

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices **EST** autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE ET CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11, 12 et 13) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. FEU D'ARTIFICE ET ÉLÉMENT CUIVRE (6,5 points)

Dans cet exercice, on s'intéresse à la mécanique d'un feu d'artifice puis à l'émission lumineuse liée à l'élément cuivre et ensuite au dosage de l'élément cuivre dans une pièce de monnaie.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. Mécanique du feu d'artifice

La pyrotechnie, du grec « pyros » feu et « tekhné » savoir-faire, est la technique des feux d'artifice. Elle fut inventée par les chinois, il y a plus de mille ans et introduite en Occident grâce à Marco Polo au XIII^{ème} siècle. La fusée pyrotechnique sphérique est, sans conteste, le projectile le plus employé par les techniciens lors des feux d'artifices modernes. Elle est tirée depuis un mortier fixé au sol (voir la figure 1) et est expulsée à grande vitesse par les gaz produits par l'explosion de la charge propulsive.

À l'apogée, une charge d'éclatement provoque l'explosion de la fusée et disperse les garnitures pyrotechniques qu'on appelle « étoiles ».

L'étude des mouvements des centres d'inertie des différents projectiles est réalisée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

1.1. Étude théorique de la phase ascensionnelle de la fusée pyrotechnique

Une fusée pyrotechnique de masse $M = 400 \text{ g}$ est tirée verticalement avec une vitesse initiale de valeur $v_0 = 50,0 \text{ m.s}^{-1}$.

On étudie le mouvement de son centre d'inertie G dans un repère vertical (O, \vec{j}) orienté vers le haut.

On choisit l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$ lorsque le centre d'inertie G est confondu avec l'origine du repère O .

On néglige le mouvement de rotation de la fusée pyrotechnique sur elle-même ainsi que les actions mécaniques liées à l'air (poussée d'Archimède et force de frottements). Lors du tir, la vitesse du vent est considérée comme étant nulle et on admet que la fusée pyrotechnique ne subit pas de perte de masse lors de son mouvement ascendant.

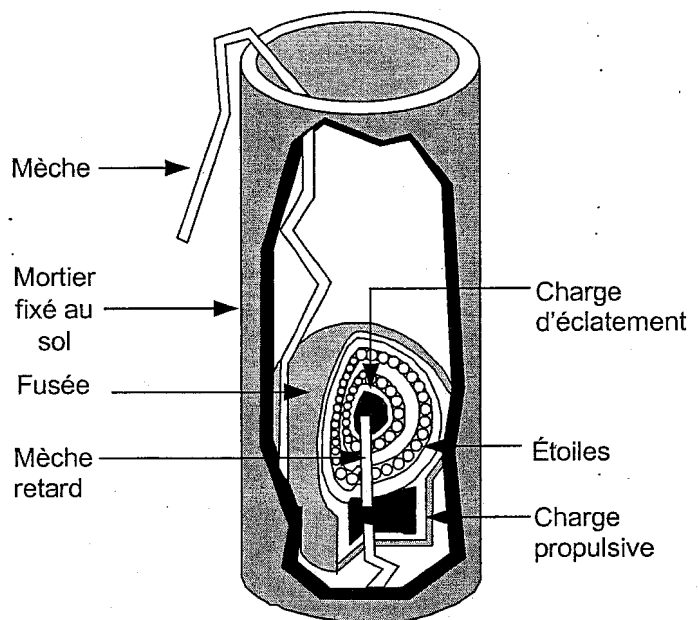
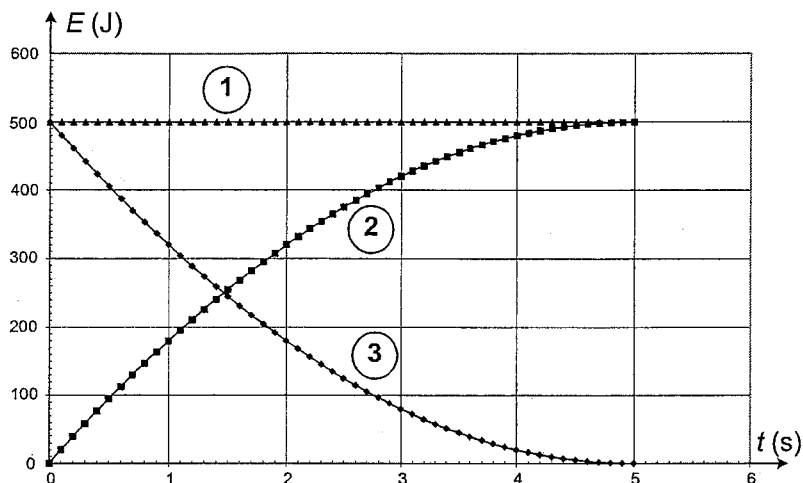


Figure 1 : Coupe d'un mortier servant au tir d'un feu d'artifice

Un logiciel de simulation permet d'obtenir le graphe de l'évolution temporelle de l'énergie cinétique E_c , de l'énergie potentielle de pesanteur E_p et de l'énergie mécanique totale E_m de la fusée lors de son mouvement ascendant, comme indiqué sur la figure 2 ci-après.

On prend l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au point O .

