

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction



« Qu'est-ce que le temps ?
Si personne ne me le demande,
je le sais, mais si on me le
demande je ne le sais plus. »

**Saint Augustin, philosophe et théologien
chrétien vivant en Algérie au IV^{ème} siècle**

Deux méthodes complémentaires

Je suis le plus vieux

Je suis née le 10 juillet 2015

Définition relative du temps

Définition absolue du temps



Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

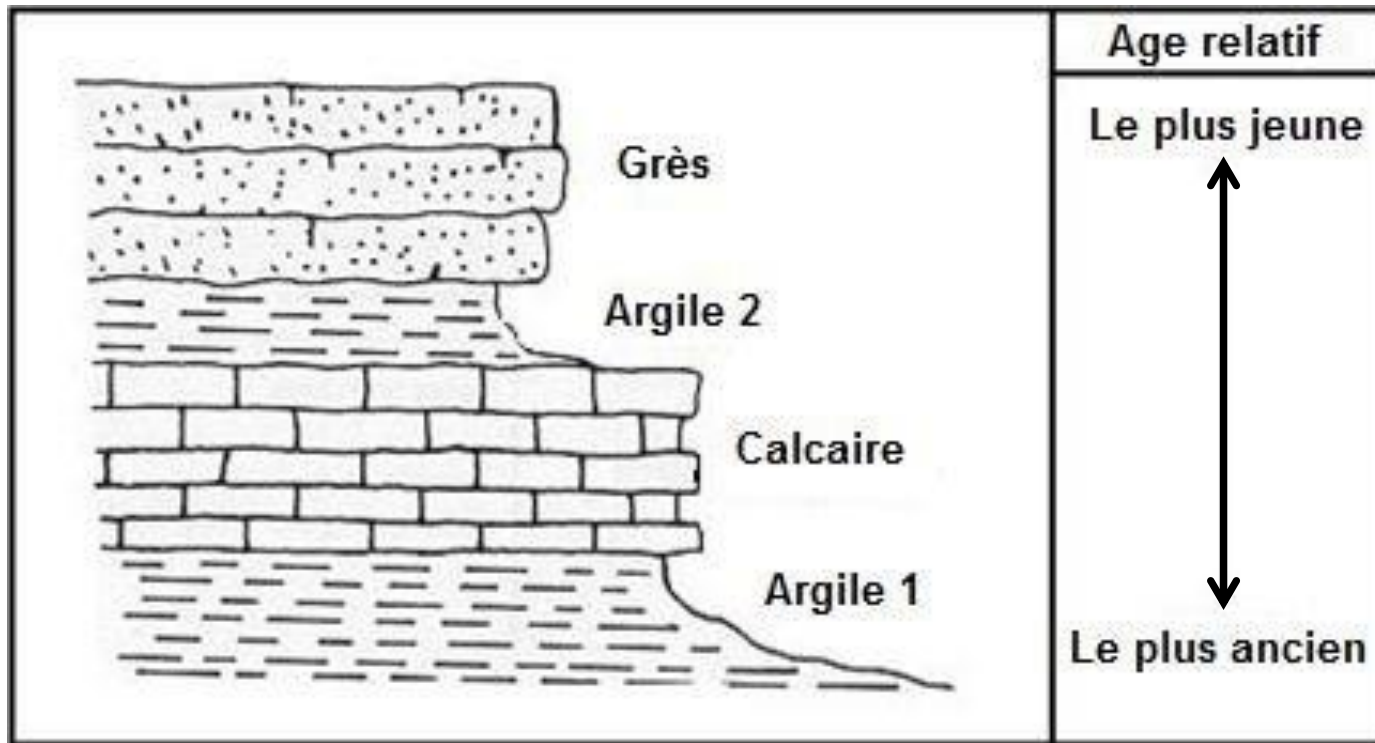
Introduction

1°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

Le principe de superposition



Déposé en dernier

Déposé en premier
(La table était même dessous
avant, mais pas forcément dans
cette pièce !)

Le principe de superposition



Figure 11 – Plis hectométriques de la carrière de Chambon. Ce sont en fait des replis apparus sur les flancs de l'antiforme de Tulle, lors de la phase tectonique finale qui a vu se former cette même antiforme, de direction axiale à peu près nord-sud.

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

1°) la chronologie relative

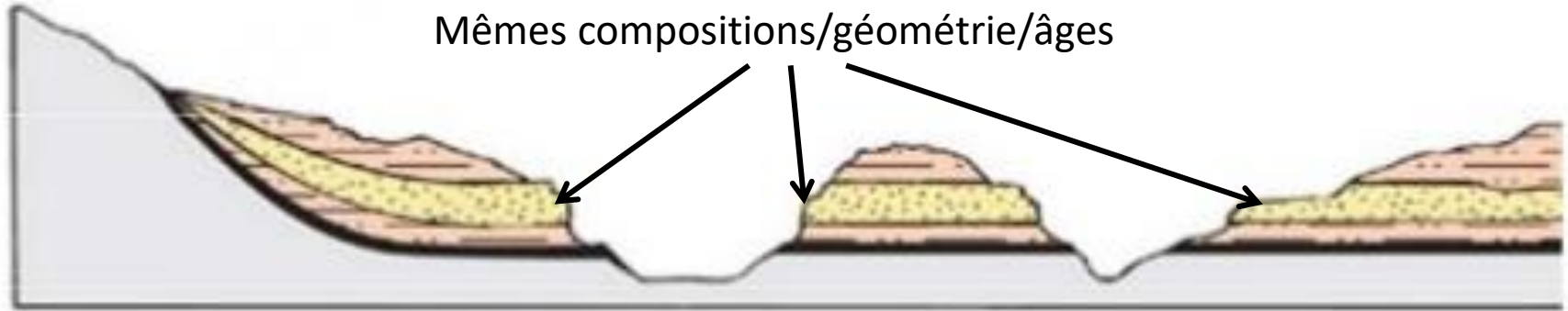
A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

