

## Chapitre 3

# Stratigraphie

### Plan

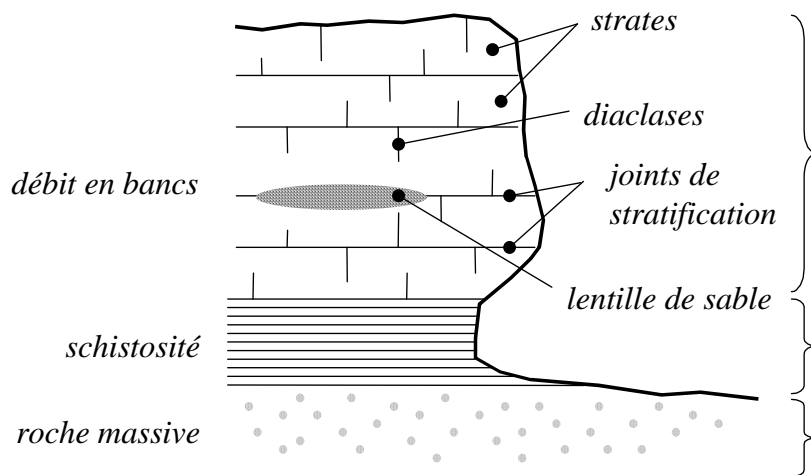
- 3.1 Architecture des roches sédimentaires
- 3.2 Principes de la stratigraphie
- 3.3 Datation des terrains
- 3.4 Echelle stratigraphique

## 3.1 Architecture des roches sédimentaires

### La stratigraphie

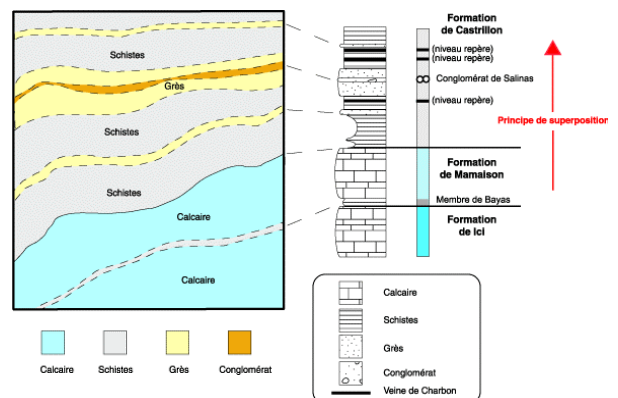
#### ⊗ Quelques définitions

- *structure* : arrangement des grains, au niveau microscopique (microstructure)
- *texture* : arrangement des grains, au niveau macroscopique (observation visuelle)
- *débit* : tendance d'une roche à se déliter suivant des plans préférentiels  
(cf clivage des minéraux)
- *stratification* : agencement en couches, ou strates, de dépôts successifs et horizontaux de sédiments
- *strate* : - couche de terrain possédant une individualité nette  
- séparées par des joints  
de stratification horizontaux



Lithologie

Lithostratigraphie



- **strate (suite) :** - diaclasses
  - perpendiculaires aux strates
  - surtout dans les roches dures
  - cassures provoquées par des rotations localisées des strates
  
- **irrégularités de stratification :**
  - (a) lentilles : tailles variables (dm à hm)
  - (b) stratification littorales : alternances de lentilles superposées ou imbriquées
  
- **schistosité :** débit d'une roche en feuillets
  - (a) formation de la roche : schistes et micaschistes
  - (b) apparition plus tardive : roche soumise à de fortes contraintes  
Exemple : schistosité oblique à la stratification

## Sédimentation océanique (stratification littorale)

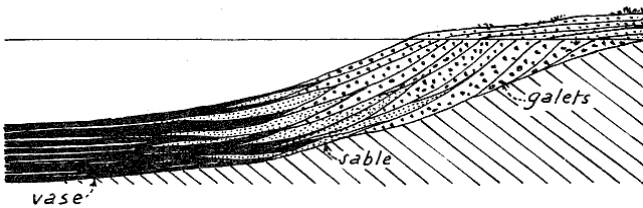
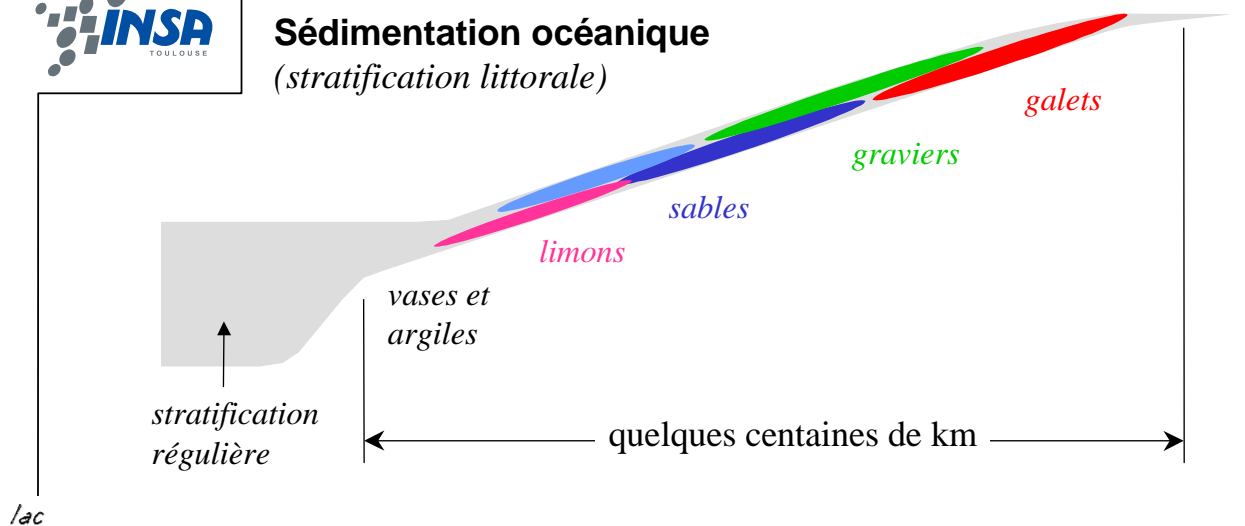