Figure 2 : Évolution temporelle des différentes énergies mises en jeu lors de l'ascension de la bombe pyrotechnique



1.1.1. En justifiant la réponse, identifier chacune des courbes des énergies représentées.

1.1.2. En s'aidant du graphique figure 2, déterminer l'instant t_A auquel la fusée pyrotechnique atteint son altitude maximale y_A (apogée). Justifier.

1.1.3. Donner les expressions de l'énergie mécanique aux instants t_0 et t_A .

1.1.4. En déduire que l'expression de la coordonnée y_A de l'apogée atteinte par la fusée pyrotechnique s'exprime par la relation ci-dessous :

$$y_A = \frac{v_0^2}{2g}$$

Calculer la valeur de l'altitude de l'apogée sachant que l'accélération de la pesanteur vaut $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1.1.5. En réalité l'apogée vaut 122 m, interpréter le fait que cette valeur est différente de celle obtenue à la question 1.1.4.

1.2. Dispersion des « étoiles »

Dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) de la figure 3, on étudie le mouvement d'une « étoile » produite lors de l'explosion de la fusée à l'apogée de sa trajectoire. Cette « étoile » est projetée à partir du point A à une altitude $y_A = 122 \text{ m}$. Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_A appartenant au plan xOy , incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale a pour valeur $v_A = 54,0 \text{ m.s}^{-1}$. On néglige les actions mécaniques liées à l'air (forces de frottements et poussée d'Archimède) et on prend comme nouvelle origine des temps l'instant où l'« étoile » est produite en A.

1.2.1. Dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) , en appliquant la seconde loi de Newton, établir l'expression des composantes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse \vec{v} du centre d'inertie d'une « étoile » de masse m .

1.2.2. Les courbes (4) et (5) de la figure 4 ci-dessous, représentent l'évolution temporelle des composantes du vecteur vitesse \vec{v} . Identifier, en justifiant, chacune de ces courbes.

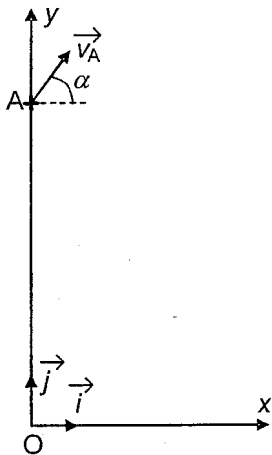


Figure 3

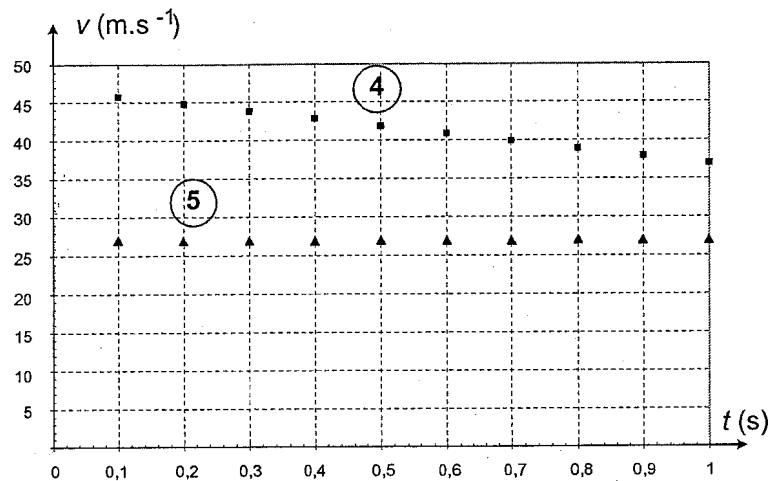


Figure 4 : Évolution temporelle des composantes du vecteur vitesse du centre d'inertie d'une étoile

1.2.3. Montrer que l'équation de la trajectoire de l'étoile est :

$$y(x) = -\frac{g}{2 v_A^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha) x + y_A$$

De quel type de trajectoire s'agit-il ?

2. Émission lumineuse

Les « étoiles » en combustion produisent une flamme colorée dont la couleur dépend de leur composition chimique. La couleur bleue obtenue est due à la désexcitation des molécules de chlorure de cuivre (I) CuCl .

Le spectre d'émission de la molécule CuCl excitée est composé de plusieurs bandes centrées autour des longueurs d'onde suivantes dans le vide : 395 nm ; 433 nm ; 435 nm ; 484 nm ; 488 nm ; 525 nm.

Données :

constante de Planck : $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

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

2.1. Le spectre d'émission de la molécule CuCl appartient-il au domaine du rayonnement visible, ultraviolet ou infrarouge ?

2.2. À quelle valeur de la fréquence ν correspond la longueur d'onde 435 nm dans le vide ? Calculer l'énergie du photon correspondant en eV.

3. L'élément cuivre dans les pièces de monnaie

On se propose dans cette partie de vérifier expérimentalement, par spectrophotométrie, le pourcentage massique en cuivre dans un échantillon servant à fabriquer une pièce de 10 centimes d'euro.

