

Université Constantine 1 — Faculté des Sciences Exactes

Département de Chimie

Module : Structure de la Matière (Chimie I) | L1 Chimie | 2025/2026

Travaux Dirigés N° 3

Le noyau atomique — radioactivité et applications

Enseignante : Dr. ZERDOUM Radia

Données numériques (valables pour l'ensemble du TD) $m_p = 1,007\,276\text{ u}$; $m_n = 1,008\,665\text{ u}$. $1\text{ u} = 1,660\,539 \times 10^{-27}\text{ kg} = 931,5\text{ MeV}/c^2$; $c = 3,00 \times 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. $N_A = 6,022 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$; $1\text{ an} \approx 365,25\text{ jours}$.**Exercice 1 — Défaut de masse et énergie de liaison du noyau d'hélium**Le noyau ${}^4_2\text{He}$ a une masse mesurée de $4,001\,506\text{ u}$.

1. Calculer le défaut de masse Δm en u, puis en kg.
2. Calculer l'énergie de liaison du noyau en J, puis en MeV.
3. Calculer l'énergie de liaison par nucléon. Commenter la stabilité de ce noyau.

Exercice 2 — Vallée de stabilité

Sur un diagramme $N = f(Z)$, placer approximativement les isotopes suivants et indiquer si chacun se trouve sur, au-dessus ou au-dessous de la vallée de stabilité. En déduire le type de désintégration probable :

- ${}^{12}\text{C}$ et ${}^{14}\text{C}$ ($Z = 6$)
- ${}^{235}\text{U}$ et ${}^{238}\text{U}$ ($Z = 92$)
- ${}^{22}\text{Na}$ et ${}^{23}\text{Na}$ ($Z = 11$)

Exercice 3 — Équations de désintégration

Compléter les équations en identifiant la particule émise et le noyau fils. Préciser le type de désintégration.

- a) ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ? + \alpha$
- b) ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow ? + \beta^-$
- c) ${}^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow ? + \beta^+$
- d) ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni}^* + ?$; puis ${}^{60}_{28}\text{Ni}^* \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + ?$
- e) ${}^{40}_{19}\text{K} + e^- \rightarrow ?$ (capture électronique)

Exercice 4 — Famille radioactive de l'uranium 238

La famille radioactive de l'uranium 238 conduit, après une série de désintégrations, au plomb 206 stable : ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb}$.

1. Déterminer le nombre total de désintégrations α et β^- subies.
2. Vérifier la conservation des nombres A et Z.

Exercice 5 — Tableau comparatif des rayonnements

Compléter le tableau suivant en indiquant, pour chaque rayonnement, sa nature, sa charge, son pouvoir de pénétration et un exemple d'émetteur.

Rayonnement	Nature	Charge	Pénétration	Exemple
α				
β^-				
β^+				
γ				

Exercice 6 — Loi de décroissance et activité

Un radioélément a une demi-vie $T = 30$ ans. Un échantillon contient initialement $8,0 \times 10^{20}$ noyaux.

1. Calculer la constante radioactive λ (en s^{-1}).
2. Calculer le nombre de noyaux restants après 90 ans, puis après 150 ans.
3. Calculer l'activité initiale, puis l'activité après 60 ans.
4. Au bout de combien de temps reste-t-il 1 % de l'échantillon initial ?

Exercice 7 — Datation au carbone 14

Le carbone 14 a une demi-vie de 5 730 ans. L'activité spécifique du ^{14}C dans un organisme vivant est de 13,6 désintégrations par minute et par gramme de carbone. On analyse un fragment de bois fossile et on mesure une activité de 2,1 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

1. Calculer la constante radioactive λ du ^{14}C (en an^{-1}).
2. Estimer l'âge du fragment de bois.
3. Quelles sont les limites de cette méthode de datation ?

Exercice 8 — Tracé d'une courbe de décroissance

Pour le radon 222 ($T = 3,82$ jours), tracer la courbe $N(t)/N_0$ en fonction du temps sur un intervalle de 20 jours. Marquer sur le graphique les points correspondant à T et à $2T$. Quelle fraction reste-t-il à $4T$?

Exercice 9 — Exposé en binôme : applications de la radioactivité

Par binôme, préparer une mini-présentation de 5 minutes sur l'une des thématiques suivantes (tirée au sort en début de séance) :

- La datation au carbone 14 : principes et exemples (linceul de Turin, grotte de Lascaux...)
- La scintigraphie thyroïdienne à l'iode 131
- Le fonctionnement d'une centrale nucléaire (cycle du combustible)
- L'accident de Tchernobyl ou de Fukushima — bilan radiologique
- La radiothérapie externe par rayons γ du cobalt 60
- La radioprotection au quotidien : exposition naturelle et professionnelle

Le binôme présente sa thématique au reste du groupe et répond aux questions. La participation active au débat sur les enjeux éthiques est prise en compte dans

l'évaluation.