

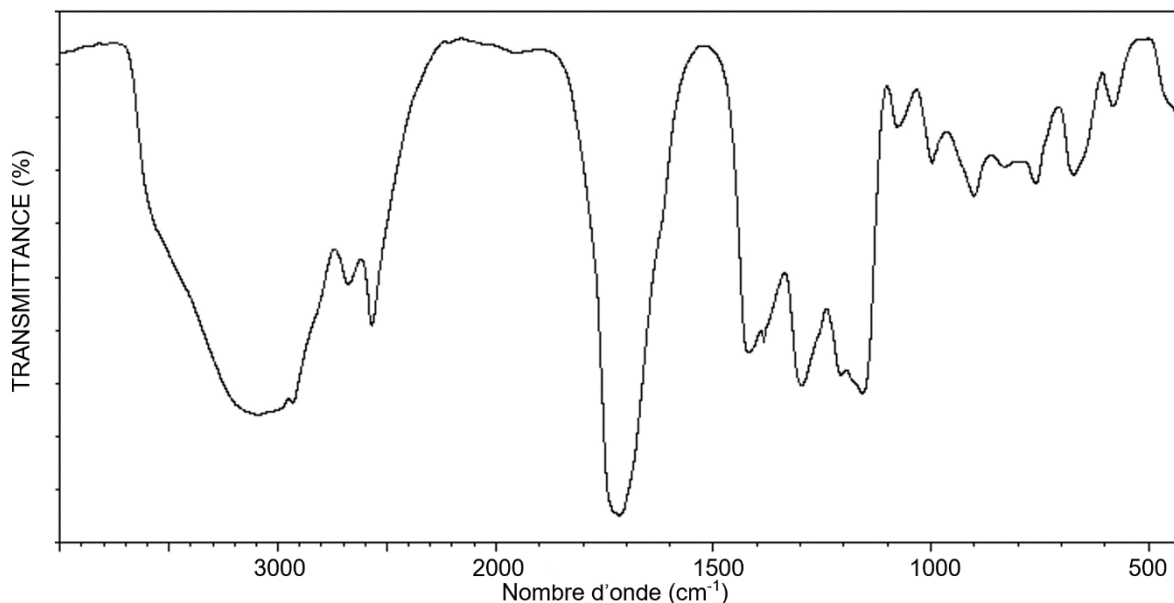


- Électronégativité de quelques atomes: oxygène χ (O) = 3,4 ; soufre χ (S) = 2,6 ; carbone χ (C) = 2,6 ; hydrogène χ (H) = 2,2.
- Table de données pour la spectroscopie infrarouge :

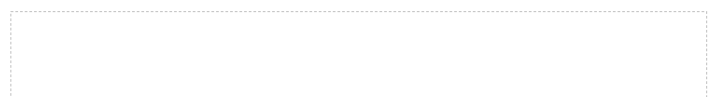
Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
O-H alcool libre	3500 - 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 - 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C - H	2900 - 3100	moyenne à forte
C = O	1700 - 1760	forte et fine
C = C	1620 - 1690	moyenne

Structure et propriétés de la molécule d'acide thioglycolique

1. Définir les deux types de tirets sur la formule de Lewis de l'acide thioglycolique.
2. Prévoir, en justifiant, la géométrie de la molécule autour de l'atome de soufre (S) de l'acide thioglycolique.
3. Identifier et nommer le groupe caractéristique de la molécule d'acide thioglycolique.
4. Exploiter le spectre d'absorption infrarouge ci-dessous et identifier s'il peut correspondre à celui de l'acide thioglycolique.



Étude de la miscibilité de l'acide thioglycolique dans l'eau.



Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</small>	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
	Né(e) le :			/			/													

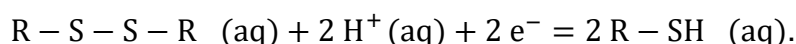
1.1

- Déterminer la polarité des liaisons dans la molécule d'eau.
- Citer, définir et représenter le type de liaison intermoléculaire modélisant la cohésion entre l'acide thioglycolique et l'eau.

Action de l'acide thioglycolique sur les cheveux

Les cheveux sont formés, entre autres, de molécules de cystine qui possèdent une liaison S-S que l'on appelle pont disulfure. Ces ponts participent à la forme naturelle du cheveu. L'acide thioglycolique permet de modifier la forme du cheveu en rompant les liaisons S-S des ponts disulfures.

La molécule de cystine (notée R-S-S-R) est l'oxydant du couple rédox cystine/cystéine associé à la demi-équation électronique suivante :



L'acide thioglycolique est le réducteur du couple : $C_4H_6O_4S_2(aq) / C_2H_4O_2S(aq)$.

