

### Etude 3 : Déterminer un âge par la datation absolue



**Introduction** : Une caractéristique la plus significative de la religion égyptienne était que la plupart des dieux vénérés avaient la forme des animaux. Une pratique courante était la momification des personnes mortes, depuis l'Ancien Empire (env. 2,543-2,120 AVANT JÉSUS CHRIST) jusqu'au IV<sup>e</sup> siècle après JÉSUS CHRIST, afin de préserver le corps de la décomposition après la mort et atteindre l'au-delà. Du Nouveau Royaume (c.a. 1,539-1,077), et plus particulièrement de la période tardive (env. 722-332 avant J.-C.), les animaux ont également été largement momifiés, et pour quatre raisons principales : les momies alimentaires comme nourriture pour l'au-delà, les momies sacrées pour préserver les restes d'une incarnation vivante d'un dieu, les momies d'animaux de compagnie pour fournir une vie après la mort aux animaux de compagnie bien-aimés, et les momies votives comme offrandes aux dieux. L'utilisation répandue des momies votives pour prier les dieux Horus (représenté comme un faucon) et Thot (représenté comme un ibis-photo ci-contre) a conduit à la production de millions de momies d'oiseaux, comme en témoignent les découvertes archéologiques d'au moins 38 catacombes à travers la vallée du Nil. Devant le nombre important d'oiseaux momifiés retrouvés dans les différentes sépultures de la vallée du Nil, la question de l'origine de ces derniers s'est posée. Étaient-ils élevés dans ce but comme décrit dans certains textes anciens, ou bien prélevés dans la nature lors de chasses de grande ampleur comme l'illustrent certaines représentations murales ?

Pour apporter une réponse à cette question, une vingtaine de momie d'ibis et oiseaux de proie conservées au Musée des Confluences (Lyon) a été étudiée par une équipe de chercheurs lyonnais. Des fragments d'os et de plumes ont été prélevés à des fins d'analyses isotopiques portant pour les os sur les isotopes de l'oxygène, du carbone, du strontium, du calcium et du baryum, et pour les plumes sur les isotopes du carbone, de l'azote et du soufre. La nourriture étant l'origine des éléments constitutifs des corps, une moindre variation isotopique entre individus est alors attendue en cas d'élevage (même nourriture pour tous) plutôt qu'en cas de chasse (variation d'alimentation amplifiée par le fait que ces oiseaux, ibis et faucons, sont des migrateurs). Les résultats montrent une variabilité isotopique plus large que celles retrouvées chez les Égyptiens "locaux", variabilité favorisant donc l'origine par prédation massive des oiseaux momifiés. Cette conclusion conforte les résultats d'une étude génétique récente montrant, elle aussi, une variabilité génétique confortant l'origine "sauvage" des oiseaux momifiés de l'Égypte ancienne.

D'après cnrs.fr

**Sources** : [La systématique isotopique pointe vers l'origine sauvage des oiseaux momifiés dans l'Égypte ancienne | Rapports scientifiques \(nature.com\)](#)

**Vidéo démarche scientifique** : [Découvrir & Comprendre - La démarche scientifique \(cea.fr\)](#)

**Problématique** : Comment peut-on dater une roche, un végétale, un tissu de manière absolue ?

| Activité 1 : comprendre les principes de la datation absolue.  | Matériel  |
|--|---|
| <p>Dans le dossier SVT du bureau, ouvrir le logiciel « Radiochron », radiochronologie.</p> <p>Réaliser l'activité : déterminer un âge en utilisant la méthode de la droite isochrone. A la fin de l'activité, vous devez être capable de répondre aux questions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Expliquer en quoi l'existence d'éléments radioactifs instables permet de dater un évènement géologique.</li> <li>● Tous les isotopes radioactifs ont-ils une même période de désintégration ? Justifier en prenant deux exemples marquants.</li> <li>● Parmi les couples d'isotopes proposés, lequel semble le plus intéressant pour dater des roches très âgées (ex un granite) ?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Logiciel radiochronologie</li> <li>● <a href="#">Activité : déterminer un âge en utilisant la méthode de la droite isochrone.</a></li> </ul> |

