

Le temps et les roches



Terminale spécialité SVT - Chapitre 6

Rivages du lac Abhé, frontière Djibouti/ Ethiopie – © photo P. Baly

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie
 - 1) La méthode K/Ar
 - 2) La datation Uranium-Plomb
 - 3) La datation au carbone-14

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

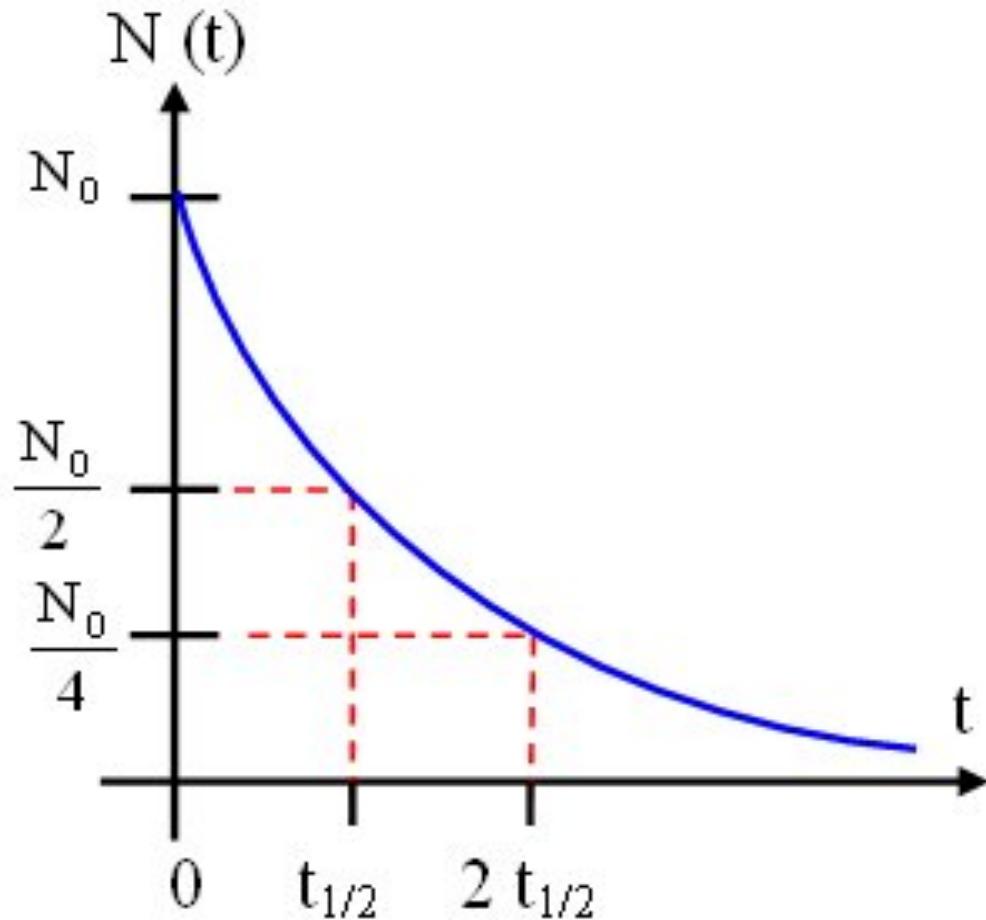
- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie
 - 1) La méthode K/Ar
 - 2) La datation Uranium-Plomb
 - 3) La datation au carbone-14

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

I) La chronologie absolue

A) Le principe général



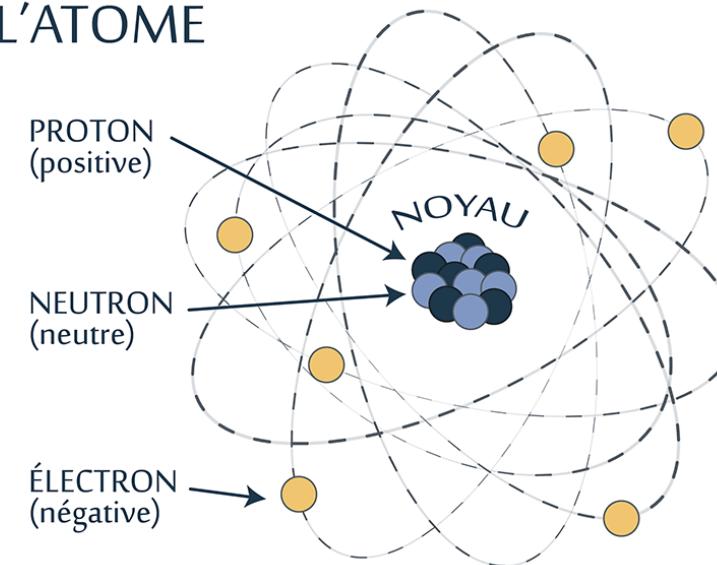
<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/Temps/datation-isotopique/comprendre/la-decroissance-radioactive>

L'ATOME

PROTON
(positive)

NEUTRON
(neutre)

ÉLECTRON
(négative)



R. Magmatiques ou Métamorphiques → isotopes radioactifs

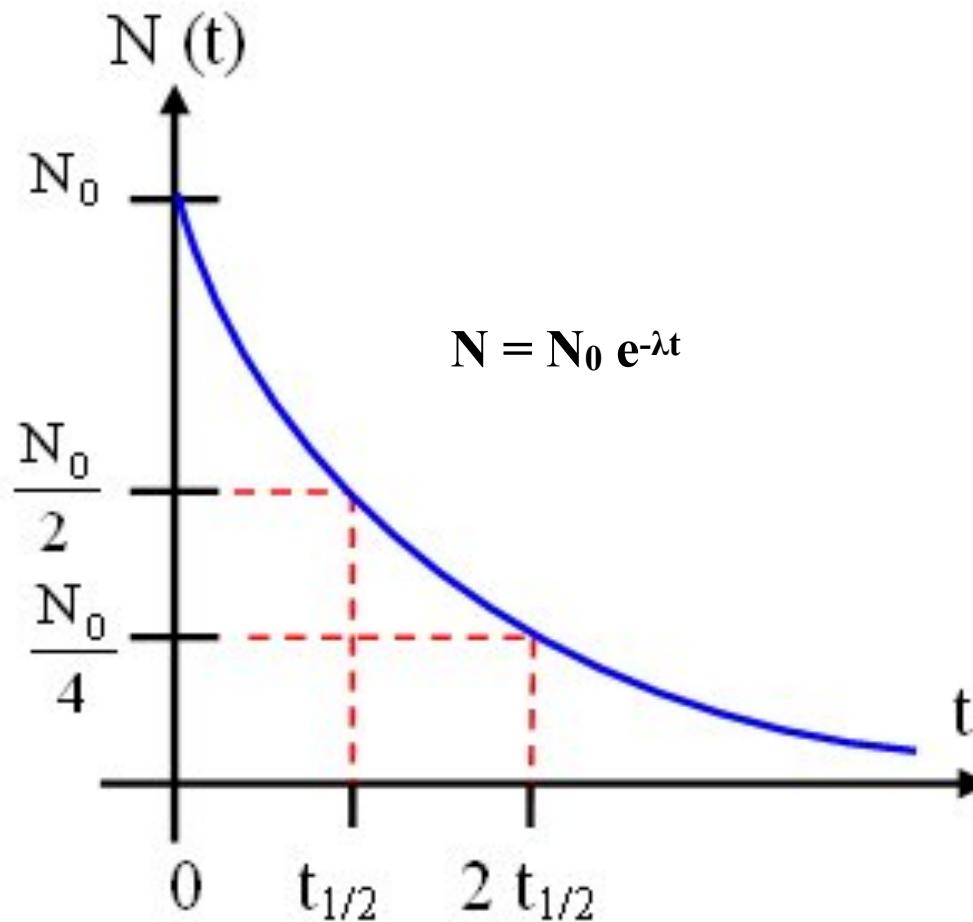
Désintégration aléatoire et imprévisible MAIS continue et irréversible → géochronomètre.

Age obtenu :

- Lors de la cristallisation du magma
- Lors du refroidissement du magma
- Lors du passage d'une certaine P° et T° (R. métamorphique) → phase décente ou de remontée.
=> Plusieurs âges !

I) La chronologie absolue

A) Le principe général



N (ou P , ou F) = nombre d'éléments radioactifs contenus à t dans le système clos

N_0 (ou P_0 ou F_0) = le nombre initial d'éléments radioactifs, à $t = 0$.

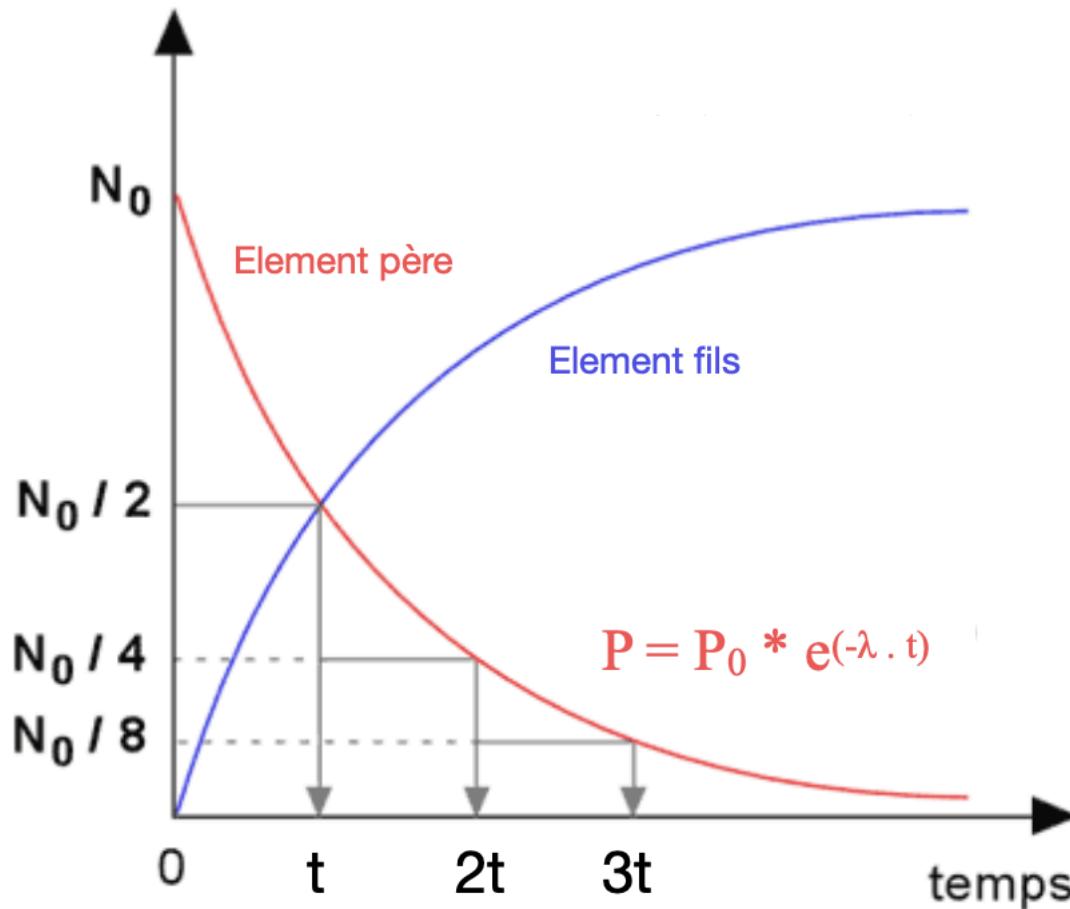
λ = la constante de désintégration (traduit la vitesse de désintégration). **A CONNAITRE**

I) La chronologie absolue

A) Le principe général

N_0 (P_0 ou F_0)

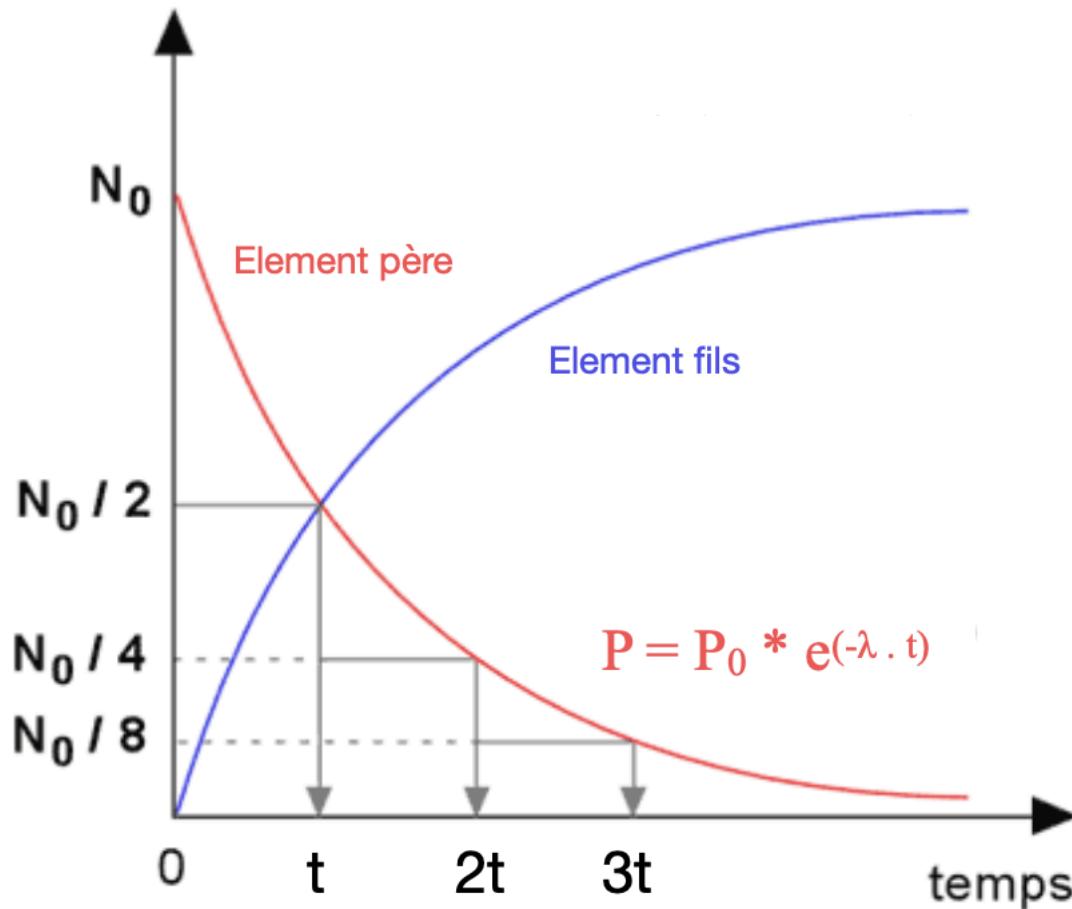
N (ou P , ou F) = nombre d'éléments radioactifs mesuré à un instant t dans le système clos.
 N_0 (ou P_0 ou F_0) = le nombre initial d'éléments radioactifs, à $t = 0$.
 λ = la constante de désintégration (traduit la vitesse de désintégration). **A CONNAITRE**



I) La chronologie absolue

A) Le principe général

N_0 (P_0 ou F_0)



N (ou P , ou F) = nombre d'éléments radioactifs mesuré à un instant t dans le système clos.

N_0 (ou P_0 ou F_0) = le nombre initial d'éléments radioactifs, à $t = 0$.

λ = la constante de désintégration (traduit la vitesse de désintégration). **A**

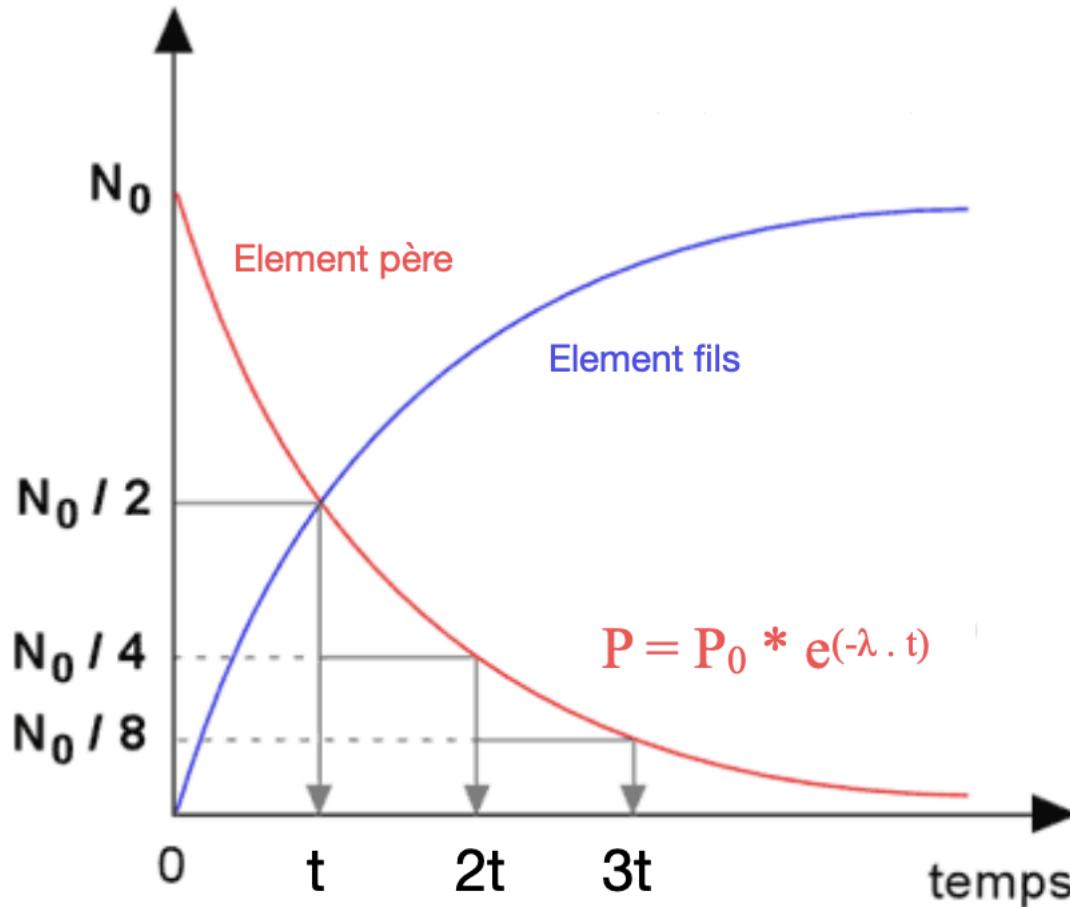
CONNAITRE

On note aussi t la période de l'élément, qui est sa demi-vie (temps mis pour que la moitié des atomes soient désintégrés) : cette période dépend du géochronomètre utilisé.

