Durée : 4 heures
Séries : S1-S3 – Coef. 8

Epreuve du 1er groupe

SCIENCES PHYSIQUES

Les tables et calculatrices réglementaires sont autorisées.

EXERCICE 1 **(03 points)**

L'acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$, couramment dénommé vitamine C, est un réducteur naturel que l'on qualifie usuellement d'antioxydant. On le trouve dans de nombreux fruits et légumes. On a montré que la vitamine C peut prévenir des petits maux quotidiens tels que le rhume et aider dans le traitement de certains cancers. En pharmacie, il est vendu sous forme de comprimés de « 500 mg ».

1.1 Un élève de terminale S se propose de vérifier l'indication de masse d'un comprimé de « 500 mg » de vitamine C. Pour cela, il dissout un comprimé dans un volume V_0 = 200 mL d'eau. Soit S_0 la solution obtenue. Il procède au dosage d'un volume v = 20 mL de la solution S_0 par une solution de soude de concentration C_b = $1{,}2.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ en présence d'un indicateur coloré approprié. Le virage de l'indicateur est obtenu quand le volume de la solution de soude versé est 11,7 mL.

1.1.1 Qu'entend-t-on par indicateur coloré approprié ? **(0,5 pt)**

1.1.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide ascorbique avec la soude (l'acide ascorbique sera noté AH, sa base conjuguée A^-) **(0,25 pt)**

1.1.3 A l'équivalence, le pH est de 8. Justifier qualitativement le caractère basique de la solution. **(0,25 pt)**

1.1.4. Déterminer la concentration C_0 de l'acide dans la solution S_0, puis la masse d'acide ascorbique présente dans le comprimé. Conclure. **(0,5 pt)**

1.2 L'élève lit plus attentivement la notice du médicament et y trouve les indications suivantes : vitamine C tamponnée, acide ascorbique : 247,7 mg, ascorbate de sodium : 281,4 mg, acide ascorbique total : 500 mg

1.2.1 Calculer, à partir des indications de la notice, les quantités de matière d'acide ascorbique et d'ions ascorbate présentes dans un comprimé. **(0,5 pt)**

1.2.2 On admet que les quantités de matière d'acide ascorbique et d'ions ascorbate présentes à l'équilibre dans la solution obtenue par l'élève sont les mêmes que dans le comprimé.
Ecrire la relation liant le pH de la solution au pKa du couple et en déduire la valeur prévisible du pH de la solution S_0. Quelles propriétés présente la solution S_0? Quel est son intérêt ? **(0,5 pt)**

1.2.3 Sachant que le pH à l'intérieur de l'estomac est voisin de 1, justifier alors, par le calcul, l'indication « acide ascorbique total : 500 mg » portée sur la notice. **(0,5 pt)**

Données : pKa du couple AH/A^- = 4,1 ; masses molaires :M(AH) = 176 $g.mol^{-1}$; M(ANa) =198 $g.mol^{-1}$

EXERCICE 2 **(03 points)**

L'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène H_2O_2 se décompose lentement en produisant du dioxygène. Son importance réside dans l'utilisation courante qu'on en fait : teintures pour cheveux, décoloration de la pâte à papier, désinfection des plaies. Les solutions d'eau oxygénée peuvent également être utilisées, grâce au dioxygène libéré, comme désinfectant bucal et aussi pour le nettoyage de lentilles de contact. Pour ce traitement des lentilles un rinçage soigneux avec destruction des restes d'eau oxygénée est indispensable car tout contact de cette substance avec les yeux provoquerait une grave irritation. On comprend, par ces informations, la nécessité de bien connaître les paramètres de la cinétique de décomposition de l'eau oxygénée.

En présence de catalyseurs appropriés, on effectue une étude cinétique de la décomposition de l'eau oxygénée, à une température θ, dont l'équation-bilan s'écrit :

$$2H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2\,H_2O$$

A l'instant t = 0, début de l'expérience, la solution contient 1 mole d'eau oxygénée et son volume est V_0 = 2 litres, volume considéré comme constant au cours de l'expérience.
A pression constante, on mesure le volume $V(O_2)$ de dioxygène dégagé à différents instants. Dans les conditions expérimentales, le volume molaire Vm des gaz vaut 24 $L.mol^{-1}$.