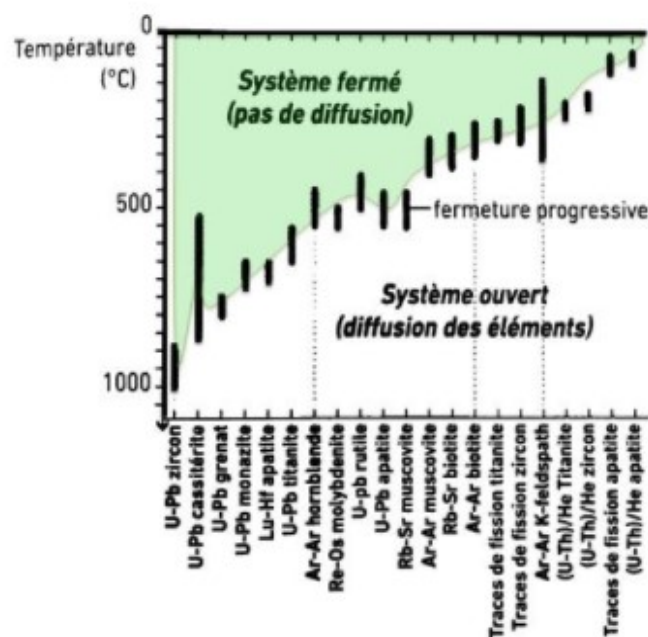
- Selon vous, quelles sont les conditions des roches pour utiliser le principe de datation absolu ?

### Notion de fermeture de système

Une datation absolue peut être réalisée sur des morceaux de roches métamorphiques ou magmatiques ou sur les minéraux qu'ils contiennent. Dans tous les cas, pour que la datation absolue soit fiable, il faut qu'aucun échange d'isotope n'ait eu lieu entre l'échantillon et son environnement depuis sa formation jusqu'au moment de sa fermeture. Si c'est le cas, l'échantillon constitue un système fermé.

Dans le cas des roches magmatiques, les minéraux cristallisent lorsque la température du magma diminue. A des températures élevées, les isotopes peuvent diffuser d'un minéral à l'autre. Au cours du refroidissement, le système se ferme progressivement. Cette température de fermeture, déterminée expérimentalement, est définie comme la température en dessous de laquelle la composition isotopique du minéral n'est plus modifiée ; elle est fonction du minéral considéré et de radiochronomètre considéré.

D'après Rosemary Pean



### Activité 2 : Datation avec le radiochronomètre rubidium/strontium

Dans la région de Guingamp, en Bretagne, on peut observer différents massifs granitiques dont les compositions minéralogiques sont légèrement différentes. C'est le cas de deux massifs appelés G1 et G2. Les granites sont des roches qui proviennent d'épisodes magmatiques qui participent à la formation de la croûte continentale.

On cherche à déterminer en utilisant la méthode de la droite isochrone, si les 2 roches G1 et G2 ont le même âge.

#### Document de référence

Le rubidium (Rb) et le strontium (Sr) sont des éléments qui peuvent servir d'horloge géologique. Le  $^{87}\text{Rb}$  est un isotope radioactif qui se désintègre en  $^{87}\text{Sr}$  avec une période de  $48,8 \cdot 10^9$  ans. Le  $^{86}\text{Sr}$  est un isotope stable du strontium.

