



Concours d'entrée 2018-2019

Physique
(Bac. Libanais)

Juillet 2018
Durée 2 h

Exercice I : Amortissement dans différentes situations (25 points)

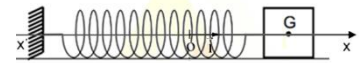
4- Régime libre

Un solide (S), supposé ponctuel et de masse m , est lié à l'une des extrémités d'un ressort $\text{\textcircled{R}}$ horizontal de masse négligeable et de raideur $k = 300 \text{ N/m}$.

Écarté de sa position d'équilibre de 10 cm, (S) part du repos à la date $t_0 = 0$

et se met alors en mouvement, sur un support horizontal, par rapport à sa position d'équilibre O, origine du repère (O, \vec{i}). Au cours de son

mouvement, le centre d'inertie G du solide est repéré, à une date t , par son abscisse x et sa vitesse $\vec{v} = v \vec{i}$ où $v = \frac{dx}{dt} = x'$ et (S) est soumis à plusieurs forces dont la tension \vec{F} du ressort ($\vec{F} = -k x \vec{i}$) et la force de frottement $\vec{f} = -b \vec{v}$, où b est une constante de valeur réglable.



Document 1

4. En appliquant la deuxième loi de Newton, $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$, montrer que l'équation différentielle vérifiée par x est de la forme :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\lambda \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0.$$

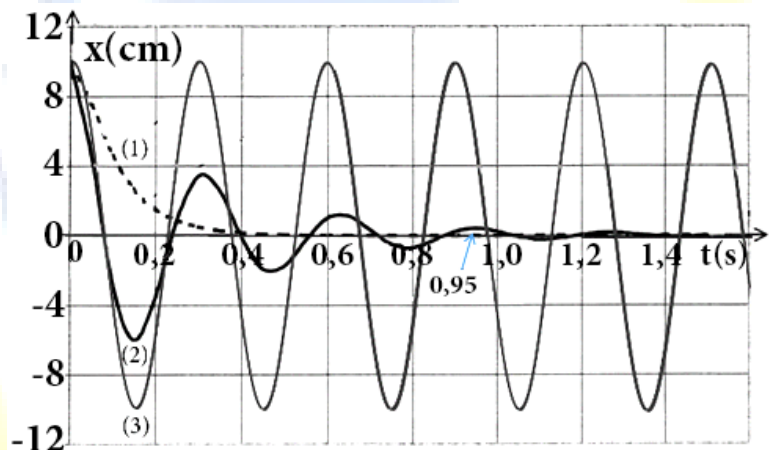
2. Le document 2 montre les courbes (1), (2) et (3). Chacune représente le mouvement de (S) pour une valeur de b .

2.1. Donner le nom du régime associé à chaque courbe.

2.2.1. L'une des courbes représente un mouvement pseudopériodique de pseudo-période T . Déterminer la valeur de T .

2.2.2. En se référant au document 2, déterminer la période propre T_0 et m .

2.3. Sachant que la pseudo-pulsation ω est donnée par : $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}$, déterminer la valeur correspondante de b .



Document 2

B- Rayon d'une gouttelette de brouillard

Le brouillard, se composant de très fines gouttelettes d'eau, est une forme de nuage qui touche le sol, chaque gouttelette étant de rayon r et de masse m .

4- Mouvement d'une gouttelette d'eau

À la date $t_0 = 0$, on suppose qu'une gouttelette part du repos d'un point O situé à une altitude h par rapport au sol. O est considéré comme l'origine d'un axe vertical (O, \vec{i}) orienté vers le bas.



À une date t , la gouttelette, d'abscisse x et de vitesse $\vec{v} = v \vec{i}$ où $v = \frac{dx}{dt} = x'$, est soumise à son poids $m\vec{g} = mg \vec{i}$ et à une force de frottement, $\vec{f} = -kv \vec{i}$, où k est une constante d'expression $k = 6\pi\eta r$. (On néglige la poussée d'Archimède due à l'air par rapport au poids de (S)).

Données : volume d'une sphère de rayon r : $V = \frac{4}{3}\pi r^3$; viscosité de l'air : $\eta = 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$; masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

4.2. En choisissant le sol comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, écrire, à une date t , l'expression de l'énergie mécanique du système (gouttelette, Terre) en fonction de x , h , m , g et v .

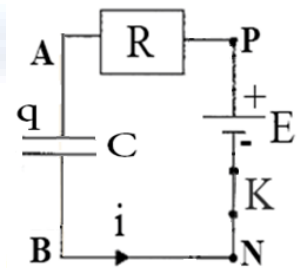
1.2. Sachant que la puissance de \vec{f} est donnée par $P = \frac{dE_m}{dt}$, en déduire l'équation différentielle en v qui régit le mouvement de la gouttelette.

2. La solution de cette équation différentielle est de la forme $v = v_\lambda (1 - e^{-t/\tau_1})$.
Montrer que les expressions des constantes sont $v_\lambda = \frac{m\cdot g}{k}$ et $\tau_1 = \frac{m}{k}$.

II- Charge d'un condensateur

Le circuit ci-contre (Doc.3) est constitué d'un condensateur C de capacité C branché en série avec un conducteur ohmique R de résistance $R = 10 \text{ M}\Omega$ aux bornes P et N d'un générateur délivrant une tension constante $U_{PN} = E$.

On ferme l'interrupteur (K) à la date $t_0 = 0$. À une date t , C porte la charge q et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i . $u_C = u_{AB}$ est la tension aux bornes du condensateur et $u_R = u_{PA}$ celle aux bornes du conducteur ohmique R .



4. Établir l'équation différentielle en u_C .

2. La solution de cette équation est de la forme : $u_C = A(1 - e^{-t/\tau_2})$. Déterminer les expressions des constantes A et τ_2 . Document 3

3. Déterminer l'équation de la tangente à la courbe à l'origine des temps. En déduire les coordonnées du point d'intersection de cette tangente avec l'asymptote à la courbe.

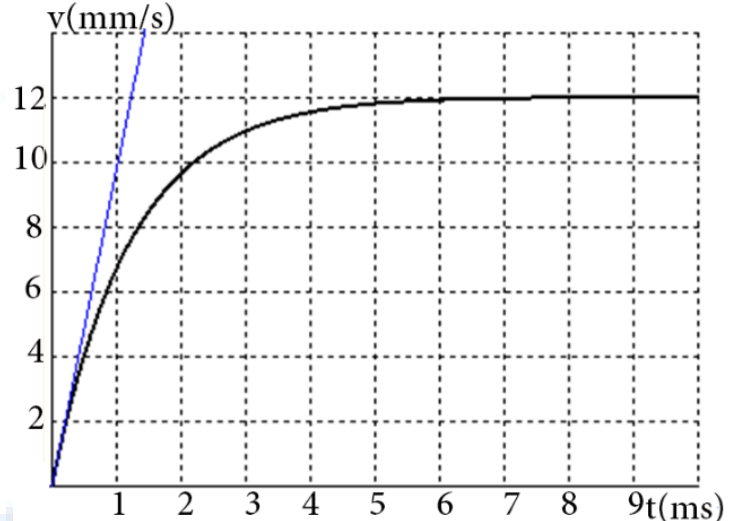
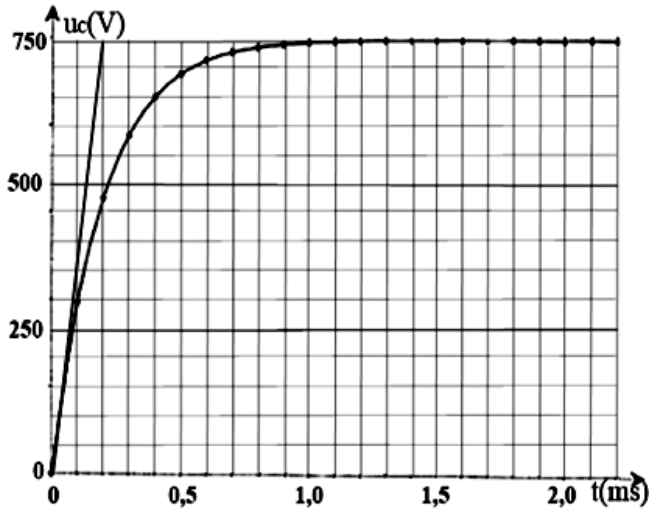
4. Un dispositif approprié permet d'enregistrer l'évolution de u_C en fonction du temps. En se référant au graphique du document 4, déterminer les valeurs de E et C .