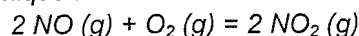
Données :

Couples d'oxydoréduction : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s}) ; \text{NO}_3^-(\text{aq}) / \text{NO}(\text{g})$

Masse molaire atomique : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse molaire du sulfate de cuivre pentahydraté : $M(\text{CuSO}_4, 5 \text{ H}_2\text{O}) = 249,6 \text{ g.mol}^{-1}$

Le monoxyde d'azote $\text{NO}(\text{g})$ s'oxyde au contact du dioxygène de l'air en dioxyde d'azote $\text{NO}_2(\text{g})$, gaz roux et toxique, selon l'équation chimique :



3.1. Attaque du cuivre contenu dans la pièce par une solution d'acide nitrique

L'acide nitrique ($H_3O^+ + NO_3^-$) est un oxydant puissant capable d'oxyder des métaux tels que le cuivre Cu. Sous une hotte, dans un bécher, on place l'échantillon et on ajoute de l'acide nitrique concentré en excès. On observe au cours de cette transformation totale l'apparition d'une teinte bleue foncée dans la solution révélant la présence d'ion cuivre (II) Cu^{2+} et un dégagement gazeux qui devient roux au contact de l'air.

Écrire les demi-équations d'oxydoréduction associées à chaque couple mis en jeu lors de cette transformation chimique.

3.2. Dosage spectrophotométrique des ions cuivre (II) présents dans la solution S

Une fois le dégagement gazeux achevé, on verse le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 1,0 L et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en homogénéisant le mélange afin de réaliser la solution S.

3.2.1. Afin de réaliser une échelle de teintes, on prépare un volume $V_0 = 100$ mL d'une solution « mère » S_0 de sulfate de cuivre de concentration molaire $c_0 = 1,0 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹.

Calculer la masse de sulfate de cuivre pentahydraté à peser pour préparer cette solution par dissolution.

La solution S_0 permet de préparer par dilution une échelle de teintes constituée des cinq solutions « fille » de volume $V = 25,0$ mL chacune. On mesure l'absorbance A à la longueur d'onde $\lambda = 810$ nm. À cette longueur d'onde seul l'ion Cu^{2+} (aq) est responsable du phénomène d'absorption lumineuse.

Solution	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration c (mol.L ⁻¹)	$1,0 \times 10^{-1}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
A	1,26	1,02	0,76	0,52	0,24

3.2.2. Calculer le volume, noté $V_{\text{mère}}$, de solution « mère » S_0 à prélever pour préparer la solution « fille » S_3 . Justifier.

3.2.3. À l'aide du spectre d'absorption d'une solution de sulfate de cuivre représenté **SUR LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, justifier le choix de la longueur d'onde retenue pour cette étude expérimentale.

3.2.4. L'absorbance d'un échantillon de la solution S, mesurée dans les mêmes conditions que précédemment à la longueur d'onde $\lambda = 810$ nm, vaut $A_S = 0,70$. Le graphe donnant l'évolution de l'absorbance A en fonction de la concentration c en soluté apporté des différentes solutions « fille » est représentée **SUR LA FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

En déduire la concentration molaire volumique c_S de la solution S, en justifiant graphiquement.

3.3. Pourcentage massique de cuivre dans la pièce

Toutes les pièces d'euros contiennent du cuivre métallique dans des proportions particulières. Ainsi, les pièces de 10, 20 et 50 centimes sont formées d'un alliage appelé « or nordique » dont la composition massique est la suivante : 89 % de cuivre, 5% d'aluminium, 5% de zinc, 1 % d'étain.

3.3.1. En utilisant le résultat de la question 3.2.4, calculer la valeur de la masse $m(\text{Cu})$ de cuivre contenue dans l'échantillon étudié précédemment.

3.3.2. Sachant que la masse de l'échantillon est $m = 4,1$ g, en déduire le pourcentage massique du cuivre dans l'échantillon.

Comparer ce résultat à la valeur fournie dans l'énoncé en calculant l'écart relatif.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE
ANNEXE DE L'EXERCICE I