2.1 Exprimer, en moles, la quantité de dioxygène $n(O_2)$ formée à la date t en fonction de $V(O_2)$ et du volume molaire Vm. **(0,25 pt)**

2.2 Montrer que la concentration en eau oxygénée restante, notée C_R , est donnée par l'expression :

$$C_R = \frac{1 - 2\frac{V(O_2)}{Vm}}{V_0}$$ **(0,25 pt)**

2.3 Recopier le tableau de mesures ci-dessous sur la copie, le compléter et tracer la courbe représentative de C_R en fonction de t. Préciser l'échelle choisie. **(01 pt)**

t(min)	0	30	6 0	90	120	180	240	300	360	420	480	600
$V(O_2)$(litre)	0	2,50	4,53	5,86	7,37	9,16	10,56	11,16	11,40	11,60	11,80	11,97
C_R(mol/L)												

2.4 Définir la vitesse volumique de disparition de l'eau oxygénée et la déterminer graphiquement à la date t = 120 min puis à t = 360 min. **(0,75 pt)**

2.5 Comment évolue la vitesse volumique de disparition de l'eau oxygénée ? Pourquoi ?**(0,25 pt)**

2.6 Etablir la relation entre la vitesse de formation du dioxygène et la vitesse volumique de disparition de l'eau oxygénée. En déduire les valeurs de la vitesse de formation du dioxygène à t = 120 min et à t = 360 min **(0,5 pt)**

EXERCICE 3 (05 points)

Un des objectifs de la physique des hautes énergies est de découvrir les constituants de la matière et de comprendre les interactions qui les régissent. Le but des accélérateurs de particules est donc de casser des noyaux et des nucléons en provoquant des collisions entre ces particules. Un accélérateur de particules chargées utilise pour les accélérer un champ électrique ou un champ magnétique variable dans le temps et pour les dévier, un champ magnétique capable de courber et de focaliser les trajectoires. L'année 1928 marque l'invention de l'accélérateur linéaire par Rolf Wideröe : un champ électrique alternatif va accélérer les électrons. En 1930, Lawrence invente quant à lui un accélérateur circulaire : le cyclotron. Les accélérateurs ont d'importantes applications théoriques (entre autres, recherche sur l'histoire de l'univers, sur les particules élémentaires) et médicales (protonthérapie, fission des atomes d'une tumeur…)

NB : Dans tout l'exercice, on ne tiendra pas compte du poids des particules dans l'étude de leur mouvement.

3.1 Etude d'un accélérateur linéaire : *le modèle de Wideröe*

L'appareil est constitué d'une succession de tubes sous vide, séparés par de faibles interstices, disposés en ligne droite et mis à des potentiels alternativement positifs ou négatifs de sorte que deux tubes successifs soient toujours à des potentiels de signes opposés. Entre deux tubes voisins est appliquée une tension alternative. Il y règne donc un champ électrique alternatif.

A l'intérieur du tube le champ électrique est nul (figure 1).

Une source de particules chargées (protons par exemple) est placée devant le premier tube. A l'intérieur d'un tube, les particules "glissent" à vitesse constante.

Dans l'espace entre les tubes, le champ accélère les particules à condition qu'elles soient convenablement synchronisées.

Comme la vitesse des particules augmente, les tubes doivent être de plus en plus longs.

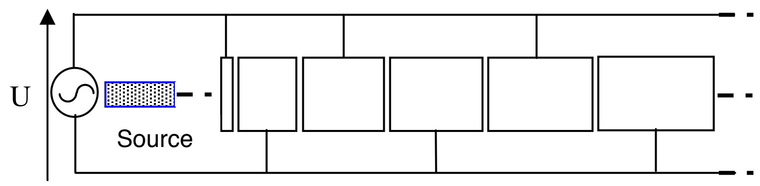


Figure 1

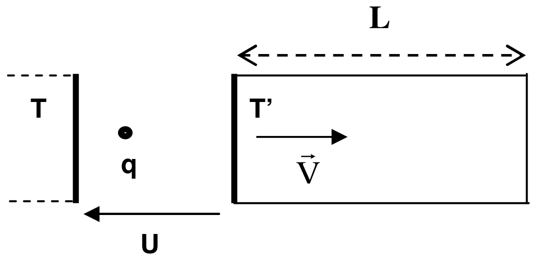


Figure 2

3.1.1 Considérons un proton qui sort d'un tube T et qui pénètre dans l'interstice (intervalle) qui le sépare du tube T' suivant (figure 2). Soit U la tension appliquée entre les tubes T et T'.

