



SCIENCES PHYSIQUES

Les tables et calculatrices réglementaires sont autorisées.

EXERCICE 1 (03 points)

Les esters jouent un rôle important dans la chimie des parfums et dans l'industrie alimentaire car ils possèdent une odeur florale ou fruitée. La transpiration de l'être humain contribue à la disparition de l'odeur du parfum.

1.1 Ecrire, à l'aide de formules générales, l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse d'un ester. Justifier alors brièvement l'altération de l'odeur du parfum par la sueur. **(0,75 point)**

1.2 Au laboratoire on étudie l'hydrolyse d'un ester. Une méthode de contrôle de la réaction consiste à mesurer le pH du milieu réactionnel à intervalles de temps réguliers. Dire comment évolue le pH du milieu réactionnel en fonction du temps. **(0,5 point)**

1.3 A une date t donnée, la mesure du pH donne $\text{pH} = 2,6$ et à cette date la concentration molaire volumique de l'acide formé est $C_A = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

L'acide sera noté AH et sa base conjuguée A^-

Montrer que l'expression du pK_a du couple acide-base associé à cet acide est donnée par la relation : $\text{pK}_a = 2 \text{ pH} + \log (C_A - 10^{-\text{pH}})$

En déduire la valeur du pK_a . **(01 point)**

1.4 L'acide AH est dérivé d'un acide carboxylique RCOOH par remplacement d'un atome d'hydrogène du groupe alkyle R par un atome de chlore.

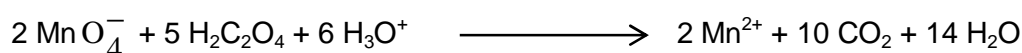
1.4.1 Sachant que la masse molaire moléculaire de l'acide vaut $M = 108,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, déterminer sa formule brute. **(0,5 point)**

1.4.2 La molécule de l'acide possède un carbone asymétrique ; représenter alors les configurations des deux énantiomères de l'acide. **(0,25 point)**

$$M(\text{H}) : 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{O}) : 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{Cl}) : 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

EXERCICE 2 (03 points)

On se propose d'étudier la cinétique de la réaction entre l'acide éthanedioïque $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ et les ions permanganate MnO_4^- en solution aqueuse, réaction dont l'équation-bilan s'écrit :



Pour cela on procède comme suit :

- On verse 10 mL d'une solution d'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ de concentration molaire $C_r = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dans un bécher, on y ajoute de l'acide sulfurique concentré et on complète à 200 mL avec de l'eau distillée. Soit S la solution ainsi obtenue.
- A une date prise comme instant initial $t = 0$, on introduit dans cette solution S, à l'aide d'une pipette, 1 mL d'une solution de permanganate de potassium de concentration $C_o = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et on mesure la durée Δt_1 nécessaire à la décoloration de la solution.
- Aussitôt après la décoloration de la solution, on introduit à nouveau 1 mL de la solution de permanganate de potassium ; on mesure la durée Δt_2 nécessaire à une nouvelle décoloration de la solution et ainsi de suite. On obtient les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

Durées	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4	Δt_5	Δt_6	Δt_7
En seconde	110	40	22	16	14	18	48	...

2.1 Evaluer la concentration molaire C_r' de la solution S. **(0,25 point)**

2.2 Calculer la quantité de matière d'ions permanganate MnO_4^- contenue dans un volume de 1 mL de la solution de permanganate de potassium. **(0,25 point)** .../... 2

Epreuve du 1^{er} groupe

2.3 Evaluer le volume maximal de la solution de permanganate de potassium qu'il faut utiliser pour oxyder entièrement l'acide oxalique présent dans la solution S; quel est alors le nombre maximal de prélèvements de la solution de permanganate à effectuer ? **(0,5 point)**

2.4 A partir des mesures précédentes on a pu dresser le tableau donnant la quantité de matière d'ions manganèse $n(\text{Mn}^{2+})$ formés à chaque date t :

$n(\text{Mn}^{2+})$ en 10^{-5} mol	0	2	4	6	8	10	12	14	..
t (s)	0	110	150	172	188	202	220	268	..

2.4.1 Expliciter les calculs qui ont permis de dresser ce tableau à partir des mesures effectuées (les questions suivantes sont indépendantes de celle-ci). **(0,5point)**

2.4.2 Tracer la courbe $n(\text{Mn}^{2+}) = f(t)$ représentant la variation du nombre de moles d'ions Mn^{2+} formé en fonction du temps. **(0,75 point)**

On prendra comme échelle : en abscisse 1cm pour 20 s et en ordonnée 1 cm pour 10^{-5} mol.

