



ENS SCIENTIFIQUE · 1ÈRE

✓ EXIGIBLE AU BAC

PRIORITÉ P1

La radioactivité

décroissance et applications médicales

🎯 À LA FIN DE CETTE FICHE, TU SAURAS...

- ✓ Définir un noyau instable et expliquer pourquoi il subit une désintégration radioactive spontanée.
- ✓ Différencier les rayonnements alpha, bêta et gamma émis lors d'une désintégration radioactive.
- ✓ Utiliser la demi-vie d'un radionucléide pour calculer sa décroissance au cours du temps.
- ✓ Citer des applications médicales de la radioactivité (imagerie, curiethérapie) et les précautions de radioprotection associées.

TON PARCOURS DE RÉVISION — coche chaque partie une fois révisée !

- | | |
|---|---|
| ☐ 1 · Les mots à connaître | ☐ 8 · Tips pour t'en souvenir |
| ☐ 2 · Les mécanismes à maîtriser | ☐ 9 · La carte mentale |
| ☐ 3 · Les références et les chiffres | ☐ 10 · Trouve l'erreur |
| ☐ 4 · Méthode A | ☐ 11 · Exercices type Bac |
| ☐ 5 · Méthode B | ☐ 12 · QCM chrono (5 min) |
| ☐ 6 · Exemple type Bac | ☐ 13 · Ta carte « 30 secondes » |
| ☐ 7 · Les pièges à éviter | ☐ ∞ Corrections (pour les parents) |

👤 LE COIN DES PARENTS — pas besoin de connaître le cours, tout est justifié.

1. Consultez avec l'élève le calendrier des devoirs et contrôles pour caler la révision de cette fiche.
2. Proposez un planning de révision espacée (J+1, J+3, J+7, J+14), sans intervenir sur le contenu scientifique si vous ne maîtrisez pas la physique nucléaire.
3. Si l'élève doit un jour recevoir un examen médical utilisant la radioactivité (scintigraphie), rappelez que c'est une pratique strictement encadrée par la radioprotection, sans lien avec les accidents nucléaires évoqués ailleurs : évitez toute inquiétude inutile.

1

Les mots à connaître *surligne ceux que tu confonds !*

Noyau instable (radionucléide) — un noyau atomique dont la proportion de neutrons et de protons le rend susceptible de se transformer spontanément en un autre noyau ; on l'appelle aussi radionucléide.

Isotope — l'un de deux ou plusieurs noyaux d'un même élément chimique (même nombre de protons) qui diffèrent par leur nombre de neutrons. Par exemple l'iode 127, stable, et l'iode 131, instable, sont deux isotopes de l'iode.

Désintégration radioactive (radioactivité, décroissance radioactive) — la transformation spontanée, au cours du temps, d'un noyau instable en un autre noyau, accompagnée de l'émission d'un rayonnement. La diminution progressive du nombre de noyaux non désintégrés dans un échantillon s'appelle la décroissance radioactive.

Demi-vie (période radioactive) — la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux instables initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés ; elle est propre à chaque radionucléide.

Rayonnement alpha — un rayonnement radioactif peu pénétrant, arrêté par une simple feuille de papier.

Rayonnement bêta — un rayonnement radioactif plus pénétrant que le rayonnement alpha, arrêté par quelques millimètres d'aluminium.

Rayonnement gamma — le plus pénétrant des trois rayonnements radioactifs, arrêté seulement par un écran épais de plomb ou de béton.

Imagerie médicale (scintigraphie) — une technique qui utilise un radionucléide injecté dans l'organisme pour observer le fonctionnement d'un organe depuis l'extérieur du corps, grâce à son rayonnement gamma détectable.

Curiethérapie — un traitement qui place une source radioactive au contact direct ou à proximité immédiate d'une tumeur, pour détruire localement les cellules cancéreuses.

Radiothérapie externe — un traitement qui vise une tumeur avec un rayonnement gamma pénétrant émis par une source radioactive placée à distance, à l'extérieur du corps du patient, à la différence de la curiethérapie où la source est au contact direct de la tumeur.

