

# Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

## Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

### Introduction



**Saint Augustin, philosophe et théologien chrétien vivant en Algérie au IVème siècle**

**« 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. »**

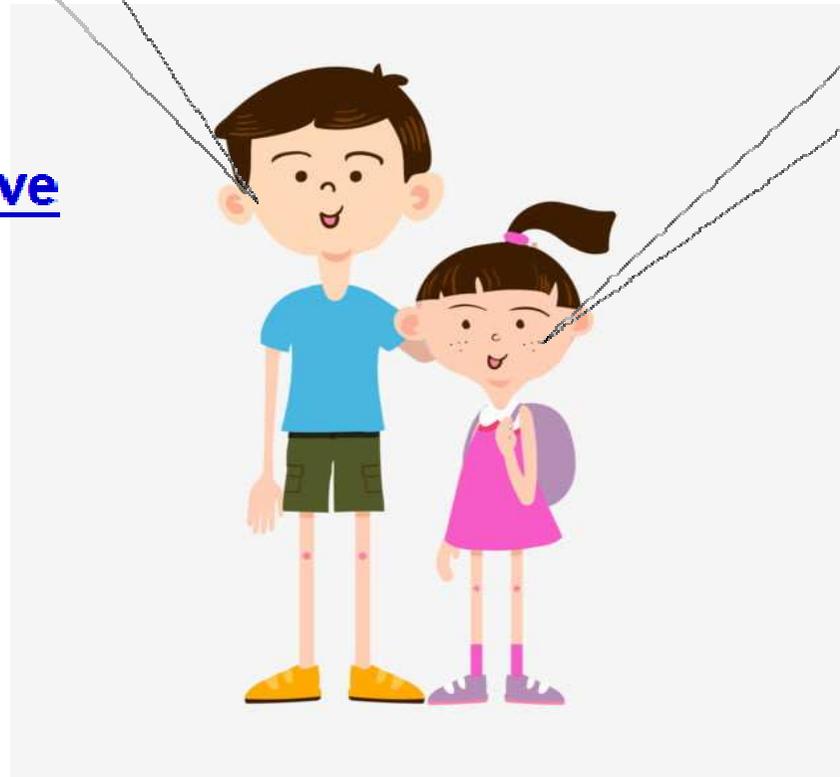
## Deux méthodes complémentaires

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

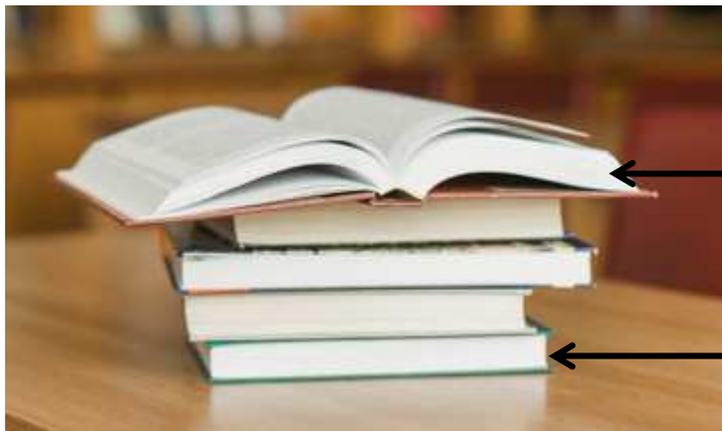
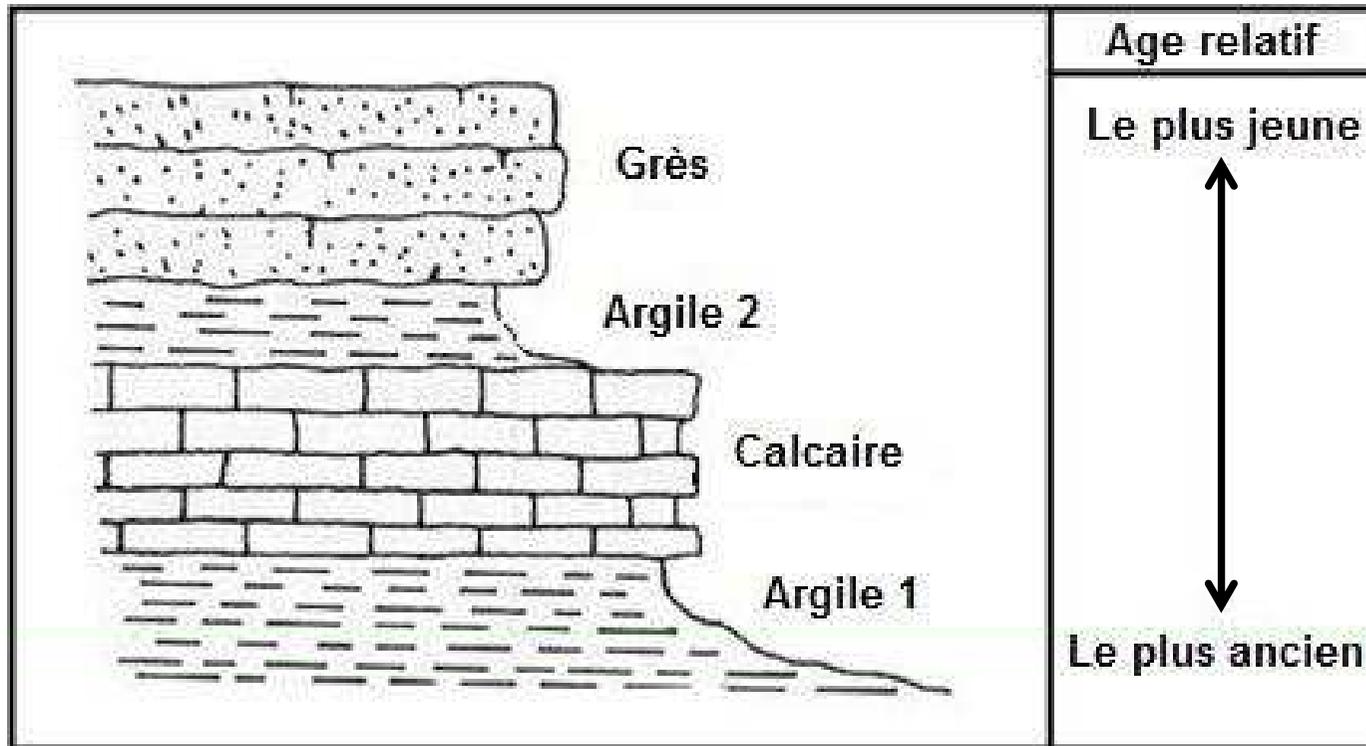
### Introduction