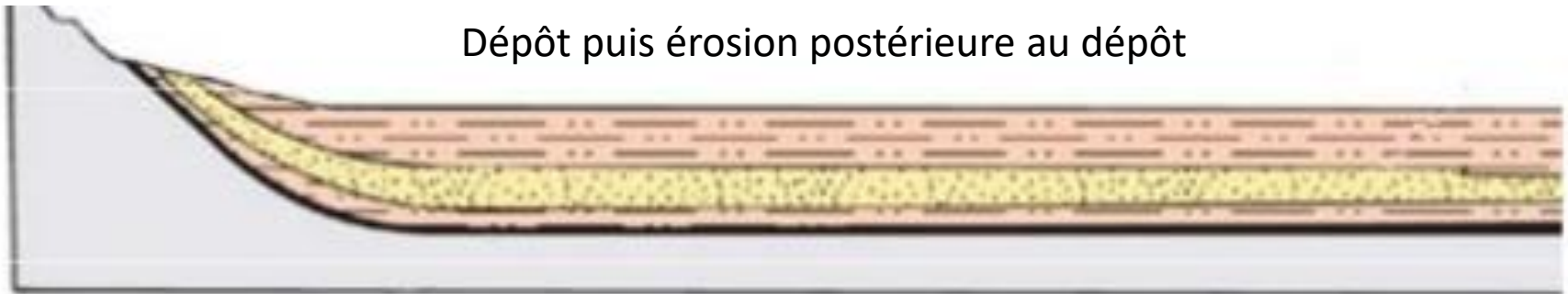
2°) Le principe de continuité

Le principe de continuité

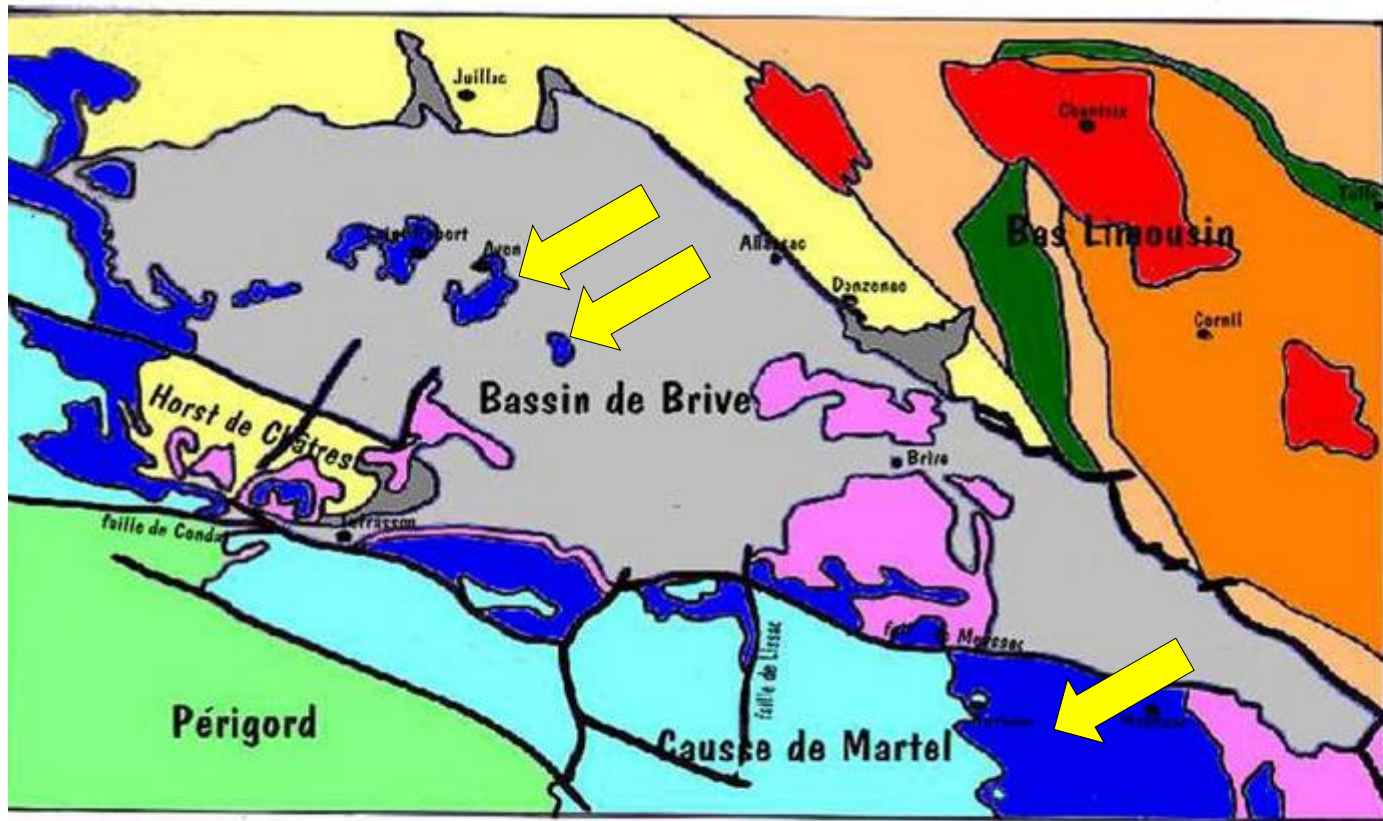
T2



T1



Le principe de continuité



0 5 10 km

Roches sédimentaires

- Crétacé Calcaires
- Jurassique moyen Calcaires
- Jurassique inférieur Marnes
- Trias Grès
- Permien Grès
- Carbonifère Grès

Roches métamorphiques

- « Grès » de Thiviers Schistes
- Gneiss gris
- Leptynites

Roches magmatiques

- Granites
- Diorites quartziques

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

1°) la chronologie relative

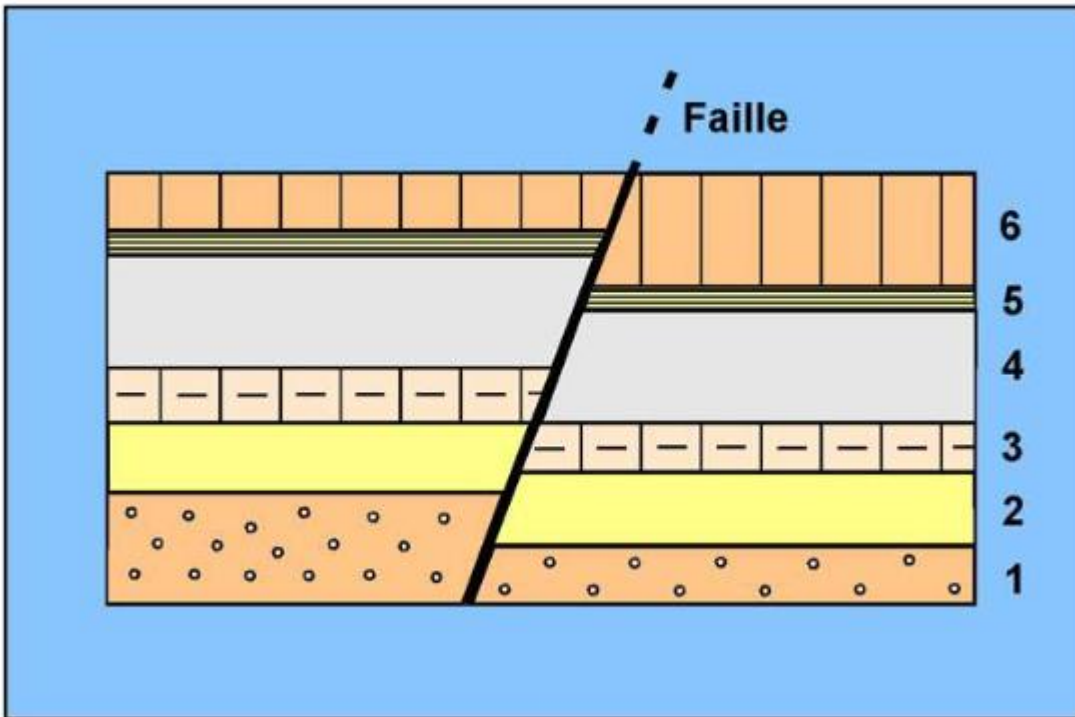
A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

Le principe de recouplement



Dépôt de 1
Puis dépôt de 2
Puis dépôt de 3
Puis dépôt de 4
Puis dépôt de 5
Puis dépôt de 1
Puis faille qui recoupe tout

Le principe de recouplement



Route de Las Vegas à la
Vallée de la Mort



Roches métamorphiques plissées et
foliées et filon de granite, plus clair.



Echantillon de granite de Flamanville
(Manche).

Enclave sombre de sédiments
métamorphisés (cornéenne) et filons
clairs de granite.

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

1°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

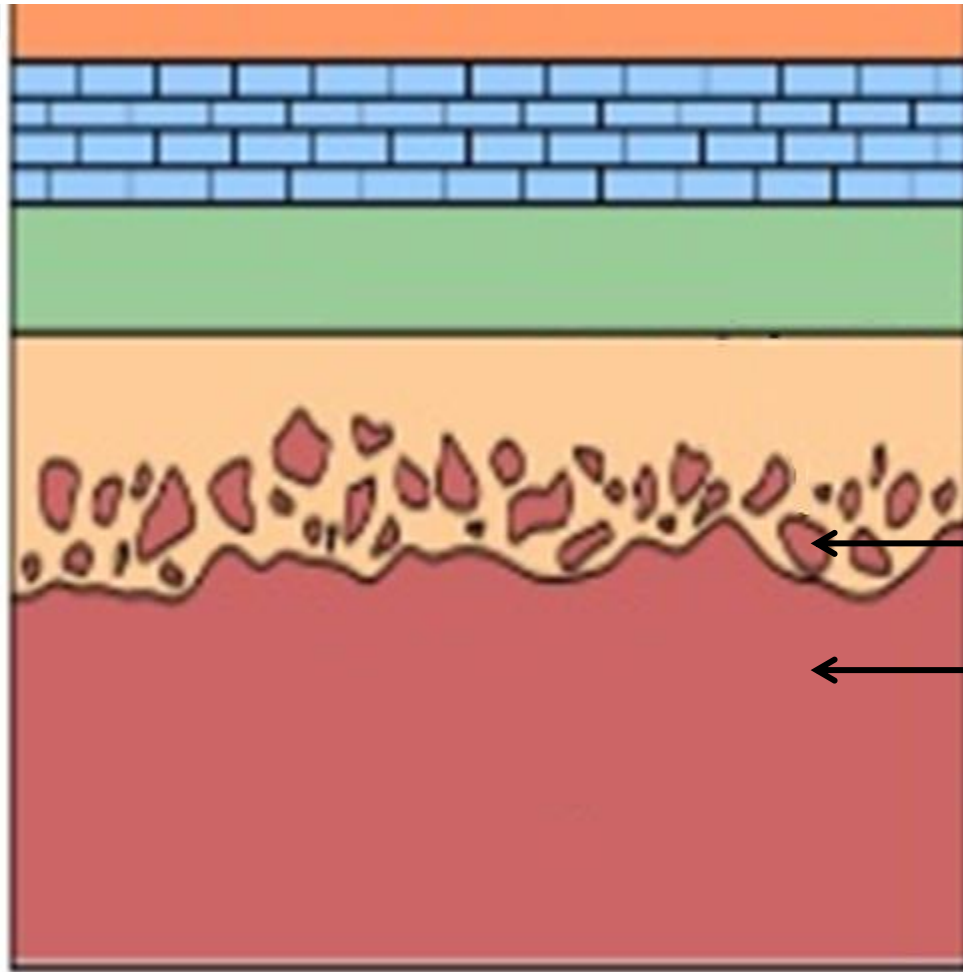
1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

Le principe d'inclusion



Fragments granitiques

Granite

Le principe d'inclusion



Granite de Ploumanach'
et enclaves sédimentaires (cornéennes)

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

1°) Les fossiles stratigraphiques

Les fossiles stratigraphiques



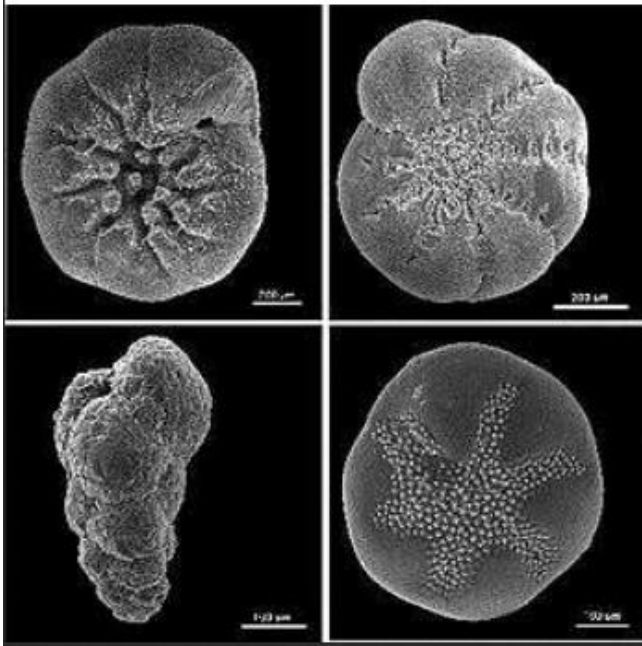
Ammonite
(Dévonien sup. – fin Mésozoïque)



Trilobites : Arthropodes marins ayant vécu du Cambrien au Permien.

L'espèce doit avoir eu une existence courte dans le temps, vaste dans l'espace et être abondante.

Foraminifères benthiques.
Les Foraminifères sont des Protozoaires apparus Cambrien inférieur.



Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

1°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

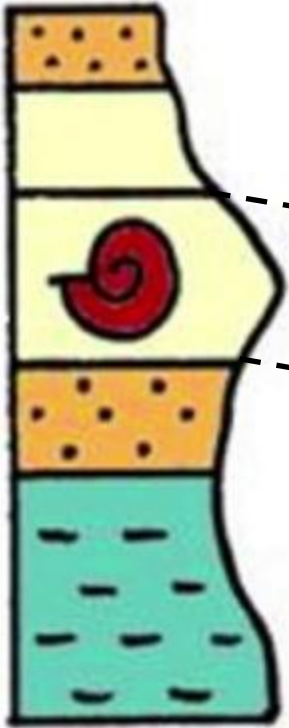
4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

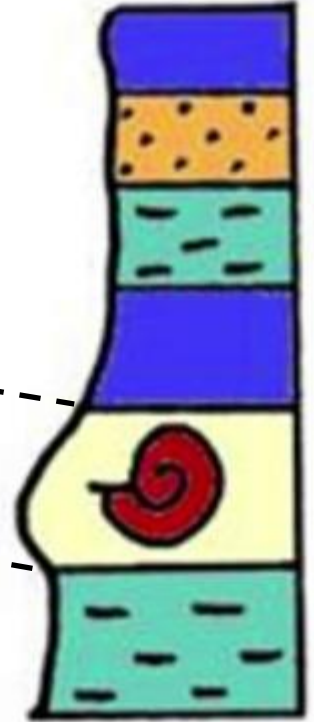
1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

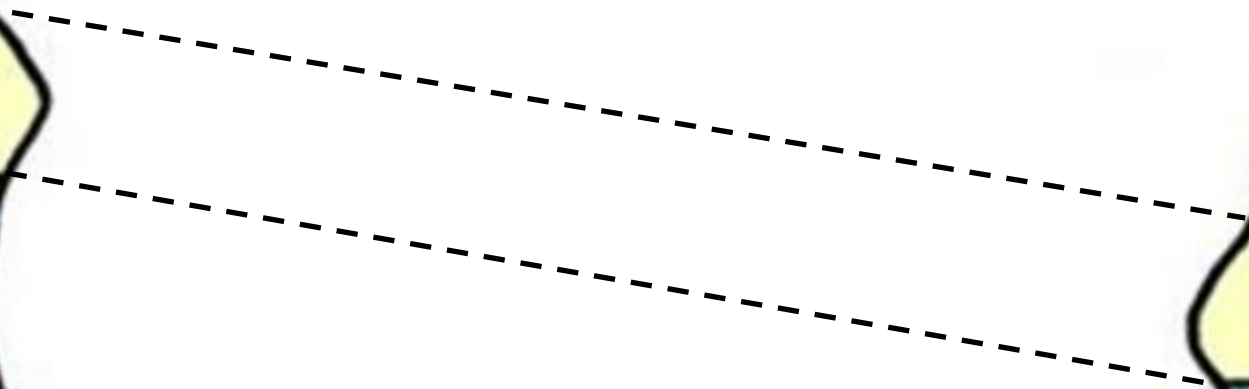
Le principe d'identité paléontologique



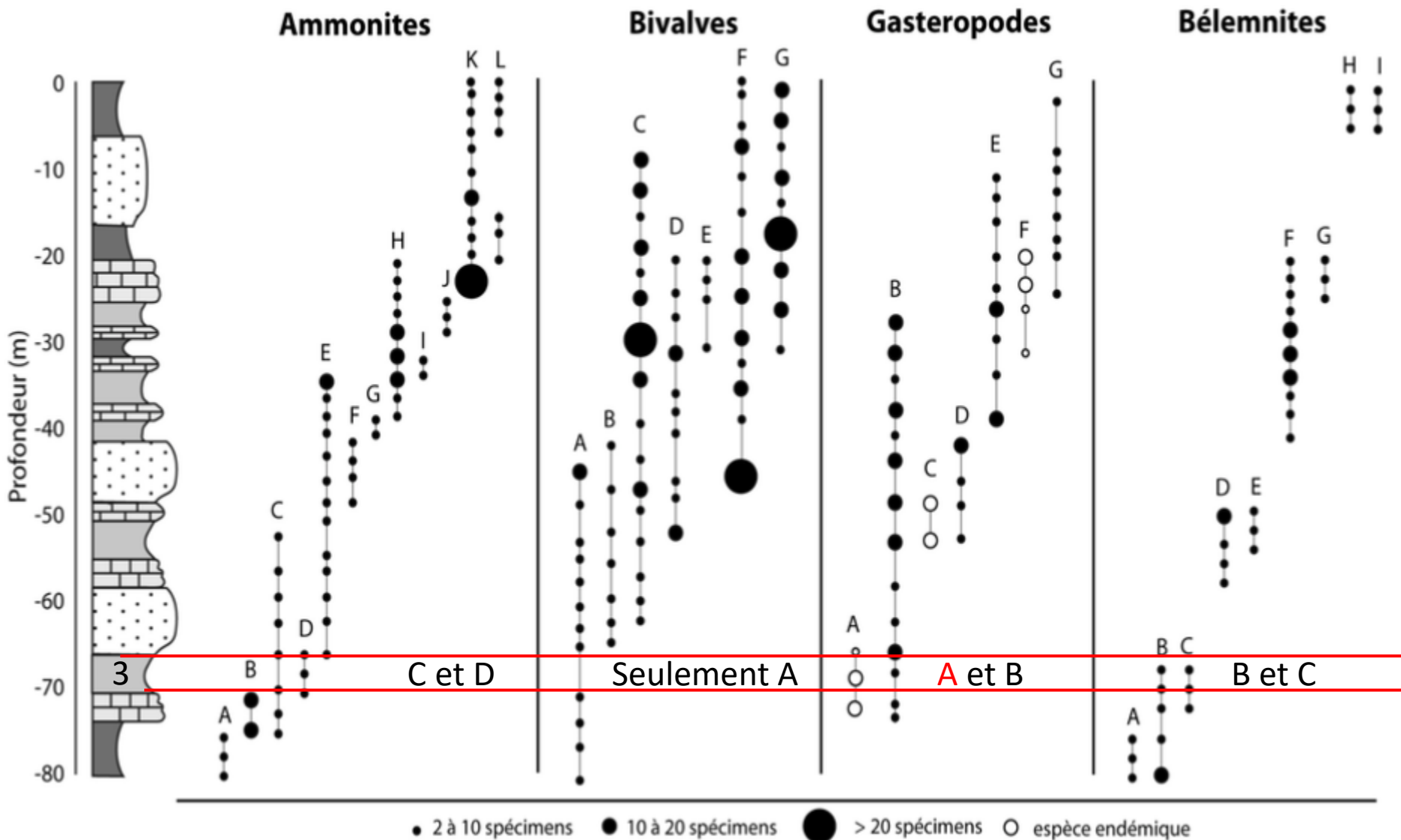
Région 1



Région 2
(à 1 ou
10.000 km)



L'identité paléontologique : associations de fossiles



Le schéma ci-dessus montre une coupe sédimentaire dans laquelle ont été prélevés des fossiles d'ammonites, bivalves, gastéropodes et bélemnites. Les espèces ont été récoltées banc par banc et déterminées à l'échelle des espèces (notées A, B, C...). A chaque niveau, l'abondance relative des espèces retrouvées est indiquée par la taille des points. Les espèces endémiques (jamais retrouvées ailleurs) sont marquées par des points blancs.

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

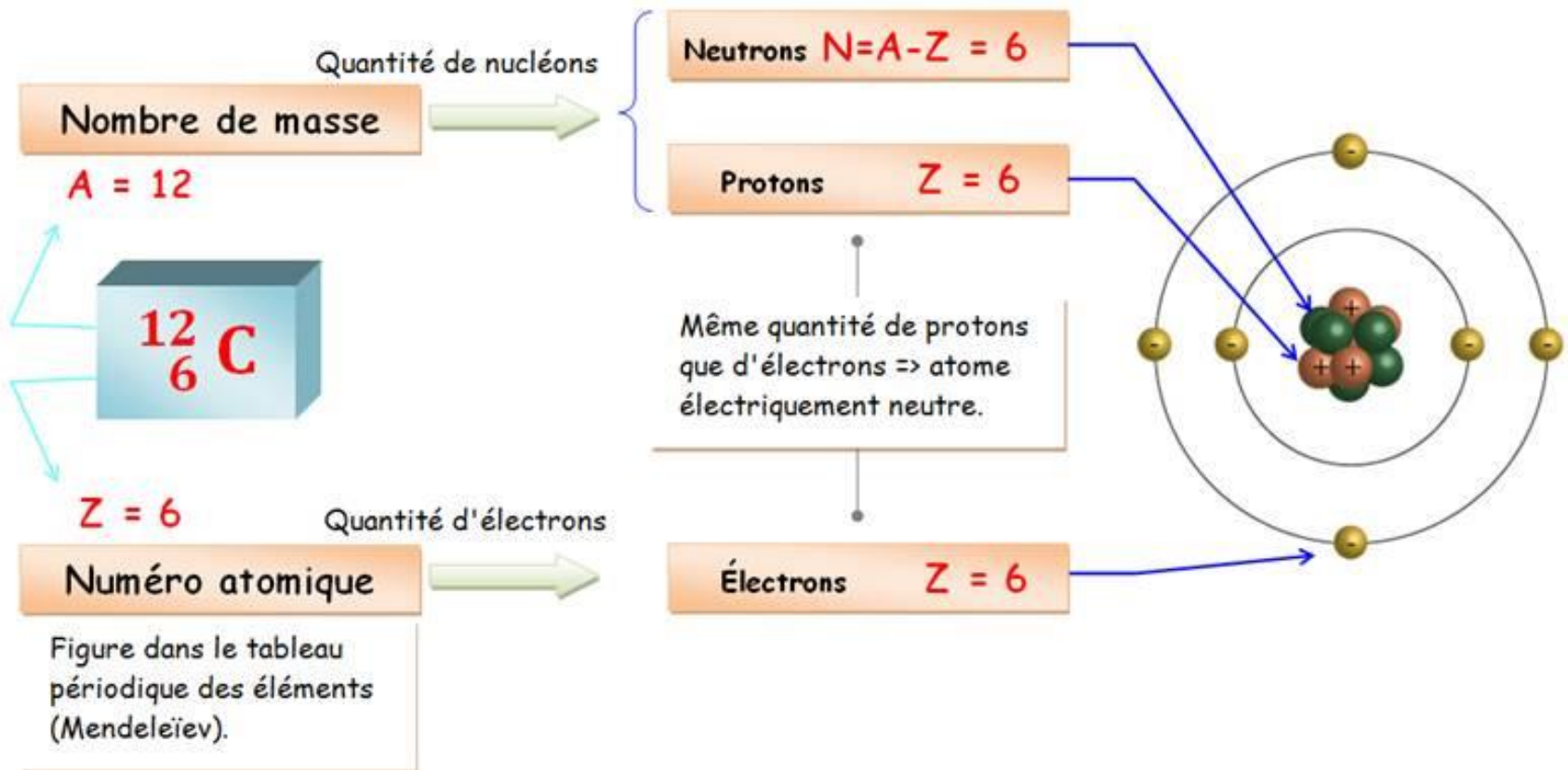
1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

