

BACCALURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8 y compris celle-ci.

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

EXERCICE I - DU VIN AU VINAIGRE (4 points)

On peut produire du vinaigre à partir de différentes boissons alcoolisées comme le vin ou le cidre. En présence de dioxygène, l'éthanol C_2H_6O , contenu dans un vin ou un cidre est transformé en acide éthanoïque $C_2H_4O_2$ (également appelé acide acétique) et en eau. Cette réaction, appelée fermentation acétique, est catalysée par une enzyme présente dans la bactérie *Mycoderma Aceti*.

L'objectif de cet exercice est l'étude de la transformation de l'éthanol en acide acétique et la détermination du degré alcoolique du vin qui a permis la fabrication d'un vinaigre. On considère que cette transformation est totale, et qu'elle s'effectue à volume constant.



Données :

- masses molaires atomiques : $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse volumique de l'éthanol à température ambiante : $\rho(\text{éthanol}) = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$;
- le degré d'acidité d'un vinaigre (en °) correspond à la masse d'acide éthanoïque pur (en g) contenue dans 100 g de vinaigre soit environ 100 mL de vinaigre. Par exemple, un vinaigre à 10° contient 10 g d'acide éthanoïque pour 100 g de vinaigre ;
- le degré alcoolique d'un vin (en °) correspond au volume d'éthanol pur (en mL) contenu dans 100 mL de vin ;
- extrait d'une table de nombres d'onde dans le domaine des infrarouges :

Liaison	Famille chimique	Nombre d'onde (en cm^{-1})
C - H	Alcane Alcène	2480 – 3000 > 3000
O - H	Alcool Acide carboxylique	3200 – 3400 2500 – 3300
C = O	Acide carboxylique Ester Aldéhyde ou cétone Amide	1700 – 1725 1700 – 1750 1650 – 1740 1650 – 1695

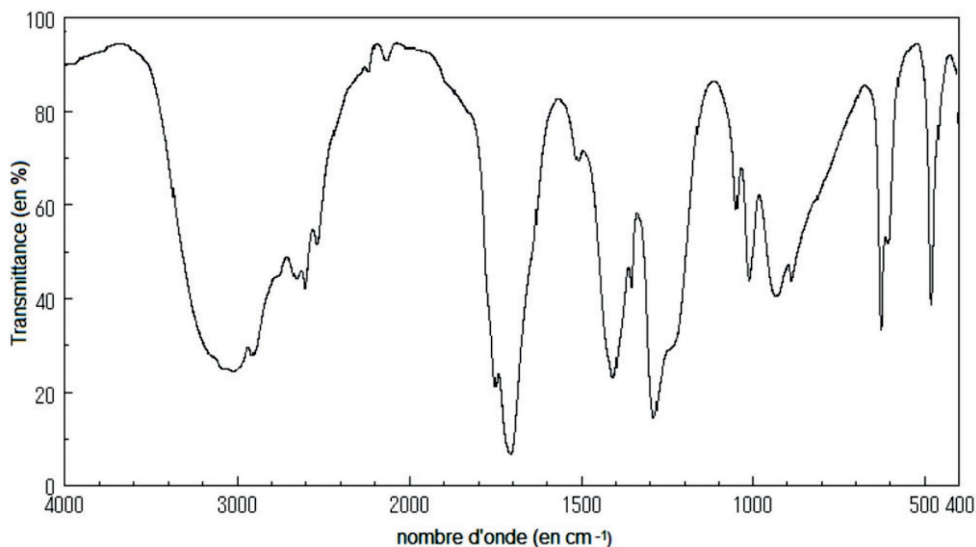
1. De l'éthanol à l'acide éthanoïque

1.1. Représenter les formules topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque.

1.2. Entourer les groupes caractéristiques sur les formules topologiques précédentes. Nommer les familles chimiques associées à ces groupes.

1.3. Écrire l'équation de la réaction de fermentation acétique.

1.4. Indiquer si le spectre infrarouge ci-après est celui de l'éthanol ou celui de l'acide éthanoïque. Justifier.



Source : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology – <http://sdfs.db.aist.go.jp>

1.5. Le pH d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque de concentration molaire $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ est égal à 3,7. L'acide éthanoïque est-il un acide fort ? Justifier.

