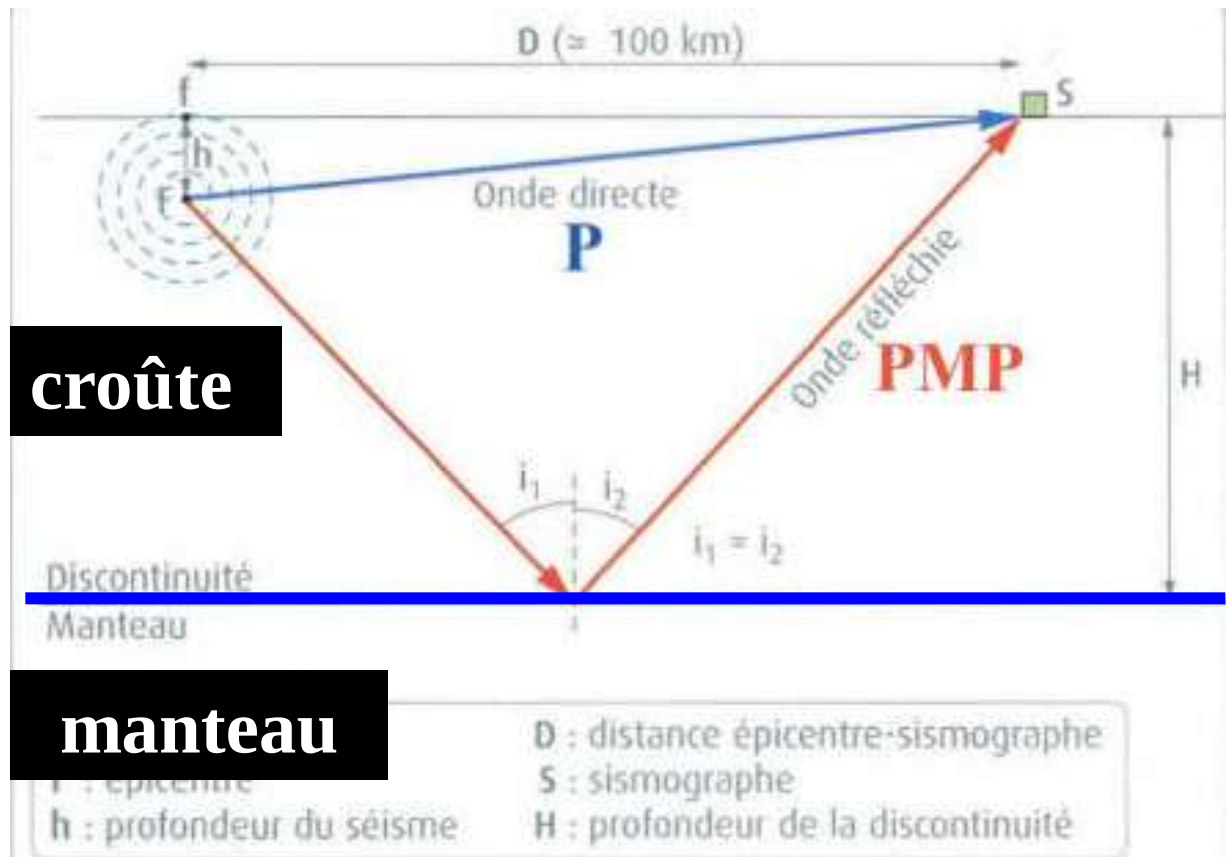
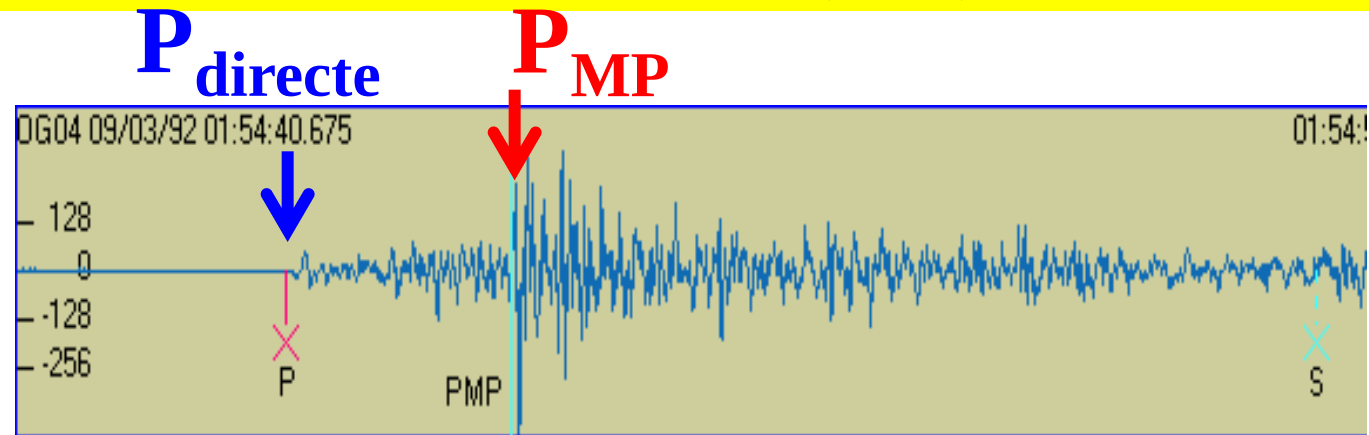
B°) Les mouvements verticaux de la lithosphère continentale.

1°) La notion d'isostasie.