II°) la chronologie absolue

A°) le principe de la chronologie absolue

Le principe de la chronologie absolue



éléments

Z — nombre de protons \uparrow

			A			
			Z			
				16 8 O	17 8 O	18 8 O
	13 7 N	14 7 N	15 7 N			
	12 6 C	13 6 C	14 6 C			

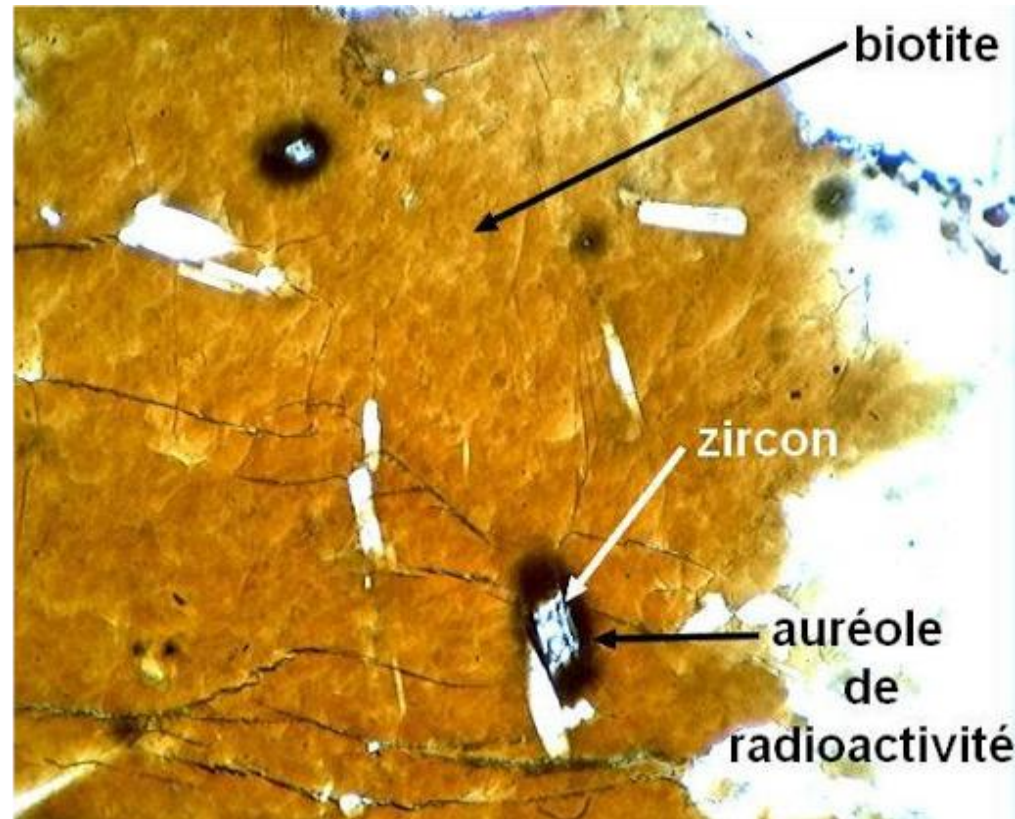
A - Z ————— nombre de neutrons \rightarrow

isotopes (sosies)

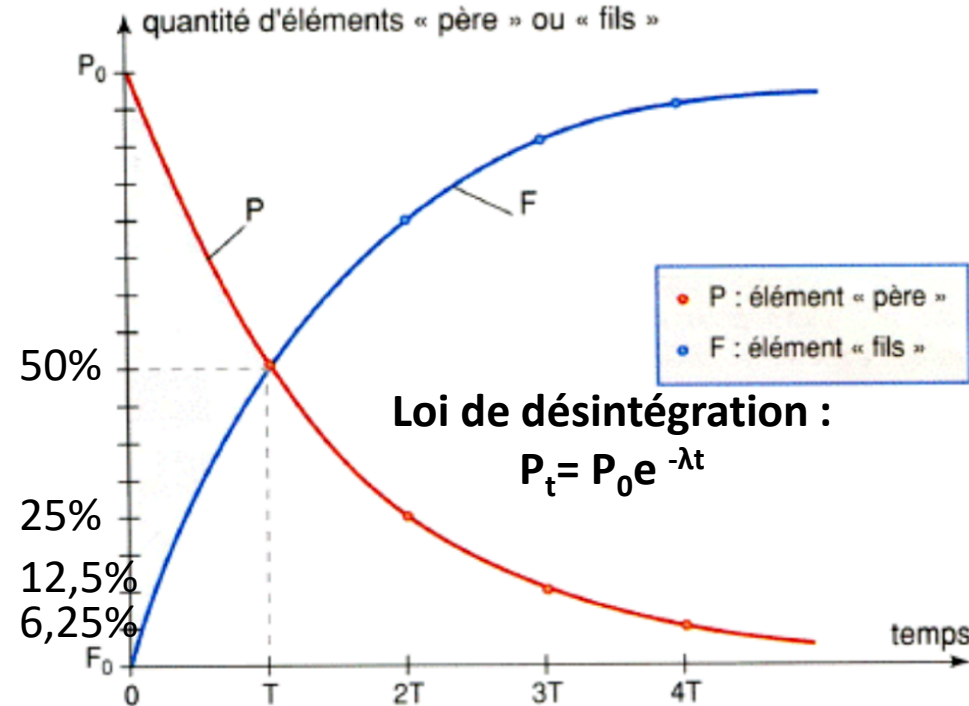
Isotopes = même nb de protons et d'électrons mais nombre de nucléons différents

Le principe de la chronologie absolue

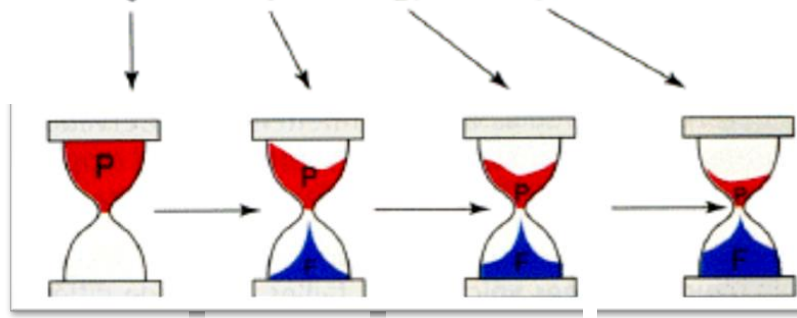
Certains minéraux renferment des éléments radioactifs comme le Rubidium 87, le potassium 40, l'uranium 238...



Le principe de la chronologie absolue



La proportion d'atomes radioactifs qui se désintègrent par unité de temps est une constante pour un élément donné : la constante radioactive (λ)



Un élément radioactif appelé élément père (P), se désintègre spontanément

Un élément stable appelé élément fils (F), est formé

La période T correspond au temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments pères radioactifs.

Le principe de la chronologie absolue

En déterminant le nombre d'éléments pères ou fils restant dans l'échantillon, on peut remonter le temps et calculer l'âge géologique de celui-ci depuis la fermeture du système, c'est à dire depuis que l'échantillon est isolé du milieu extérieur.