Radioprotection — l'ensemble des règles qui limitent l'exposition aux rayonnements ionisants, en combinant réduction du temps d'exposition, augmentation de la distance à la source et interposition d'un écran adapté.

2

Les mécanismes à maîtriser *chacun avec son exemple*

- 1 **Un noyau atomique est dit instable lorsque la proportion de neutrons et de protons qu'il contient le rend spontanément susceptible de se transformer en un autre noyau ; cette transformation spontanée s'appelle une désintégration radioactive.**

exemple → L'iode 131, utilisé en médecine nucléaire, est un isotope instable de l'iode, contrairement à l'iode 127, stable, qui est le seul isotope naturel de l'iode.

- 2 **Lors d'une désintégration radioactive, un noyau instable émet un rayonnement alpha, bêta ou gamma, et se transforme le plus souvent en un noyau d'un autre élément chimique.**

exemple → Le cobalt 60, utilisé en radiothérapie externe, se désintègre en émettant un rayonnement bêta puis un rayonnement gamma, très pénétrant, utilisé pour détruire des cellules cancéreuses.

- 3 **La demi-vie d'un radionucléide est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux instables initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés ; elle est caractéristique de chaque radionucléide.**

exemple → La demi-vie de l'iode 131 est d'environ 8 jours : un échantillon de 100 mg n'en contient plus qu'environ 50 mg après 8 jours, puis environ 25 mg après 16 jours.

- 4 **La décroissance radioactive suit une loi mathématique : après chaque durée égale à une demi-vie, la quantité de noyaux non désintégrés est divisée par deux, quelle que soit la quantité de départ.**

exemple → Le technétium 99m, utilisé en scintigraphie, a une demi-vie d'environ 6 heures : une dose administrée à 8h est divisée par deux à 14h, puis encore par deux à 20h.

- 5 **Les trois types de rayonnements radioactifs (alpha, bêta, gamma) ne traversent pas la matière de la même manière : plus un rayonnement est pénétrant, plus l'écran nécessaire pour l'arrêter doit être épais et dense.**

exemple → Une simple feuille de papier arrête un rayonnement alpha, quelques millimètres d'aluminium arrêtent un rayonnement bêta, alors qu'un rayonnement gamma nécessite un écran de plomb ou de béton épais.

- 6 **En médecine nucléaire, un radionucléide est choisi selon sa demi-vie et le type de rayonnement qu'il émet : une demi-vie courte limite l'exposition du patient, tandis qu'un rayonnement pénétrant permet de détecter le noyau depuis l'extérieur du corps.**

exemple → Le technétium 99m, avec sa demi-vie courte d'environ 6 heures et son rayonnement gamma détectable de l'extérieur, est le radionucléide le plus utilisé en scintigraphie, pour l'imagerie de la thyroïde ou du squelette.

- 7 **La radioprotection contre les rayonnements ionisants repose sur trois leviers combinés : réduire le temps d'exposition, augmenter la distance à la source, et interposer un écran adapté au type de rayonnement.**

exemple → Un manipulateur en radiologie s'éloigne de la source entre deux préparations, limite son temps de présence à proximité, et se protège derrière un écran de plomb.

3 Les références et les chiffres — pour étoffer tes arguments

- 1 **Programme officiel enseignement scientifique (BO n°25 du 22/06/2023)** — demande d'expliquer l'utilisation de noyaux radioactifs en contexte médical et de citer les précautions de radioprotection associées, dans le thème « Une longue histoire de la matière ».
- 2 **Données de demi-vie des radionucléides médicaux usuels** — l'iode 131 a une demi-vie d'environ 8 jours, le technétium 99m d'environ 6 heures, et le cobalt 60 d'environ 5 ans et 3 mois.
- 3 **Principes de radioprotection (ASNR, Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection)** — la protection contre les rayonnements ionisants combine trois leviers : réduire le temps d'exposition, augmenter la distance à la source, interposer un écran adapté au type de rayonnement.
- 4 **Synthèses de médecine nucléaire (imagerie et traitements par radionucléides)** — la scintigraphie utilise un radionucléide injecté pour observer le fonctionnement d'un organe depuis l'extérieur du corps, tandis que la curiethérapie place une source radioactive au contact d'une tumeur pour la traiter localement.
- 5 **Isotopes de l'iode** — l'iode 127 est le seul isotope stable de l'iode naturel ; l'iode 131, instable, est utilisé en médecine nucléaire pour l'imagerie et le traitement de la thyroïde.