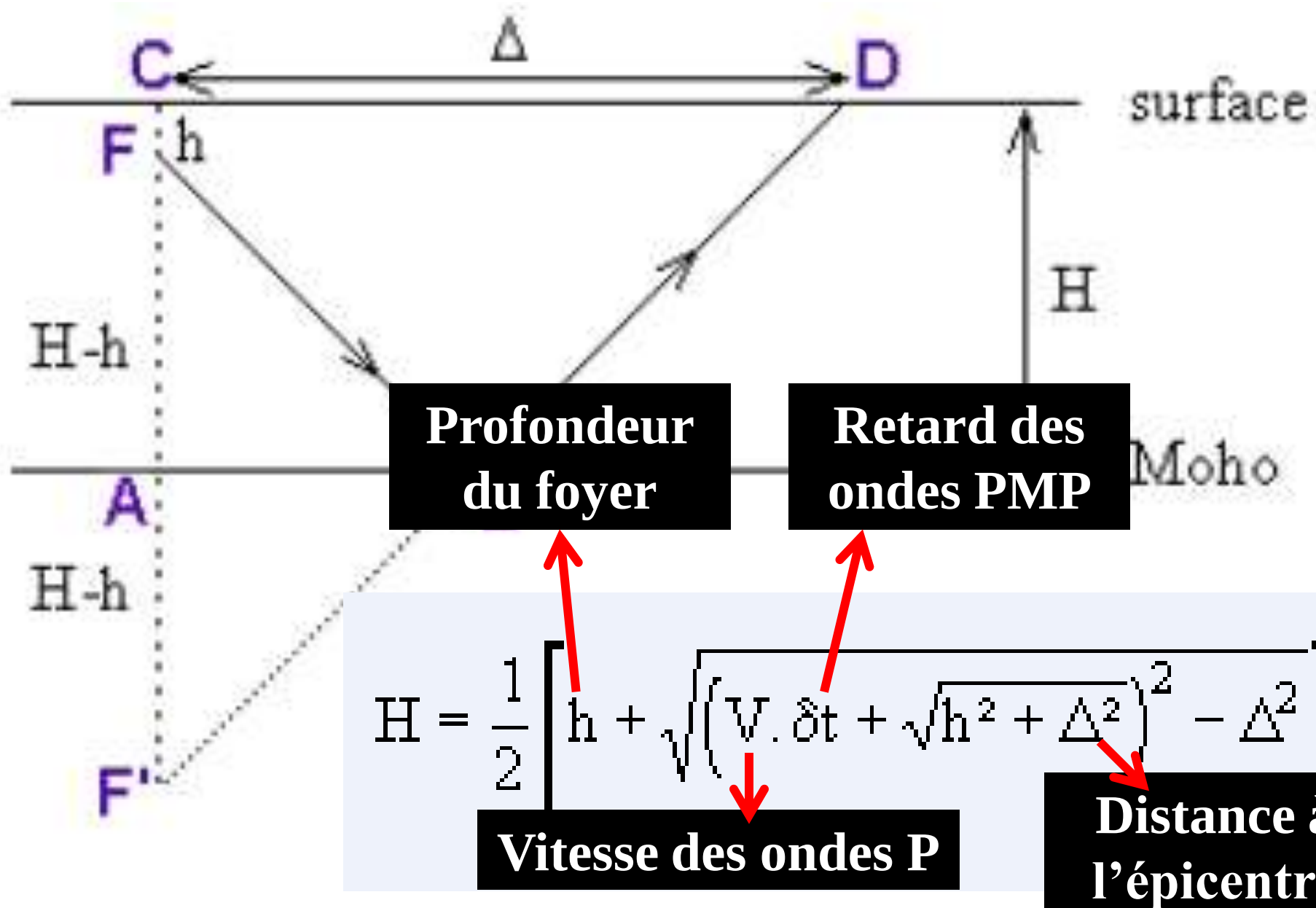
2°) L'altitude des reliefs varie au cours du temps.

II°) L'épaisseur de la croûte continentale.

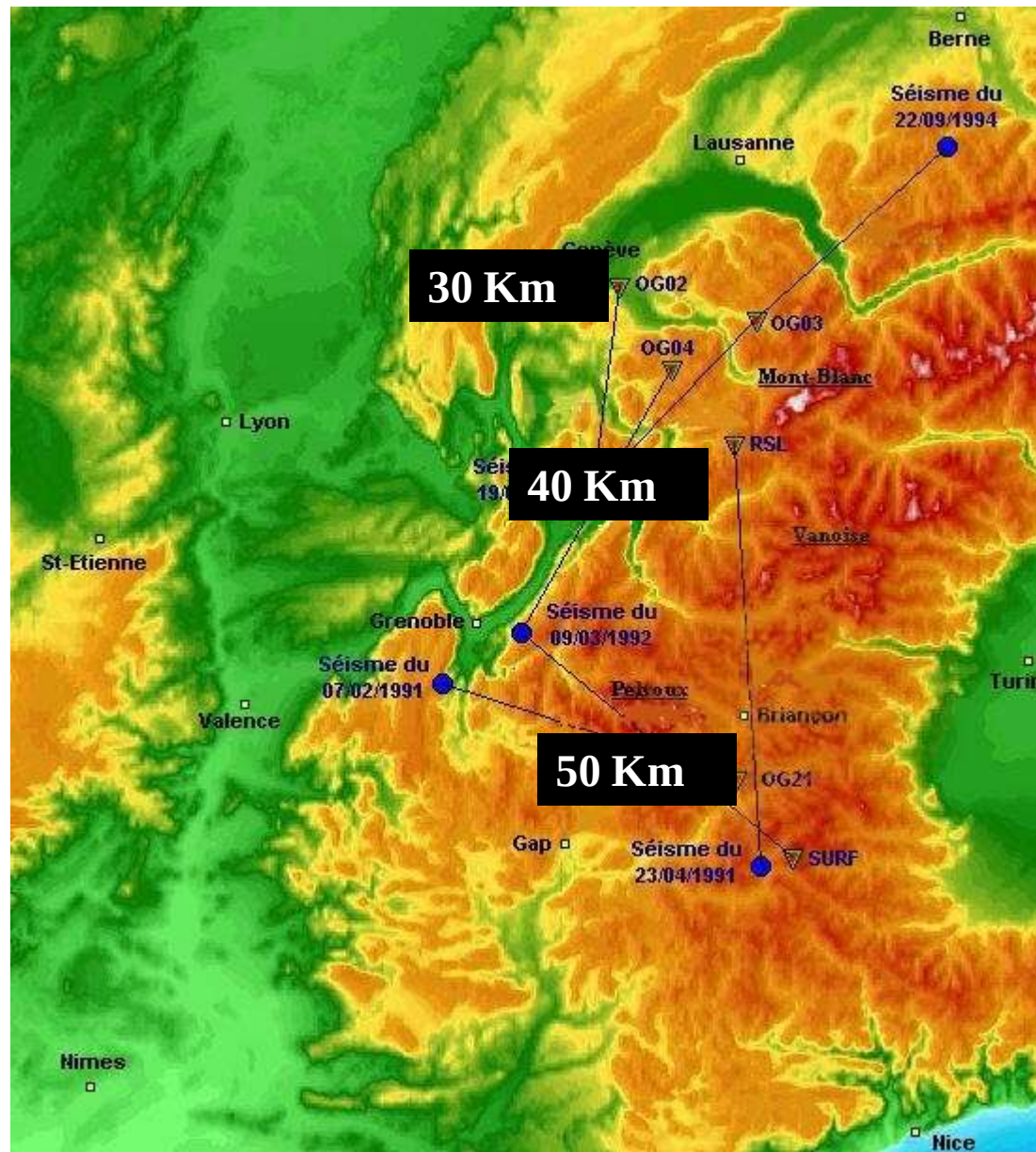
Les observations de Mohorovičić (1909)



