Correction détaillée — La datation au ^{14}C pour préserver la biodiversité

Enseignement scientifique — Épreuve de contrôle continu (1 h)

Question 1 — Principe d'une datation utilisant un isotope radioactif

Éléments de réponse attendus :

- Un **isotope radioactif** est un noyau instable qui se désintègre spontanément au cours du temps en émettant un rayonnement, pour donner un noyau (plus stable) appelé **noyau fils**.
- La désintégration est un phénomène **aléatoire** au niveau d'un noyau, mais **statistiquement prévisible** pour un très grand nombre de noyaux : le nombre de désintégrations par seconde (l'**activité**) décroît de façon régulière.
- La décroissance suit une **loi exponentielle** : le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux d'un échantillon se désintègre est une constante caractéristique de l'isotope, appelée **demi-vie** (t½).
- **Principe de la datation** : du carbone 14 est produit en permanence dans l'atmosphère et intégré par les êtres vivants (via le CO_2 et la chaîne alimentaire). Pendant sa vie, un organisme maintient une proportion constante de ^{14}C par rapport au carbone total, identique à celle de l'atmosphère. **À sa mort**, les échanges avec le milieu cessent : le ^{14}C n'est plus renouvelé et sa quantité décroît par désintégration radioactive.
- En mesurant la **proportion de ^{14}C restant** dans les restes organiques (nombre de noyaux de ^{14}C restants / nombre initial) et en connaissant la demi-vie du ^{14}C, on peut en déduire le **temps écoulé depuis la mort** de l'organisme, donc dater l'échantillon.

Question 2 — Équation de la désintégration du carbone 14

Réponse : la proposition b).

$$^{14}{6}\text{C} ;\longrightarrow; ^{14}{7}\text{N} + ;^{0}_{-1}e$$

Justification :

- Le carbone 14 se désintègre par **émission bêta moins (β^-)** : un neutron du noyau se transforme en proton, avec émission d'un électron (particule β^-, noté $^{0}_{-1}e$).
- **Vérification des lois de conservation :**
  - *Conservation du nombre de masse A* : 14 = 14 + 0 ✅
  - *Conservation du nombre de charge Z* : 6 = 7 + (−1) ✅
- Les autres propositions sont invalides : a) correspond à une **émission alpha (α)** (et ne conserve pas Z : 8 ≠ 6 + 2), c) correspond à une **fusion nucléaire**, ce qui n'est pas une désintégration.

Question 2 (suite) — Définition de la demi-vie

Réponse : La **demi-vie** t½ d'un isotope radioactif est la **durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés**.

Pour le carbone 14 : au bout de **5 730 ans**, il ne reste que **50 %** des noyaux de ^{14}C initiaux. Au bout de deux demi-vies, il en reste 25 %, etc. (Le nombre de noyaux restant est divisé par 2 à chaque demi-vie.)

Question 3 — Nombre de noyaux restants (N_o = 16 milliards)

Raisonnement : à chaque demi-vie, le nombre de noyaux est divisé par 2. Après n demi-vies : $N = N_o / 2^n$.

Durée écoulée	Nombre de demi-vies (n = t / 5 730)	Calcul	Noyaux restants
5 730 ans	1	16 / 2	**8 milliards**
11 460 ans	2	$16 / 2^2 = 16 / 4$	**4 milliards**
17 190 ans	3	$16 / 2^3 = 16 / 8$	**2 milliards**

3-a- Après 5 730 ans : **$N = 8 \times 10^9$ noyaux** (soit 8 milliards). **3-b-** Après 11 460 ans : **$N = 4 \times 10^9$ noyaux** (soit 4 milliards). **3-c-** Après 17 190 ans : **$N = 2 \times 10^9$ noyaux** (soit 2 milliards).

Question 4 (5 du sujet) — Lecture graphique : proportion restante après 25 000 ans

Méthode : On utilise la courbe de décroissance du document 2 (proportion de ^{14}C restant en fonction du temps sur 40 000 ans).

- 25 000 ans ≈ **4,36 demi-vies** (25 000 / 5 730).
- Après 4 demi-vies (22 920 ans), il reste 1/16 ≈ 6,25 % ; on est un peu au-delà, donc la proportion est légèrement inférieure.
- **Lecture graphique :** pour t = 25 000 ans, la proportion restante est d'environ **5 %** (soit une proportion proche de 0,05).

Le nombre de noyaux restants vaut donc environ **5 % du nombre initial** (pour l'échantillon précédent : ≈ 0,05 × 16 milliards ≈ **8×10^8 noyaux**, soit environ 800 millions).

Question 6 — Datation d'un ivoire récent

Le document 3 représente, sur 100 ans, la décroissance du ^{14}C approchée par un **segment de droite** allant du point (0 ans ; 1) au point (100 ans ; 0,988).

6-a- Dater la mort de l'éléphant

Méthode (lecture graphique ou coefficient directeur) :

- Pente du segment : (0,988 − 1) / (100 − 0) = **−0,00012 par an** (soit une perte de 1,2 % de ^{14}C en 100 ans).
- Proportion mesurée : 0,994, donc une perte de 1 − 0,994 = **0,006**.
- Durée écoulée : t = 0,006 / 0,00012 = **50 ans**.

Lecture graphique équivalente : on repère 0,994 sur l'axe des ordonnées du document 3, on suit horizontalement jusqu'au segment, puis on lit en abscisse **t ≈ 50 ans**.

Conclusion : l'éléphant est mort il y a environ **50 ans**, soit vers **1969** (2019 − 50).

6-b- Cet ivoire provient-il d'un éléphant abattu illégalement ?

Réponse : oui.

Justification :

- La datation montre que l'éléphant est mort vers 1969, donc **après 1947** : cet ivoire ne relève donc **pas de l'exception** qui autorise le commerce des antiquités en ivoire acquises avant 1947.
- Sa mise sur le marché européen est donc **interdite** par la réglementation de l'Union Européenne (interdiction du commerce de l'ivoire depuis 1989).
- Si cet ivoire est présenté comme une « antiquité antérieure à 1947 », il s'agit d'une **fraude visant à contourner la loi** : l'ivoire provient d'un éléphant abattu illégalement et son commerce est illégal.

Remarques / conseils de rédaction

- Toujours justifier un choix de QCM par la **vérification des lois de conservation** (A et Z).
- Pour les calculs de demi-vie, raisonner en « nombre de demi-vies » plutôt qu'apprendre une formule.
- Pour une lecture graphique, décrire la méthode (repérer l'ordonnée → suivre la courbe → lire l'abscisse).
- Conclure chaque question par une **phrase complète** reformulant le résultat, et relier la dernière réponse au **contexte de l'énoncé** (lutte contre le trafic d'ivoire et préservation de la biodiversité).