

Date 17/01/2026	Faculté des Sciences Exactes	Université Chahid Hamma Lakhdar El Oued
Module Structure de la matière	Niveau <u>1^{ère} année Sciences de la Matière</u>	Durée 1 h 30 min

EXAMEN DE STRUCTURE DE LA MATIÈRE (Chimie 1)

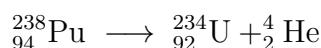
Correction – Exercice 1 : Pacemaker nucléaire (6 points)

Un pacemaker cardiaque contient une source radioactive constituée d'une masse $m = 119 \text{ mg}$ de plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$. On donne :

$$N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad M(^{238}\text{Pu}) = 238 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \quad t_{1/2} = 84 \text{ ans}.$$

1. Équation de désintégration (1 pt)

Le plutonium 238 se désintègre par émission α selon l'équation :



2. Nombre de noyaux initiaux (2 pts)

La masse en grammes est :

$$m = 119 \text{ mg} = 0,119 \text{ g}$$

Le nombre de moles est :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,119}{238} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Le nombre de noyaux initiaux est alors :

$$N_0 = n N_A = 5,0 \times 10^{-4} \times 6,023 \times 10^{23}$$

$$N_0 \approx 3,01 \times 10^{20} \text{ noyaux}$$

3. Activité radioactive initiale (2 pts)

Conversion de la demi-vie en secondes :

$$t_{1/2} = 84 \times 365 \times 24 \times 3600 \approx 2,65 \times 10^9 \text{ s}$$

La constante de désintégration est :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{2,65 \times 10^9} \approx 2,62 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

L'activité initiale du pacemaker est :

$$A_0 = \lambda N_0$$
$$A_0 = 2,62 \times 10^{-10} \times 3,01 \times 10^{20}$$

$A_0 \approx 7,9 \times 10^{10} \text{ Bq}$

4. Nombre de noyaux restants après 40 ans (1 pt)

Après 40 ans, l'activité devient égale à 40 % de l'activité initiale :

$$A = 0,40 A_0$$

Or :

$$A = \lambda N \quad \text{et} \quad A_0 = \lambda N_0$$

Donc :

$$\frac{N}{N_0} = \frac{A}{A_0} = 0,40$$

Ainsi :

$$N = 0,40 \times 3,01 \times 10^{20}$$

$N \approx 1,20 \times 10^{20} \text{ noyaux de } {}^{238}\text{Pu}$

Barème de notation

- Équation de désintégration correcte : **1 point**
- Nombre de noyaux initiaux : **2 points**
- Activité radioactive initiale : **2 points**
- Nombre de noyaux restants après 40 ans : **1 point**

Correction – Exercice 2 : Atome d'hydrogène et ion hélium (7 points)

On donne :

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \quad h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$R_H = 1,1 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}, \quad 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

1. Atome d'hydrogène (4 points)

On considère la transition électronique de $n = 3$ vers $n = 2$.

a) Variation d'énergie (1,5 pt)

L'énergie d'un niveau de l'atome d'hydrogène est :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$$

$$E_3 = -\frac{13,6}{9} = -1,51 \text{ eV}, \quad E_2 = -\frac{13,6}{4} = -3,40 \text{ eV}$$

La variation d'énergie est :

$$\Delta E = E_2 - E_3 = -3,40 - (-1,51)$$

$$\boxed{\Delta E = -1,89 \text{ eV}}$$

L'atome émet donc un photon d'énergie :

$$E_\gamma = 1,89 \text{ eV}$$

b) Fréquence du rayonnement émis (1,25 pt)

Conversion en joules :

$$E_\gamma = 1,89 \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,02 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Or :

$$E = h\nu$$

Donc :

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{3,02 \times 10^{-19}}{6,62 \times 10^{-34}}$$

$$\boxed{\nu \approx 4,56 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

c) Longueur d'onde du rayonnement (1,25 pt)

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{4,56 \times 10^{14}}$$

$$\boxed{\lambda \approx 6,58 \times 10^{-7} \text{ m} = 658 \text{ nm}}$$

Cette raie appartient à la **série de Balmer**.

