Année 2012

Examen probatoire d'admission dans les Ecoles de formation d'officiers

Epreuve de sciences physiques

Durée : 4 heures

Les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre quelconque ;

L'attention des candidats est portée sur le fait que l'on tiendra compte du soin et de la rigueur apportée dans le travail ;

Si, en cours d'épreuve, le candidat rencontre ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il la signale sur sa copie et continue sa composition.

Tournez la page S.V.P.

Exercice 1
L'atome d'hydrogène

On rappelle que l'atome d'hydrogène peut exister à différents niveaux d'énergie; les énergies de ces niveaux sont données par la relation :

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$$ (E_n est mesurée en électron-volt, n est un entier positif).

Indiquer si les affirmations suivantes sont exactes ou fausses en **justifiant la réponse,** éventuellement par un calcul.

1) La valeur de l'énergie de l'atome d'hydrogène au niveau $n = 3$ est de $- 2{,}42.10^{-19}$ J.

2) L'atome d'hydrogène peut avoir une énergie égale à - 2,8 eV.

3) Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène est continu.

4) Le niveau d'énergie E = 0 eV correspond à l'atome d'hydrogène dans son état non excité (état fondamental).

5) L'atome d'hydrogène peut émettre la radiation de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 103$ nm en passant du niveau n = 3 au niveau n = 1.

6) On peut exciter l'atome d'hydrogène initialement dans son état fondamental grâce à une radiation de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 103$ nm.

7) L'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par choc l'excitation d'un atome d'hydrogène à partir de son état fondamental vaut 10,2 eV.

8) Un atome d'hydrogène à l'état excité n = 2 peut absorber un photon d'énergie 5,0 eV en s'ionisant.

9) Toutes les raies d'émission ayant comme niveau d'arrivée le niveau fondamental sont situées dans le visible.

Données:

Constante de Planck: $h = 6{,}63.10^{-34}$ J.s, Célérité de la lumière dans le vide: $c = 3{,}0.10^{8}$ m.s^{-1},
1 électron-volt = 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$J .

Exercice 2
Haut parleur

Un haut parleur est constitué d'une bobine mobile placée dans un champ magnétique créé par un aimant. Lorsqu'elle est parcourue par un courant alternatif, cette bobine entraîne la membrane du haut parleur. On souhaite caractériser cette bobine ; pour cela on bloque son déplacement en immobilisant la membrane. On propose alors un modèle électrique simple constitué par une inductance L en série avec une résistance R.

1ère expérience :

A $t = 0$ s, on alimente la bobine du haut parleur sous une tension constante. On mesure la tension u à l'aide d'un voltmètre et l'intensité i à l'aide d'un ampèremètre. On enregistre l'évolution de $i(t)$. (cf. annexe 1)

L'ampèremètre possède une résistance interne $R_A = 2{,}0\ \Omega$.
Le voltmètre possède une résistance interne $R_V = 1{,}0\ M\Omega$.
L'indication du voltmètre reste constante, $u = 5{,}0$ V pour $t > 0$

Etude en régime permanent :

1) Ecrire l'équation liant u à i en régime permanent. Déduire graphiquement la valeur de R à partir du document donné en annexe 1.

2) Quel appareil de mesure aurait pu être utilisé pour mesurer directement R ?

Etude du régime transitoire :

3) Ecrire l'équation différentielle de variable $i(t)$ pour $t > 0$.

4) Sa solution est de la forme $i(t) = \alpha + \beta \exp(-t/\gamma)$; exprimer α, β et γ en fonction des données de l'énoncé.

5) Quelles sont l'expression et la valeur de $i(t)$ lorsque $t = \gamma$? Effectuer l'application numérique, en déduire graphiquement la valeur de γ, puis la valeur de L.

6) Retrouver la valeur de γ par une méthode graphique en faisant apparaître votre construction sur l'annexe 1.

