

La datation en géologie

Le temps en géologie ne se mesure pas en années ou en siècles mais en millions ou milliards d'année. Afin de dater des événements géologiques il faut observer les roches et les paysages qui sont les seuls témoins de l'histoire géologique de la planète.

A partir de ces observations nous pouvons établir deux types de datation : une datation relative et une datation absolue

I – La datation relative

Exemple : mariage, naissance, baccalauréat, retraite

1 – La notion de stratigraphie

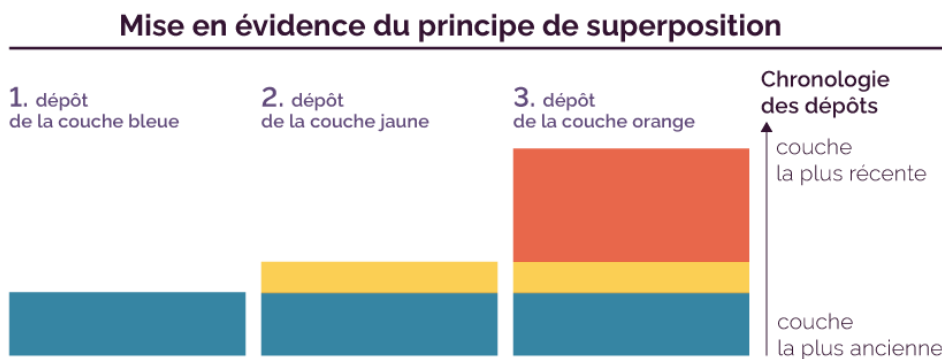
La stratigraphie est une science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires arrangés en couches ou strates.

2 – Les principes de la stratigraphie

Il existe 6 principes qui permettent de dater des événements les uns par rapport aux autres.

a- Le principe de superposition

Les strates les plus profondes sont les plus anciennes. Toute strate qui en superpose une autre lui est postérieure (elle est plus récente). (Car le principe d'horizontalité primaire est respecté : les strates se déposent horizontalement)



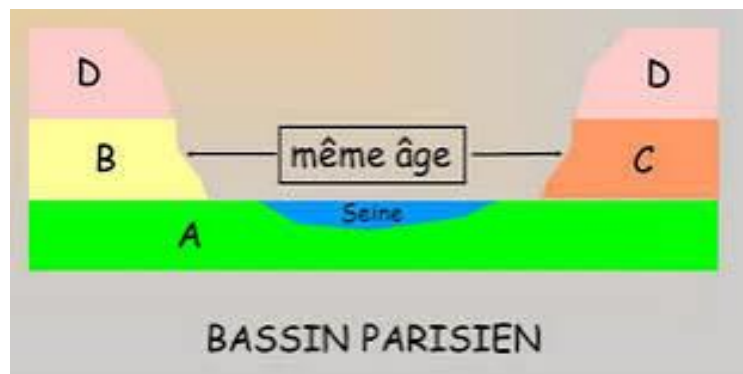
Exception : lorsque les terrains ont été remaniés par des mouvements tectoniques, ce principe peut ne pas s'appliquer



b- Le principe de continuité

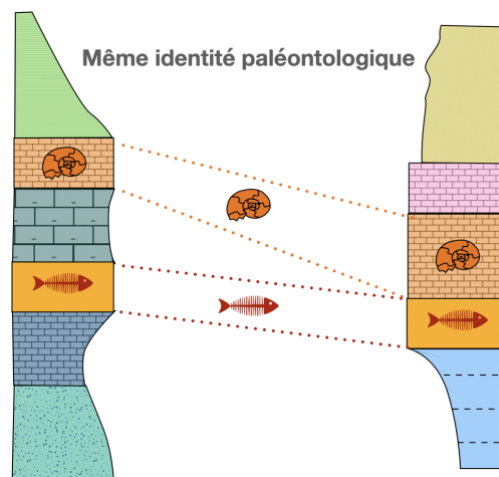
Toute couche sédimentaire comprise entre un même mur (en bas) et un même toit (en haut) possède le même âge sur toute son étendue.

Cet âge reste identique même si la nature de la roche change latéralement (par exemple, un passage progressif du calcaire au sable).



c- Le principe d'identité paléontologique

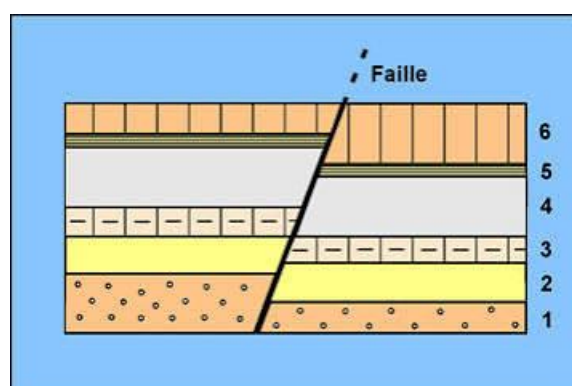
Si deux strates possèdent les mêmes fossiles alors elles ont le même âge.