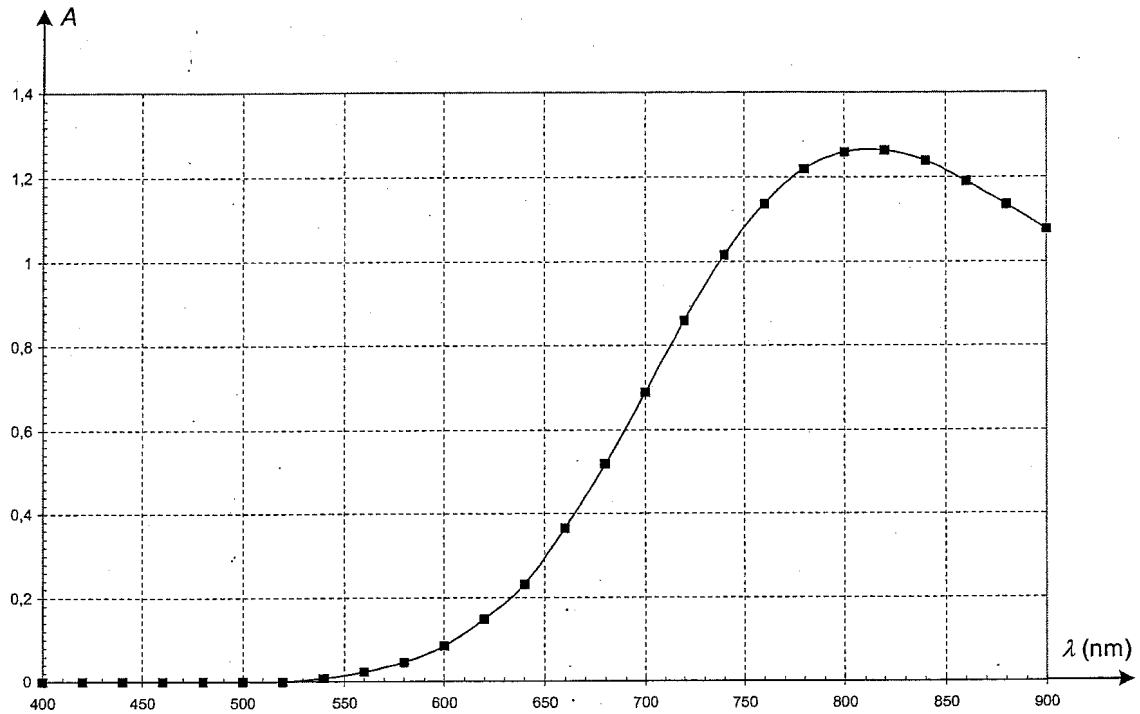


Figure 5 : $A = f(\lambda)$ pour une solution de sulfate de cuivre de concentration molaire apportée en soluté $c_0 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

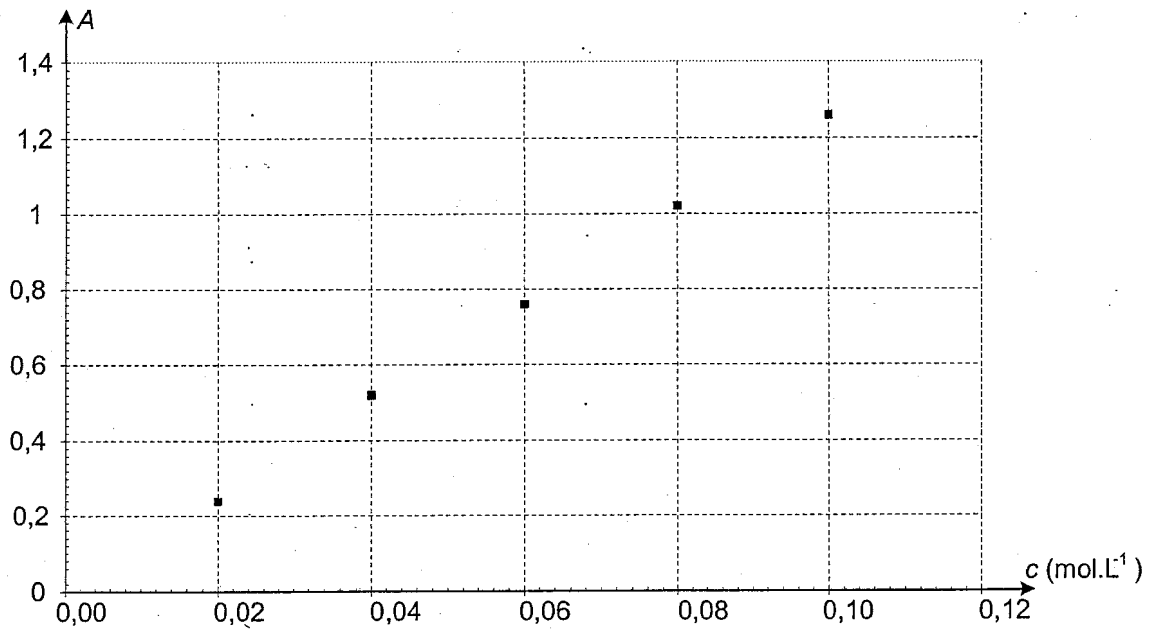


Figure 6 : $A = f(c)$ pour des solutions de sulfate de cuivre de différentes concentrations molaires apportées en soluté

EXERCICE II. LES RÉACTIONS DE FISSION ET LEUR UTILISATION POUR LA PRODUCTION D'ÉNERGIE (5,5 points)

L'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre. Il est essentiellement composé de deux isotopes, l'uranium 238 ${}^{238}_{92}\text{U}$ et l'uranium 235 ${}^{235}_{92}\text{U}$, formés en même temps que la Terre, il y a 4,5 milliards d'années. Du fait de leur très grand temps de demi-vie, ces deux isotopes subsistent encore aujourd'hui dans la croûte terrestre mais en proportions très différentes comme le montre le tableau 1 suivant :

Noyau	Temps de demi-vie en 10^9 ans	Proportion dans la croûte terrestre (%)
${}^{238}_{92}\text{U}$	4,50	supérieure à 99
${}^{235}_{92}\text{U}$	0,713	inférieure à 1

Tableau 1

L'objectif de cet exercice est de comprendre pourquoi malgré la différence d'abondance, le combustible utilisé dans les centrales nucléaires est l'uranium 235 (nécessitant alors une étape d'enrichissement du minerai) et quelle serait la principale caractéristique d'une nouvelle filière de réacteur (génération IV) utilisant l'uranium 238.

Les quatre parties sont indépendantes.

1. À propos de l'abondance relative des isotopes de l'uranium

1.1. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?

1.2. On note N_0 le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon. Donner la loi de décroissance radioactive $N(t)$ en fonction de N_0 et de la constante radioactive λ .