4

Méthode A — Utiliser la demi-vie pour calculer une décroissance radioactive

Exemple suivi : un échantillon initial de 80 mg d'iode 131 (demi-vie environ 8 jours), au bout de 24 jours.

- Étape 1** Repérer la demi-vie du radionucléide étudié, c'est-à-dire la durée après laquelle la quantité de noyaux non désintégrés est divisée par deux.
- Étape 2** Compter combien de demi-vies se sont écoulées depuis l'instant initial, en divisant la durée totale par la demi-vie.
- Étape 3** Diviser par deux la quantité initiale de noyaux autant de fois qu'il y a de demi-vies écoulées.
- ✓ **Conclure sur la quantité de noyaux non désintégrés restante à cet instant.**

5

Méthode B — Choisir un radionucléide adapté à une application médicale

Exemple suivi : le choix entre le technétium 99m pour une scintigraphie de la thyroïde et l'iode 131 pour un traitement de cette même thyroïde.

- Étape 1** Identifier l'objectif recherché : observer un organe de l'extérieur (imagerie) ou détruire des cellules ciblées (traitement).
- Étape 2** Pour l'imagerie, privilégier un radionucléide à demi-vie courte et à rayonnement gamma, détectable depuis l'extérieur du corps sans détruire les tissus environnants.
- Étape 3** Pour un traitement comme la curiethérapie, privilégier un radionucléide dont le rayonnement dépose son énergie localement, au plus près de la tumeur.
- Étape 4** Justifier le choix par le compromis entre efficacité de détection ou de traitement et limitation de l'exposition du patient.

6

Exemple type Bac — rédigé pas à pas

Un patient reçoit une injection de technétium 99m (demi-vie environ 6 heures) pour une scintigraphie osseuse à 8h. L'examen d'imagerie a lieu à 14h. Expliquer pourquoi ce radionucléide est adapté à cet examen et calculer la fraction de la dose initiale de technétium 99m encore non désintégrée au moment de l'examen (on négligera l'élimination biologique).

Étape 1 — Identifier la demi-vie du technétium 99m : environ 6 heures.

Étape 2 — Calculer la durée écoulée entre l'injection (8h) et l'examen (14h) : 6 heures, soit exactement une demi-vie.

Étape 3 — Appliquer la loi de décroissance : après une demi-vie, la quantité de noyaux non désintégrés est divisée par deux.

Étape 4 — Expliquer que le rayonnement gamma émis par le technétium 99m traverse les tissus et peut être détecté depuis l'extérieur du corps, ce qui permet l'imagerie sans intervention chirurgicale.

Étape 5 — Conclure sur l'intérêt du choix : une demi-vie courte, qui limite l'exposition du patient, associée à un rayonnement détectable de l'extérieur.

Conclusion : Au moment de l'examen, à 14h, une demi-vie s'est écoulée depuis l'injection : il reste environ la moitié de la dose initiale de technétium 99m non désintégrée. Ce radionucléide est adapté à la scintigraphie car sa demi-vie courte limite l'exposition du patient tout en laissant le temps de réaliser l'examen, et son rayonnement gamma, pénétrant, est détectable depuis l'extérieur du corps.

7 Les pièges à éviter *les erreurs classiques en DS...*

✗ Confondre demi-vie et durée totale de disparition des noyaux : après une demi-vie, il reste la moitié des noyaux, pas zéro ; il faut plusieurs demi-vies successives pour que la quantité devienne très faible.

✗ Croire que tous les rayonnements radioactifs traversent la matière de la même façon, alors que le rayonnement alpha est arrêté par une feuille de papier, le rayonnement bêta par quelques millimètres d'aluminium, et seul le rayonnement gamma nécessite un écran de plomb ou de béton épais.

✗ Penser que la radioactivité est un phénomène purement dangereux à éviter, alors qu'elle est aussi utilisée de façon maîtrisée en médecine, pour l'imagerie (scintigraphie) comme pour le traitement (curiethérapie), sous des règles strictes de radioprotection.

