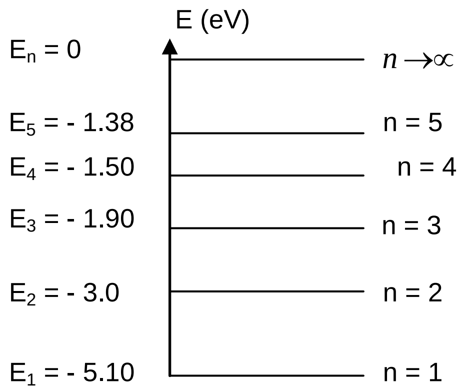
Classe : SG
Matière: Physique

Exercice I : Niveaux d'énergie d’un atome

Le diagramme simplifié des niveaux d’énergie d’un atome est donné par la figure ci-dessous

Données : $1\,eV = 1.6\times10^{-19}\,J$ $\quad c = 3.10^{8}\,m/s$ $\quad h = 6.6\times10^{-34}\,J.s$



Partie A

1- Les énergies des niveaux sont négatives. Justifier
2- L’énergie de l’atome est-elle quantifiée ? Justifier la réponse

Partie B

L’atome est dans son état fondamental.
1- Calculer l’énergie minimale capable d’ioniser l’atome.
2- Calculer l’énergie minimale capable d’exciter l’atome.
Déduire la longueur d’onde du photon utilisé.
3- L’atome, dans son état fondamental, reçoit un photon dont le quantum d’énergie est $2.1\,eV$
a- Cette radiation peut-elle interagir avec l’atome ? Justifier.
b- Représenter par une flèche, sur le diagramme donné, la transition associée.
c- Cette transition correspond-elle à une émission ou à une absorption ?
4- Que se passe-t-il pour l’atome s’il reçoit un photon dont le quantum d’énergie est $3\,eV$? Justifier.
Puis un photon de $6\,eV$.
5- Que se passe-t-il si l’atome reçoit un électron d’énergie cinétique $E_C = 3\,eV$? Justifier

Partie C

L’atome est au niveau excité m
1- L’atome se désexcite du niveau m au deuxième niveau excité.
La longueur d’onde du photon correspondant à la transition $m \to 2$ est $\lambda = 0.825\mu m$. Déterminer m.
2- Quelles sont les transitions possibles durant la désexcitation de l’atome du niveau m au niveau 1.
3- Calculer la longueur d’onde minimale qui correspond à la série de Balmer.

Exercice II : Datation radioactive

Le noyau d’uranium 238, naturellement radioactive, se transforme en un noyau de plomb 206 plus stable, par une série de désintégrations successives. Nous allons étudier ce processus sans prendre en compte l’émission γ

Données : masse de l’uranium $m_{^{238}U} = 238.0508u$ $\quad m_{^{4}He} = 4.0015u$

$1u = 1.66.10^{-27}\,Kg = 931.5 MeV/c^2$

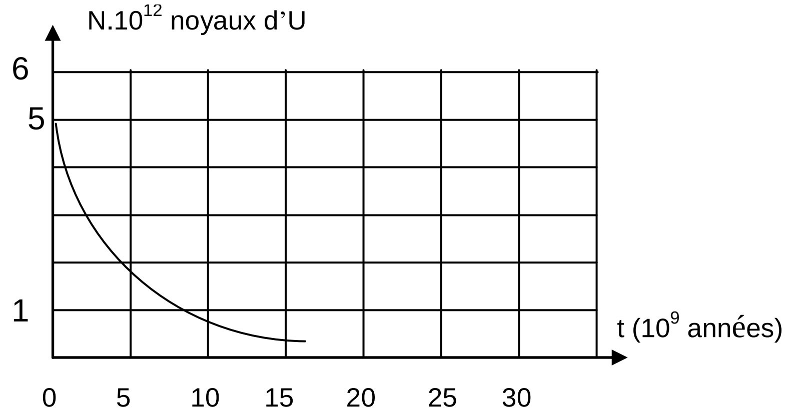
1- Rappeler les lois de conservations vérifiées lors d’une réaction nucléaire.
2- Dans la première étape, un noyau $^{238}_{92}U$ subit une désintégration de type α .
Le noyau fils est du thorium Th . Ecrire l’équation de cette réaction nucléaire.

