وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات الرسميّة	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع: علوم عامة	دورة العام ٢٠١٧ الاستثنائيّة الثلاثاء في ٨ آب ٢٠١٧
	مسابقة في مادة الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (7,5 points)

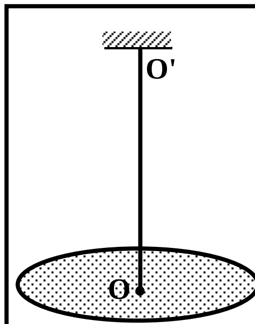
Pendule de torsion

On considère un pendule de torsion constitué d'un disque homogène (D), de faible épaisseur, suspendu par son centre d'inertie O à un fil de torsion vertical, de masse négligeable, fixé à sa partie supérieure en un point O' (Document 1).

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie I de (D) par rapport à l'axe (OO') et la constante C de torsion du fil.

Le disque est dans sa position d'équilibre. On le tourne, dans le plan horizontal, autour de (OO') d'un angle θ_m puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.

À la date t, l'abscisse angulaire du disque est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.



Doc.1

Le plan horizontal passant par O est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

Les frottements sont supposés négligeables.

1- Étude théorique

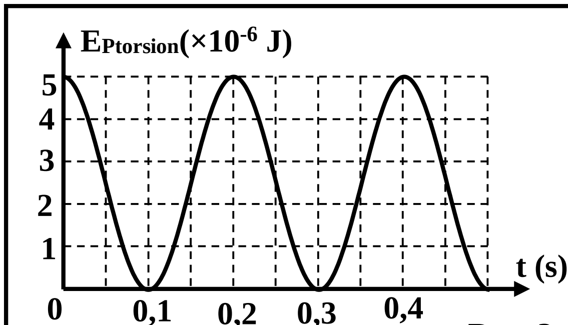
1-1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (pendule ; Terre) en fonction de I, C, θ et θ'.

1-2) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de θ en fonction du temps.

1-3) Déduire, en fonction de C et I, l'expression de la fréquence propre f_0.

2- Étude expérimentale

Un dispositif approprié nous permet de tracer la variation de l'énergie potentielle de torsion du fil en fonction du temps comme le montre le document 2.



Doc. 2

2-1) En utilisant le graphe du document 2 :

2-1-1) justifier que les oscillations du pendule sont non amorties ;

2-1-2) déterminer la valeur de f_0, sachant que $f_E = 2f_0$; f_E étant la fréquence de l'énergie potentielle de torsion ;

2-1-3) déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m du système (pendule ; Terre).

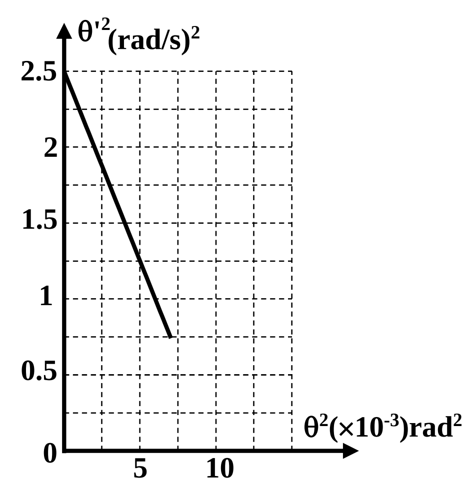
2-2) Écrire, en utilisant l'expression de l'énergie mécanique, l'expression de θ'^2 en fonction de θ, C, I et E_m.

2-3) La courbe du document 3 représente la variation de θ'^2 en fonction de θ^2.

2-3-1) Montrer que l'allure de la courbe du document 3 est conforme à l'expression de θ'^2 déjà établie dans la partie (2-2).

2-3-2) Déterminer, en utilisant la courbe du document 3, la valeur de I.

2-4) Déterminer, par deux méthodes différentes, la valeur de C.