1.3. Définir le temps de demi-vie radioactive noté $t_{1/2}$.

1.4. Au bout d'une durée $t = 2 t_{1/2}$, par combien est divisé N_0 ?

Même question pour une durée $t = n \cdot t_{1/2}$, où n est un entier ?

1.5. Abondance relative des isotopes

1.5.1. Quelle est approximativement la valeur du rapport (noté R_{238}) de l'âge de la Terre au temps de demi-vie de l'uranium 238 ? Même question pour l'uranium 235 (rapport noté R_{235}). On donnera les valeurs sous forme de nombres entiers.

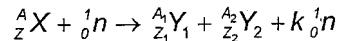
1.5.2. En supposant que les noyaux d'uranium 238 et 235 ont été initialement formés en quantités égales (on notera N_0 le nombre de noyaux initialement présents), déduire de ce qui précède les valeurs des nombres (notés N_{238} et N_{235}) de chacun des deux noyaux actuellement présents en fonction de N_0 .

1.5.3. Déduire des résultats précédents la valeur du rapport des populations des noyaux d'uranium 238 et 235 actuellement présents. Justifier alors le fait qu'il existe actuellement une différence d'abondance entre ces deux noyaux présents dans la croûte terrestre.

2. Un exemple de réaction de fission utilisée dans un réacteur nucléaire

2.1. Donner la définition de la fission nucléaire.

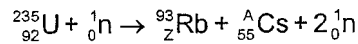
2.2. Des réactions de fission sont induites par la capture d'un neutron et s'écrivent :



k est un entier égal à 2 ou 3 suivant les noyaux fils formés.

Quel phénomène risque-t-il de se produire si $k \geq 2$?

2.3. Compléter l'équation de réaction suivante en donnant les valeurs des nombres Z et A et en précisant les lois utilisées :



3. Modélisation du mécanisme de fission

On peut modéliser la fission d'un noyau lourd suivant le schéma donné sur la figure 7 suivante :

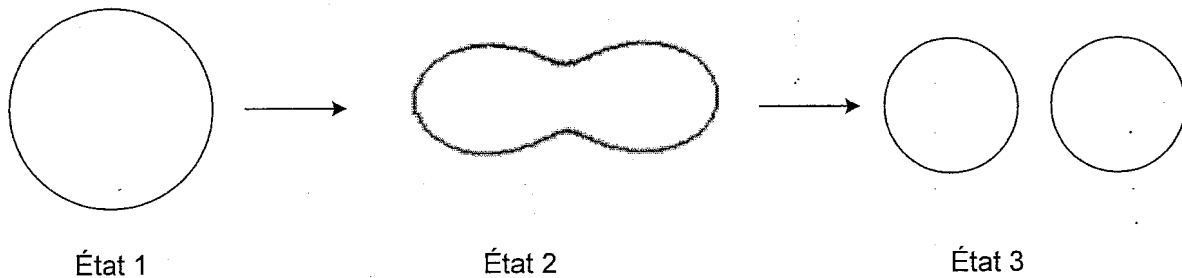


Figure 7

À partir d'un noyau lourd dans l'état 1, on passe par un état intermédiaire 2 où le noyau est déformé, puis on obtient l'état 3 avec deux noyaux fils séparés.

Dans l'état 2, la distance moyenne inter-nucléons est plus grande que dans l'état 1.

3.1. Quelle est la nature de la force d'interaction qui assure la cohésion du noyau ? Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

3.2. Quelle est la nature de l'autre force d'interaction s'exerçant entre les protons ? Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

3.3. Le schéma modélisant la fission d'un noyau lourd se traduit du point de vue énergétique par le diagramme donné **SUR LA FIGURE 8 DE L'ANNEXE EN PAGE 12.**

3.3.1. Les positions relatives des niveaux d'énergie des états 1 et 3 sont-elles compatibles avec le fait que la réaction de fission libère de l'énergie ?

3.3.2. À faible distance inter-nucléons, la force de cohésion est prédominante. Justifier que pour déformer le noyau, il faut apporter de l'énergie au système noyau. Ceci est-il compatible avec les positions relatives des niveaux d'énergie des états 1 et 2 ?

3.3.3. Pour réaliser la fission, il faut donc apporter une énergie minimale au noyau, appelée énergie seuil. Représenter cette énergie seuil par une flèche sur le diagramme donné **SUR LA FIGURE 8 DE L'ANNEXE EN PAGE 12.**

4. Noyaux fissiles

Il existe un phénomène appelé capture neutronique permettant d'apporter de l'énergie, notée E_a , au noyau A_ZX et conduisant à un nouveau noyau ${}^{A+1}_ZY$. Les valeurs de cette énergie apportée par la capture d'un neutron quasiment au repos sont données pour certains noyaux dans le tableau 2. Les noyaux ${}^{233}_{92}\text{U}$ et ${}^{239}_{92}\text{Pu}$ n'existent pas à l'état naturel mais le plutonium peut être produit à partir d'uranium 238.