2ème expérience :

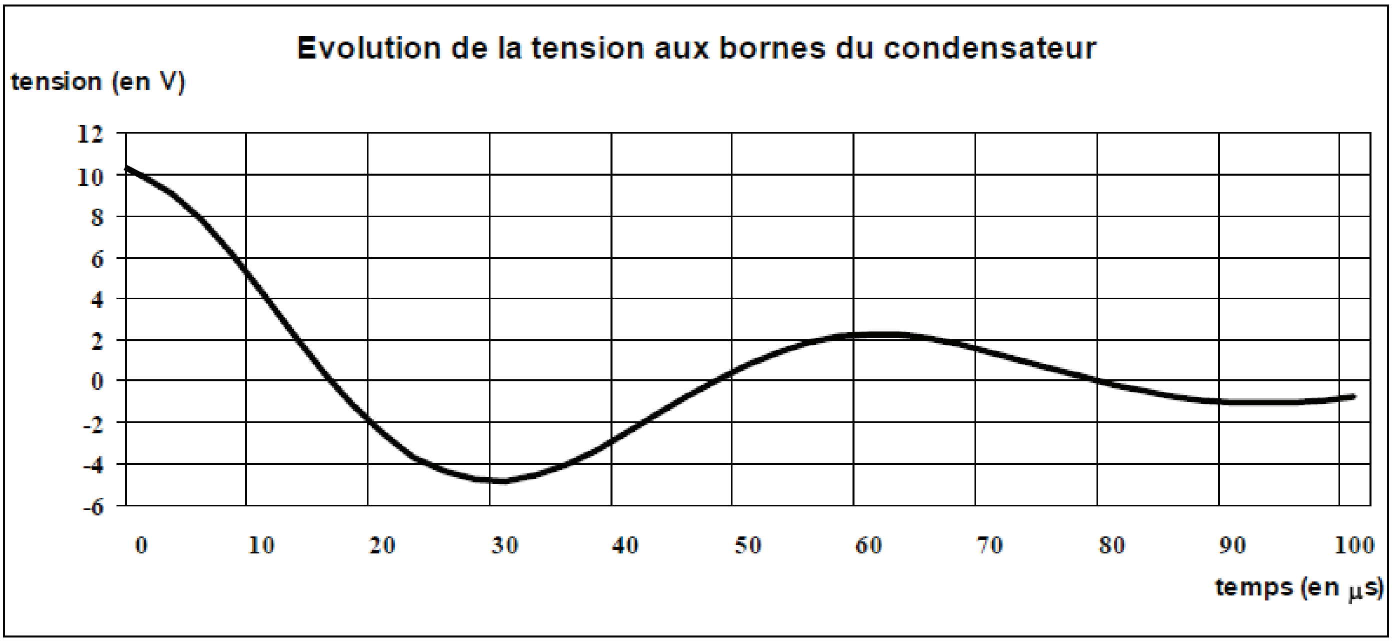
Pour obtenir une mesure de L plus précise que la précédente, on réalise un circuit oscillant constitué de la bobine placée en série avec un condensateur de capacité C, initialement chargé sous 10 V.

7) Quelle inégalité sur C, faisant intervenir R et L, permet d'obtenir une réponse pseudo périodique, sachant que la résistance critique est donnée par $R_C = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$?

On choisit C = 0,20 µF ; la pseudo-période de ce circuit est très proche de la période propre du circuit non amorti correspondant.

8) Etablir l'équation différentielle du circuit non amorti, en déduire l'expression de la période T des oscillations en fonction de L et C.

9) En utilisant l'enregistrement ci-après, exprimer L en fonction de paramètres connus. Calculer L.



Exercice 3
Frottements sur une table à coussin d'air

Un mobile de masse m se déplace sur une table à coussin d'air horizontale, suivant une trajectoire rectiligne. A la date $t_0 = 0$, le mobile est lancé avec une vitesse $\overrightarrow{v_0}$ horizontale. Malgré le coussin d'air, tous les frottements ne sont pas supprimés et on admet qu'il en résulte une force $\vec{f} = - h\vec{v}$ où h est une constante positive. On admettra que le référentiel terrestre est galiléen.

On donne : $m = 1$ kg ; $v_0 = 1{,}20$ m.s^{-1} ; $h = 10^{-3}$ unités S.I.

