ACTIVITÉS ET EXERCICES

Radiochronologie : dater une roche avec un système isotopique fermé

Terminale spécialité · 45 min

Les séries de résultats de ces exercices sont construites pour l'activité et ne proviennent pas d'une étude réelle.

Situation-problème

Un granite affleure dans un massif ancien. Des géologues veulent savoir quand il s'est refroidi et si son système isotopique Rb-Sr est resté fermé. Ils analysent d'abord cinq échantillons cogénétiques prélevés loin de toute faille, puis des biotites prélevées à distances croissantes d'une zone broyée où des fluides chauds ont circulé. Vous devez déterminer l'âge du granite, vérifier la fermeture du système et discuter la fiabilité d'une datation fondée sur un seul minéral. Données pédagogiques simplifiées : $\lambda(^{87}Rb) = 1{,}42 \times 10^{-11}$ an^{-1} ; 1 Ma = 10^6 ans ; 1 Ga = 10^9 ans ; ln 2 = 0,693.

Document 1 : mesures sur cinq échantillons du granite (à plus de 200 m de toute faille)

Données pédagogiques simplifiées. Les échantillons E1 à E5 sont une roche totale et quatre minéraux issus du même magma. Précision des mesures de $^{87}Sr/^{86}Sr$: ± 0,0002.

Échantillon	$^{87}Rb/^{86}Sr$ (x)	$^{87}Sr/^{86}Sr$ (y)
E1	0,50	0,7086
E2	1,20	0,7136
E3	2,50	0,7228
E4	4,00	0,7335
E5	6,00	0,7478

Document 2 : biotites prélevées près d'une zone broyée

Données pédagogiques simplifiées. Les trois biotites proviennent du même granite que le Document 1 et ont toutes un rapport $^{87}Rb/^{86}Sr$ de 20,0. Compte rendu de lame mince : à 200 m, cristaux frais et limpides ; à 50 m, bordures légèrement altérées ; à 15 m, nombreuses fractures remplies de quartz et transformation partielle en chlorite. Les analyses de roche totale de ces trois zones restent proches de l'isochrone du Document 1.

Distance à la zone broyée	Biotite transformée en chlorite	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$ mesuré
200 m	moins de 1 %	20,0	0,8475
50 m	environ 10 %	20,0	0,8310
15 m	environ 40 %	20,0	0,8120

Exercice 1 : construire et exploiter l'isochrone

1. Tracez les cinq points du Document 1 dans un repère (x en abscisse, y en ordonnée) et décrivez leur disposition.
2. Expliquez pourquoi des échantillons cogénétiques d'un système fermé doivent s'aligner, et ce que signifierait un point nettement écarté de la droite.
3. Calculez la pente a à partir de E1 et E5, puis l'ordonnée à l'origine. Vérifiez avec E3.
4. Calculez l'âge en Ma et précisez quel événement il date.

Réponses et raisonnement

Exercice 2 : ordres de grandeur et précision

1. Calculez la demi-vie du ^{87}Rb en Ga et comparez-la à l'âge de la Terre (4,54 Ga).
2. Calculez la proportion de ^{87}Rb restant après 500 Ma, puis le pourcentage désintégré.
3. Calculez l'augmentation de $^{87}Sr/^{86}Sr$ depuis la fermeture du système pour E1 et pour E5, en supposant le rapport initial $y_0 = 0,7050$ connu exactement. Calculez l'incertitude relative liée à la seule précision de mesure de ± 0,0002 dans chaque cas. Cette valeur donne-t-elle l'incertitude complète sur l'âge ? Que peut-on en déduire sur le choix des minéraux ?
4. Pour un événement de 5 000 ans, calculez l'augmentation de y pour x = 6,00 et comparez-la à la précision. Que conclure sur le choix du chronomètre ?

Réponses et raisonnement

Exercice 3 : confronter les documents et juger la fiabilité

1. Avec l'équation de l'isochrone obtenue à l'exercice 1, calculez la valeur attendue de y pour x = 20,0, puis l'écart avec chaque biotite du Document 2.
2. Pour chaque biotite, calculez l'âge apparent en supposant le système fermé et un rapport initial de 0,7050.
3. Reliez les âges apparents aux observations de lame mince. Proposez une hypothèse explicative et précisez pourquoi trois points ne démontrent pas à eux seuls une relation de cause à effet.
4. Concluez : quel âge retenez-vous pour le granite, que représentent les deux autres valeurs, et quelle vérification supplémentaire proposez-vous ?

Réponses et raisonnement

Page de la ressource : https://svtlab.fr/ressources/radiochronologie-terminale/

Sources du cadre pédagogique :

Programme et ressources Éduscol : https://eduscol.education.gouv.fr/5835/programmes-et-ressources-en-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-voie-gt