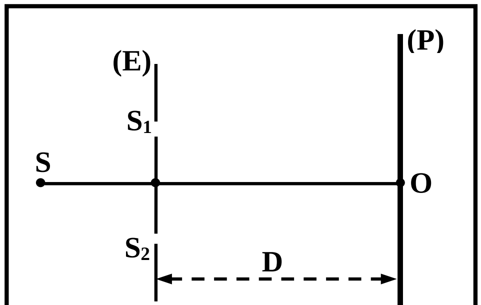


Doc.3

Exercice 2 **(7,5 points)**

Interférences lumineuses

On considère le dispositif des fentes d'Young représenté par le document 1. (S_1) et (S_2) sont deux fentes très fines, parallèles et distantes de $a = S_1S_2$. (P) est l'écran d'observation disposé parallèlement au plan (E) des deux fentes, à une distance D de ce plan. (S) est une source ponctuelle de radiations monochromatiques de longueur d'onde λ dans l'air, placée à égale distance de (S_1) et (S_2).



Doc.1

Le but de cet exercice est de déterminer l'expression de l'interfrange « i ».

1- Figure d'interférences

1-1) (S_1) et (S_2) jouissent de deux propriétés pour que le phénomène d'interférences ait lieu. Lesquelles ?

1-2) Décrire l'aspect des franges d'interférences obtenues sur l'écran (P).

2- Expression de l'interfrange « i »

2-1) En utilisant plusieurs sources monochromatiques de longueurs d'onde différentes, on mesure, pour chaque longueur d'onde λ, la distance entre les centres de la première et de la onzième frange de même nature. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau du document 2.

Doc. 2						
λ (nm)	400	500	600	650	700	750
10 i (mm)	36	45	54	58,5	63	68,5
i (mm)						

2-1-1) Copier et compléter le tableau du document 2.

2-1-2) Tracer le graphe qui représente la variation de l'interfrange « i » en fonction de la longueur d'onde λ en utilisant pour échelle :

sur l'axe des abscisses : 1cm ↔ 100 nm ; sur l'axe des ordonnées : 1 cm ↔ 1mm.

2-1-3) Déterminer, en utilisant le graphe précédent, l'expression de « i » en fonction de λ.

2-2)

On propose les 6 expressions suivantes pour « i » (C est une constante positive sans unité).

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
$i = C\,\lambda\,D\,a$	$i = C\dfrac{D}{\lambda a}$	$i = C\dfrac{\lambda D}{a}$	$i = C\lambda\dfrac{D^2}{a^2}$	$i = C\lambda\dfrac{a^2}{D^2}$	$i = C\lambda^2\dfrac{D}{a}$

2-2-1) En se basant sur l'étude expérimentale précédente, les expressions de (b) et (f) sont à éliminer. Justifier.

2-2-2) Une analyse des unités nous permet d'éliminer l'expression (a). Justifier.

2-2-3) On remarque qu'en augmentant la distance D, l'interfrange « i » augmente aussi. Préciser, parmi les expressions (c), (d) et (e), celle qui ne vérifie pas ce résultat.

2-2-4) Pour choisir la bonne expression de « i » parmi les deux qui restent, on double la distance D ; on remarque que « i » double aussi. Déterminer l'expression valable de « i ».

2-2-5) Déduire la valeur de C sachant que D = 1,8 m et a = 0,2 mm.

<u>Exercice 3</u> **(7,5 points)**

Spectre du Soleil

En 1814, Fraunhofer découvre les raies d'absorption présentes dans le spectre du Soleil. Il étudie 570 raies et désigne les principales raies par les lettres A, B, C, etc… (Doc. 1). Son but était d'identifier les entités chimiques de l'atmosphère solaire.

Doc.1										
Raies	A	B	C	a	D-Doublet		E	F	G	h
Longueur d'onde (nm)	759,370	686,719	657,289	627,661	589,592	588,410	527,039	486,881	434,715	410,805

<u>On donne</u> : célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}998\times10^{8}$ m/s ; constante de Planck: $h = 6{,}626\times10^{-34}$ J.s ; 1 eV = $1{,}60\times10^{-19}$ J.

