

## Le temps et les roches

La datation des événements géologiques a commencé historiquement par une lecture des traces observables dans les roches (couches, plis, failles, restes d'organismes fossilisés. . .). Les géologues ont pu ainsi reconstituer un ordre de succession en datant les événements les uns par rapport aux autres. Ce n'est que beaucoup plus récemment que cette datation relative a pu être calibrée dans le temps par une datation absolue.

### I/ La chronologie relative :

La chronologie relative consiste à établir une succession d'événements géologiques. La méthode de reconstitution fait appel à des principes basés sur les relations géométriques entre les formations géologiques, ainsi qu'à l'observation des fossiles inclus dans les roches sédimentaires.

#### 1°) Les principes de la datation relative

**Le principe de superposition** concerne les structures géologiques qui se forment par dépôts successifs: roches sédimentaires ou produits volcaniques (coulées de laves et projections). Dans une telle série, **une couche est plus récente** que celle qu'elle recouvre et **plus ancienne** que la couche située au-dessus d'elle.

Ce principe est plus difficile à appliquer dans une région où les terrains ont subi des déformations tectoniques importantes : celles-ci peuvent même inverser l'ordre normal de la superposition.

**Le principe de continuité** : dans les roches formant des strates (couches sédimentaires, dépôts volcaniques), une même strate a le même âge en tous points. Deux couches observées à distance l'une de l'autre peuvent aussi être considérées de même âge si elles présentent suffisamment d'indices en ce sens. Il peut s'agir par exemple de niveaux repères, situés en dessous et au-dessus de la couche. Cependant, ce principe doit être utilisé avec précaution, car les apparences peuvent être trompeuses : à une époque donnée, les conditions de sédimentation peuvent différer d'un endroit à l'autre, donnant à une même couche des aspects différents selon les affleurements. Inversement, des dépôts très ressemblants peuvent s'être formés à des époques différentes.

**Selon le principe de recoupement toute structure qui en recoupe une autre lui est postérieure.** Il peut s'agir de formations géologiques telles qu'un filon volcanique ou un massif intrusif de granite recoupant un encaissant rocheux, d'événements tectoniques (failles, plissements) ou de surfaces d'érosion qui recoupent d'autres structures.

L'utilisation combinée de ces principes permet de reconstituer les étapes d'une histoire géologique locale : par exemple, l'observation d'une **discordance angulaire** entre des strates horizontales et des couches déformées par un événement tectonique situées en dessous indique qu'a eu lieu une première phase de sédimentation, interrompue par l'événement tectonique à l'origine des déformations. Les sédiments déformés ont ensuite été érodés, avant une reprise des dépôts sédimentaires.

L'application des principes de superposition et de recoupement permet de dater cette discordance : elle est postérieure à la dernière couche affectée par l'événement tectonique et antérieure à la strate non déformée située au-dessus.

**Le principe d'inclusion** stipule que tout objet (roche, minéral) inclus dans un autre lui est antérieur. Il est possible en effet d'observer des inclusions de cristaux plus anciens dans une matrice plus récente ; c'est le cas par exemple des enclaves de péridotite dans les roches volcaniques, ou des inclusions de zircon dans des biotites.

**Le principe d'identité paléontologique** : certaines espèces fossiles ont vécu pendant des périodes relativement brèves et dans des zones très étendues géographiquement : ce sont de bons fossiles stratigraphiques. Ils permettent de comparer les âges de couches éventuellement très distantes, de façon beaucoup plus fiable qu'à l'aide du principe de continuité. Selon **le principe d'identité paléontologique, deux couches de terrains qui renferment la même association de fossiles stratigraphiques ont le même âge.**

*La chronologie relative permet de dater des structures ou événements géologiques les uns par rapport aux autres. Elle repose sur des principes simples : Principe de superposition, Principe de continuité, Principe de recoupement, Principe d'inclusion, Principe d'identité paléontologique*

## 2°) La construction de l'échelle stratigraphique

L'apparition et la disparition de groupes fossiles permet d'établir des coupures dans les strates, et donc dans l'histoire géologique de la Terre.