FIG. 78. — Alluvionnement dans les lacs.  
Coupe schématique d'un delta lacustre.

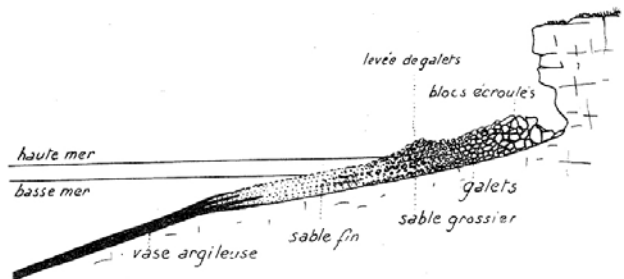
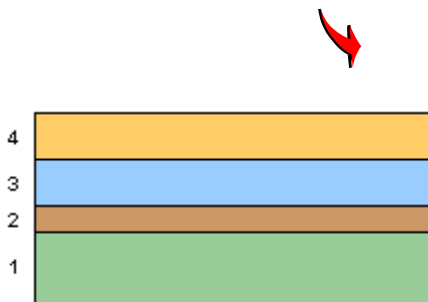


FIG. 79. — Démantèlement d'une falaise granitique  
et répartition des matériaux résultants en bordure de la mer.

PO IC

## 3.2 Principes de la stratigraphie

### ⊗ Principe de l'horizontalité primaire des couches sédimentaires et principe de superposition



Le concept de Steno (1669) qui présente deux principes intimement liés apparaît simpliste, mais il est fondamental: les couches sédimentaires se sont d'abord déposées à l'horizontale (principe de l'horizontalité primaire); les couches se sont superposées les unes sur les autres, ce qui implique que celle qui est en-dessous d'une autre est plus vieille que cette dernière (principe de la superposition).

### ⊗ Principe de continuité

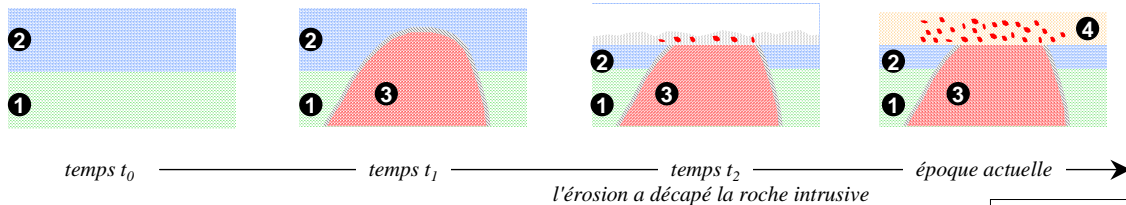
- Dans une région non disloquée, un sédiment n'évolue pas latéralement de façon brutale.
- Il reste caractérisé par son faciès (ensemble de caractères minéralogiques, structuraux et paléontologiques (fossiles) représentatifs de conditions de sédimentation déterminées).
- Par contre, il peut y avoir une évolution progressive.