#### 1°) la chronologie relative

##### A°) les principes de la lithostratigraphie

##### 1°) Le principe de superposition

## Le principe de superposition

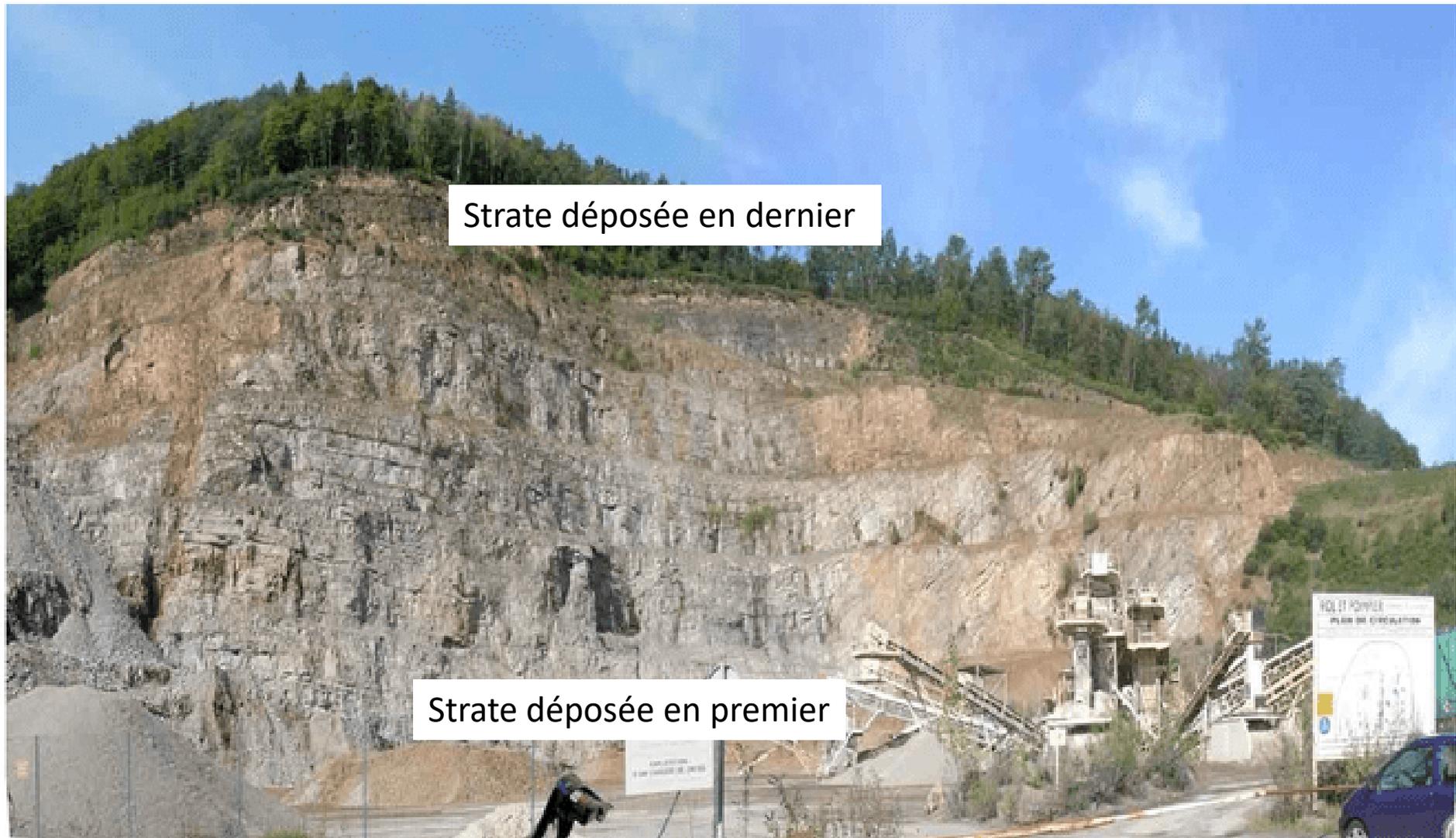


Déposé en dernier

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 Chambron. 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

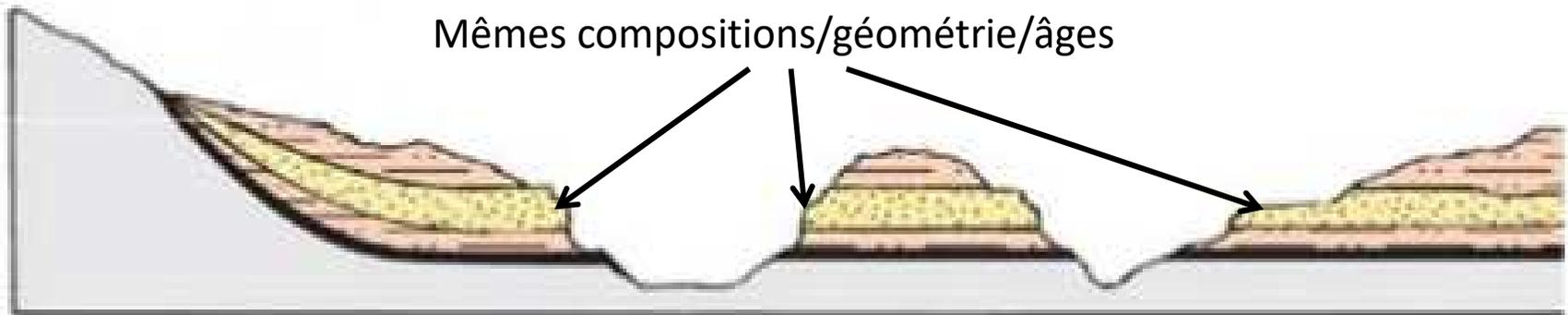
##### A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