Sur la base de ces critères paléontologiques, les reconstitutions stratigraphiques locales ont peu à peu été mises en relation à l'échelle mondiale. Cela a permis aux géologues de construire une échelle stratigraphique, calendrier de référence couvrant l'ensemble de l'histoire de notre planète. Au sein de l'échelle stratigraphique, le temps est découpé en ères, comportant plusieurs périodes, elles-mêmes subdivisées en étages. Chaque étage est défini à partir de son contenu paléontologique, étalonné grâce à un affleurement de référence : le stratotype. L'étage constitue l'unité de base du calendrier qui a, dans ses grandes lignes, été établi bien avant que l'on sache quelles durées représentaient les différents intervalles de temps ainsi définis.

*Ces principes de chronologie relative ont permis de découper les temps géologiques, principalement sur des critères paléontologiques : les apparitions ou les disparitions de groupes fossiles constituent des repères temporels fiables. La superposition des intervalles de temps, limités par des coupures d'ordres différents (ères, périodes, âges), aboutit à l'échelle stratigraphique.*

## II/ La chronologie absolue :

La chronologie absolue permet de caler l'échelle stratigraphique dans le temps, en déterminant l'âge des roches en milliers, en millions, voire en milliards d'années.

### 1°) Principes de la chronologie absolue :

La **décroissance radioactive** : de nombreux éléments chimiques possèdent des isotopes naturels radioactifs qui se désintègrent régulièrement et irréversiblement au cours du temps.

L'isotope radioactif d'origine correspond à l'**élément père**. Il se transforme en un isotope radiogénique : l'**élément fils**. La vitesse de ce processus est caractéristique de chaque élément radioactif : le **demi-vie** (ou période) correspond à la durée nécessaire pour que la quantité d'isotope radioactif initiale diminue de moitié.

Les éléments père et fils n'ont pas la même masse. Il est donc possible de les séparer et de les doser à l'aide d'un **spectromètre de masse**. Cette mesure des proportions d'élément père restant et d'élément fils produit permet de calculer depuis combien de temps se déroule la désintégration au sein de l'échantillon.

Pour effectuer une datation absolue, les géologues disposent de plusieurs couples d'isotopes, qui diffèrent les uns des autres par la période de leur élément père.

Cette période permet de savoir dans quel domaine de datation chacun des chronomètres est fiable. Afin de **choisir le chronomètre le mieux adapté** à l'objet que l'on souhaite dater, on s'efforce d'évaluer son âge, grâce notamment à la datation relative.

La datation peut être effectuée sur des **échantillons de diverses natures** : il peut s'agir de roches, ou de minéraux isolés les uns des autres. Il faut bien entendu que la roche ou le minéral utilisé contienne l'élément correspondant au chronomètre utilisé. La datation des roches sédimentaires est délicate, car bien souvent elles contiennent des particules détritiques plus anciennes que le dépôt. De plus, la diagenèse conduisant du sédiment à la roche est un processus long et progressif. C'est pourquoi la datation absolue s'appuie davantage sur des **roches métamorphiques et magmatiques**.

Quelle que soit la nature de l'échantillon, le calcul de son âge est basé sur le dosage des éléments père et fils qu'il contient. Le résultat ne sera fiable que s'ils n'ont pu ni entrer ni sortir de l'échantillon après sa formation. On dit alors que l'échantillon constitue un **système fermé**.

Pour les roches magmatiques, la **fermeture du système** correspond à la **crystallisation du magma**. Cependant, tant que la température de la roche reste élevée, certains éléments chimiques diffusent encore entre les minéraux. De plus, la **température de fermeture** est spécifique à la fois de l'isotope considéré et de chaque type de minéral. C'est pourquoi des mesures réalisées sur différents minéraux d'une même roche peuvent fournir des âges différents.

*De nombreux éléments chimiques possèdent des isotopes radioactifs qui se désintègrent régulièrement et irréversiblement au cours du temps. La vitesse de ce processus est caractérisée par la période radioactive (ou demi-vie) de chaque élément radioactif.*

*La mesure des proportions d'élément père restant et d'élément fils produit permet de calculer depuis combien de temps se déroule la désintégration au sein de l'échantillon (roche totale ou minéraux isolés), et donc de connaître son âge.*

## 2°) Quelques méthodes de datation:

L'utilisation du **chronomètre potassium/argon** : la datation « Potassium/Argon » permet de dater des roches volcaniques ou métamorphiques anciennes, car le  $^{40}\text{K}$  se désintègre en donnant l' $^{40}\text{Ar}$  avec une période de 1,31 Ga (milliard d'années).