- Écrire la demi-équation électronique associée au couple de l'acide thioglycolique.
- Écrire l'équation de la réaction modélisant l'action de l'acide thioglycolique sur la cystine.

Normes d'utilisation de l'acide thioglycolique dans les produits cosmétiques

L'acide thioglycolique n'est pas dénué de toxicité. C'est pourquoi la législation française impose des normes de concentration en acide thioglycolique strictes dans les produits cosmétiques.

Le décret 98-848 du 21 septembre 1998 stipule que seuls les coiffeurs sont autorisés à utiliser des produits renfermant de l'acide thioglycolique dont le pourcentage massique en acide thioglycolique est compris entre 8 % et 11 %.

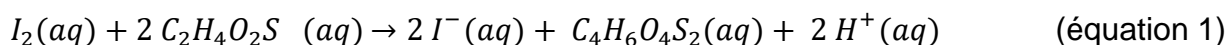
Un élève désire déterminer la concentration en quantité de matière d'acide thioglycolique d'une lotion commerciale pour cheveux.

Il réalise le protocole suivant :

Étape 1 :

- diluer par 10 la lotion commerciale ;
- verser dans un erlenmeyer un volume $V = 10 \text{ mL}$ de lotion commerciale diluée au $10^{\text{ième}}$;
- ajouter environ 30 mL d'acide chlorhydrique à $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;
- ajouter un volume $V_1 = 20 \text{ mL}$ de solution de diiode de concentration $C_1 = 0,047 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Au cours de l'étape 1 l'acide thioglycolique ($C_2H_4O_2S$) réagit avec le diiode (I_2), cette transformation chimique, considérée comme totale, est modélisée par l'équation de réaction suivante :

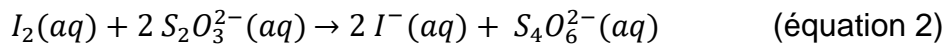




Étape 2 :

- ajouter ensuite goutte à goutte une solution de thiosulfate de sodium de concentration $C_2 = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ jusqu'à ce que la solution se décolore. Le volume de solution de thiosulfate de sodium versé pour atteindre l'équivalence est $V_E = 9,6 \text{ mL}$.

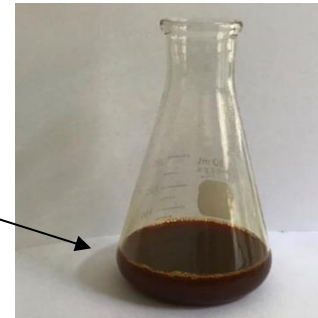
Au cours de l'étape 2 l'ion thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$ réagit avec l'excès de diiode (I_2) restant après l'étape 1, cette transformation, considérée comme totale, est modélisée par l'équation de réaction suivante :



L'élève a remarqué que toutes les solutions aqueuses contenant les espèces chimiques intervenant dans ces transformations sont incolores sauf la solution de diiode qui est de couleur marron.

L'élève a réalisé une photo de l'erlenmeyer à la fin de l'étape 1, juste avant d'y ajouter la solution de thiosulfate de sodium :

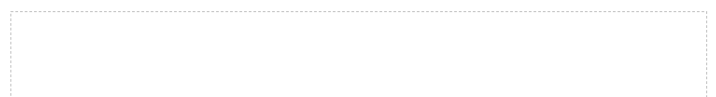
Solution de
couleur marron



9. Déterminer la quantité de matière initiale de diiode introduite dans l'erlenmeyer lors de l'étape 1.
10. Citer le fait expérimental qui témoigne que le diiode a été introduit en excès au cours de l'étape 1.
11. Grâce à l'étape 2, déterminer que la quantité $n_f(\text{I}_2)$ de diiode restant dans l'erlenmeyer à la fin de l'étape 1 est de $n_f(\text{I}_2) = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.
12. Déterminer la quantité $n_r(\text{I}_2)$ de diiode ayant réagi dans l'erlenmeyer à la fin de l'étape 1 et en déduire la concentration en quantité de matière en acide thioglycolique de la lotion commerciale diluée 10 fois.
13. Vérifier que la concentration en quantité de matière d'acide thioglycolique de la lotion commerciale pour cheveux est bien égale à $C = 0,92 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La masse volumique de la lotion commerciale, à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, est $\rho = 1,03 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

14. Conclure quant à l'utilisation de cette lotion commerciale pour cheveux par les coiffeurs.



Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</small>	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
	Né(e) le :			/			/													

1.1

PARTIE B

La physique au service du diagnostic médical (10 points)

Dans l'antiquité, pour établir un diagnostic médical, seuls l'interrogatoire et un examen externe clinique étaient pratiqués. L'examen clinique du patient malade par le praticien était fondé sur les cinq sens de ce dernier. Aucun examen chimique, physique et biologique n'était, à cette époque, envisagé.

