

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

Liberté • Égalité • Fraternité
 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1..1

ÉVALUATIONS

CLASSE : première

VOIE : ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : Spécialité physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non

☒ Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

Nombre total de pages : 9

PARTIE A

Fabrication d'une solution hydro-alcoolique en pharmacie (10 points)

Lorsque le lavage des mains avec de l'eau et du savon n'est pas possible, les produits hydro-alcooliques font partie des solutions les plus efficaces pour l'inactivation rapide d'un large éventail de micro-organismes qui peuvent être présents sur les mains. Les pharmaciens peuvent, sous certaines conditions particulières, fabriquer une solution hydro-alcoolique conforme aux directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Quatre formules de solutions ou gels hydro-alcooliques ont été autorisées en juin 2020 par le ministère des solidarités et de la santé. Ces formules présentent une activité virucide dès lors qu'elles respectent la teneur minimale d'alcool recommandée par les autorités sanitaires. Les limites d'acceptabilité sont de +/- 5 % (% en volume) de la teneur en alcool.

L'une de ces formules est présentée ci-dessous :

Formule n°1 - Solution hydro-alcoolique à base d'éthanol de teneur en alcool égale à 80 % (% en volume – correspond au volume d'éthanol en mL contenu dans 100 mL de solution hydro-alcoolique) :



Composants introduits dans la formule n°1 de la solution hydro-alcoolique	Quantité	Fonction
Ethanol à 96 % (en volume)	833,3 mL	Substance active
Peroxyde d'hydrogène, solution à 3 % (contient 3 g de peroxyde d'hydrogène pour 100 mL de solution)	41,7 mL	Inactivateur de spores
Glycérol	14,5 mL	Humectant
Eau purifiée q. s. p.	1000 mL	Solvant

Données :

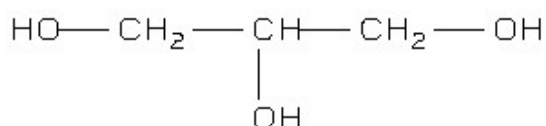
- Electronégativités de quelques atomes : carbone $\chi(\text{C}) = 2,55$; hydrogène $\chi(\text{H}) = 2,20$; oxygène $\chi(\text{O}) = 3,44$.
- Masse molaire moléculaire du peroxyde d'hydrogène : $M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Une solution de peroxyde d'hydrogène à 3 % contient 3 g de peroxyde d'hydrogène pour 100 mL de solution
- Extrait d'une table spectroscopique IR :

Type de liaison	Nombre d'onde σ (cm^{-1})	Forme de la bande
Liaison C – H	2900 – 3100	Moyenne
Liaison C = C	1620 – 1690	Moyenne
Liaison O – H (alcool)	3200 – 3600	Intense et large
Liaison O – H (acide carboxylique)	2500 – 3200	Intense et très large
Liaison C = O (acide carboxylique)	1700 – 1725	Intense
Liaison C = O (aldéhyde et cétone)	1700 – 1740	Intense

Le glycérol, un composant de la solution hydro-alcoolique

Le glycérol est un liquide visqueux, incolore et inodore, miscible dans les solvants polaires, comme l'eau et l'éthanol.

Dans la nomenclature officielle le nom du glycérol est le propan-1,2,3-triol et sa formule semi-développée est représentée ci-dessous :



1. Indiquer si le glycérol est une molécule polaire ou apolaire. Justifier.
2. Recopier cette formule semi-développée. Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans la molécule de glycérol.

