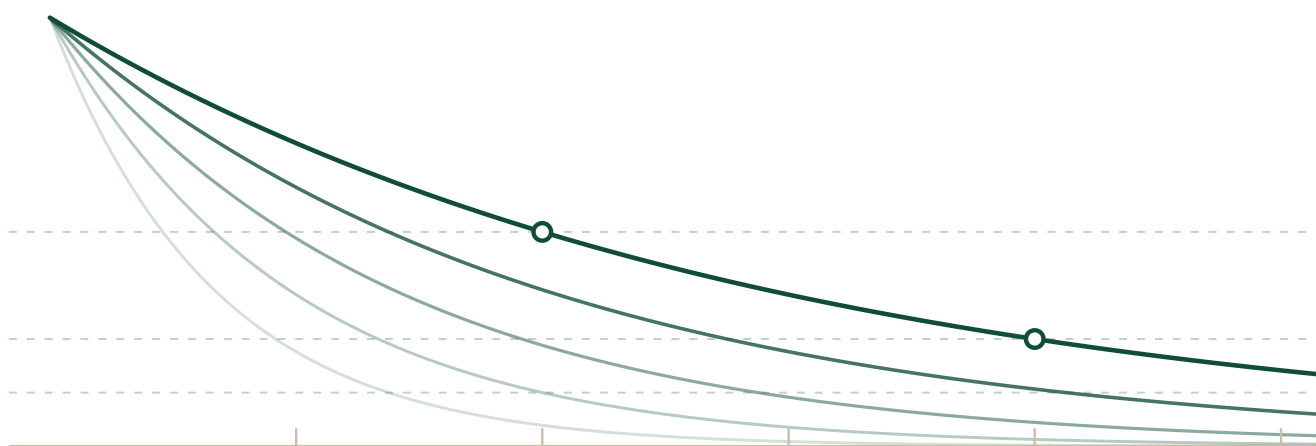




Radioactivité et décroissance

loi de décroissance, demi-vie & datation

Dix exercices progressifs, entièrement corrigés, pour installer une méthode unique : lois de conservation, équation différentielle, temps de demi-vie, activité, datation. Exactement le niveau attendu le jour du baccalauréat.



10

EXERCICES
CORRIGÉS

16

CARTES
FORMULES

3

NIVEAUX
PROGRESSIFS

100 %

DU PROGRAMME
OFFICIEL

Programme d'enseignement de spécialité physique-chimie, classe terminale de la voie générale · Partie « Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire » · Toutes les capacités exigibles sont couvertes, y compris la capacité mathématique et les questions de restitution.



POUR COMMENCER

Comment travailler ce cahier	3
Le programme, capacité par capacité	3
Mémo de cours · 16 cartes formules	5
Quiz de positionnement · 16 questions	14
Corrigé du quiz & par où commencer	15

NIVEAU ★ · DÉCOUVERTE

01 Stable ou radioactif ?	VRAI/FAUX · QCM	16
02 Écrire une équation nucléaire	GUIDÉ	17
03 La démonstration de référence	À TROUS	18
04 Lire une courbe de décroissance	GRAPHIQUE	19

NIVEAU ★★ · MAÎTRISE

05 L'iode 131 à l'hôpital	MÉDECINE	21
06 Neuf mesures, une demi-vie	DONNÉES EXPÉ	22
07 Produire et décroître	ÉQUA. DIFF.	23

NIVEAU ★★★ · TYPE BAC

08 La grotte ornée	DATATION	25
09 Le radon dans la cave	RADIOPROTECTION	26
10 L'âge de la Terre	LE DÉFI	27

CORRIGÉS DÉTAILLÉS

Exercices 01 à 04	29
Exercices 05 à 07	33
Exercices 08 à 10	38

POUR FINIR

Fiche synthèse — tout le chapitre en 1 page	44
---	----

TROIS NIVEAUX, UNE PROGRESSION

★ **DÉCOUVERTE** Une notion à la fois, énoncés guidés, formats variés (vrai/faux, QCM, texte à trous, lecture graphique). Objectif : installer les automatismes.

★★ **MAÎTRISE** Plusieurs étapes enchaînées, données expérimentales à exploiter, résolution complète d'une équation différentielle.

★★★ **TYPE BAC** Format et exigences de l'épreuve : analyse, calcul, esprit critique sur le modèle. Le n° 10 est volontairement plus dur que tout le reste.

A • Complète la démonstration

Nombre de désintégrations pendant dt il se désintègre noyaux, donc $dN = \dots\dots\dots$

Équation différentielle $\frac{dN}{dt} = \dots\dots\dots$ soit $\frac{dN}{dt} + \dots\dots\dots = 0$

Nature de l'équation équation différentielle, du ordre, à coefficients

Forme des solutions $N(t) = \dots\dots\dots$ avec C constante

Condition initiale à $t = 0$: $N(0) = \dots\dots\dots$, or $N(0) = C$, donc $C = \dots\dots\dots$

Loi de décroissance $N(t) = \dots\dots\dots$

Temps de demi-vie on écrit $N(t_{1/2}) = \dots\dots\dots$, d'où $t_{1/2} = \dots\dots\dots$

B • Exploiter

APPLICATION NUMÉRIQUE

Iode 131 : $t_{1/2} = 8,02 \text{ jours} \cdot \ln 2 = 0,693 \cdot 1 \text{ jour} = 86\,400 \text{ s}$.