2. Degré alcoolique du vin blanc ayant servi à fabriquer un vinaigre

2.1. Montrer que la fermentation acétique de 1,0 g d'éthanol permet d'obtenir 1,3 g d'acide éthanoïque.

2.2. Déterminer le degré alcoolique du vin qui a permis d'obtenir le vinaigre de vin blanc dont l'étiquette est reproduite en introduction.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE II - Détecteurs de fumées (11 points)

Afin de prévenir des risques d'incendies, l'installation de détecteurs de fumées est obligatoire dans tous les logements depuis janvier 2016. Il existe différents types de détecteurs comme les détecteurs optiques ou les détecteurs ioniques.

Dans cet exercice, on étudiera ces deux types de détecteurs de fumées, puis on s'intéressera au choix de l'emplacement du détecteur dans le cadre de la protection des personnes.

1. Détecteur optique de fumées

Le principe de fonctionnement de ce détecteur de fumées (figure 1) repose sur le fait qu'une diode électroluminescente (ou DEL) produit en continu un rayonnement. Lorsqu'il rencontre des particules de fumées, le rayonnement est dévié dans toutes les directions. Un récepteur photosensible détecte alors le rayonnement et génère un courant électrique qui déclenche une alarme sonore avertissant les usagers de la présence de fumées.

La longueur d'onde du rayonnement émis par la DEL dépend du matériau utilisé pour sa fabrication. Pour produire un rayonnement infrarouge, on peut utiliser de l'arséniure de gallium (GaAs). Dans ce cas, l'énergie des photons émis est de l'ordre de 1,4 eV.

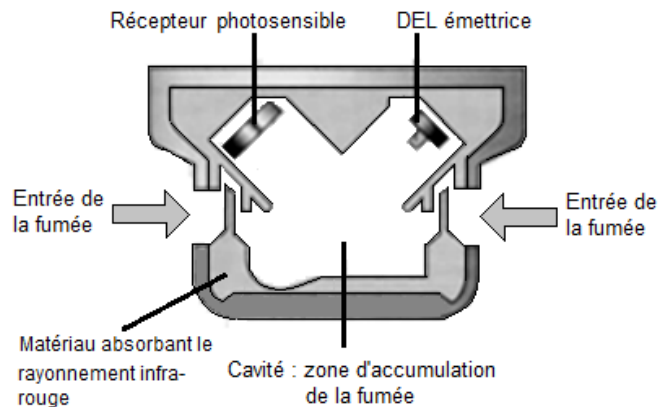


Figure 1. Schéma de principe d'un détecteur optique de fumées

D'après « La physique par les objets quotidiens », C. Ray et J-C Poizat éditions Belin

Données :

- 1 électronvolt (eV) = $1,6 \times 10^{-19}$ J ;
- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide est supposée connue du candidat.

1.1. Le récepteur photosensible ne détecte que les rayonnements appartenant au domaine de l'infrarouge. Vérifier que le rayonnement lumineux émis par la DEL utilisée dans le détecteur optique de fumées appartient bien à ce domaine.

1.2. On admet que les particules solides présentes dans la fumée ont une taille comprise 0,1 μm et 100 μm . Quel phénomène physique peut contribuer à la déviation du faisceau lumineux si des fumées sont présentes ? Justifier.

1.3. En présence de fumées, le rayonnement émis par la DEL est dévié dans toutes les directions. Expliquer brièvement pourquoi l'alarme ne se déclenche qu'en présence de fumées.

2. Détecteur ionique de fumées

Le principe de ce détecteur de fumées repose sur l'ionisation de l'air par des particules α . En l'absence de fumées, ces particules arrachent des électrons aux molécules de dioxygène et de diazote présentes dans la chambre à ionisation. Pour le dioxygène, l'ionisation nécessite un apport d'énergie de 12 eV par molécule.

Les ions et les électrons formés par l'ionisation de l'air sont soumis à un champ électrique uniforme entre deux plaques. Un courant électrique de faible intensité apparaît alors dans le circuit électrique (figure 2).