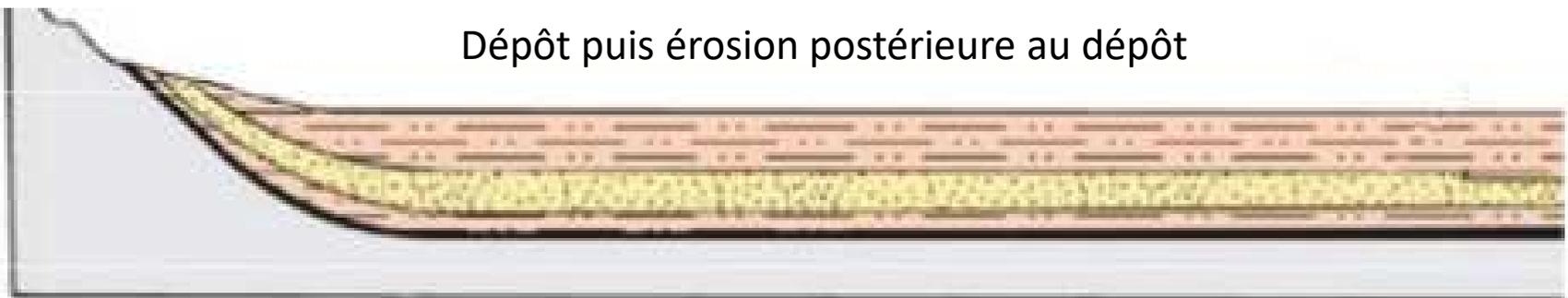
2°) Le principe de continuité

## Le principe de continuité

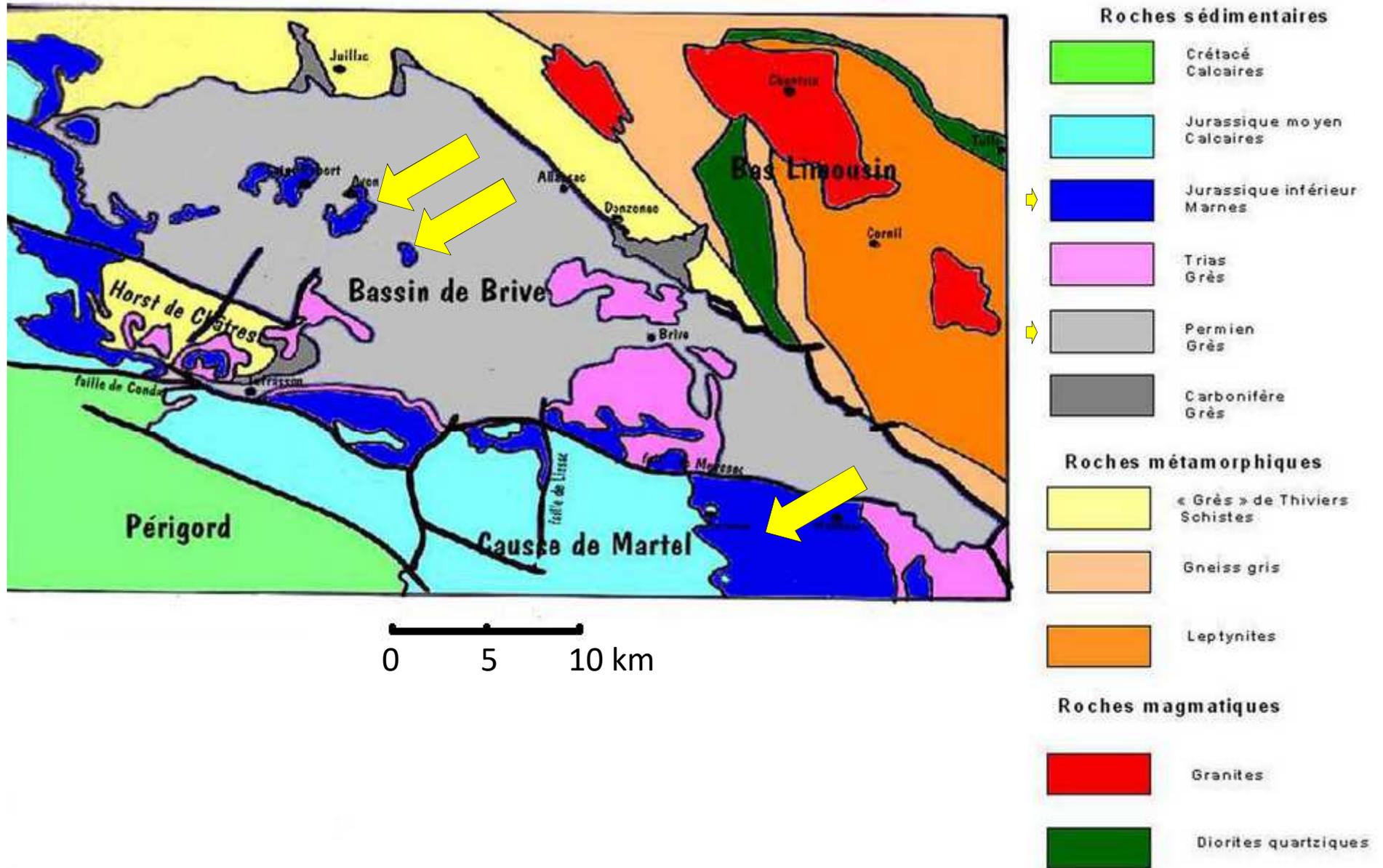
**T2**



**T1**



# Le principe de continuité



# Thème : A la recherche du passé géologique de notre planète

## Leçon 1: Le temps enregistré dans les roches

### Introduction

#### 1°) la chronologie relative

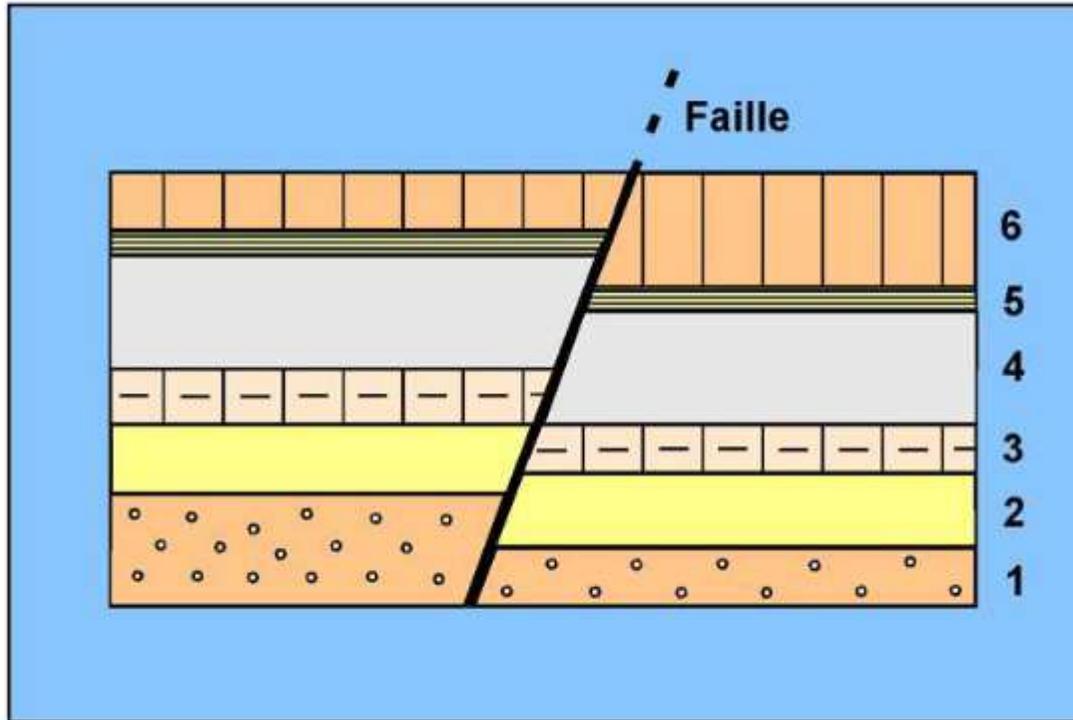
##### A°) les principes de la lithostratigraphie

1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

## Le principe de recoupement



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 recoupement



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

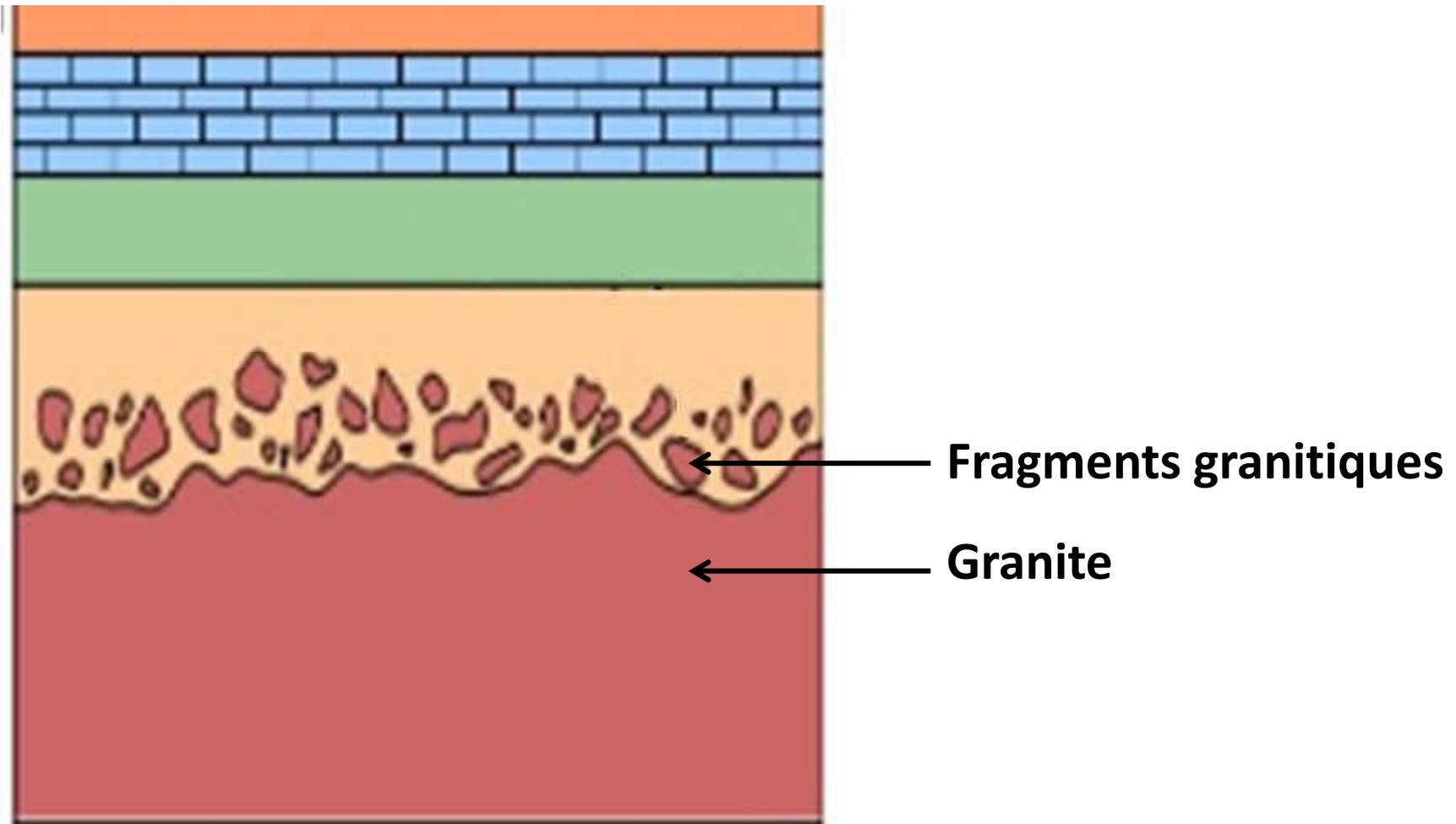
1°) Le principe de superposition

2°) Le principe de continuité

3°) Le principe de recoupement

4°) Le principe d'inclusion

## Le principe d'inclusion



## 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

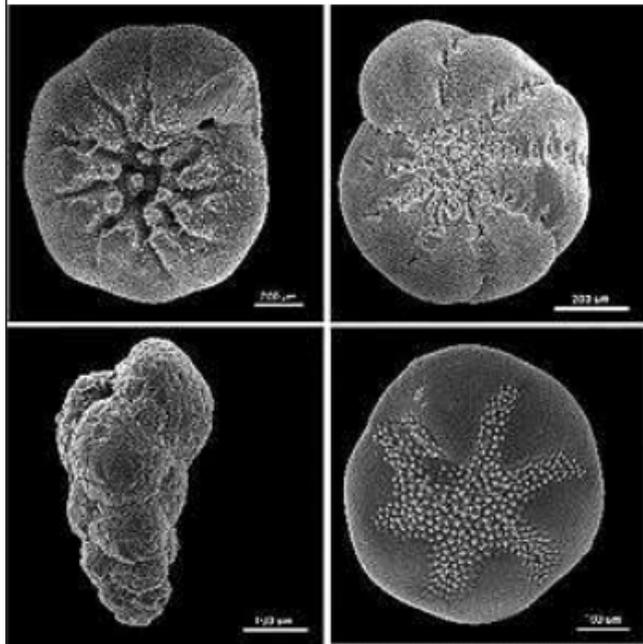


Ammonite  
(Dévonien sup. – fin Mésozoïque)