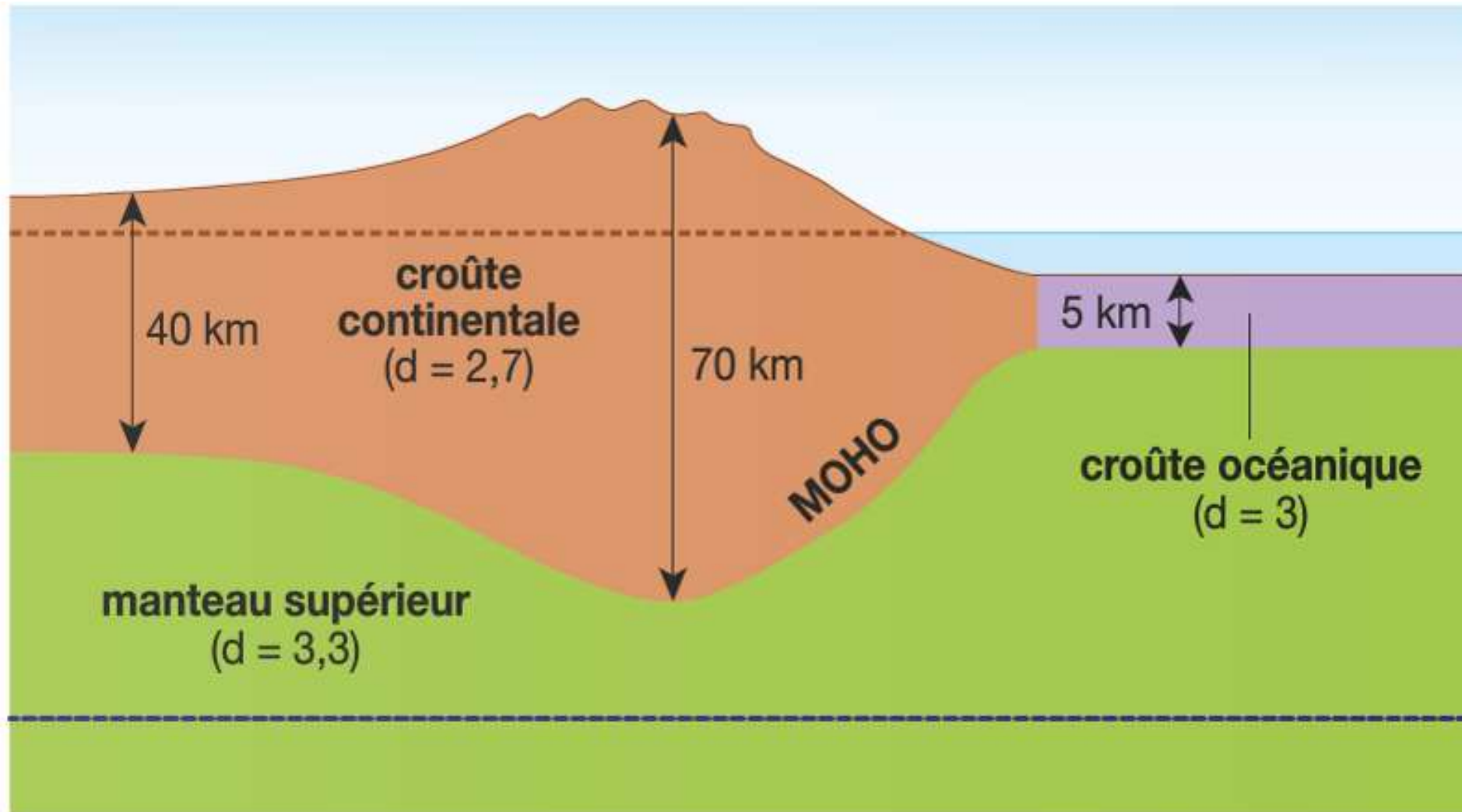
Calcul de la profondeur du Moho



Epaisseur de la croûte continentale



Epaisseur de la croûte continentale



Thème : Les continents et leur dynamique.

Caractérisation du domaine continental

Introduction

I°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

B°) Les mouvements verticaux de la lithosphère continentale.

1°) La notion d'isostasie.

2°) L'altitude des reliefs varie au cours du temps.

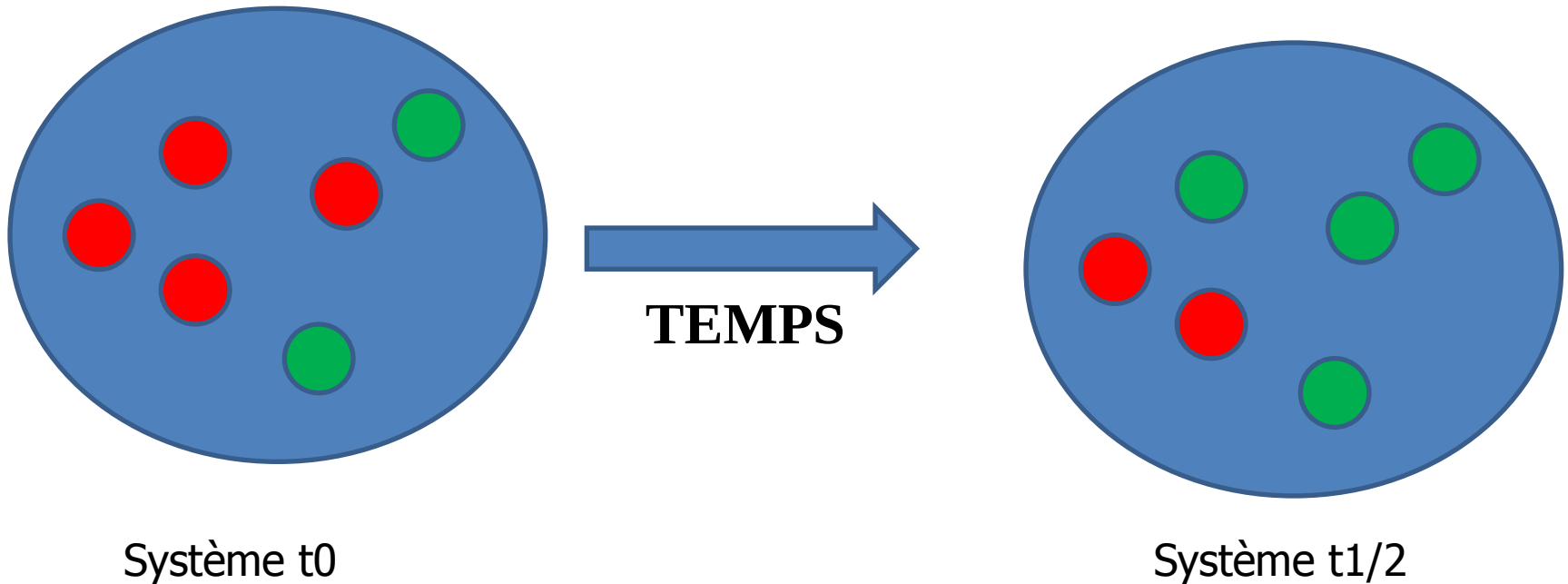
II°) L'épaisseur de la croûte continentale.

III°) La croûte continentale, une croûte âgée.