✗ Oublier que le choix d'un radionucléide médical résulte d'un compromis entre demi-vie, type de rayonnement et objectif (imagerie ou traitement), pas d'un seul critère isolé.

8 Tips — pour t'en souvenir

Retiens l'ordre de pénétration croissante des rayonnements : alpha (papier) < bêta (aluminium) < gamma (plomb/béton).

Pour un calcul de décroissance, compte d'abord le nombre de demi-vies écoulées, puis divise par deux autant de fois — jamais l'inverse.

Associe chaque application à sa logique : scintigraphie = observer de l'extérieur (rayonnement gamma détectable), curiethérapie = détruire localement (source au contact de la tumeur).

9 La carte mentale *dessiner, c'est mémoriser !*

« LA RADIOACTIVITÉ : DÉCROISSANCE ET APPLICATIONS » au centre, 4 branches colorées. NOYAU INSTABLE ET DÉSINTÉGRATION : définition + exemple iode 131/iode 127. DEMI-VIE ET DÉCROISSANCE : définition + exemple chiffré de division par deux successive. RAYONNEMENTS ET ÉCRANS : alpha/bêta/gamma + écran adapté à chacun. APPLICATIONS ET RADIOPROTECTION : scintigraphie/curiethérapie + les trois leviers temps/distance/écran. Un exemple chiffré par branche. Redessine-la de mémoire après avoir lu la fiche.



ta carte mentale, de mémoire...

10 À toi de jouer — trouve l'erreur

Un élève écrit : « La demi-vie de l'iode 131 est de 8 jours, donc après 16 jours, tout l'iode 131 a disparu de l'organisme. »

→ *cherche l'erreur avant de lire la réponse !*

L'erreur : L'élève confond demi-vie et disparition totale : après 16 jours, soit deux demi-vies, il reste environ un quart de la quantité initiale de noyaux non désintégrés, pas zéro. Réflexe : après une demi-vie, la quantité de noyaux non désintégrés est divisée par deux, jamais annulée d'un coup ; il faut plusieurs demi-vies successives pour que la quantité restante devienne très faible.

11 Exercices type Bac *corrections en fin de fiche ✂*

Exercice 1. Le cobalt 60 a une demi-vie d'environ 5 ans et 3 mois. Une source de cobalt 60 utilisée en radiothérapie externe contient initialement 40 mg de cobalt 60 radioactif. Quelle masse de cobalt 60 non désintégré reste-t-il après environ 10 ans et 6 mois (soit deux demi-vies) ?

Exercice 2. Explique pourquoi un manipulateur qui prépare une injection de technétium 99m pour un patient doit s'éloigner de la source entre deux préparations, limiter son temps d'exposition et utiliser un écran adapté. Cite les trois leviers de la radioprotection mobilisés.

12

QCM — 10 questions

⌚ 5 MIN MAX • OBJECTIF 8/10

Une seule bonne réponse par question, sans calculatrice — entraînement épreuve d'automatismes du Bac 2026.

1. Un noyau atomique est dit « instable » lorsque :

- ☐ A il ne contient aucun neutron
- ☐ B il a été fabriqué artificiellement en laboratoire, jamais présent dans la nature
- ☐ C il possède une proportion de neutrons et de protons qui le rend susceptible de se transformer spontanément en un autre noyau

2. La demi-vie d'un radionucléide est :

- ☐ A la durée après laquelle la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés
- ☐ B la durée après laquelle il ne reste plus aucun noyau non désintégré
- ☐ C la durée de vie moyenne d'une personne exposée à ce radionucléide

3. L'iode 131 a une demi-vie d'environ 8 jours. Un échantillon initial de 60 mg d'iode 131 en contient, après 16 jours, environ :