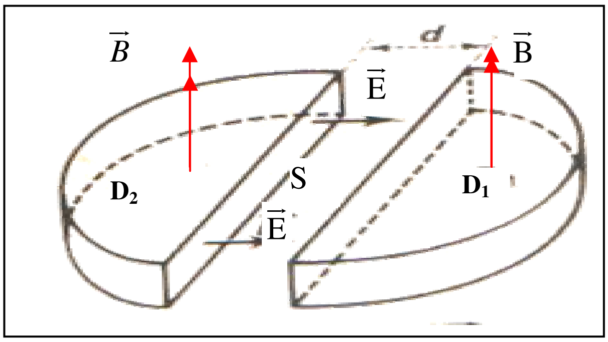
- Préciser, justification à l'appui, la nature du mouvement d'une particule entre les deux tubes si on suppose que la durée de passage est si courte que le champ peut être considéré comme constant pendant cette durée.
- Exprimer le gain d'énergie ΔEc que la particule de charge q acquiert de T à T' en fonction de U.

(0,75 pt)

3.1.2 Après traversée de l'interstice la particule pénètre avec une vitesse V dans le tube T'.
- Justifier, par application d'une loi de la dynamique, le fait que les particules « glissent » (se déplacent) à vitesse constante à l'intérieur du tube.
- Exprimer la durée de traversée du tube en fonction de V et de la longueur L du tube.
- Pour un bon fonctionnement du dispositif, la durée de traversée de chaque tube doit être égale à la demi-période de la tension. En déduire l'expression de la période T_0 de la tension alternative. **(0,75 pt)**

3.2 Etude d'un accélérateur circulaire : *le cyclotron*.

Un cyclotron est un dispositif constitué de deux demi-cylindres D_1 et D_2, appelés « dees », séparés par une distance très faible d devant leur diamètre. Le tout est placé dans le vide. Un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure est créé dans D_1 et D_2. Entre les « dees » et sur la distance d agit un champ électrique uniforme $\vec{E}$. Ce champ $\vec{E}$ est constamment nul à l'intérieur des deux « dees ». On suppose que la d.d.p U entre D_1 et D_2 reste constante.



On donne : masse du proton m = $1,67.10^{-27}$ kg ;
Charge élémentaire e = $1,6.10^{-19}$ C ; d = 1cm ;
U = 4000 V.

3.2.1 Au voisinage immédiat de D_2 une source S émet des protons avec une vitesse initiale négligeable.
Préciser la nature du mouvement du proton entre D_2 et D_1 et établir l'expression de la vitesse V_1 du proton au moment il pénètre dans D_1, en fonction de e, m et U. Calculer V_1. **(0,5 pt)**

3.2.2 Le proton pénètre dans D_1, sa vitesse $\vec{V_1}$ est perpendiculaire à $\vec{B}$.
- Montrer que le mouvement du proton dans D_1 est circulaire uniforme.
- Donner l'expression du rayon R_1 du demi-cercle décrit par le proton en fonction de e, m, B et U.
- Exprimer littéralement le temps de transit τ mis par le proton pour décrire ce demi cercle ; montrer qu'il est indépendant de la vitesse donc non modifiée par la présence du champ électrique accélérateur. Faire l'application numérique avec B = 1T. **(01 pt)**

3.2.3 Au moment précis où le proton quitte D_1, on inverse le sens de $\vec{E}$, le proton pénètre ainsi dans D_2 avec une vitesse V_2.
- Etablir l'expression de la vitesse V_2 du proton et donner l'expression du rayon R_2 de la trajectoire décrite dans D_2.
- Exprimer le temps de transit dans D_2. Le comparer à τ. **(0,5 pt)**

3.2.4 Quand le proton quitte D_2, on inverse à nouveau le sens de $\vec{E}$. La particule, accélérée par la même tension U, pénètre dans D_1 avec une vitesse V_3, y décrit un demi-cercle de rayon R_3, ainsi de suite…

Exprimer le rayon R_n de la $n^{ième}$ trajectoire demi-circulaire en fonction du rayon R_1 de la première trajectoire.