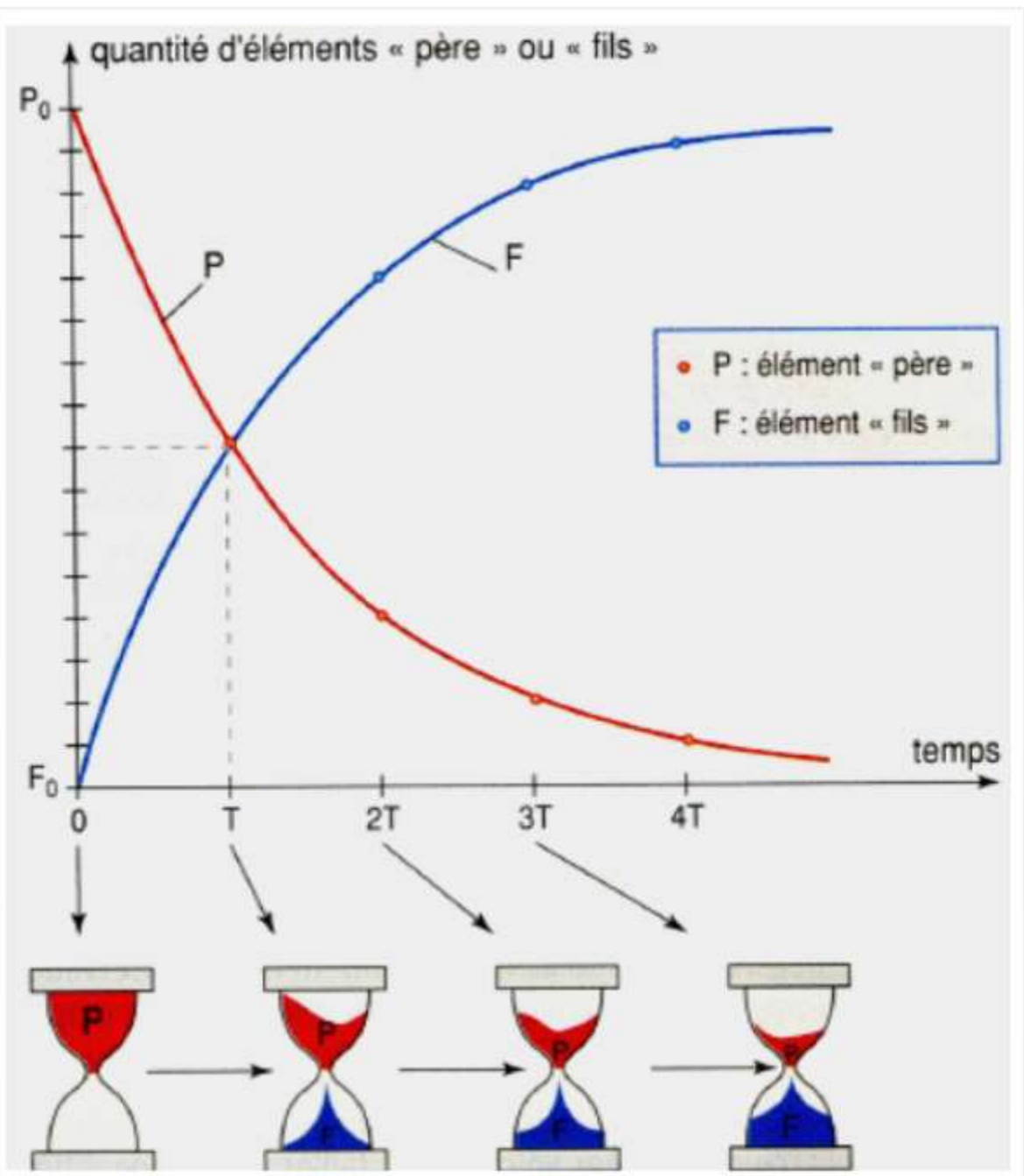
A°) l'âge des roches de la croûte continentale.

Principes de la radio-chronologie

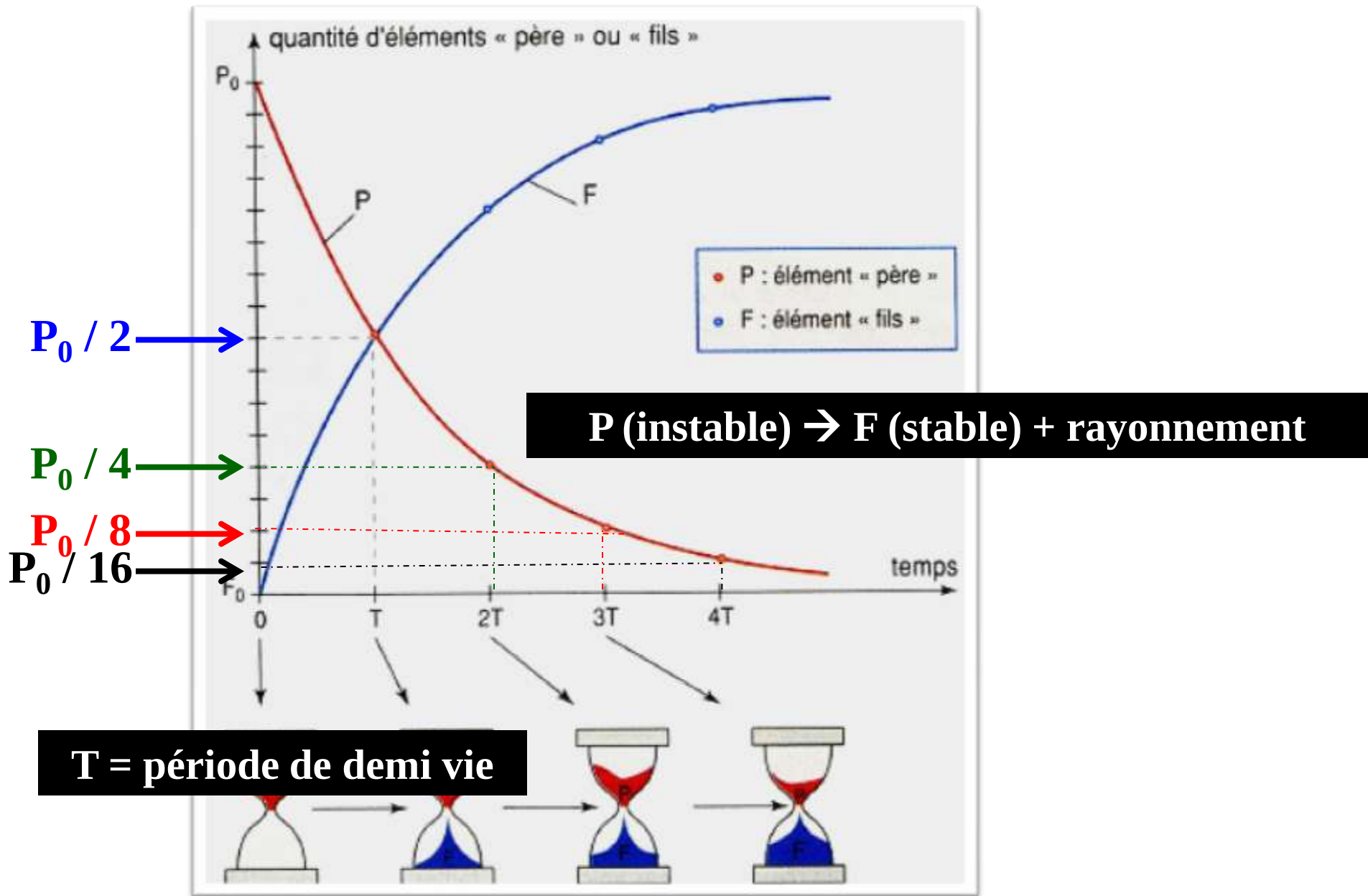
- Élément radioactif père
- Élément fils stable