2. Ion hélium He^+ (3 points)

Pour un ion hydrogénoidé :

$$E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ eV} \quad \text{avec } Z = 2$$

a) Énergie de l'état fondamental (1 pt)

$$E_1 = -13,6 \times 2^2 = -54,4 \text{ eV}$$

$$\boxed{E_1 = -54,4 \text{ eV}}$$

b) Énergie minimale absorbée pour la première excitation (1 pt)

Premier état excité : $n = 2$

$$E_2 = -\frac{54,4}{4} = -13,6 \text{ eV}$$

Énergie absorbée :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -13,6 - (-54,4)$$

$$\boxed{\Delta E = 40,8 \text{ eV}}$$

c) Fréquences des raies demandées (1 pt)

La relation de Rydberg pour un ion hydrogénoidé :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

• Limite de la série de Lyman ($n_f = 1, n_i \rightarrow \infty$)

$$\frac{1}{\lambda_{\text{lim}}} = R_H \times 4$$

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{1}{4R_H}$$

$$\nu_{\text{lim}} = \frac{c}{\lambda_{\text{lim}}}$$

• Deuxième raie de la série de Balmer ($n_i = 4 \rightarrow n_f = 2$)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \times 4 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

La fréquence correspondante est :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

(Le calcul numérique complet donne la valeur finale.)

Barème de notation

- Variation d'énergie (H) : 1,5 pt
- Fréquence du rayonnement (H) : 1,25 pt
- Longueur d'onde (H) : 1,25 pt
- Énergie fondamentale de He^+ : 1 pt
- Énergie minimale absorbée : 1 pt
- Fréquences demandées : 1 pt

Correction – Exercice 3 : Configuration électronique et classification périodique (7 points)

On considère les éléments suivants :

Mg ($Z = 12$), Ti ($Z = 22$), Ga ($Z = 31$), Cl ($Z = 17$), Cd ($Z = 48$)

1. Configuration électronique (3 pts)

- Magnésium (Mg, Z=12) :
$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$$
- Titane (Ti, Z=22) :
$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$$
- Gallium (Ga, Z=31) :
$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$$
- Chlore (Cl, Z=17) :
$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$$
- Cadmium (Cd, Z=48) :
$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2$$

2. Position dans le tableau périodique (2 pts)

Élément	Période	Groupe (A/B)	Famille
Mg	3	IIA	Alcalino-terreux
Ti	4	IVB	Métal de transition
Ga	4	IIIA	Groupe du bore
Cl	3	VIIA	Halogènes
Cd	5	IIB	Métal de transition

3. Éléments de transition (1 pt)

Les éléments de transition sont ceux dont la sous-couche d est partiellement ou totalement remplie.

Les éléments de transition sont : Ti et Cd

4. Classement selon le rayon atomique décroissant (0,5 pt)

Le rayon atomique :

- augmente de haut en bas dans une colonne,
- diminue de gauche à droite dans une période.

Ainsi, le classement décroissant est :

$$\boxed{\text{Cd} > \text{Ti} > \text{Ga} > \text{Mg} > \text{Cl}}$$

5. Représentation de la couche de valence (0,5 pt)

- Mg : $3s^2 \rightarrow$ 2 électrons de valence
- Ti : $4s^2 3d^2 \rightarrow$ 4 électrons de valence
- Ga : $4s^2 4p^1 \rightarrow$ 3 électrons de valence
- Cl : $3s^2 3p^5 \rightarrow$ 7 électrons de valence
- Cd : $5s^2 \rightarrow$ 2 électrons de valence

(Ces couches peuvent être représentées par des diagrammes de cases quantiques.)

Barème de notation

- Configurations électroniques : 3 pts
- Position dans le tableau périodique : 2 pts
- Éléments de transition : 1 pt
- Classement des rayons atomiques : 0,5 pt
- Couche de valence : 0,5 pt