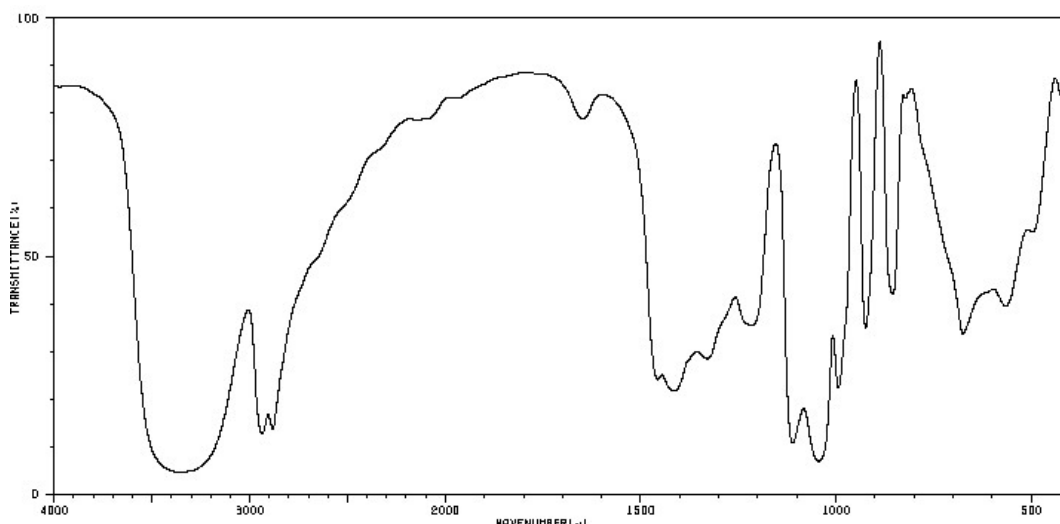


(Les numéros figurent sur la convocation.)

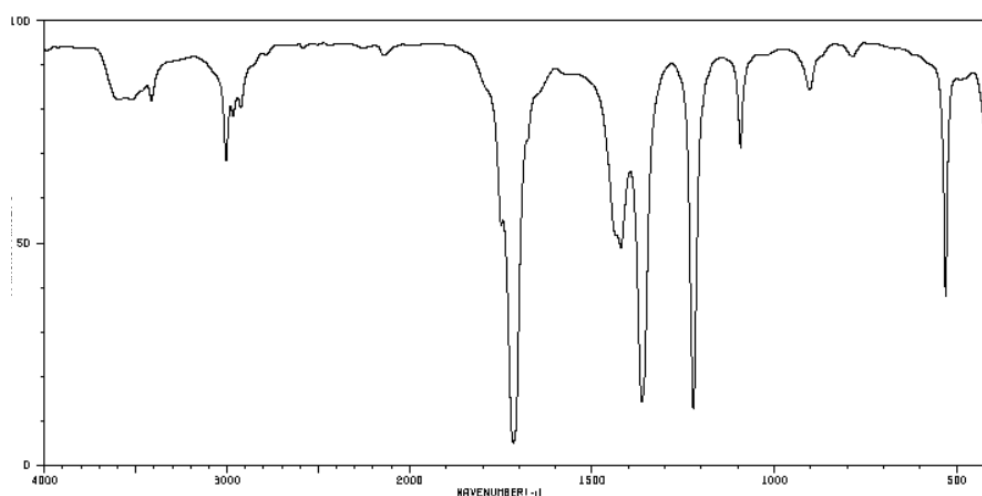
3. Justifier, à l'aide de sa formule semi-développée, le nom du glycérol dans la nomenclature officielle, le propan-1,2,3-triol.
4. Etablir le schéma de Lewis de la molécule de glycérol et de la molécule d'eau.
La très grande affinité du glycérol avec l'eau s'explique par l'existence de ponts hydrogène entre une molécule de glycérol et une molécule d'eau.
5. Justifier l'existence de ces ponts hydrogène et les représenter sur un schéma.

Deux spectres infra-rouge de deux espèces chimiques sont représentés ci-dessous :

Spectre n°1



Spectre n°2



6. Indiquer le spectre IR qui correspond au glycérol. Justifier.



Contrôle qualité de la solution de peroxyde d'hydrogène utilisée lors de la préparation du gel hydroalcoolique.

L'eau oxygénée commerciale est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène, $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$. A température ambiante, l'eau oxygénée peut se décomposer lentement. Après ouverture d'un flacon d'eau oxygénée, la teneur en peroxyde d'hydrogène peut ainsi diminuer légèrement et être en-dessous de celle annoncée par l'étiquette.