PO IC - Géologie de l'ingénieur

## ❁ Règle des recoupements

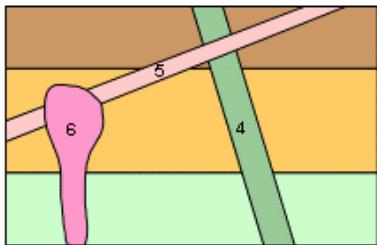
*un corps rocheux qui en recoupe un autre est nécessairement plus jeune que celui qu'il recoupe*



**Conclusion**

④ le plus jeune  
 ↑  
 ③  
 ②  
 ① le plus ancien

PO IC - Géologie de l'ingénieur



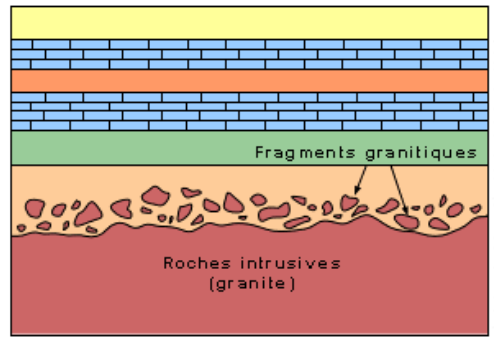
Ici, l'âge relatif des couches 1, 2 et 3 est fourni par le principe de superposition. Les intrusifs 4, 5 et 6 sont plus jeunes que les couches sédimentaires horizontales dans lesquelles ils se sont introduits. De plus, comme le dyke 5 recoupe le dyke 4 et que l'intrusif 6 recoupe le dyke 5, on sait que 6 est plus jeune que 4, même si ces deux dykes ne se recoupent pas; l'ordre d'intrusion est donc 4, 5 et finalement 6.

## ❁ Difficulté d'application de ces principes

- Deux exemples :
- (a) la stratification est irrégulière : discordances
  - (b) les observations sur le terrain n'ont pas permis de mettre en évidence les accidents tectoniques subis.

### • Discordances

*Discordance d'érosion : suppression de dépôt*

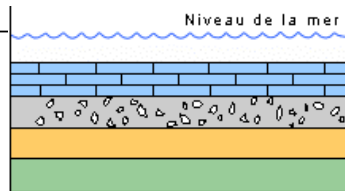


On a ici un contact irrégulier (discordant) entre une masse intrusive et une couche sédimentaire. Normalement, on serait enclin à conclure que l'intrusif est plus jeune que les couches qui l'entourent ou le recouvrent. Mais ici il faut voir que la roche sédimentaire, qui représente un ancien sédiment, contient des fragments du granite.

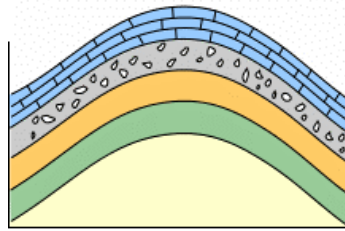
Cette situation implique que le granite a été exposé un jour à l'action de l'érosion et que les particules de granite arrachées au massif par l'érosion ont été incorporées dans le sédiment qui a recouvert le massif. Nécessairement, l'intrusif est plus vieux que les couches sédimentaires sus-jacentes.

PO IC - Géologie de l'ingénieur

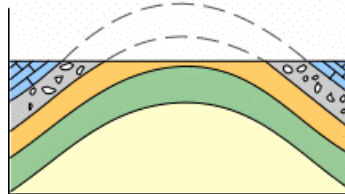
- **Discordances**  
*Discordance angulaire : plissement et érosion*



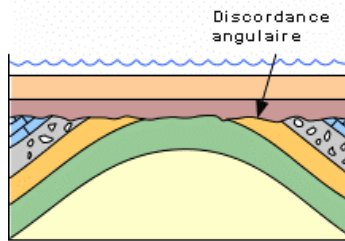
**Dépôt**  
Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale



**Plissement et soulèvement**  
Il est fréquent que les forces tectoniques de compression plissent ces couches originellement horizontales



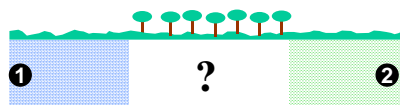
**Érosion**  
Les couches plissées sont subséquemment érodées et les reliefs aplanis



**Nouveau dépôt**  
Si d'autres couches se déposent au-dessus, par exemple à la faveur d'un envahissement par la mer, il en résulte une relation d'angularité entre les deux ensembles. La surface qui sépare les deux ensembles est une discordance angulaire.

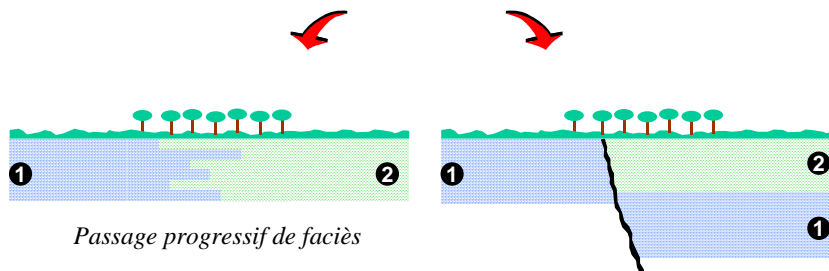
- **Interprétation faussée par des accidents tectoniques non détectés**