Spectromètre de Masse à Thermo-ionisation

$$P_t = P_0 e^{-\lambda t}$$

Avec P_t = teneur à un instant t

Et P_0 = teneur initiale

La désintégration n'est donc fonction que du temps pour un élément

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

1°) Les fossiles stratigraphiques

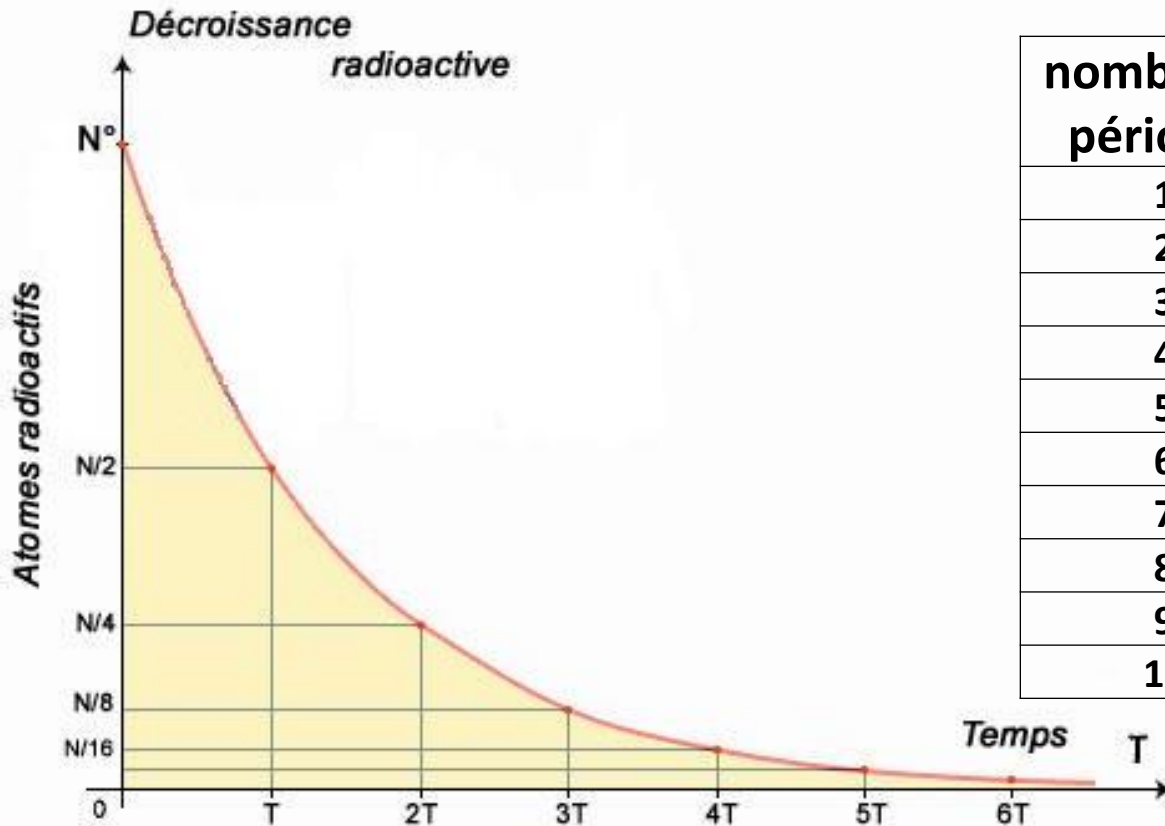
2°) Le principe d'identité paléontologique

II°) la chronologie absolue

A°) le principe de la chronologie absolue

B°) la faisabilité de la radiochronologie

la faisabilité de la chronologie absolue



nombre de périodes	facteur divisant la quantité de P0
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1024

COUPLES D'ISOTOPES	PERIODES	AGES MESURES
$^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$	4,47 GA	> 25 MA
$^{87}\text{Rb} / ^{87}\text{Sr}$	48,8 GA	> 100 MA
$^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$	1,31 GA	1 à 300 MA
$^{14}\text{C} / ^{14}\text{N}$	5 730 années	100 à 50 000 années

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

II°) la chronologie absolue

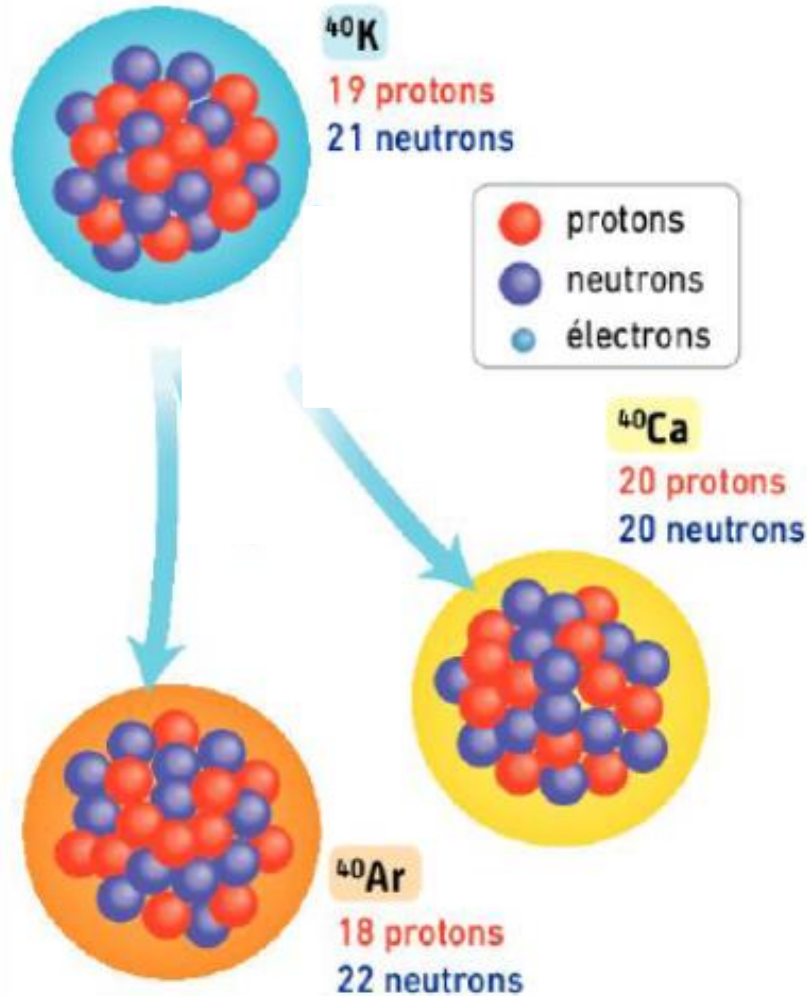
A°) le principe de la chronologie absolue

B°) la faisabilité de la radiochronologie

C°) quelques géochronomètres

1°) la méthode potassium/argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$)

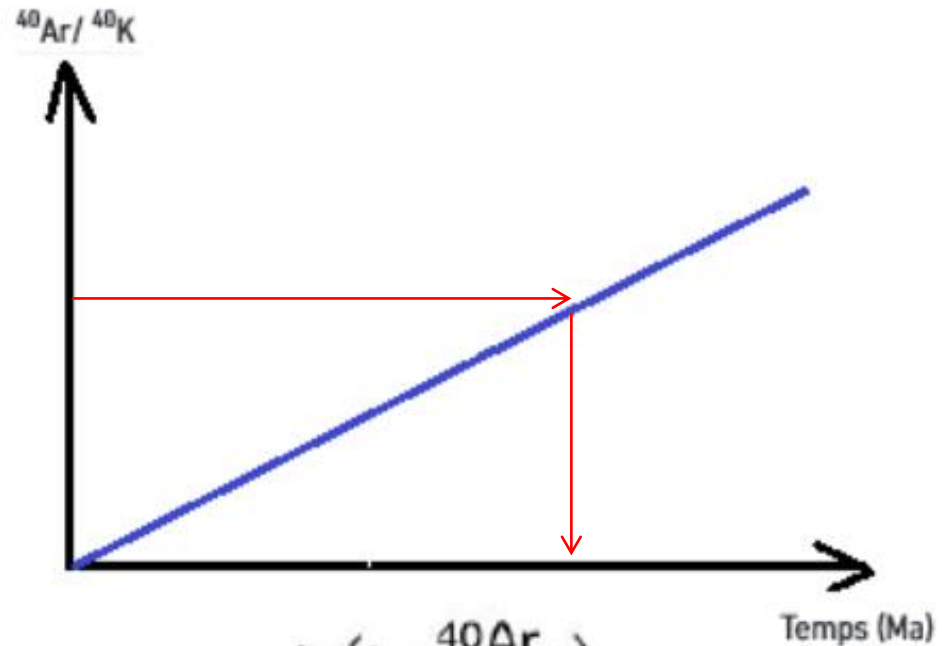
la méthode potassium/argon



A La désintégration du potassium 40.

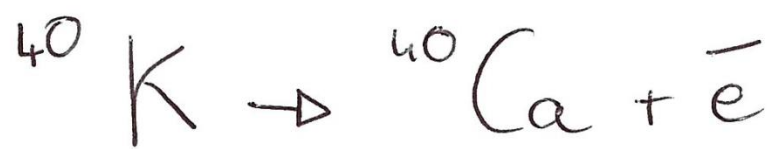
L'argon étant un gaz, il ne peut être piégé dans la roche que lorsque celle-ci est cristallisée.

Ainsi tout l'argon présent dans l'échantillon provient de la désintégration du K40.



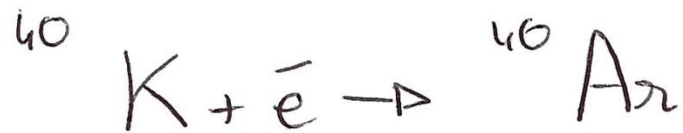
$$t = \frac{\ln\left(1 + \frac{^{40}\text{Ar}_t}{^{40}\text{K}_t}\right)}{\lambda}$$

Le géochronomètre potassium / argon



$$\lambda_{\text{Ca}} = 4,96 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$$

88%



$$\lambda_{\text{Ar}} = 5,8 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$$

12%

on définit $\lambda = \lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}$

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

II°) la chronologie absolue

A°) le principe de la chronologie absolue

B°) la faisabilité de la radiochronologie

C°) quelques géochronomètres

1°) la méthode potassium/argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$)

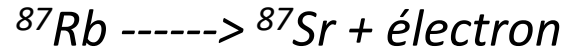
2°) La méthode Rubidium Strontium ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$)



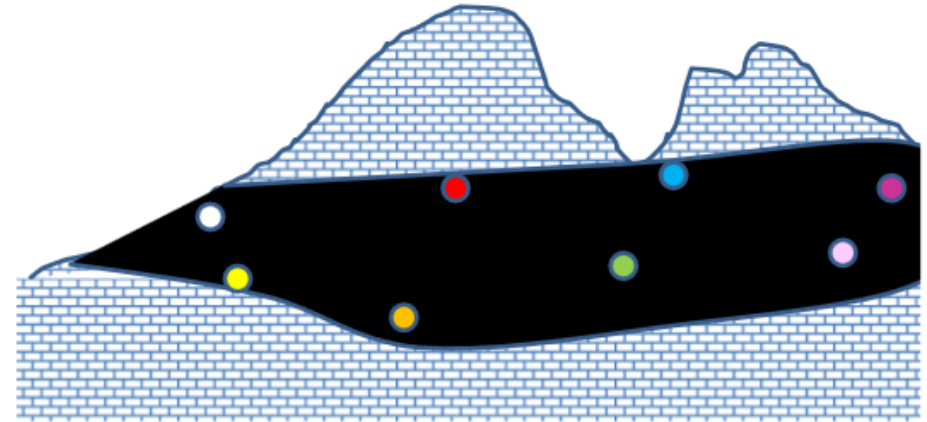
$t_{1/2} = 50 \text{ Ga} \rightarrow$ datation époques très
anciennes