III- Analogie

4. En comparant l'évolution temporelle de v avec celle de u_C , déterminer, en se référant au graphique convenable, la valeur de v_λ et celle de τ_1 .



2. En déduire la valeur du rayon r de la gouttelette.



Exercice II : Utilisation de l'eau radioactive en médecine : La TEP (17 points)

De l'eau radioactive est obtenue en remplaçant le noyau d'oxygène 16 ($^{16}_8\text{O}$), par un noyau d'oxygène 15 ($^{15}_8\text{O}$), un émetteur β^+ . En injectant un patient, par voie intraveineuse, avec de l'eau radioactive, une grande quantité de ces molécules d'eau se trouvent présentes dans le cerveau.

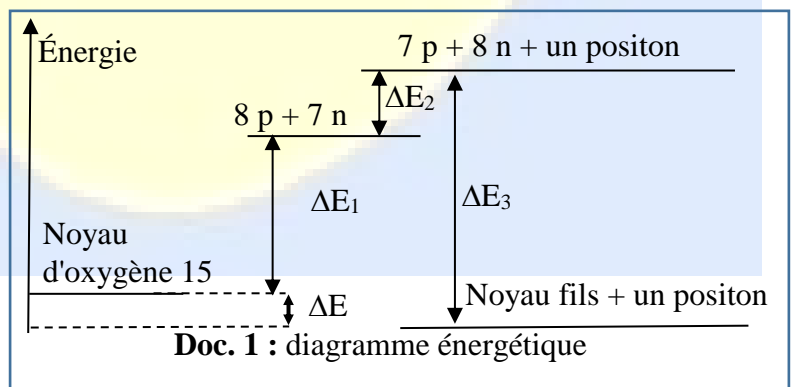
Données : $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J}$
Énergie de liaison par nucléon (en MeV/nucléon) : $\frac{E_\lambda}{A} (^{16}_8\text{C}) = 6,676$; $\frac{E_\lambda}{A} (^{15}_7\text{N}) = 7,699$; $\frac{E_\lambda}{A} (^{15}_8\text{O}) = 7,463$.
Masse de particules (en u) : électron et positon : $5,486 \times 10^{-4}$; neutron : 1,00866 ; proton : 1,00727.

4. La désintégration de l'oxygène 15

4.2. Déterminer l'équation de la réaction de désintégration du noyau d'oxygène 15, le noyau fils étant obtenu dans l'état fondamental.

1.2. ΔE est l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'oxygène 15 ; elle est indiquée sur le diagramme énergétique du document 1, où ΔE_1 et ΔE_3 représentent respectivement les énergies de liaison du noyau d'oxygène 15 et du noyau fils.

1.2.1. ΔE_2 représente l'énergie nécessaire pour assurer la transformation d'une particule en une autre.





- Nommer ces deux particules et écrire l'équation donnant cette transformation.
- Expliquer pourquoi une énergie doit être assurée pour que cette transformation ait lieu.
- Montrer que $\Delta E_2 = 1,806 \text{ MeV}$.

1.2.2. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison ΔE_3 du noyau fils.

1.2.3. Sachant que $\Delta E_1 = 111,945 \text{ MeV}$, déduire que la valeur de l'énergie libérée ΔE est de $1,734 \text{ MeV}$.

2. L'utilisation de l'oxygène 15 en TEP

« Le positon β^+ est l'antimatière de l'électron. Matière et antimatière s'annihilent (disparaissent) dès qu'elles sont en contact l'une avec l'autre ; un positon et un électron du milieu environnant s'annihilent en libérant une paire de photons γ chacun d'énergie 511 keV . Les deux photons γ sont émis dans deux directions diamétralement opposées.

L'objet de la TEP est de repérer les photons, qui traversent en grande partie le cerveau et le crâne, de sorte que l'on peut les détecter en dehors de la boîte crânienne.

Enfin, le temps de demi-vie de ces noyaux d'oxygène 15, émetteurs de positons, est bref : 123 secondes. Cette propriété nous permet de faire plusieurs études chez le même patient. Cette courte demi-vie impose néanmoins que deux injections successives soient espacées de 8 à 10 minutes. »

2.1. L'évolution temporelle du nombre de noyaux d'oxygène 15 est donnée par la loi de décroissance où N_0 est le nombre de noyaux d'oxygène 15 présents au moment de l'injection à la date $t_0 = 0 \text{ s}$. Montrer que la valeur de la constante radioactive de l'oxygène 15 est $\lambda = 5,64 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

2.2. Si l'on souhaite poursuivre l'examen par TEP, on estime qu'il est nécessaire de procéder à une nouvelle injection dans l'organisme du patient lorsque le nombre $N(t_1)$ de noyaux d'oxygène 15 restants à la date t_1 , est proche de 5% du nombre N_0 .

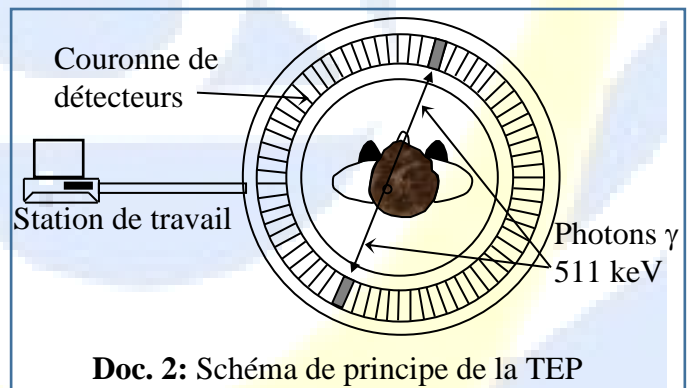
2.2.1. Calculer la valeur de la date t_1 .

2.2.2. La durée d'espacement des injections évoquée dans le texte est alors adéquate. Expliquer pourquoi.

3. La détection du rayonnement gamma

3.1. En se référant au texte, écrire l'équation de la réaction ayant lieu lors de la rencontre d'un positon, issu de la désintégration d'un noyau d'oxygène 15, avec un électron du milieu environnant, l'énergie cinétique du positon étant supposée négligeable.

3.2. On admet que l'énergie libérée par cette réaction est partagée également entre les deux photons dont la masse est nulle. L'énergie de chaque photon gamma émis est en accord avec celle donnée dans le texte. Pourquoi ?





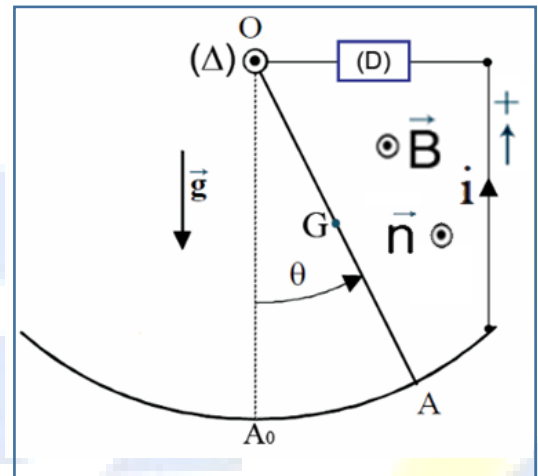
Exercice III : Mouvement d'un pendule dans un champ magnétique (18 points)

Une tige métallique homogène OA, de masse m et de longueur λ , constitue un pendule qui peut tourner autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire en O au plan de la figure (Doc.1). L'extrémité mobile A glisse sur un conducteur circulaire de sorte qu'à chaque instant l'ensemble tige-conducteur assure la fermeture d'un circuit électrique constitué d'un dipôle (D), l'amplitude du mouvement du pendule étant supposée faible à tout instant. Négliger toute force de frottement.

L'ensemble plonge dans un champ magnétique uniforme et constant \vec{B} perpendiculaire au plan de la figure (Doc.1). À la date $t_0 = 0$, $\theta_0 = 0^\circ$, la tige OA est mise en mouvement. À une date t , le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et l'élongation angulaire du pendule est θ . Le moment d'inertie de la tige par rapport à (Δ) est donné par : $I = \frac{m\lambda^2}{3}$.

A- Soit S_0 l'aire de la surface du circuit électrique lorsque la tige est dans sa position d'équilibre. À une date t , l'aire de la surface du circuit s'écrit : $S = S_0 - \frac{\lambda^2\theta}{2}$.