I) La chronologie absolue

A) Le principe général

N_0 (P_0 ou F_0)



N (ou P , ou F) = nombre d'éléments radioactifs mesuré à un instant t dans le système clos.

N_0 (ou P_0 ou F_0) = le nombre initial d'éléments radioactifs, à $t = 0$.

λ = la constante de désintégration (traduit la vitesse de désintégration). **A CONNAITRE**

On note aussi t la période de l'élément, qui est sa demi-vie (temps mis pour que la moitié des atomes soient désintégrés) : cette période dépend du géochronomètre utilisé.

Application numérique :

$$P = P_0 * e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow P_0 \text{ est une inconnue}$$

$$F = F_0 + F' \rightarrow F' (= \text{nombre d'élément fils obtenu par la désintégration})$$

ET

$$F' = P_0 - P$$

$$\text{Si } P = P_0 * e^{-\lambda \cdot t}, \text{ Alors } P_0 = P * e^{\lambda \cdot t}$$

$$F' = P_0 - P$$

$$F' = P * e^{\lambda \cdot t} - P$$

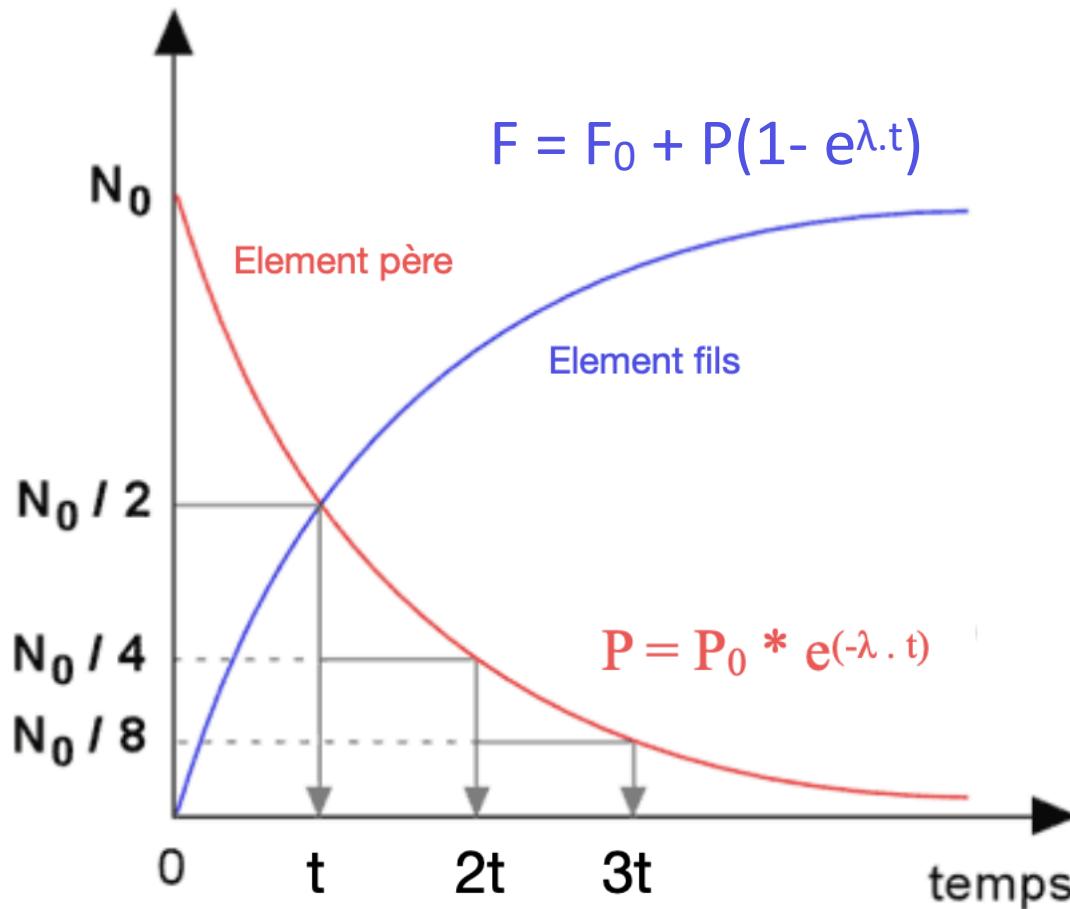
$$\text{soit : } F' = P(1 - e^{\lambda \cdot t}) \text{ (Factorisation)}$$

$$\rightarrow \text{Or on sait que } F = F_0 + F' \\ \Rightarrow F = F_0 + P(1 - e^{\lambda \cdot t})$$

I) La chronologie absolue

A) Le principe général

N_0 (P_0 ou F_0)



N (ou P , ou F) = nombre d'éléments radioactifs mesuré à un instant t dans le système clos.

N_0 (ou P_0 ou F_0) = le nombre initial d'éléments radioactifs, à $t = 0$.

λ = la constante de désintégration (traduit la vitesse de désintégration). **A CONNAITRE**

On note aussi t la période de l'élément, qui est sa demi-vie (temps mis pour que la moitié des atomes soient désintégrés) : cette période dépend du géochronomètre utilisé.

Application numérique :

$P = P_0 * e^{(-\lambda \cdot t)}$ $\rightarrow P_0$ est une inconnue

$F = F_0 + F'$ $\rightarrow F'$ (= nombre d'élément fils obtenu par la désintégration)

ET

$$F' = P_0 - P$$

$$\text{Si } P = P_0 * e^{(-\lambda \cdot t)}, \text{ Alors } P_0 = P * e^{\lambda \cdot t}$$

$$F' = P_0 - P$$

$$F' = P * e^{\lambda \cdot t} - P$$

$$\text{soit : } F' = P(1 - e^{\lambda \cdot t}) \text{ (Factorisation)}$$

Or on sait que $F = F_0 + F'$

$$\Rightarrow F = F_0 + P(1 - e^{\lambda \cdot t})$$

=> Utilisation de couples isotopiques divers en fonction de l'objet à dater (minéral ou organique).

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr**
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie
 - 1) La méthode K/Ar
 - 2) La datation Uranium-Plomb
 - 3) La datation au carbone-14

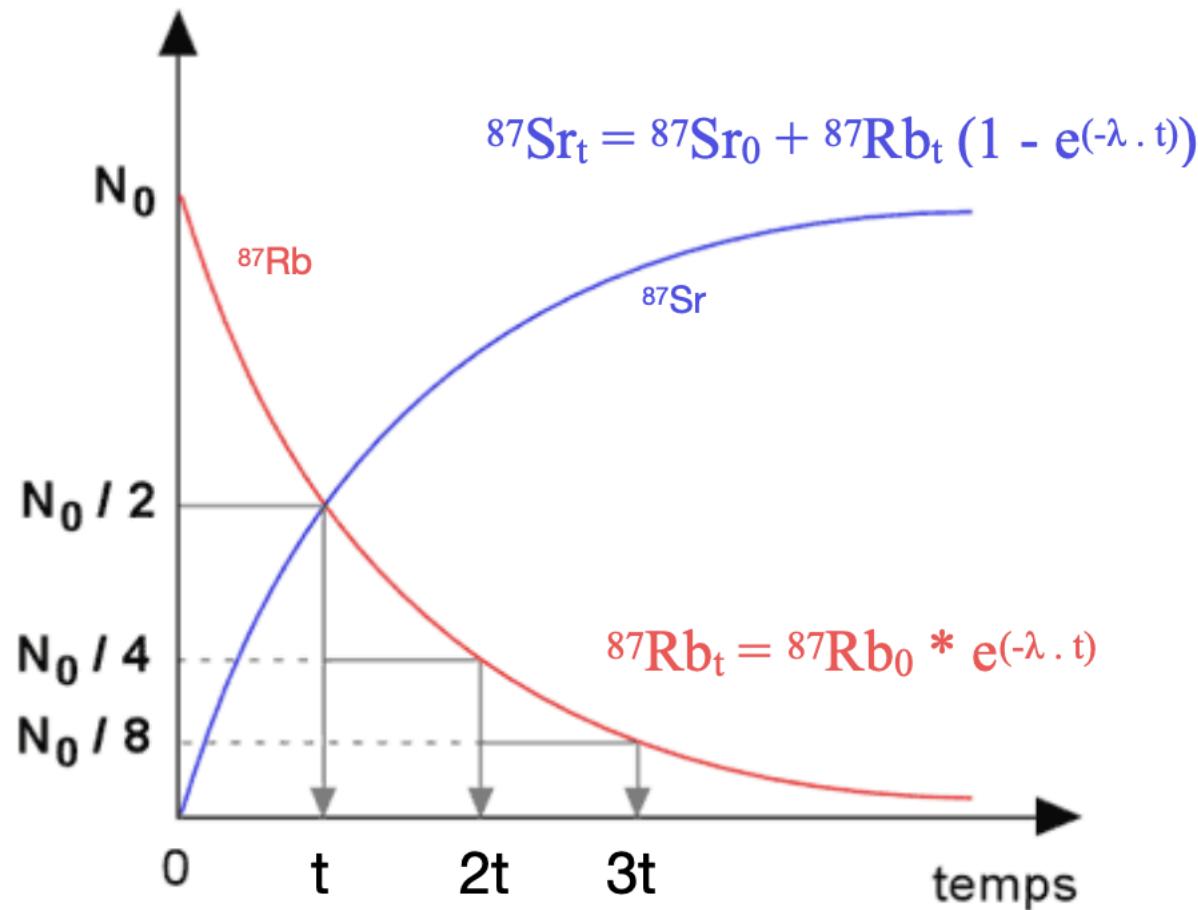
II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr

N_0 ($^{87}\text{Rb}_0$ ou $^{87}\text{Sr}_0$)



Couple d'éléments est utilisé dans le cas des minéraux des roches métamorphiques et magmatiques, dans lesquels le ^{87}Rb se désintègre en ^{87}Sr . Couple isotopique utilisé pour dater des éléments supérieurs à 100 Ma.

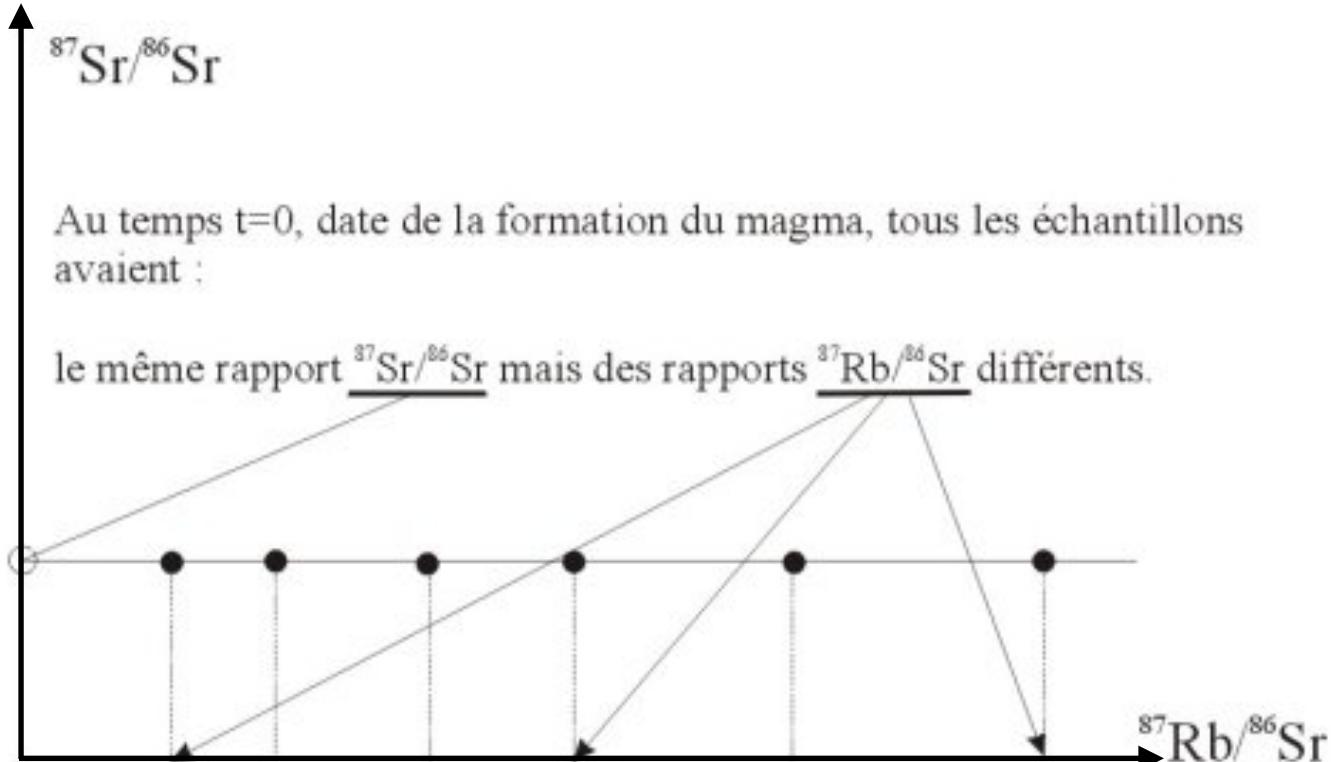
Il existe déjà une quantité de ^{87}Sr dans les minéraux à la fermeture du système.

Deux inconnues (l'âge du minéral (t) et la quantité initiale de ^{87}Sr), il faut donc recourir à **l'utilisation de plusieurs minéraux d'une même roche**.

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

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr



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

Deux roches qui cristallisent à partir d'un même magma sont **cogénétique**. Ils intégreront dans leurs minéraux du strontium avec un rapport $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ identique au magma d'origine.

Tous les minéraux venant du même magma auront $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ identique, MAIS ils intégreront des quantités variables de ^{87}Rb . Donc les rapports initiaux $^{87}\text{Rb}_0 / ^{86}\text{Sr}_0$ sont différents

Donc on utilise le ^{86}Sr car sa quantité est stable dans le temps

Donc on peut même dire que $^{86}\text{Sr}_0 = ^{86}\text{Sr}$

En travaillant sur des rapports ^{86}Sr l'équation devient la suivante :

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

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr

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

$$Y = B + A * X$$

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

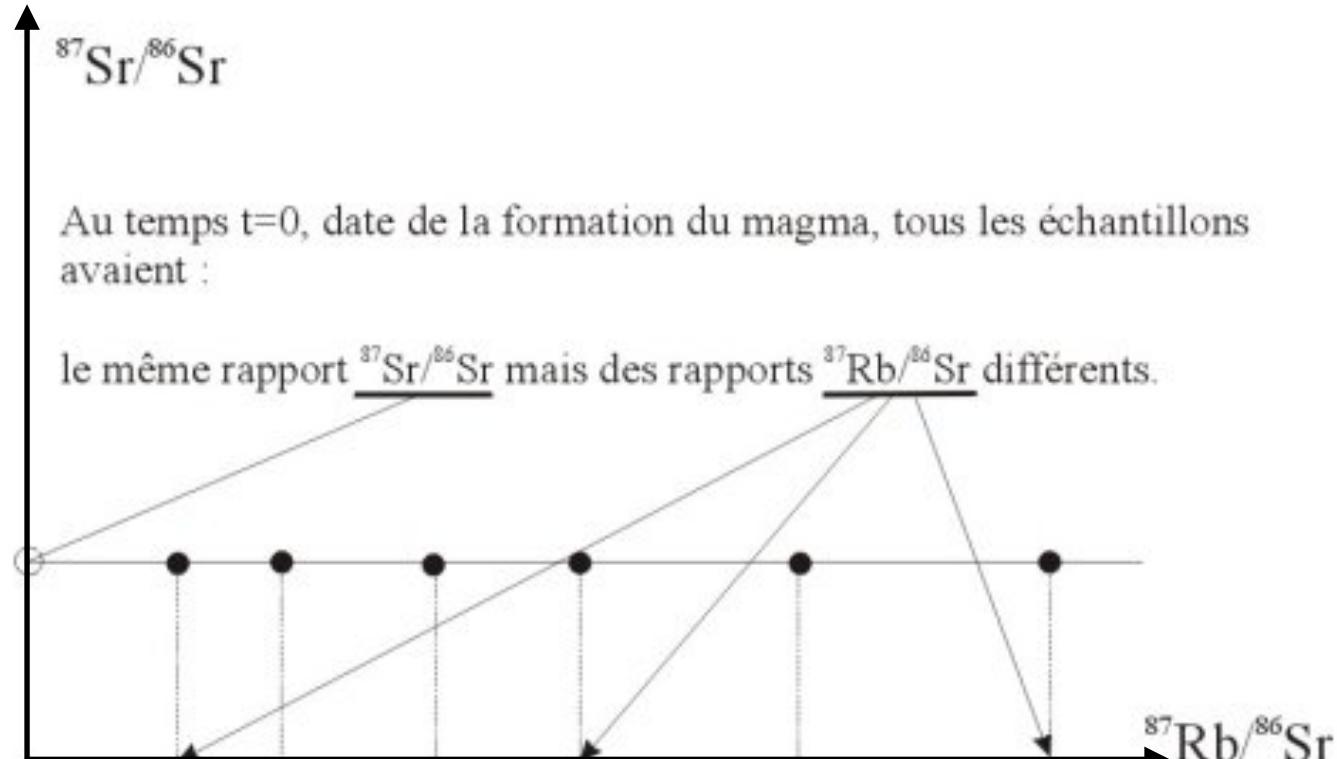
- Où $\left(\frac{\text{Sr-87}}{\text{Sr-86}} \right)_0$ est une constante, car les deux isotopes du strontium ont une masse trop proche pour qu'il y ait eu un fractionnement isotopique lors de la formation des minéraux (t_0) ;

- Où $\left(\frac{\text{Rb-87}}{\text{Sr-86}} \right)_t$ varie suivant les minéraux, car ils n'ont pas tous la même teneur relative en rubidium et en strontium ;

- Et $\left(\frac{\text{Rb-87}}{\text{Sr-86}} \right)_t$ varie suivant les espèces minérales, car elles n'ont pas tous gagné la même quantité de ^{87}Sr par désintégration du ^{87}Rb .