3- Sachant que le noyau thorium Th reste au repos et que la particule α prend la vitesse de 20000 Km/s.
Calculer la masse de thorium Th
4- Dans la seconde étape, le noyau de thorium 234 se transforme en un noyau de protactinium $^{234}_{91}Pa$
Ecrire l’équation de cette réaction nucléaire. Quel est le type de radioactivité correspondant ?
5- L’équation globale du processus de transformation d’un noyau d’uranium 238 en un noyau de plomb

est : $\ ^{234}_{92}U \longrightarrow \ ^{206}_{82}Pb + x.\alpha + y.\beta$

Déterminer x et y .

6- On a constaté, d'une part que les minéraux d'une même couche géologique (donc du même âge) contienne de l'uranium 238 et du plomb en proportions remarquablement constantes et d'autre part que la quantité de plomb dans le minéral augmente avec l'âge. Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roches anciennes en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.



a- Définir le temps de demi-vie de l'uranium 238. Déterminer, graphiquement sa valeur.

b- Donner l'expression de $N_U(t)$, le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à la date t, en fonction de $N_U(0)$, et de la constante radioactive λ

c- à partir de l'équation de la transformation globale précédente, exprimer :

i- $N_{Pb}(t)$ en fonction de $N_U(t)$, en faisant l'hypothèse que les noyaux intermédiaires de la famille sont en quantité négligeable.

ii- $N_{Pb}(t)$ en fonction de $t, \lambda, N_U(t)$

d- Exprimer l'âge de la roche en fonction de T et du rapport $\dfrac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)}$

e- Déterminer l'âge de la roche si $\dfrac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)} = 1.2.10^{-2}$

Exercice III : Diffraction de la lumière

Un rayon laser, de longueur d'onde dans le vide λ, traverse une fente rectiligne de largeur calibrée notée a. Les figures de diffraction sont observées sur un écran placé perpendiculairement au rayon et à une distance D = 4,50 m des fentes ; a est variable.

1- Tracer un schéma donnant l'aspect des figures de diffraction observées.

2- Avec une règle millimétrique et sur la figure de diffraction, on mesure la distance 2d séparent les deux premières extinctions situées de part et d'autre de la tache centrale. On consigne les résultats dans le tableau suivant :

a(mm)	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
2d (mm)	13	19	37	73	156
λ(μm)					

a- Justifier l'importance de la dimension de la largeur de la fente sur le phénomène de diffraction observé.

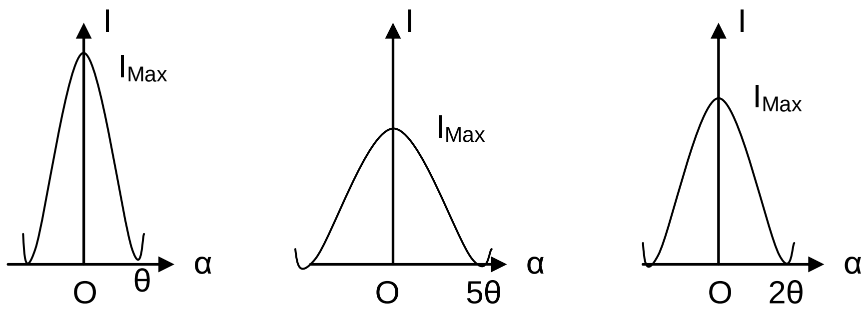
b- Trouver la relation reliant les grandeurs D, λ, a et d utilisée dans les expressions précédentes et préciser l'unité du système international de chaque terme.

c- Compléter le tableau à 10^{-3} près.

d- Quelle est la valeur moyenne de la longueur d'onde de la radiation émise par l'émetteur laser ? En déduire la valeur de la fréquence de la radiation.

3- diffraction par une fente :

Lors d'une expérience de diffraction, on relève l'intensité d'une onde lumineuse diffractée par différentes fentes rectangulaires de largeur a_1 = 0,2 mm, a_2 = 0,5 mm et a_3=1 mm. Les courbes présentant l'évolution de l'intensité en fonction de l'angle θ (θ est la demi largeur angulaire de la tache centrale) sont données dans la figure ci-dessous (les échelles ne sont pas respectées). La longueur d'onde dans le vide de la radiation monochromatique utilisée est égale à 633 nm, et la célérité des ondes lumineuses dans l'air est c = 3,00 10^8 m/s.



a- Quelle courbe correspondant à la fente n°1 ? À la fente n° 2 ? À la fente n° 3 ?