**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

#### 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

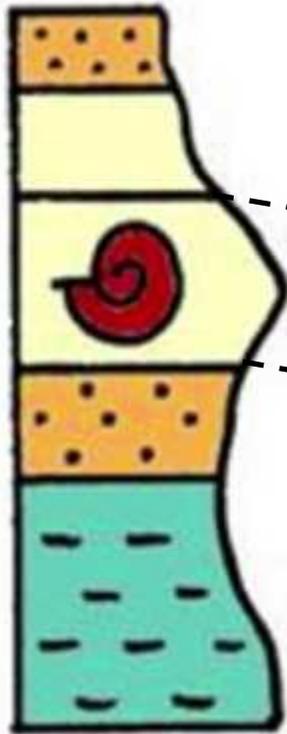
4°) Le principe d'inclusion

##### B°) les principes de la biostratigraphie

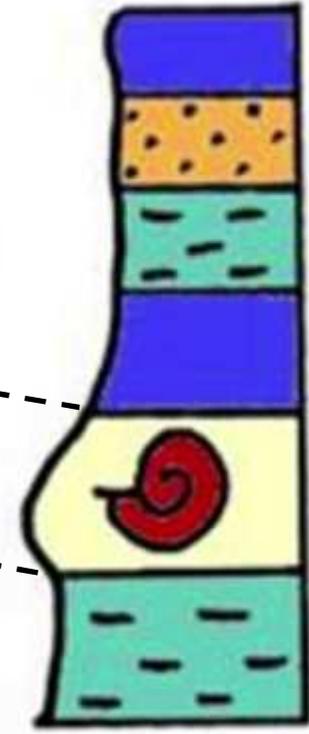
1°) Les fossiles stratigraphiques

2°) Le principe d'identité paléontologique

## Le principe d'identité paléontologique

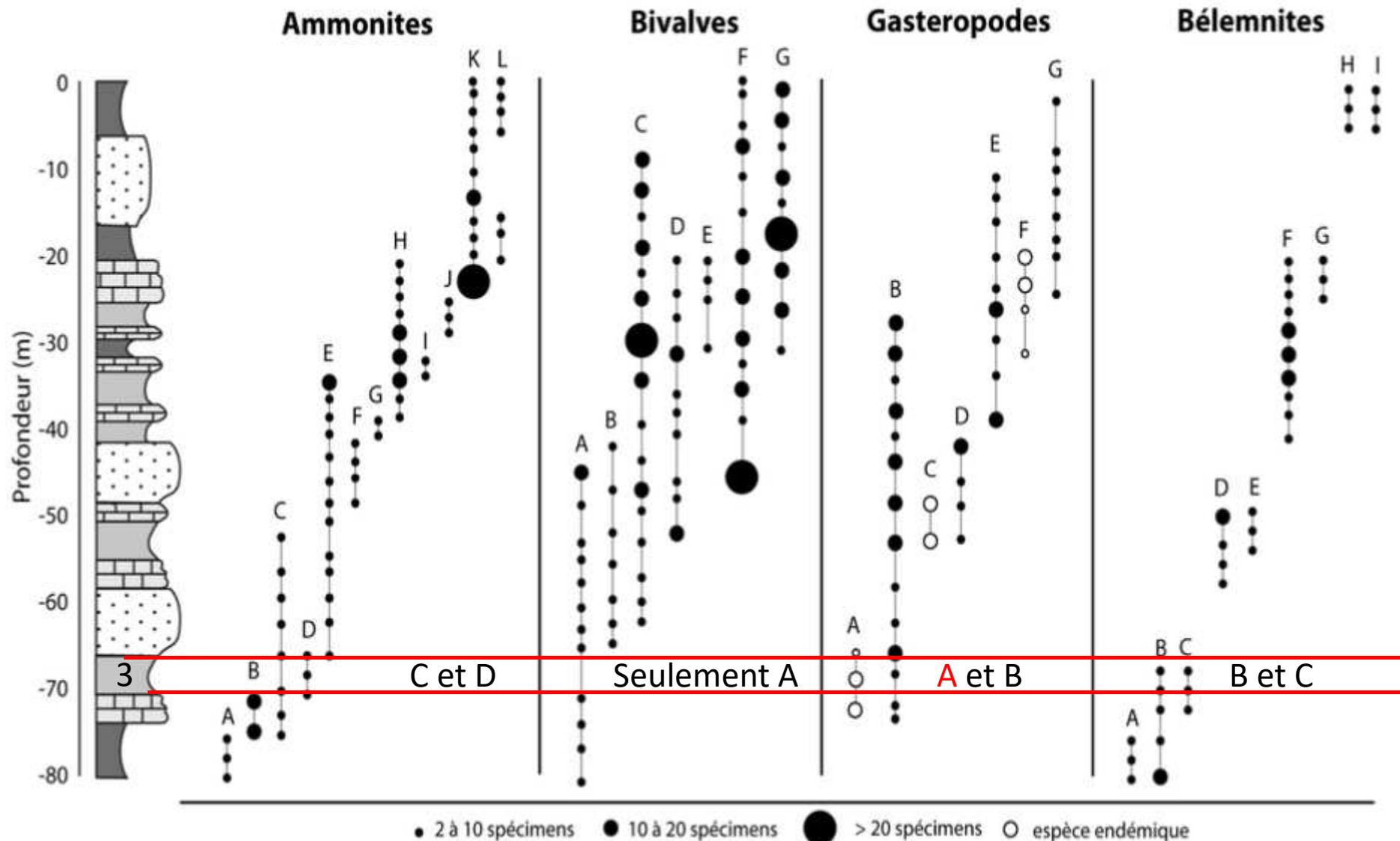


Région 1



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

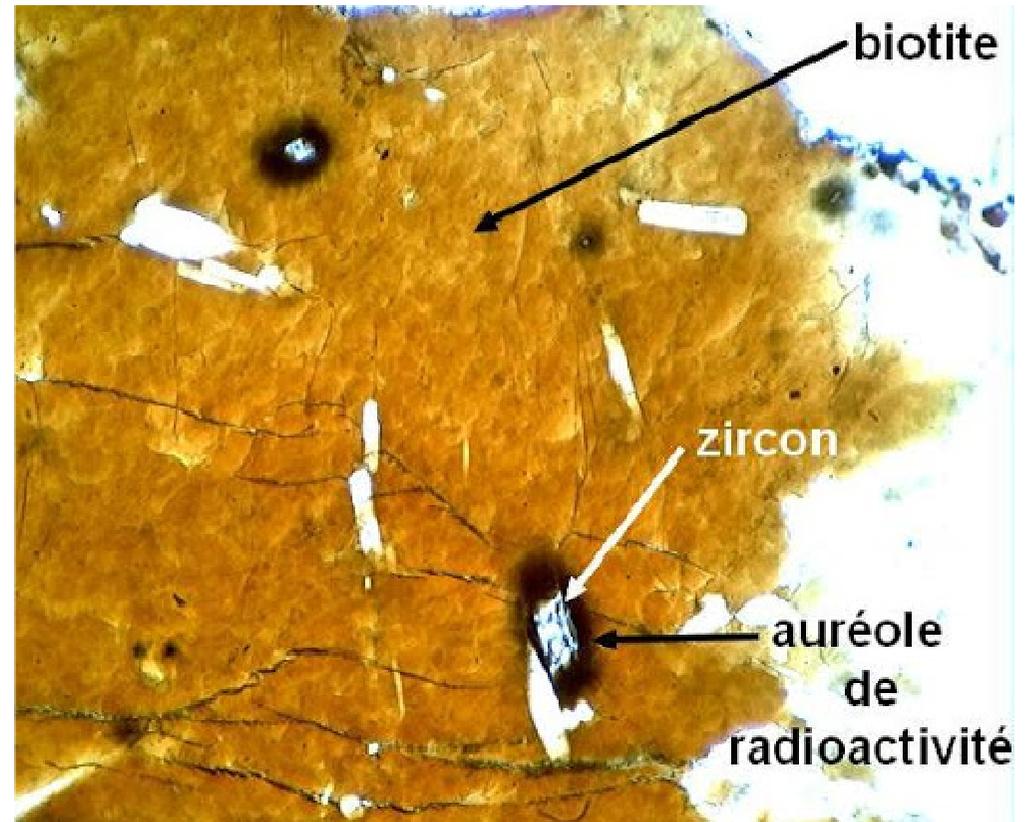
2°) Le principe d'identité paléontologique

