Série révision 03/Mai.2026 - redo2000

Exercice N°1 :

Le 26 avril 1986, une erreur commise lors du fonctionnement d'un système de refroidissement des réacteurs uranium a conduit à une explosion dans la centrale nucléaire (Tchernobyl). Il en a résulté une dispersion de noyaux radioactifs dans l'atmosphère, dont les noyaux de **Césium 137**, qui se propagent dans toutes les parties du corps humain lors de leur transfert via l'air, l'eau, la nourriture, et entraînent un risque d'apparition du cancer. Après trente-deux ans de cet incident, il a été démontré, par certaines mesures, que certains isotopes radioactifs absorbés sont toujours présents, tandis que d'autres ont décru et ont complètement disparu.

L'exercice vise à étudier la désintégration radioactive des noyaux de **Césium 137** irradiés.

Données :

$N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$; $M(^{137}Cs) = 137\ g\cdot mol^{-1}$; 1 an = 31 557 600 s

1. Définir le noyau radioactif et citer ses caractéristiques radioactives.

2. Le noyau du **Césium 137** se désintègre selon l'équation de transformation nucléaire suivante :

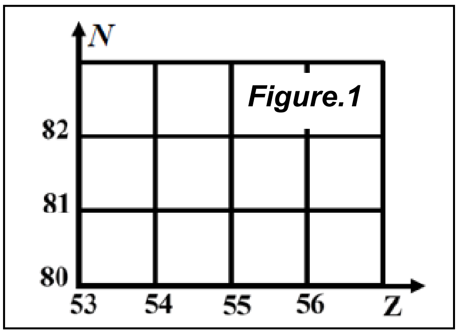
$$^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

1.2. En appliquant les lois de conservation de Soddy, déterminer les valeurs de A et Z en se basant sur les références suivantes :

Symbole du noyau	$^{132}_{54}Xe$	$^{134}_{55}Cs$	$^{138}_{56}Ba$	$^{137}_{57}La$

2.2. Rappeler le type de désintégration et expliquer comment elle se produit.

3.2. Représenter cette transformation nucléaire dans le diagramme (**N, Z**) (Figure .**1**).



3. Un échantillon irradié de Césium **137** de masse m_0 est placé devant un compteur Geiger-Müller qui mesure l'activité **A** de l'échantillon, on obtient la courbe représentative des variations de l'activité **A** de l'échantillon en fonction du temps **t** (Figure .**2**) .

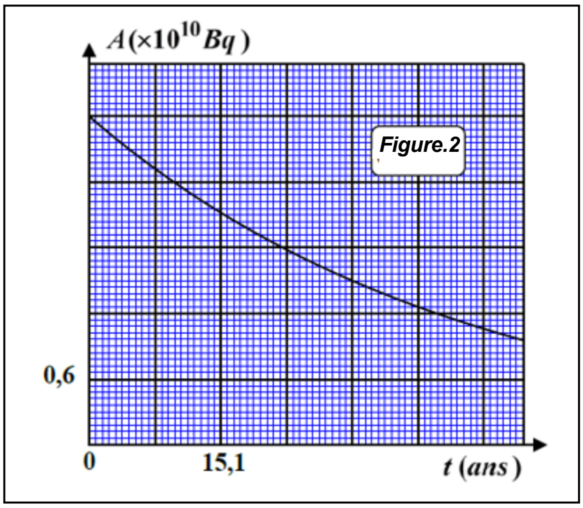
1.3. Déterminer la demi-vie du **Césium 137**.

2.3. Écrire l'expression de la loi de décroissance de l'activité **A(t)** pour un échantillon irradié, et montrer que la constante radioactive **λ** s'écrit sous la forme : $\lambda = \dfrac{ln2}{t_{1/2}}$.

3.3. Calculer la valeur de la masse initiale m_0 du **Césium**.

4. Calculer la durée nécessaire à la désintégration de **99 %** des noyaux initiaux de **Césium 137** afin d'éliminer suffisamment les effets négatifs de sa désintégration.

5. La région où s'est produite l'explosion nucléaire est-elle devenue sûre des dangers de cette radioactivité actuellement ?