2.4.3 Définir la vitesse instantanée de formation des ions Mn^{2+} . **(0,25 point)**

2.3.4 Déduire du graphique la vitesse instantanée de formation des ions Mn^{2+} à chacune des dates t suivantes : 50s ; 150s ; 180s ; 200s ; 240s.

Comment évolue la vitesse instantanée de formation des ions Mn^{2+} au cours du temps ?

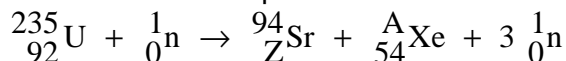
Interpréter qualitativement les variations de cette vitesse. **(0,5 point)**

EXERCICE 3 (05 points)

3.1 Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Actuellement ces centrales utilisent la chaleur libérée par des réactions de fission de l'uranium 235 qui constitue le « combustible nucléaire ». Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne un alternateur produisant l'électricité. Certains produits de fission sont des noyaux radioactifs à forte activité et dont la demi-vie ou période peut être très longue.

3.1.1 Définir le terme demi-vie (ou période). **(0,25 point)**

3.1.2 Le bombardement d'un noyau d'uranium 235 par un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante :



3.1.3 Déterminer les valeurs des nombres A et Z. **(0,5 point)**

3.1.4 Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission. **(0,5 point)**

3.1.5 Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ? **(0,5 point)**

Données : Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} / c^2$;

Electron-volt : $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Particule ou noyau	Neutron	Hydrogène 1 ou proton	Hydrogène 2 ou Deutérium	Hydrogène 3 ou Tritium	Hélium 3	Hélium 4	Uranium 235	Xénon	Strontium
Symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{H}$	${}_1^2\text{H}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^3\text{He}$	${}_2^4\text{He}$	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{54}^{\text{A}}\text{Xe}$	${}_{38}^{\text{A}}\text{Sr}$
Masse en u	1,00866	1,00728	2,01355	3,01550	3,01493	4,00150	234,9942	138,8892	93,8945

3.2 Il existe actuellement un projet dont l'objectif est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion est la source d'énergie du soleil et des autres étoiles.

La réaction de fusion la plus accessible est la réaction impliquant le deutérium et le tritium. C'est sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.

La demi-vie du tritium consommé au cours de cette réaction n'est que de 15 ans.

De plus il y a très peu de déchets radioactifs générés par la fusion et l'essentiel est retenu dans les structures de l'installation ; 90 % d'entre eux sont de faible ou moyenne activité.

3.2.1 Le deutérium de symbole ${}_1^2\text{H}$ et le tritium de symbole ${}_1^3\text{H}$ sont deux isotopes de l'hydrogène.

Epreuve du 1^{er} groupe

Après avoir défini le terme « isotopes », donner la composition des noyaux de deutérium et de tritium **(0,75 point)**

3.2.2 Qu'appelle-t-on réaction de fusion ? **(0,25 point)**

3.2.3 Ecrire l'équation de la réaction de fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium sachant que cette réaction libère un neutron et un noyau noté ${}^A_Z X$. Identifier le noyau ${}^A_Z X$. **(0,75 point)**

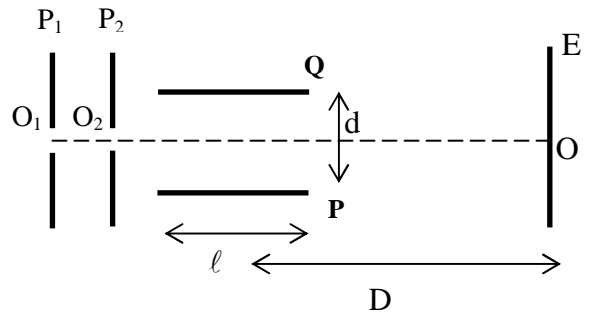
3.2.4 Montrer que l'énergie libérée au cours de cette réaction de fusion est de 17,6 MeV. Quelle est alors l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ? **(0,75 point)**

3.3 Conclure en indiquant les avantages que présenterait l'utilisation de la fusion par rapport à la fission pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires. **(0,75 point)**

EXERCICE 4 (05 points)

Dans toute la suite on supposera que le mouvement des ions a lieu dans le vide et que leur poids est négligeable

4.1 Des ions Mg^{2+} , sortant d'une chambre d'ionisation, pénètrent, avec une vitesse négligeable, par un trou O_1 , dans l'espace compris entre deux plaques verticales P_1 et P_2 . Lorsqu'on applique entre ces deux plaques une tension positive U_0 , les ions atteignent le trou O_2 avec la vitesse \vec{v}_0 .



