

Corrigé et barème – L’histoire de l’âge de la Terre

Estimations historiques (Buffon, Kelvin, Darwin), radioactivité et datation, âge actuel de la Terre, controverses scientifiques (programme d’enseignement scientifique de 1re)

Durée : 120 min – Sans document – Sur 20 points · 1^{re}

Exercice 1 – Vrai ou faux ? Justifier

(4 pts)

- a) Faux : Buffon s’appuie sur une expérience (refroidissement de boulets de fer) extrapolée à la Terre ; son estimation ($\approx 75\,000$ ans) rompt avec les chronologies bibliques. (1)
- b) Faux : le calcul était rigoureux ; ce sont les hypothèses (conduction seule, aucune source de chaleur interne) qui étaient fausses. (1)
- c) Faux : cette roche s’est formée sur une Terre déjà existante ; elle donne seulement un âge minimal (la Terre a 4,57 Ga). (1)
- d) Faux : la demi-vie est caractéristique du noyau et ne dépend ni de la température ni de la pression. (1)

Erreur fréquente — Un âge de roche n’est qu’un minimum, et une controverse porte sur des hypothèses, pas sur des erreurs de calcul.

Exercice 2 – Un raisonnement de naturaliste

(4 pts)

- a) $22\text{ km} = 2,2 \times 10^6\text{ cm}$; $t = 2,2 \times 10^6 / 2,5 = 8,8 \times 10^5$ siècles = $8,8 \times 10^7$ ans, soit 88 Ma. (1)
- b) Principe d’actualisme (les processus passés ont agi comme aujourd’hui, à des vitesses comparables). Limite : la vitesse d’érosion varie selon le climat, les roches et les époques. (1)
- c) Charles Darwin : l’évolution par sélection naturelle, lente et graduelle, exige des centaines de millions d’années pour produire la diversité du vivant. (1)
- d) 88 Ma dépasse nettement 20 à 40 Ma (plus du double de la borne haute). Physiciens et naturalistes s’opposaient avec des arguments rationnels fondés sur des modèles et des hypothèses différents : c’est une controverse, tranchée plus tard par la radioactivité. (1)

À retenir — Les estimations par la sédimentation ou l’érosion reposent sur l’actualisme et ne donnent qu’un ordre de grandeur.

Exercice 3 – Calculs de décroissance

(4 pts)

- a) Durée au bout de laquelle la moitié des noyaux d’un échantillon s’est désintégrée. Elle est caractéristique du noyau : identique au laboratoire et dans le magma. (1)
- b) $8,94 / 4,47 = 2$ demi-vies ; $N = 4,8 \times 10^{12} / 4 = 1,2 \times 10^{12}$ noyaux. Non : $8,94\text{ Ga} > 4,57\text{ Ga}$, aucun minéral terrestre n’est aussi âgé. (1)
- c) $N_0 = 1 + 31 = 32 = 2^5$: 5 demi-vies ; $t = 5 \times 0,704 = 3,52\text{ Ga}$. (1)
- d) Une roche terrestre a au plus 4,57 Ga, durée inférieure à 14,0 Ga : moins d’une demi-vie s’est écoulée, donc moins de la moitié des noyaux s’est désintégrée. (1)

Le point clé — Toujours comparer la durée trouvée à 4,57 Ga : un âge supérieur pour un minéral terrestre signale une erreur.

Exercice 4 – Kelvin et la chaleur de la Terre

(4 pts)

- a) Terre initialement fondue à température uniforme ; refroidissement par conduction seule ; aucune source de chaleur interne. (1)
- b) Les roches contiennent des éléments radioactifs qui produisent de la chaleur : la Terre a une source interne, le gradient est entretenu et ne mesure plus un simple refroidissement ; l'âge de Kelvin est sous-estimé. (1)
- c) La convection fait remonter la chaleur profonde et maintient longtemps un gradient de surface élevé ; or, pour Kelvin, un fort gradient signifie une Terre jeune : l'âge est sous-estimé. (1)
- d) Kelvin était un grand physicien et son calcul était juste ; ses hypothèses reposaient sur les connaissances de 1862, sans la radioactivité, alors inconnue. La science corrige ses modèles quand de nouvelles données apparaissent. (1)

Attention — Un modèle rigoureux peut donner un résultat faux si une de ses hypothèses est réfutée par une découverte ultérieure.

Exercice 5 – Dater la Terre

(4 pts)

- a) La Terre primitive a été largement fondue ; depuis, la croûte est recyclée (subduction, fusion, métamorphisme, érosion), ce qui détruit ou remet à zéro les chronomètres radioactifs. (1)
- b) Les météorites se sont formées avec le système solaire et n'ont presque pas été transformées. Hypothèse : la Terre s'est formée en même temps et à partir du même matériau. (1)
- c) $4,567 - 4,4 = 0,167$ Ga = 167 Ma. Aucun minéral terrestre ne subsiste de cette première période : le zircon ne donne qu'un âge minimal. (1)
- d) 4,57 milliards d'années. Des méthodes indépendantes convergent : nombreuses météorites, plusieurs couples radioactifs, roches lunaires, plus vieux minéraux terrestres (tous plus jeunes, comme attendu). (1)

Repère — La Terre se date par les météorites ; les roches terrestres les plus anciennes ne fournissent qu'une borne inférieure.