Donner la valeur de n pour R_n = 0,14 m. Calculer la vitesse correspondante V_n du proton.
Quelle serait la d.d.p constante qui aurait donné cette vitesse au proton initialement émis sans vitesse initiale ? Commenter. **(01,5 pt)**

EXERCICE 4 (05 points)

4.1 Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur demande aux élèves de réaliser un « circuit-série » comprenant :
- Un générateur de tension alternative sinusoïdale, de valeur efficace constante.
- un conducteur ohmique de résistance $R_1 = 50\ \Omega$,
- Une bobine d'inductance L = 30 mH et de résistance inconnue R
- Un interrupteur K
- Un condensateur de capacité inconnue C.

Les élèves disposent par ailleurs d'un oscilloscope bicourbe

L'oscilloscope doit être branché convenablement pour visualiser en :

- voie Y_1, la tension aux bornes du dipôle constitué par le conducteur ohmique, la bobine, le condensateur disposés en série,
- Voie Y_2, une tension proportionnelle à l'intensité du courant dans le circuit.

Trois groupes d'élèves proposent les montages schématisés ci-après (figures 1, 2, 3).

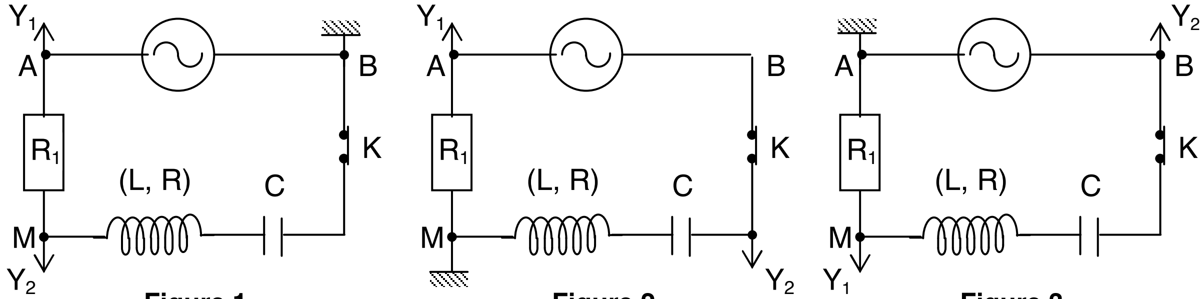


Figure 1 **Figure 2** **Figure 3**

Le professeur n'accepte que le montage de la figure 3. Pourquoi les schémas des figures 1 et 2 sont rejetés ? Dans chaque cas, préciser la tension visualisée en Y_1 et celle qui est visualisée en Y_2. **(01 pt)**

4.2 Le document suivant montre l'aspect de l'écran de l'oscilloscope ainsi que les sensibilités adoptées pour chacune des deux courbes.

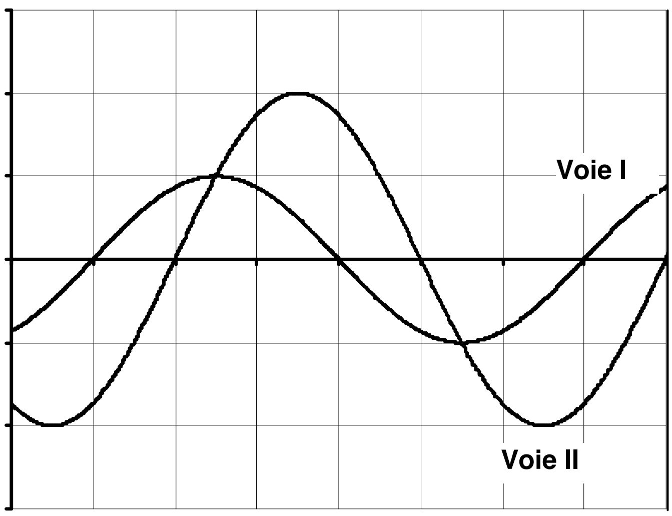
4.2.1 En exploitant les oscillogrammes, déterminer :

- la fréquence de la tension délivrée par le générateur,
- les tensions maximales aux bornes des dipôles BA et MA puis l'intensité maximale.