Tableau 2

Énergie apportée par la capture d'un neutron quasiment au repos				
Noyau avant capture	${}^{233}_{92}\text{U}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{238}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{94}\text{Pu}$
Noyau après capture	${}^{234}_{92}\text{U}$	${}^{236}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{92}\text{U}$	${}^{240}_{94}\text{Pu}$
Énergie apportée E_a (MeV)	6,8	6,5	4,8	6,5

Dans le tableau 3 figurent les énergies seuil nécessaires à provoquer la fission de ces mêmes noyaux ${}^{A+1}_ZY$ après capture.

Tableau 3

Énergie seuil nécessaire pour provoquer la fission				
Noyau ${}^{A+1}_ZY$	${}^{234}_{92}\text{U}$	${}^{236}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{92}\text{U}$	${}^{240}_{94}\text{Pu}$
Énergie seuil de fission E_s (MeV)	6,0	5,9	5,8	5,9

4.1. Pour réaliser une réaction de fission, il faut apporter une énergie minimale appelée énergie seuil E_s . En utilisant les tableaux 2 et 3, déterminer parmi les quatre noyaux A_ZX celui qui ne peut pas conduire à une fission après capture d'un neutron pratiquement au repos.

4.2. Production d'énergie à partir d'uranium 238

On parle de neutrons quasiment au repos quand il s'agit de neutrons très lents, c'est-à-dire de très faible énergie cinétique E_c , typiquement $E_c = 0,025 \text{ eV}$.

Lorsque l'énergie cinétique E_c du neutron capturé par le noyau au repos A_ZX n'est pas négligeable celle-ci s'ajoute à l'énergie apportée par la capture du neutron au repos : l'énergie apportée lors de la capture d'un neutron est alors égale à $E_c + E_a$.

4.2.1. Dans le cas du noyau trouvé à la question 4.1, quelle condition doit vérifier l'énergie cinétique du neutron pour qu'après sa capture, la fission du nouveau noyau soit possible ?

4.2.2. Le forum international Génération IV auquel participe la France a pour but de développer des réacteurs à « neutrons rapides » permettant à la fois l'optimisation de la consommation des ressources en uranium et la minimisation des déchets à vie longue.

Justifier l'expression « neutrons rapides » pour désigner les neutrons utilisés dans cette nouvelle filière de réacteur.

4.2.3. En considérant la grande différence d'abondance entre les noyaux d'uranium 238 et 235, expliquer qualitativement la possibilité d'optimiser la consommation des ressources en minerai uranium grâce aux réacteurs à « neutrons rapides ».

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE
ANNEXE DE L'EXERCICE II

Attention, le diagramme énergétique n'est pas à l'échelle.

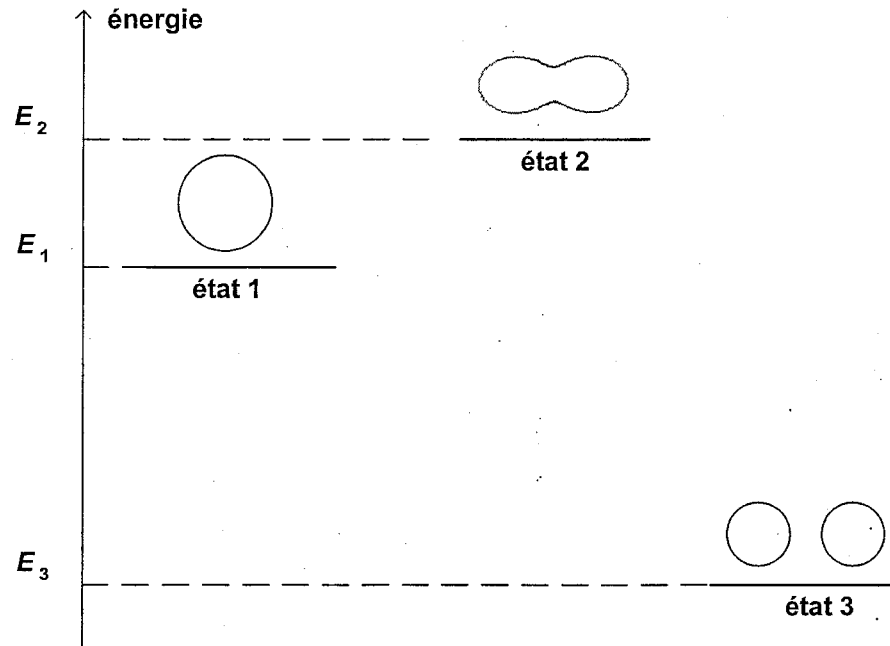


Figure 8 :
Diagramme
énergétique

EXERCICE III. LA CHIMIE POUR NETTOYER LES LENTILLES DE CONTACT (4 points)

L'AOSEPT® était commercialisé il y a quelques années chez les opticiens et les pharmaciens pour le nettoyage et la décontamination des lentilles de contact.

Ce produit comprend une solution aqueuse et un étui porte-lentilles muni d'un disque catalytique.

Le disque catalytique est constitué d'un support en plastique sur lequel a été déposée une fine couche de platine.

La notice du produit indique que la solution aqueuse contient, entre autres, du peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée à 3% en masse et du chlorure de sodium (0,85 g pour 100 mL de solution).

1. Disque catalytique

La décontamination des lentilles a lieu à l'intérieur de l'étui contenant le disque, dans lequel l'utilisateur doit préalablement verser un peu de la solution d'AOSEPT®. Dans cet étui, se produit la décomposition de l'eau oxygénée en dioxygène et en eau, catalysée par le platine.