À notre époque, la médecine possède aussi un arsenal de moyens techniques permettant de « voir » à l'intérieur du corps du patient. Échographie, radiographie, scanner ou imagerie par résonance magnétique sont devenus des outils d'investigation médicale incontournables, qui reposent sur des principes de physique. Depuis le début de l'épidémie de la COVID 19, le scanner des poumons (examen à rayons X) est indiqué comme l'examen de choix afin d'évaluer la gravité des patients atteints, et, si nécessaire, affecter le malade au service de réanimation.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la production des rayons X.

Document 1 : Découverte des rayons X

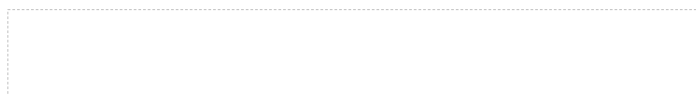
Les rayons X sont découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Röntgen qui reçoit alors le premier prix Nobel de physique en 1901. Ces rayons sont des ondes électromagnétiques, comme le visible, mais leur longueur d'onde est plus petite. Les énergies des photons X sont comprises approximativement entre 120 eV et 120 keV.

Document 2 : Production de rayons X

Les rayons X sont produits dans des tubes à rayons X également appelés tubes de Coolidge (figure 1).

Le principe est le suivant :

- **Des électrons émis par une cathode** (un filament, le plus souvent en tungstène, chauffé par le passage d'un courant électrique) soumis à une tension électrique élevée (de 10 à 150 kV) qui les accélère en direction d'une cible constituée d'une anode en métal (en tungstène également). L'énergie des électrons est transférée à la cible lors de l'impact.
- **Les rayons X sont émis par la cible** selon deux mécanismes :
 - le freinage des électrons par les atomes de la cible crée un rayonnement continu (rayonnement de freinage ou Bremsstrahlung) dont une partie dans le domaine des rayons X ;
 - les électrons accélérés peuvent acquérir une énergie cinétique suffisante pour perturber les couches électroniques internes des atomes de la cible, qui vont alors émettre des rayons X.



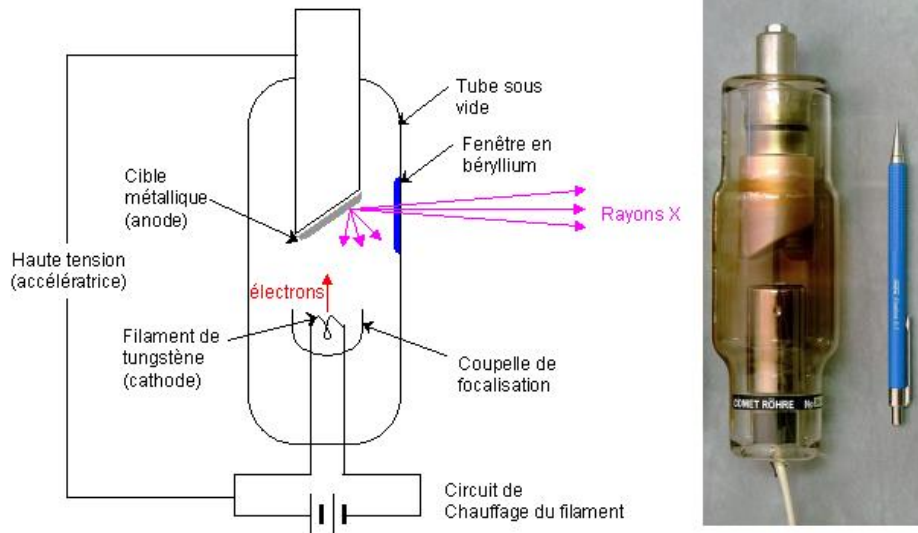


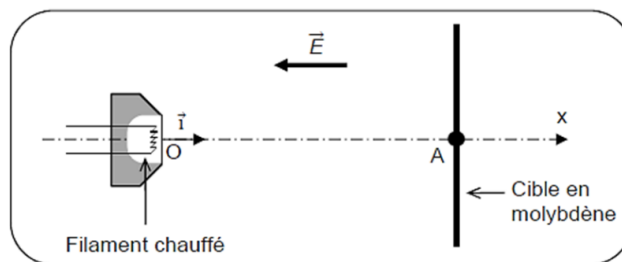
Figure 1 : Tube à rayons X

William David Coolidge, physicien américain, invente le tube qui porte son nom en 1913. Les tubes actuels sont des améliorations du modèle original de Coolidge.