Exercice N°2 :

Les médecins nucléaires utilisent le **Thallium 201** dans les techniques d'imagerie nucléaire du cœur. Le patient est injecté avec une solution du **Thallium 201**, qui sera ensuite soumis à un effort physique afin d'enregistrer des images de son cœur via cet examen.

L'exercice vise à étudier un échantillon irradié de Thallium utilisé en imagerie médicale.

Données :

- Demi-vie : $t_{1/2}$ ($^{201}_{81}\mathrm{Tl}$) **= 73 heures ;** **t'1/2 ($^{202}_{81}\mathrm{Tl}$) = 294 heures**
- Constante d'**Avogadro** : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$
- Masse molaire du **Thallium 201** : $M = 201\ g \cdot mol^{-1}$

1. Le noyau de **Thallium 201** est de type radioactif β^+, il se désintègre en donnant un noyau **Hg** avec émission d'un rayonnement γ.

1.1. Définir la radioactivité.

2.1. Écrire l'équation de désintégration du noyau de **Thallium 201**.

2. Les services de médecine nucléaire d'un hôpital ont reçu le **mercredi à 8 h du matin** une bouteille d'une solution du **Thallium 201** dont l'activité est de $153{,}9 \times 10^6$ **Bq**, afin de l'utiliser pour effectuer une opération d'imagerie pour un patient le **jeudi à 8 h du matin**, où le patient reçoit une injection de la solution irradiée dont l'activité est de 11×10^7 **Bq**.

1.2. Calculer la valeur de l'activité **A(t)** de la solution irradiée au moment de son utilisation.

2.2. L'activité de l'échantillon est-elle suffisante pour effectuer l'opération d'imagerie médicale pour le patient ?

3. En réalité, la solution de **Thallium** reçue le **mercredi à 8 h du matin** contient un autre isotope qui est le **Thallium 202**, où A_{02} est l'activité du **Thallium 202** et A_{01} est l'activité du **Thallium 201** en ce jour ; le rapport entre les deux activités est : $A_{02} / A_{01} = 0{,}005$.

1.3. En se basant sur la loi de décroissance radioactive, montrer que le rapport $A(^{202}_{81}Tl) / A(^{201}_{81}Tl)$ s'écrit à chaque instant par la relation suivante :

$$A(^{202}_{81}Tl) / A(^{201}_{81}Tl) = 0{,}005 \times e1{,}982\times10^{-6}\ t$$

2.3. L'utilisation de cette solution n'est possible que si le rapport entre l'activité du **Thallium 202** et l'activité du **Thallium 201** est inférieur à **2 %**. Déterminer la durée au bout de laquelle la bouteille devient inutilisable.

36 Masse de l'électron

Tracer et exploiter un graphique

On éclaire une plaque de cuivre en faisant varier la fréquence du rayonnement lumineux incident. Pour chaque valeur de fréquence, un capteur mesure la vitesse des électrons émis. On obtient le tableau de valeurs suivant.

ν (en Hz)	$2{,}0 \times 10^{15}$	$2{,}5 \times 10^{15}$	$3{,}0 \times 10^{15}$	$3{,}5 \times 10^{15}$	$4{,}0 \times 10^{15}$	$4{,}5 \times 10^{15}$
v (en m·s^{-1})	$1{,}12 \times 10^6$	$1{,}40 \times 10^6$	$1{,}64 \times 10^6$	$1{,}85 \times 10^6$	$2{,}04 \times 10^6$	$2{,}21 \times 10^6$

Donnée Travail d'extraction du cuivre : $W_{ext}(Cu) = 4{,}71$ eV

a. Calculer la fréquence seuil du cuivre.
b. Établir, à l'aide d'un bilan d'énergie, une relation entre la vitesse d'éjection v des électrons et la fréquence ν du rayonnement incident.
c. Tracer, sur papier millimétré, la courbe $v^2 = f(\nu)$.
d. En déduire la valeur de la masse m de l'électron.

40 DEL

Exploiter un énoncé

Une diode électroluminescente (DEL) est un dispositif optique convertissant l'énergie électrique en énergie lumineuse.