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$; avec $E_0 = 13{,}6$ eV et n un entier positif non nul.

1- Spectre du Soleil.

A quoi est due la présence des raies d'absorption (raies noires) dans le spectre du Soleil ?

2- Série de Balmer de l'atome d'hydrogène

La série de Balmer est une série de raies spectrales de l'atome d'hydrogène. La raie « C » du spectre du document 1 correspond à la raie alpha (α) de cette série. Trois autres raies bêta, gamma et delta (β, γ et δ) de la même série se trouvent dans ce document.

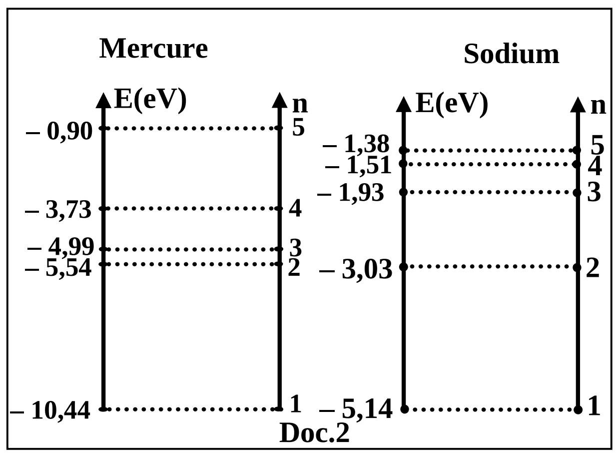
2-1) À quel domaine, visible, infrarouge ou ultraviolet, appartiennent les raies de la série de Balmer ?

2-2) Chaque raie de cette série correspond à une absorption à partir du premier niveau excité E_2 vers un niveau supérieur d'énergie E_n.

2-2-1) Montrer que les longueurs d'onde des raies de cette série sont données par : $\lambda = \frac{4n^2 hc}{E_0(n^2-4)}$

2-2-2) λ_α, λ_β, λ_γ et λ_δ sont les longueurs d'onde respectives des raies α, β, γ et δ. Sachant que la raie α correspond à n = 3 et $\lambda_\beta > \lambda_\gamma > \lambda_\delta$, indiquer les valeurs de n qui correspondent aux trois autres raies et calculer leurs longueurs d'onde.

2-2-3) Déduire, en utilisant le document 1, lesquelles des raies du spectre d'absorption du Soleil sont celles de la série Balmer.



Doc.2

3- Doublet D d'un atome

Le doublet D du document 1 correspond à la transition d'un certain atome de son état fondamental vers son premier niveau excité.

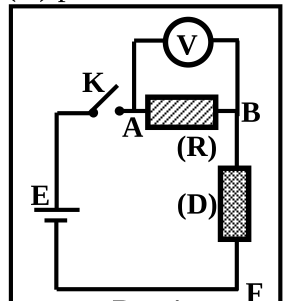
3-1) Calculer l'énergie de chaque photon qui correspond à chaque raie du doublet D.

3-2) Le document 2 montre deux diagrammes simplifiés des niveaux d'énergies des atomes de Mercure et de Sodium. Montrer que l'une des raies du doublet D, correspond à l'un de ces deux atomes.

<u>Exercice 4</u> (7,5 points)

Stimulateur cardiaque

Le but de cet exercice est d'identifier un dipôle (D) et d'étudier son utilisation en médecine. (D) peut être un conducteur ohmique, une bobine de résistance négligeable ou un condensateur.



Doc.1

1- Identification du dipôle

Le dipôle (D) est connecté en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 8.10^5\ \Omega$ aux bornes d'un générateur idéal de f.é.m. constante E. Un voltmètre (V), connecté aux bornes de (R), mesure la tension $u_R = u_{AB}$ comme l'indique le Document 1. L'interrupteur (K) est fermé à t = 0 et les indications du voltmètre sont dressées dans le tableau suivant :

Doc. 2

t(s)	0	0,4	0.8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2
u_R (V)	12	7,28	4,44	2,68	1,62	1	0,6	0,36	0,2

1-1) Montrer, en utilisant le document 2, que le dipôle (D) est un condensateur.