Notion de fossile stratigraphique : Dans ce principe le fossile doit être stratigraphique c'est-à-dire qu'il remplit trois critères : courte durée de vie au niveau des temps géologiques, grande répartition géographique, grande abondance ou facilement identifiable. (Exemples : ammonites, trilobites...)

d- Le principe de recoupement

Toute structure est plus récente que celle qu'elle recoupe (elle lui est postérieure).



e- *Le principe d'inclusion*

Une structure (roche) incluse dans une strate est plus ancienne que cette strate (elle lui est antérieure).



f- *Le principe d'actualisme*

Les processus géologiques passés sont comparables aux processus actuels (Valable aussi pour les milieux de vie).



Ripple marks

3 – Une application concrète

[Le défi de Charles Lyell](#)

II – La datation absolue

1 – Principe

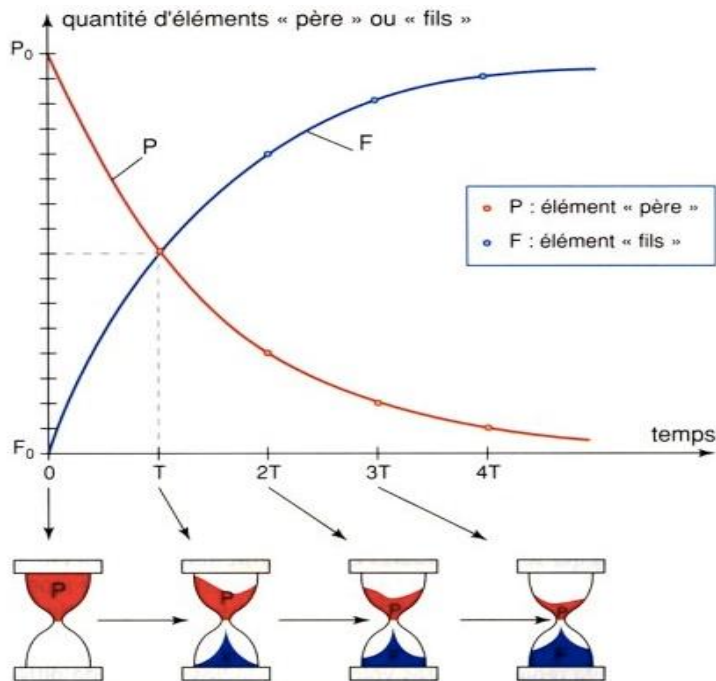
a – La désintégration d'éléments radioactifs

La datation absolue des roches magmatiques et métamorphiques repose sur la présence d'éléments radioactifs incorporés dans les minéraux lors de la formation de la roche. A partir de là, les éléments évoluent sans interaction avec l'extérieur (système fermé) : aucun élément n'entre ni ne sort. La date obtenue est celle de la fermeture du système.

La réaction de désintégration peut se résumer ainsi : un élément père P_o (radioactif) se transforme progressivement en un élément fils F (radiogénique). $P \rightarrow F + E$

La valeur du rapport F sur P est donc fonction du temps de désintégration.

Le principe général est de mesurer la quantité d'élément père restant (Pt) et de l'élément fils (Ft) présents dans le minéral ou la roche. Quel que soit le couple utilisé, la désintégration suit une courbe exponentielle de la forme



Po étant la quantité de l'élément radioactif présents à la fermeture du système et Pt celle présente aujourd'hui. On peut alors déterminer l'âge de la roche en appliquant la formule suivante :

$$t = \ln(1 + F/Pt) / \lambda$$

La constante de désintégration λ = quantité d'élément désintégrée en 1 an.

La **constante de désintégration** λ traduit la vitesse à laquelle se fait la désintégration. Dire que celle du ^{87}Rb est de $1,42 \cdot 10^{-11}$ /an signifie que pour chaque g de ^{87}Rb , $1,42 \cdot 10^{-11}$ grammes se désintègrent par an.

La **demi-vie = période** est le temps nécessaire pour que la moitié de l'élément parent soit désintégrée.

λ et T sont constants pour un couple d'isotopes donné.

Méthode (Père/Fils)	Demi-vie	Temps de datation
$^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$	1,25 Ga	Quelques centaines de millions d'années.
$^{235}\text{U} / ^{207}\text{Pb}$	0,704 Ga	10 Ma à 4,56 Ga
$^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$	4,47 Ga	
$^{87}\text{Rb} / ^{87}\text{Sr}$	48,8 Ga	dizaines de millions à plusieurs milliards d'années.