Dans le matériau semi-conducteur qui la constitue, un électron de la bande de conduction peut passer dans la bande de valence. Il y a alors émission d'un photon d'énergie égale à l'écart énergétique ΔE entre ces deux bandes.

Voici les longueurs d'onde des radiations émises par différents types de matériaux semi-conducteurs :

Composition des semi-conducteurs	Rayonnement	Longueur d'onde
Indium Arsenic (InAs)	UV	315 nm
Indium Phosphore (InP)	IR	910 nm
Gallium Arsenic Phosphore (GaAsP4)	Rouge	660 nm
Gallium Arsenic Phosphore (GaAsP82)	Jaune	590 nm
Gallium Phosphore (GaP)	Vert	560 nm

a. Schématiser la transition énergétique par une flèche sur un diagramme de niveaux d'énergie faisant apparaître les deux bandes.
b. Quelle est la fréquence d'émission de la diode émettant dans le domaine infrarouge ?
c. De quel matériau une DEL émettant avec une fréquence $\nu = 5{,}36 \times 10^{14}$ Hz est-elle constituée ? Identifier les atomes qui le constituent grâce au tableau périodique.
d. Calculer le « gap d'énergie », c'est-à-dire l'écart énergétique entre les bandes de conduction et de valence pour la DEL jaune.
e. Quel est le nom de l'effet, inverse de l'effet d'électroluminescence, où l'énergie lumineuse est convertie en énergie électrique ?
Quel est le nom du dispositif utilisant cet effet ?

41 Effets photoélectrique et photovoltaïque

Schématiser une situation • Effectuer un calcul

L'énergie molaire de première ionisation du silicium vaut $E_i = 786{,}3$ kJ·mol^{-1}. Le silicium est un semi-conducteur : la bande de valence et la bande de conduction ne se chevauchent pas (ce n'est pas un conducteur) mais leur écart énergétique est assez petit. Le gap, c'est-à-dire l'énergie nécessaire à l'électron pour passer de la bande de valence à la bande de conduction, vaut $\Delta E = 1{,}11$ eV.

Donnée Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}

1. a. Justifier que le travail d'extraction d'un électron d'un atome de silicium (provoquant son ionisation) vaut :

$$W_{ext} = \frac{E_i}{N_A}$$

Exprimer sa valeur en eV.
b. Calculer la fréquence seuil ν_s du silicium.
c. Quelle est la longueur d'onde maximale λ_{PE} de la radiation permettant l'observation de l'effet photoélectrique sur le silicium ?

2. a. Schématiser le diagramme énergétique du silicium en représentant la bande de valence, la bande de conduction et la bande interdite.
Représenter le gap par une flèche.
b. Lorsqu'un photon d'énergie supérieure ou égale à ΔE frappe un atome de silicium, il est absorbé. L'électron monte alors dans la bande de conduction et un courant apparaît dans le cristal : c'est l'effet photovoltaïque.
Quelle est la longueur d'onde maximale λ_{PV} de la radiation permettant l'observation de cet effet ?

46 Solar Impulse et le tour du monde

BAC

Exploiter un énoncé • Faire preuve d'esprit critique

L'avion solaire Solar Impulse 2 a achevé, le 26 juillet 2016, le premier tour du monde aérien (un peu plus de 40 000 km), sans aucun carburant.

Doc. 1 Fiche technique de Solar Impulse

Envergure des ailes	72 m
Dimension d'une cellule photovoltaïque	12,5 cm × 12,5 cm
Nombre de cellules	17 248
Rendement des cellules	22,7 %
Puissance maximale du moteur	51,5 kW
Alimentation	4 batteries au lithium
Masse totale des batteries m_b	633 kg
Densité énergétique de stockage des batteries	936 kJ·kg^{-1}

Données On considérera que :

- le jour dure 12 heures, pendant lesquelles l'éclairement solaire moyen vaut $\varepsilon = 500\ \text{W·m}^{-2}$;
- la nuit dure 12 heures, pendant lesquelles l'éclairement est nul.