4.2. Déterminer, en fonction de B , λ et $\frac{d\theta}{dt}$, l'expression de la f.é.m. induite qui apparaît aux bornes O et A de la tige.



Document 1

1.2. En déduire l'expression de la tension u_{AO} aux bornes de la tige.

2. À la date t , la tige est soumise à son poids, la force de Laplace \vec{F} et la réaction de (Δ) .

2.1. Déterminer l'expression du moment de chacune de ces forces par rapport à l'axe (Δ) .

2.2. En déduire que la somme algébrique des moments de ces forces s'écrit : $\sum \mathbf{M}_{\Delta}(\vec{F}_{\text{ext}}) = -mg\frac{\lambda}{2}\theta - i\frac{B\lambda^2}{2}$.

B- (D) est supposé être un conducteur ohmique de résistance R de valeur réglable.

4. Montrer que l'équation différentielle en θ qui décrit le mouvement de la tige s'écrit :

$$\frac{m\lambda^2}{3} \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{B^2\lambda^4}{4R} \frac{d\theta}{dt} + mg\frac{\lambda}{2}\theta = 0$$

2. Identifier les différents régimes de mouvement que peut exécuter la tige suivant les valeurs de R (R de très faible valeur ; R de valeur finie ; R de très grande valeur).

C- (D) est supposé être une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

1. Sachant qu'en passant par la position d'équilibre, l'intensité i du courant est nulle ($i = 0$ pour $\theta = 0$), montrer que l'expression de i est donnée par : $i = \frac{B\lambda^2}{2L}\theta$.

2. En déduire l'expression du moment de la force de Laplace par rapport à (Δ) .

3. Établir l'équation différentielle en θ qui décrit les oscillations de la tige.

4. En déduire la pulsation propre de ces oscillations.



Concours d'entrée 2018-2019

Juillet 2018

Durée 2 h

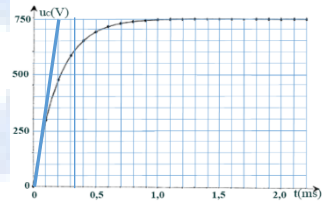
Corrigé de Physique
(Bac. Libanais)

Exercice I : Amortissement dans différentes situations (25 points)

Q		Notes
A-1.	<p>En appliquant la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$.</p> <p>$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{f} = \frac{d\vec{P}}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$ (m est constante)</p> <p>En projetant suivant (O, \vec{i}), on obtient : $0 + 0 - k \cdot x - b \cdot v = b \cdot a = m \cdot x''$ et $x'' + \frac{b}{m}x' + \frac{k}{m}x = 0$</p> <p>Ainsi, on obtient l'équation différentielle sous la forme :</p> <p>$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\lambda\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$, avec $\lambda = \frac{b}{2m}$ et $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.</p>	2,5
2.1.	(1) régime apériodique, (2) régime pseudopériodique et (3) régime périodique	1,5
2.2.1.	La courbe (2) du document 2 donne : $3T = 0,95$ s et $T = 0,317$ s.	1
2.2.2.	<p>La courbe (3) du document 2 donne : $2T_0 = 0,6$ s et $T_0 = 0,3$ s.</p> <p>$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ et $m = \frac{kT_0^2}{4\pi^2} = \frac{300 \times 0,09}{39,5} = 0,684$ kg.</p>	1,5
2.3.	<p>La pulsation propre : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{0,3} = 20,9$ rad/s et $\omega_0^2 = 438,65$ rad²/s²</p> <p>La pseudo-pulsation $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,317} = 19,8$ rad/s et $\omega^2 = 392,86$ rad²/s²</p> <p>On a : $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}$, $\omega^2 = \omega_0^2 - \lambda^2$ et $392,86 = 438,65 - \lambda^2$ et $\lambda = \sqrt{45,79} = 6,77$ rad/s.</p> <p>$\lambda = \frac{b}{2m}$ et $b = 2\lambda m = 2 \times 6,77 \times 0,684 = 9,26$ kg·s⁻¹.</p>	2,5
B-I 1.1.	<p>L'énergie mécanique du système (gouttelette, Terre) est donnée par :</p> <p>$E_m = E_C + E_{PP} = \frac{1}{2}mv^2 + mg(h-x)$</p>	1
1.2.	<p>D'après la non-conservation de l'énergie mécanique : $P = \frac{dE_m}{dt} = \vec{f} \cdot \vec{v} = -kv^2$.</p> <p>$-kv^2 = mv\frac{dv}{dt} - mgv$ qui donne : $m\frac{dv}{dt} + kv = mg$. Par suite, l'équation différentielle en v qui régit le mouvement de la gouttelette est : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g$.</p>	2
2.	<p>$\frac{dv}{dt} = \frac{v\lambda}{\tau_1} e^{-t/\tau_1}$. Ainsi, $\frac{v\lambda}{\tau_1} e^{-t/\tau_1} + \frac{k}{m}v_\lambda - \frac{k}{m}v_\lambda e^{-t/\tau_1} = g \cdot (\frac{1}{\tau_1} - \frac{k}{m})v_\lambda e^{-t/\tau_1} = g - \frac{k}{m}v_\lambda$,</p> <p>par identification, on obtient : $g - \frac{k}{m}v_\lambda = 0$ et $v_\lambda = \frac{m \cdot g}{k}$ et $(\frac{1}{\tau_1} - \frac{k}{m}) = 0 \Rightarrow \tau_1 = \frac{m}{k}$.</p>	2
		2



<p>II-1.</p>	<p>D'après la loi d'additivité des tensions : $u_{PN} = u_{PA} + u_{AB}$. Avec $u_{PN} = E$ et $u_{PA} = R \cdot i$ (loi d'Ohm).</p> <p>$i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C \cdot u_C$, par suite : $i = C \frac{du_C}{dt}$.</p> <p>L'équation différentielle s'écrit : $E = u_C + RC \frac{du_C}{dt}$ ou $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = \frac{E}{RC}$.</p>	
<p>2.</p>	<p>On a : $u_C = A(1 - e^{-t/\tau_2})$ et $\frac{du_C}{dt} = \frac{A}{\tau_2} e^{-t/\tau_2}$. En remplaçant dans l'équation différentielle chaque terme par son expression, on obtient : $E = A - A e^{-t/\tau_2} + RC \frac{A}{\tau_2} e^{-t/\tau_2}$.</p> <p>$E - A + (1 - \frac{RC}{\tau_2}) A e^{-t/\tau_2} = 0 \forall t$. Par identification, on aura : $A = E$ et $\tau_2 = RC$.</p>	<p>2</p>
<p>3.</p>	<p>On a $\frac{du_C}{dt} = \frac{E}{\tau_2} e^{-t/\tau_2}$, à $t_0 = 0$ la pente de la tangente est $\frac{du_C}{dt}(t_0=0) = \frac{E}{\tau_2} e^0 = \frac{E}{\tau_2}$. Comme la tangente passe par l'origine, alors l'équation de la tangente devient $u_1 = \frac{E}{\tau_2} t$ et l'équation de l'asymptote est $u_2 = E$.</p> <p>Les coordonnées du point de rencontre de la tangente à l'origine avec l'asymptote sont données par : $u_1 = u_2 \Rightarrow t = \tau_2$. Soit (τ_2, E).</p>	<p>2</p>
<p>4.</p>	<p>À la fin de la charge ($t = \infty$), on a : $u_{C(\infty)} = A = E$ et d'après le graphique : $E = 750 \text{ V}$.</p> <p>Graphiquement, on trouve $\tau_2 = 0,2 \text{ ms}$ qui est l'abscisse du point de rencontre de la tangente à la courbe à l'origine des temps avec l'asymptote.</p> <p>Comme $\tau_2 = RC$, alors $C = \frac{\tau_2}{R} = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^6} = 2 \times 10^{-11} \text{ F}$.</p>	<p>2</p>
<p>III-1.</p>	<p>En se référant au document 5, pour $t = \infty$, v_λ vaut $1,2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ et on trouve $\tau_1 = 1,2 \text{ ms}$ qui est l'abscisse du point de rencontre de la tangente à la courbe à l'origine des temps avec l'asymptote du fait de l'analogie.</p>	<p>1,5</p>
<p>2.</p>	<p>Comme $v_\lambda = \frac{m \cdot g}{k} = \frac{\rho \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot g}{6 \pi \eta r} = \frac{\rho 2 r^2 \cdot g}{9 \eta}$, alors $r^2 = \frac{9 \eta v_\lambda}{2 \rho g} = \frac{9 \times 1,8 \times 10^{-5} \times 1,2 \times 10^{-2}}{2 \times 1,0 \times 10^3 \times 9,8} = 9,92 \times 10^{-11}$ et la valeur du rayon est : $r = 9,96 \times 10^{-6} \text{ m} \approx 10 \mu\text{m}$.</p>	<p>1,5</p>