4.1.1 Quelle plaque (P_1 ou P_2) doit-on porter au potentiel le plus élevé ? Pourquoi ? **(0,25 point)**

4.1.2 Donner la valeur de v_0 en fonction de la charge q et de la masse m d'un ion, ainsi que U_0 . **(0,25 point)**

4.1.3 Calculer la valeur de v_0 pour les ions ${}^{24}_{12}Mg^{2+}$ dans le cas où $U_0 = 4000$ V. **(0,25 point)**

On prendra : $m({}^{24}_{12}Mg^{2+}) = 24$ u ; $u = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ; $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C.

4.2 A la sortie de O_2 , les ions ayant cette vitesse \vec{v}_0 horizontale pénètrent entre les armatures P et Q d'un condensateur. On applique entre ces armatures une différence de potentiel positive U_{PQ} que l'on notera U , créant entre elles un champ électrique uniforme vertical orienté vers le haut.

4.2.1 Préciser les caractéristiques de la force électrique à laquelle chaque ion est soumis ; on exprimera son intensité en fonction de q , U et de la distance d entre les plaques P et Q. **(0,75 point)**

4.2.2 Déterminer la nature de la trajectoire d'un ion à l'intérieur de ce condensateur lorsque U garde une valeur constante. **(0,5 point)**

4.2.3 On dispose d'un écran vertical E à la distance D du centre des plaques de longueur l , trouver en fonction de q , m , U , v_0 , l , D et d , l'expression de la distance $z = OM$, M étant le point d'impact d'un ion sur l'écran. La distance OM dépendra-t-elle des caractéristiques des ions positifs utilisés ? (On admet que la tangente à la trajectoire au point de sortie S du condensateur passe par le milieu de celui-ci). **(0,75 point)**

4.2.4 Calculer la durée de la traversée du condensateur dans le cas où $l = 10$ cm. **(0,25 point)**

4.2.5 On applique entre P et Q une tension sinusoïdale $u = U_{max} \cdot \sin \omega t$, de fréquence $f = 50$ Hz.

Montrer qu'avec un pinceau d'ions ${}^{24}_{12}Mg^{2+}$, on obtient sur l'écran E un segment de droite verticale, dont on calculera la longueur dans le cas où $U_{max} = 230$ V, $D = 40$ cm, $d = 4$ cm. (On peut considérer que, durant toute la traversée du condensateur, chaque ion est soumis à une tension pratiquement constante). **(0,75 point)**

4.3 Entre P et Q existent maintenant à la fois un champ électrique uniforme vertical orienté vers le haut, créé par l'application de la tension U entre ces plateaux, et un champ magnétique uniforme \vec{B} horizontal, perpendiculaire au plan de la figure.

4.3.1 Quelle relation doit lier U_0 , U , B , q , m et d pour que le mouvement des ions Mg^{2+} dans le condensateur soit rectiligne uniforme et horizontal ? Préciser dans ce cas le sens de \vec{B} . Il n'est pas demandé de calculer la valeur de B **(0,5 point)**

4.3.2 En réalité le magnésium est formé de trois isotopes ${}_{12}^{24}\text{Mg}^{2+}$, ${}_{12}^{A_2}\text{Mg}^{2+}$, ${}_{12}^{A_3}\text{Mg}^{2+}$

Lorsque U prend la valeur particulière U_1 , seuls les ions ${}_{12}^{24}\text{Mg}^{2+}$ ont la trajectoire rectiligne.

Lorsque $U = U_2$, ce sont les ions ${}_{12}^{A_2}\text{Mg}^{2+}$ qui ont la trajectoire rectiligne et si $U = U_3$ ce sont les ions ${}_{12}^{A_3}\text{Mg}^{2+}$. On a donc un moyen de les séparer.