Ils peuvent s'insérer dans les minéraux à la place d'éléments ayant les mêmes propriétés chimiques : le strontium à la place du calcium (Ca) et le rubidium à la place du potassium (K).

| Minéraux                              | Composition chimique  |
|---------------------------------------|---|
| Pyroxènes                             | $(\text{SiAl}_2\text{O}_3)_2\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al})$                                       |
| Amphiboles                            | $(\text{Si}_8\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Ca}_2)\text{Na}(\text{OH})_2$ |
| Feldspath calco-sodique (plagioclase) | $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Na} - \text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Ca}$   |
| Mica noir (biotite)                   | $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2]$                                   |
| Feldspath potassique (orthose)        | $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{K}$   |
| Mica blanc (muscovite)                | $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2]$   |
| MICA BLANC (MUSCOVITE)                | $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2]$   |

#### Etape A

**Etape 1 :** Concevoir une stratégie pour résoudre une situation-problème (durée maximale : 10 minutes)

Concevoir un protocole permettant de déterminer l'âge des granites.

**Etape 2 :** Utiliser des techniques et gérer son poste de travail

Mettre en œuvre le protocole pour :

**1) vérifier** la présence de minéraux susceptibles de contenir des isotopes du Rubidium (Rb) et du Strontium (Sr) afin de montrer que la méthode de datation du Rb/Sr est applicable aux deux granites.

**Mettre en évidence** dans la lame mince fournie la présence :

- de biotite (plutôt riche en potassium K et en rubidium Rb)
- de feldspath plagioclase (plutôt riche en calcium Ca, sodium Na et strontium Sr)

**2) déterminer l'âge absolu des deux granites par la méthode du Rb/Sr**

#### Protocole détaillé de réalisation de la datation

##### Réalisation de la droite isochrone

- Sélectionner les deux colonnes des valeurs de  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  et  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
- Sélectionner les fonctionnalités « Insertion/ Diagramme/Nuage de points (ou diagramme XY selon le logiciel) »
- Sélectionner le graphique par double-clic sur un des points du graphique
- Sélectionner par clic droit « Ajouter une courbe de tendance » ; cocher « Linéaire » et cocher « Afficher l'équation sur le graphique » et valider (ou fermer selon le logiciel) ;
- Si besoin ; augmenter le nombre de décimales à 4 : cliquer sur l'équation de la droite, cliquer droit sur la zone sélectionnée, puis cliquer sur « Format d'étiquette de courbe de tendance », à « nombre » indiquer la valeur souhaitée (pour Excel 2010)
- Noter le coefficient directeur de cette équation ; il doit comporter 4 décimales

##### Calcul de l'âge

- Taper la formule suivante sans espace, dans une case, en commençant bien par le signe = =  $\text{LN}(a+1)/\lambda$   
*LN signifie « log népérien »*  
*a est le coefficient directeur de la droite de régression noté précédemment*  
 *$\lambda = 1,42 \text{ E-11}$  est la constante radioactive du couple  $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$*

#### Matériels :

- Echantillons et lames minces des granites bretons (G1 et G2).
- microscope polarisant
- fichier excel : détermination de l'âge de 2 granites à Plouaret (G1) et chateauponsac (G2)

|  |  |
|--|--|
| L'âge obtenu est exprimé en années.  |  |
| <b>Etape B</b>   |  |
| <p><i>Etape 3 : Sous la forme de votre choix, traiter les données obtenues pour les communiquer.</i></p> <p><u>Présentation de l'observation microscopique (noms du ou des minéraux)</u></p> <p><u>Construction des droites isochrones</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- titre avec nom de la roche</li> <li>- présence de l'équation</li> <li>- âge de la roche</li> </ul> |  |
| <p><i>Etape 4 : Exploiter les résultats</i></p> <p><b>Exploiter les résultats</b> pour déterminer si les 2 granites ont le même âge ou non.</p>  |  |