Rb prend la place du K dans les
minéraux de la croûte continentale
(biotite, orthose, plagioclase)

La méthode Rubidium Strontium



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



échantillonnages

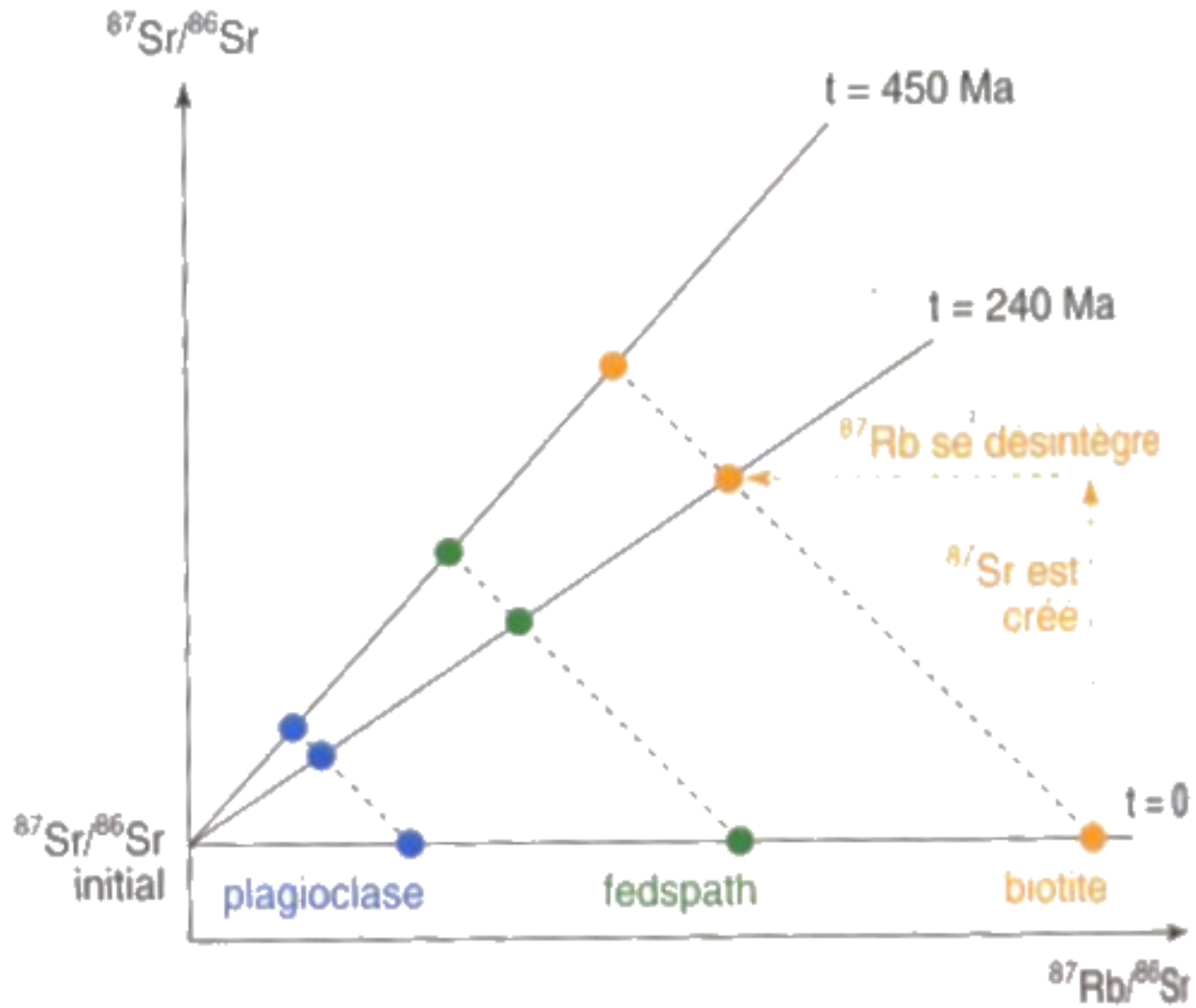
$$^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr} = (^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr})_0 + ^{87}\text{Rb} / ^{86}\text{Sr} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ \mathbf{Y} & = & \mathbf{b} & + & \mathbf{X} & \cdot & \mathbf{a} \end{array}$$

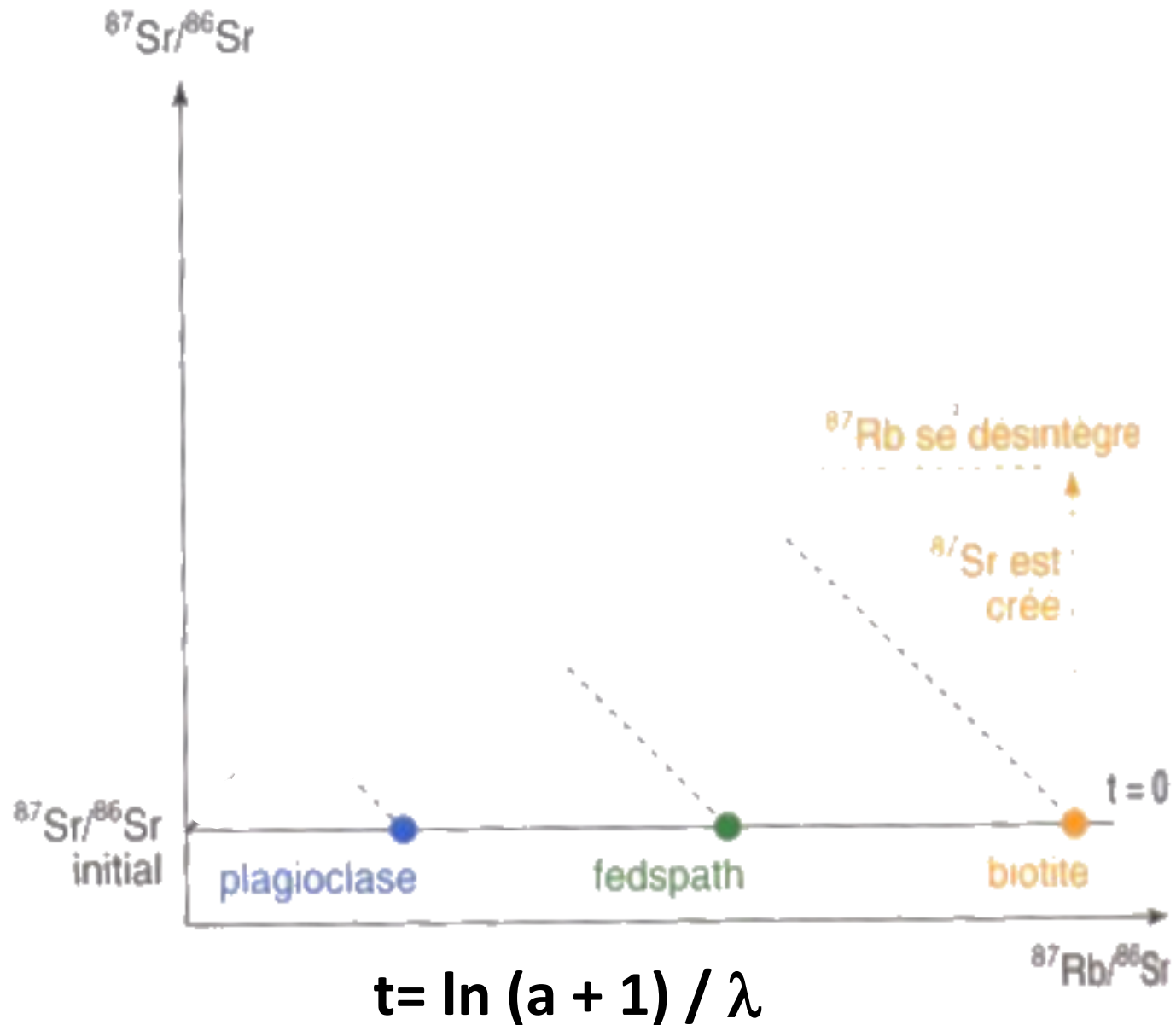
$$(\mathbf{Y} = \mathbf{a} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{b})$$