1. Vol de nuit

a. Les batteries sont complètement chargées au début de la nuit. Calculer l'énergie électrique E_b qui a été emmagasinée pendant la journée.

b. En déduire la puissance moyenne P fournie au moteur pendant la nuit, si on consomme la totalité de cette énergie.

c. Comparer cette puissance à la puissance maximale du moteur et expliquer pourquoi l'avion passe une partie importante de son vol à planer.

2. Vol de jour

On suppose que le moteur fonctionne avec une puissance moyenne $P = 13{,}7$ kW.

a. Calculer l'aire S d'une cellule photovoltaïque.

b. En déduire la puissance solaire moyenne reçue par une cellule, puis par l'ensemble des cellules.

c. En déduire la puissance électrique P_c fournie par les cellules.

d. Cette puissance se répartit entre l'alimentation du moteur et le rechargement des batteries.
Calculer la puissance électrique P_r fournie aux batteries.

e. En déduire l'énergie électrique E_r fournie aux batteries le jour. Comparer E_r et E_b et proposer une conclusion.

42 L'accident et le naufrage du Titanic

Le 14 avril 1912, le navire Titanic a été éventré par un éperon de glace d'un iceberg.

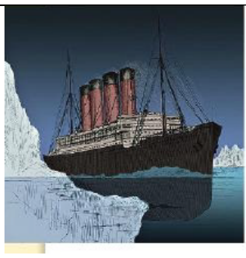
1. Flottaison de l'iceberg

Un iceberg, modélisé par un cylindre de glace, d'axe vertical, de hauteur H_g et de section d'aire S_g, est à l'équilibre à la surface de la mer. La hauteur immergée vaut h_g.

1.1. Exprimer le poids $\vec{P}$ du cylindre et la poussée d'Archimède $\vec{A}$ exercée sur lui par l'eau de mer.

1.2. Calculer la valeur du quotient $\dfrac{h_g}{H_g}$.

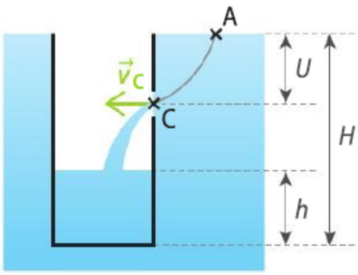
1.3. Le volume total de l'iceberg est noté V_g, son volume immergé, V_i. Calculer le quotient $\dfrac{V_i}{V_g}$.



1.4. Le dessin ci-contre, publié en 1912, donne la forme présumée de l'iceberg que le commandant du Titanic a pensé contourner.
Proposer une explication à l'imprudence du capitaine et à l'éventration de la coque.

2. Flottaison du navire

Le Titanic est modélisé par une coque cylindrique de masse $M = 52 \times 10^3$ t, de hauteur $H = 25$ m, fermée à sa base et ouverte en haut, de base d'aire $S = 4{,}0 \times 10^3\ \text{m}^2$.
Il présente une voie d'eau modélisée par un orifice de centre C et d'aire $s = 1{,}8\ \text{m}^2$ par lequel l'eau entre et s'accumule dans la coque. On note h la hauteur d'eau dans la coque et on se place à la limite de flottaison, la coque étant presque totalement immergée.



2.1. Exprimer le poids $\vec{P}$ du système {coque ; eau}.

2.2. Exprimer la poussée d'Archimède $\vec{A}$ exercée sur ce système.

2.3. En déduire la hauteur d'eau maximale dans la coque h_{max} pour laquelle le navire ne coule pas.

3. Estimation de la durée du naufrage

La date t est mesurée depuis la création de la voie d'eau. Malgré l'enfoncement progressif du navire, on suppose pour simplifier que la profondeur de la voie d'eau est constante, soit $U = 10$ m.

3.1. En considérant la ligne de courant (AC), calculer la vitesse v_C de l'eau en C.

3.2. En déduire le débit volumique D_V de l'eau entrant dans la coque.

3.3. En déduire le volume $V(t)$ et la hauteur $h(t)$ d'eau dans la coque à la date t.

3.4. Calculer la date t à laquelle le navire coule.