1.1. Définir le terme « catalyseur ».

1.2. Pourquoi qualifie-t-on cette catalyse d'hétérogène ?

1.3. On donne les couples oxydant/réducteur mis en jeu : $H_2O_2(aq) / H_2O(l)$ et $O_2(g) / H_2O_2(aq)$.

Écrire les deux demi-équations électroniques associées à ces couples.

En déduire l'équation de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée.

2. Dosages des ions chlorure Cl^- (aq)

Les ions chlorure apportés par le chlorure de sodium sont dosés selon deux méthodes ; les deux modes opératoires correspondants sont décrits ci-dessous.

Toutes les mesures sont effectuées à 25°C.

Premier mode opératoire

➤ À l'aide d'une solution S_0 de chlorure de sodium de concentration molaire en soluté apporté $1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, on prépare des solutions diluées de concentrations c décroissantes : $5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

➤ On mesure la conductivité de la solution S_0 et celle des solutions diluées en plongeant dans chaque solution la même cellule de conductimétrie.

LA FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 13 représente les valeurs de conductivité σ pour les différentes concentrations c .

➤ On dilue dix fois la solution commerciale d'AOSEPT® ; on note S la solution diluée. On plonge ensuite la même cellule de conductimétrie dans S ; la conductivité mesurée est égale à $1,8 \text{ mS.cm}^{-1}$.

Deuxième mode opératoire

➤ Dans un bécher, on introduit un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de solution de nitrate d'argent ($Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$) de concentration molaire $c_1 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et 90 mL d'eau distillée.

➤ On plonge la cellule de conductimétrie dans la solution de nitrate d'argent obtenue.

➤ On ajoute à l'aide d'une burette graduée mL par mL, la solution commerciale d'AOSEPT®, en notant à chaque ajout la conductivité σ de la solution. On obtient un précipité blanc de chlorure d'argent.

LA FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN 13 représente les valeurs de conductivité σ pour les différents volumes V de la solution commerciale d'AOSEPT® versés.

2.1. On distingue les dosages par étalonnage et par titrage. Associer à quel type de dosage correspond chacun des deux modes opératoires utilisés.

2.2. Exploitation de la première méthode

2.2.1. Déterminer la concentration molaire du chlorure de sodium dans la solution diluée S puis dans la solution commerciale d'AOSEPT® en expliquant comment sont exploités les résultats expérimentaux donnés **SUR LA FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 13**.

2.2.2. En déduire la concentration massique du chlorure de sodium notée c_{m1} dans la solution commerciale.

Données : $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

2.3. Exploitation de la deuxième méthode

2.3.1. Écrire l'équation associée à la réaction modélisant la transformation qui se produit dans le deuxième mode opératoire.

2.3.2. A l'aide de **LA FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 13**, déterminer le volume à l'équivalence V_E . Expliquer la démarche suivie.

2.3.3. Indiquer, sans justification, parmi les espèces ioniques suivantes NO_3^- , Na^+ , Ag^+ et Cl^- , celles qui sont présentes dans la solution :

- pour un volume V versé inférieur au volume versé à l'équivalence V_E
- pour un volume V versé supérieur au volume versé à l'équivalence V_E

2.3.4. On rappelle l'expression de la conductivité σ en fonction des concentrations molaires effectives $[X_i]$ des espèces ioniques X_i en solution : $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$ où λ_i est la conductivité molaire ionique des ions X_i .

Données : conductivités molaires ioniques λ des ions présents dans cette expérience :

Ions	λ (en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$) à 25°C
$\text{Ag}^+ (\text{aq})$	$6,19 \times 10^{-3}$
$\text{NO}_3^- (\text{aq})$	$7,14 \times 10^{-3}$
$\text{Na}^+ (\text{aq})$	$5,01 \times 10^{-3}$
$\text{Cl}^- (\text{aq})$	$7,63 \times 10^{-3}$

On négligera la variation de volume de la solution dans le bécher lors de l'ajout de la solution d'AOSEPT®.

À partir des expressions de la conductivité σ de la solution (avant et après l'équivalence) et en comparant les valeurs des conductivités molaires ioniques du tableau ci-dessus, justifier brièvement :

- la décroissance de la conductivité σ de la solution avant l'équivalence.
- l'augmentation de la conductivité σ de la solution après l'équivalence.

2.3.5. Déterminer la concentration molaire c_0 des ions chlorure dans la solution commerciale d'AOSEPT®, en expliquant comment sont exploités les résultats expérimentaux. En déduire la concentration massique du chlorure de sodium notée c_{m2} dans la solution commerciale.

2.3.6. Pour un tel produit, on peut considérer que le contrôle de qualité est satisfaisant si l'écart relatif entre la mesure effectuée et l'indication du fabricant est inférieur à 10 %. Les deux résultats précédents, obtenus pour la concentration massique notée c_m du chlorure de sodium dans la solution commerciale d'AOSEPT®, correspondent-ils à ce critère ?