D'après le site <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr>

1. Le processus d'accélération des électrons

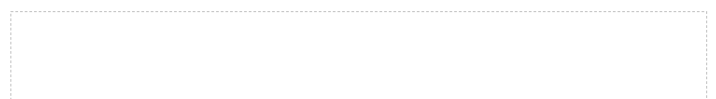
La figure 2 ci-dessous reprend de manière simplifiée le principe du tube de Coolidge.



Dans le dispositif du tube de Coolidge, des électrons émis par un filament chauffé par effet Joule, sont accélérés fortement sous l'effet d'un champ électrique uniforme \vec{E} . Ce champ est créé par une tension électrique U élevée.

Données :

- charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- charge électrique d'un électron : $q = - e$;
- masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- entre le filament et la cible, séparés d'une distance $OA = L$, règne un champ électrique supposé uniforme \vec{E} dont la norme est donnée par la relation : $E = \frac{U}{L}$;



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- $U = 100 \text{ kV}$;
- la valeur de la vitesse de la lumière c dans le vide est supposée connue du candidat.

Le système étudié est un électron. L'électron est émis au point O avec une vitesse nulle à $t = 0 \text{ s}$. Il arrive au point A avec une vitesse V_A . On considère qu'il n'est soumis qu'à la force électrique \vec{F}_e . On propose d'évaluer la vitesse atteinte par les électrons lorsqu'ils arrivent sur la cible en molybdène.

1.1 Donner l'expression vectorielle de la force électrique \vec{F}_e subie par un électron. Comparer la direction et le sens de la force électrique \vec{F}_e à ceux du champ électrique \vec{E} . Dessiner le vecteur \vec{F}_e sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

1.2 Donner l'expression du travail de la force électrique, en fonction de e et U , au cours du déplacement OA. Puis calculer la valeur de ce travail.

1.3.1 Montrer que l'expression de la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive au point A est :

$$V_A = \sqrt{\frac{2e.U}{m_e}}$$

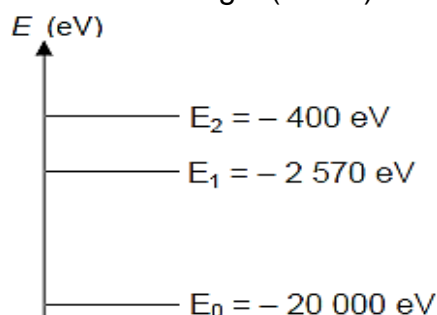
1.3.2 Calculer la vitesse V_A de l'électron dans le cas où la tension électrique U appliquée entre le filament et la cible vaut 100 kV . Commenter le résultat obtenu.

2. L'émission de rayons X

Si l'électron libérée par le filament a une énergie suffisante lorsqu'il arrive à la cible en molybdène (métal de symbole Mo), certains atomes de molybdène de cette plaque sont alors excités puis regagnent leur état fondamental tout en libérant un photon associé à un rayonnement X.

Données :

- constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;
- $1 \text{ pm} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ m}$;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- la valeur de la vitesse de la lumière c dans le vide est supposée connue du candidat ;
- le noyau de l'atome de rhodium a pour symbole : ${}^{96}_{42}\text{Mo}$;
- diagramme simplifié des niveaux d'énergie (en eV) du molybdène :





2.1. Spectre électromagnétique

2.1.1 Les rayons X font partie des ondes électromagnétiques. En vous aidant du document 1 et des données, montrer que la fréquence maximale ν des rayons X produits dans le tube vaut environ $3 \cdot 10^{19}$ Hz.

2.1.2 En déduire la longueur d'onde λ correspondant à ces rayons X, en pm.

2.1.3.a Compléter l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, en attribuant à chaque domaine le type de rayonnement correspondant : visible, ultra-violet, infrarouge, rayonnement X et rayonnement gamma.

2.1.3.b Associer à chaque domaine d'application (« radiographie », « optique visible », « télécommande » et « wifi ») un domaine spectral.

2.2. Transition énergétique de l'atome de molybdène et émission de rayon X

2.2.1. Donner la composition du noyau de l'atome de molybdène.

2.2.2. Reproduire sur votre copie le diagramme simplifié des niveaux d'énergie du molybdène et y représenter par des flèches toutes les transitions énergétiques au sein de l'atome pouvant s'accompagner de l'émission d'un photon associé à un rayonnement.

2.2.3. L'énergie d'un photon libéré lors d'une de ces transitions est $E_{\beta} = 2,78 \cdot 10^{-15}$ J. Identifier cette transition parmi celles proposées précédemment. Justifier.