*La couverture végétale interdit des observations de surface*



*Nature du sol sous la couverture végétale ?*

*Deux possibilités*

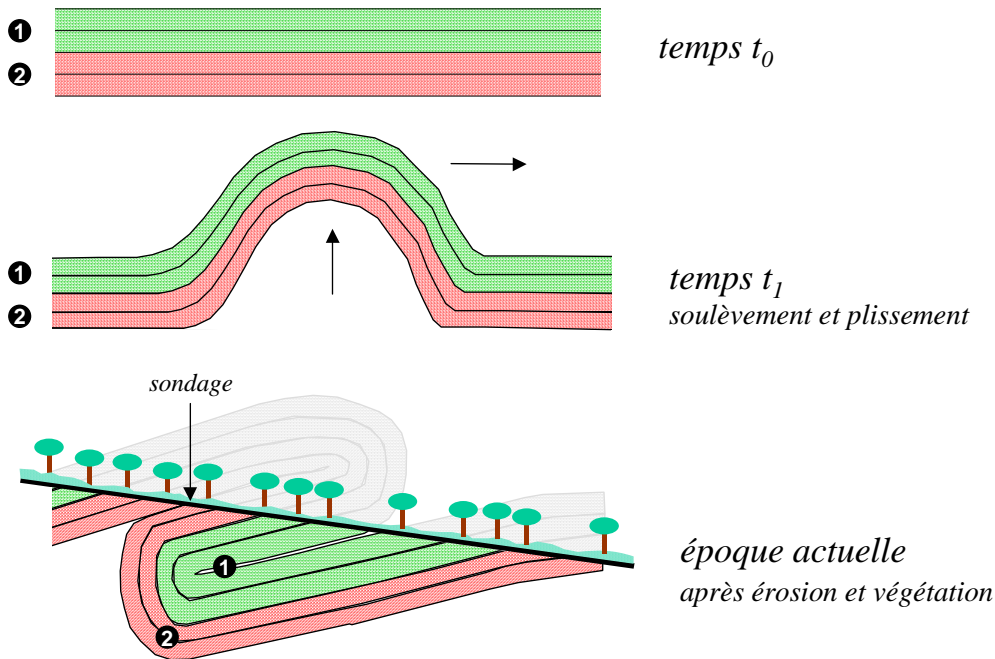


*Passage progressif de faciès*

*Faïlle non vue*

• Exemple d'un problème d'interprétation

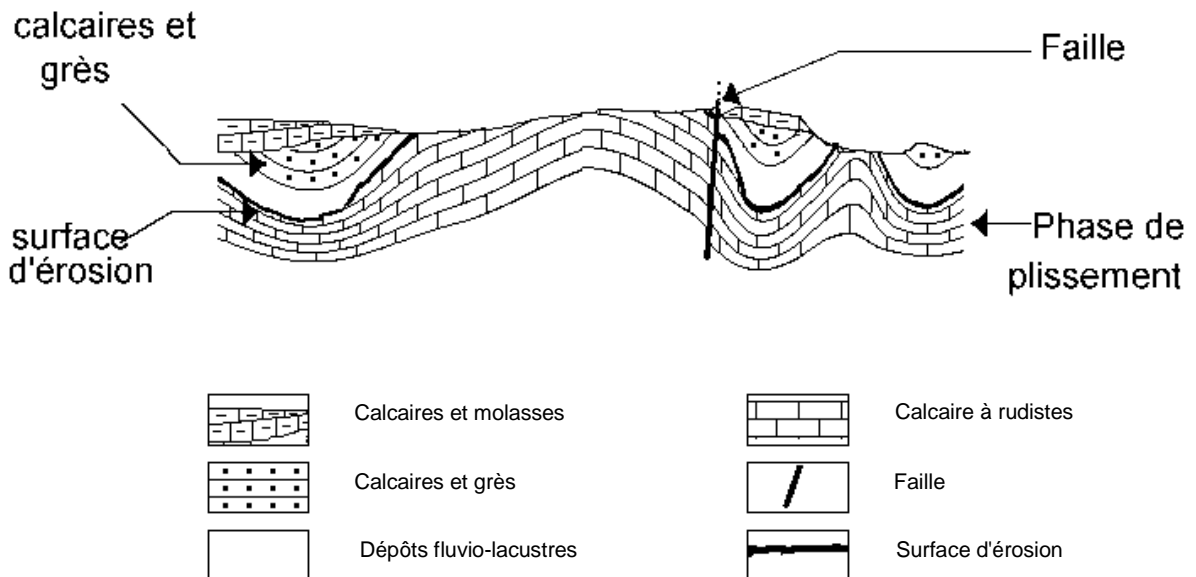
PO IC - Géologie de l'ingénieur



② au-dessus de ① sans être la couche la plus jeune...

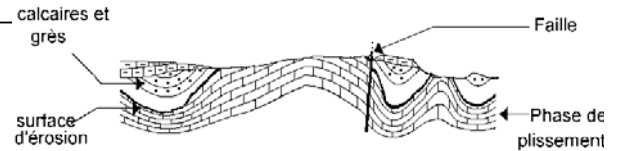
• Exemple de stratigraphie

PO IC - Géologie de l'ingénieur



*Distinguer l'ordre des quatre événements*

## 1<sup>er</sup> événement



### *Couche de calcaire et grès*

Les couches de calcaires et grès se trouvent au-dessus de la surface d'érosion.