### Activité 3 : Datation avec le radiochronomètre uranium/plomb

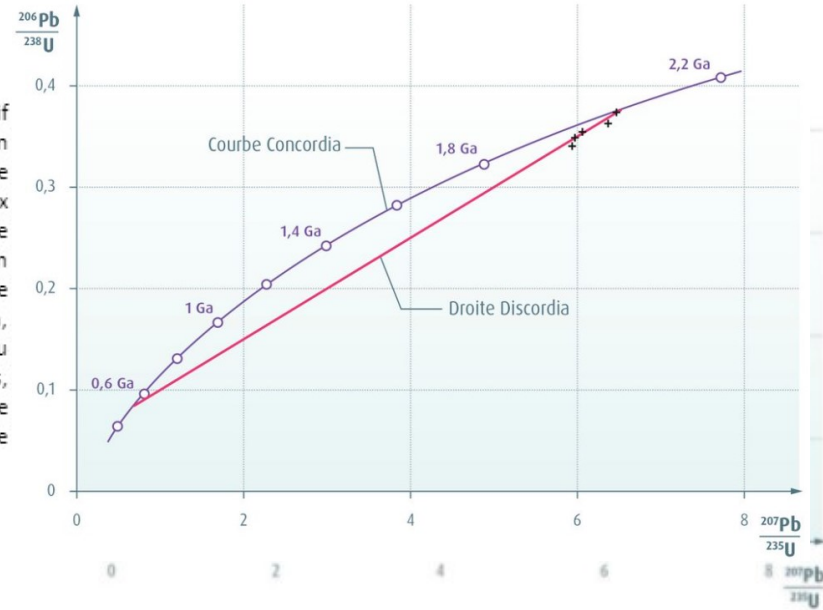


Dans la vallée de l'Utcubamba, au nord du Pérou, des travaux de construction d'une nouvelle route ont mis à l'affleurement une formation sédimentaire contenant des fossiles stratigraphiques caractéristiques de la limite trias/jurassique : apparition de l'ammonite *Psiloceras spelae*. A 4 mètres sous cette limite et à 55 mètres au dessus se trouvent deux couches de cendres volcaniques., contenant des zircons, qui ont été datés par le couple U/Pb.

On cherche à déterminer en utilisant la méthode de datation U/Pb, l'âge des deux couches de cendres.

#### Document de référence

L'uranium contenu dans le zircon est un élément chimique radioactif majoritairement présent sous la forme de deux isotopes :  $^{238}\text{U}$  qui, en plusieurs réactions successives, se désintègre en  $^{206}\text{Pb}$ , et  $^{235}\text{U}$  qui se désintègre en  $^{207}\text{Pb}$ . Les valeurs de  $\lambda$  sont différentes pour ces deux désintégrations. Le plomb ne peut intégrer le réseau cristallin du zircon au moment de sa formation. Le plomb mesuré dans celui-ci provient donc uniquement de la désintégration radioactive de l'uranium. On utilise conjointement les deux radiochronomètres  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  et  $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$  pour dater la formation d'une roche. Toutes les combinaisons possibles de ces rapports sont situés sur une courbe, nommée Concordia, qui indique l'âge correspondant. Les mesures des rapports  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  et  $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$  dans les zircons du gneiss s'alignent sur une droite, nommée « Discordia ». Celle-ci recoupe la Concordia en deux points, nommés intercepts. L'intercept supérieur est donné par les zircons non perturbés. Il indique la durée écoulée depuis la première fermeture du système, correspondant à l'âge de cristallisation de la roche initiale (2 Ga). L'intercept inférieur est donné par les zircons qui se sont réouverts (0,6 Ga).



#### Etape A

Etape 1 : Concevoir une stratégie pour résoudre une situation-problème (durée maximale : 10 minutes)

Concevoir un protocole permettant de déterminer l'âge des cendres.

Etape 2 : Utiliser des techniques et gérer son poste de travail

Saisir les mesures dans le fichier excel fourni.

- Fichier excel vallée de l'Utcubamba

#### Etape B

Etape 3 : Sous la forme de votre choix, traiter les données obtenues pour les communiquer.

*Etape 4 : Exploiter les résultats*

Exploiter les résultats pour déterminer l'âge des cendres. Vous préciserez l'apport de la datation absolue dans l'échelle stratigraphique, établie par datation relative.

**Pour aller plus loin :** [Découvrir & Comprendre - La datation par le carbone 14 \(cea.fr\)](#)