Un pharmacien dispose d'une solution commerciale d'eau oxygénée à 3 % en peroxyde d'hydrogène. Avant de préparer sa solution hydro-alcoolique, le pharmacien souhaite contrôler par titrage colorimétrique la concentration en peroxyde d'hydrogène dans l'eau oxygénée commerciale qu'il possède afin de vérifier qu'il n'est pas en-dessous de celle annoncée par l'étiquette. On appellera cette solution S_0 et on notera C_0 sa concentration en quantité de matière de peroxyde d'hydrogène.

Cette solution étant trop concentrée pour le titrage, il la dilue d'un facteur 20. On appellera cette nouvelle solution S_1 et on notera C_1 sa concentration en quantité de matière de peroxyde d'hydrogène.

Le pharmacien dispose de la verrerie suivante pour effectuer cette dilution :

- Epruvettes graduées de 100 mL et 200 mL
- Pipettes graduées de 5,0 mL et 10,0 mL,
- Pipettes jaugées de 5,0 mL et 10,0 mL
- Fioles jaugées de 50,0 mL et 100,0 mL

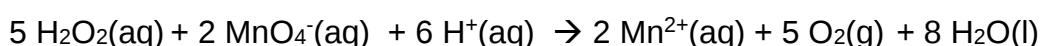
7. Indiquer la verrerie que le pharmacien doit choisir dans cette liste afin de préparer la solution S_1 le plus précisément possible. Justifier.

Il titre un volume $V_1 = 5,0$ mL de solution S_1 par une solution acidifiée de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq})$; $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le changement de teinte est obtenu pour un volume de solution titrante versée égal à $V_E = 9,5$ mL.

Les couples oxydant-réducteur mis en jeu lors du titrage sont :

$\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ et $\text{MnO}_4^-(\text{aq})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$.

8. Montrer que l'équation modélisant la réaction chimique support du titrage s'écrit :



Les seules espèces chimiques colorées présentes dans le milieu réactionnel sont les ions permanganate MnO_4^- , de couleur violette.

9. Indiquer le changement de teinte observé lorsque l'équivalence du titrage est atteinte.

10. Démontrer, en explicitant la démarche, que la concentration C_1 de la solution diluée d'eau oxygénée est proche de $0,0475 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Modèle CCYC : ©DNE Nom de famille (naissance) : (Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)	
Prénom(s) :	
N° candidat :	
Né(e) le :	/ /
N° d'inscription : /	

Liberté • Égalité • Fraternité
 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

11. Déterminer la valeur de la concentration C_0 de la solution d'eau oxygénée commerciale et écrire le résultat de mesure avec un nombre adapté de chiffres significatifs sachant que l'incertitude-type associée à C_0 est de $0,008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
12. Indiquer si le pharmacien pourra utiliser cette solution d'eau oxygénée pour préparer la solution hydro-alcoolique sachant que sa teneur doit être égale ou supérieur à celle de 3 % indiquée sur l'étiquette.

Un contrôle qualité de la solution hydro alcoolique finale - Le degré alcoolique

13. Montrer que la teneur en alcool de la solution hydro-alcoolique préparée selon la formulation n°1 présentée en introduction est bien de 80 % en volume.
14. Le pharmacien plonge un alcoomètre dans la solution hydro-alcoolique qu'il vient de préparer. Il lit l'indication 82° , ce qui correspond à une teneur en alcool de 82 % en volume. Indiquer si cette solution est commercialisable. Justifier.

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.