D'après **le principe de superposition** on peut donc affirmer que le dépôt de calcaire a eu lieu après la surface d'érosion



### *Faille*

La faille affecte la surface d'érosion ainsi que tous les terrains plissés.

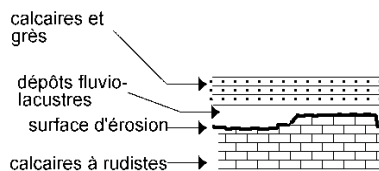
**Le principe de recoupement** nous permet donc d'affirmer que la mise en place de la faille est postérieure à la formation de la surface d'érosion



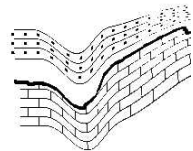
### *Phase de plissement*

On observe que la surface d'érosion et la couche de calcaire et grès sont plissés.

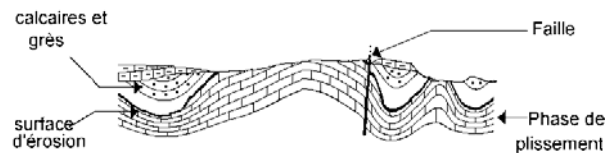
Les terrains sédimentaires se sont donc déposés dans un premier temps horizontalement,



puis ils se sont plissés :



## 1<sup>er</sup> événement

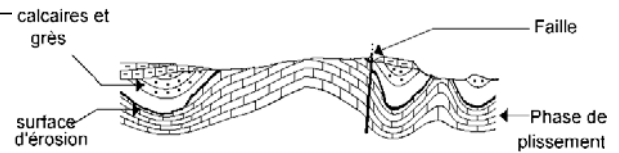


### *Surface d'érosion*

- La surface d'érosion est située sous la couche de calcaires et grès.  
En appliquant le principe de superposition on peut donc affirmer que la formation de la surface d'érosion est antérieure au dépôt de la couche de calcaire et grès.
- La surface d'érosion est traversée par la faille.  
En appliquant le principe de recoupement on peut donc dire que la formation de la surface d'érosion est antérieure à l'apparition de la faille.
- La surface d'érosion est plissée.  
En appliquant le même principe on peut dire que la formation de la surface d'érosion est antérieure à la phase de plissement.

**CONCLUSION :**

## 2<sup>e</sup> événement



### Faille

Si la faille était le second événement, elle aurait eu lieu avant le dépôt de calcaire et grès et la phase de plissement.

Or la faille traverse des terrains plissés. Le **principe de recoupement** permet de dire que la formation de la faille est postérieure à la phase de plissement.

### Phase de plissement

La surface d'érosion et les calcaires et grès sont plissés



### Couche de calcaire et grès

Située au dessus de la surface d'érosion, elle est donc plus récente que cette dernière. Cette couche est plissée. Sa formation est donc antérieure à la phase de plissement.

## 3<sup>e</sup> événement

### Phase de plissement

Le fait que la faille recoupe les terrains plissés permet d'affirmer que le plissement a eu lieu avant la faille.

Bilan (animation)

Exemple 2  
Montagne Noire

## 3.3 Datation des terrains

Pour repérer un événement passé

on peut

- le situer par rapport à un autre
- essayer d'en connaître la date

dépôt d'une couche  
montée d'un magma  
projection volcanique

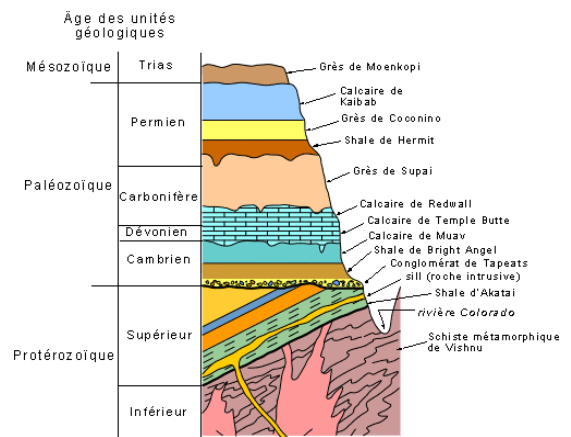
- chronologie
- chronologie

### ⊗ Chronologie relative

- Age des couches ou des corps géologiques les uns par rapport aux autres
- Deux types de méthodes

**Méthodes physiques** : stratigraphie  
(superposition, recoupements, discordances)

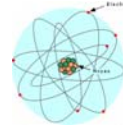
**Méthodes paléontologiques** :  
identification des fossiles  
renfermés dans les roches sédimentaires





## ⊗ Chronologie absolue

- basée sur diverses méthodes
- la plus répandue est la **radiochronologie**



*fondée sur la propriété pour chaque élément radioactif de se transformer spontanément (transmutation) en un autre élément*

