

TP/TD : Datation absolue

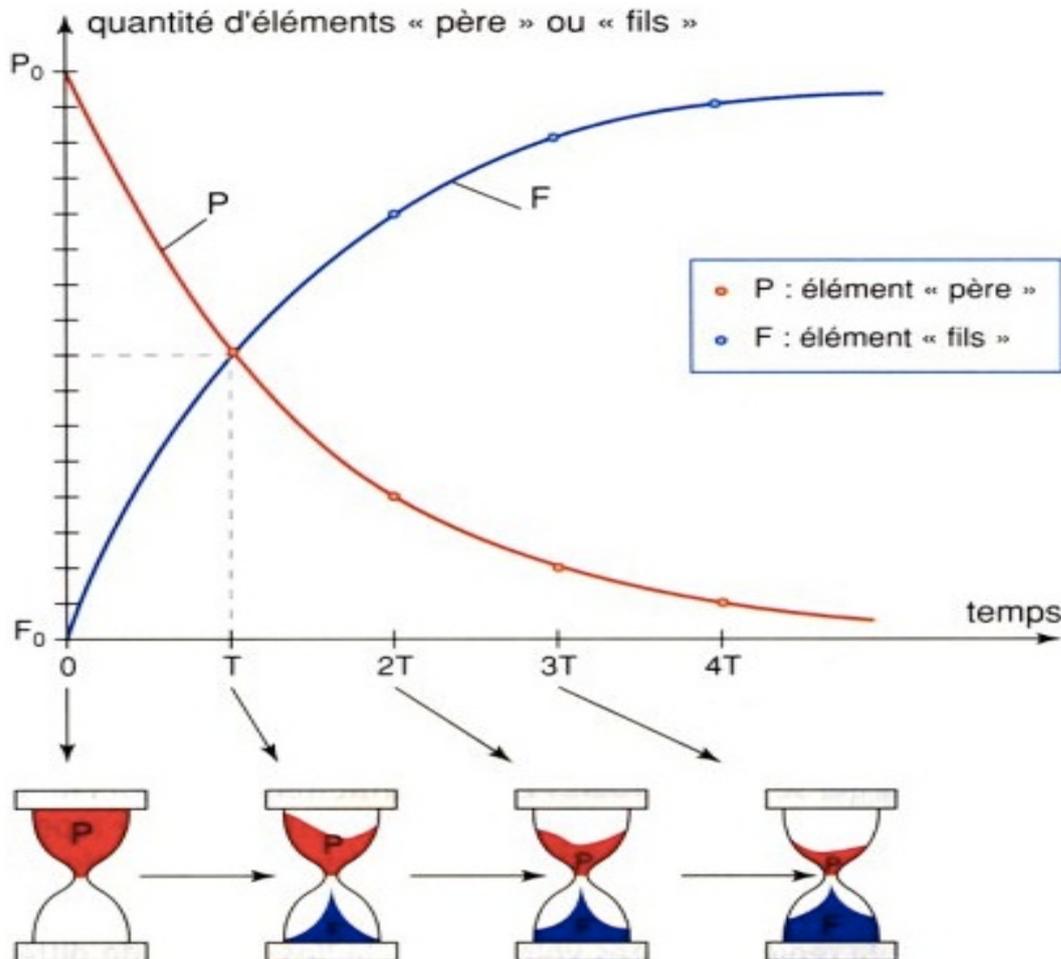
Après avoir étudié les principes de la datation relative, étudions les méthodes de datation absolue

1 – Principe de la datation par la méthode Rubidium/strontium

L'isotope 87 (^{87}Rb) du rubidium est radioactif, il se désintègre en strontium ^{87}Sr . La demi-vie est de 48,8 milliards d'années.