1. Étude de *v*

On note Ox l'axe qui porte la trajectoire : O position du mobile à $t_0 = 0$, $\vec{i}$ vecteur unitaire de Ox orienté comme $\overrightarrow{v_0}$. Dans ces condiitions $\overline{\mathrm{OM}} = x\vec{i}$; $\vec{v} = v\vec{i}$.

1.1 Préciser l'unité de h.

1.2. Écrire l'équation différentielle vérifiée par v et la mettre sous la forme: $\tau \dfrac{dv}{dt} + v = 0$. Donnez l'expression de τ. Quelle est l'unité de τ ? Calculez sa valeur.

1.3. Vérifiez que $v = \lambda \exp(- t/\tau)$ est solution de cette équation différentielle (où λ est une constante). Déterminez λ.

1.4. Représentez les variations de v en fonction de t.

1.5. Déterminez la date T où $v = v_0/2$. Calculez T. Quel est le travail de $\vec{f}$ entre les dates $t_0 = 0$ et $t_1 = T$?

1.6. Déterminez la date T' où $v = v_0/4$.

1.7. Calculez le travail de $\vec{f}$ entre la date $t_0 = 0$ et l'instant où l'on peut considérer le mobile arrêté.

2. Étude de x

2.1. Exprimez x en fonction du temps. Représentez l'allure des variations de x avec t.

2.2. A quelle distance de O le mobile se trouve-t-il à $t_1 = T$?

2.3. A quelle distance de O le mobile s'arrête-t-il?

2.4. Calculez v lorsque $x = 1$ m. Conclure sur l'intérêt de la table à coussin d'air.

Exercice 4
Pesanteur sur la Lune

L'intensité du champ de gravitation créé par une sphère de masse M répartie uniformément à une distance D de son centre (D supérieure au rayon de la sphère) s'exprime par la formule $g = GM/D^2$.
G: constante de gravitation = $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ unités SI.

Dans le cas de la Terre la valeur au sol du champ de gravitation est $g_0 = 9{,}8$ m.s^{-2}, le rayon terrestre mesure $R_T = 6{,}4 \cdot 10^6$ m.

On considère un satellite de la Terre ayant une orbite circulaire dont le centre est confondu avec le centre de la Terre.

1.a) En appliquant la deuxième loi de Newton, trouver une relation liant la période T du satellite à sa distance R au centre de la Terre , M_T et G. Comment se nomme cette loi ?

1.b) En supposant que la Lune a autour de la Terre un mouvement circulaire uniforme de période $T_L = 2{,}36.10^6$ s, calculer la distance D_L du centre de la Terre au centre de la Lune.

2.a) En considérant que la répartition de masse de la Lune est à symétrie sphérique, calculer le module du champ de gravitation g_L à sa surface sachant que la masse de la Lune est $M_L = 7{,}4.10^{22}$ kg et son rayon $R_L = 1{,}74.10^6$ m.

2.b) Comparer cette valeur au champ créé par la Terre à la surface de la Lune (on négligera le rayon de la Lune devant la distance « centre de la Terre - centre de la Lune »).

3) Parmi les grandeurs suivantes, lesquelles n'auraient pas les mêmes valeurs au voisinage de la surface de la Terre et de la surface de la Lune. Dans quel sens varieraient-elles ? (justifier brièvement les réponses) :

a) Période d'un pendule élastique (masse oscillant à l'extrémité d'un ressort).

b) Période d'un pendule pesant.

Exercice 5
L'explosion de Tchernobyl

Le 26 avril 1986 un réacteur de la centrale nucléaire de Tchernobyl s'emballe et explose. Le panache ainsi rejeté dans l'atmosphère a disséminé des éléments radioactifs importants sur le plan sanitaire tels que l'iode 131 et le césium 137. L'iode 131, de demi-vie $t_{1/2}$ = 8 jours, est radioactif β^-.

1) Donner la définition de l'activité d'un échantillon et l'unité dans laquelle elle s'exprime.

2) Ecrire l'équation de désintégration de l'iode 131 en précisant les lois de conservation utilisées.
Nommer précisément les produits de cette désintégration.