#### II°) la chronologie absolue

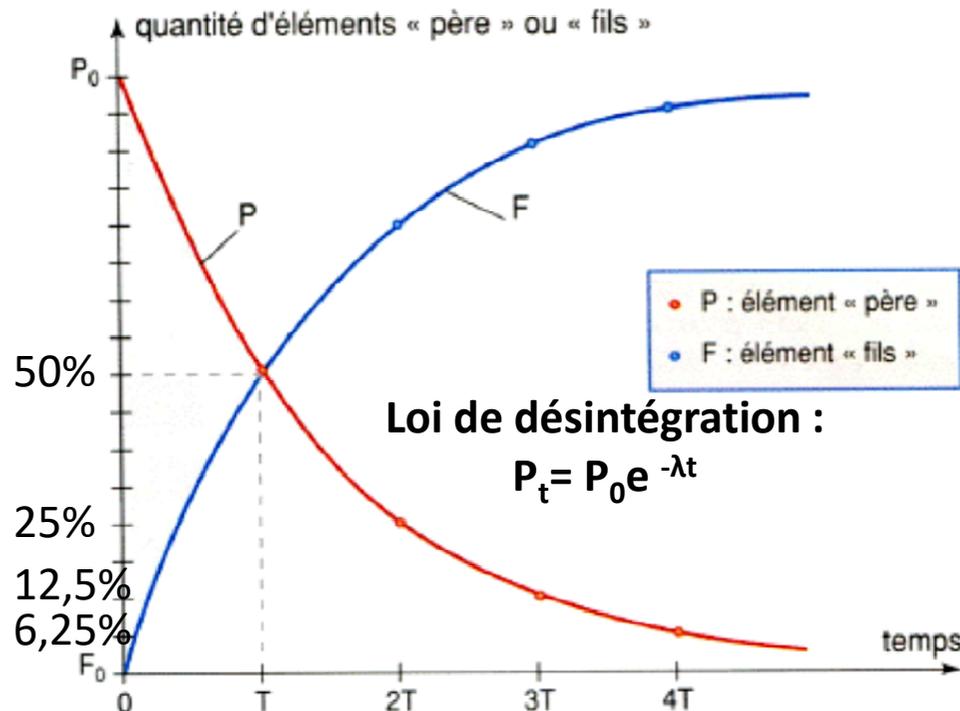
##### A°) le principe de la chronologie absolue

## Le principe de la chronologie absolue

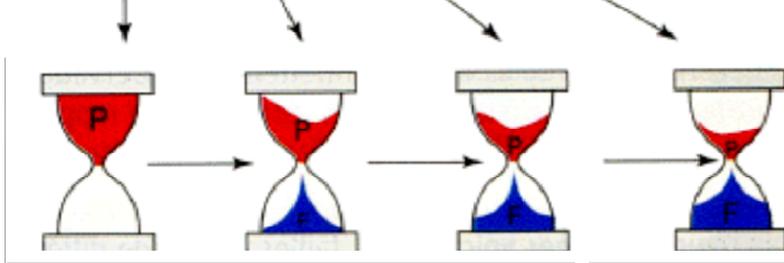
Certains minéraux renferment des éléments radioactifs comme le Rubidium 87, le potassium 40, l'uranium 238...



# 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 ( $\lambda$ )



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

## Le principe de la chronologie absolue

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

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

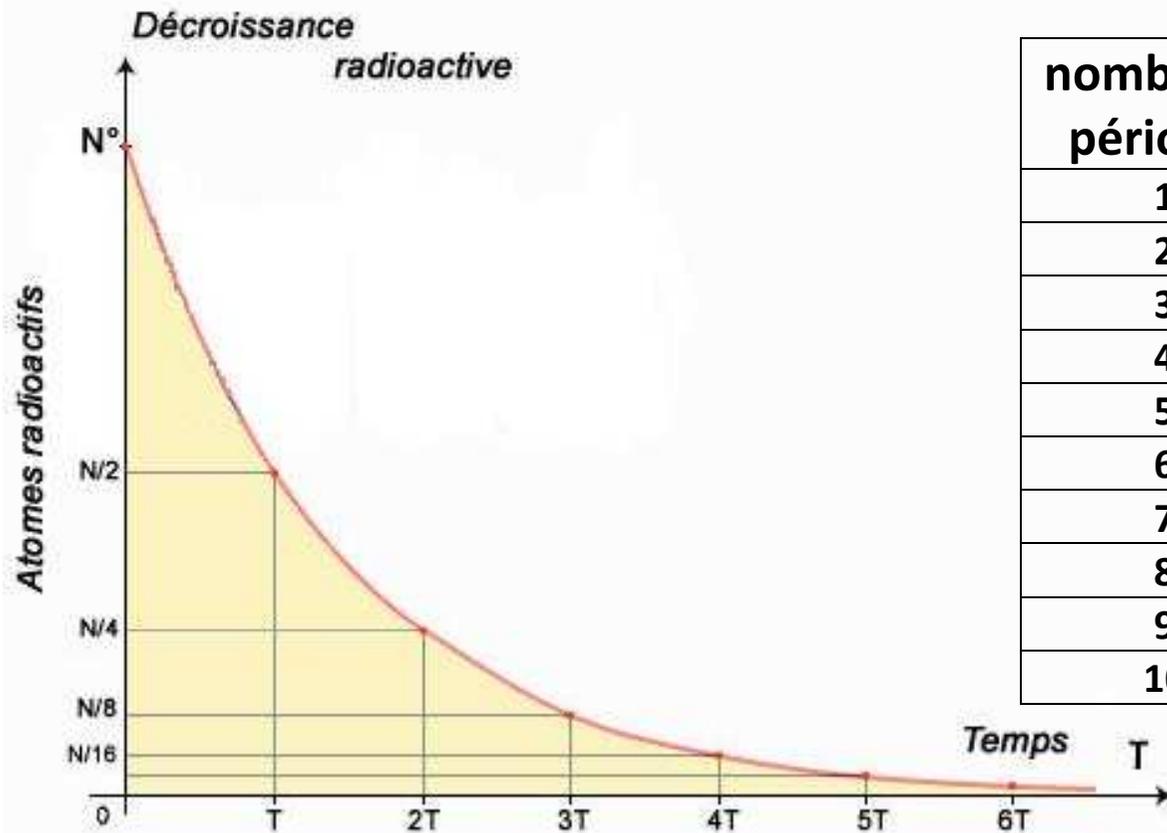
2°) Le principe d'identité paléontologique

#### 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

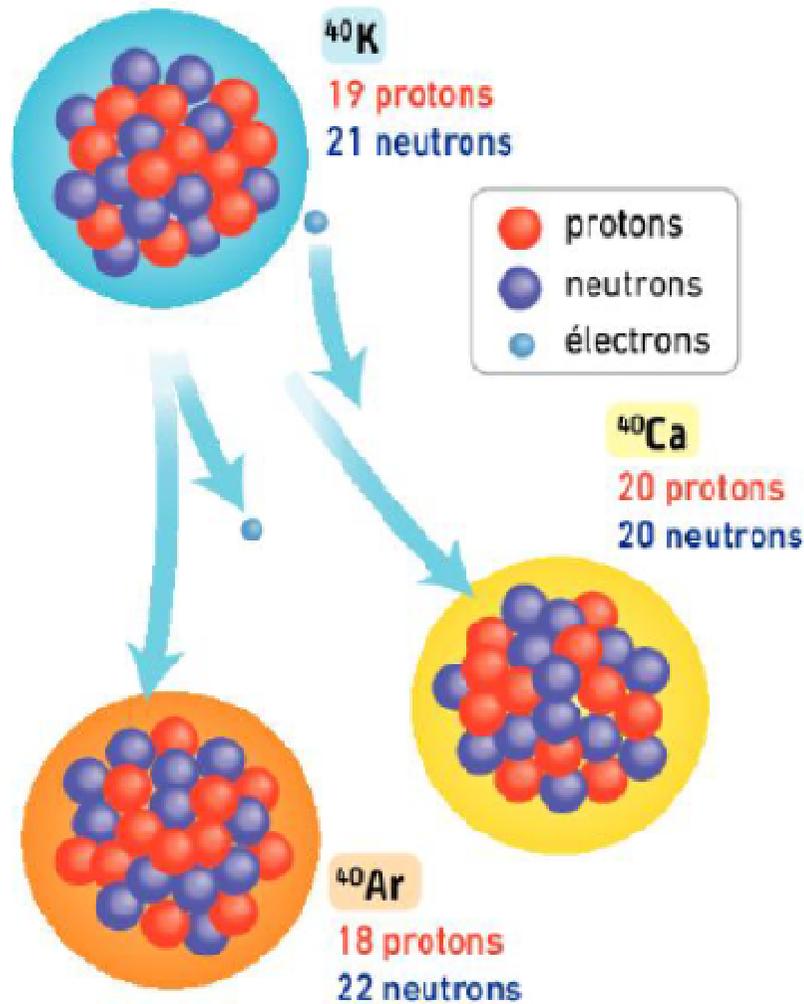
##### A°) le principe de la chronologie absolue