b- Quelle est la largeur de la tache centrale de diffraction obtenue sur un écran situé à la distance D = 2,5 m de la fente 1

4- Une source de lumière **blanche** éclaire une fente de largeur a = 0,4mm. On observe des taches de diffraction sur un écran E situé à 2,5 m de la fente.

a- Rappeler les limites des longueurs d'onde dans le vide de la lumière visible.

b- Si la lumière blanche traverse un filtre optique, seules certaines longueurs d'onde sont transmises. On envisage ici trois filtres optiques ; après avoir traversé l'un de ces filtres, la lumière est supposée monochromatique, de longueur d'onde dans le vide : λ_1 = 541 nm (jaune) pour le filtre 1, λ_2 = 433 nm (violet) pour le filtre 2 et λ_3 = 616 nm (orange) pour le filtre 3.

i- Calculer la largeur de la tache centrale de diffraction sur l'écran E pour chacune de ces longueurs d'onde.

ii- Représenter à l'échelle les trois taches de diffraction l'une sous l'autre, sachant que leurs centres ont en réalité la même position O sur l'écran.

iii- En ne tenant compte que des taches centrales de diffraction, décrire la figure de diffraction obtenue avec la lumière **blanche**. Indiquer la position des bords de la tache blanche par rapport à O, et la couleur des irisations qui bordent.

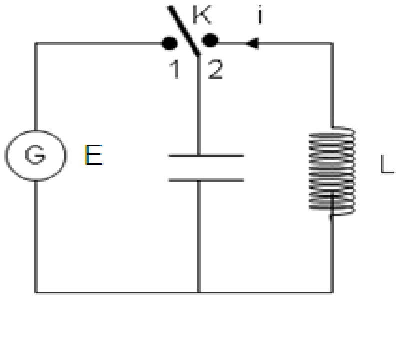
<u>Quatrième exercice: Oscillations électriques:</u>

A- <u>Oscillations libres non amorties:</u> c=0.5µF; L=0.5 H.

On considère le circuit ci-contre:

1- L'interrupteur K est dans la position 1.

a) Quel phénomène mis en évidence?



b) Quelle est la tension aux bornes du condensateur après quelques seconds.

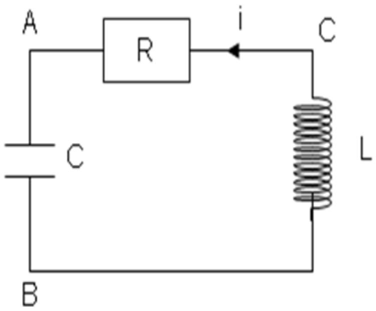
2- On ferme K à la position 2.

a) Etablir l'équation différentielle relative à U_C. Calculer la période propre T_0 des oscillations.

b) Vérifier que $U_C = E \sin(w_0 t + \varphi)$ est une solution de l'équation différentielle. Représenter l'allure de la variation de U_C.

c) Etablir les expressions des énergies électriques et magnétiques en fonction de c, U_m, φ et t.

d) Montrer que l'énergie totale est conservée.



B- **Oscillations amorties :**

L'oscillateur réel est formé d'une bobine d'inductance L=0.5H, d'un condensateur de capacité c=0.5 µF et d'un conducteur ohmique de résistance R.

a) Etablir l'équation différentielle relative à q.

b) Les graphes de la figure ci-dessous, représentent les variations de la charge q et de l'énergie magnétique en fonction du temps t.

1- Le graphe (a) représente la variation de l'$E_{(mag)}$ et la courbe (b) celle de q. Pourquoi ?