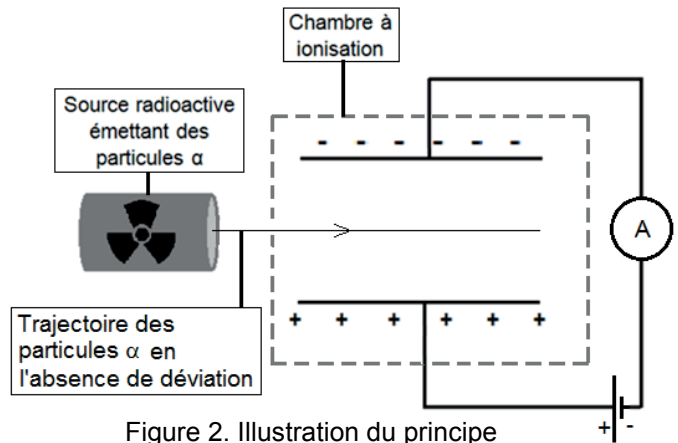


Figure 2. Illustration du principe d'une chambre à ionisation

Lorsque la fumée pénètre dans la chambre à ionisation, une partie des électrons et des ions issus de l'ionisation se fixe aux poussières de fumées. La baisse de l'intensité du courant électrique qui en résulte déclenche un avertisseur sonore.

D'après « La physique par les objets quotidiens », C. Ray et J-C Poizat, éditions Belin

Données :

- 1 électronvolt (eV) = $1,6 \times 10^{-19}$ J ;
- charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C ;
- pour un condensateur plan, le champ électrostatique E est reliée à la tension U et à la distance d qui sépare les plaques par la relation : $E = \frac{U}{d}$;
- charge de la particule α : $q_\alpha = +2 e$;
- masse d'une particule α : $m_\alpha = 6,64 \times 10^{-27}$ kg ;
- intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

On s'intéresse au mouvement d'une particule α arrivant dans la chambre à ionisation en l'absence de fumée. Cette particule arrive en un point O avec un vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 parallèle aux plaques C et D du condensateur plan (voir figure 3).

Une tension constante $U = 9,0$ V est appliquée entre les deux plaques C et D. La valeur de la vitesse initiale v_0 est égale à $1,6 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$.

On étudie le mouvement de la particule α dans le référentiel terrestre supposé galiléen. À l'instant $t = 0$, la particule α est au point O.

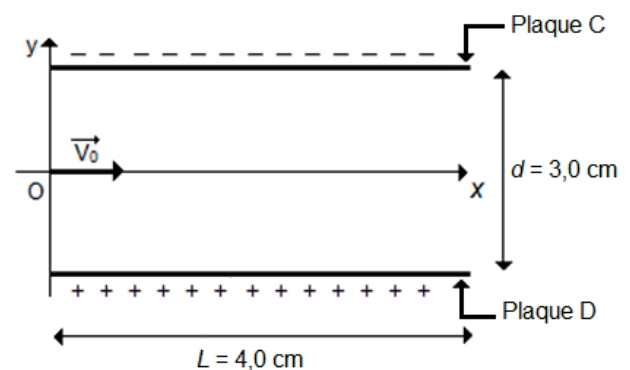


Figure 3. Schéma du condensateur plan de la chambre à ionisation

Lors de cette étude, on négligera les éventuelles collisions avec les molécules de l'air ainsi que la valeur du poids de la particule α devant la valeur de la force électrostatique \vec{F}_e subie par cette particule.

2.1. Vérifier quantitativement que l'hypothèse concernant le poids de la particule α est justifiée.

2.2. Reproduire sur la copie le schéma de la figure 3 puis y représenter le champ électrostatique \vec{E} et la force électrostatique \vec{F}_e que subit la particule α au point O. Justifier.

2.3. Établir que les équations horaires du mouvement de la particule α sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t \\ y(t) = \left(\frac{e \cdot U}{m_\alpha \cdot d} \right) \cdot t^2 \end{cases}$$

2.4. Déterminer la valeur de la coordonnée y_L de la particule lorsqu'elle a parcouru une distance suivant l'axe Ox égale à $L = 4,0$ cm. Expliquer pourquoi le mouvement de cette particule peut être considéré comme rectiligne dans la chambre d'ionisation.

2.5. Montrer que l'énergie cinétique initiale des particules α est suffisante pour ioniser des molécules de dioxygène.

3. Niveau d'intensité sonore du détecteur de fumées

Une personne endormie est réveillée par un bruit dont le niveau d'intensité sonore est supérieur à 75 dB.

Un particulier souhaite installer un détecteur de fumées au plafond de son appartement. Le niveau d'intensité sonore du détecteur de fumées est de 85 dB à 3 m. Le particulier se demande si l'emplacement prévu est judicieusement choisi.