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr



https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/Images/datation-rubidium-strontium/datation-rubidium-strontium-fig04.jpg/image_viewFullscreen

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

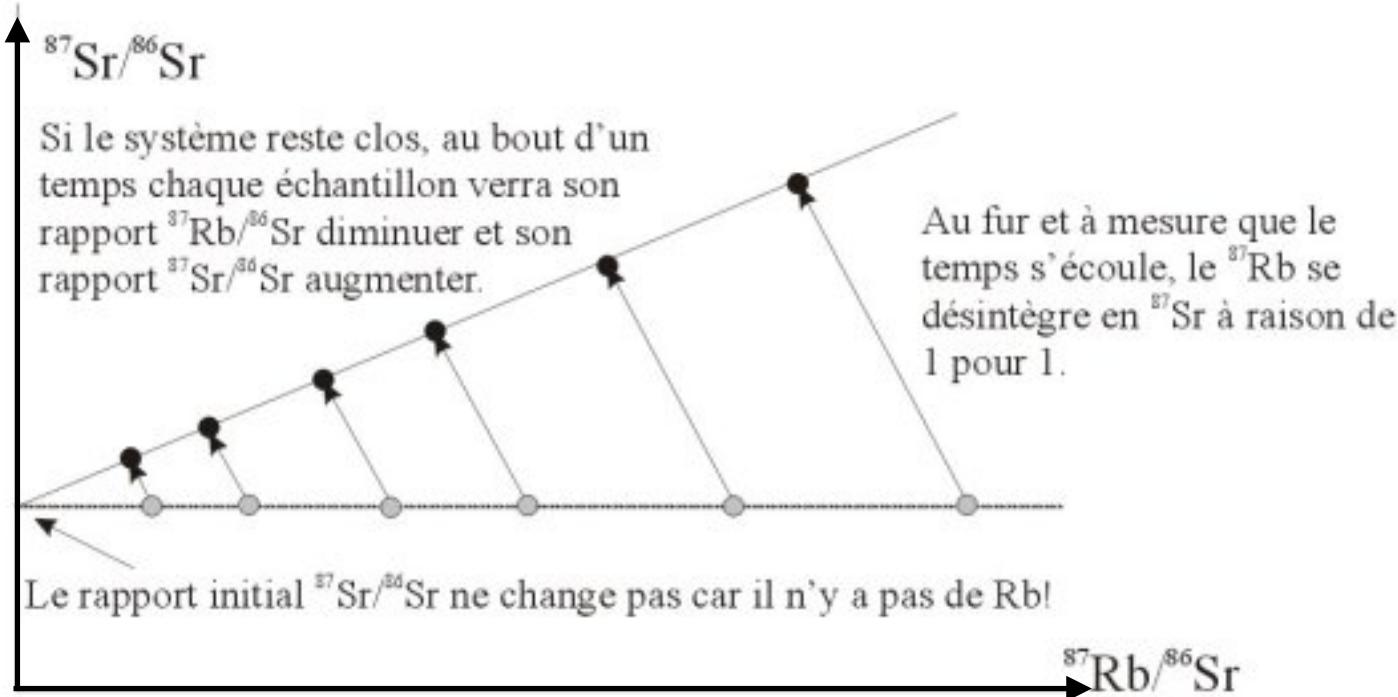
- Où $\left(\frac{\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}}{\frac{^{86}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}} \right)_0$ est une constante, car les deux isotopes du strontium ont une masse trop proche pour qu'il y ait eu un fractionnement isotopique lors de la formation des minéraux (t_0) ;

- Où $\left(\frac{\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}}{\frac{^{86}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}} \right)_t$ varie suivant les minéraux, car ils n'ont pas tous la même teneur relative en rubidium et en strontium ;

- Et $\left(\frac{\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}}{\frac{^{86}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}} \right)_t$ varie suivant les espèces minérales, car elles n'ont pas tous gagné la même quantité de ^{87}Sr par désintégration du ^{87}Rb .

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr



https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/images/datation-rubidium-strontium/datation-rubidium-strontium-fig04.jpg/image_viewFullscreen

La période de ce couple est $T = 48,8$ Ga, soit $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$

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

$$Y = B + A * X$$

Les inconnues étant A, la pente de la droite de valeur et B, l'ordonnée à l'origine, qui est le rapport initial $(^{87}\text{Sr})_0 / (^{86}\text{Sr})_0$ (obtenu graphique)

Sur la droite que l'on obtient on peut calculer la pente $A = e^{\lambda \cdot t} - 1$ (le but est d'isoler t : le temps)

$$A = e^{\lambda \cdot t} - 1 \longrightarrow A + 1 = e^{\lambda \cdot t}$$

$$\ln (A + 1) = \ln (e^{\lambda \cdot t})$$

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

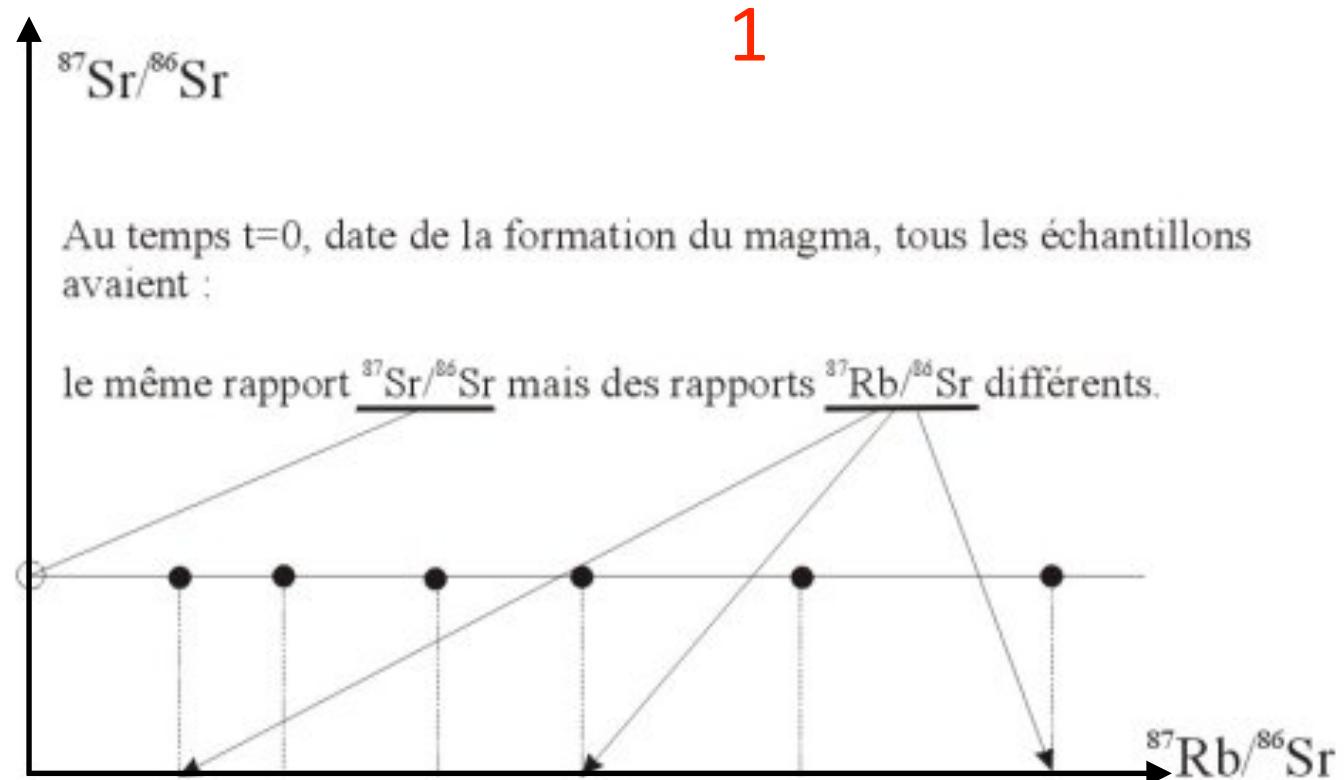
$$t = \frac{\ln (A + 1)}{\lambda}$$

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr

Reprendons :

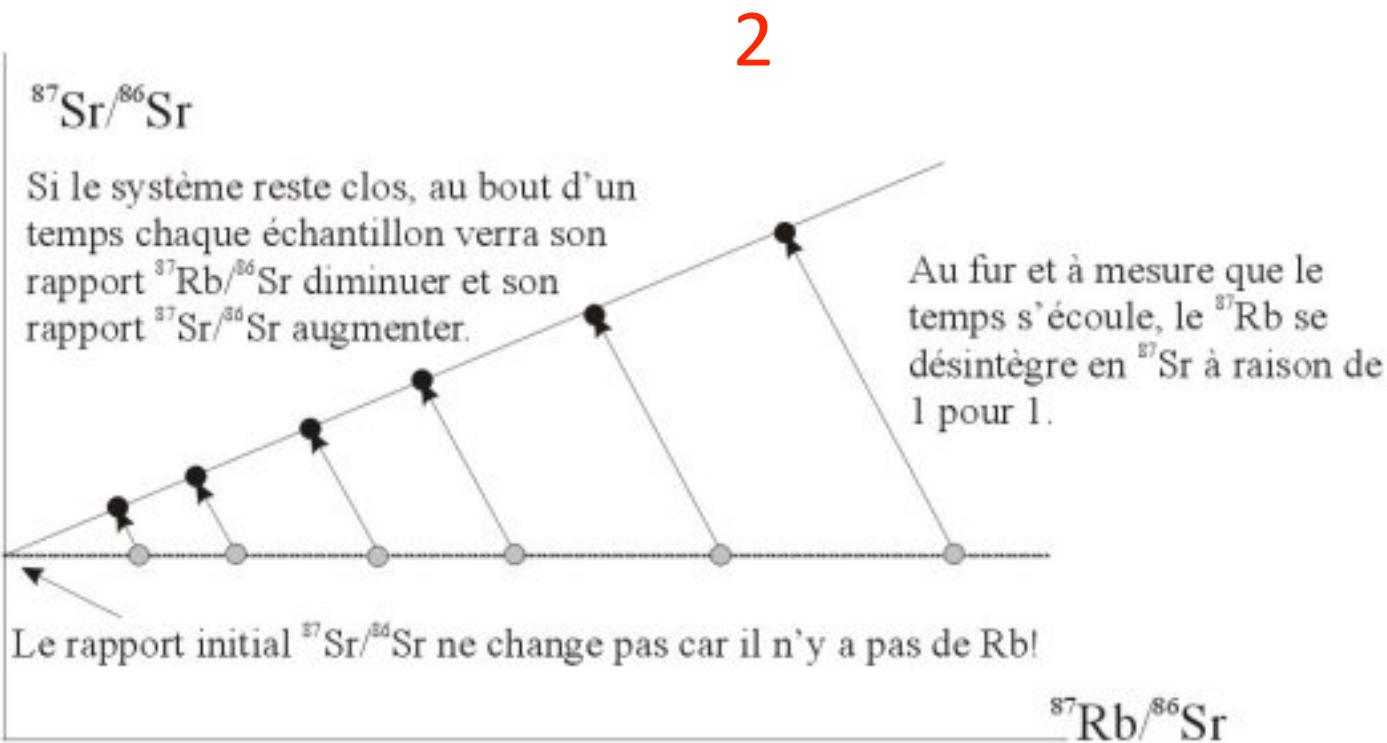
1 - A la fermeture du système (après cristallisation du magma par ex) le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est identique MAIS des rapports $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$. Sur la droite chaque point noir correspond à des minéraux différents d'une MÊME roche.



https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/Images/datation-rubidium-strontium/datation-rubidium-strontium-fig04.jpg/image_view_fullscreen

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr



https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/Images/datation-rubidium-strontium/datation-rubidium-strontium-fig04.jpg/image_viewFullscreen

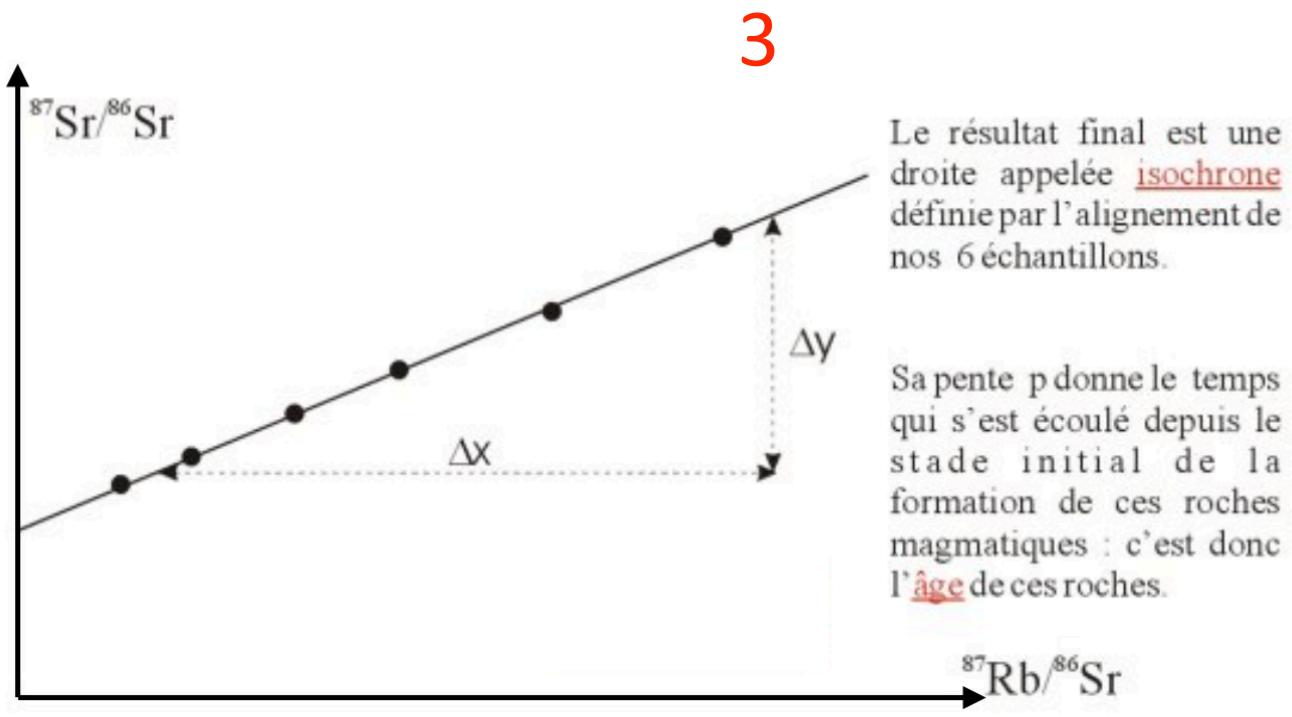
Reprendons :

1- A la fermeture du système (après cristallisation du magma par ex) le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est identique MAIS des rapports $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$. Sur la droite chaque point noir correspond à des minéraux différents d'une MÊME roche.

2- Le système avance dans le temps, les désintégrations radioactives se produisent et donc il y a une diminution du nombre de ^{87}Rb (élément père) et une augmentation de ^{87}Sr (élément fils). Les coordonnées des points changent (l'abscisse de chaque point diminue et son ordonnée augmente). Ce phénomène se passe dans tous les minéraux de la roche. Plus les désintégrations se font plus la pente de la courbe augmente.

I) La chronologie absolue

B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr



$$t = \frac{\ln(A + 1)}{\lambda}$$

Et

$$A = \Delta y / \Delta x$$

https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/Images/datation-rubidium-strontium/datation-rubidium-strontium-fig04.jpg/image_viewFullscreen

La période de ce couple est $T = 48,8$ Ga, soit $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$ an $^{-1}$

Reprenons :

1- A la fermeture du système (après cristallisation du magma par ex) le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est identique MAIS des rapports $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$. Sur la droite chaque point noir correspond à des minéraux différents d'une MÊME roche.

2- Le système avance dans le temps, les désintégrations radioactives se produisent et donc il y a une diminution du nombre de ^{87}Rb (élément père) et une augmentation de ^{87}Sr (élément fils). Les coordonnées des points changent (l'abscisse de chaque point diminue et son ordonnée augmente). Ce phénomène se passe dans tous les minéraux de la roche. Plus les désintégrations se font plus la pente de la courbe augmente.