3) Rappeler la définition de la demi-vie. Calculer la constante radioactive λ et la constante de temps τ de la loi de décroissance de l'iode 131.

L'activité A_0 de l'iode 131 relâchée par l'explosion de Tchernobyl est évaluée à 1 760 PBq. ($1\text{PBq} = 10^3$ TBq = 10^6 GBq).

4) Exprimer son activité actuelle A, 23 ans plus tard. Commenter.

Le césium 137 est aussi un émetteur β^- mais avec une constante de temps τ' de 43,3 ans. La contamination des sols à la suite de l'explosion est principalement due à cet élément. Selon le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques (UNSCEAR), une surface S d'environ 10000 km^2 de territoire de l'ex-Union Soviétique ont été contaminés en 1986 avec du césium 137 produisant une radioactivité supérieure à 555 kBq.m^{-2}. Ces territoires sont appelés zones de contrôle spécial.

5) Evaluer le nombre N de noyaux de césium 137 correspondant au seuil A_{seuil} de 555 kBq.

6) Quelle est donc la masse minimale $m_{\text{césium}}$ totale de césium 137 qui a été déposée sur ces zones de contrôle spécial ?

7) Si on suppose que la décroissance radioactive est la seule cause de décontamination et qu'il n'y a pas de nouvel apport de césium 137, à partir de quelle année les territoires qui présentaient en 1986 une radioactivité de 555 $kBq.m^{-2}$ pourraient-ils avoir une activité inférieure à 37 $kBq.m^{-2}$, limite inférieure de la contamination selon l'UNSCEAR ?

La quantité de césium 137 est habituellement mesurée par spectrométrie γ.

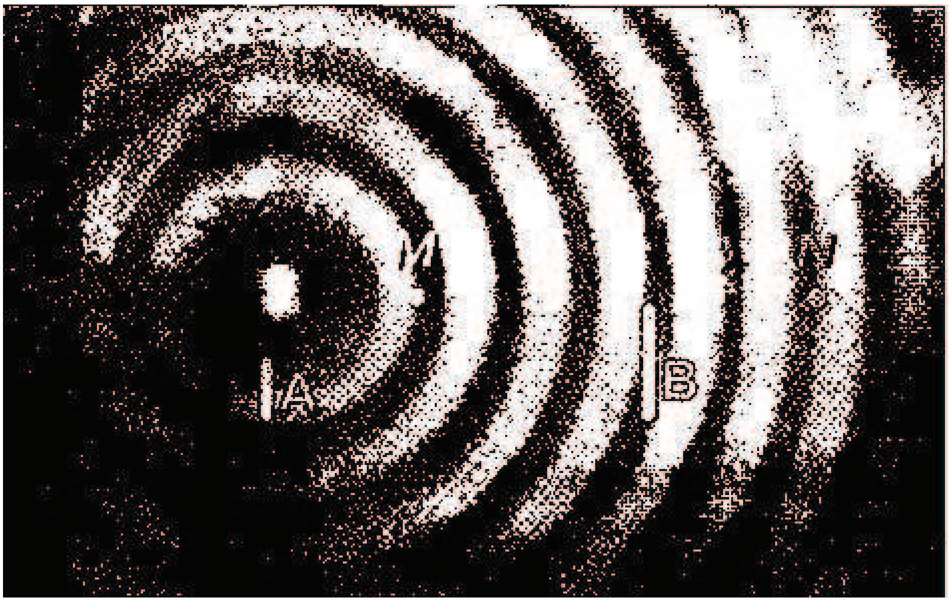
8) Qu'est-ce que le rayonnement γ ? Par quel nucléide est-il émis ?