Evolution dans le temps de la quantité d'élément père et d'élément fils



Ce cas correspond au cas le plus général de datation. Il s'agit de trouver l'âge de la roche alors que les quantités initiales d'isotope père et d'isotope fils sont inconnues. Pour cela, il faut des mesures provenant d'au moins deux échantillons de même origine. L'utilisation d'un isotope de référence est alors indispensable pour comparer les mesures des différents échantillons. C'est l'isotope ^{86}Sr qui est stable (comme ^{87}Sr) et qui n'est pas radiogénique (contrairement à ^{87}Sr) qui sert de référence dans ce cas. Les échantillons sont choisis suivant des critères géologiques qui permettent de supposer qu'ils ont la même origine.

Ces échantillons sont :

- soit des roches magmatiques géographiquement proches, dont la composition chimique et la disposition sont compatibles avec une différenciation magmatique.
- soit différents minéraux d'une même roche.

Les mesures sont faites au spectrographe de masse pour différencier les isotopes.

On mesure alors deux rapports de concentration isotopique dans plusieurs échantillons : $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (que l'on

mettra en ordonnée) et $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (que l'on mettra en abscisse). A partir de ces mesures on trace une droite (droite isochrone) dont la pente est proportionnelle à l'âge de l'échantillon.

La formule donnant le temps t (en années) en fonction de la pente A de la droite isochrone est :

$$t = \frac{\ln(A + 1)}{1,42 \cdot 10^{-11}}$$

2 – Applications

Note : dans ces exercices les roches datées sont des roches magmatiques.

- On commence simple : Quel est l'âge d'une roche dont la droite isochrone a une pente de 0,0143 ?
- A partir du tableau ci-dessous et du tableur Excel :

Échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	1,54	5,60	5,70	12,2	3,38	4,52	4,81	0,209	2,47	6,18	11,14
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0,7129	0,7325	0,7325	0,7637	0,7229	0,7267	0,7278	0,7066	0,7167	0,7341	0,7110

- ☛ Représentez les 11 points sur un graphique judicieusement choisi.
- ☛ Tracez la droite de régression (toujours à l'aide du logiciel)
- ☛ Indiquez son équation
- ☛ Déterminez l'âge de la roche.
- ☛ Faites la même chose en supprimant le ou les points qui paraissent aberrants.
- ☛ Des deux âges obtenus, quel est celui qui vous paraît le plus fiable, pourquoi ?

2 – La datation par la méthode Potassium/Argon

Les parois du Grand Canyon du Colorado exposent sur plusieurs milliers de mètres des archives de l'histoire géologique de la région.

En utilisant les documents 1 à 3 et vos connaissances, situez dans le temps les événements géologiques antérieurs au dépôt de la couche à trilobites.

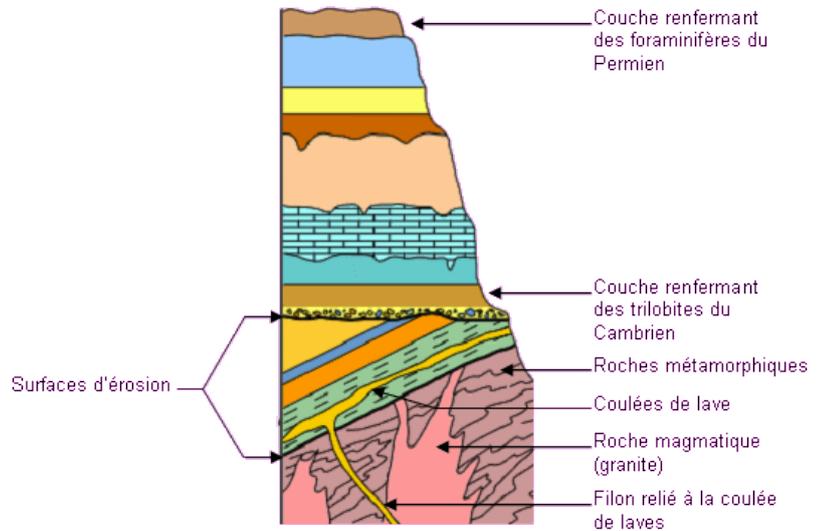
Dites pourquoi l'âge cambrien proposé pour cette couche est compatible avec l'ensemble des données.