*uranium → plomb*

*thorium → plomb*

*rubidium → strontium*

*potassium → argon*

*carbone 14 → azote 14 (mesure du rapport  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ )*

- Mesure de la proportion des deux éléments
- Calcul du temps qu'a mis l'élément radioactif à se désintégrer à la proportion mesurée

*→ depuis combien de temps a commencé la désintégration*

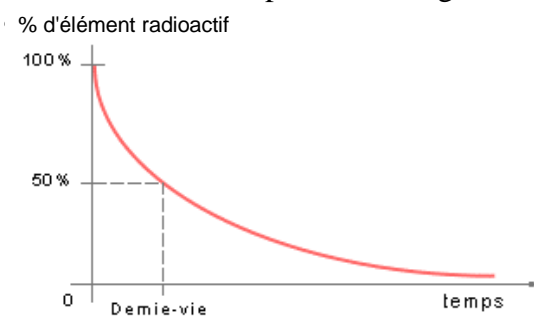
## ⊗ Radiochronologie (principe)

- Si un minéral au moment de sa cristallisation renferme un élément **R** radioactif (masse  $R(0)$ ), celui-ci se désintègre au cours du temps en un élément **R'** en suivant une loi exponentielle du type :

$$\frac{dR(t)}{dt} = -\lambda R(t) \quad \text{avec} \quad R(0) = R(t) + R'(t) \quad \text{conservation de la masse}$$

$\lambda = \text{constante de désintégration}$

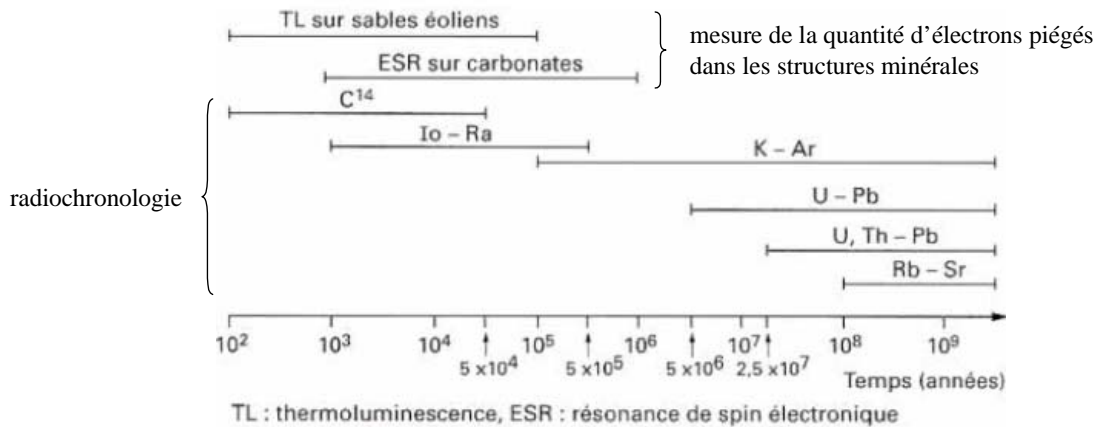
- Exemple : datation d'un granite par la désintégration de l'uranium contenue dans le zircon



élément radioactif	élément final	demi-vie
238 Uranium	206 Plomb	4,5 milliards d'années
87 Rubidium	87 Strontium	47 milliards d'années
40 Potassium	40 Argon	1,3 milliards d'années
14 Carbone	14 Azote	5730 années

## ⊗ Méthodes de datation absolue (échelle de temps)

- Certaines méthodes sont spécifiques des époques anciennes (au-delà de dix millions d'années).
- D'autres, comme le carbone 14, la thermoluminescence et la résonance de spin électronique permettent de dater des formations ou des objets plus récents.



**Plages d'utilisation de quelques méthodes de datation absolue**

## ⊗ Radiochronologie - complément d'information

La radioactivité est due à l'instabilité du noyau qui se désintègre par émission d'énergie, principalement sous deux formes:

- particule  $\alpha$  = 2 protons (+) + 2 neutrons ( $\pm$ ) : *perte de 4 dans la masse atomique et perte de 2 dans le numéro atomique*
- particule  $\beta$  = 1 électron (-) : *sans perte de masse mais gain d'1 numéro atomique (neutron  $\rightarrow$  proton)*

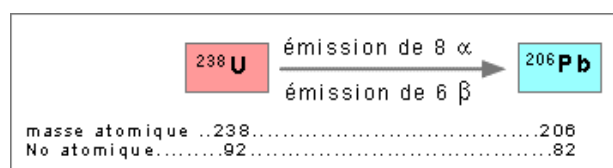
Exemple : la désintégration de l'uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ ) en plomb 206 ( $^{206}\text{Pb}$ )

L'émission de 8  $\alpha$  entraîne la perte de 8 x (2 protons + 2 neutrons), ce qui signifie une perte de 32 à la masse atomique, ainsi que la perte de 8 x 2 protons qui signifie une perte de 16 au numéro atomique. L'émission de 6  $\beta$  entraîne la perte de 6 électrons, donc pas de changement à la masse atomique, mais un gain de 6 au numéro atomique.