Exercice II : Utilisation de l'eau radioactive en médecine : La TEP (17 points)

Q		Notes
1. 1.1.	L'oxygène 15 étant un émetteur β^+ , alors l'équation de la réaction de désintégration du noyau d'oxygène 15 est donnée par : ${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^A_Z\text{Y} + {}^0_1\text{e} + {}^0_0\nu$. De plus, il n'y a pas d'émission de rayonnement γ car le noyau fils est obtenu dans l'état fondamental. D'après la loi de conservation du nombre de masse : $15 = 0 + A + 0 \Rightarrow A = 15$. D'après la loi de conservation du nombre de charge : $8 = 1 + Z + 0 \Rightarrow Z = 7. \Rightarrow$ le noyau fils est de l'azote. ${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^0_1\text{e} + {}^{15}_7\text{N} + {}^0_0\nu$.	2,5
1.2.1 .a)	Proton en neutron. ${}^1_1\text{p} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_1\text{e}$.	1,5
1.2.1 .b)	Pour que cette transformation ait lieu, une énergie doit être assurée car la masse d'un proton est inférieure à celle d'un neutron.	1
1.2.1 .c)	L'énergie $\Delta E_2 = \Delta m \cdot c^2 = (m_p - m_n - m_{\text{positon}}) \cdot c^2$ $\Delta E_2 = (1,00727 - 1,00866 - 5,486 \times 10^{-4}) \times 931,5 \text{ MeV}/c^2 \times c^2$ $\Delta E_2 = 0,0019386 \times 931,5 = 1,806 \text{ MeV}$.	2
1.2.2 .	L'énergie de liaison ΔE_3 du noyau fils : $\Delta E_3 = E_\lambda({}^{15}_7\text{N}) = A \times \frac{E_\lambda}{A} = 15 \times 7,699 = 115,485 \text{ MeV}$.	1
1.2.3 .	D'après le diagramme énergétique : $\Delta E_3 = \Delta E + \Delta E_1 + \Delta E_2$, avec $\Delta E_3 = E_\lambda({}^{15}_7\text{N})$ $\Delta E = \Delta E_3 - \Delta E_1 - \Delta E_2 = 115,485 - 111,945 - 1,806 = 1,734 \text{ MeV}$.	2
2. 2.1.	La loi de décroissance peut s'écrire : $N = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$. Au bout d'une durée égale à $t_{1/2}$, on a : $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$, soit $\frac{N_0}{2} = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$. Donc $\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$; soit $\ln(\frac{1}{2}) = -\lambda \times t_{1/2}$, $\ln 2 = \lambda \times t_{1/2}$ et $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{123} = 5,64.10^{-3} \text{ s}^{-1}$	2
2.2. 2.2.1 .	$N(t_1) = 0,05 \times N_0 = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t_1}$; soit $e^{-\lambda \cdot t_1} = 0,05$; $\ln(e^{-\lambda \cdot t_1}) = \ln(0,05)$ $-\lambda \times t_1 = \ln(0,05)$ $t_1 = \frac{-\ln 0,05}{\lambda} = 532 \text{ s}$ soit $t_1 \approx 9 \text{ min}$	1,5
2.2.2 .	D'après le calcul, au bout de $t_1 = 9 \text{ min}$, le nombre de noyaux restants est de 5% du nombre de noyaux initialement injectés. Il est alors nécessaire de procéder à une nouvelle injection. Notre calcul de t_1 est cohérent avec le texte qui indique que les injections sont espacées de 8 à 10 min.	1
3. 3.1.	${}^0_+1\text{e} + {}^0_-1\text{e} \rightarrow 2{}^0_0\gamma$.	1
3.2.	L'énergie libérée par la réaction sera : $E = 2 \times m_e \times c^2 = 2 \times 5,486 \times 10^{-4} \times 931,5 \text{ MeV}/c^2 \times c^2 = 1,022 \text{ MeV}$. L'énergie de chaque photon émis sera égale à : $E_1 = \frac{E}{2} = 511 \text{ keV}$, ce qui est en accord avec les données du texte.	1,5



Exercice III : Mouvement d'un pendule dans un champ magnétique (18 points)

Q		Notes
A-1.1	On a $\vec{S} = S \cdot \vec{n}$. Le flux magnétique est : $\phi = S \cdot \vec{n} \cdot \vec{B} = S \cdot B \cos(0^\circ) = S \cdot B$, car d'après l'orientation du circuit, le vecteur surface unitaire \vec{n} du circuit a même sens que celui de \vec{B} . Par suite : $\phi = B(S_0 - \frac{\lambda^2 \theta}{2})$ et d'après la loi de Faraday, la f.é.m : $e = -\frac{d\phi}{dt} = \frac{B\lambda^2}{2} \frac{d\theta}{dt}$.	3
1.2.	L'intensité i du courant est orientée de telle façon qu'elle sorte du point A, alors : $u_{AO} = e = \frac{B\lambda^2}{2} \frac{d\theta}{dt}$.	1
2.1.	On a : $M_{/\Delta}(\vec{N}) = 0$ car \vec{N} rencontre (Δ) ; $M_{/\Delta}(mg) = -mg \frac{\lambda}{2} \sin\theta = -mg \frac{\lambda}{2} \theta$; $F = i \cdot \lambda \cdot B \sin(90^\circ) = i \cdot \lambda \cdot B$ et $M_{/\Delta}(\vec{F}) = -i \cdot \lambda \cdot B \frac{\lambda}{2} = -i \cdot \frac{B\lambda^2}{2}$. (Car \vec{F} est perpendiculaire à la tige en G)	3
2.2.	$\Sigma M_{/\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0 - mg \frac{\lambda}{2} \theta - i \cdot \frac{B\lambda^2}{2} = -mg \frac{\lambda}{2} \theta - i \cdot \frac{B\lambda^2}{2}$.	0,5
B-1.	On a : $u_{AO} = e = Ri = \frac{B\lambda^2}{2} \frac{d\theta}{dt}$. Avec $i = \frac{B\lambda^2}{2R} \frac{d\theta}{dt}$. $\Sigma M_{/\Delta}(\vec{F}_{ext}) = I \cdot \ddot{\theta} \Rightarrow -i \cdot B \frac{\lambda^2}{2} - mg \frac{\lambda}{2} \theta = \frac{m\lambda^2}{3} \ddot{\theta}$. L'équation différentielle en θ est : $\frac{m\lambda^2}{3} \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{B^2\lambda^4}{4R} \frac{d\theta}{dt} + mg \frac{\lambda}{2} \theta = 0 \forall t$.	2,5
2.	Pour une très faible valeur de R, régime aperiodique car le coefficient $\frac{B^2\lambda^4}{4R}$ devient très grand. Pour une valeur finie de R, régime pseudoperiodique car le coefficient $\frac{B^2\lambda^4}{4R}$ devient faible. Pour une très grande valeur de R, régime periodique non amorti car le coefficient $\frac{B^2\lambda^4}{4R}$ devient pratiquement nul.	1,5
C-1.	On a : $u_{AO} = u_L = e$. Par suite, $u_L = L \frac{di}{dt} = e = \frac{B\lambda^2}{2} \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{B\lambda^2}{2L} \frac{d\theta}{dt}$. Par intégration : $i = \frac{B\lambda^2}{2L} \theta$, car $i = 0$ pour $\theta = 0$.	1,5
2.	L'expression du moment de la force de Laplace par rapport à (Δ) est : $M_{/\Delta}(\vec{F}) = -i \cdot \frac{B\lambda^2}{2} = -\frac{B^2\lambda^4}{4L} \theta$.	1,5
3.	$\Sigma M_{/\Delta}(\vec{F}_{ext}) = I \cdot \ddot{\theta} \Rightarrow -\frac{B^2\lambda^4}{4L} \theta - mg \frac{\lambda}{2} \theta = \frac{m\lambda^2}{3} \ddot{\theta}$, par suite : $\frac{m\lambda^2}{3} \frac{d^2\theta}{dt^2} + (mg \frac{\lambda}{2} + \frac{B^2\lambda^4}{4L}) \theta = 0$. L'équation différentielle en θ qui décrit les oscillations de la tige est $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mg \frac{\lambda}{2} + \frac{B^2\lambda^4}{4L}}{\frac{m\lambda^2}{3}} \theta = 0$.	2,5
4.	La pulsation propre de ces oscillations est : $\omega_0^2 = \frac{mg \frac{\lambda}{2} + \frac{B^2\lambda^4}{4L}}{\frac{m\lambda^2}{3}} = \frac{6mgL + 3B^2\lambda^3}{4m\lambda L}$ et $\omega_0 = \sqrt{\frac{6mgL + 3B^2\lambda^3}{4m\lambda L}}$.	1



Concours d'entrée 2018-2019

Juillet 2018

Physique (Programme français)

Durée 2 h

Exercice I : Son et image : stockage et lecture (23 points)

Données : Niveau d'intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$; 1 pouce = 2,54 cm ; 1 kio = 2^{10} octets ;
1 Mio = 2^{20} octets ; 1 Gio = 2^{30} octets ; 1 octet = 8 bits ; 1 Mibit = 2^{20} bits.