##### B°) la faisabilité de la radiochronologie

##### C°) quelques géochronomètres

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

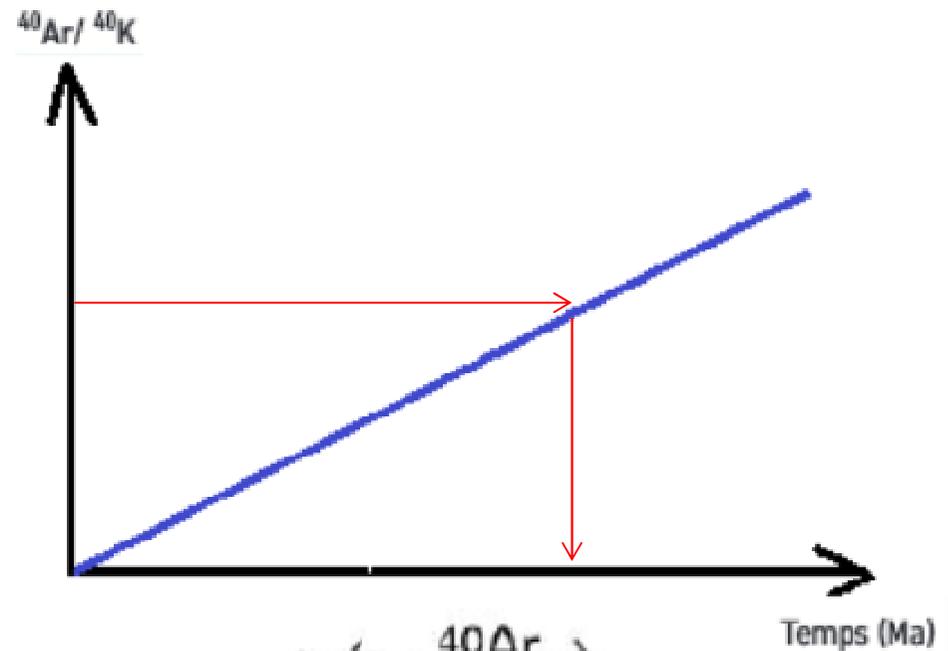
## la méthode potassium/argon



**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  $\text{K}40$ .



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

# 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

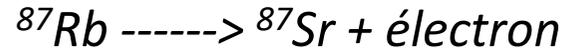
##### A°) le principe de la chronologie absolue

##### B°) la faisabilité de la radiochronologie

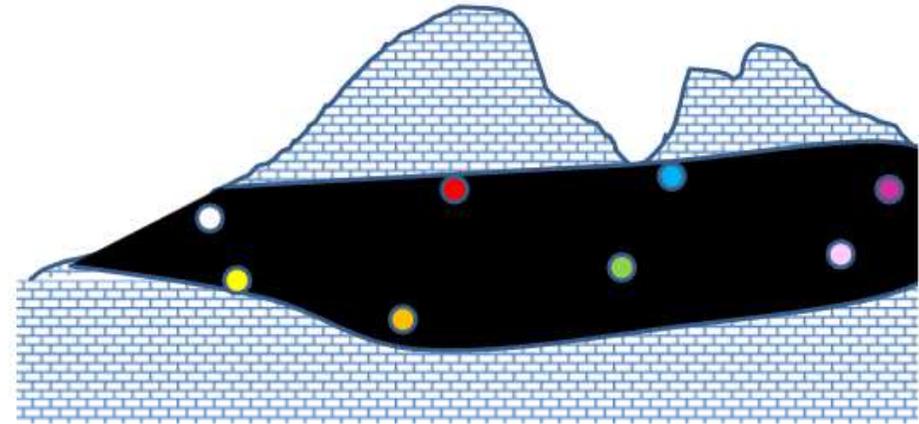
##### C°) quelques géochronomètres

- 1°) la méthode potassium/argon ( $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ )
- 2°) La méthode Rubidium Strontium ( $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ )

## La méthode Rubidium Strontium



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



échantillonnages

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

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

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

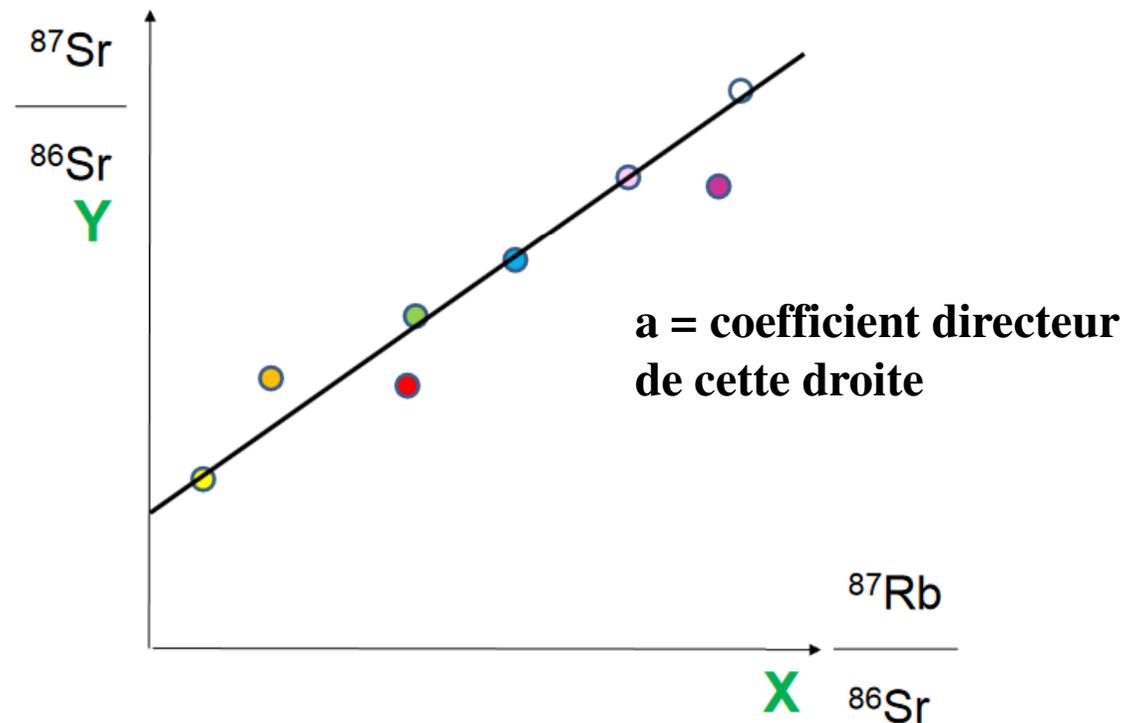
Y et X déterminés par spectrométrie de masse