4.3.2.1 Montrer que U_2/U_1 ne dépend que du rapport des masses m_1 (des ions ${}_{12}^{24}\text{Mg}^{2+}$) et m_2 (des ions ${}_{12}^{A_2}\text{Mg}^{2+}$). Calculer alors A_2 sachant que $U_1 = 228\text{V}$, $U_2 = 223\text{V}$ **(0,5 point)**

4.3.2.2 Calculer A_3 sachant que $U_1 = 228\text{V}$ et $U_3 = 219\text{V}$. **(0,25 point)**

EXERCICE 5 (04 points)

5.1 Avec une bobine B, on réalise les expériences décrites ci-après.

5.1.1 Première expérience : on réalise le circuit correspondant à la figure 1. La bobine B est connectée à un générateur G de courant continu, de résistance négligeable, maintenant une tension constante $U_1 = 6,7\text{ V}$ entre ses bornes. Un dispositif approprié, non représenté sur la figure permet de suivre l'évolution de l'intensité i du courant traversant le circuit. A l'instant où l'interrupteur K est fermé on déclenche le dispositif d'enregistrement. L'évolution de l'intensité au cours du temps est donnée par la figure 2 jointe en annexe (page 5).

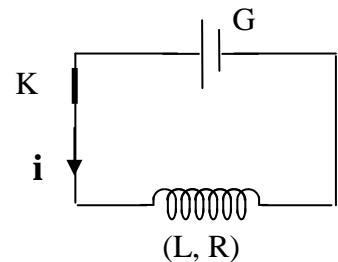


Figure 1

a) Expliquer pourquoi durant cette expérience l'intensité du courant ne prend pas instantanément une valeur constante (figure 2). D'après l'examen de la figure 2, au bout de combien de temps peut-on considérer que le régime permanent est atteint ? **(0,5 point)**

b) Etablir la relation entre la valeur I_0 de l'intensité du courant en régime permanent, la tension U_1 et la résistance R de la bobine. Vérifier que cette résistance vaut $R = 10\ \Omega$. **(0,5 point)**

5.1.2 Deuxième expérience : Le générateur G est remplacé par un autre qui établit aux bornes de B une tension alternative sinusoïdale de fréquence $f = 50\text{ Hz}$ et de valeur efficace $U_2 = 6,0\text{ V}$; l'intensité du courant traversant B a pour valeur efficace $I_2 = 0,32\text{ A}$.

Déterminer l'inductance L de la bobine B. **(0,5 point)**

5.2 La bobine B est associée en série avec un condensateur de capacité $C = 2\ \mu\text{F}$. L'ensemble est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace $U = 6,0\text{ V}$ et de fréquence réglable.

5.2.1 Pour quelle valeur de la fréquence f_0 y a-t-il résonance d'intensité ? **(0,25 point)**

5.2.2 Définir le facteur de qualité Q du circuit, puis établir son expression en fonction de U et de U_c tension efficace aux bornes du condensateur. Justifier l'appellation de « facteur de surtension » que l'on donne parfois à Q. **(0,5 point)**

5.3 On fait varier lentement f autour de la valeur f_0 précédente. On pose $f = f_0(1+\epsilon)$ avec $\epsilon \ll 1$

5.3.1 Montrer que l'impédance Z du circuit est :

$$Z = R\sqrt{1+4Q^2\epsilon^2}. \text{ On admettra l'approximation : } \frac{1}{1+\epsilon} \approx 1-\epsilon. \quad \textbf{(0,5 point)}$$

5.3.2 Montrer que la puissance P transférée au circuit est donnée par : $P = \frac{U^2}{R(1+4Q^2\epsilon^2)}$.

Pour quelle valeur de ϵ cette puissance est maximale ? Que vaut la puissance maximale ? **(0,75 point)**

5.3.3 L'allure de la courbe donnant la puissance P transférée en fonction de f pour $\epsilon \in]-10^{-1}; +10^{-1}[$ lorsque $R = 10\ \Omega$ est donnée sur la figure 3 jointe en annexe (page 5). Tracer sur le même graphe (à rendre avec la copie) l'allure de la courbe donnant la puissance transférée dans le cas où la résistance de la bobine est $R_2 = 1\ \Omega$ puis dans le cas où $R_3 = 100\ \Omega$. Conclure. **(0,5 point)**

ANNEXE : LA PAGE 5/5 EST A RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 2

