Corrigé et barème – Un niveau d'organisation : les éléments chimiques

Nucléosynthèse, abondance des éléments dans l'Univers, la Terre et le vivant, radioactivité et demi-vie (programme d'enseignement scientifique de 1re)

Durée : 120 min – Sans document – Sur 20 points · Enseignement scientifique 1re

Exercice 1 – Vrai ou faux : l'origine des éléments *(4 pts)*

a) Faux : l'hydrogène a été formé lors de la nucléosynthèse primordiale, dans les premières minutes après le Big Bang. Le Soleil, lui, consomme de l'hydrogène en le transformant en hélium par fusion. (1)

b) Vrai : le fer est produit par fusions successives au cœur des étoiles massives ; ces étoiles l'ont dispersé en explosant, avant la formation du Système solaire. (1)

c) Faux : le Soleil ne réalise que la fusion de l'hydrogène en hélium. L'uranium, plus lourd que le fer, se forme par captures de neutrons lors d'événements explosifs (supernovæ, fusions d'étoiles à neutrons). (1)

d) Vrai : le carbone est produit par fusion de l'hélium dans les étoiles. Il circule ensuite entre l'atmosphère, les êtres vivants et les roches : c'est le même carbone d'origine stellaire. (1)

À retenir — Seuls l'hydrogène, l'hélium et un peu de lithium sont primordiaux : tous les autres noyaux ont été fabriqués par des étoiles ou lors de leur mort.

Exercice 2 – Équations de réactions nucléaires *(4 pts)*

a) Nucléons : $20 + 4 = 24$; charges : $10 + 2 = 12$: conservation vérifiée. Deux noyaux légers forment un noyau plus lourd (magnésium) : fusion. (1)

b) Nucléons : $235 + 1 = 236 = 141 + 92 + 3$; charges : $92 = 56 + 36$. Un noyau lourd se scinde en deux noyaux plus légers : fission, mise en œuvre dans les réacteurs des centrales nucléaires. (1)

c) Nucléons : $24 = 20 + \mathrm{A}$, donc $\mathrm{A} = 4$; charges : $12 = 10 + \mathrm{Z}$, donc $\mathrm{Z} = 2$. X est l'hélium 4 ; la réaction est une fusion. (1)

d) On juge d'après les noyaux, pas d'après les particules émises : deux protons s'unissent en un noyau de deutérium plus lourd, c'est une fusion. Conservation : $1 + 1 = 2 + 0$ nucléons ; $1 + 1 = 1 + 1$ pour la charge. (1)

Erreur fréquente — On classe une réaction d'après les noyaux (deux légers qui s'unissent, ou un lourd qui se scinde), jamais d'après la seule particule émise.

Exercice 3 – Composition élémentaire d'une bactérie *(4 pts)*

a) C, O, N et H : $50 + 20 + 14 + 8 = 92$ % de la masse sèche. (1)

b) Carbone : $2{,}5 \times 0{,}50 = 1{,}25$ g. Azote : $2{,}5 \times 0{,}14 = 0{,}35$ g. (1)

c) Oxygène de l'eau : $0{,}70 \times 0{,}89 \approx 0{,}623$; oxygène de la masse sèche (30 % de la bactérie) : $0{,}30 \times 0{,}20 = 0{,}060$. Total $\approx 0{,}683$, soit environ 68 % de la masse. (1)

d) Le fer, le silicium et le magnésium (le fer n'est présent qu'à l'état de traces). Non : ce sont les mêmes éléments, issus des étoiles ; seules les proportions diffèrent, car le vivant prélève et concentre C, H, O, N dans son milieu. (1)

Repère — Une composition n'a de sens que si l'on précise la base : masse sèche, masse fraîche ou nombre d'atomes.

Exercice 4 — Le tritium, un isotope radioactif de l'hydrogène *(4 pts)*

a) n = 36,9 / 12,3 = 3 demi-vies ; N = 3,2 × 10^14 / 2^3 = 4,0 × 10^13 noyaux. (1)

b) 1/32 = 1/2^5 : 5 demi-vies, soit 5 × 12,3 = 61,5 ans. (1)

c) Après 1 demi-vie il reste 50 %, après 2 il reste 25 % : la durée est entre 12,3 et 24,6 ans. À la calculatrice, 0,5^1,74 ≈ 0,30, donc t ≈ 1,74 × 12,3 ≈ 21 ans. (1)

d) Chaque demi-vie retire la moitié des noyaux restants, pas la moitié des noyaux initiaux : après 2 demi-vies, il reste N0/4 = 8,0 × 10^13 noyaux. (1)

Attention — La décroissance radioactive n'est pas linéaire : il reste N0/4 après deux demi-vies, et non zéro.

Exercice 5 — Dater un campement préhistorique *(4 pts)*

a) L'organisme échange du carbone avec son milieu (photosynthèse, alimentation, respiration) : le carbone 14 désintégré est sans cesse renouvelé, sa proportion et donc l'activité restent constantes. (1)

b) 13,6 / 0,425 = 32 = 2^5 : 5 demi-vies se sont écoulées ; âge : 5 × 5 730 = 28 650 ans, soit environ 2,9 × 10^4 ans. (1)

c) 1 500 ans est compris entre 0 et une demi-vie (5 730 ans) : l'activité est comprise entre sa valeur initiale, 13,6, et sa moitié, 13,6 / 2 = 6,8 désintégrations par minute. (1)

d) Silex : non, c'est une roche sans carbone issu d'un être vivant. Lin : oui, c'est une fibre végétale, datable si elle a moins d'environ 50 000 ans. (1)

Le point clé — La datation au carbone 14 compare l'échantillon au vivant : elle ne s'applique qu'à de la matière d'origine biologique de moins de 50 000 ans environ.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).