La quantité initiale de l'élément père dans l'échantillon est inconnue, mais on sait qu'au moment de la fermeture du système, celle de l'élément fils est nulle : en effet, l'argon étant un gaz, il s'échappe du magma. L'âge peut être alors déduit à partir des concentrations d'élément père et d'élément fils mesurées dans l'échantillon.

L'abondance du potassium dans les roches confère à cette méthode une grande universalité.

L'utilisation du **chronomètre « rubidium/strontium »** : ce chronomètre convient pour les âges les plus anciens :  $^{87}\text{Rb}$  se désintègre en  $^{87}\text{Sr}$  avec une demi-vie de 50 Ga.

C'est l'une des méthodes les plus utilisées en raison de sa fiabilité. On la réserve cependant à des roches anciennes, car la désintégration du  $^{87}\text{Rb}$  est si lente que le système doit être fermé depuis près de 100 Ma pour que la décroissance de sa concentration puisse être convenablement mesurée.

Les quantités initiales des éléments père et fils étant inconnues, la détermination de l'âge passe par une résolution graphique. Une **droite isochrone** est réalisée à partir de plusieurs minéraux ou échantillons de la roche à dater. La pente de cette droite dépend du temps écoulé depuis la fermeture du système. Un calcul simple permet d'en déduire l'âge de l'échantillon.

Quant au radiochronomètre « Uranium/Plomb », il utilise  $^{238}\text{U}$  qui se désintègre en  $^{206}\text{Pb}$  et  $^{235}\text{U}$  qui se désintègre en  $^{207}\text{Pb}$ . On détermine un âge en plaçant des mesures de l'objet sur la courbe Concordia (voir TD2). Il est également possible de calculer un âge à partir du coefficient directeur de l'isochrone dans les graphiques

*Le chronomètre géologique choisi doit avoir une période compatible avec l'estimation que l'on peut faire de l'âge de l'objet à dater. Les chronomètres  $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ ,  $^{87}\text{Rb} / ^{87}\text{Sr}$ , et  $^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$  permettent de dater des roches très anciennes.*

## III/ Le couplage des deux méthodes de datation :

Les deux types de datation, relative et absolue, se révèlent complémentaires. Les méthodes de datation absolue permettent de situer dans le temps les différentes coupures de l'échelle stratigraphique, obtenues grâce à la datation relative. Inversement, celle-ci est souvent utilisée en amont des travaux de datation absolue, pour guider le choix du chronomètre le plus pertinent.

Lorsqu'il est impossible de pratiquer une datation absolue sur un objet géologique (une strate, un fossile, une surface d'érosion...), les deux méthodes appliquées conjointement (principe de superposition et datation absolue de strates situées de part et d'autre de l'objet) permettent d'estimer son âge.

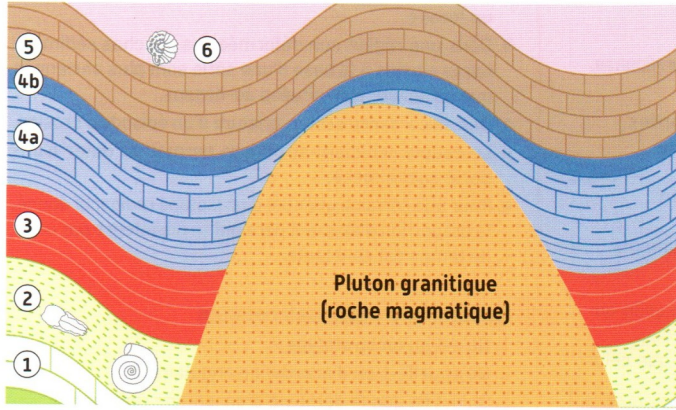
Pour réviser :

- [La Datation relative - YouTube](#)

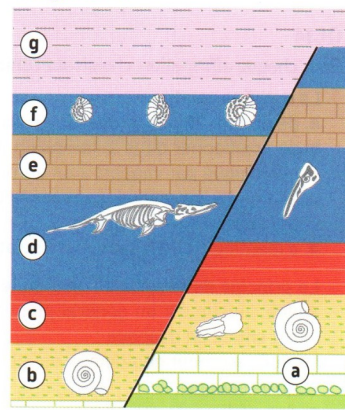
- [COURS DE TERMINALE SPÉCIALITÉ SVT CHAP.6: LE TEMPS ET LES ROCHES -Bio Logique- - YouTube](#)