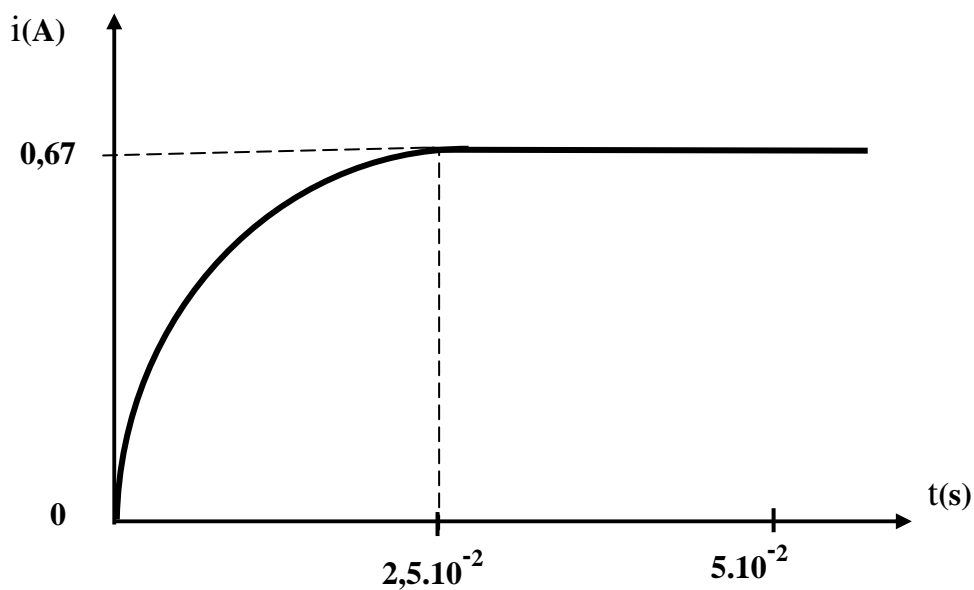
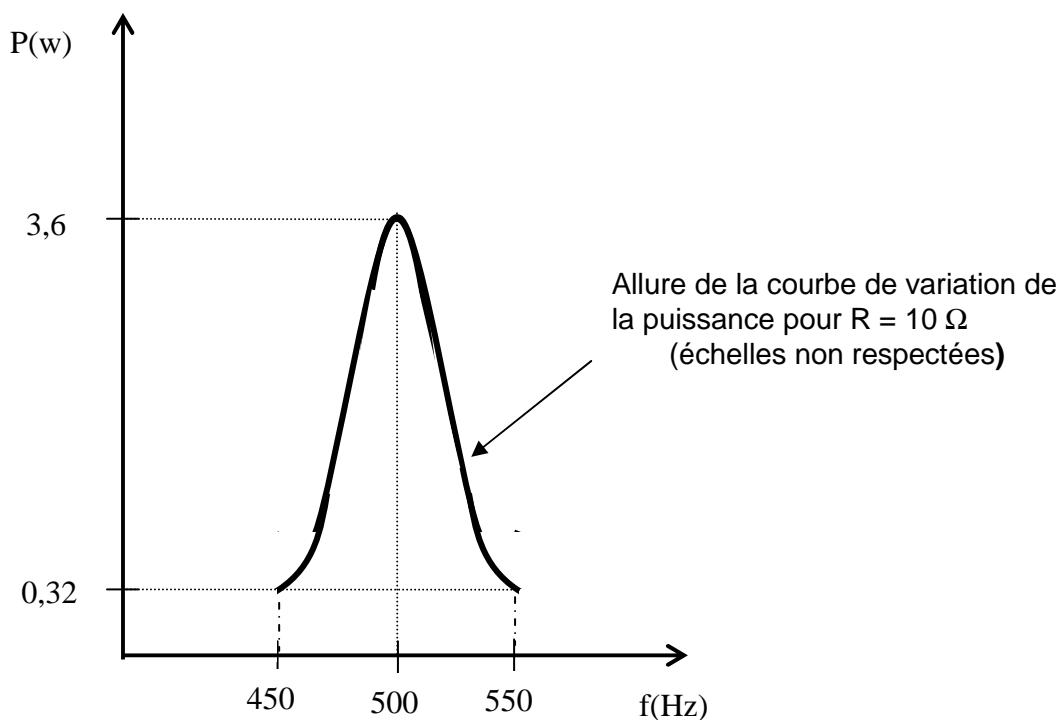


Figure 3



NB : Le candidat ne doit mettre sur cette feuille aucun signe distinctif du type nom, numéro de table ou autre.