A- Le disque Blu-Ray

1. Lecture d'un disque Blu-Ray

La technique de lecture du disque LASER repose sur une méthode optique : un faisceau de lumière cohérente (LASER) vient frapper le disque en rotation. Des cavités de largeur $0,6 \mu\text{m}$ et de longueurs différentes sont creusées à la surface réfléchissante du disque, produisant des variations binaires de l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi qui sont enregistrées par un capteur.

Le document 2 montre un faisceau lumineux, constitué d'une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ dans le vide, émis par la diode LASER. Il traverse une couche protectrice transparente en polycarbonate dont l'indice est $n = 1,55$, puis il est réfléchi par le disque et détecté par la photodiode.

1.1. Lors de la détection d'un 1, le détecteur détecte-t-il un maximum de lumière ou un minimum de lumière ? Justifier la réponse.

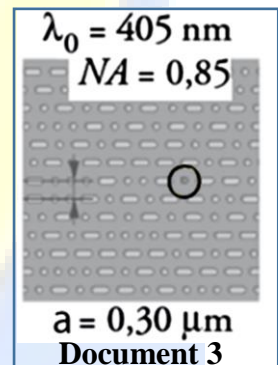
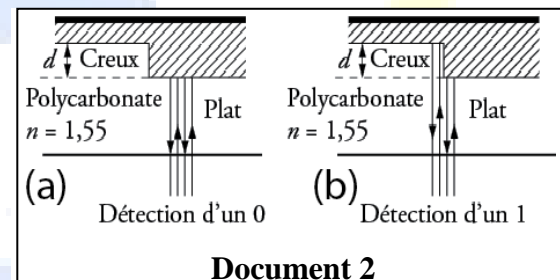
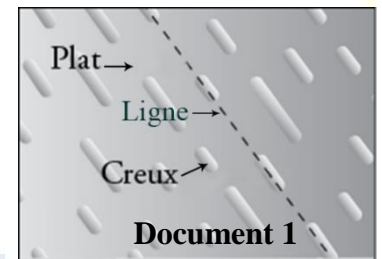
1.2. Calculer la valeur de la longueur d'onde dans le polycarbonate.

1.3. En déduire, la valeur minimale d de la profondeur d'un creux.

1.4. Intérêt de la technologie Blu-Ray

1.4.1. Le diamètre D du spot sur le disque est donné par la formule $D = 1,22 \frac{\lambda_0}{NA}$, où NA est appelée ouverture numérique. Vérifier que le diamètre D du spot dans le cas de la technologie Blu-ray est compatible avec la distance $2a$, a étant la distance entre deux lignes consécutives du disque.

1.4.2. En justifiant la réponse, expliquer comment il est possible d'améliorer la capacité de stockage du disque sans modifier sa surface.





2. Stockage des informations sur le disque

LASER :

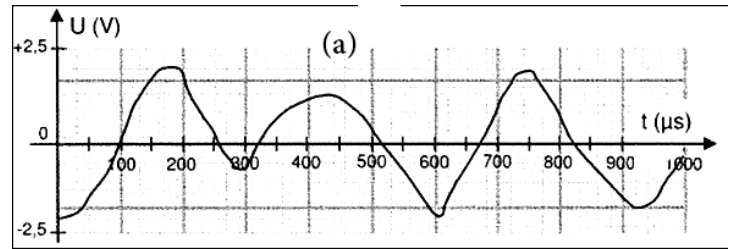
2.1. On a représenté sur le document 4(a), la tension issue du microphone.

Cette tension forme-t-elle un signal numérique ou analogique ? Justifier la réponse.

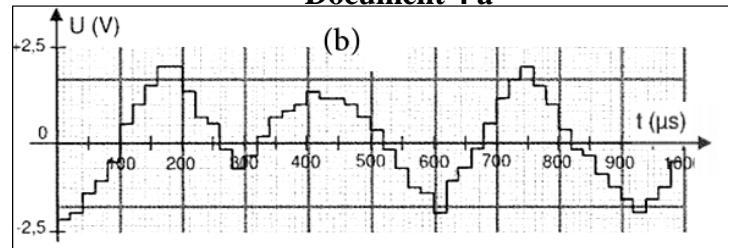
2.2. Pour entendre le son qui a été enregistré, le CD envoie, à travers un convertisseur CNA, aux bornes du haut-parleur le signal représenté sur le document 4(b).

2.2.1. Déterminer la fréquence d'échantillonnage du convertisseur numérique-analogique.

2.2.2. Comment faudrait-il modifier cette fréquence d'échantillonnage pour que le signal enregistré se rapproche davantage de celui délivré par le microphone ?



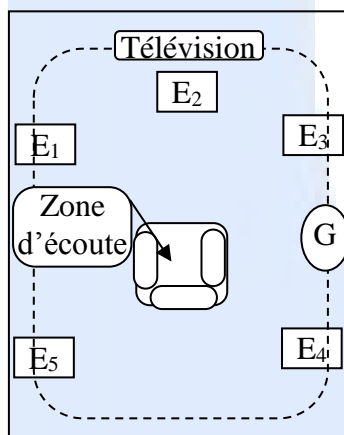
Document 4 a



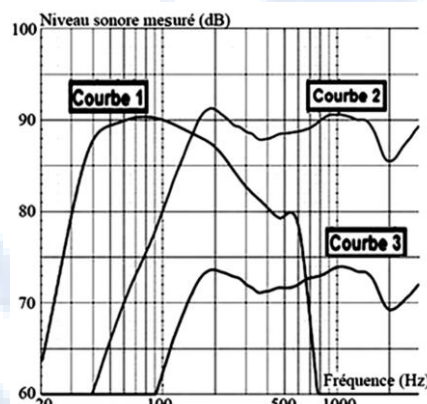
Document 4 b

B. Caractéristique d'une installation sonore

Une installation sonore est formée de 5 haut-parleurs (enceintes E_1, E_2, \dots et E_5), utilisés pour retranscrire les voix et les musiques et d'un caisson de graves (G), utilisé pour retranscrire les sons très graves. Les enceintes E_i sont disposées comme sur le document 5 ci-après. Le caisson de graves (G) peut être placé n'importe où.



Document 5 :
L'installation sonore.



Document 6 : Niveaux sonores restitués par les enceintes (E) et (G).



Document 7 : Échelle des niveaux d'intensités sonores.

1. Laquelle des trois courbes représentées dans le document 6 correspond-elle au caisson de graves ? Justifier.

2. Un technicien souhaite calibrer correctement l'installation. Équipé d'un sonomètre, il se place sur la zone d'écoute et déclenche un son sur l'enceinte E_2 uniquement et règle son niveau sonore pour que le sonomètre indique 70 dB. Il répète l'opération pour chacune des quatre autres enceintes. L'installation est alors parfaitement équilibrée. Pour finaliser ses réglages, il met en marche simultanément les cinq enceintes (le caisson de graves restant éteint). Le son produit présente-t-il un danger pour l'audition du technicien ? Expliquer pourquoi.



C. Caractéristiques d'un écran numérique

Les deux principales caractéristiques d'une télévision sont la taille et la définition de son écran. Commercialement, on utilise la diagonale de l'écran (exprimée en cm ou en pouce) pour mesurer et comparer la taille des écrans de télévision.

1. Un client décide d'acheter une télévision UHD de 65 pouces de diagonale, de définition 3840×2160, et de placer son canapé à environ 2,50 m de la TV.