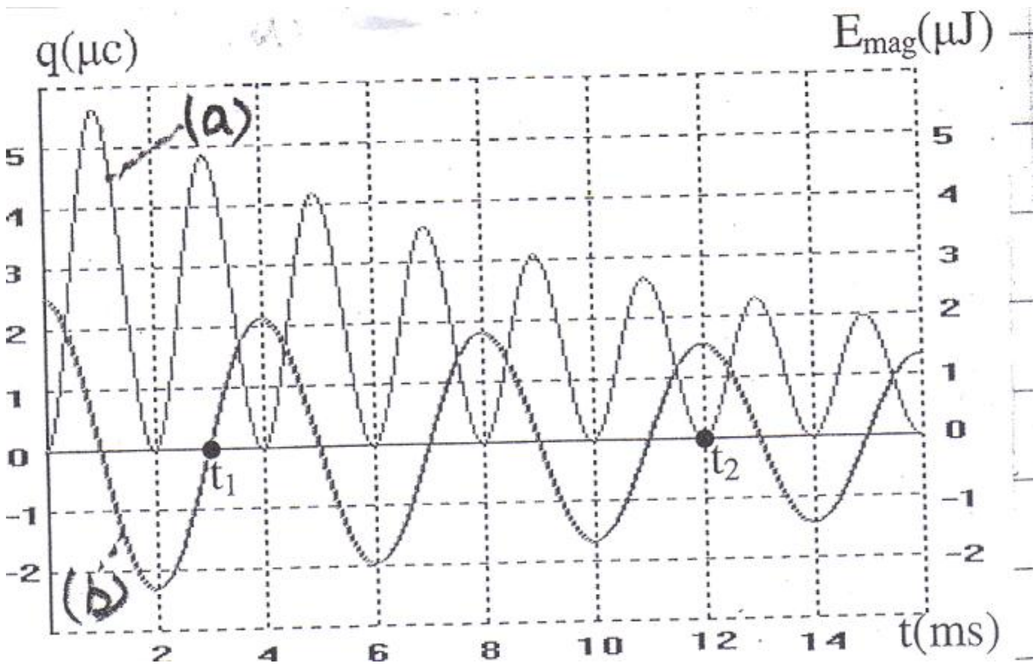
2- Déterminer, graphiquement, la pseudo période T des oscillations.

3- Déterminer, à t_1, l'énergie magnétique $E_{1(mag)}$ et l'énergie électrique $E_{1(e)}$. Déduire l'énergie électromagnétique E.

4- Déterminer l'énergie électromagnétique E_2 à t_2 .

5- L'énergie électromagnétique est-elle conservée ? Quelle est la cause ?

6- Si l'énergie électromagnétique n'est pas conservée, démontrer que sa variation se transforme en chaleur. (L'équation différentielle déjà cherchée est importante dans cette question).



Classe :	SG
Matière:	Physique

Corrigé I

A-1- Tous les niveaux d'énergie de l'atome sont sous le niveau infini qui est pris comme référence de l'énergie

2- Oui, car les niveaux d'énergie sont discontinus. Discrets et bien déterminés.

B-1- l'énergie minimale capable d'ioniser l'atome est celle qui le fait passer de l'état fondamental à l'état Infini $\rightarrow E = E_f - E_i = 0-(-5.10) = 5.10eV$

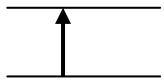
2- L'énergie minimale capable d'exciter l'atome est celle qui fait passer de l'état fondamentale au premier niveau excité $\rightarrow E' = E_2 - E_1 = -3-(-5.1) = 2.1eV$

$$\text{Or } E' = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E'} = \frac{6.6.10^{-34}\times 3.10^{8}}{2.1\times 1.6.10^{-19}} = 5.893.10^{-7}\,m = 589.3nm$$

3-a- Le niveau auquel passe l'électron est : $E_x = E_1 + E_{ph} = -5.1+2.1 = -3eV$

Comme ce niveau existe dans le diagramme des niveaux de l'atome, alors le photon est absorbé

b- Schéma.



c- Cette transition correspond à une absorption.

4- $E_x = E_1 + E_{ph} = -5.1+3 = -2.1eV$ ce niveau n'existe pas dans le diagramme, alors ce photon n'interagit pas….n'est pas absorbé.

Comme $E_{ph} = 6eV > E_i = 5.1eV$, alors le photon est absorbé par l'atome et l'électron sorte de l'atome avec une énergie cinétique $E_C = E_{ph} - E_i = 6-5.1 = 0.9eV$

5- $E_x = E_1 + E_C = -5.1+3 = -2.1eV$

$\Rightarrow E_3 < -2.1eV < E_2$ alors l'électron passe au premier niveau excité en prenant une partie de l'énergie cinétique $E_C = -3+5.1 = 2.1eV$, la reste $0.9eV$ reste avec l'électron incident sous forme d'énergie cinétique.

$$\text{C-1- } E_m - E_2 = E_{ph} \rightarrow E_m = E_2 + \frac{hc}{\lambda} = -3 + \frac{6.6.10^{-34}\times 3.10^{8}}{0.825.10^{-6}\times 1.6.10^{-19}} = -1.5$$

$E_4 = -1.5eV \rightarrow m = 4$ (troisième niveau excité)