Y et X déterminés par spectrométrie de masse

Le géochronomètre rubidium / strontium



Le géochronomètre rubidium / strontium



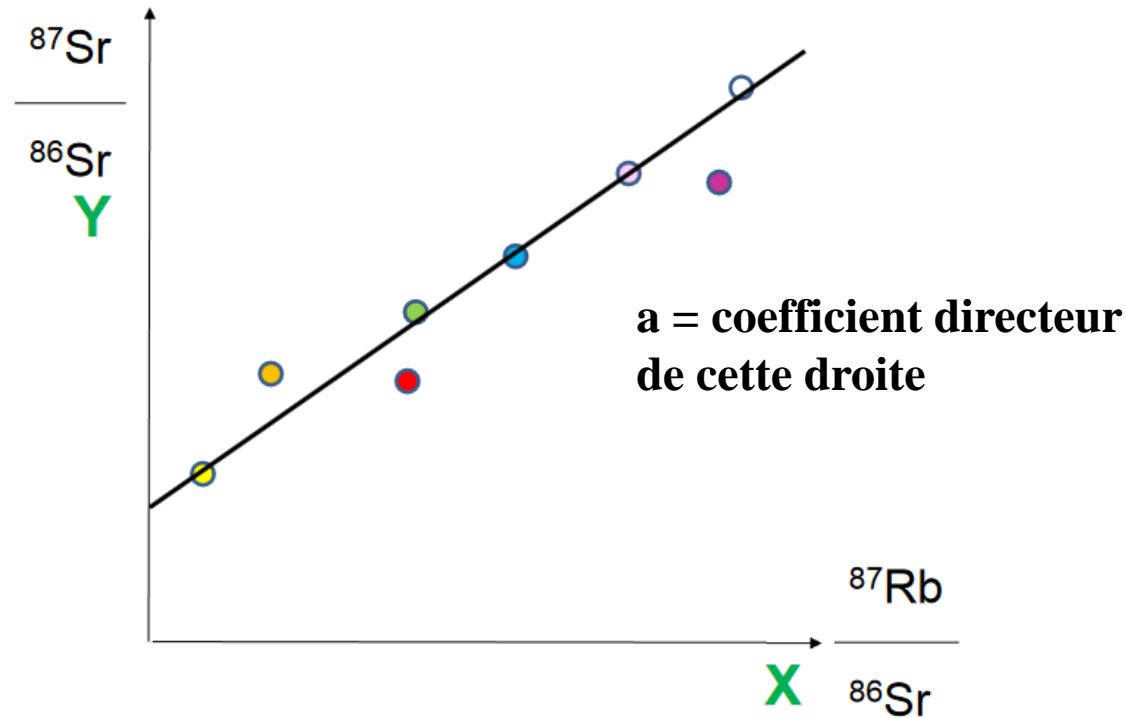
a = pente de la droite isochrone

La méthode Rubidium Strontium

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

$$Y = a X + b$$

Y et X déterminés par spectrométrie de masse



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

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

II°) la chronologie absolue

A°) le principe de la chronologie absolue

B°) la faisabilité de la radiochronologie

C°) quelques géochronomètres

1°) la méthode potassium/argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$)

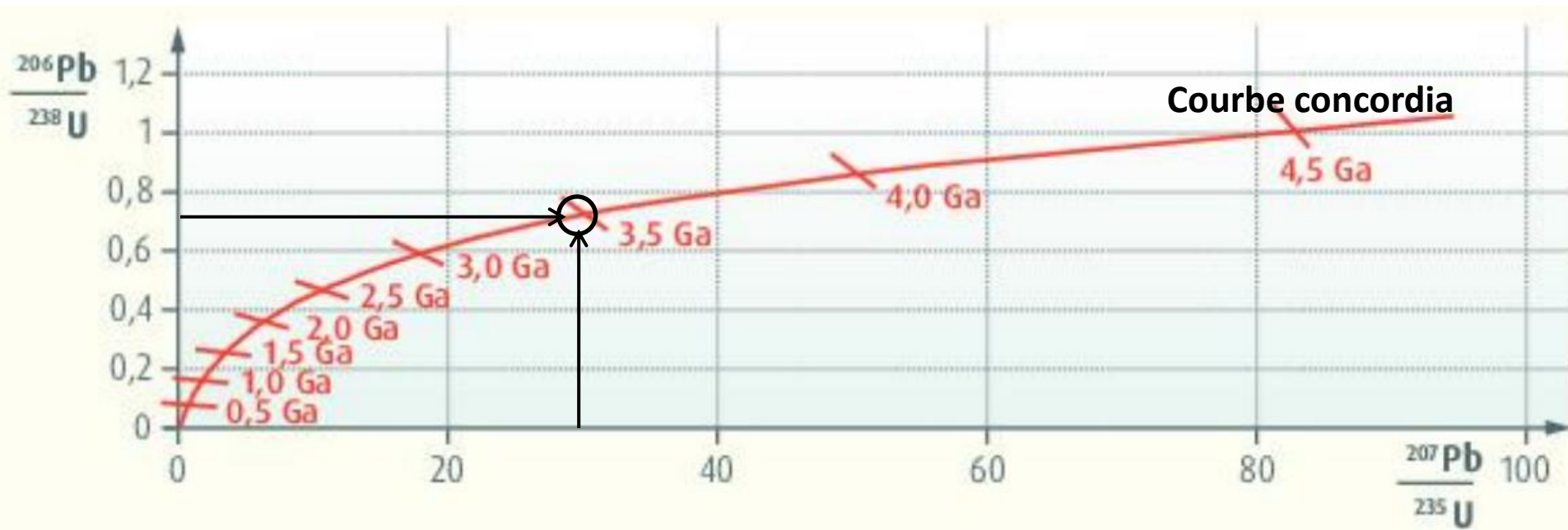
2°) La méthode Rubidium Strontium ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$)

3°) La méthode Uranium Plomb

la méthode Uranium Plomb (concordia)

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ avec $\lambda = 1,55 \cdot 10^{-10}$ et $T = 4,47 \text{ Ga}$.

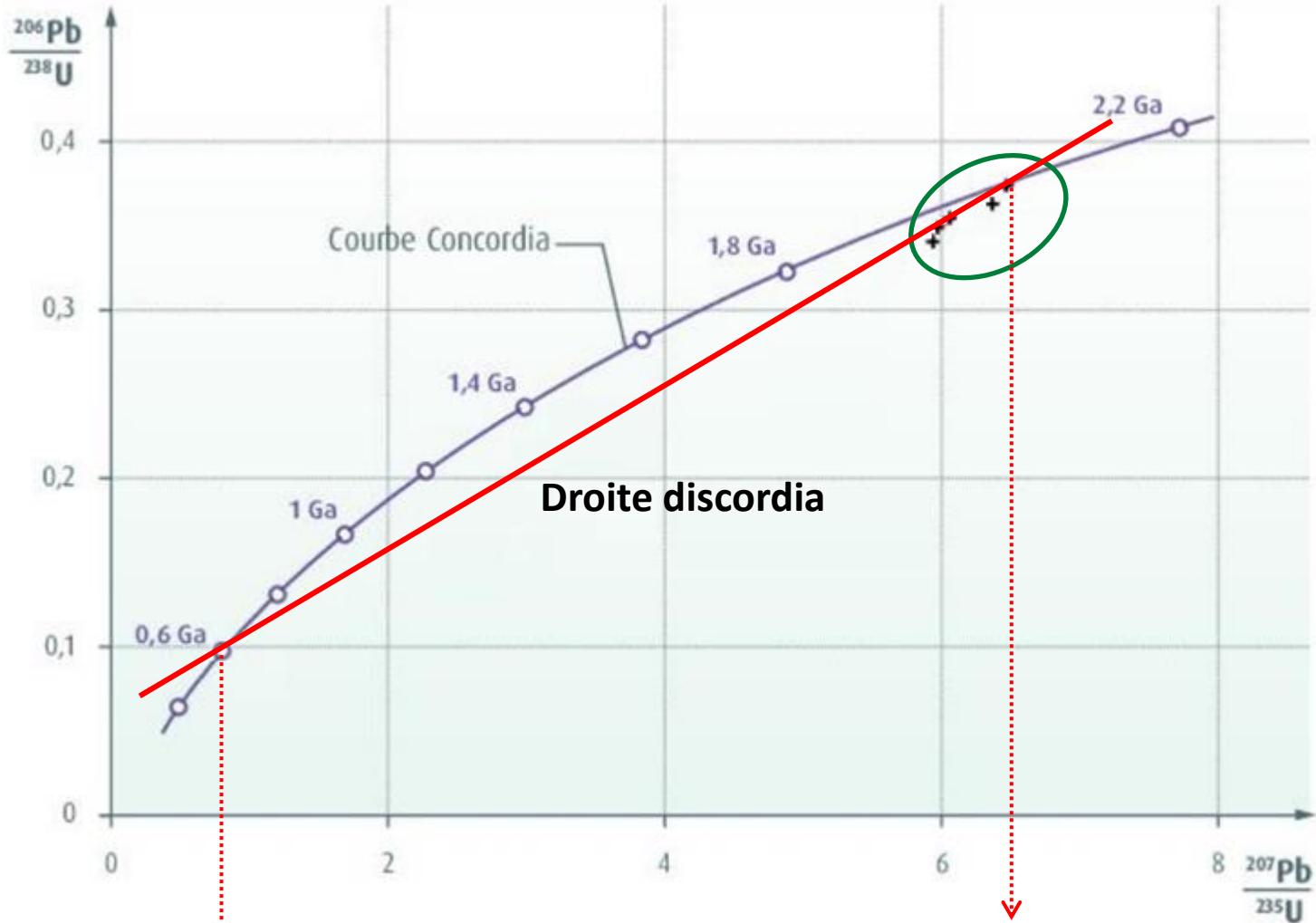
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ avec $\lambda' = 9,85 \cdot 10^{-10}$ et $T = 0,704 \text{ Ga}$



$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
31,07	0,7472
30,97	0,7521
31,02	0,7487
30,89	0,7517

Rapports isotopiques d'une roche ancienne

la méthode Uranium Plomb (discordia)