Le bilan des gains et pertes s'établit donc ainsi:

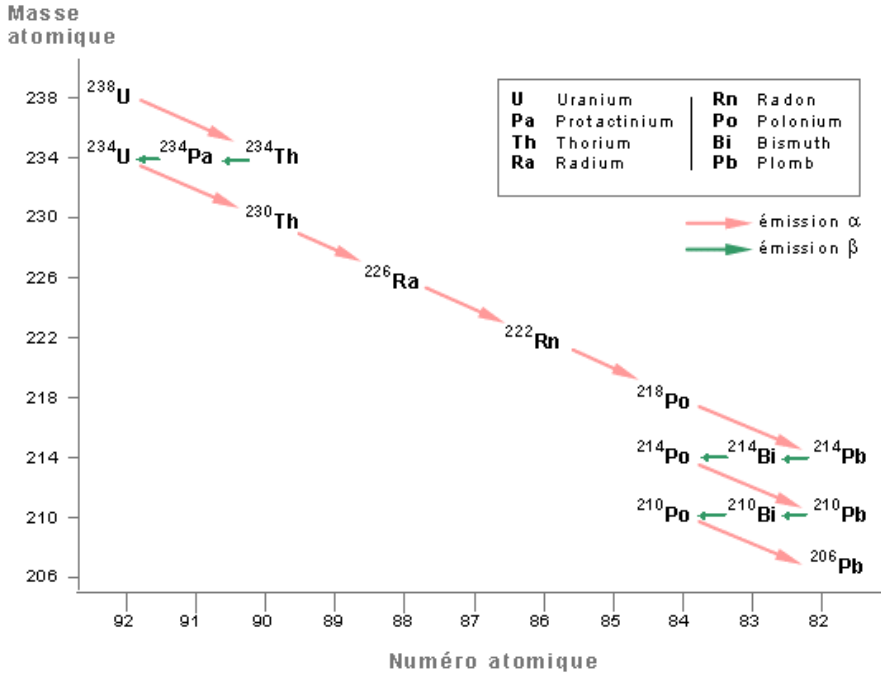
masse atomique:  $238 - 32 = 206$

numéro atomique:  $92 - 16 + 6 = 82$  (numéro atomique du Pb)



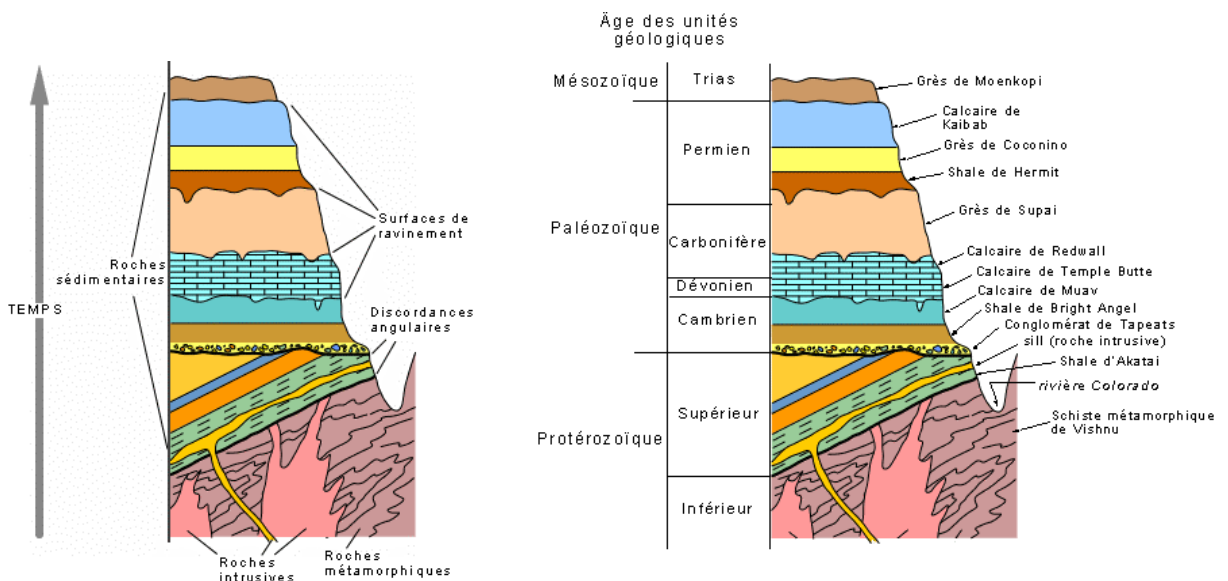
Exemple (suite) : la désintégration de l'uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ ) en plomb 206 ( $^{206}\text{Pb}$ )