3 - Pour trouver l'âge de la roche il nous suffit de trouver la pente de la droite

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie
 - 1) La méthode K/Ar
 - 2) La datation Uranium-Plomb
 - 3) La datation au carbone-14

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

I) La chronologie absolue

C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

1) La méthode K/Ar

Ces atomes sont présents dans les minéraux des roches magmatiques ou métamorphiques ; dans le couple ^{40}K / ^{40}Ar , le ^{40}K initial se désintègre en ^{40}Ar . La quantité de ^{40}K initial n'est pas connue, mais comme l' ^{40}Ar provient uniquement de sa désintégration (il n'existe pas initialement dans le minéral), il est possible d'appliquer l'équation générale directement :

$$^{40}\text{Ar} / ^{40}\text{K} = 0,105 (e^{\lambda t} - 1)$$

Dans ce cas la quantité d'élément fils initiale (Ar) est nulle, l'Ar étant un gaz il s'échappe de la roche lors de sa cristallisation.

La période T est de 1,27 Ga, donc cette méthode est (était) utilisée pour des roches anciennes.

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie**
 - 1) La méthode K/Ar
 - 2) La datation Uranium-Plomb
 - 3) La datation au carbone-14

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

I) La chronologie absolue

C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

2) La datation Uranium-Plomb

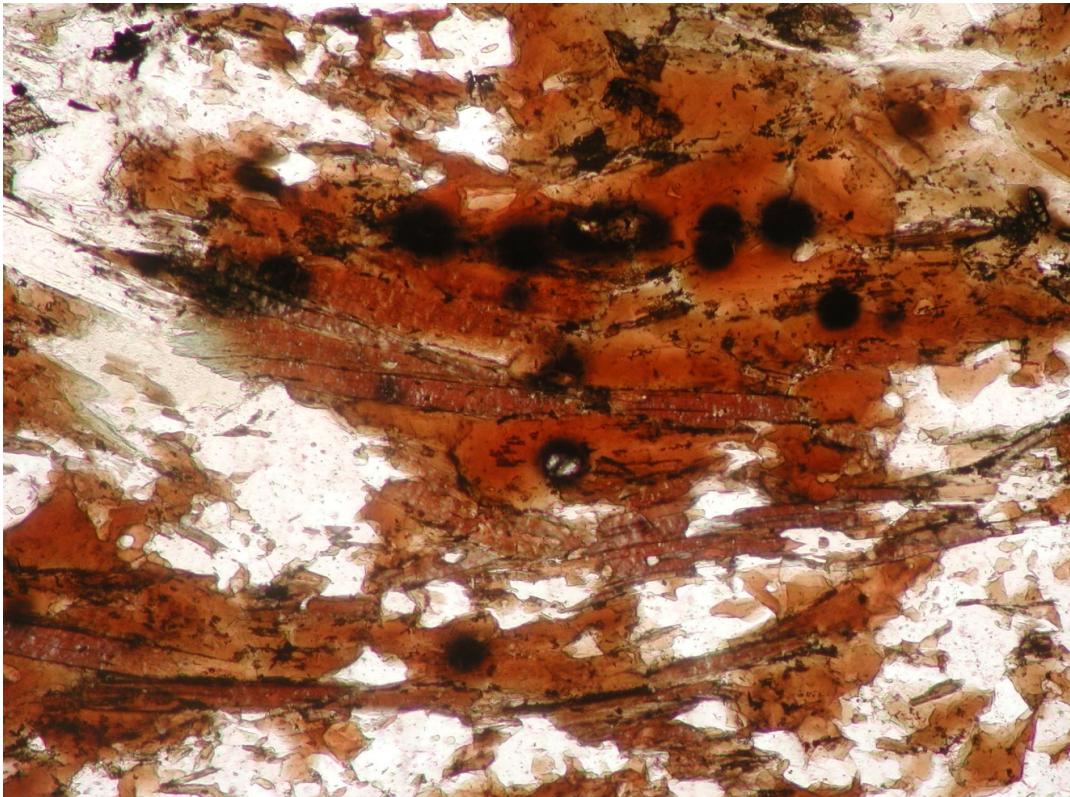
On peut utiliser deux couples : **$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, ou $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$** . Ces couples ont une période respective de $4,53 \times 10^9$ ans et $0,7 \times 10^9$ ans, donc on peut dater avec ces isotopes des **roches très anciennes** (terrestres, lunaires), des météorites,...du système solaire.

On trouve l'uranium notamment dans les **zircons** (ZrSiO_4), qui sont les plus vieux minéraux terrestres, datés de 4,4 Ga. En effet, il y a très souvent des substitutions d'uranium ou de thorium à la place du zirconium, ce qui fait que le zircon est très recherché dans les roches pour réaliser des datations.

I) La chronologie absolue

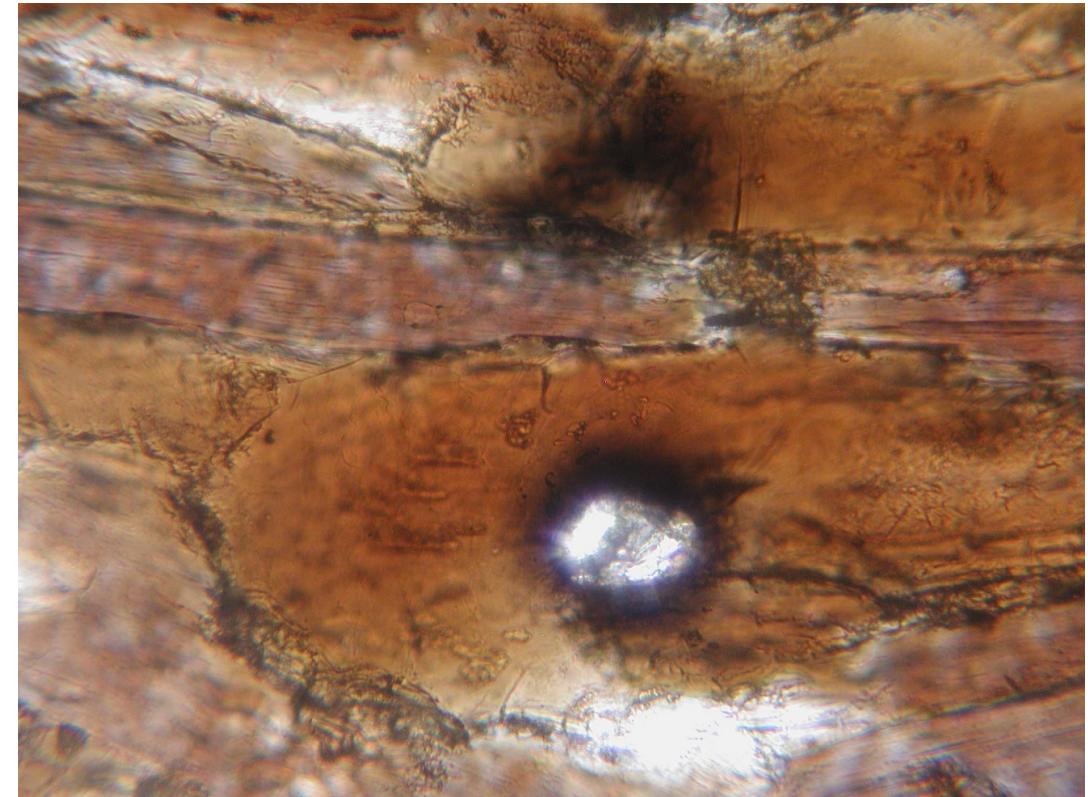
C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

2) La datation Uranium-Plomb



Zircon

SiO_4Zr



Forme en prisme plus ou moins arrondis, à relief très fort, et biréfringence élevée, en inclusion ici dans une biotite, à bord pléochroïque.

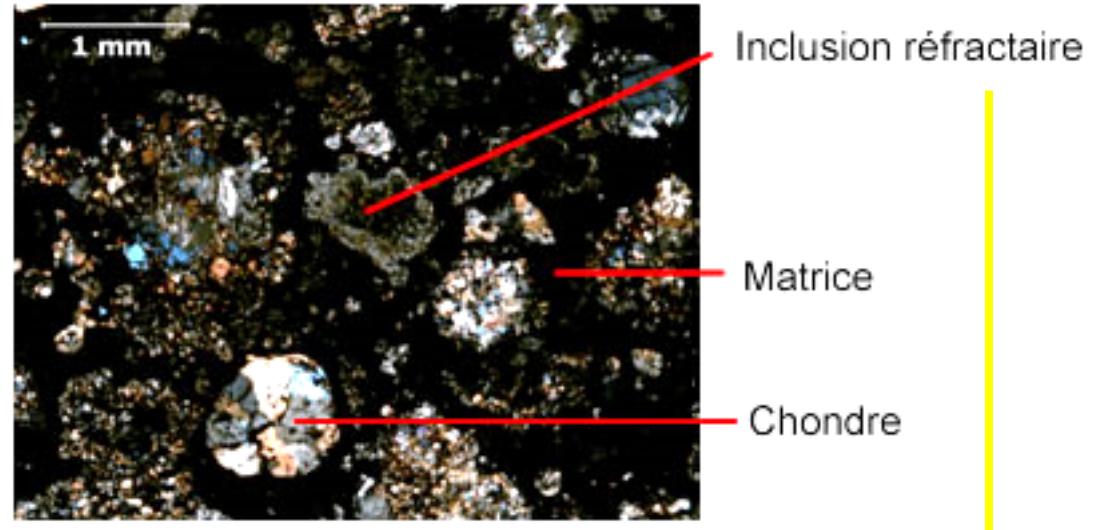
Migmatite du Cul-Rond, Cotentin, en LPNA, G x100 et x400

© P.Baly

I) La chronologie absolue

C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

2) La datation Uranium-Plomb



Ce qui a été daté, car le plus ancien
dans ce type de météorite

En utilisant le double couple d'isotopes $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ et $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$, on a obtenu un âge de **4,566 Ga \pm 0,001 Ga**

La météorite Allende, est tombée le 8 février 1969 dans la province de Chihuahua, Mexique
(chondrite carbonée)

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie
 - 1) La méthode K/Ar
 - 2) La datation Uranium-Plomb
 - 3) La datation au carbone-14

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

I) La chronologie absolue

C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

3) La datation au carbone-14

Cf. cours d'enseignement scientifique de 1^{ère}.

Cette méthode est basée sur la disparition progressive de la teneur en ^{14}C après la mort d'un être vivant : elle ne peut donc se faire que sur de la matière organique. De plus, sa période courte ($T = 5568 \pm 30$ ans) réduit son utilisation à des échantillons relativement récents, d'âge maximum de 50 000 ans.

I) La chronologie absolue

C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

3) La datation au carbone-14



https://fr.wikipedia.org/wiki/Grotte_de_Lascaux

La grotte de Lascaux (Montignac-Lascaux, Dordogne)

Que date-t-on ?

1951 : datation de charbons de bois : âge obtenu de 15 500 BP ;

1970 : nouveaux charbons de bois : 16 000 BP (± 500 ans) et 17 190 BP (± 140 ans) ;

1998 : fragments de baguettes de bois de renne : 18 600 à 18 900 BP ;

2018 : restes de renne : 21 500 à 21 000 BP ;

2020 : nouvelles datations en cours...

*Toutefois, les méthodes de chronologie absolue ne peuvent pas être utilisées dans tous les cas, notamment pour les roches sédimentaires (sinon, on date les minéraux de ces roches, et non la roche elle-même). Il faut donc dater de façon **relative** l'objet d'intérêt, qui sera plus jeune ou plus âgé qu'un autre objet.*

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

- 1) Le principe de superposition
- 2) Le principe de recouplement
- 3) Le principe d'inclusion

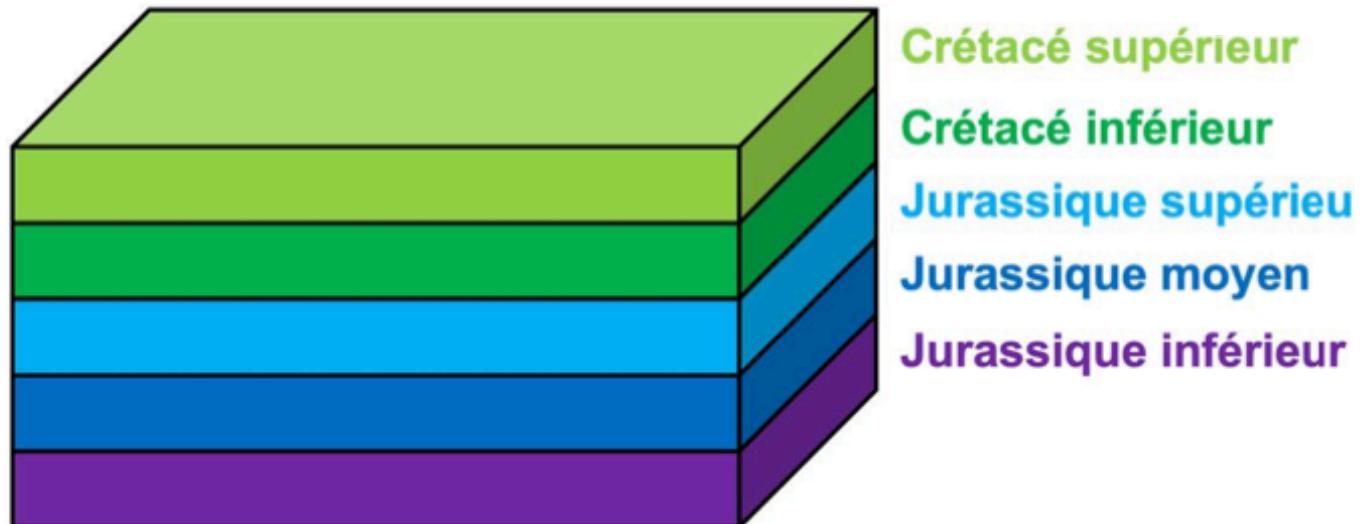
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

1) Le principe de superposition

La chronologie relative s'appuie en partie sur les relations entre les différentes formations de roches. Dans le cas de roches sédimentaires et volcaniques, les roches les plus anciennes sont recouvertes par les roches les plus récentes par accumulation par le haut : c'est le principe de superposition.



II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

1) Le principe de superposition



Massif du Dai, Djibouti

© photo P.baly

I) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

1) Le principe de superposition



II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

1) Le principe de superposition



Volcan de Lemptégy, Auvergne

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

1) Le principe de superposition



Volcan de Lemptégy, détail de la photographie précédente

© P.Baly

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

- 1) Le principe de superposition
- 2) Le principe de recouplement
- 3) Le principe d'inclusion

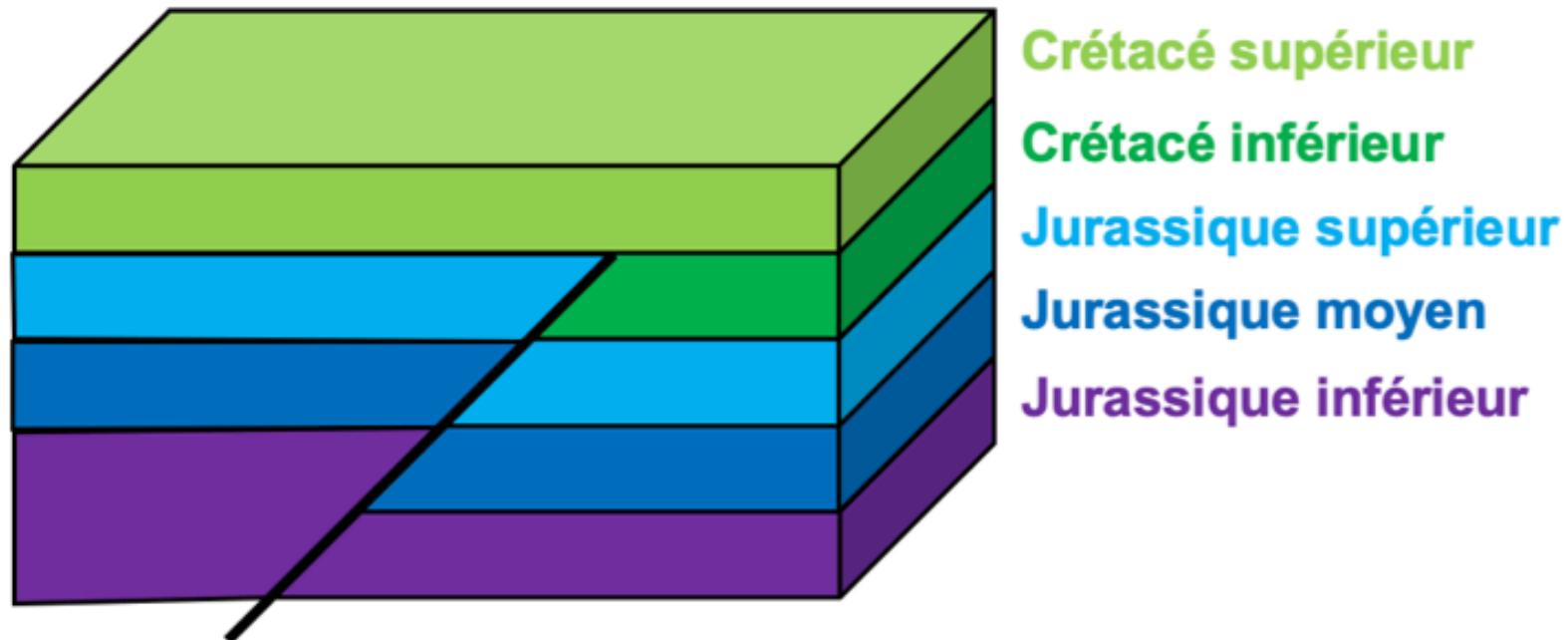
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