En déduire l'impédance Z_{BA} du circuit.

- le déphasage φ de la tension u(t) aux bornes du dipôle AB par rapport à l'intensité du courant i(t). On précisera laquelle de i(t) ou u(t) est en avance de phase sur l'autre. **(01,5 pt)**

4.2.2 Calculer alors la résistance R de la bobine et la capacité C du condensateur en mettant en relation l'expression de Z_{BA} et celle de $\tan\varphi$. **(0,75 pt)**



Balayage horizontal : 1 ms / division
Sensibilité verticale :
voie I : 1 V / division
voie II : 2 V / division.

4.3 Un élève agit sur la fréquence du générateur, de façon à annuler le déphasage entre u(t) et i(t).

4.3.1 Dans quelle condition particulière se trouve le circuit à cet instant ? **(0,25 pt)**

4.3.2 Déterminer dans cette condition :

- la fréquence de fonctionnement du générateur,
- l'intensité maximale du courant électrique,
- la tension maximale aux bornes du dipôle MA. On se rappellera que la valeur efficace de la tension aux bornes du générateur est constante. **(01,5 pt)**

EXERCICE 5 (04 points)

On réalise une expérience d'interférence lumineuse avec une source primaire et des fentes de Young qui jouent le rôle de deux sources synchrones S_1 et S_2 distantes de a = 0,5 mm. L'écran d'observation E est perpendiculaire à la médiatrice de S_1S_2. Il est placé à D = 1,5 m de ces fentes.

5.1 On éclaire les fentes par une radiation monochromatique de longueur d'onde λ. Le centre de la frange brillante numéro 4 est à 7,6 mm de celui de la frange centrale (les franges sont comptées à partir de la frange centrale numérotée 0).

5.1.1 Réaliser un schéma du montage. Tracer les marches des rayons lumineux qui arrivent en un point M de l'écran. **(0,5 pt)**

5.1.2 Définir et calculer l'interfrange i. **(0,5 pt)**

5.1.3 En déduire la valeur de la longueur d'onde λ utilisée. **(0,5 pt)**

5.2 Les sources émettent à présent des radiations de longueurs d'onde λ_1 = 600 nm et λ_2 = 480 nm. Si l'on s'écarte de la frange centrale, en quelle position observe-t-on la première coïncidence entre les deux systèmes de franges ? **(0,75 pt)**

5.3 La source primaire émet maintenant toutes les radiations visibles dont les longueurs d'onde λ sont telles que : $\lambda \in$ [400 nm ; 800 nm]. Les fentes sont remplacées par une fente unique placée sur l'axe de la source. On interpose entre la fente et l'écran une substance en sodium.
A l'aide d'un dispositif approprié, on constate sur l'écran deux (02) bandes noires. Il s'agit de bandes d'absorption correspondant aux transitions croissantes représentées sur le diagramme d'énergie simplifié de l'atome de sodium schématisé ci-après. Les longueurs d'ondes correspondantes $\lambda_{0,1}$ et $\lambda_{1,5}$ valent respectivement 589,3 nm et 568,9 nm.

5.3.1 Calculer l'énergie des niveaux E_1 et E_5 (les résultats seront donnés à 2 chiffres après la virgule) **(0,5 pt)**

5.3.2 Exprimer la longueur d'onde $\lambda_{0,5}$ de la transition entre les niveaux 0 et 5 en fonction des longueurs d'onde $\lambda_{0,1}$ et $\lambda_{1,5}$ des transitions respectives entre les niveaux 0 à 1 et 1 à 5.
Calculer $\lambda_{0,5}$. La radiation correspondante appartient - elle au visible ? **(0,75 pt)**

5.3.3 Un rayon Laser envoie un photon d'énergie 3,39 eV et ionise un atome de sodium initialement au niveau E_1. Calculer la vitesse de l'électron émis. **(0,5 pt)**

On donne : vitesse de la lumière dans le vide $C = 3.10^8$ m/s ;
Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s; Masse de l'électron : $m = 9,1.10^{-31}$ kg.