Âge d'une ouverture de système
= 600 Ma

Âge de l'échantillon initial
= 2 Ga

Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

Introduction

I°) la chronologie relative

A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

B°) les principes de la biostratigraphie

1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

II°) la chronologie absolue

A°) le principe de la chronologie absolue

B°) la faisabilité de la radiochronologie

C°) quelques géochronomètres

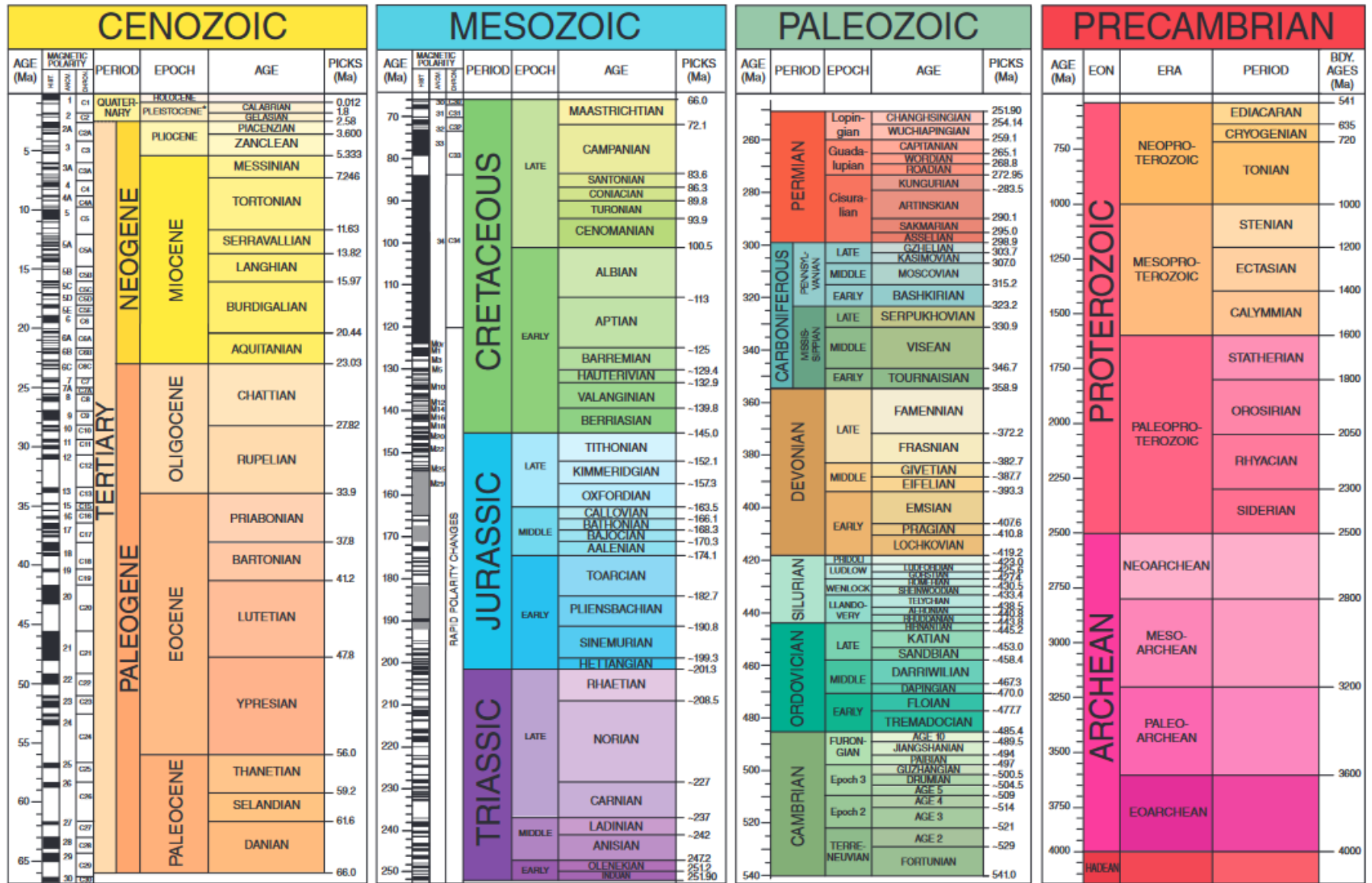
1°) la méthode potassium/argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$)

2°) La méthode Rubidium Strontium ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$)

3°) La méthode Uranium Plomb

Conclusion : l'échelle des temps géologiques

GSA GEOLOGIC TIME SCALE v. 5.0



Walker, J.D., Geissman, J.W., Bowring, S.A., and Babcock, L.E., compilers, 2018, Geologic Time Scale v. 5.0: Geological Society of America, <https://doi.org/10.1130/2018.CTS005R3C>. ©2018 The Geological Society of America

*The Pleistocene is divided into four ages, but only two are shown here. What is shown as Calabrian is actually three ages—Calabrian from 1.80 to 0.781 Ma, Middle from 0.781 to 0.126 Ma, and Late from 0.126 to 0.0117 Ma.

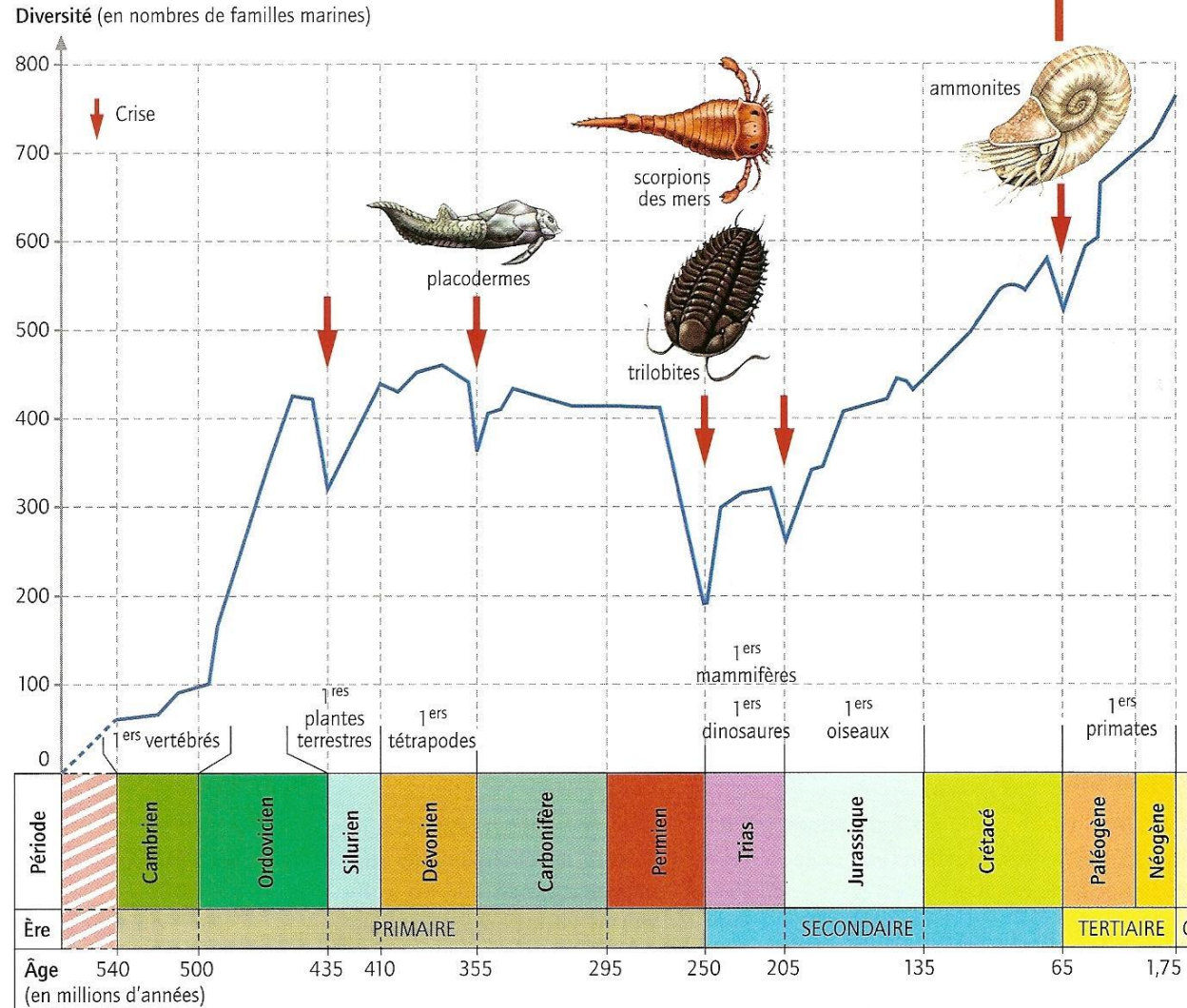
The Cenozoic, Mesozoic, and Paleozoic are the Eras of the Phanerozoic Eon. Names of units and age boundaries usually follow the Gradstein et al. (2012), Cohen et al. (2012), and Cohen et al. (2013, updated) compilations. Numerical age estimates and picks of boundaries usually follow the Cohen et al. (2013, updated) compilation. The numbered epochs and ages of the Cambrian are provisional. A "-" before a numerical age estimate typically indicates an associated error of +0.4 to over 1.6 Ma.

REFERENCES CITED
 Cohen, K.M., Finney, S., and Gibbard, P.L., 2012, International Chronostratigraphic Chart: International Commission on Stratigraphy, www.stratigraphy.org (accessed May 2012). (Chart reproduced for the 34th International Geological Congress, Brisbane, Australia, 5–10 August 2012.)
 Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., and Fan, J.-X., 2013, The ICS International Chronostratigraphic Chart: Episodes v. 36, no. 3, p. 199–204 (updated 2017, v. 2, <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>; accessed May 2018).
 Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., et al., 2012, The Geologic Time Scale 2012: Boston, USA, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00004-4>.

Previous versions of the time scale and previously published papers about the time scale and its evolution are posted to <http://www.geosociety.org/timescale>.

Importance du vivant dans la construction de l'échelle des temps

Certaines crises de la biodiversité (ou crises biologiques) entraînent la disparition brutale et simultanée de nombreuses espèces dans de nombreux groupes, et parfois de groupes entiers : ce sont des crises majeures responsables d'une extinction en masse.



Variation de la diversité animale du milieu marin au cours des 600 derniers millions d'années. Au-dessus de l'échelle des temps sont indiquées les périodes d'apparition de quelques groupes (marins ou terrestres) encore présents aujourd'hui. Les groupes dessinés sont **éteints** : ils sont placés sur la courbe au moment de leur **extinction**.