CORRECTION DÉTAILLÉE

# 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.*

## Exercice 1 : correction

1. Les points (0,50 ; 0,7086), (1,20 ; 0,7136), (2,50 ; 0,7228), (4,00 ; 0,7335) et (6,00 ; 0,7478) forment une série croissante : y augmente régulièrement avec x. Ils sont alignés dans la limite de la précision de ± 0,0002.
2. Des échantillons cogénétiques ont le même rapport initial $y_0$ et le même âge, donc la même pente. Ils vérifient tous $y = y_0 + a\,x$, donc s'alignent, à condition qu'aucun atome n'ait été échangé. Un point écarté signale un système ouvert pour cet échantillon (gain ou perte de Rb ou de Sr), ou un mélange de matériaux d'origines différentes.
3. $a = (0{,}7478 - 0{,}7086) / (6{,}00 - 0{,}50) = 0{,}0392 / 5{,}50 = 7{,}13 \times 10^{-3}$ (sans unité). Ordonnée à l'origine : $0{,}7086 - 0{,}00713 \times 0{,}50 = 0{,}7050$. Vérification avec E3 : $0{,}7050 + 0{,}00713 \times 2{,}50 = 0{,}7228$, valeur mesurée.
4. $t = \ln(1 + a) / \lambda = \ln(1{,}00713) / 1{,}42 \times 10^{-11} = 7{,}10 \times 10^{-3} / 1{,}42 \times 10^{-11} = 5{,}0 \times 10^{8}$ ans, soit 500 Ma. Cet âge date la fermeture du système Rb-Sr, c'est-à-dire le passage du granite sous la température de fermeture. Il coïncide avec la cristallisation si le refroidissement a été rapide ; en cas de refroidissement lent, la fermeture est plus tardive que la cristallisation. Il ne date pas la formation des atomes.

Critères de réussite : unités et absence d'unité de la pente justifiées, vérification avec un point intermédiaire, événement daté correctement nommé.

## Exercice 2 : correction

1. $t_{1/2} = 0{,}693 / 1{,}42 \times 10^{-11} = 4{,}88 \times 10^{10}$ ans, soit 48,8 Ga. C'est environ onze fois l'âge de la Terre : très peu de $^{87}Rb$ s'est désintégré depuis la formation de la planète.
2. $\lambda t = 1{,}42 \times 10^{-11} \times 5{,}0 \times 10^{8} = 7{,}1 \times 10^{-3}$. La proportion restante est $e^{-0{,}0071} = 0{,}9929$, soit 99,3 %. Environ 0,7 % du $^{87}Rb$ s'est donc désintégré.
3. Pour E1 : $0{,}7086 - 0{,}7050 = 0{,}0036$, d'où, en supposant $y_0 = 0{,}7050$ connu exactement, une incertitude relative due à la seule mesure de $0{,}0002 / 0{,}0036 = 5{,}6$ %. Pour E5 : $0{,}7478 - 0{,}7050 = 0{,}0428$, d'où $0{,}0002 / 0{,}0428 = 0{,}5$ %. Ces pourcentages ne sont pas l'incertitude complète sur l'âge : ils ignorent l'incertitude sur $y_0$ (qui en pratique n'est pas connu exactement mais déduit de l'ajustement), sur les rapports x, sur λ et la dispersion éventuelle des points autour de la droite. Ils montrent seulement que l'effet de la précision de mesure est bien plus faible quand le signal radiogénique est grand. Il faut donc choisir des échantillons dont les rapports Rb/Sr sont très différents : l'étendue des valeurs de x réduit l'incertitude sur la pente, donc sur l'âge.

4. $\lambda t = 1{,}42 \times 10^{-11} \times 5\,000 = 7{,}1 \times 10^{-8}$. Pour x = 6,00, l'augmentation de y vaut environ 6,00 × $7{,}1 \times 10^{-8} = 4{,}3 \times 10^{-7}$, soit près de 500 fois moins que la précision de 0,0002. Le signal est indiscernable : il faut un chronomètre à demi-vie courte, adaptée à la durée étudiée.

Critères de réussite : calculs avec puissances de dix maîtrisés, comparaison explicite signal/précision, lien entre demi-vie et durée datable.

## Exercice 3 : correction

1. Équation : y = 0,7050 + 0,00713 x. Pour x = 20,0 : y = 0,7050 + 0,1425 = 0,8475. À 200 m, la mesure (0,8475) est sur la droite. À 50 m, l'écart est 0,8475 - 0,8310 = 0,0165. À 15 m, il est 0,8475 - 0,8120 = 0,0355. Ces écarts dépassent largement la précision de 0,0002.
2. Pente apparente = (y - 0,7050) / 20,0. À 200 m : $0{,}1425 / 20{,}0 = 7{,}13 \times 10^{-3}$, soit 500 Ma. À 50 m : $0{,}1260 / 20{,}0 = 6{,}30 \times 10^{-3}$, d'où $t = \ln(1{,}0063) / \lambda = 6{,}28 \times 10^{-3} / 1{,}42 \times 10^{-11} \approx$ 442 Ma. À 15 m : $0{,}1070 / 20{,}0 = 5{,}35 \times 10^{-3}$, d'où $t \approx 5{,}34 \times 10^{-3} / 1{,}42 \times 10^{-11} \approx$ 376 Ma.
3. L'âge apparent diminue quand la biotite est plus proche de la zone broyée, en même temps que la chloritisation augmente (moins de 1 %, 10 %, 40 %). Hypothèse : la circulation de fluides chauds a altéré la biotite et permis une perte de $^{87}Sr$ radiogénique ou un échange de Sr avec le milieu, donc une ouverture du système à l'échelle du minéral. Trois points ne prouvent pas la causalité : la corrélation est compatible avec l'hypothèse, mais d'autres facteurs (taille des grains, composition, fracturation) pourraient jouer. Les roches totales restant sur l'isochrone suggèrent que les échanges ont été surtout locaux.
4. On retient 500 Ma, âge de fermeture du système fourni par cinq échantillons alignés loin de la faille et confirmé par la biotite intacte (il n'est égal à l'âge de cristallisation que si le refroidissement a été rapide). Les valeurs de 442 Ma et 376 Ma sont des âges apparents d'un système ouvert : elles ne datent pas d'événement précis. Vérification possible : analyser d'autres minéraux voisins, comparer avec un autre chronomètre plus résistant aux fluides (par exemple U-Pb sur zircon). Limite : le résultat vient d'un seul massif et ne se généralise pas sans autres données.

Critères de réussite : calculs recalculés avec la même équation, distinction nette entre âge de fermeture et âge apparent, prudence sur la causalité, proposition d'un test indépendant.

---

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