## 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

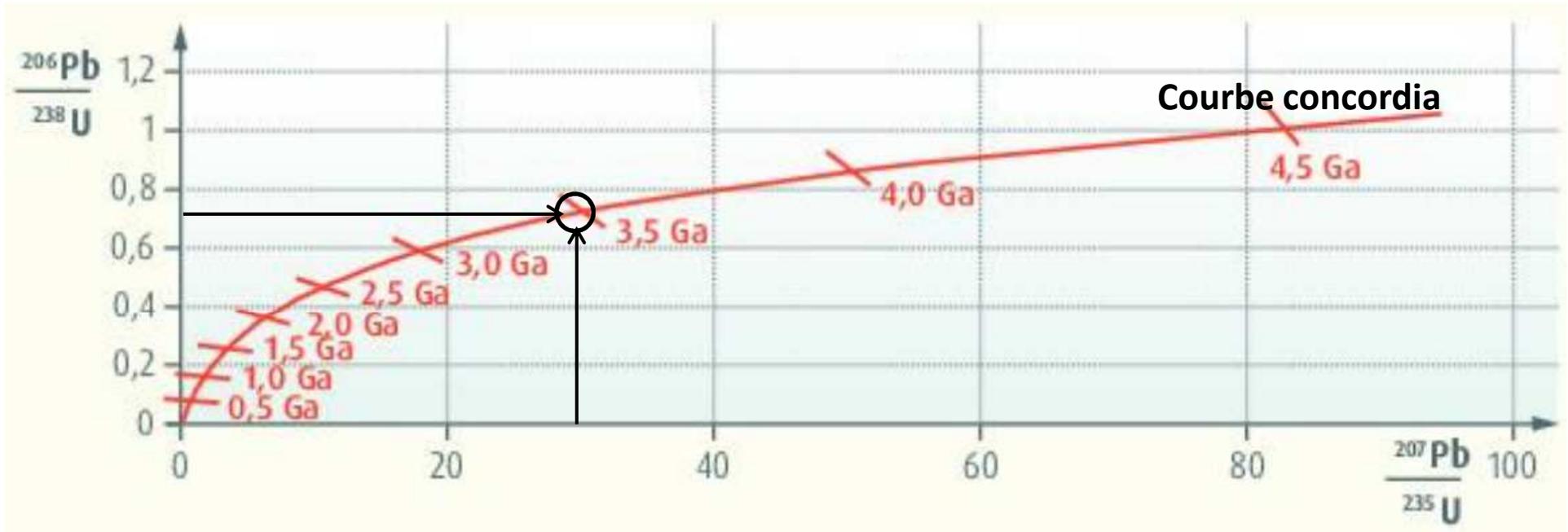
##### C°) quelques géochronomètres

- 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  $T = 4,47 \text{ Ga}$ .

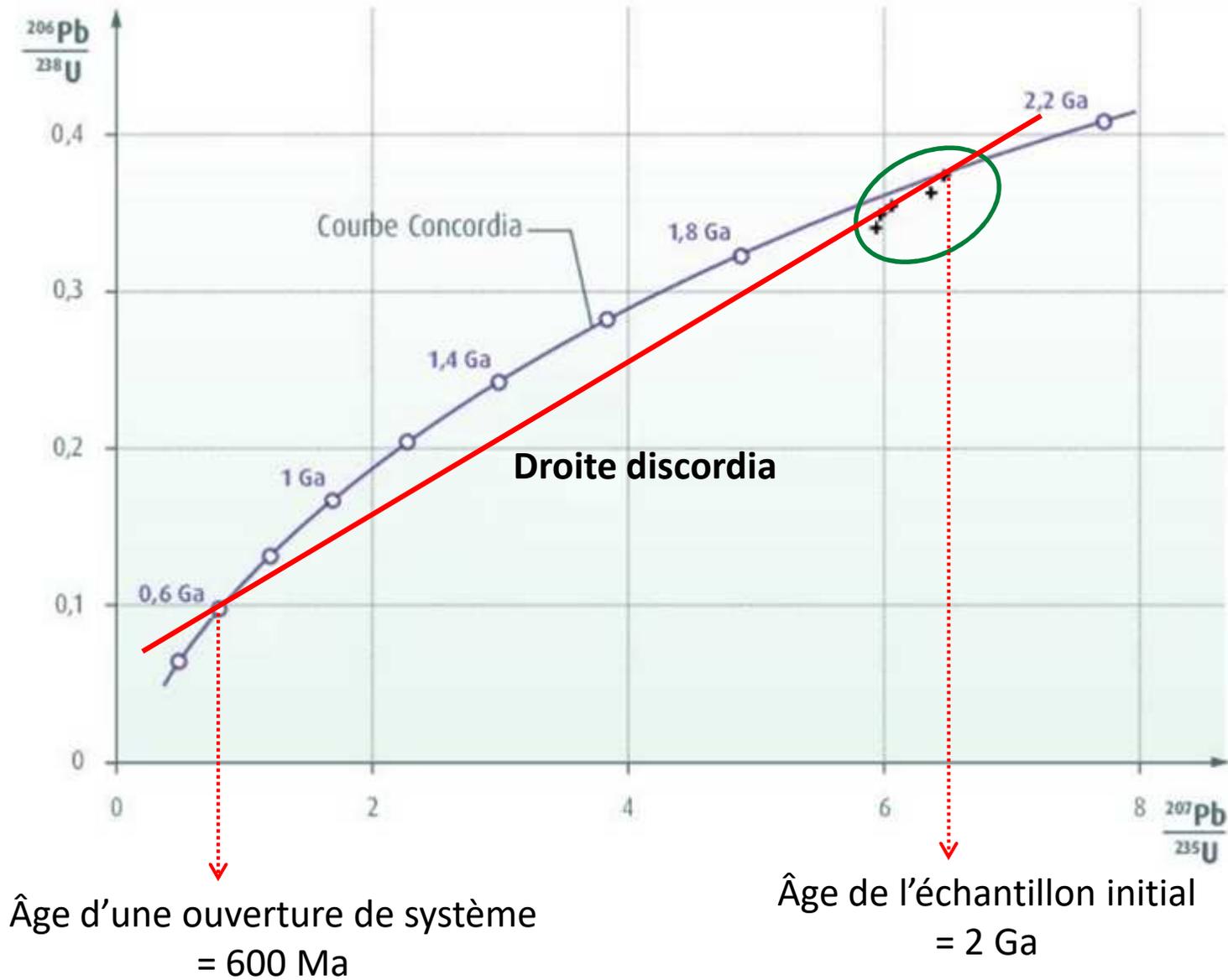
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$  avec  $\lambda' = 9,85 \cdot 10^{-10}$  et  $T = 0,704 \text{ Ga}$



$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
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)



# 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

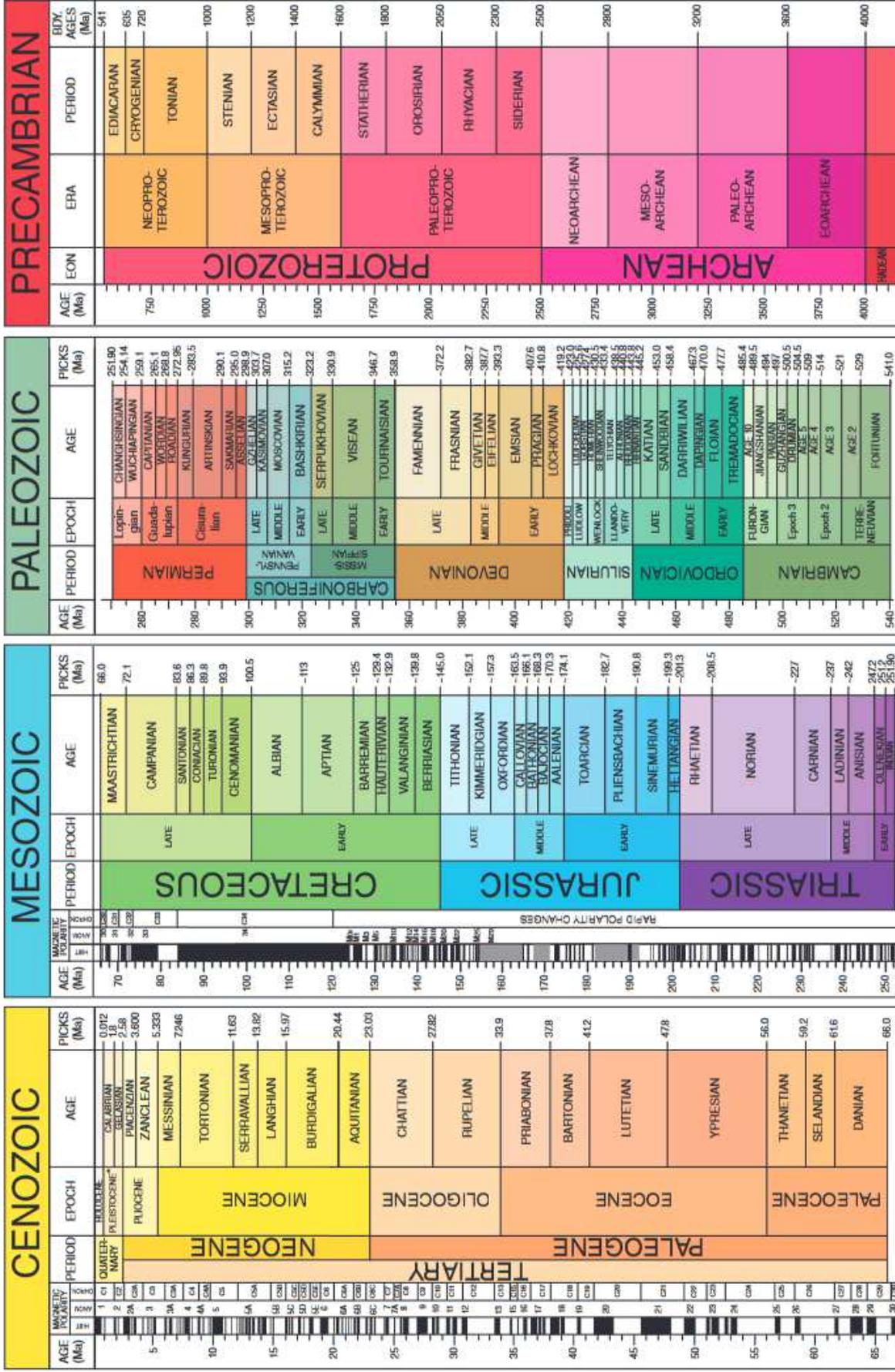
- 1°) la méthode potassium/argon ( $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ )
- 2°) La méthode Rubidium Strontium ( $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ )
- 3°) La méthode Uranium Plomb