Désintégration par étapes successives

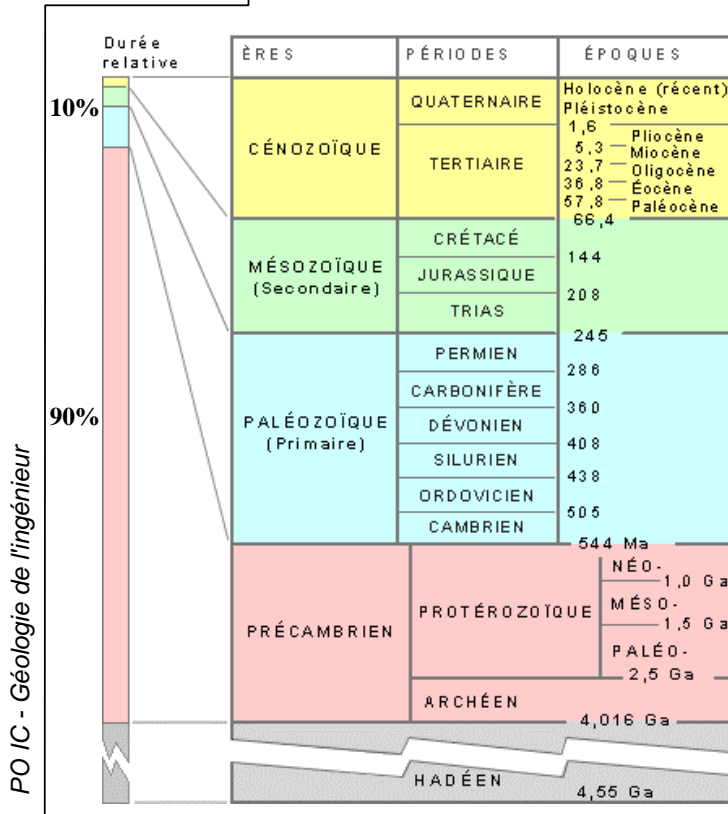


☼ Exemple de stratigraphie : le Grand Canyon

*Histoire géologique de la succession du Grand Canyon du Colorado, du Protérozoïque inférieur à nos jours (2,5 milliards d'années)*



### 3.4 Echelle stratigraphique

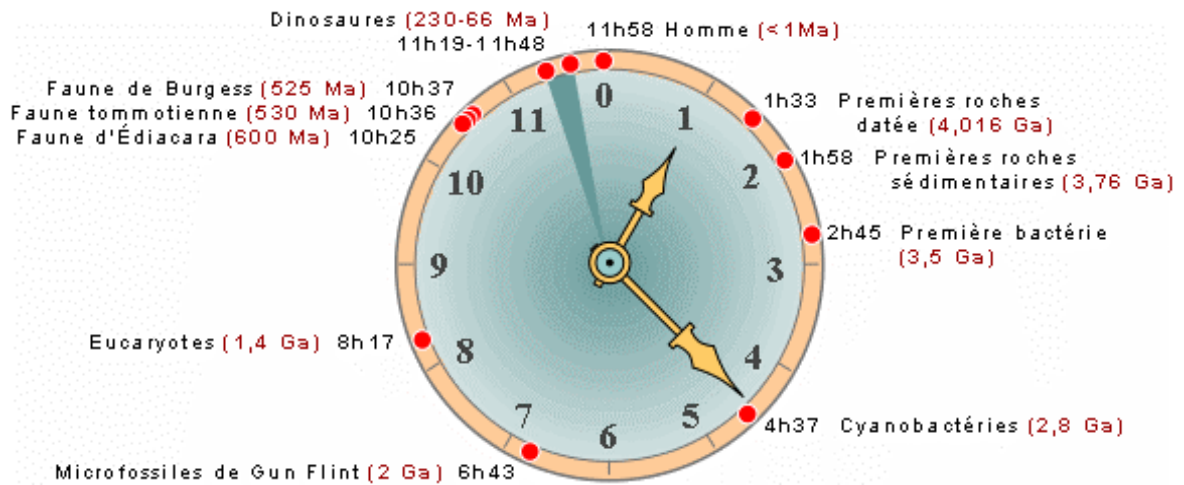


#### Géologie Française

- comblement des bassins de Paris et d'Aquitaine
- formation des Alpes, du Jura, des Pyrénées (orogénèse alpine, poursuivie au Quaternaire)
- bassins de Paris et d'Aquitaine, du Jura et des Alpes.
- plusieurs affleurements de terrains primaires dans les Alpes, les Pyrénées, le Massif central, le Massif armoricain, les Vosges et les Ardennes
- représenté dans le Massif central et le Massif armoricain sous forme de terrains métamorphiques

PO IC - Géologie de l'ingénieur

#### ⊗ Le temps géologique depuis la formation de la Terre (4,55 Ga) sur une horloge



PO IC - Géologie de l'ingénieur