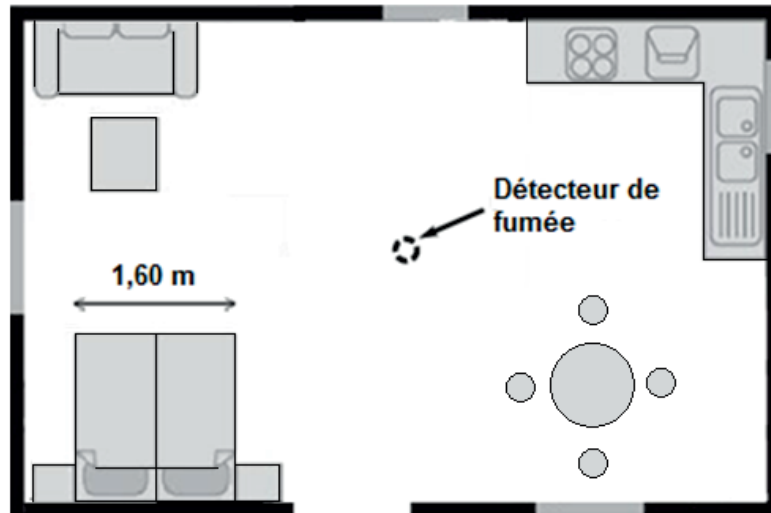
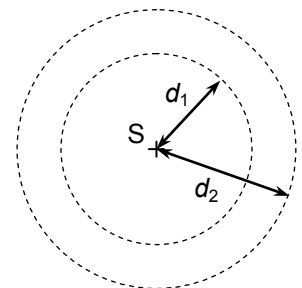


Figure 4. Plan de l'appartement à l'échelle

Donnée :

- au cours de la propagation d'une onde sonore et en l'absence d'atténuation, le niveau d'intensité sonore L diminue avec la distance d à la source S suivant la formule :

$$L_2 = L_1 + 20 \log \left(\frac{d_1}{d_2} \right)$$



où L_2 est le niveau d'intensité sonore mesuré à la distance d_2 de la source et L_1 le niveau d'intensité sonore mesuré à la distance d_1 de la source (voir schéma ci-contre).

À l'aide du plan ci-dessus, schématisant la pièce, déterminer si l'emplacement du détecteur est satisfaisant pour réveiller une personne.

On précise que la hauteur sous plafond est de 2,5 m dans l'appartement du particulier.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Remarque : pour cette étude, on négligera les phénomènes de réflexion du son sur les parois de la pièce.

EXERCICE III - ÉCONOMISER DE L'ÉNERGIE EN RECYCLANT DES CANETTES EN ALUMINIUM (5 points)

L'aluminium utilisé pour fabriquer les canettes de boissons peut avoir deux origines. Il s'agit soit d'aluminium dit « de première fusion » produit à partir d'un minerai appelé bauxite, soit d'aluminium dit « de deuxième fusion » obtenu par recyclage des canettes usagées.

Pour encourager à recycler ces canettes, un site internet avance que « recycler une seule canette économise autant d'énergie que la consommation énergétique d'une télévision pendant 3 heures. »

Le but de cet exercice est de vérifier si cette affirmation est exacte en se limitant à certains aspects de la production et du recyclage des canettes.



Données :

- masse d'une canette en aluminium vide : $m = 13,3 \text{ g}$;
- quelques grandeurs caractéristiques de l'aluminium :

Masse molaire atomique (g.mol^{-1})	Capacité thermique massique à l'état solide c_s ($\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	Capacité thermique massique à l'état liquide c_l ($\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
27,0	$9,0 \times 10^2$	$1,09 \times 10^3$

- une mole d'électrons possède une charge électrique égale à $9,65 \times 10^4 \text{ C}$ en valeur absolue ;
- puissance P consommée par un récepteur électrique : $P = U_{\text{el}}.I$ où U_{el} est la tension aux bornes du récepteur électrique et I l'intensité du courant qui traverse le récepteur ;
- l'intensité I du courant électrique s'exprime en fonction de la charge électrique Q échangée pendant une durée Δt et de la durée Δt par la relation :

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Production de l'aluminium à partir de la bauxite

L'aluminium se trouve dans la nature sous forme d'alumine Al_2O_3 , solide présent dans un minerai appelé bauxite. L'extraction et la dissolution de l'alumine dans un bain fluoré permet d'obtenir de l'oxyde d'aluminium dissous sous forme ionique ($2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{O}^{2-}$). L'aluminium métallique Al est obtenu par électrolyse de l'oxyde d'aluminium dissous selon le processus schématisé dans la figure 1.