- ☐ A 30 mg
- ☐ B 15 mg
- ☐ C 0 mg

4. Parmi les trois types de rayonnements radioactifs, lequel est arrêté par une simple feuille de papier ?

- ☐ A le rayonnement alpha
- ☐ B le rayonnement bêta
- ☐ C le rayonnement gamma

5. Le technétium 99m, radionucléide le plus utilisé en scintigraphie, est privilégié pour l'imagerie médicale car :

- ☐ A sa demi-vie très longue permet de réutiliser la même dose plusieurs mois
- ☐ B il ne produit aucun rayonnement, donc aucun risque pour le patient
- ☐ C sa demi-vie courte (environ 6 heures) et son rayonnement gamma détectable de l'extérieur du corps limitent l'exposition du patient tout en permettant l'examen

6. La curiethérapie consiste à :

- ☐ A injecter un produit radioactif dans le sang pour observer un organe depuis l'extérieur du corps
- ☐ B placer une source radioactive au contact direct ou à proximité immédiate d'une tumeur pour la détruire localement
- ☐ C photographier un organe grâce à une technique d'imagerie classique qui n'utilise aucun radionucléide

7. Après une désintégration radioactive, le noyau obtenu (noyau fils) :

- ☐ A peut être un noyau d'un autre élément chimique que le noyau initial
- ☐ B est toujours identique au noyau initial (même élément chimique)
- ☐ C n'existe pas, seul un rayonnement est produit, sans transformation du noyau

8. Les trois leviers de la radioprotection contre les rayonnements ionisants sont :

- ☐ A la température, la pression, l'humidité
- ☐ B la couleur, la forme et la taille de la source radioactive
- ☐ C le temps d'exposition, la distance à la source, l'écran interposé

9. Deux isotopes d'un même élément chimique, comme l'iode 127 (stable) et l'iode 131 (instable) :

- ☐ A ont un nombre de protons différent mais le même nombre de neutrons
- ☐ B ont le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent
- ☐ C sont deux éléments chimiques totalement différents

10. Parmi les affirmations suivantes sur les applications médicales de la radioactivité, laquelle est CORRECTE ?

- ☐ A la scintigraphie et la curiethérapie utilisent toutes deux des radionucléides, mais l'une sert à observer un organe et l'autre à traiter une tumeur
- ☐ B le choix d'un radionucléide médical dépend uniquement de sa disponibilité en pharmacie, jamais de sa demi-vie ni du rayonnement émis
- ☐ C toute utilisation médicale de la radioactivité est interdite en France depuis la mise en place des règles de radioprotection



13

En 30 secondes — ta carte de dernière révision

découpe-la et garde-la dans ta trousse — révision de veille de contrôle !

- Un noyau instable se désintègre spontanément en émettant un rayonnement alpha, bêta ou gamma, souvent en se transformant en un noyau d'un autre élément chimique.
- La demi-vie est la durée après laquelle la moitié des noyaux non désintégrés d'un échantillon ont disparu : l'iode 131 (8 jours), le technétium 99m (6 heures) et le cobalt 60 (environ 5 ans) ont chacun leur propre demi-vie.
- En médecine, la scintigraphie observe un organe grâce à un rayonnement gamma détectable de l'extérieur, tandis que la curiethérapie détruit localement une tumeur avec une source radioactive placée à son contact. La radioprotection combine temps, distance et écran.

PLAN DE RÉVISION ESPACÉE — relis la carte et refais le QCM : ☐ J+1 ☐ J+3 ☐ J+7 ☐ J+14



QCM en ligne

VA PLUS LOIN — TESTE-TOI SUR CETTE NOTION

 Scanne le QR code (ou clique dessus) : le QCM chronométré de cette notion, note immédiate, chaque erreur expliquée. Gratuit, sans inscription.

 Pour t'entraîner — QCM en nombre, évaluations, explications détaillées, analyse de tes points faibles — l'abonnement Réussito (sans engagement) : via le QR code ou sur reussito.fr/abo

 Débloque toutes les fiches de 1ère : via le QR code ou sur reussito.fr/premiere



L'élève travaille sans les solutions sous les yeux ; vous corrigez ensemble avec ces pages. Chaque réponse est justifiée : pas besoin de connaître le cours.

Correction des exercices

Exercice 1. Après une demi-vie (environ 5 ans et 3 mois), il reste la moitié de 40 mg, soit 20 mg de cobalt 60 non désintégré. Après une deuxième demi-vie (soit environ 10 ans et 6 mois au total), il reste la moitié de 20 mg, soit 10 mg de cobalt 60 non désintégré.