2- Les transitions sont 6 : $4\rightarrow 3$ $4\rightarrow 2$ $4\rightarrow 1$ $3\rightarrow 2$ $3\rightarrow 1$ $2\rightarrow 1$

3- La longueur d'onde minimale correspond à une énergie maximale.

$$E_{ph} = E_{\infty} - E_2 = \frac{hc}{\lambda_{\min}} \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{6.6.10^{-34}\times 3.10^{8}}{3\times 1.6.10^{-19}} = 4.125.10^{-7}\,m = 412.5nm$$

Corrigé II

1- Loi de conservation de nombre de masse

Loi de conservation de nombre de charge

Loi de conservation de nombre de l'énergie totale

2- ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

3- L'énergie libérée par la réaction est prise par la particule α sous forme d'énergie cinétique

$$E_{\ell} = E_{C(\alpha)} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\times(4.0015\times 1.66.10^{-27})\times(2.10^{7})^2 = 13.285.10^{-13}\,J = 8.3MeV$$

$$E_\ell = \Delta m \times 931.5 \rightarrow \Delta m = \frac{E_\ell}{931.5} = \frac{8.3}{931.5} = 0.0089u$$

Or le défaut de masse de la réaction $\Delta m = m(U) - m(Th) - m(He) \rightarrow m(Th) = m(U) - m(He) - \Delta m$

$m(Th) = 238.0508 - 4.0015 - 0.0089 = 234.0404u$

4- $\quad {}^{238}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

5- $\quad {}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,{}^{4}_{2}He + y\,{}^{0}_{-1}e$

$x = 8$ et $y = 6$

6- a- Définition de demi vie. $T = 3.5.10^9$ *années* (allure graphique)

b- $N_U(t) = N_U(0)e^{-\lambda t} \rightarrow N_0 = \dfrac{N_U(t)}{e^{-\lambda t}}$

c- i et ii- $N_{Pb}(t) = N_U(0) - N_U(t) = \dfrac{N_U(t)}{e^{-\lambda t}} - N_U(t) = N_U(t)\left(e^{\lambda t} - 1\right)$

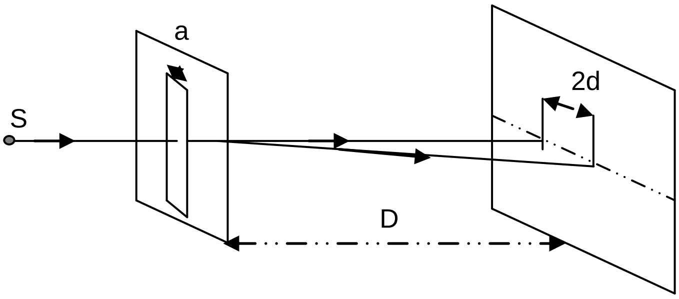
d- $\dfrac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)} = e^{\lambda t} - 1 \rightarrow \dfrac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)} + 1 = e^{\lambda t}$

$$\rightarrow \lambda t = Ln\left(\frac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)} + 1\right) \rightarrow t = \frac{T \times Ln\left(\dfrac{N_{Pb}}{N_U} + 1\right)}{0.693}$$

f- $\dfrac{N_{Pb}}{N_U} = 1.2.10^{-2} \rightarrow t = \dfrac{T \times Ln(1 + 0.012)}{0.693} = 0.06.10^9$ *années*

Corrigé III

1- Schéma.



On observe dans la figure de diffraction des taches alternativement brillantes et sombres de part et d'autre de la tache centrale (brillante). Les taches se trouvent sur une ligne perpendiculaire à la fente et que la largeur de la tache centrale est double à celles des autres taches.

2-a- D'après le tableau on observe que a et 2d, sont inversement proportionnelles, a diminue 2d augmente. La dimension de l'obstacle et la longueur d'onde de l'onde doivent être du même ordre de grandeur pour observer le phénomène de diffraction ou a < 0.5 mm.

b-La largeur angulaire qui correspond à la tache centrale : $\alpha_{rad} = \dfrac{2\lambda}{a}$

D'autre part : $tg\left(\dfrac{\alpha}{2}\right) = \dfrac{d}{D} \approx \dfrac{\alpha_{rad}}{2}$ (α est très petit) $\rightarrow \alpha_{rad} = \dfrac{2\lambda}{a} = \dfrac{2d}{D} \rightarrow 2d = \dfrac{2\lambda D}{a}$