Système = minéral avec des atomes radioactifs



Principe de la radio-chronologie : modélisation mathématique



Principe de la radio-chronologie : modélisation mathématique

Le nombre d'éléments radioactifs diminue avec le temps selon la relation suivante :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

N_0 est le nombre d'atomes initial

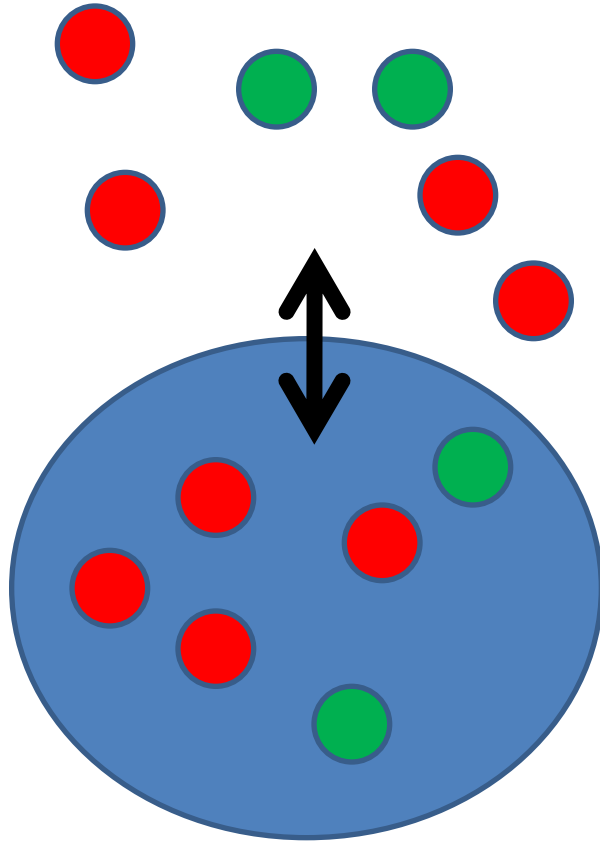
N est le nombre d'atomes à l'instant t

Chaque isotope radioactif est caractérisé par une constante de désintégration λ

$$t = \ln(a + 1) / \lambda$$

la radio-chronologie date la cristallisation des minéraux

Echanges d'éléments pères et fils
avec l'extérieur

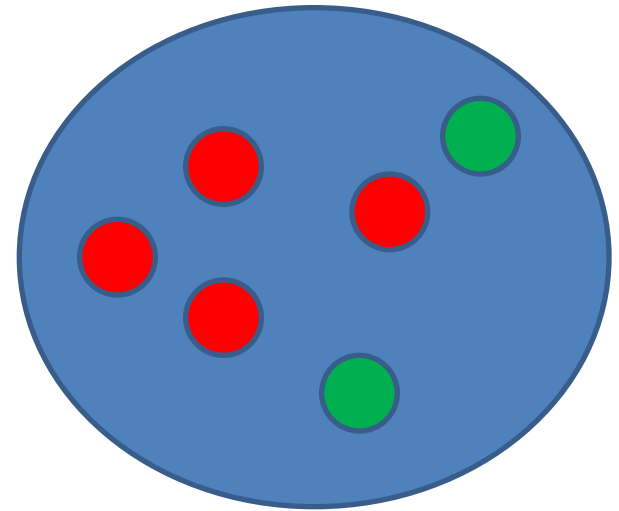


**Système ouvert
(minéral non solidifié)**

**Fermeture du système
(cristallisation)**



Arrêt des échanges



Le stock d'éléments pères commence
à se désintégrer

Thème : Les continents et leur dynamique.

Caractérisation du domaine continental

Introduction

I°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

B°) Les mouvements verticaux de la lithosphère continentale.

1°) La notion d'isostasie.

2°) L'altitude des reliefs varie au cours du temps.

II°) L'épaisseur de la croûte continentale.

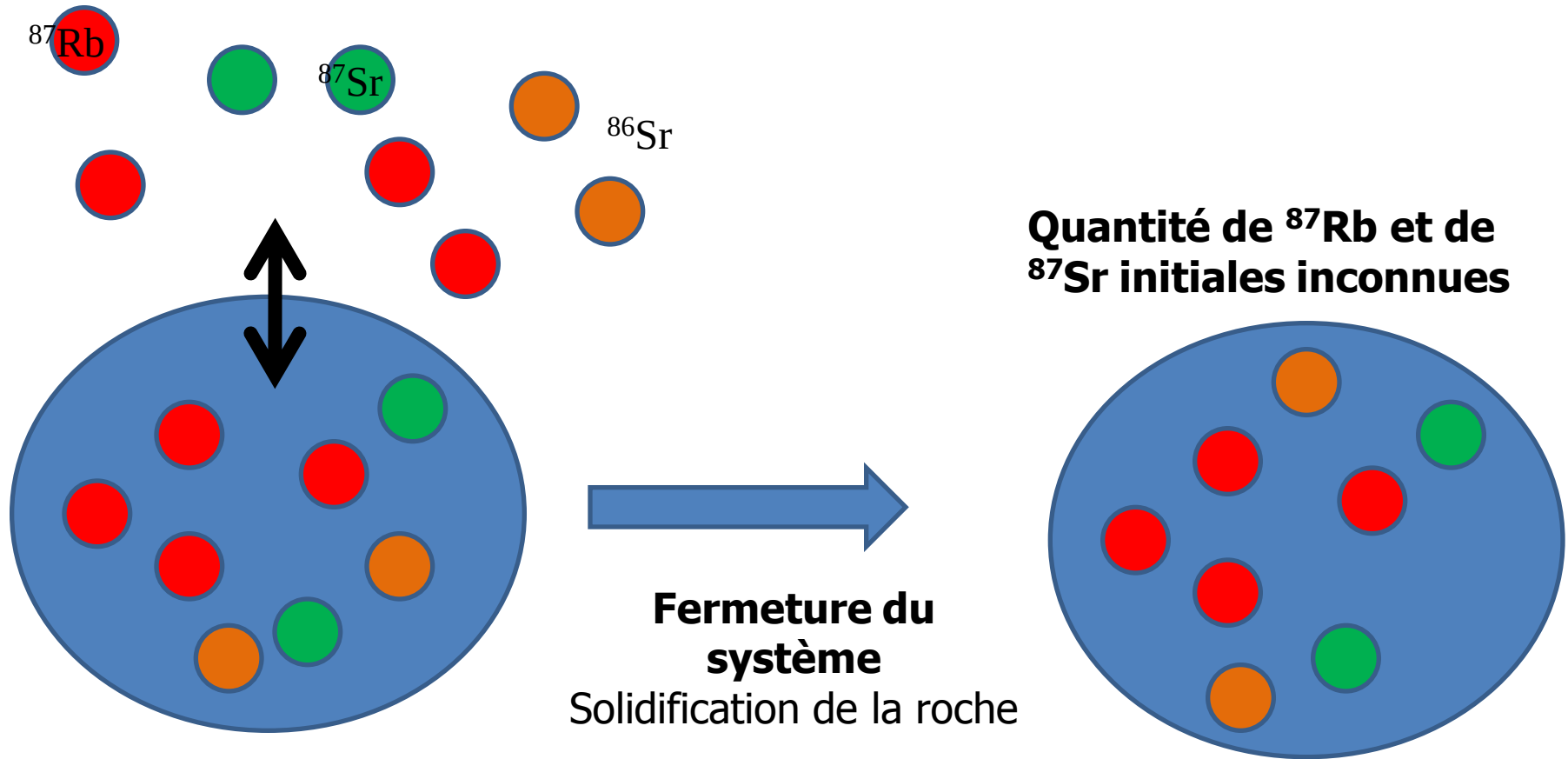
III°) La croûte continentale, une croûte âgée.