2) Le principe de recouplement

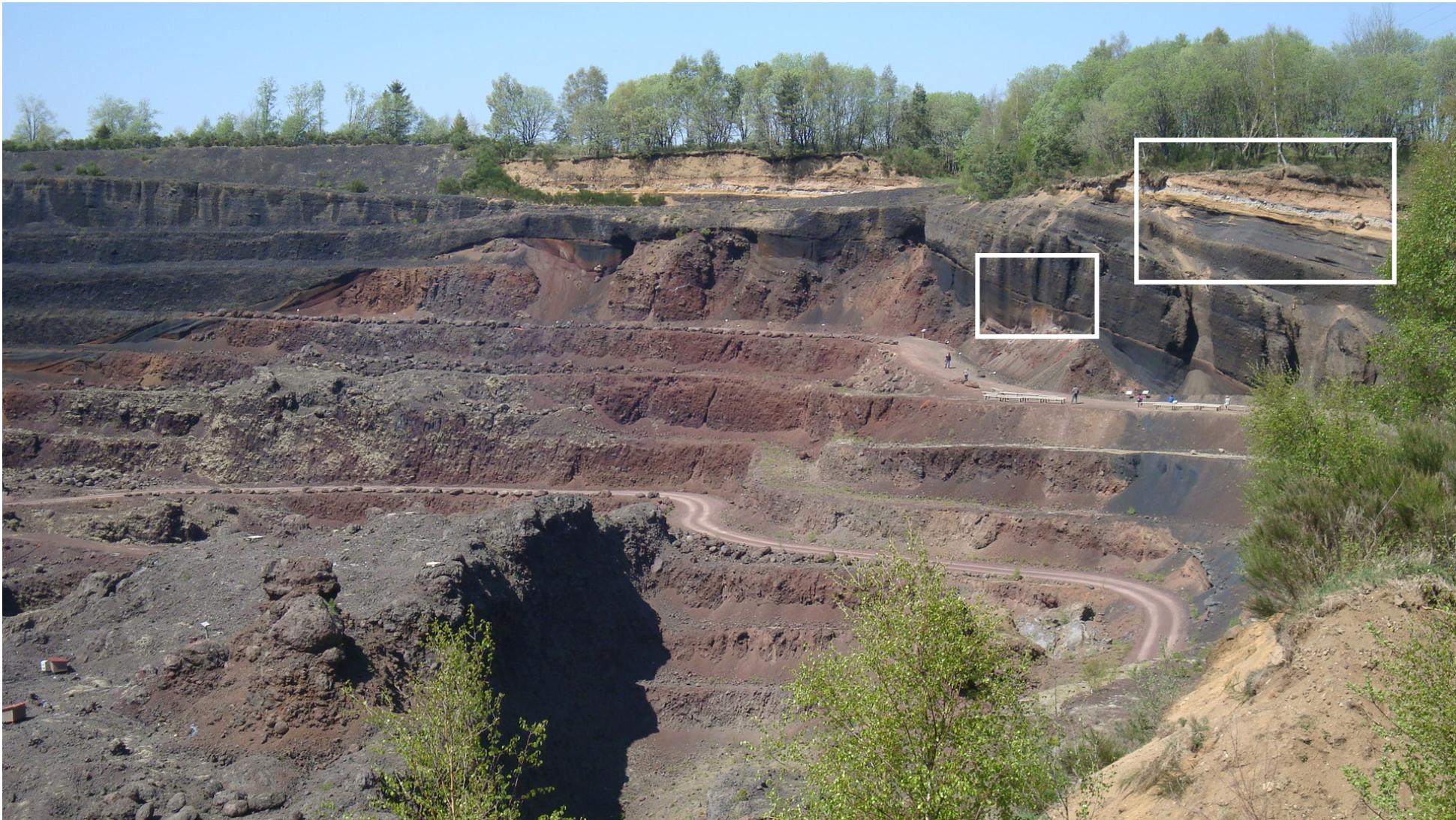
Le principe de recouplement s'applique lorsqu'une structure vient recouper = affecter d'autres objets, elle est d'âge plus récent que ceux-ci.



II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

2) Le principe de recouplement

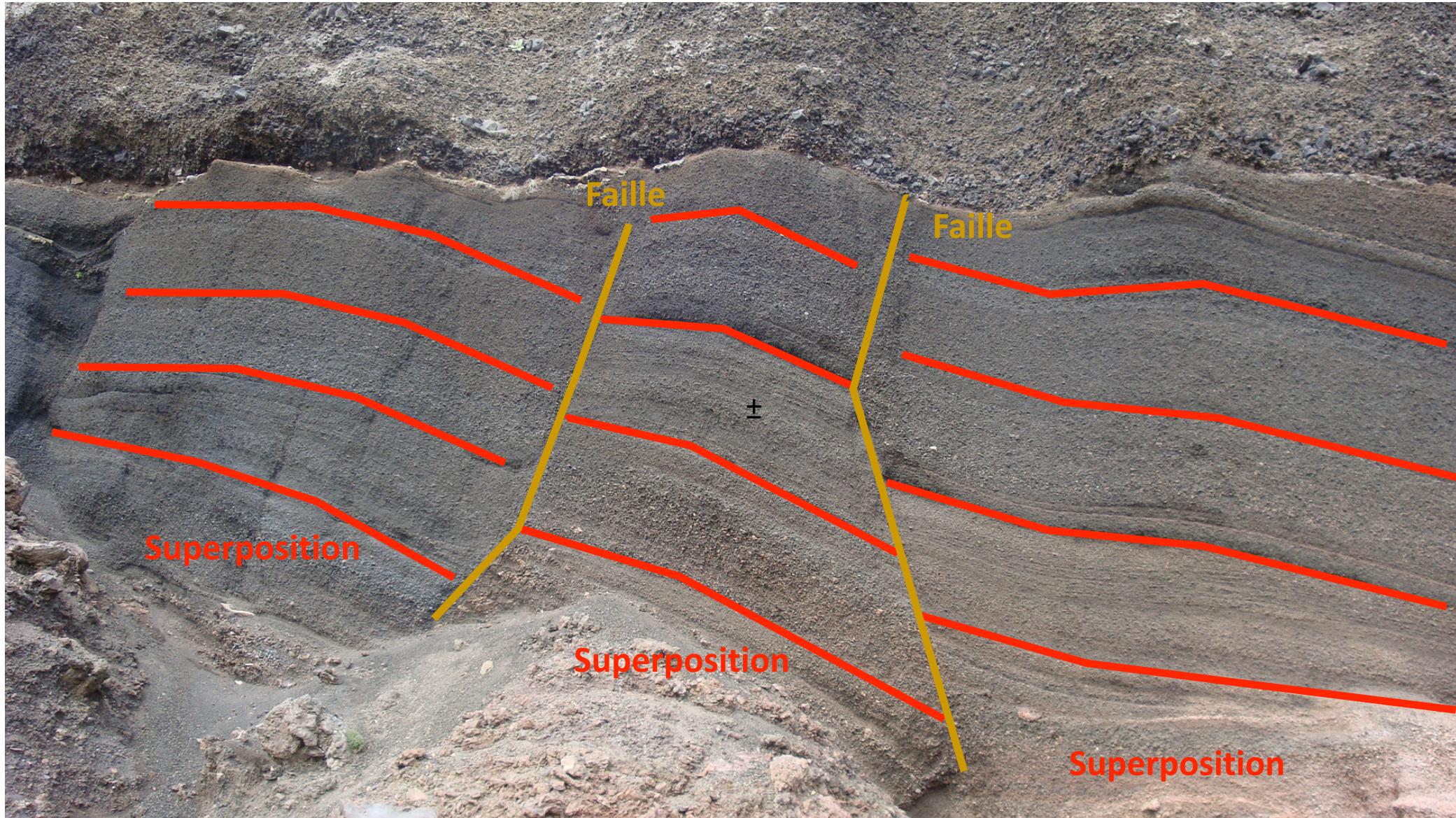


Volcan de Lemptégy, Auvergne

Volcan de Lemptégy, détail de le photographie précédente



Volcan de Lemptégy, détail de la photographie précédente



II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

2) Le principe de recouplement

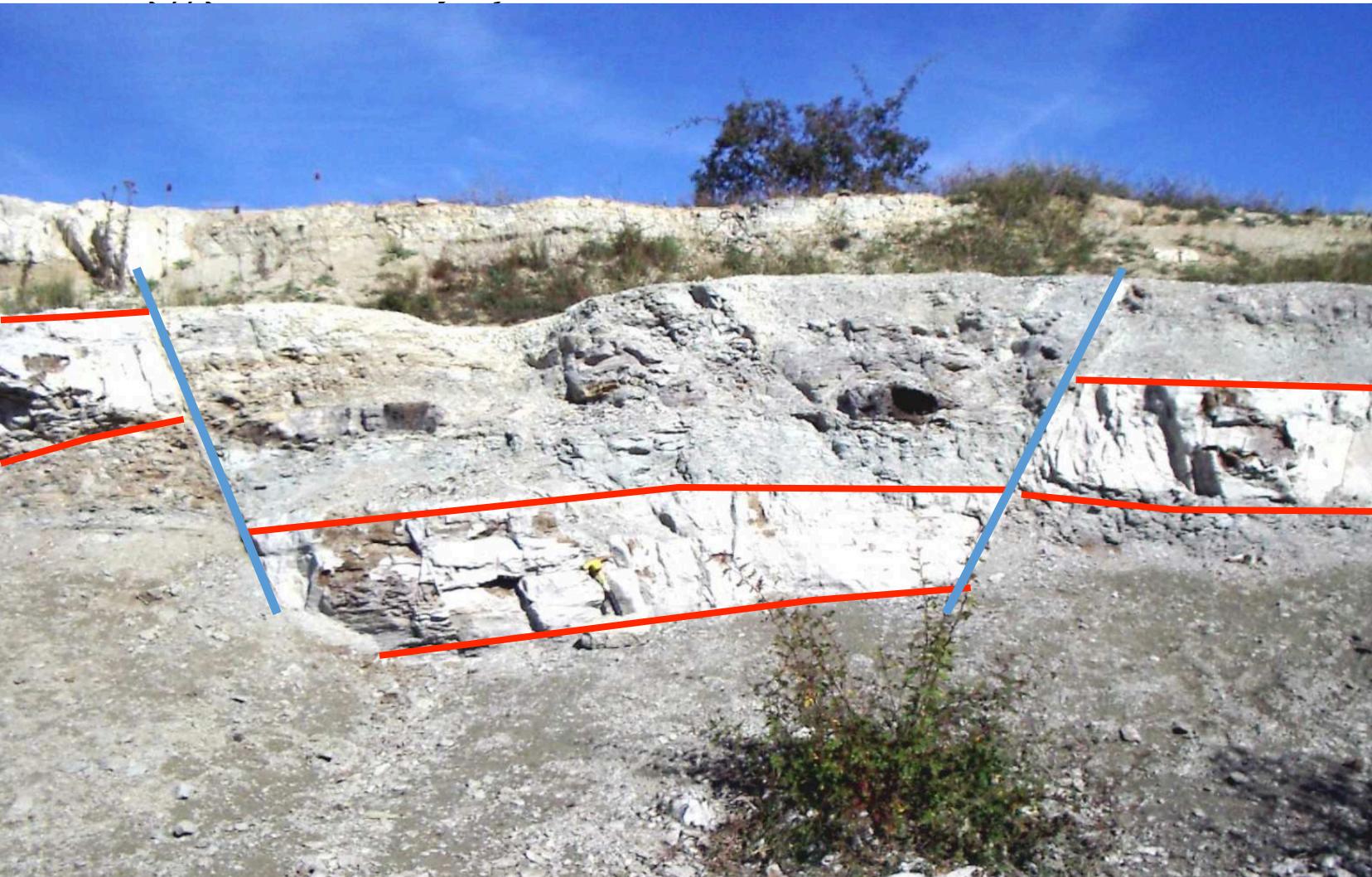


Affleurement dans la carrière de Gandaillat

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

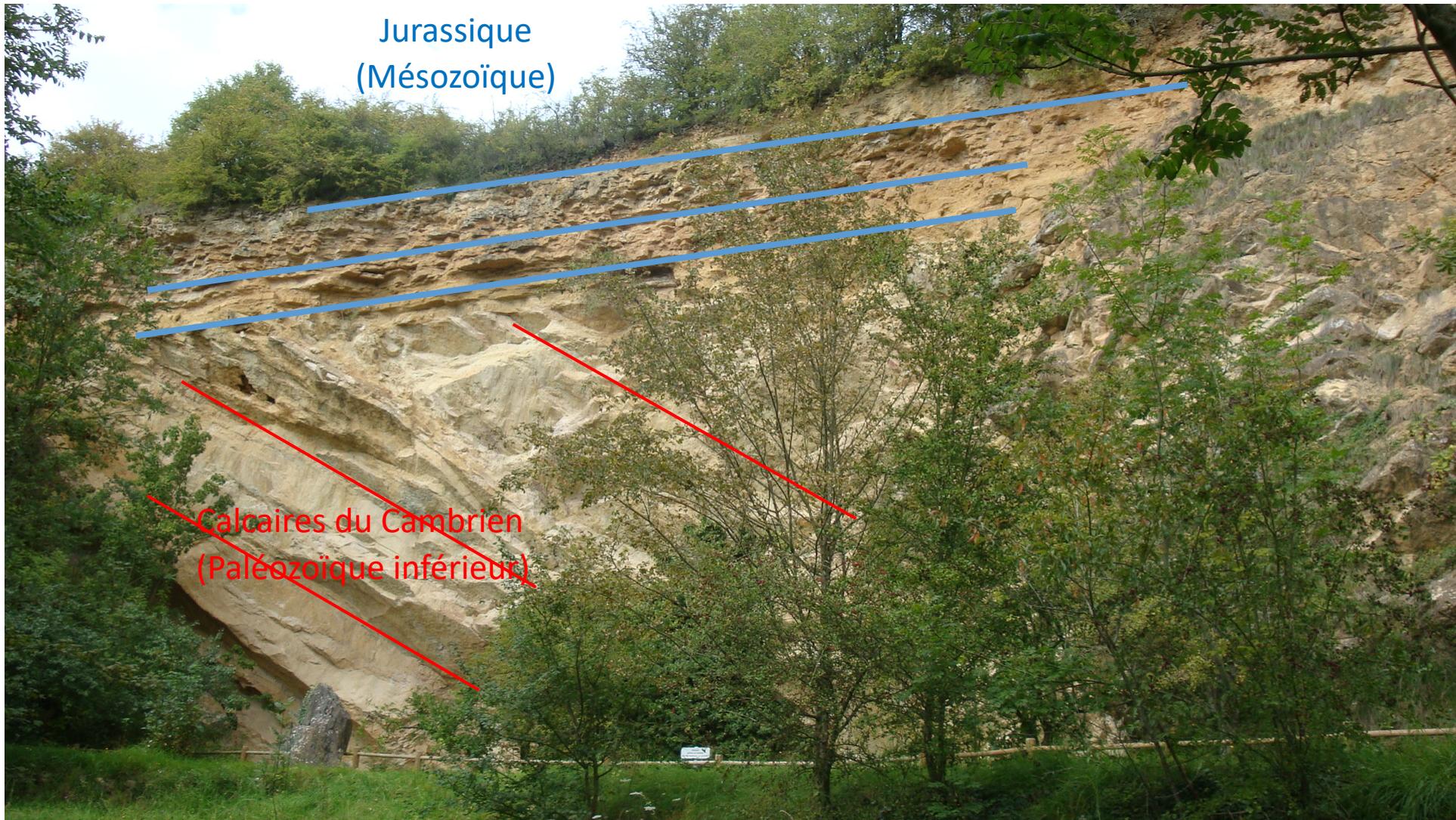
2) Le principe de recouplement



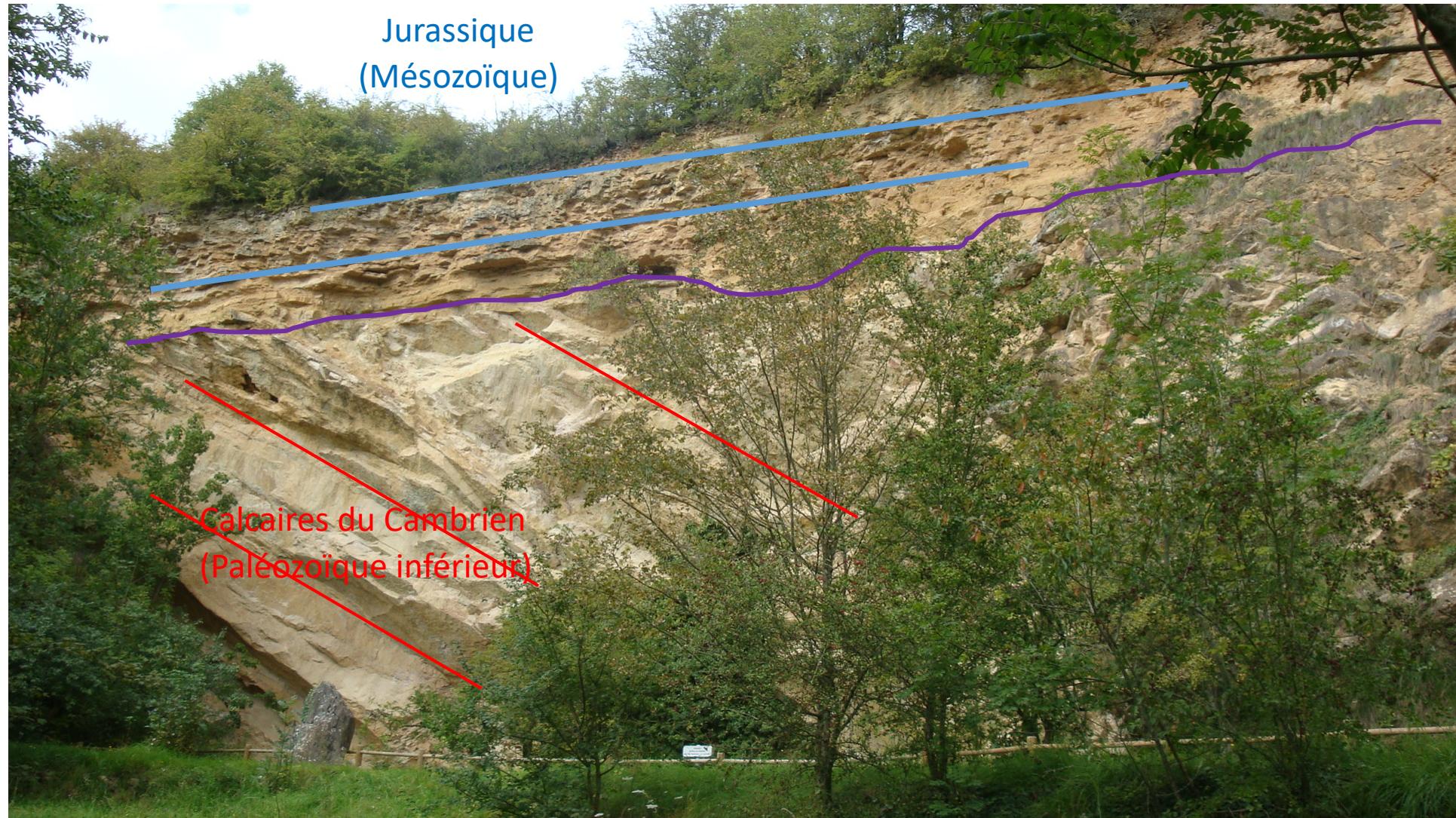
Affleurement dans la carrière de Gandaillat