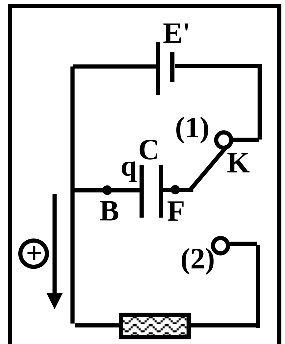
1-2) Déduire la valeur numérique de E.

1-3) Soit $u_C = u_{BF}$ la tension aux bornes du condensateur à une date t. Calculer le rapport $\frac{u_C}{E}$ à t = 0,8 s.

1-4) Déduire, en se référant au document 2, la valeur de la constante de temps τ du circuit.

1-5) Montrer que la capacité du condensateur est C = 1μF.

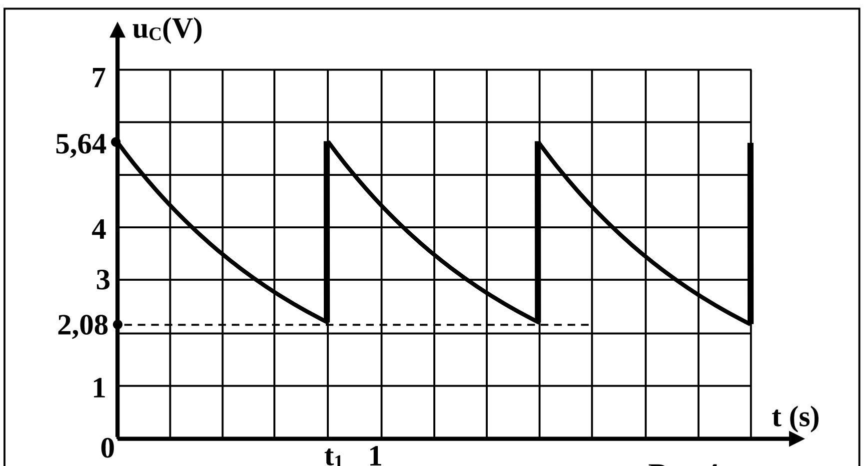
2- Utilisation du condensateur en médecine: stimulateur cardiaque



Doc.3

Lorsque le cœur humain ne fonctionne pas correctement, la chirurgie permet d'implanter dans le corps un stimulateur cardiaque qui envoie des impulsions électriques artificielles au cœur. Ce stimulateur peut être modélisé par un circuit électrique (document 3) comportant: un générateur idéal de f.é.m E' constante, un conducteur ohmique de résistance R', le condensateur de capacité C = 1μF et un commutateur électronique (K).

À t = 0, le commutateur est placé en position 1 ; le condensateur se charge instantanément. Le commutateur bascule alors automatiquement en position 2 et le condensateur se décharge lentement dans (R'). À l'instant t_1 la tension aux bornes du condensateur est $u_C = u_{BF} = 2,08$ V ; le circuit envoie alors une impulsion électrique au cœur pour obtenir un battement. À ce moment le commutateur passe automatiquement en position 1 et ainsi de suite.



Doc.4

2-1) Établir l'équation différentielle en $u_C = u_{BF}$ pendant la décharge.

2-2) La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme : $u_C = a + b\ e^{\frac{-t}{\tau'}}$. Déterminer, en fonction de E', R' et C, les expressions des constantes a, b et τ'.

2-3) Déterminer graphiquement la valeur de τ '.

2-4) Déduire la valeur de R '.

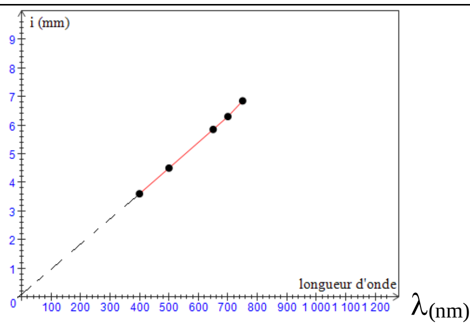
3- Battements du cœur

3-1) Indiquer, en se référant au document 4, la valeur de t_1.

