

Corrigé et barème – Le temps et les roches : chronologie relative et radiochronologie

Principes de chronologie relative (superposition, recoupement, inclusion, continuité), fossiles stratigraphiques, radiochronologie (décroissance, droite isochrone Rb-Sr, K-Ar) (programme de Terminale spécialité SVT)

Durée : 180 min – Sans document – Sur 20 points · Terminale

Exercice 1 – Chronologie relative d'un affleurement

(5 pts)

- a) Dépôt de S (base, superposition) → plissement de S → intrusion de γ (recoupe les plis, auréole : recoupement) → érosion Σ (tronque S et γ : recoupement) → dépôt de C puis de K1 (superposition) → jeu de la faille F (décale S, C, K1 : recoupement) → dépôt de K2 (scelle F : superposition) → mise en place de β (traverse tout : recoupement). (1)
- b) Principe d'inclusion : les galets de granite de C prouvent que γ existait et était érodé. Confirmation : Σ tronque le granite et C repose sur Σ (recoupement puis superposition). (1)
- c) Discordance angulaire : elle enregistre le plissement de S, l'érosion de S et de γ , puis la reprise de la sédimentation ; elle correspond à une lacune de temps. (1)
- d) Graptolites : S est paléozoïque. Ammonites : K1 est mésozoïque. Nummulites : K2 date du début du Cénozoïque. (1)
- e) La superposition ne s'applique qu'aux couches déposées. Un filon se situe par recoupement : β traverse K2, il lui est donc postérieur, quelle que soit la profondeur de sa base. (1)

Erreur fréquente — Les couches se situent par superposition, mais les failles et les filons se situent par recoupement : ils sont plus récents que tout ce qu'ils traversent.

Exercice 2 – Datation d'une granodiorite par isochrone Rb-Sr

(5 pts)

- a) Le ^{86}Sr est stable et non radiogénique : sa quantité ne varie pas. Diviser par ^{86}Sr élimine la masse d'échantillon analysée et permet d'écrire une relation linéaire. (1)
- b) $T1T2 : 0,0420/1,65 \approx 0,0255$; $T2T3 : 0,0647/2,55 \approx 0,0254$; $T3T4 : 0,1169/4,60 \approx 0,0254$ → alignés. Pente (T1, T4) : $a = 0,2236/8,80 \approx 0,0254$. (1)
- c) $y_0 = 0,7183 - 0,0254 \times 0,60 \approx 0,7031$: rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ du magma à la cristallisation, commun à tous les échantillons. (1)
- d) $t = \ln(1 + a)/\lambda = \ln(1,0254)/(1,42 \times 10^{-11}) = 0,02508/(1,42 \times 10^{-11}) \approx 1,77 \times 10^9$ ans, soit environ 1,77 Ga. (1)
- e) À la cristallisation : droite horizontale d'ordonnée 0,7031 (même rapport initial, x différents). Depuis, chaque point a gagné du ^{87}Sr et perdu du ^{87}Rb , d'autant plus qu'il est riche en Rb : la droite a pivoté autour de (0 ; 0,7031). (1)

Le point clé — La pente n'est pas un âge : $t = \ln(1 + a)/\lambda$, et seuls des échantillons cogénétiques restés clos s'alignent.

Exercice 3 – Datation K-Ar de coulées volcaniques**(5 pts)**

- a) L'argon est un gaz qui n'entre pas dans les cristaux : il s'échappe de la lave lors de l'éruption. Tout l'argon 40 mesuré s'est donc formé sur place depuis la solidification. (1)
- b) $1 + 9,54 \times 1,65 \times 10^{-3} = 1,015\,74$; $t = \ln(1,015\,74)/(5,54 \times 10^{-10}) = 0,015\,62/(5,54 \times 10^{-10}) \approx 2,82 \times 10^7$ ans, soit environ 28,2 Ma. (1)
- c) $1 + 9,54 \times 5,35 \times 10^{-4} = 1,005\,10$; $t = 0,005\,09/(5,54 \times 10^{-10}) \approx 9,19 \times 10^6$ ans, soit environ 9,19 Ma. (1)
- d) B recouvre A, donc B est plus récente (superposition) : $9,19\text{ Ma} < 28,2\text{ Ma}$, c'est cohérent. Durée entre les éruptions : $28,2 - 9,19 \approx 19,0\text{ Ma}$. (1)
- e) La chaleur du filon a réchauffé la coulée et rouvert le système : de l'argon s'est échappé, l'âge est rajeuni. On retient 28,2 Ma, mesuré sur un échantillon frais et non réchauffé. (1)

Attention — Un réchauffement ou une altération fait perdre de l'argon : l'âge K-Ar obtenu est alors trop jeune, jamais trop vieux.

Exercice 4 – Carbone 14 et choix des méthodes**(5 pts)**

- a) La mort de l'arbre : à ce moment les échanges de carbone avec l'atmosphère cessent (fermeture du système). Si l'on a brûlé du bois déjà ancien, l'âge obtenu est un peu plus vieux que le feu. (1)
- b) $\lambda = 0,693/5\,730 \approx 1,21 \times 10^{-4}\text{ an}^{-1}$; $t = \ln(1/0,184)/\lambda = 1,693/(1,21 \times 10^{-4}) \approx 1,40 \times 10^4$ ans, soit environ 14 000 ans. (1)
- c) $N/N_0 = e^{-(1,21 \times 10^{-4} \times 45\,000)} = e^{-5,44} \approx 0,0043$, soit 0,43 %. Au-delà d'environ 50 000 ans, il reste trop peu de carbone 14 pour une mesure fiable. (1)
- d) 3,2 Ma représentent environ $3\,200\,000/5\,730 \approx 558$ demi-vies : il ne reste aucun carbone 14, et une cendre n'est pas organique. Méthode adaptée : K-Ar sur ses minéraux potassiques (argon dégazé à l'éruption). (1)
- e) Roche sédimentaire : pas de couple enfermé au dépôt, grains hérités. Mais la cendre s'est déposée dans la grotte, creusée après la formation du calcaire : le calcaire a plus de 3,2 Ma ; ses fossiles stratigraphiques peuvent le situer plus précisément. (1)

À retenir — Chaque couple a son domaine : le carbone 14 ne date que des restes organiques de moins de 50 000 ans environ, les roches volcaniques relèvent du K-Ar.