1.1. Sachant que la distance minimale du spectateur à l'écran est 1,3×la diagonale, cette condition d'utilisation recommandée par le constructeur est-elle respectée ? Justifier.

1.2. Vérifier que la taille d'une image au format UHD est d'environ 24 Mio.

2.1. Un film d'une durée de 1 h 30 min est numérisé au format UHD. Il est composé de 25 images par seconde et le fichier audio attaché au film est de 10 Gio.

Montrer que le fichier de ce film ne peut théoriquement pas tenir sur un seul Blu-Ray (double couche) de capacité totale 46 Gio.

2.2. Sachant que le débit actuel maximal par une fibre optique est de 100 Mbits/s et par ADSL est de 20 Mbits/s, montrer que ce débit ne permet pas de regarder en streaming un film UHD de 3164 Gio et d'une durée de 1 h 30 min sans compression d'images.

Exercice II : – Interférences de molécules (19 points)

L'objectif de cet exercice est d'étudier, dans une première partie, les interférences lumineuses obtenues à l'aide d'un réseau et, dans une deuxième partie, un dispositif expérimental d'interférences utilisant des molécules de phtalocyanine.

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ et $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

1. Interférences d'ondes lumineuses par un réseau

On considère un réseau constitué d'une lame dans laquelle est gravée une série de fentes parallèles régulièrement espacées. La distance régulière entre les fentes, notée « a », est appelée « pas du réseau ». Lorsqu'on éclaire ce réseau avec un faisceau laser monochromatique de longueur d'onde λ , les ondes lumineuses diffractées par les différentes fentes se superposent sur un écran. En certains points de l'écran, les interférences sont constructives ; on observe alors sur l'écran une figure d'interférences constituée de franges lumineuses brillantes (Document 1).

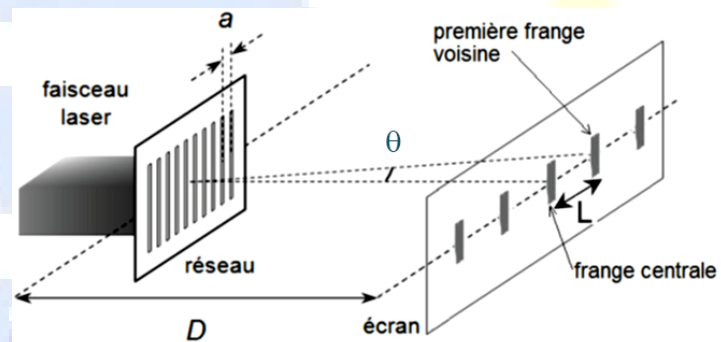
On note L la distance entre le centre de la frange centrale et celui de la première frange voisine. On admet la relation suivante : $\sin\theta = \frac{\lambda}{a}$.

1.1. Démontrer, dans le cas d'un angle θ faible, que $L = \frac{\lambda D}{a}$. (1)

1.2. On remplace la source laser par une source de lumière blanche. On observe une frange centrale de couleur blanche et des franges latérales colorées.

1.2.1. Expliquer pourquoi la frange centrale est blanche.

1.2.2. Sur la première frange voisine de la frange centrale, donner, en le justifiant, l'ordre dans lequel les couleurs bleue et rouge sont observées, en partant du centre de la frange centrale.



Document 1: Schéma du dispositif



2. Interférences de molécules de phtalocyanine

Le document 2 montre un schéma simplifié d'une expérience effectuée en mai 2012 où des molécules d'un échantillon de phtalocyanine sont vaporisées pour former un faisceau horizontal de molécules se déplaçant, avec des vitesses différentes, dans un vide poussé suivant l'axe Ox. Après avoir traversé la fente, les molécules se dirigent vers le réseau qu'elles traversent avant de se déposer sur un écran transparent. Éclairées par une lumière adéquate, les molécules deviennent fluorescentes et une figure d'interférences peut alors être observée à l'aide d'une caméra.

2.1. Considérons une molécule, de masse $m = 8,55 \times 10^{-25}$ kg, sortant de la fente le long de l'axe ox avec une vitesse initiale $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$, v_0 pouvant prendre différentes valeurs. La date $t_0 = 0$ est prise au moment où la molécule est au point O.

2.1.1. Démontrer que les équations horaires du mouvement de la molécule de phtalocyanine dans le repère (Ox, Oz) sont de la forme :

$$x(t) = v_0 t \text{ et } z(t) = \frac{1}{2} g t^2.$$

2.1.2. Exprimer la date t_1 à laquelle la molécule atteint le réseau en fonction de v_0 et D_1 . En déduire l'expression de la distance H_0 (document 3) en fonction de g , D_1 et v_0 , puis calculer la valeur de cette distance pour une vitesse initiale de valeur $v_0 = 1,5 \times 10^2$ m.s⁻¹.

2.1.3. Indiquer, en le justifiant brièvement, comment évolue la distance H_0 lorsque la vitesse initiale v_0 de la molécule est plus grande.

2.2. Figure d'interférences observée

Après une durée d'enregistrement suffisante, on obtient à l'aide d'une caméra une figure d'interférences sur laquelle on observe des franges s'écartant vers le bas (Doc. 4). On a tracé la courbe expérimentale qui donne les variations de l'intensité lumineuse de fluorescence au voisinage de la droite (Δ) correspondant aux molécules de vitesse $v_0 = 1,5 \times 10^2$ m.s⁻¹ (Doc. 5).

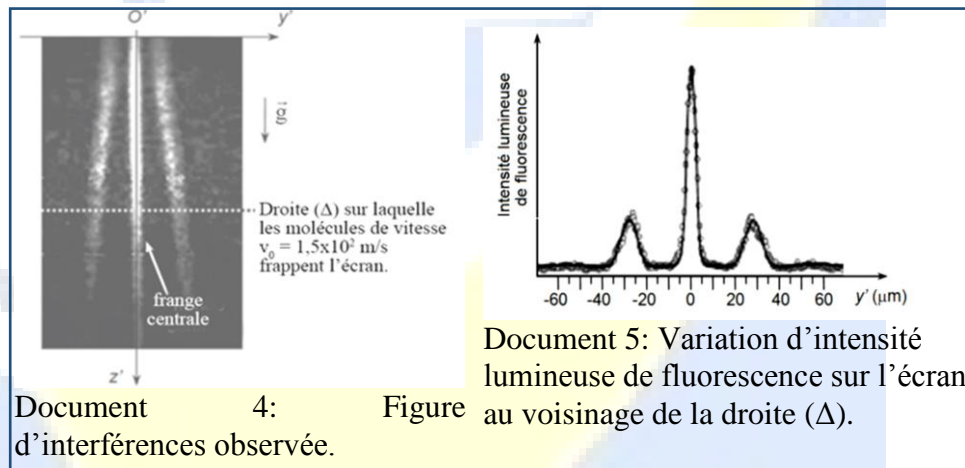
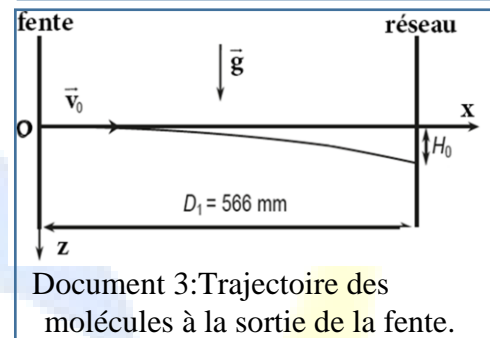
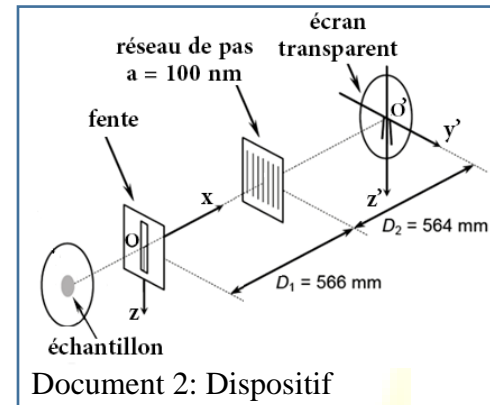
2.2.1. On considère une molécule de phtalocyanine en mouvement à la vitesse $v_0 = 1,5 \times 10^2$ m.s⁻¹. Montrer

que la valeur de la longueur d'onde de de Broglie λ associée à cette molécule est : $\lambda = 5,18 \times 10^{-12}$ m.