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE
ANNEXE DE L'EXERCICE III

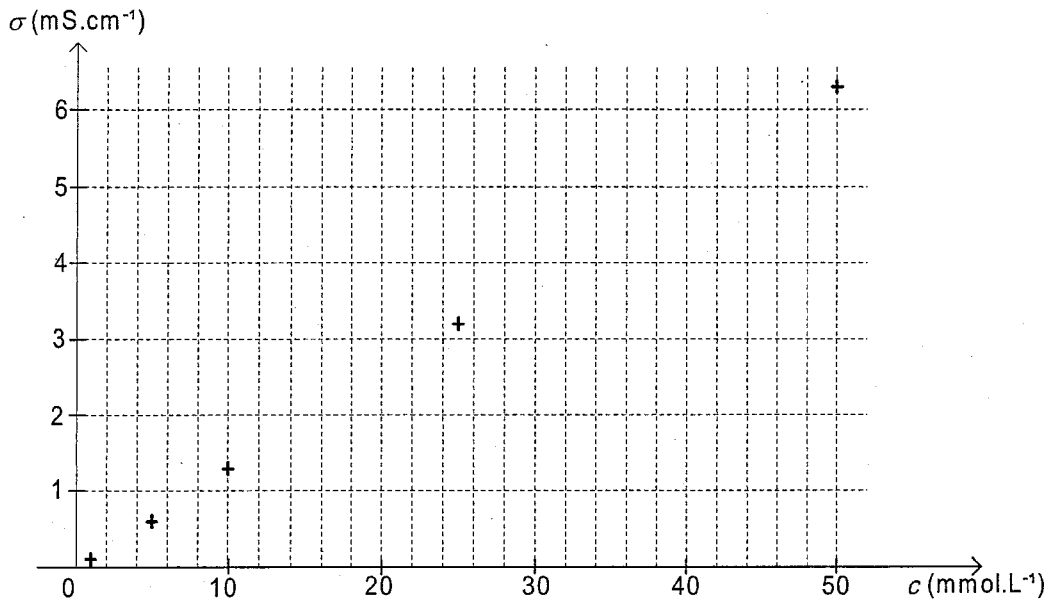


Figure 9 : Évolution de σ en fonction de c (mode opératoire 1)

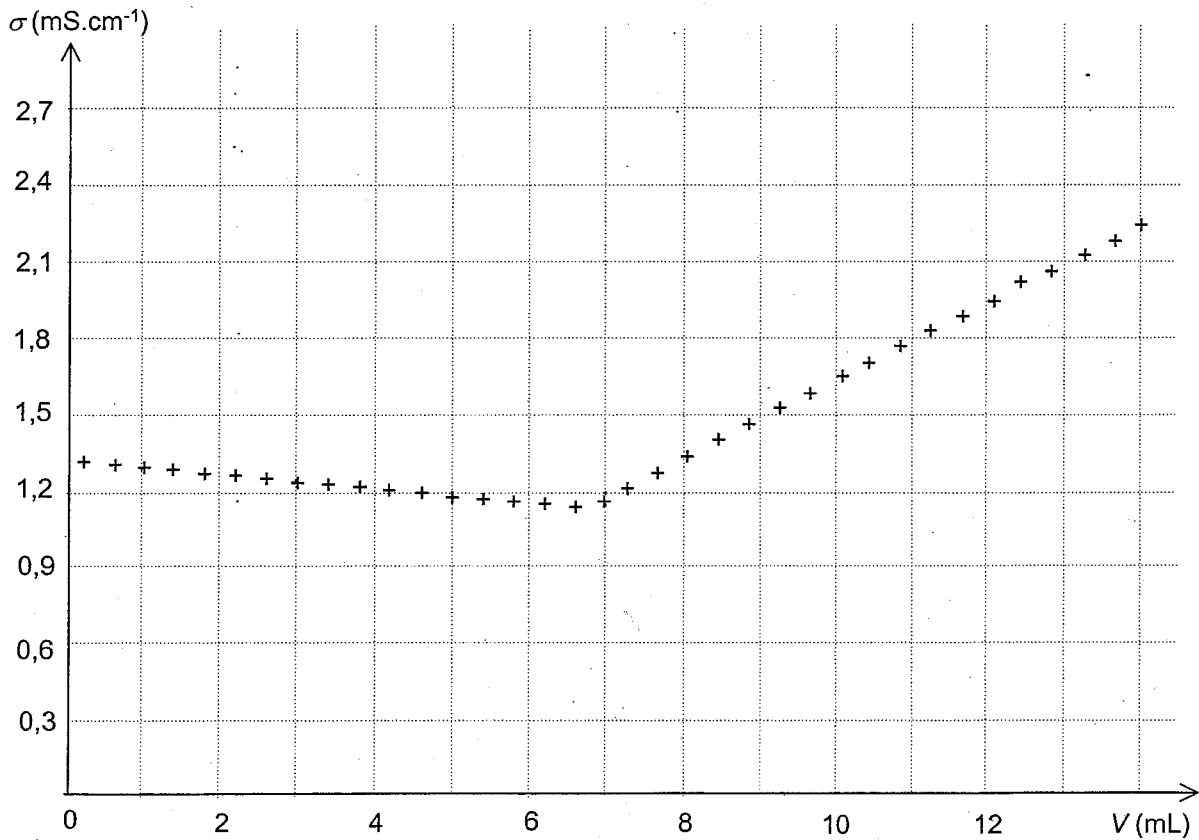


Figure 10 : Évolution de σ en fonction de V (mode opératoire 2)