3-2) Déduire la durée **Δt** séparant deux impulsions successives.

3-3) Déduire le nombre de battements du cœur par minute.

***Exercice 1* : Pendule de torsion**				*7½*
1	**1-1**		$E_m = \frac{1}{2}I\theta'^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$	1
	1-2		Pas de frottement. Alors : E_m= Cte; $\frac{dE_m}{dt} = 0$; $I\theta'\theta'' + C\theta\theta' = 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{C}{I}\theta = 0$	1
	1-3		L'équation différentielle est de la forme : $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I}}$ $\omega_0 = 2\pi f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{I}}$	1
2	**2-1**	**2-1-1**	($E_{ptorsion}$) max = constante donc les oscillations sont non amorties	¼
		2-1-2	Puisque $f_E = 2f_0$ donc $T_0 = 2T_E = 2 \times 0.2 = 0.4$ s ; $f_0 = \frac{1}{T_0} = \mathbf{2,5\ Hz}$	1
		2-1-3	Em = ($E_{ptorsion}$) $_{max}$ = 5×10^{-6} J.	½
	2-2		$E_m = \frac{1}{2}I\theta'^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$; $\theta'^2 = -\frac{C}{I}\theta^2 + \frac{2E_m}{I}$	½
	2-3	**2-3-1**	Ligne droite décroissante qui ne passe pas par l'origine ce qui est conforme avec l'expression de θ'^2 qui est de la forme ; y = -bx + c	½
		2-3-2	Pour θ = 0 ; $\theta'^2 = \frac{2E_m}{I}$ = 2,5 donc $I = \frac{2E_m}{\theta'^2} = \frac{2\times5\times10^{-6}}{2,5} = 4 \times 10^{-6} kg.m^2$	½
	2-4		Première méthode : $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I}}$ donc C = 10×10^{-4} m×N/rd Deuxième méthode : pente de la ligne droite = $-\frac{C}{I} = -\frac{2,5}{0,01}$ = -250 ; donc C = 250 × 4×10^{-6}= 10×10^{-4} m×N/rd	1 ¼

Q			Exercice 2 : Interfrange	7.5 points
1		1.1	(S_1) et (S_2) sont deux sources synchrones et cohérentes	0,5
		1.2	franges rectilignes, brillantes et sombres, équidistantes et parallèles aux deux fentes.	1
2	2.1	2.1.1	3,6 / 4,5 / 5,4 / 5,85 / 6,3 / 6,85	0,5
		2.1.2		1,25
		2.1.3	L'allure de i(λ) est une ligne droite dont le prolongement passe par l'origine Pente $\alpha = 9000$ donc i = 9000 λ.	0,25 0,75
	2.2	2.2.1	i est proportionnelle à λ d'après 2-1-3.Or l'expression (b) montre que i et λ sont inversement proportionnelles. l'expression (f) montre que i est proportionnelle au carré de λ.	0,5 0,5
		2.2.2	Dans l'expression (a) l'unité de i est m^3. Donc à rejeter.	0,5
		2.2.3	i et D varient dans le même sens . Or dans l'équation (e) , si D augmente i diminue. Donc à rejeter.	0,5
		2.2.4	L'interfrange et la distance sont proportionnelles ce qui est satisfait par l'équation (c).	0,5
		2.2.5	Pour n'importe quel couple de valeurs du tableau: (500 nm, 4.5 mm) : $C = \frac{i \times a}{\lambda D} = \frac{4,5\times10^{-3}\times0.2\times10^{-3}}{500\times10^{-9}\times1,8} = 1$	0,75