Document 1 : le Grand Canyon du Colorado

a : photographie :
du Grand Canyon montrant un ensemble de roches
sédimentaires reposant sur un substratum plissé

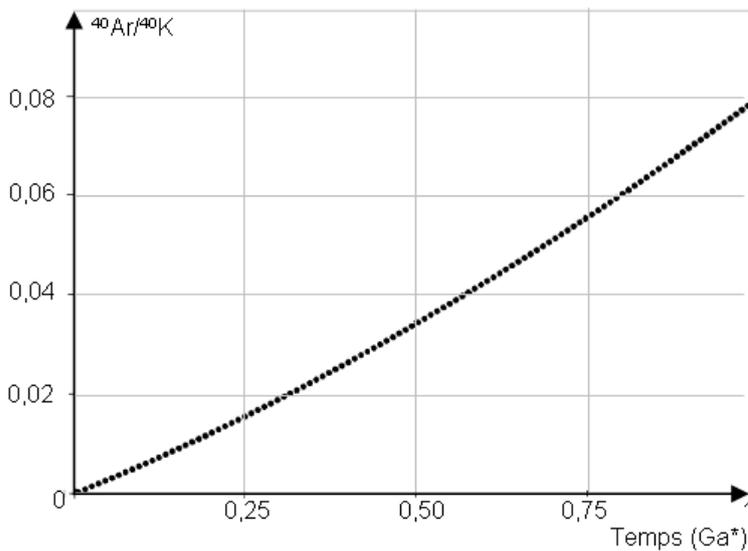


b : schéma d'interprétation de la série stratigraphique



Document 2 : variation théorique du rapport isotopique
 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ en fonction du temps,
pour un système clos

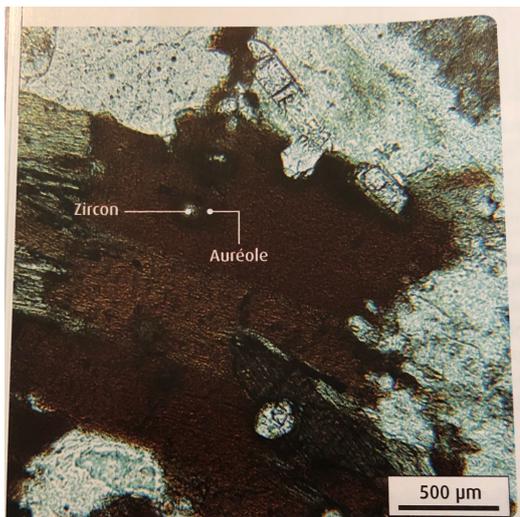
Dans la coulée de lave du Grand Canyon,
le rapport $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ est de 0,07. * Ga : giga années (10^9 ans)



Document 3 : Échelle partielle des temps géologiques

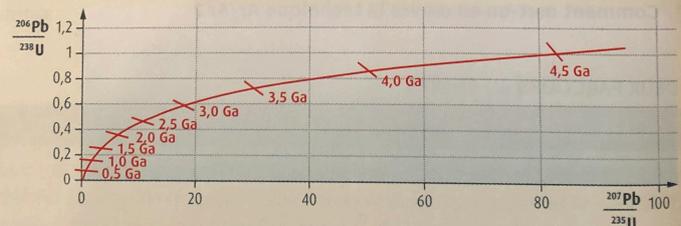
MÉSOZOÏQUE (Secondaire)	JURASSIQUE	144
	TRIAS	208
	PERMIEN	245
PALÉOZOÏQUE (Primaire)	CARBONIFÈRE	286
	DÉVONIEN	360
	SILURIEN	408
	ORDOVICIEN	438
	CAMBRIEN	505
		544 Ma
PRÉCAMBRIEN	PROTÉROZOÏQUE	NÉO- 1,0 Ga
		MÉSO- 1,5 Ga
		PALÉO- 2,5 Ga
	ARCHÉEN	4,016 Ga