Exercice 2. La radioprotection repose sur trois leviers combinés : réduire le temps d'exposition à la source radioactive, augmenter la distance à cette source, et interposer un écran adapté au type de rayonnement émis (par exemple du plomb pour un rayonnement gamma). Le manipulateur applique ces trois leviers pour limiter son exposition professionnelle répétée.

Réponses du QCM — expliquées une par une

- 1 → C** Un noyau instable est un noyau dont la proportion de neutrons et de protons le rend susceptible de subir une désintégration radioactive spontanée, qu'il soit naturel ou artificiel. *Piège : A décrit une situation sans lien avec la définition de l'instabilité. B est faux, de nombreux noyaux instables sont naturellement présents dans l'environnement, par exemple dans certaines roches, sans avoir été fabriqués par l'être humain.*
- 2 → A** La demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux instables initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés ; elle est propre à chaque radionucléide. *Piège : B confond demi-vie et disparition totale, qui n'est jamais atteinte exactement selon ce modèle de décroissance par moitiés successives ; C n'a aucun lien avec la définition physique de la demi-vie d'un radionucléide.*
- 3 → B** 16 jours correspondent à deux demi-vies : 60 mg deviennent 30 mg après 8 jours, puis 15 mg après 16 jours. *Piège : A ne compte qu'une seule demi-vie écoulée sur les deux ; C confond demi-vie et disparition totale, jamais atteinte exactement selon ce modèle.*
- 4 → A** Le rayonnement alpha est le moins pénétrant des trois : une simple feuille de papier suffit à l'arrêter. *Piège : B nécessite un écran plus épais, quelques millimètres d'aluminium, pour être arrêté ; C, le plus pénétrant, nécessite un écran de plomb ou de béton épais.*
- 5 → C** Le technétium 99m est choisi pour sa demi-vie courte, qui limite l'exposition du patient, et pour son rayonnement gamma, détectable depuis l'extérieur du corps. *Piège : A inverse la réalité : la demi-vie du technétium 99m est courte, environ 6 heures, pas longue. B est faux, le technétium 99m émet bien un rayonnement gamma, c'est justement ce qui permet de le détecter depuis l'extérieur du corps.*
- 6 → B** La curiethérapie place une source radioactive au contact ou à proximité immédiate d'une tumeur, pour détruire localement les cellules cancéreuses. *Piège : A décrit le principe de la scintigraphie, une technique d'imagerie, pas un traitement ; C décrit une technique d'imagerie classique qui n'utilise pas de radionucléide, différente de la curiethérapie.*
- 7 → A** Une désintégration radioactive transforme le plus souvent le noyau instable en un noyau d'un élément chimique différent, tout en émettant un rayonnement. *Piège : B est faux, le noyau se transforme le plus souvent en un noyau d'un élément chimique différent ; C est faux, la désintégration produit à la fois un rayonnement ET un nouveau noyau, le noyau fils.*

8 → C

La radioprotection combine trois leviers : réduire le temps d'exposition, augmenter la distance à la source, et interposer un écran adapté au type de rayonnement. *Piège : A cite des grandeurs physiques sans lien avec la protection contre les rayonnements ionisants ; B cite des caractéristiques sans effet sur l'exposition aux rayonnements.*

9 → B

Deux isotopes d'un même élément chimique ont le même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différent ; c'est ce qui distingue l'iode 127, stable, de l'iode 131, instable. *Piège : A inverse la définition d'un isotope ; C est faux, deux isotopes d'un même élément chimique appartiennent au même élément, ils partagent le même nombre de protons.*

10 → A

La scintigraphie utilise un radionucléide pour observer un organe depuis l'extérieur du corps, tandis que la curiethérapie place une source radioactive au contact d'une tumeur pour la traiter : deux applications différentes d'un même phénomène. *Piège : B est faux, le choix d'un radionucléide dépend précisément de sa demi-vie et du type de rayonnement qu'il émet, adaptés à l'objectif médical. C est faux, la radioactivité est utilisée en médecine de façon maîtrisée, sous des règles strictes de radioprotection, mais elle n'est pas interdite.*