Carrière de Laize-la-ville, Normandie – © P.Baly



Carrière de Laize-la-ville, Normandie – © P.Baly



Carrière de Laize-la-ville, Normandie – © P.Baly



Granite de l'île Millau, complexe de Ploumanac'h, Bretagne

© photo P.Baly



Détails de la photo précédente

Granite de l'île Millau, complexe de Ploumanac'h, Bretagne

© photo P.Baly



Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

II) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

- 1) Le principe de superposition
- 2) Le principe de recouplement
- 3) Le principe d'inclusion**

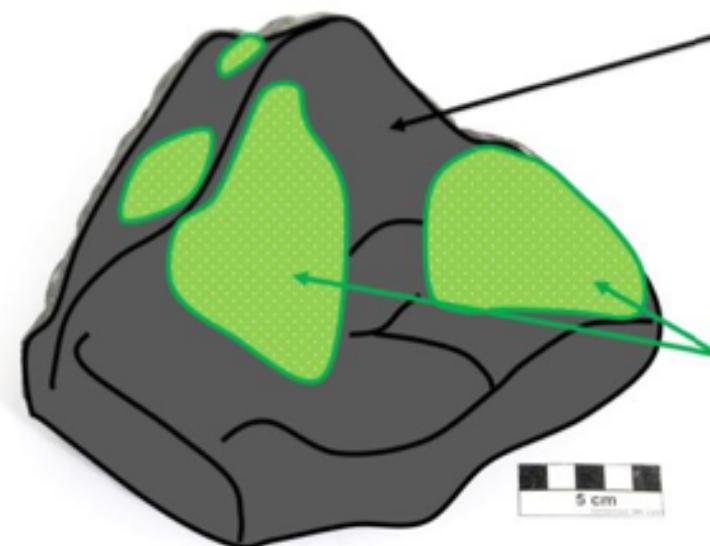
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

I) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

3) Le principe d'inclusion

Le principe d'inclusion postule que lorsqu'un objet est inclus dans un autre, il est plus ancien que celui-ci.



BASALTE : roche magmatique peu cristallisée =
roche volcanique (à refroidissement rapide)

Péridotite : roche magmatique cristallisée = roche
plutonique cristallisée en profondeur (à refroidissement
lent)

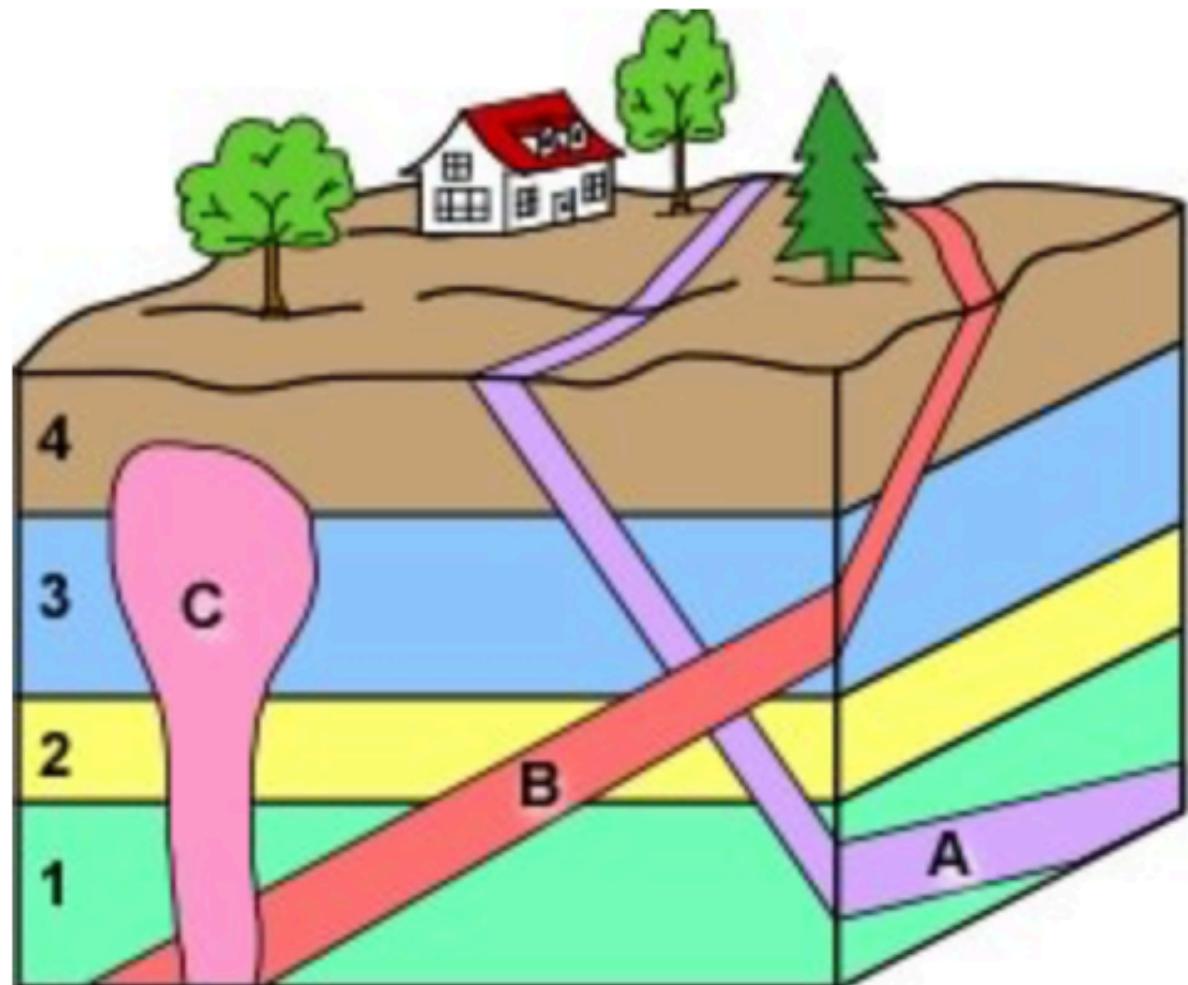
Un **basalte** à nodule de **péridotite**
permet d'affirmer que la péridotite,
inclus dans le basalte est plus
ancienne que celui-ci !

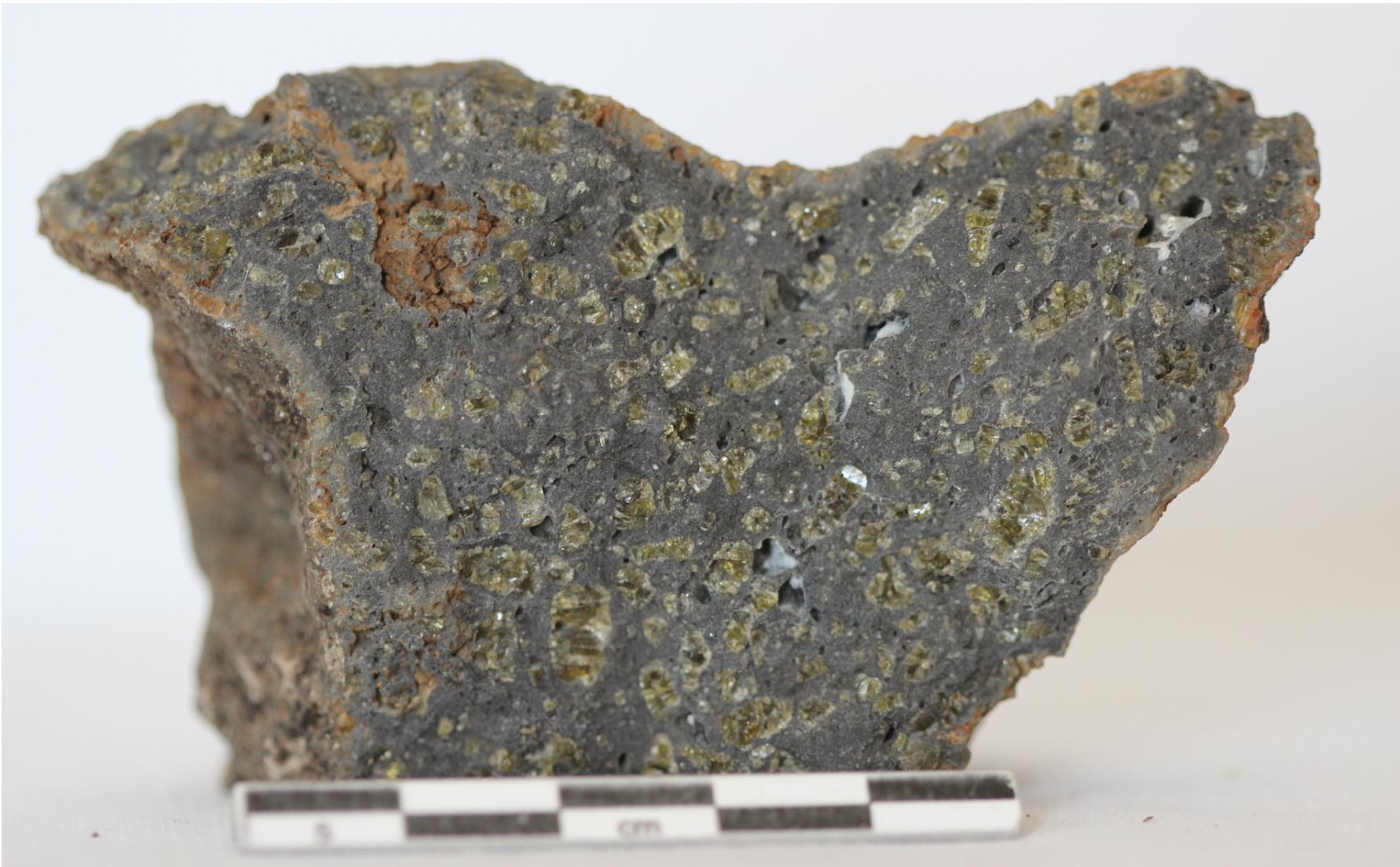
I) La chronologie relative

A) Les principes utilisés en chronologie relative

3) Le principe d'inclusion

Cas particulier des filons magmatiques





Océanite (basalte à olivine), coulée de 2007, île de la Réunion

© P.Baly

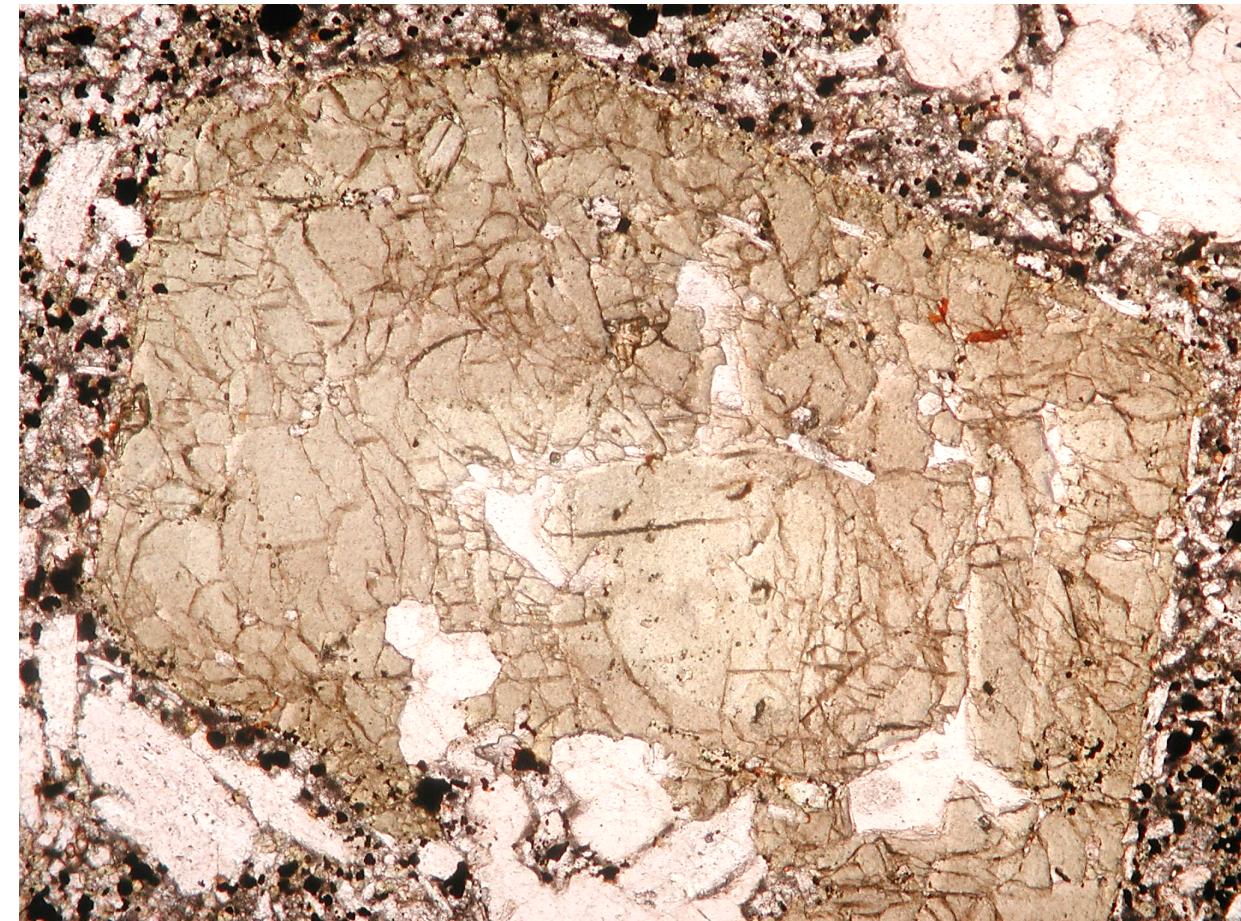


Photo en LPNA – G x40 – ©P.Baly

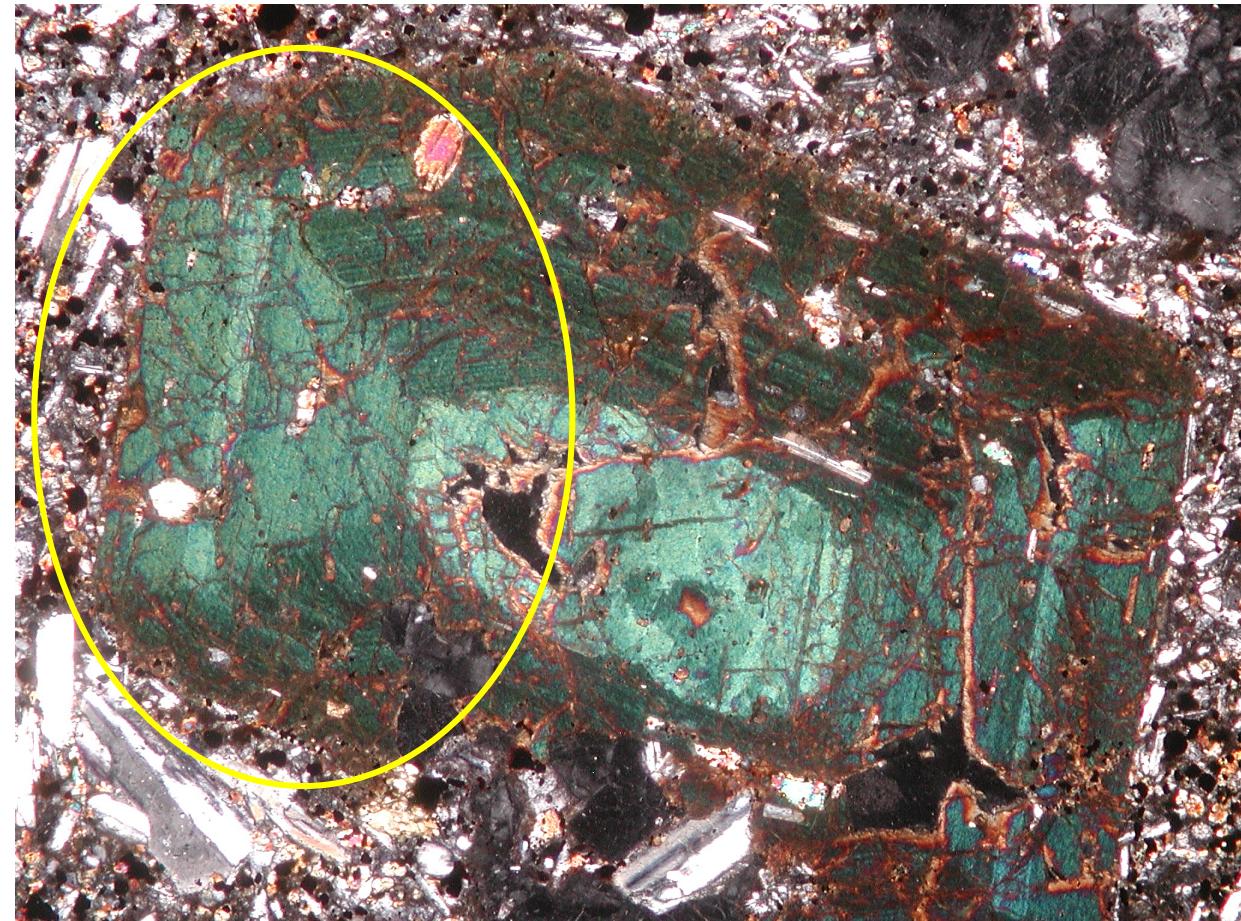


Photo en LPA – G x40 – ©P.Baly

Tous les pyroxènes de taille importante sont aussi zonés ; cette augite (clinopyroxène) montre aussi une zonation en « sablier » en LPA.