- Justifier **par une phrase rédigée** la présence du signe moins dans l'équation différentielle. C'est cette phrase que le correcteur cherche.
- Vérifier que la fonction $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ est bien solution de l'équation différentielle, **et** qu'elle satisfait la condition initiale.
- Établir l'expression du temps de demi-vie $t_{1/2}$ en fonction de λ . **Détaillez le passage au logarithme.**
- Calculer la constante radioactive de l'iode 131, d'abord en jour^{-1} , puis en s^{-1} .
- Au bout de combien de jours ne reste-t-il plus que 12,5 % des noyaux initiaux ? Répondre **sans calculatrice**.
- Combien de demi-vies faut-il attendre pour que la population passe sous 1 % de sa valeur initiale ? En déduire la durée correspondante pour l'iode 131.
- Un élève écrit : « $\lambda = 8,64 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ ». Repérer son erreur et expliquer en une phrase pourquoi elle est grave.

04 Lire une courbe de décroissance

Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive

★ □
20 min

Aucun calcul long ici, mais des lectures graphiques que l'épreuve adore, et un aller-retour permanent entre le graphique et la loi. Justifie chaque lecture en une ligne.

DOCUMENT

Un service de médecine nucléaire reçoit une solution radioactive. L'évolution de son activité A au cours du temps est représentée ci-dessous. $\ln 2 = 0,693$.



- 14 Parce que la désexcitation γ ne modifie ni A ni Z : le noyau obtenu a exactement la même composition. Or ce sont A et Z qui définissent un nucléide, et Z seul qui définit l'élément. Le « m » de **99m** signale simplement que le noyau est dans un état excité **métastable**, c'est-à-dire de durée de vie inhabituellement longue — six heures ici, ce qui laisse le temps de fabriquer le traceur et de réaliser l'examen.

03 La démonstration de référence



A · La démonstration complétée

Nombre de désintégrations	il se désintègre $\lambda N(t) dt$ noyaux, donc $dN = -\lambda N(t) dt$
Équation différentielle	$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ · soit $\frac{dN}{dt} + \lambda N = 0$
Nature de l'équation	équation différentielle linéaire et sans second membre , du premier ordre , à coefficients constants
Forme des solutions	$N(t) = C e^{-\lambda t}$
Condition initiale	à $t = 0 : N(0) = N_0$, or $N(0) = C$, donc $C = N_0$
Loi de décroissance	$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ · (F8)
Temps de demi-vie	on écrit $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$, d'où $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ · (F9)

B · Exploiter

- 1 Rédaction attendue : « Pendant dt , un certain nombre de noyaux disparaissent : la population N ne peut que **diminuer**. Sa variation dN est donc négative, alors que λ , N et dt sont tous trois positifs. Le signe moins traduit exactement cette décroissance. » Ne réponds jamais « parce que c'est une décroissance » sans expliciter les signes : c'est le raisonnement qui est évalué.

- 2 On dérive : $\frac{dN}{dt} = N_0 \times (-\lambda) e^{-\lambda t} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N(t)$. L'équation différentielle **F7** est donc bien vérifiée.

Il reste la condition initiale : $N(0) = N_0 e^0 = N_0$. Elle est satisfaite. La fonction proposée est donc **l'unique** solution du problème.

- 3 Par définition, à la date $t_{1/2}$ il reste la moitié des noyaux :

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \implies e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

On applique le logarithme népérien aux deux membres : $-\lambda t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln 2$, d'où $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ (en secondes si λ est en s^{-1}). Remarque : N_0 a disparu — la demi-vie ne dépend pas de la quantité de matière.

- 4 $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{8,02}$, soit $\lambda = 8,64 \times 10^{-2} \text{ jour}^{-1}$.

Pour l'obtenir en s^{-1} , on exprime la demi-vie en secondes : $t_{1/2} = 8,02 \times 86\,400 = 6,93 \times 10^5 \text{ s}$, d'où

$$\lambda = 1,00 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

- 5 $12,5 \% = 0,125 = \left(\frac{1}{2}\right)^3$: il s'est donc écoulé exactement **trois demi-vies (F10)**. La durée cherchée vaut $3 \times 8,02$, soit $t = 24,1 \text{ jours}$. Aucune calculatrice n'est nécessaire : 50 %, 25 %, 12,5 %.

- 6 On cherche n tel que $\left(\frac{1}{2}\right)^n \leq 0,01$, c'est-à-dire $2^n \geq 100$, soit $n \geq \frac{\ln 100}{\ln 2} = 6,64$. Il faut donc **7 demi-vies** pour passer sous 1 %.

Pour l'iode 131 : $7 \times 8,02$, soit $t = 56,1 \text{ jours}$, un peu moins de deux mois.

- 7 L'erreur est une **erreur d'unité** : la valeur $8,64 \times 10^{-2}$ est celle de λ en jour^{-1} , pas en s^{-1} — il y a un facteur 86 400 entre les deux. Elle est grave parce qu'elle est **invisible** : le calcul suivant s'exécute sans erreur apparente et donnera un résultat faux d'un facteur cent mille. C'est en particulier fatal pour un calcul d'activité, qui exige λ en s^{-1} pour donner des becquerels (**F11**).