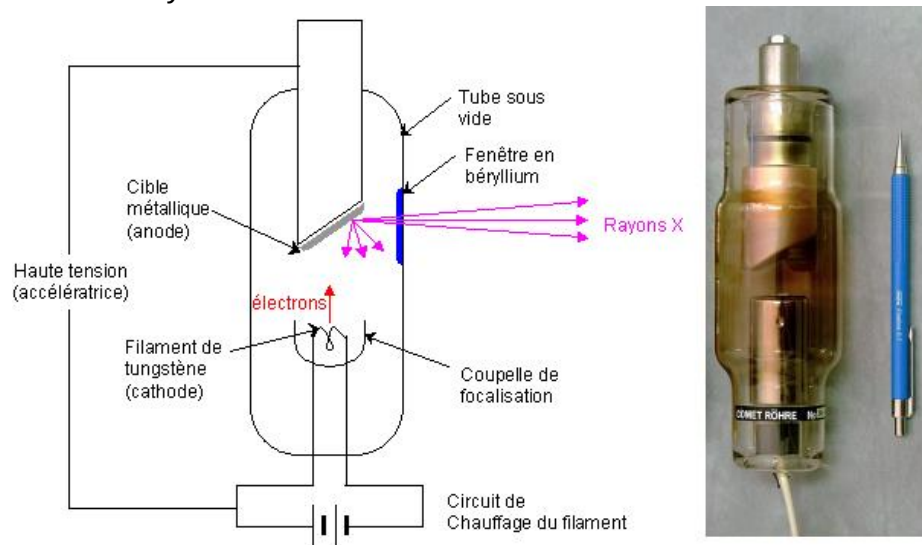


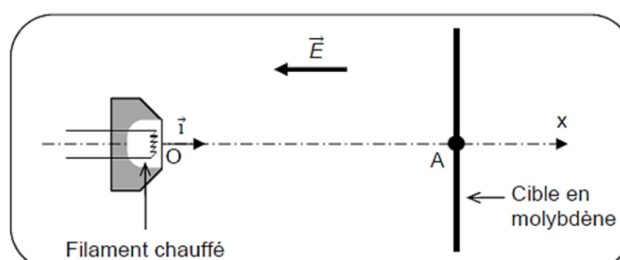
Figure 1 : Tube à rayons X

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.



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

Liberté • Égalité • Fraternité
 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

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 : $E = \frac{U}{L}$;
- $U = 100 \text{ kV}$;
- 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 :

$$V_A = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

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

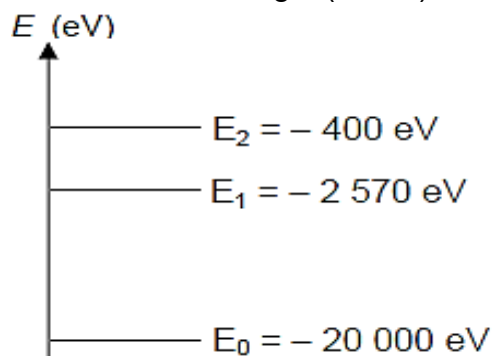
Si l'électron libérée par le filament a une énergie suffisante lorsqu'il arrive à la cible en molybdène (métal de symbole Mo), certains atomes de molybdène de cette plaque sont alors excités puis regagnent leur état fondamental tout en libérant un photon associé à un rayonnement X.

Données :

- constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;



- $1 \text{ pm} = 1.10^{-12} \text{ m}$;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- 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 : ${}_{42}^{96}\text{Mo}$;
- 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 3.10^{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 $E_\beta = 2,78.10^{-15} \text{ J}$. Identifier cette transition parmi celles proposées précédemment. Justifier.

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.)

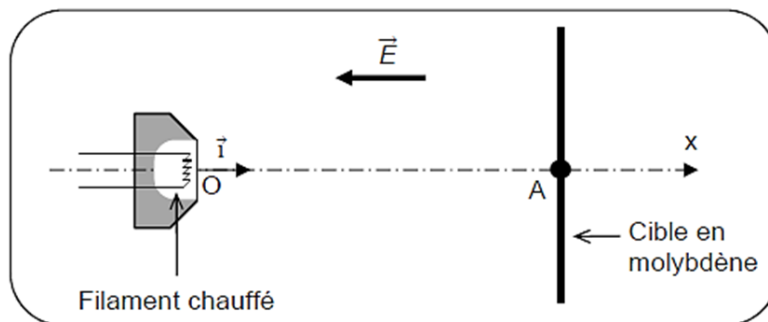
Né(e) le : / /

 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Question 1.1 de la partie B



Question 2.1.3.a de la partie B

Spectre électromagnétique (échelle non respectée et limites approximatives)