Tephrite du Vésuve, Campanie, Italie

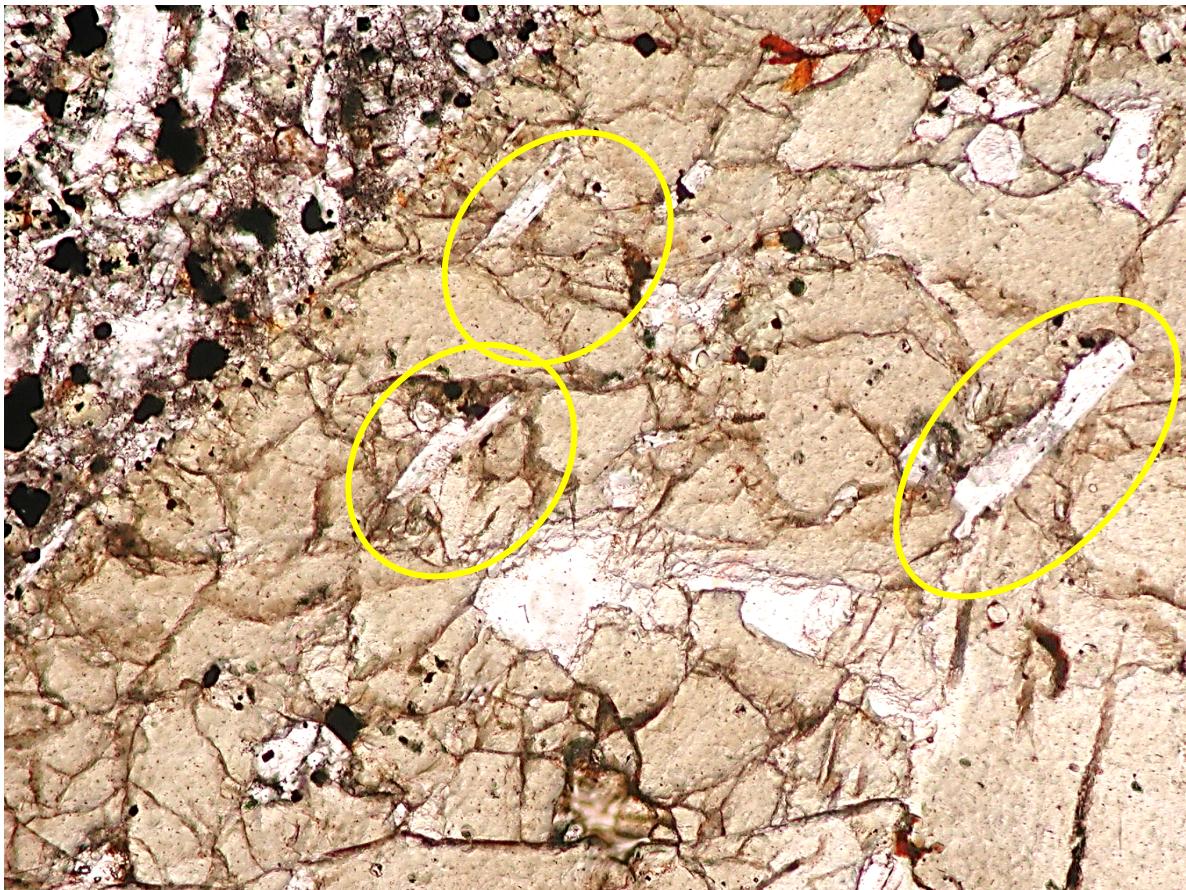


Photo en LPNA – G x100 – ©P.Baly

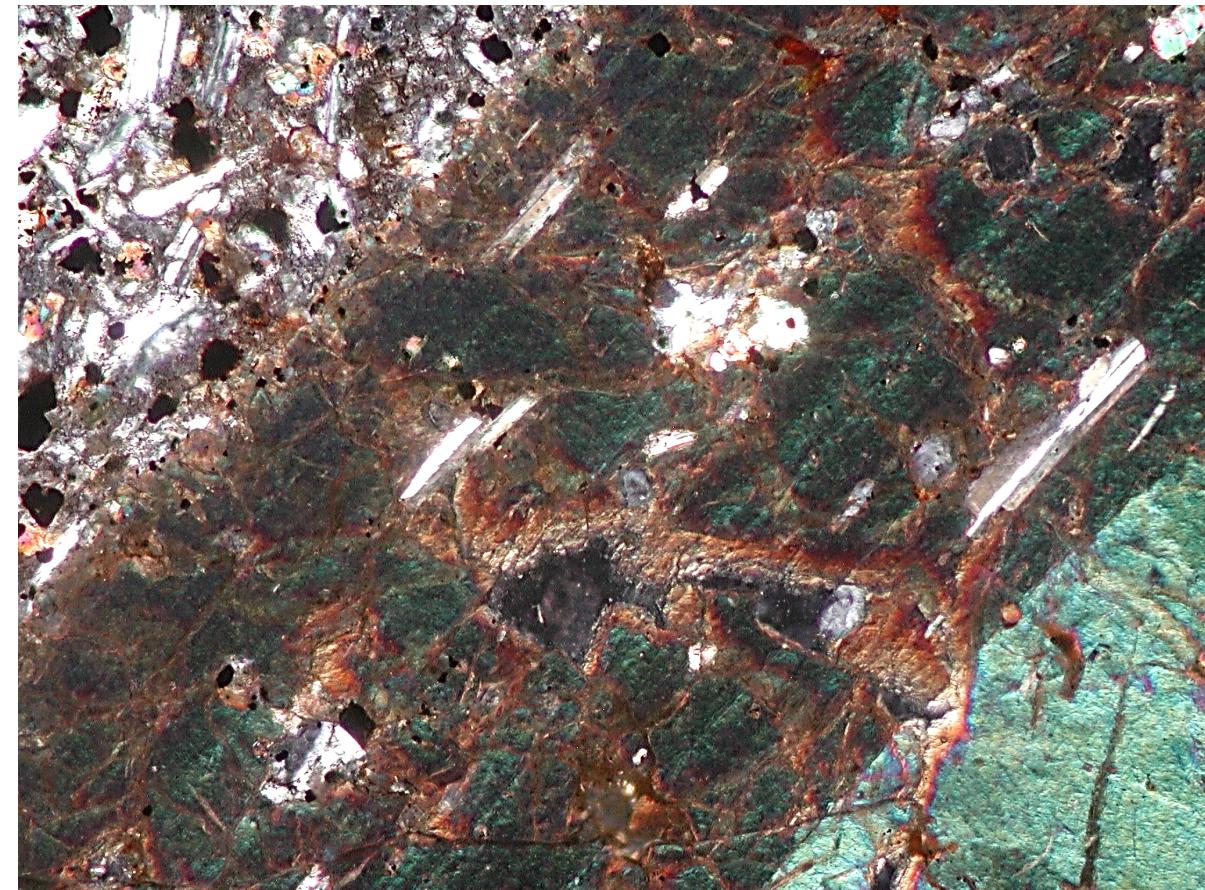


Photo en LPA – G x100 – ©P.Baly

L'observation plus détaillée du gros clinopyroxène précédent montre qu'il a englobé lors de sa croissance de petits plagioclases ; il y a donc déjà eu une phase de cristallisation de plagioclases, puis une autre phase avec croissance des pyroxènes.

Tephrite du Vésuve, Campanie, Italie

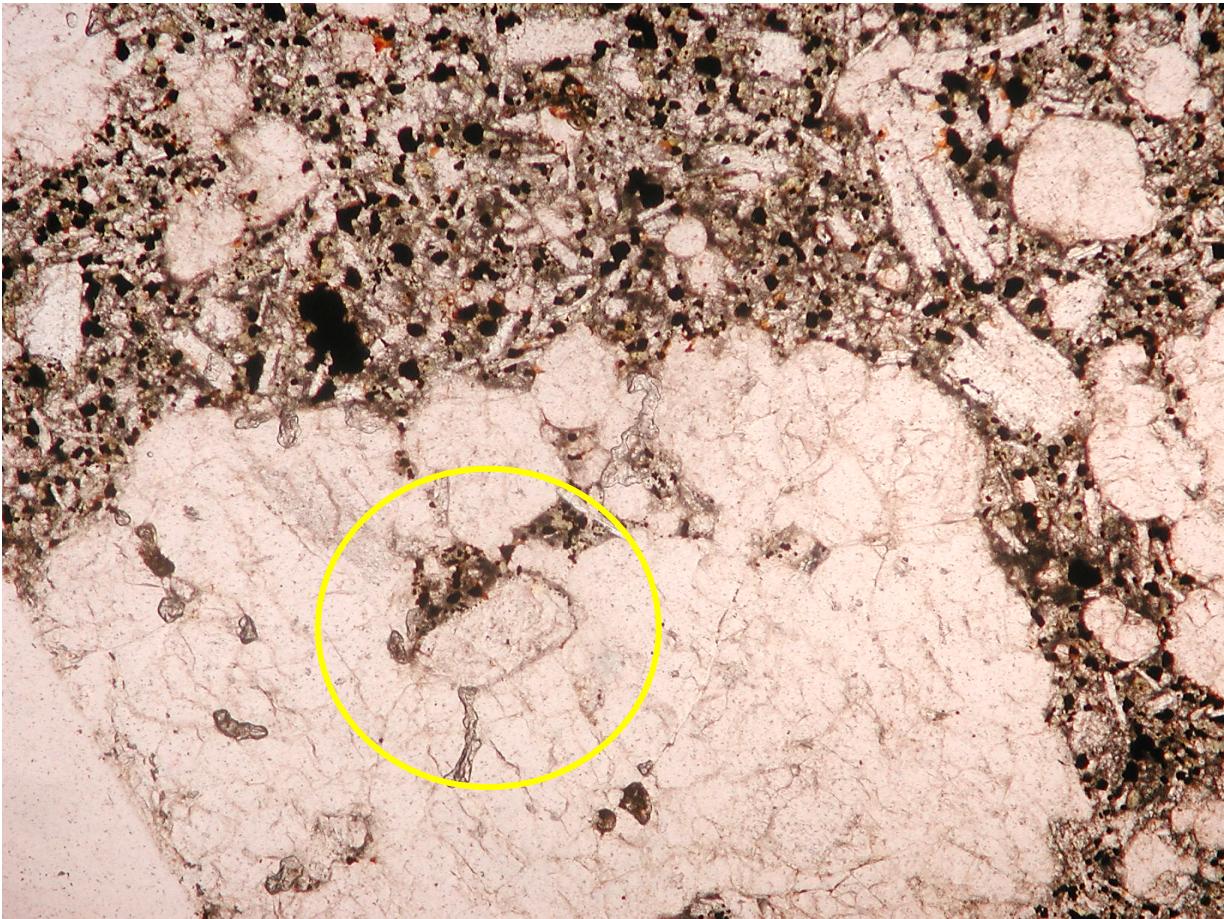


Photo en LPNA – G x40 – ©P.Baly



Photo en LPA – G x40 – ©P.Baly

De même, les leucites ont englobé des plagioclases : leur cristallisation est donc postérieure à celle des plagioclases.

Tephrite du Vésuve, Campanie, Italie

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
 - 1) Le principe de superposition
 - 2) Le principe de recouplement
 - 3) Le principe d'inclusion
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

II) La chronologie relative

B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps

Les **fossiles** peuvent présenter différentes caractéristiques :

- ils peuvent être très « ponctuels » dans le temps, c'est-à-dire que l'espèce considérée n'a pas une extension temporelle importante et on parle alors de **fossiles stratigraphiques**,
- ils peuvent aussi être présents sur un temps long, mais spécifiques d'un milieu de vie : on parle de **fossiles de faciès**.

Seuls les fossiles stratigraphiques sont intéressants pour réaliser des datations ; pour être considéré comme tel, un fossile doit présenter des caractéristiques :

- Une **vaste répartition géographique** (donc une probabilité de découverte élevée en de nombreux points du globe) ;
- Une **faible durée d'existence**, donc une présence réduite dans le temps ; cela correspond à une évolution morphologique rapide des espèces considérées ;
- Une **abondance importante**, de façon à en trouver suffisamment dans les roches sédimentaires.

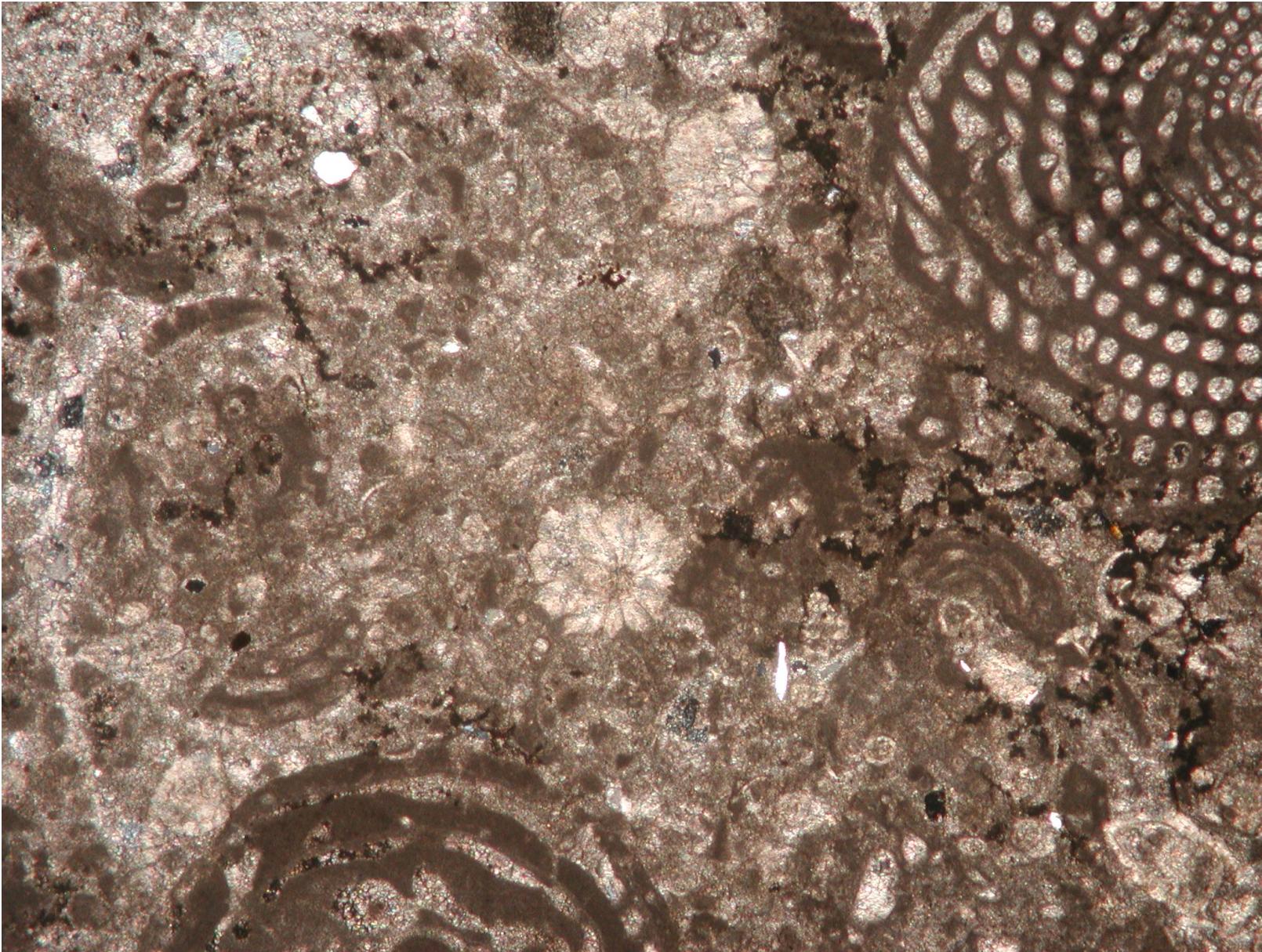
Ammonite du Sinémurien (196,5 à 189,6 Ma)
Jurassique inférieur
Semur-en-Auxois, Bourgogne