2.2.2. On note L_0 la distance séparant le centre de la frange centrale du centre de l'une des deux premières franges voisines pour des molécules de phtalocyanine de vitesse initiale $v_0 = 1,5 \times 10^2$ m.s⁻¹.

Comparer la valeur obtenue pour L_0 à partir de la courbe expérimentale (Doc.5) avec celle obtenue à partir de la relation (1).

2.2.3. Expliquer, à l'aide d'un raisonnement qualitatif (sans calcul), pourquoi les franges s'écartent vers le bas de la figure d'interférences (Doc. 4).

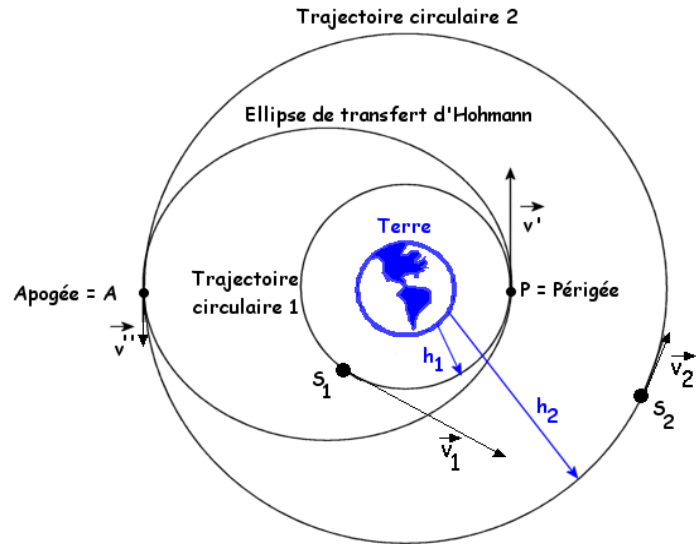




Exercice III : Transfert d'orbite (18 points)

Données : masse de la terre : $M = 6,00 \times 10^{24}$ kg, rayon de la Terre : $R = 6400$ km et $G = 6,67 \times 10^{-11}$ SI.

Soit un satellite artificiel S, de masse $m = 1\,500$ kg, en orbite autour de la Terre et que l'on veut remonter de la trajectoire circulaire 1, d'altitude $h_1 = 500$ km à la trajectoire circulaire 2, d'altitude $h_2 = 600$ km, ne serait-ce que parce que les hautes couches de l'atmosphère le freinent et le font retomber progressivement. À un moment convenu, lorsque le satellite est au point P, futur périhélie de l'orbite elliptique de transfert, on augmente sa vitesse, sans changer sa direction, en la faisant passer à la valeur v' . Il faut lui donner une vitesse de valeur v' calculée de façon précise pour que l'apogée A de l'ellipse soit sur l'orbite circulaire définitive. Arrivé en A, il a une vitesse v'' inférieure à v' . On augmente encore sa vitesse, sans changer sa direction, jusqu'à la valeur v_2 .



1. Mouvement d'un satellite autour de la Terre

1.1. Établir l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a} du satellite dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de G , M , h , R (rayon de la Terre) et du vecteur unitaire normal \vec{n} .

1.2. Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, ce mouvement est uniforme et que l'expression de la vitesse du satellite est : $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$, avec M masse de la Terre et R son rayon et h l'altitude du satellite.

1.3. Calculer la valeur de la vitesse v_1 du satellite sur l'orbite 1 et celle de la vitesse v_2 du satellite sur l'orbite 2.

2. Étude énergétique

Nous admettons que l'énergie potentielle de gravitation E_{Pg} du système (satellite, Terre) est donnée par $E_{Pg} = -\frac{GMm}{r}$, avec $r = R+h$ la distance entre le centre de la Terre et le satellite avec $E_{Pg}(\infty) = 0$.

2.1. Montrer que l'expression de l'énergie mécanique $E = E_C + E_{Pg}$ du système (satellite, Terre) est donnée par l'expression: $E = -\frac{GMm}{2r}$.

2.2. On sait que, dans le cas d'une orbite circulaire, $r = (R+h)$, et dans le cas d'une orbite elliptique, $r = a$, avec a le demi-grand axe de l'ellipse.

2.2.1. Sachant que la valeur de l'énergie mécanique E_1 du système, lorsque S est sur l'orbite 1, est $-4,35 \times 10^{10}$ J, calculer celle de l'énergie mécanique E_2 du système lorsque S est sur l'orbite 2.

2.2.2. Montrer que la valeur de l'énergie mécanique E du système lorsque S est sur l'orbite elliptique de transfert est : $E = -4,32 \times 10^{10}$ J.

2.2.3. L'énergie mécanique du système est conservée lorsque S est sur l'orbite elliptique. Expliquer pourquoi.

2.3.1. Sachant que pour passer de l'orbite circulaire 1 à l'orbite elliptique de transfert, l'énergie mécanique du système doit passer de E_1 à E , calculer la valeur W_1 du travail de la force propulsive que doit recevoir S en P.

2.3.2. Montrer que la valeur de la vitesse v' qu'il faut donner au satellite au point P est $v' = 7,65 \times 10^3$ m/s.

2.4. Calculer la valeur de la vitesse v'' du satellite au point A.



Exercice I : Son et image : stockage et lecture (23 points)

Q		Notes
A-1. 1.1.	Lors de la détection d'un 1, le détecteur détecte un minimum de lumière car la partie du faisceau réfléchi est reçue en opposition de phase avec la partie du faisceau réfléchi sur le creux.	1,5
1.2.	La valeur de la longueur d'onde λ dans le polycarbonate : $\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{405}{1,55} = 261 \text{ nm}$.	1,5
3.	La profondeur minimale d d'un creux est tel que $2d = \frac{\lambda}{2}$. Donc $d = \frac{\lambda}{4} = \frac{261}{4} = 65,3 \text{ nm}$.	1,5
1.4. 1.4.1.	Le diamètre D du spot est donné par : $D = 1,22 \frac{405 \times 10^{-9}}{0,85} = 0,581 \times 10^{-6} \text{ m}$. $D = 0,581 \mu\text{m} < 2 \times 0,30 \mu\text{m} = 0,6 \mu\text{m}$.	2
1.4.2.	Il est possible d'améliorer la capacité de stockage du disque sans modifier sa surface en diminuant la distance qui sépare deux lignes consécutives, donc en diminuant la longueur d'onde de la lumière laser utilisée.	1
2. 2.1.	La tension issue du microphone forme un signal analogique car ce signal est continu (ou n'est pas en forme de palier).	1
2.2. 2.2.1.	Soit T_e la période d'échantillonnage du convertisseur numérique-analogique. On trouve que $10 T_e = 200 \mu\text{s}$ et $T_e = 20 \mu\text{s}$. La fréquence d'échantillonnage f_e du convertisseur est : $f_e = \frac{1}{T_e} = 50\,000 \text{ Hz}$ ou 50 kHz .	3
2.2.2.	Il faut augmenter la fréquence d'échantillonnage.	1
B. 1.	La courbe 1 correspond au caisson de graves car cette courbe correspond à de faibles fréquences (aux basses de fréquences).	1,5
2.	Soit I_1 l'intensité du son dû à une enceinte et L_1 le niveau d'intensité sonore correspondante : $L_1 = 10 \log I_1/I_0 = 70 \text{ dB}$. Puisque les intensités sonores s'ajoutent, L_5 , le niveau d'intensité sonore dû simultanément aux 5 enceintes s'écrit : $L_5 = 10 \log 5I_1/I_0 = 10 \log 5 + 10 \log(I_1/I_0) = 6,99 + 70 \approx 77 \text{ dB}$ qui est inférieure à 85 dB (Doc. 7). Le son produit ne présente pas de danger.	3



C.		
1.1.	La distance d vaut : $d = 1,3 \times 65 \times 2,54 \times 10^{-2} = 2,15 \text{ m} < 2,5 \text{ m}$. La condition n'est pas respectée.	1,5
1.2.	La taille d'une image est : $3840 \times 2160 \times 3 = 24883200 \text{ octets} = 23,7 \text{ Mio} \approx 24 \text{ Mio}$.	1,5
2.1.	La taille du fichier image = $(3600 + 30 \times 60) \times 25 \times 24 = 3240000 \text{ Mio} = 3164 \text{ Gio} \gg 46 \text{ Gio}$.	1,5
2.2.	Le débit en streaming du film est : $D = 3164 / (3600 + 1800) = 0,586 \text{ Gio/s} = 600 \text{ Mio/s} \approx 4800 \text{ Mbits/s} \gg 100 \text{ Mbits/s}$, donc ce débit ne permet pas de regarder en streaming le film UHD.	1,5