Données : Nombre d'Avogadro $N_A = 6{,}02\ 10^{23}\ mol^{-1}$
Quelques éléments suivant leur numéro atomique Z :

Z	51	52	53	54	55	56
Symbole	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba
Nom	Antimoine	Tellure	Iode	Xénon	Césium	Baryum

Exercice 6
Onde circulaire à la surface de l'eau

On se propose d'étudier la propagation d'une onde, périodique circulaire à la surface de l'eau contenue dans une cuve à ondes. L'onde est provoquée par une source mettant en vibration un point de la surface de l'eau. La vibration peut être assimilée à une vibration sinusoïdale. On filme l'écran dépoli de la cuve et les images sont traitées par informatique à l'aide d'un logiciel adapté. Le document ci-dessous reproduit l'une des images obtenues au cours de cette étude. La distance entre les deux traits repères A et B indiqués sur le document correspond à une distance réelle de 6,0 cm sur la surface de l'eau. La durée séparant deux prises de vue successives est de 1/30 s.



1) Représenter l'allure d'une vue en coupe de la surface de l'eau dans un plan vertical passant par la source de vibration.

2) Pour contrôler les données de l'expérience, un élève curieux mesure sur l'écran la distance entre les deux traits repères. Au lieu des 6,0 cm annoncés, il trouve 10,8 cm. Trouver la raison de cet écart.

3) À l'aide du document, déterminer la longueur d'onde λ de l'onde étudiée.

4) Pour déterminer la période de la vibration, on visionne l'enregistrement image par image. On repère un point M de l'écran et on compte le nombre de rides brillantes qui passent par ce point.

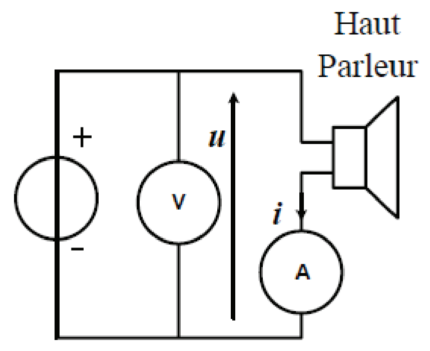
Sur l'image que l'on désignera par le numéro 0, le point M est atteint par une ride brillante. La dixième ride brillante suivante atteint M sur l'image numéro 19. Calculer la période T puis la fréquence f de la vibration qui se propage.

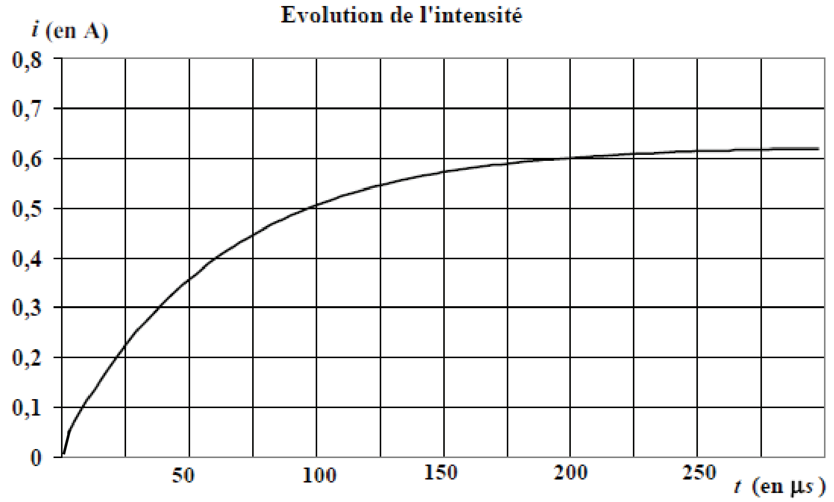
5) Des réponses précédentes, déduire la célérité des ondes à la surface de l'eau dans les conditions de l'expérience.

6) On se propose de déterminer par une autre méthode la célérité de l'onde étudiée sur le même enregistrement. On repère une ride brillante et on suit son évolution image par image. Sur l'image notée 0, la ride repérée atteint le point M. Sur l'image numéro 10, la même ride atteint le point N. Les points M et N sont indiqués sur le document.
Calculer à nouveau la célérité de l'onde et comparer le résultat avec celui obtenu précédemment.

NOM :

Annexe 1


Haut
Parleur
+
-
V
u
i
A


Evolution de l'intensité
i (en A)
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
50
100
150
200
250
t (en µs)