A°) l'âge des roches de la croûte continentale.

B°) la méthode rubidium/strontium.

la radio-chronologie date la cristallisation des minéraux

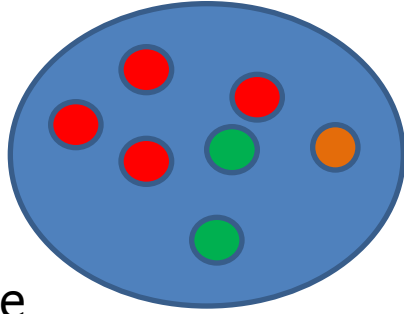
Echanges de ^{87}Rb et ^{87}Sr avec l'extérieur



(mais ^{86}Sr est stable)

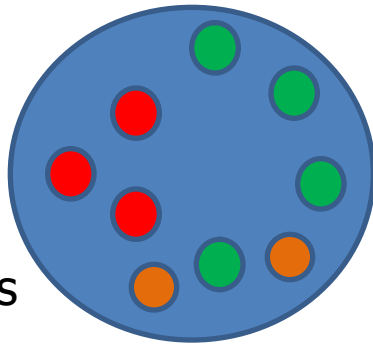
La méthode Rb-Sr

Rb se substitue au K et Sr se substitue au Ca.



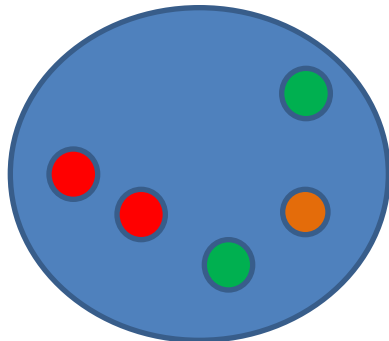
Feldspath
Plagioclase

A la fermeture du système, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est identique pour les 3 minéraux



Autres
Feldspaths

A la fermeture du système, les 3 minéraux n'intègre pas tous la même quantité de ^{87}Rb



Biotite

Avec le temps :

^{87}Rb diminue donc $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ diminue

^{87}Sr augmente donc $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ augmente

La méthode Rb-Sr



$t_{1/2} = 48,8 \text{ Ga} \rightarrow$ datation époques très anciennes

1 équation à 2 inconnues

$$^{87}\text{Sr} = ^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Rb} (e^{\lambda t} - 1)$$

$^{86}\text{Sr} = ^{86}\text{Sr}_0$ car ^{86}Sr est stable

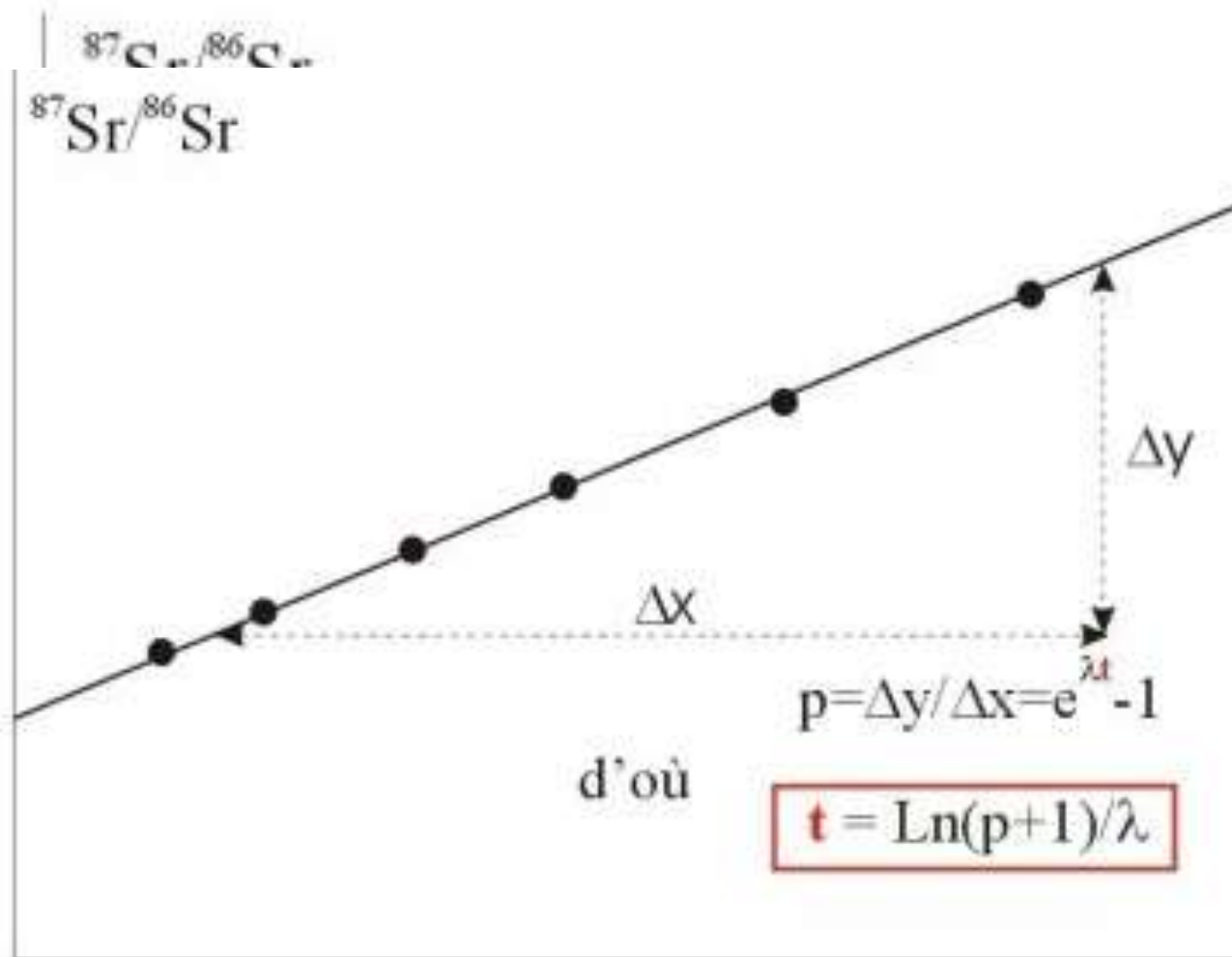
tous les minéraux ont le même rapport initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