3 – La datation par la méthode Uranium/Plomb



2 Observation au microscope polarisant d'une biotite du gneiss (lumière polarisée non analysée). Cette biotite contient plusieurs cristaux de zircon entourés d'une auréole sombre. Celle-ci est résulte de la désintégration radioactive de l'uranium, contenu dans le zircon.

L'uranium contenu dans le zircon est un élément chimique radioactif majoritairement présent sous la forme de deux isotopes : ^{238}U qui, en plusieurs réactions successives, se désintègre en ^{206}Pb , et ^{235}U qui se désintègre en ^{207}Pb . Les valeurs de λ 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. Si le système n'a pas été perturbé, les valeurs de ces rapports isotopiques d'un échantillon sont situées à un point donné sur la courbe, qui correspond à la durée écoulée depuis que le système est clos.



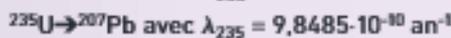
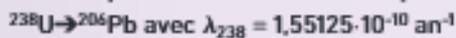
3 Principe de la technique U/Pb. (Ga = milliards d'années).

La datation des zircons de Jack Hills

La région de Jack Hills, en Australie, est constituée de roches métamorphiques qui renferment des cristaux de zircon (ZrSiO_4). Particulièrement résistants à l'altération, les zircons traversent les périodes géologiques sans grande modification chimique. Ce sont les plus vieux minéraux connus sur Terre. Ils ont aussi l'avantage d'être riches en uranium, ce qui permet de les dater précisément.

■ À l'aide de l'exploitation rigoureuse des documents et de leur mise en relation, déterminez l'âge des zircons de la région de Jack Hills et expliquez les résultats obtenus.

La méthode uranium-plomb repose sur l'existence de plusieurs séries de désintégrations, chacune permettant d'établir des équations selon la loi de désintégration radioactive :



En conjuguant les équations obtenues, on trace le « diagramme concordia ». C'est une courbe qui reflète l'évolution des rapports ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) en fonction de ($^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$) au cours du temps. Elle ne se présente pas sous la forme d'une droite, car les constantes de désintégration des deux couples sont différentes. Si les mesures des rapports isotopiques des échantillons se situent sur cette courbe, cela indique leur âge (en Ga = 10^9 ans). Si des points s'écartent de la courbe, cela signifie que les échantillons ne sont pas restés fermés et que les isotopes ont pu diffuser en dehors de leurs minéraux d'origine.

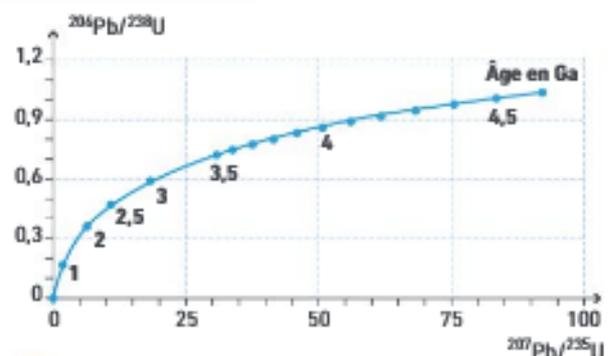
B La méthode uranium-plomb.

	Zircon 1	Zircon 2	Zircon 3	Zircon 4	Zircon 5	Zircon 6
$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	71,9	68,6	74,6	58,8	69,5	67,2
$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	0,965	0,929	0,968	0,797	0,928	0,897

D Mesures des rapports isotopiques des zircons de Jack Hills.



A Cristal de zircon.



C Le diagramme concordia.