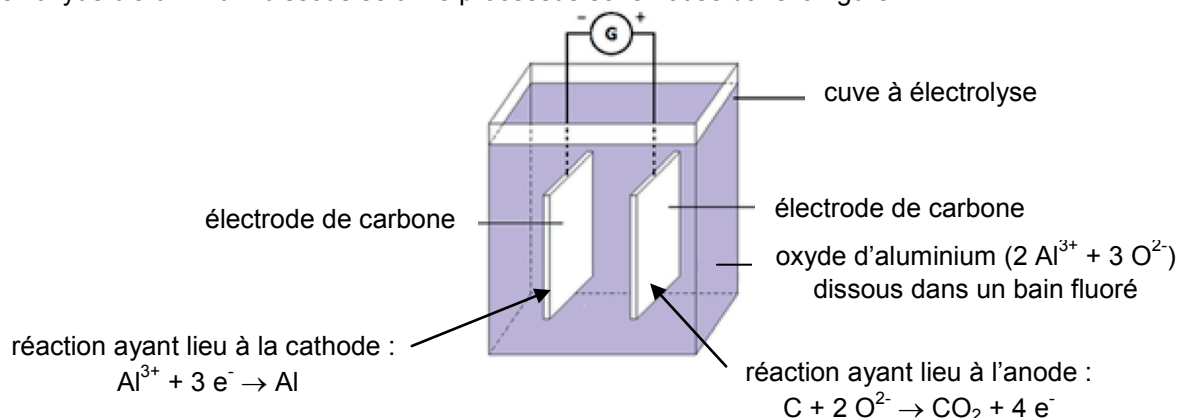


Figure 1. Schéma de principe de l'électrolyseur

Le générateur produit le courant électrique et provoque le déplacement d'électrons entre l'anode et la cathode. Cette électrolyse est un procédé très consommateur en énergie électrique.

La tension imposée entre les électrodes de la cuve à électrolyse est $U_{\text{el}} = 4,5 \text{ V}$.

On peut estimer que l'énergie électrique nécessaire pour la réaction d'électrolyse représente 20 % de l'énergie totale consommée pour la synthèse de l'aluminium à partir de la bauxite.

L'aluminium de deuxième fusion : recyclage des canettes

Après leur récupération, les canettes en aluminium sont comprimées dans une presse avant d'être acheminées vers des fonderies de recyclage. Dans des fours, l'aluminium passe de la température ambiante à une température de 720 °C. Durant ce processus, l'aluminium fond lorsqu'il atteint la température de fusion ($T_f = 660$ °C).

Le rendement r d'un processus est défini comme le rapport entre l'énergie utile E_{utile} et l'énergie totale consommée E_{totale} :

$$r \text{ (en \%)} = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{totale}}} \times 100$$

Dans le cas du recyclage des canettes, le rendement énergétique du processus de « deuxième fusion » est d'environ 45 %, principalement en raison des pertes thermiques dans les fours.

Étape du recyclage	Énergie utile à fournir à une masse de 1,0 kg d'aluminium
Élévation de la température de l'aluminium par chauffage, de la température ambiante $T_i = 20$ °C à $T_f = 660$ °C	ΔU
Fusion à $T_f = 660$ °C	$4,0 \times 10^5$ J
Élévation de la température de l'aluminium par chauffage, de 660 °C à 720 °C	$6,5 \times 10^4$ J

Puissances moyennes consommées par des écrans de télévision

Type d'écran de télévision	Puissances moyennes consommées en utilisation normale
LCD à LED	131 W
LCD classique	211 W
Plasma	287 W

Données de 2010 - <https://www.comptepargneco2.com>

Questions préliminaires

1. Soit Q la charge totale échangée au cours d'une électrolyse et $U_{\text{él}}$ la tension électrique aux bornes de l'électrolyseur, montrer que l'énergie électrique $E_{\text{électrolyse}}$ consommée lors de cette électrolyse a pour expression $E_{\text{électrolyse}} = Q \cdot U_{\text{él}}$.

2. Calculer l'énergie utile correspondant à la variation d'énergie interne ΔU nécessaire à l'élévation de température entre 20 °C et 660 °C d'une masse de 1,0 kg d'aluminium solide.

Problème

Montrer que l'énergie totale consommée pour le recyclage d'une canette peut être considérée comme très inférieure à l'énergie totale consommée lors de la fabrication de cette canette à partir de la bauxite. Commenter alors l'information selon laquelle recycler une canette, plutôt que de la fabriquer à partir de la bauxite, permet d'économiser l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une « télévision pendant 3 heures ».

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.