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

Identique pour
tous les minéraux

mesuré $\rightarrow$ graphique $\leftarrow$ mesuré

La méthode Rb-Sr



Le résultat final est une droite appelée isochrone définie par l'alignement de nos 6 échantillons.

Sa pente p donne le temps qui s'est écoulé depuis le stade initial de la formation de ces roches magmatiques : c'est donc l'âge de ces roches.

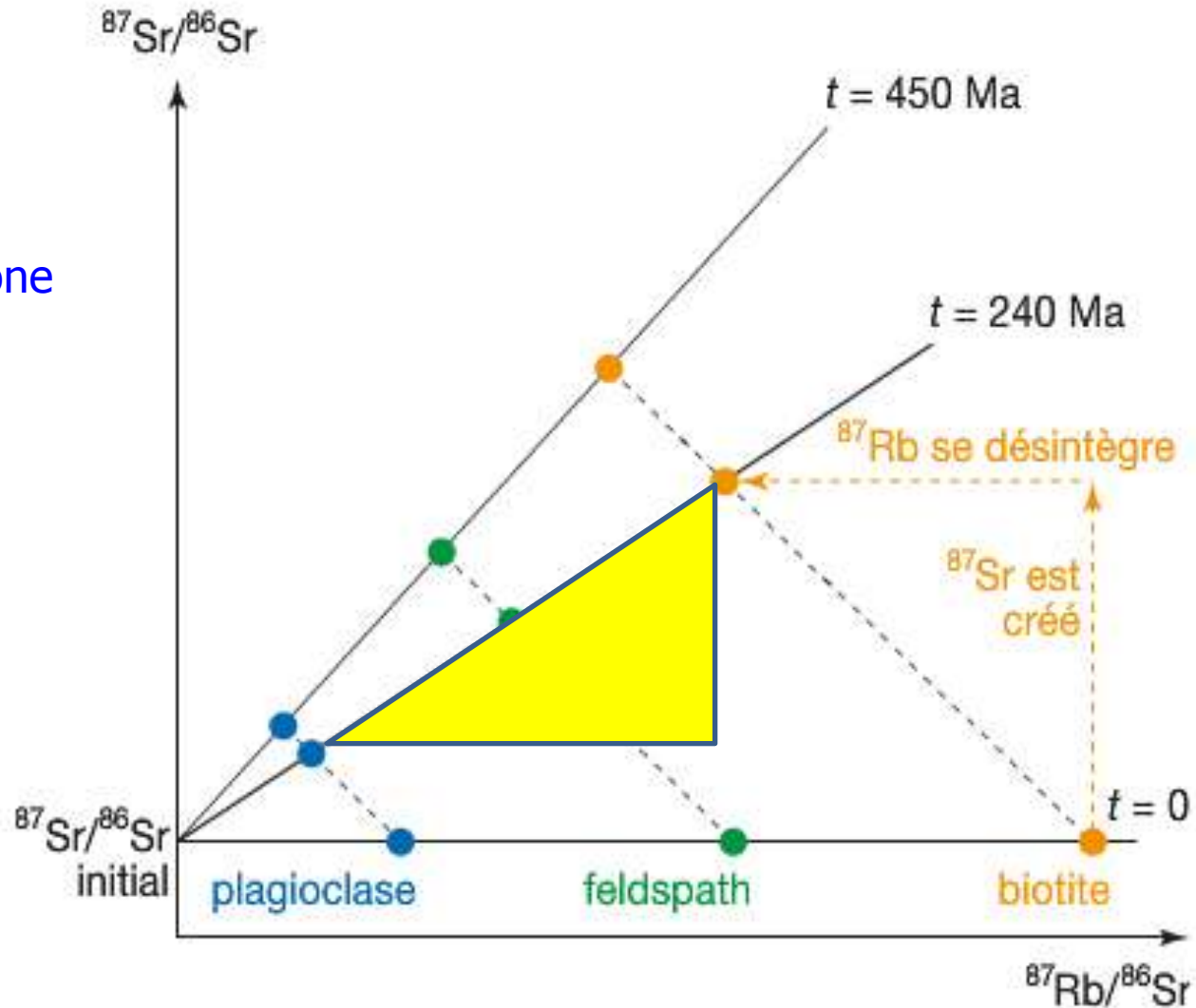
La méthode Rb-Sr

a = pente de la droite isochrone

$$a = (e^{\lambda t} - 1)$$

$$\ln(a+1) = \lambda \cdot t$$

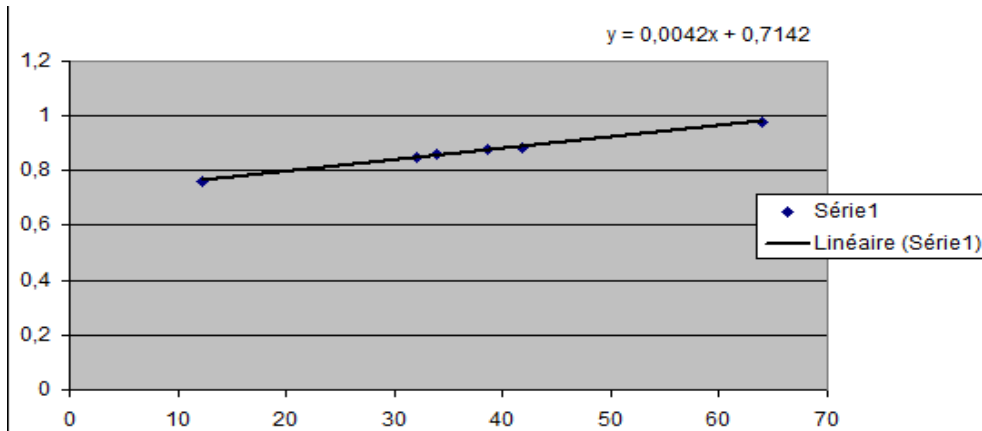
$$t = [\ln(a + 1)] / \lambda$$



$$(^{87}\text{Sr}_{\text{mesuré}} / ^{86}\text{Sr}) = a \cdot (^{87}\text{Rb}_{\text{mesuré}} / ^{86}\text{Sr}) + (^{87}\text{Sr}_{\text{initiale}} / ^{86}\text{Sr})$$