# CHRONOLOGIE RELATIVE

## Région 1



## Région 2



**Principe de superposition**  
les strates ① à ⑥ se sont déposées successivement.

**Principe de recoupement**  
Le plissement recoupe les strates : il s'est produit après le dépôt.

**Principe de recoupement**  
Le pluton granitique recoupe les plis : il s'est mis en place après le plissement.

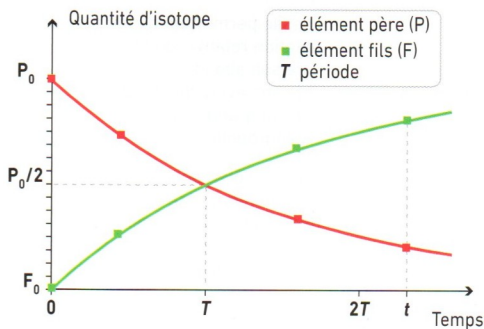
**Principe de recoupement**  
La faille recoupe les strates de ① à ⑥ mais pas la strate ⑦. Elle a fonctionné entre le dépôt de ⑥ et celui de ⑦.

**Principe d'inclusion**  
Les galets sont inclus dans la strate ① : ils existaient avant son dépôt.

**Principe d'identité paléontologique**  
Les strates ② et ③ contiennent les mêmes fossiles stratigraphiques : elles ont le même âge. De même pour les strates ⑥ et ⑦.

# CHRONOLOGIE ABSOLUE

## Désintégration d'un isotope radioactif

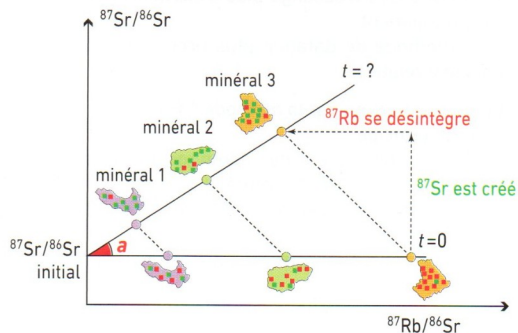


Mesure de  $F_t$  et/ou de  $P_t$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{P_0}{P_t}\right)}{\lambda}$$

Calcul de  $t$ , âge de la roche

## Si $P_0$ inconnu : méthode de la droite isochrone

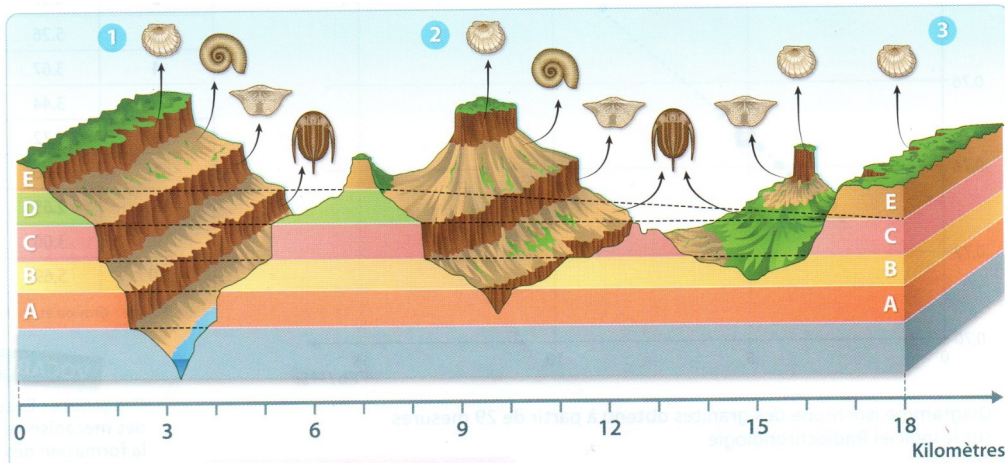


Détermination du coefficient directeur de la droite [a]

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

Calcul de  $t$ , âge de la roche

Bordas, Ed.2020, page 151



La présence de fossiles stratigraphiques, comme ici par exemple des trilobites, brachiopodes et ammonites, permet de réaliser des corrélations entre les gisements 1, 2 et 3.

Hatier, Ed.2020, p.94