© photo P.Baly



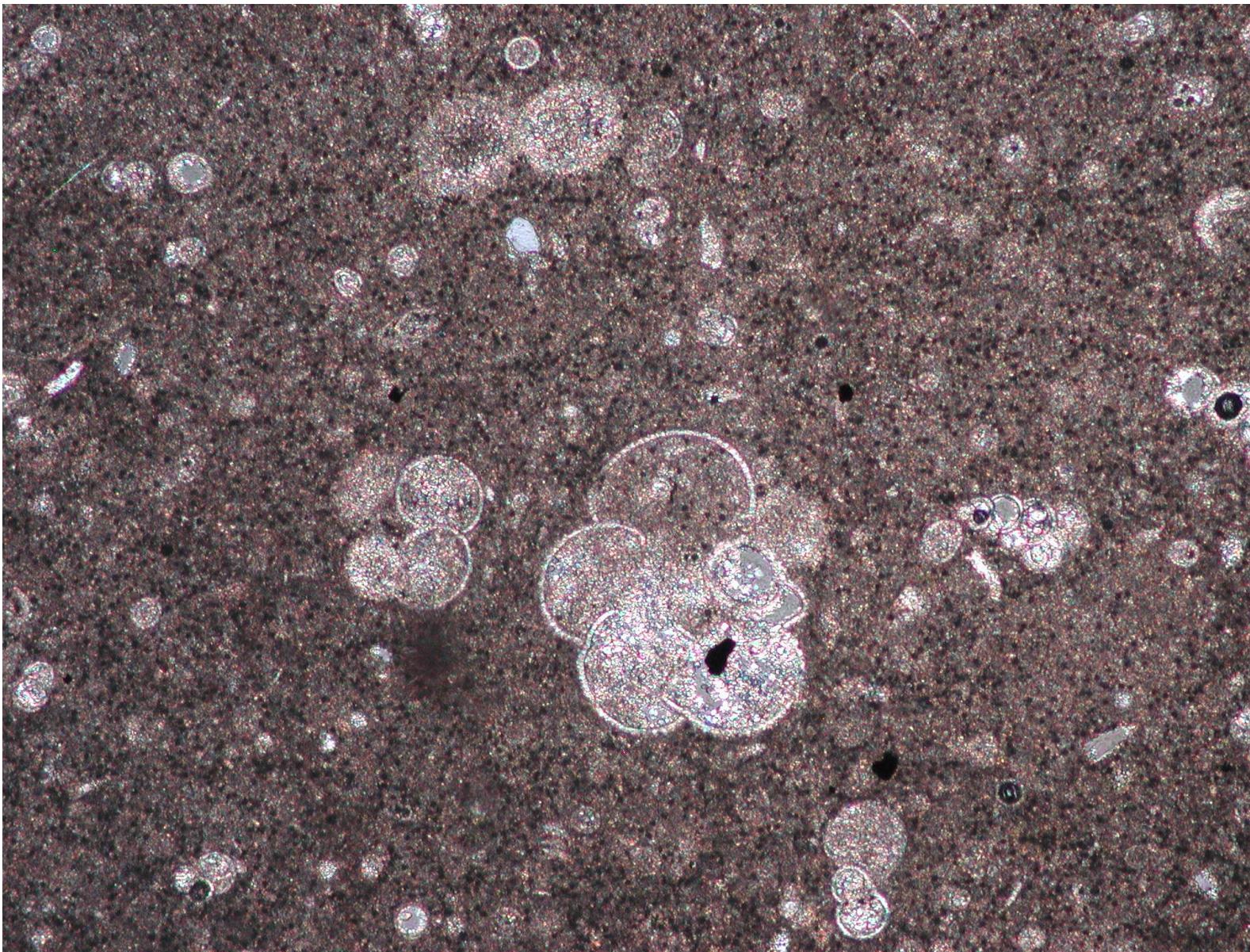
Ammonite du Kimméridgien (157,3 à 152,1 Ma)
Jurassique supérieur
Djibouti

© photo P.Baly



Calcaire de Minerve au microscope optique (G x40)

© P.Baly



Calcaire à Globigérines

© photo P.Baly

Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
 - 1) Le principe de superposition
 - 2) Le principe de recouplement
 - 3) Le principe d'inclusion
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

II) La chronologie relative

C) Les limites d'étage ou clous d'or

L'étage est l'unité de temps fondamentale en géologie (= **unité chronostratigraphique**), de quelques millions d'années en général, caractérisée par un assemblage fossilifère particulier.

Pour définir les étages, les géologues ont recherché des **affleurements de référence** ou **stratotypes**. Il existe deux types de stratotypes : les stratotypes d'unité et les stratotypes de limites.

Un **stratotype d'unité** correspond à un affleurement qui est reconnu par les spécialistes comme le "*type*" d'un étage géologique.

Le **stratotype de limite** correspond à un ensemble continu de couches au niveau desquelles est identifiée la limite entre deux étages. On marque cette limite par un **clou d'or** (« Golden Spike ») fixé directement sur la roche.

II) La chronologie relative

C) Les limites d'étage ou clous d'or



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/StratotypeBarremienA.JPG>

Stratotype du
Barrémien à Angles,
près de Barrême
(Alpes-de-Haute-
Provence)

Le Barrémien est le
4^{ème} étage du Crétacé
inférieur de 129,4 à
125,0 Ma

II) La chronologie relative

C) Les limites d'étage ou clous d'or



Plan du chapitre

I) La chronologie absolue

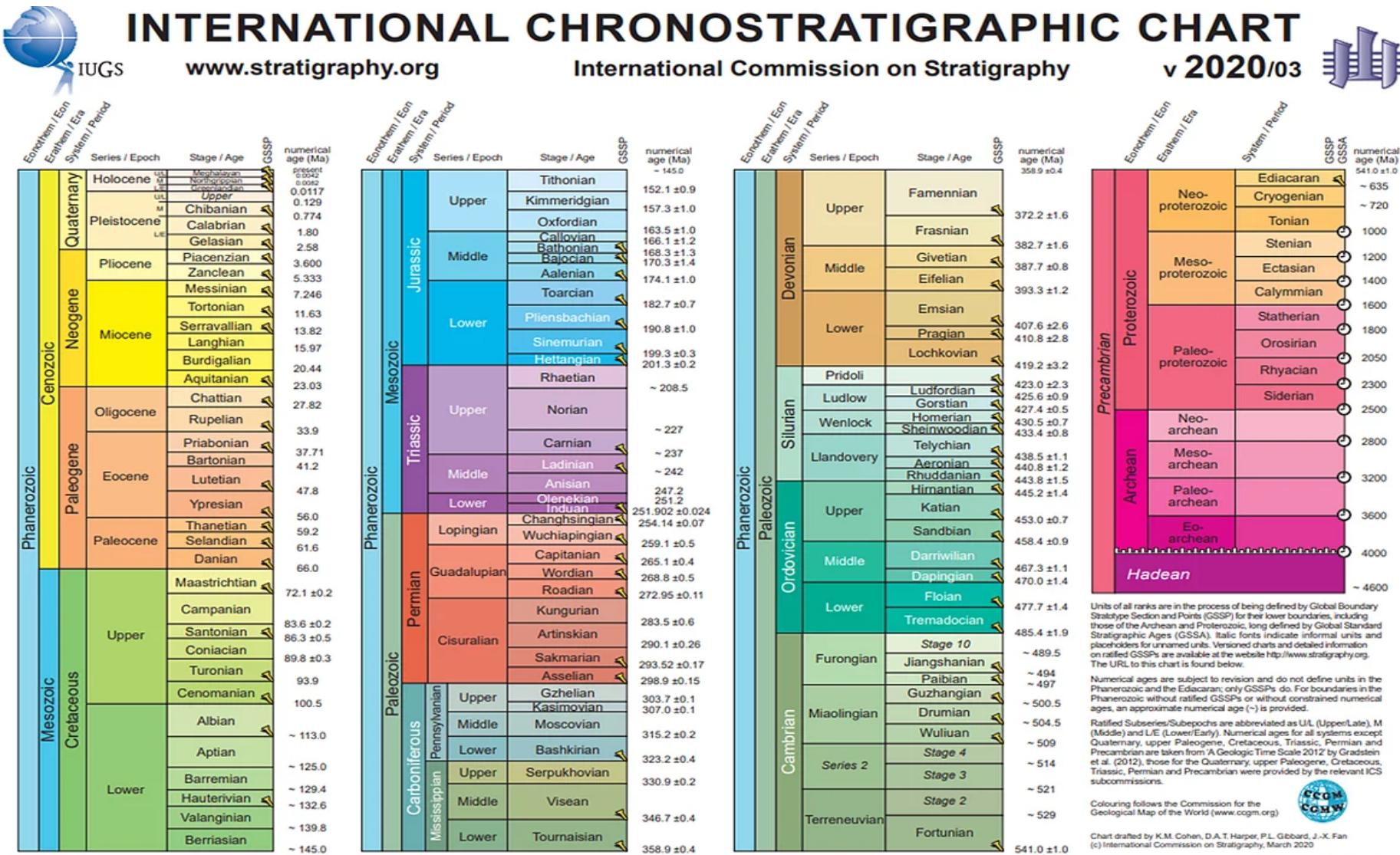
- A) Le principe général
- B) La méthode basée sur le couple Rb/Sr
- C) D'autres chronomètres utilisés en radiochronologie

II) La chronologie relative

- A) Les principes utilisés en chronologie relative
 - 1) Le principe de superposition
 - 2) Le principe de recouplement
 - 3) Le principe d'inclusion
- B) L'utilisation de fossiles pour déterminer des intervalles de temps
- C) Les limites d'étage ou clous d'or
- D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

II) La chronologie relative

D) L'établissement de l'échelle stratigraphique

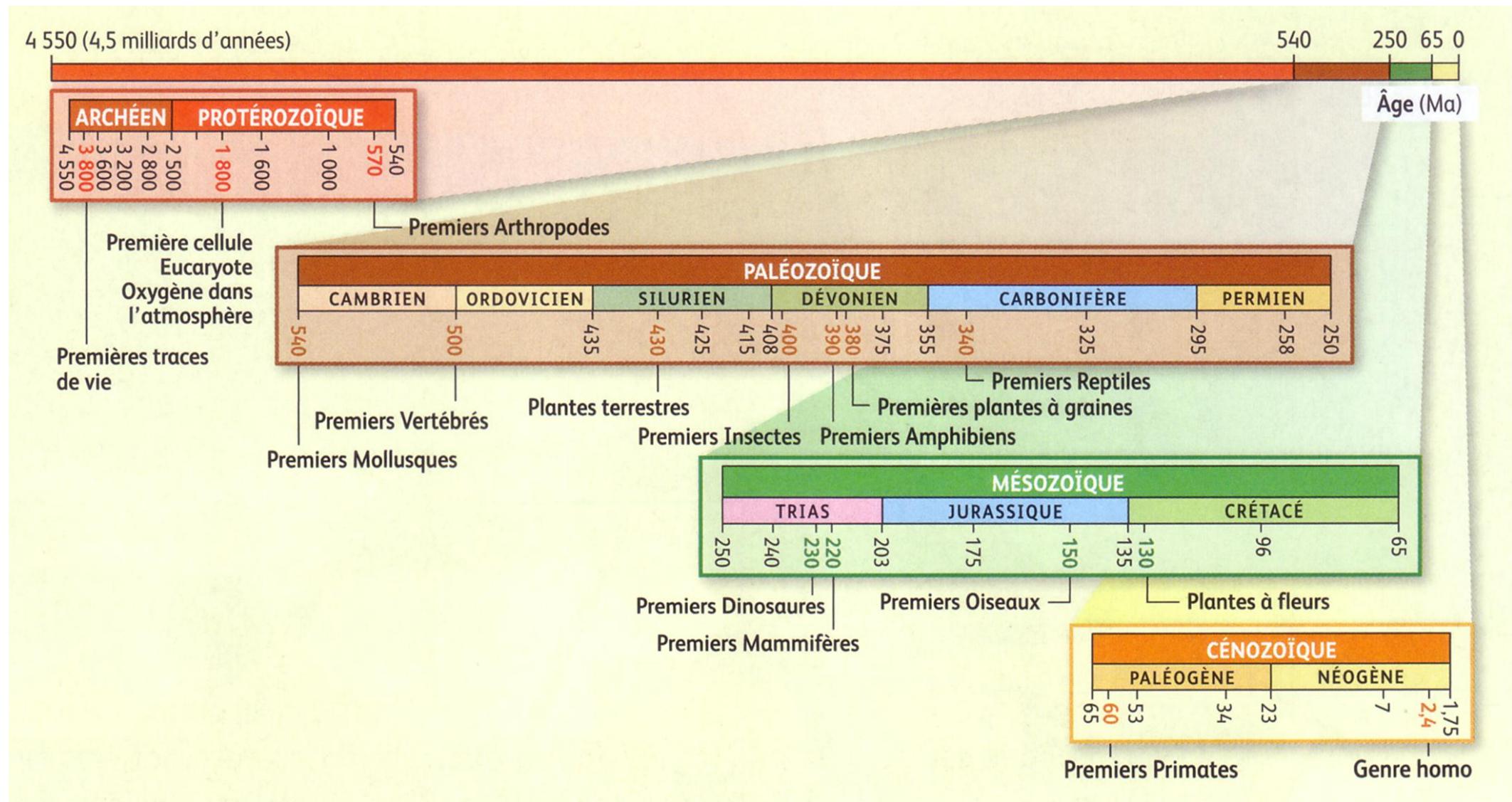


Offert par : www.mineralogie.club

<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2020-03.pdf>

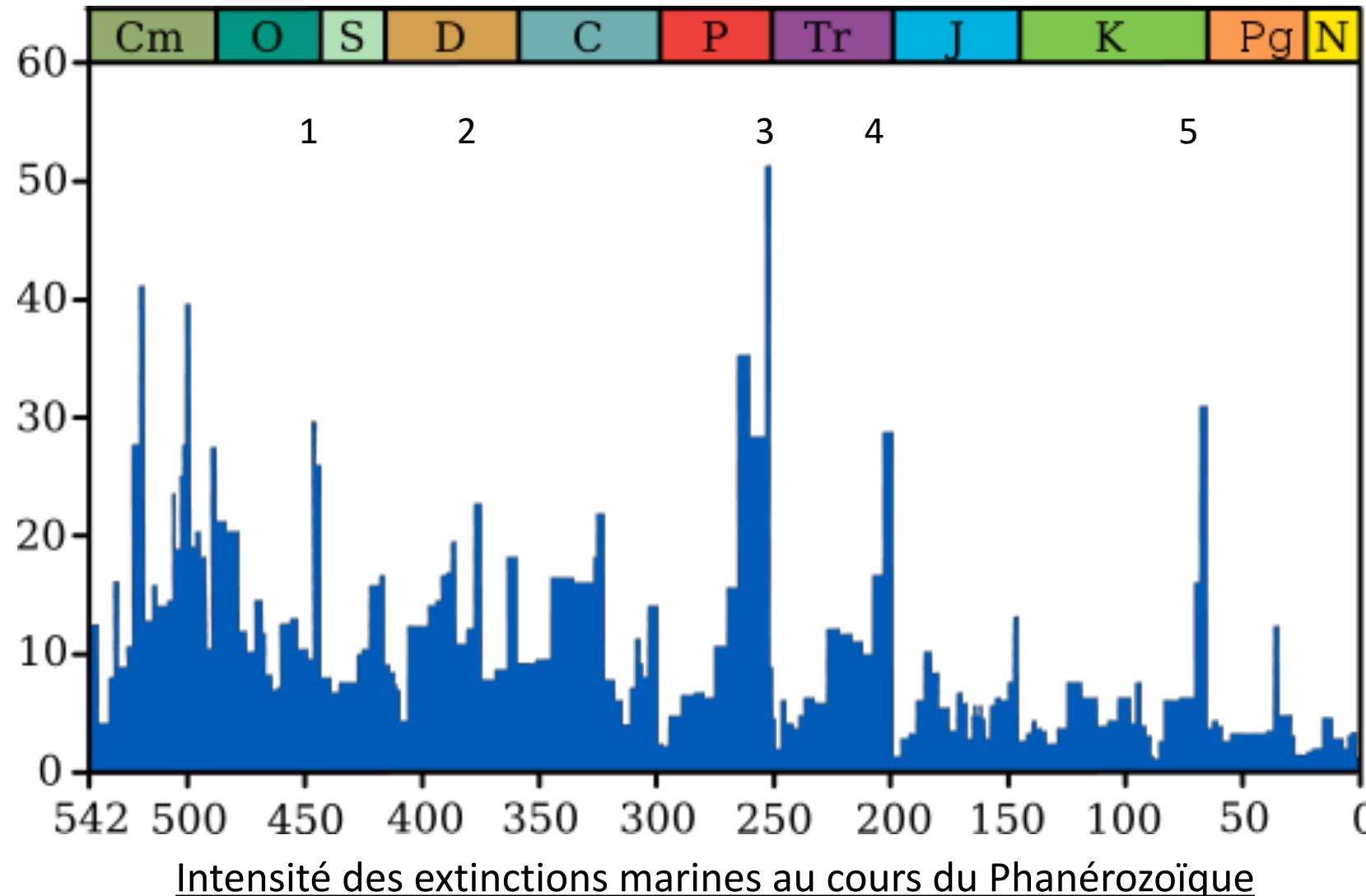
II) La chronologie relative

D) L'établissement de l'échelle stratigraphique



II) La chronologie relative

D) L'établissement de l'échelle stratigraphique



Le graphique indique le pourcentage apparent (pas en nombre absolu) de genres d'animaux marins ayant disparu au cours d'un intervalle de temps.

Conclusion

L'étude des relations géométriques entre les différents terrains géologiques a permis de situer les étages géologiques les uns par rapport aux autres dans le temps, donc d'établir une datation relative, surtout au 19^{ème} siècle. La datation absolue a complété ce travail au 20^{ème} siècle, en attribuant des âges absous, et donc d'établir **l'échelle des temps géologiques** ou **échelle chronostratigraphique**.

Mots clés : **chronologie, principes de datations relative et absolue, fossiles stratigraphiques, géochronomètres.**