La méthode Rb-Sr en ECE

● Datation du granite blond

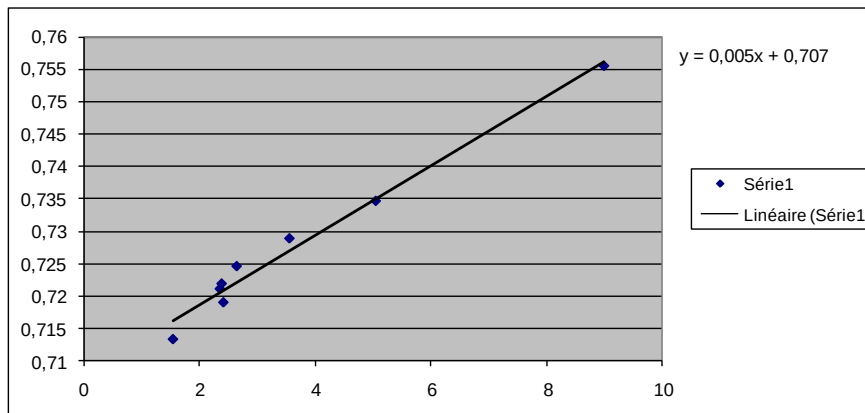


$$\lambda = 1.420 \cdot 10^{-11}$$

$$\hat{\text{âge}} = 2.952 \cdot 10^8$$

Soit 295 Ma $\pm$ 5 Ma

● Datation du Granite de de Vaulry / Cieux / St Junien



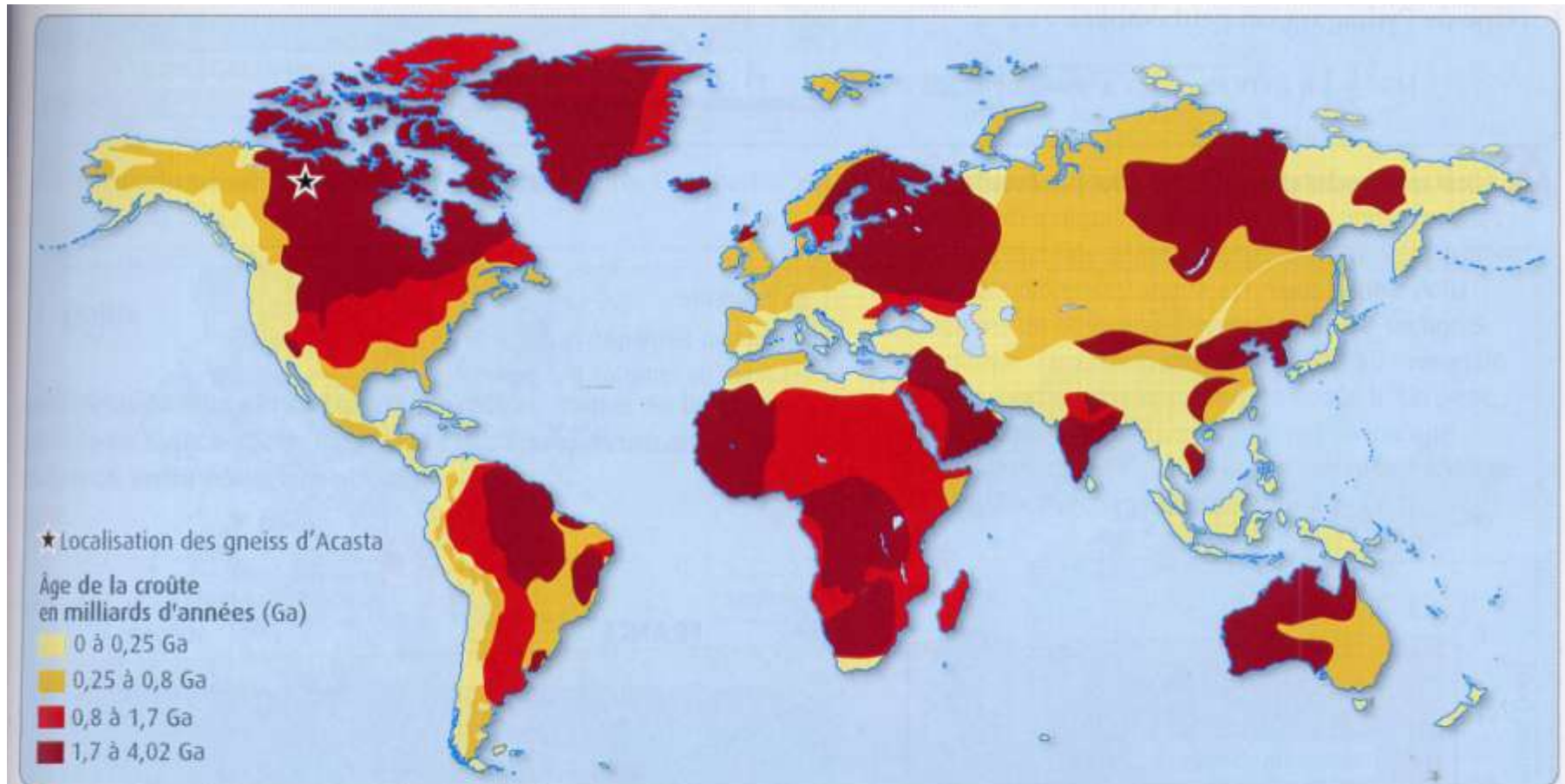
$$\lambda = 1.420 \cdot 10^{-11}$$

$$\hat{\text{âge}} = 3.793 \cdot 10^8$$

Soit 379 MA $\pm$ 17 Ma

/!\ Attention aux incertitudes /!

La méthode Rb-Sr sur les roches de la croûte continentale



4 L'âge de la croûte continentale. Les roches dont l'âge est indiqué sont celles du socle de roches magmatiques et métamorphiques. La couverture sédimentaire qui, en de nombreux endroits, recouvre ce socle, n'a pas été prise en compte. Les roches les plus anciennes connues sur Terre sont les gneiss d'Acasta (Canada), âgés de 4,02 milliards d'années (voir doc. 3 p. 207).

Thème : Les continents et leur dynamique.

Caractérisation du domaine continental

Introduction

I°) Densité de la croûte et notion d'isostasie.

A°) Les roches de la croûte continentale et leur densité.

B°) Les mouvements verticaux de la lithosphère continentale.

1°) La notion d'isostasie.

2°) L'altitude des reliefs varie au cours du temps.

II°) L'épaisseur de la croûte continentale.

III°) La croûte continentale, une croûte âgée.

A°) l'âge des roches de la croûte continentale.

B°) la méthode rubidium/strontium.

Conclusion