		***Exercice 3* : Spectre solaire**	**7 ½**
1		La présence des raies noires dans le spectre d'absorption est due à l'absorption des photons par les gaz présents dans l'atmosphère. Chaque raie manquante correspond à une transition dans l'atome du gaz, d'un niveau inférieur à un niveau supérieur.	**0,5**
2	**2.1**	visible	**0,5**
2.2	**2.2.1**	$E_{photon} = E_n - E_2 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{-E_0}{n^2} + \frac{-E_0}{2^2} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$ $\Rightarrow \lambda = \frac{4n^2 hc}{E_0(n^2 - 4)}$	**1,5**
	2.2.2	raie $\alpha \rightarrow n = 3$(donnée) ; raie $\beta \rightarrow n = 4$; raie $\gamma \rightarrow n = 5$; raie $\delta \rightarrow n = 6$ $\lambda_\alpha = 657{,}289$ nm (donnée); $\lambda_\beta = 486{,}881$ nm ; $\lambda_\gamma = 434{,}715$ nm ; $\lambda_\delta = 410{,}805$nm	**1,5**
	2.2.3	raie $\alpha \rightarrow$ C (donnée) ; raie $\beta \rightarrow$ F ; raie $\gamma \rightarrow$ G ; raie $\delta \rightarrow$ h	**0,75**
3	**3.1**	Pour $\lambda = 589{,}592$ nm ; $E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}626.10^{-34}.2{,}998.10^{8}}{589{,}592.10^{9}} = 3{,}36 \,.\, 10^{-19} J =$ 2,10 eV. Pour $\lambda = 588{,}410$ nm ; $E_{photon} = 3{,}376.10^{-19}$J = 2,11 eV.	**1,5**
	3.2	Mercure : $E_2 - E_1 = 4{,}9$ eV Sodium : $E_2 - E_1 = 2{,}11$ eV$=E_{photon}$ Donc ce gaz est le sodium.	**1,25**

Exercice 4		**Stimulateur cardiaque**	**7,5pts**
1	1-1	u_D = E - u_R ; u_D croit avec le temps,car : u_R décroît et E est constante	**0,5**
	1-2	E = 12 V à t = 0 u_R = 12 V u_C = 0	**0,5**
	1-3	$\frac{u_C}{E} = \frac{12 - 4.44}{12} = 0.63$	**0,5**
	1-4	**τ = 0.8 s** car à t = τ: $u_C = 0.63E$	**0,5**
	1.5	τ = RC donc C = $\frac{\tau}{R} = \frac{0.8}{8\times10^5}$ = 10^{-6} F	**0,75**
2	2.1	$U_{BF}(C) = u_{BF}(R)$, donc u_C = Ri i = - $\frac{dq}{dt}$ = - C $\frac{du_C}{dt}$, ainsi $u_C + RC\frac{du_C}{dt} = 0$	**1**
	2.2	$u_C = a + be^{\frac{-t}{\tau'}}; \frac{du_C}{dt} = -\frac{b}{\tau'}e^{\frac{-t}{\tau'}}, so\ -\frac{b}{\tau'}e^{\frac{-t}{\tau'}} + \frac{1}{R'C}\left(a + be^{\frac{-t}{\tau'}}\right) = 0$ $be^{\frac{-t}{\tau'}}\left(+\frac{1}{R'C} - \frac{1}{\tau'}\right) + \frac{a}{R'C}$ = 0 , donc $\tau' = R'C\ et\ a = 0$ à t = 0: $u_C = E'$, par conséquent, b = E'	**1,5**
	2-3	Graphiquement: à t = τ’:u_C = 0.37 E’= 2.086 V, *donc* τ’ = **t_1 = 0.8 s**	**0,75**
	2-4	R′ = $\frac{\tau'}{C} = \frac{0.8}{10^{-6}}$ = **800000 Ω**	**0,5**
3	3-1	**t_1 = 0.8 s**	**0,25**
	3-2	Δt = temps de la décharge + temps de la charge = t_1 + 0 = **0.8 s**	**0,25**
	3-3	$N_b = \frac{60}{0.8}$ = **75**	**0,5**