

COURS

L'histoire de l'âge de la Terre

1^{re}

Programme d'enseignement scientifique de première générale — BO 2023 n°25 — MENE2312806A

Pendant des siècles, l'**âge de la Terre** s'est estimé à quelques milliers d'années, puis à quelques dizaines de millions. Ce n'est pas que les savants calculaient mal : c'est qu'il leur manquait une horloge. La **radioactivité** la leur a donnée, et le chiffre a été multiplié par cent.

1 Des estimations bornées par leurs méthodes

PROPRIÉTÉ

Les premières estimations naturalistes reposaient sur des vitesses supposées — refroidissement d'un globe initialement fondu, accumulation des sédiments, salinité des océans. Chacune donnait un ordre de grandeur, et chacune était **bornée par son hypothèse**. Le calcul de refroidissement, en particulier, ignorait une source de chaleur alors inconnue : la **désintégration** d'éléments radioactifs à l'intérieur du globe. Le résultat était donc trop court, non par erreur de calcul, mais par ignorance d'un terme.

2 L'horloge radioactive

DÉFINITION

La **demi-vie** d'un **isotope** radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux d'un échantillon se sont **désintégrés**. Elle est propre à chaque isotope et ne dépend ni de la température, ni de la pression, ni de la combinaison chimique — c'est ce qui en fait une horloge fiable, insensible à l'histoire géologique de la roche.

RÈGLE

La **demi-vie** ne dit pas quand un noyau se **désintégrera** : elle dit au bout de combien de temps la **moitié** d'un très grand nombre l'aura fait. C'est une propriété **statistique** d'une population de noyaux, jamais une échéance individuelle.

$$\text{après } n \text{ demi-vies, il reste une fraction } \frac{1}{2^n}$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Raisonnement sur un noyau isolé comme si sa demi-vie était sa durée de vie. — La **désintégration** est un phénomène **aléatoire** : un noyau donné peut se désintégrer dans la seconde ou dans un million d'années, et son passé n'y change rien — il ne vieillit pas. La demi-vie est une propriété statistique d'une population, pas une échéance individuelle. Une **datation** n'est fiable que parce qu'elle porte sur un nombre immense de noyaux.

Le réflexe : Parler d'une **proportion restante** dans un échantillon, jamais du sort d'un noyau.

EXEMPLE

Un échantillon contient encore un huitième de son isotope père initial. La demi-vie de cet isotope vaut 700 millions d'années. Quel est son âge ?

① On compte les moitiés successives : la moitié, puis le quart, puis le huitième — soit trois demi-vies.

② Âge, en millions d'années :

$$3 \times 700 = 2100$$

Environ 2,1 milliards d'années, sous réserve que le système soit resté fermé.

3 Le résultat, et ce qu'il suppose

PROPRIÉTÉ

La **datation** radiométrique donne aujourd'hui un **âge de la Terre** de l'ordre de 4,5 milliards d'années. Le résultat repose sur une hypothèse à énoncer : le système doit être resté **fermé**, c'est-à-dire qu'aucun apport ni aucune perte d'isotope père ou fils n'a eu lieu depuis la fermeture. Un échauffement, une circulation d'eau, une altération peuvent rouvrir le système et fausser l'horloge.

Il faut aussi choisir l'**isotope** en fonction de la durée à mesurer. Une demi-vie trop courte laisse trop peu de matière père pour être mesurée sur de très longues durées ; une demi-vie trop longue ne laisse pas apparaître de différence mesurable sur une durée brève. Dater un vestige de quelques milliers d'années et une roche de plusieurs milliards ne se fait donc pas avec la même horloge.

DATER PAR LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

- ① Relever la **proportion restante** de l'isotope père dans l'échantillon.
- ② Compter combien de fois cette proportion se déduit par **moitiés successives**.
- ③ Multiplier ce nombre de **demi-vies** par la durée d'une demi-vie.
Un quart restant correspond à deux demi-vies, un huitième à trois.
- ④ Vérifier que la demi-vie choisie est **adaptée** à la durée à mesurer.
- ⑤ Conclure en donnant l'âge avec son **incertitude**, jamais un nombre isolé.

À VÉRIFIER

- Ai-je dit que la **demi-vie** est **statistique** ?
- Ai-je compté les demi-vies par **moitiés successives** ?
- Ai-je énoncé l'hypothèse du **système fermé** ?
- Ai-je justifié le choix de l'**isotope** par la durée à mesurer ?
- Ai-je expliqué pourquoi les estimations anciennes étaient trop courtes ?

À RETENIR

- **Demi-vie** : durée au bout de laquelle la moitié des noyaux se sont désintégrés.
- C'est une propriété **statistique**, pas une échéance individuelle.
- Un noyau ne vieillit pas : la **désintégration** est aléatoire.
- Après n demi-vies, il reste une fraction $1/2^n$.
- Un quart restant = 2 demi-vies ; un huitième = 3.
- La demi-vie ne dépend ni de la température, ni de la pression.
- **Datation** valable si le système est resté **fermé**.
- Âge de la Terre $\approx$ **4,5 milliards d'années**.
- Les estimations anciennes ignoraient la chaleur radioactive interne.