#### Conclusion : l'échelle des temps géologiques

# ECHELLE DES TEMPS GEOLOGIQUES

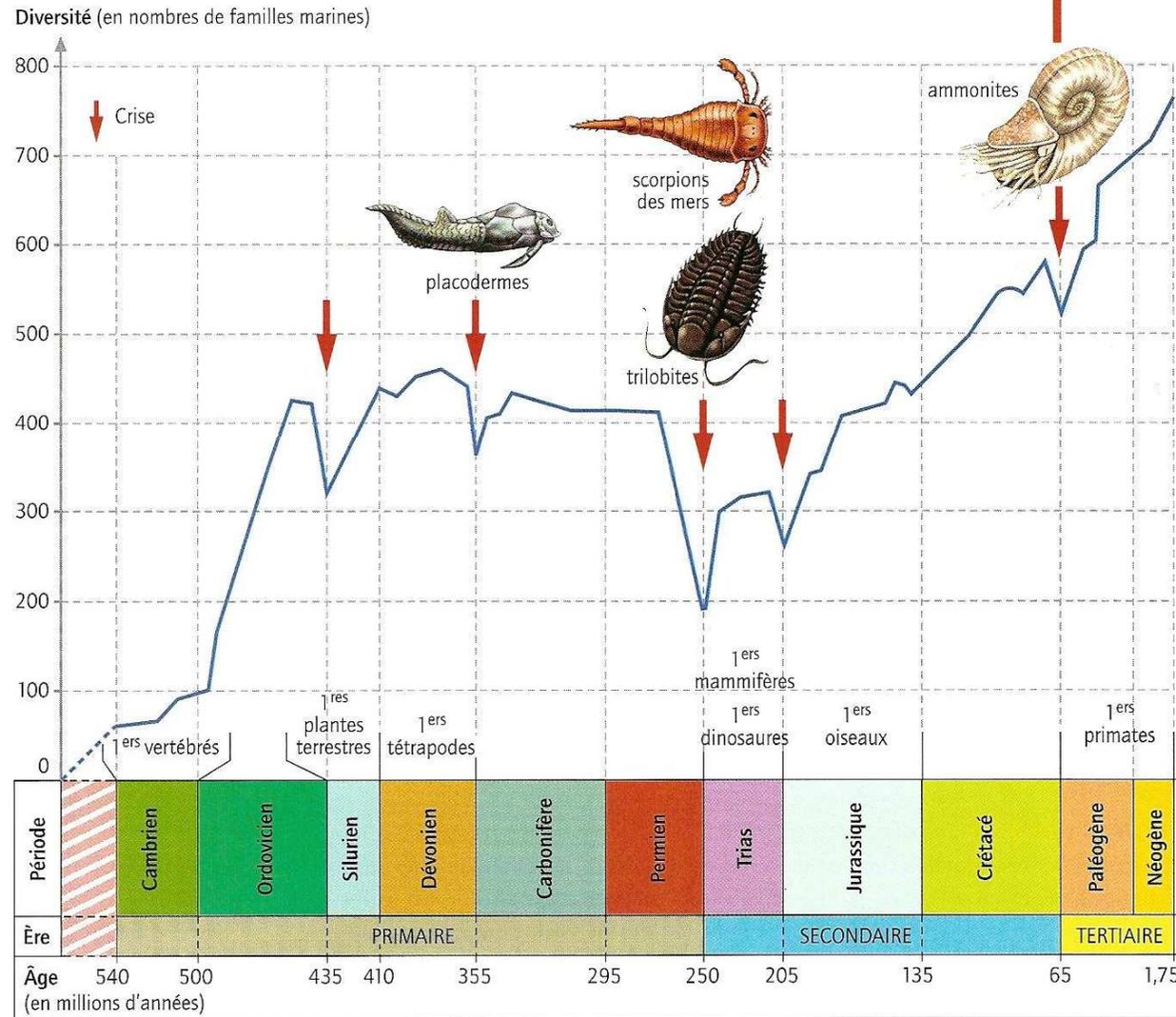
Éon	Ère	Système	Époque	Étage	Gradstein & Ogg, 2004	GSSP	Odin, 1995	Termes équivalents NW européens + sous-étages	Termes stratigraphiques +/- obsolètes ou à valeur lithostratigraphique	Basin de Paris	Basin d'Aquitaine	Basin du Sud-Est
Phanérozoïque	Crétacé	Quaternaire	Holocène	q4	0.0118		0.0103	Holocène = Flandrien (marin)	Versilien			
				q3	0.126		0.130	Tarantien				
Phanérozoïque	Crétacé	Quaternaire	Pliocène	q2	0.781		0.780	Ionien				
				q1	1.806		1.75 ± 0.05 ★	Calabrien				
Phanérozoïque	Crétacé	Néogène	Pliocène	p3	2.588		3.4	Gélasien				
				p2	3.600		5.3	Plaisancien				
Phanérozoïque	Crétacé	Néogène	Pliocène	p1	5.332		5.3	Zancéen				
				m6	7.246		7.15 ± 0.3	Messinien				
Phanérozoïque	Crétacé	Néogène	Miocène	m5	11.608		11.0 ± 0.3	Tortonien				
				m4	13.65		14.7 ± 0.5	Serravallien				
Phanérozoïque	Crétacé	Néogène	Miocène	m3	15.97		15.8 ± 0.4	Langhien				
				m2	20.43		20.3 ± 0.5	Burdigalien				
Phanérozoïque	Crétacé	Néogène	Miocène	m1	23.03		23.0 ± 0.5	Aquitainien				
				g2	28.4 ± 0.1		28.0 ± 1	Chattien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Oligocène	g1	33.9 ± 0.1		33.7 ± 0.5 ★	Rupélien				
				e7	37.2 ± 0.1		37.1 ± 0.5	Priabonien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Éocène	e6	40.4 ± 0.2		40.0 ± 1	Bartonien				
				e5	48.6 ± 0.2		46.0 ± 0.5	Lutétien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Éocène	e4	55.8 ± 0.2		53.0 ± 1	Yprésien				
				e3	58.7 ± 0.2		59.0 ± 2	Thanétien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Paléocène	e2	61.7 ± 0.2		61.7 ± 0.2	Sélandien				
				e1	65.5 ± 0.3		65.0 ± 0.5 ★	Danien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur	c6	70.6 ± 0.6		72.0 ± 0.5	Maastrichtien				
				c5	83.5 ± 0.7		83 ± 1	Campanien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur	c4	85.8 ± 0.7		87 ± 1	Santonien				
				c3	89.3 ± 1.0		88 ± 2	Coniacien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur	c2	93.5 ± 0.8		92 ± 2	Turonien				
				c1	99.6 ± 0.9		96 ± 2	Cénomannien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur	n6	112.0 ± 1.0		108 3/1	Albien				
				n5				Antien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Sénonien				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Paléocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène supérieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène moyen				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Oligocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Oligocène supérieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Paléocène supérieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène supérieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène moyen				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				
Phanérozoïque	Crétacé	Paléogène	Supérieur					Éocène inférieur				

# GSA GEOLOGIC TIME SCALE v. 5.0



# 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**.