2 Le choix d'un radiochronomètre dépend de l'âge de l'objet à dater mais aussi de la présence initiale d'éléments radioactifs.

b – La fermeture du système

Le temps t trouvé correspond à la durée depuis laquelle l'échantillon est « fermé ». Cette fermeture du système correspond à l'arrêt de tout échange en isotope avec l'extérieur. Elle est donc contrôlée par la température.

L'âge peut donc correspondre à la formation de la roche magmatique (quand la température de fermeture est proche de celle de la cristallisation) ou à son refroidissement si la température de fermeture est plus basse.

Pour les roches métamorphiques, le métamorphisme peut faire passer la température au-dessus de la température de fermeture de certains minéraux. L'âge obtenue sera donc celui du métamorphisme.

On peut donc obtenir plusieurs âges pour la même roche, qui ne sont pas interprétés de la même façon.

Des températures de fermeture différentes pour différents minéraux expliquent que des mesures effectuées sur un même objet tel qu'une roche, avec différents chronomètres, puissent fournir des valeurs différentes.

2 – L'utilisation de différents radio-chronomètres

En général, la quantité initiale d'élément père dans l'échantillon n'est pas connue et celle de l'élément fils n'était pas forcément nulle à la fermeture du système. On ne peut donc pas utiliser la loi de désintégration radioactive telle-quelle. On va donc utiliser différents radio-chronomètres en fonction de la nature et de l'âge estimée de la roche.

a – La méthode rubidium/strontium

Vidéo

Lors de la cristallisation d'un magma, les minéraux d'une même roche incorporent différents isotopes des éléments Rb et Sr. Dans la roche issue de la cristallisation, ^{87}Rb , instable, se désintègre en ^{87}Sr au cours du temps ; selon une loi exponentielle décroissante : les quantités de ^{87}Rb et ^{87}Sr sont donc mathématiquement liées et permettent de déterminer l'âge de la roche.

On visualise cette évolution sous forme d'une droite isochrone dont le coefficient directeur permet de déterminer l'âge de la roche grâce à la formule : $t = \ln(a+1)/\lambda$

Ce couple permet de dater des roches très anciennes car sa demi-vie est de 50Ga (ne permet pas de dater avec fiabilité des roches de – de 100Ma)

b – La méthode potassium-argon

Cette méthode permet de dater des événements anciens (demi-vie 1,31Ga) et est fréquemment utilisée du fait de l'abondance de potassium dans les roches. La quantité initiale d'élément père est inconnue mais on sait qu'au moment de la fermeture du système, celle de l'élément fils est nulle (car l'argon est volatile). L'âge est alors mesuré à partir de la quantité d'éléments père et fils présent dans l'échantillon en utilisant la formule :

$$t = 1/\lambda \cdot \ln(1 + {}^{40}\text{Ar}_t / {}^{40}\text{K}_t)$$

3 – La méthode Uranium/Plomb

vidéo

Cette méthode utilise ^{238}U qui se désintègre en ^{206}Pb et ^{235}U qui se désintègre en ^{207}Pb . On détermine un âge en plaçant des mesures effectuées sur l'échantillon (généralement au niveau d'un zircon) sur une courbe ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ en fonction de $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$) appelée concordia.

III – La chronostratigraphie

1 – Le principe

Elle consiste à dater relativement ou de façon absolue un ensemble de strates auxquelles on fait correspondre des intervalles de temps.

A partir de cela on obtient [la charte chronostratigraphique internationale](#).

Elle se base sur deux choses :

- Les âges obtenus par datation absolue
- Les étages, unité de base de la chronostratigraphie, déterminés en général par la présence de fossiles stratigraphiques.

2 – Les subdivisions des temps géologiques

Pour déterminer un étage on cherche des stratotype de référence, caractérisés par la présence de nombreux fossiles stratigraphiques très bien conservés. On leur attribue alors un clou d'or



Stratotype du Barrémien

Clou d'or indiquant l'étage du Toarcien

Ce clou marque la limite entre deux étages stratigraphiques sans lacune géologique. Il est représenté sur la charte chronostratigraphique.

Le nom des étages dérive généralement des communes où ont été découverts les stratotypes : lutécien (Paris), Burdigalien (Bordeaux)...

Plusieurs étages constituent une série ou époque géologique (Miocène). Un ensemble de séries géologiques constitue un système ou période (Jurassique). Plusieurs systèmes constituent ensemble un ératème ou ère (Paléozoïque). Enfin la dernière subdivision est l'éon constitué d'un ensemble d'ératème (Phanérozoïque).

Les limites entre les différents ensembles de la charte, de l'étage à l'éon, sont déterminés à partir de profonds changements de la faune et la flore mais aussi par des phénomènes géologiques et climatologiques majeurs. Les 5 grandes crises majeurs délimitent d'ailleurs différents ensembles de la charte (Crise Crétacé/tertiaire qui délimite l'ère mésozoïque de l'ère cénozoïque).