Exercice II : Interférences de molécules (19 points)

Q		Notes
1. 1.1.	On a $\tan\theta \approx \theta$ (rad) $= \frac{L}{D}$ et $\sin\theta \approx \theta$ (rad) $= \frac{\lambda}{a}$. Alors $\frac{L}{D} = \frac{\lambda}{a}$ et $L = \frac{\lambda D}{a}$.	1,5
1.2. 1.2.1.	La frange centrale est blanche car cette frange correspond à la superposition de toutes les franges centrales de toutes les longueurs d'onde.	1
1.2.2.	Sur la première frange voisine de la frange centrale : puisque $\lambda_B < \lambda_R$, alors $L_B < L_R$ donc on observe alors la couleur bleue puis la couleur rouge.	1,5
2. 2.1. 2.1.1.	Référentiel terrestre considéré galiléen. Forces : le poids $\vec{P} = m \vec{g} = mg \vec{k}$. Deuxième loi de Newton : $\Sigma \vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow m \vec{a} = mg \vec{k}$ et $m \vec{a} = g \vec{k}$: $a_x = 0$; $a_y = 0$ et $a_z = g$. $a_x = dv_x/dt = 0$, par intégration, on obtient : $v_x = C_{0x} = v_0$. $a_y = dv_y/dt = 0$, par intégration, on obtient : $v_y = C_y = 0$. $a_z = dv_z/dt = g$, par intégration, on obtient : $v_z = g \cdot t + C_z$. À $t_0 = 0$, $v_z = C_{0z} = 0$. Et $v_z = g \cdot t$. $v_x = dx/dt = v_0$, par intégration, on obtient : $x = v_0 \cdot t + D_x$. À $t_0 = 0$, $x_0 = D_x = 0$. Et $x = v_0 \cdot t$. $v_y = dy/dt = 0$, par intégration, on obtient : $y = D_y = 0$. $v_z = dz/dt = g$, par intégration, on obtient : $z = \frac{1}{2} g \cdot t^2 + D_z$. À $t_0 = 0$, $z_0 = D_z = 0$. Et $z = \frac{1}{2} g \cdot t^2$.	5
2.1.2.	À la date t_1 , $x_1 = v_0 \cdot t_1 = D_1$, et $t_1 = D_1/v_0$. Par suite : $z_1 = H_0 = \frac{1}{2} g (D_1/v_0)^2$. Et $H_0 = \frac{1}{2} 9,81 (0,566/1,5 \times 10^2)^2 = 6,98 \times 10^{-5}$ m.	2
2.1.3.	Lorsque la vitesse v_0 est plus grande, H_0 devient plus petite car H_0 est inversement proportionnelle au carré de v_0 .	1,5
2.2. 2.2.1.	La quantité de mouvement p de la molécule est : $p = mv_0 = 8,55 \times 10^{-25} \times 1,5 \times 10^2 = 1,28 \times 10^{-22}$ kg·m·s ⁻¹ . D'après la relation : $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{1,28 \times 10^{-22}} = 5,18 \times 10^{-12}$ m.	2,5
2.2.2.	On a $L_0 = \frac{\lambda D}{a} = \frac{5,18 \times 10^{-12} \times 0,566}{100 \times 10^{-9}} = 2,93 \times 10^{-5}$ m ou 29,3 μm. La valeur obtenue expérimentalement est $L_0 \approx 28$ μm, très proche de la valeur théorique.	2,5
2.2.3.	On a L_0 proportionnelle à λ qui est inversement proportionnelle à v_0 . De même, H_0 est inversement proportionnelle au carré de v_0 . Et pour des valeurs de v_0 de plus en plus petites, L_0 et H_0 deviennent plus grandes ce qui montre que les franges deviennent plus écartées vers le bas.	1,5



Exercice III : Transfert d'orbite (18 points)

Q		Notes
1. 1.1.	<p>Référentiel géocentrique considéré galiléen. Forces : La force gravitationnelle</p> $\vec{F} = -\frac{GMm}{(R+h)^2} \vec{u}.$ <p>Deuxième loi de Newton :</p> $\Sigma \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow -\frac{GMm}{(R+h)^2} \vec{u} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = -\frac{GM}{(R+h)^2} \vec{u} = \frac{GM}{(R+h)^2} \vec{n}$ <p>car l'orbite est circulaire.</p>	2
1.2.	<p>\vec{a} est normale alors l'accélération tangentielle $a_t = \frac{dv}{dt}$ est nulle, par suite $v = \text{constante}$ et le mouvement est uniforme.</p> <p>Ainsi : $a = a_N$ et $\frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{v^2}{R+h}$ qui donne $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$.</p>	3
1.3.	<p>Sur l'orbite 1 : $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R+h_1}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,00 \times 10^{24}}{(6400+500) \times 10^3}} = 7,62 \times 10^3 \text{ m/s.}$</p> <p>Sur l'orbite 2 : $v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R+h_2}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,00 \times 10^{24}}{(6400+600) \times 10^3}} = 7,56 \times 10^3 \text{ m/s.}$</p>	2,5
2. 2.1.	<p>L'énergie cinétique est $E_C = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \frac{GM}{R+h} = \frac{GMm}{2r}$.</p> <p>L'énergie mécanique $E = \frac{GMm}{2r} - \frac{GMm}{r} = -\frac{GMm}{2r}$.</p>	1,5
2.2. 2.2.1.	<p>Sur l'orbite 2, l'énergie mécanique $E_2 = -\frac{GMm}{2r_2} = -\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,00 \times 10^{24} \times 1500}{2(6400+600) \times 10^3} = -4,29 \times 10^{10} \text{ J.}$</p>	1,5
2.2.2.	<p>Sur l'orbite elliptique $2a = (6400 + 500) + (6400 + 600) = 13900 \text{ km}$ et $a = 6950 \text{ km.}$</p> <p>L'énergie mécanique $E = -\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,00 \times 10^{24} \times 1500}{2(6950) \times 10^3} = -4,32 \times 10^{10} \text{ J.}$</p>	1,5
2.2.3.	<p>La force gravitationnelle étant une force conservative, on a alors la conservation de l'énergie mécanique du système sur l'orbite elliptique.</p>	1
2.3.1.	<p>Le travail de la force propulsive : $W_1 = \Delta E_1 = E - E_1 = -4,32 \times 10^{10} + 4,35 \times 10^{10} = 0,03 \times 10^{10} \text{ J.}$</p> <p>Le satellite doit recevoir un travail égal à $E - E_1 = 3 \times 10^8 \text{ J.}$</p>	2
2.3.2.	<p>En P, l'énergie potentielle est la même sur les 2 orbites (même distance à la Terre). La différence d'énergie mécanique vient seulement de la variation d'énergie cinétique :</p>	2



	$\frac{1}{2} m v'^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = E - E_1 = 3 \times 10^8 \text{ J.}$ <p>(ou d'après le théorème de l'énergie cinétique : $\frac{1}{2} m v'^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = W_1 = 3 \times 10^8 \text{ J.}$)</p> <p>Ainsi : $v'^2 = v_1^2 + \frac{2(E-E_1)}{m} = (7,62)^2 + \frac{2 \times 3 \times 10^8}{1500} = 5,85 \times 10^7$; d'où : $v' = 7,64 \times 10^3 \text{ m/s.}$</p>	
2.4.	<p>En P, l'énergie potentielle est la même sur les 2 orbites (même distance à la Terre). La différence d'énergie mécanique vient seulement de la variation d'énergie cinétique :</p> $\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v''^2 = E_2 - E = -4,29 \times 10^{10} + 4,32 \times 10^{10} \text{ J} = 3 \times 10^8 \text{ J.}$ <p>(ou d'après le théorème de l'énergie cinétique : $\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v''^2 = W_2 = 3 \times 10^8 \text{ J.}$)</p> <p>Ainsi, $v''^2 = v_2^2 - \frac{2(E_2-E)}{m} = (7,56 \times 10^3)^2 - \frac{2 \times 3 \times 10^8}{1500} = 5,68 \times 10^7$; d'où : $v'' = 7,54 \times 10^3 \text{ m/s.}$</p>	1