$2d$ est la largeur linéaire de la tache centrale en m

a: largeur de l'obstacle ou de la fente en m ; λ : longueur d'onde en m ;

D distance fente écran en m.

c- Tableau. $\lambda = \frac{ad}{D}$

a(mm)	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
2d (mm)	13	19	37	73	156
λ(μm)	0.433	0.422	0.411	0.405	0.433

d- valeur moyenne : $\lambda_m = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5}{5} = 0.421\mu m$ (violet)

La fréquence : $f = \frac{c}{\lambda_m} = \frac{3.10^8}{0.42110^{-6}} = 7.121.0^{14} Hz$

3- a- quand la largeur a de la fente diminue alors θ augmente :
fente 1 : courbe centrale ; fente 2 : courbe de droite ; fente 3 : courbe de gauche.

b- d' = $\frac{2\lambda D}{a} = \frac{2 \times 0.63310^{-6} \times 2.5}{210^{-4}} = 1.58cm$. (Largeur de la tache centrale)

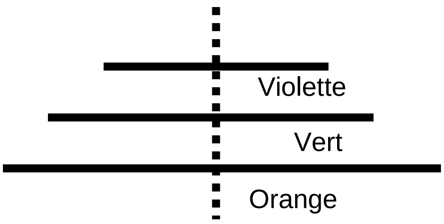
4-a- La longueur d'onde de la radiation visible es limitée par l'intervalle :
$[400nm, 800nm]$

b-i- $d_1 = \frac{2\lambda_1 D}{a} = \frac{2 \times 0.541.10^{-6} \times 2.5}{4.10^{-4}}$ = 6, 76 mm.

$d_2 = \frac{2\lambda_2 D}{a} = \frac{2 \times 0.433.10^{-6} \times 2.5}{4.10^{-4}}$ = 5, 41 mm.

$d_3 = \frac{2\lambda_3 D}{a} = \frac{2 \times 0.616.10^{-6} \times 2.5}{4.10^{-4}}$ = 7, 7 mm.

ii- Schéma.



iii- La largeur angulaire $\alpha = 2\theta$ de la tache centrale dépend de la longueur d'onde de la radiation utilisée avec $\alpha = \frac{2\lambda}{a}$ pour chaque radiation on obtient un système des taches sur l'écran.

La tache centrale est la superposition des taches des radiations visibles.
En lumière **blanche** on observe une tache centrale **blanche** et bordée de rouge : au centre toutes les radiations sont présentes. La tache rouge est plus large que les autres et les déborde. La longueur d'onde de la radiation rouge est le plus grande. La tache centrale de diffraction (en lumière **blanche**) est irisée de rouge orangé.

IV: Quatrième exercice: Oscillations électriques:

A- 1- a) Charge du condensateur.

b) $U_c = E$ (charge totale)

2- a) $U_c + U_L = 0 \Leftrightarrow U_c + L\frac{di}{dt} = 0$ avec i=$\frac{dq}{dt} = c\frac{dU_c}{dt}$

$\Rightarrow \frac{di}{dt} = c\frac{d^2U_c}{dt^2} \Rightarrow U_c + Lc\frac{d^2U_c}{dt^2} = 0 \Rightarrow \frac{d^2U_c}{dt^2} + \frac{U_c}{Lc} = 0 \quad (1)$ de la forme

$U_c'' + w_0 U_c = 0$ avec $w_0^2 = \frac{1}{Lc}$.

$T_0 = 2\pi\sqrt{Lc} = 2 \times 3.14\sqrt{5.10^{-1}.5.10^{-7}}$

$= 6.28 \times 5 \times 10^{-4} \Rightarrow T_0 = 3.14\ ms$

b) $U_c = E\sin(w_0t + \varphi) \Rightarrow \frac{dU_c}{dt} = w_0E.\cos(w_0t + \varphi) \Rightarrow \frac{d^2U_c}{dt^2} = -w_0^2E.\sin(w_0t + \varphi)$

(1) $\Rightarrow = -w_0^2E.\sin(w_0t + \varphi) + w_0^2E.\sin(w_0t + \varphi) = 0$ Donc $U_c = E.\sin(w_0t + \varphi)$ est une solution de l'équation différentielle.

c) $E_e = \frac{1}{2}cU^2 = \frac{1}{2}.cE^2.sin^2(w_0t + \varphi)$

$E_{mag} = \frac{1}{2}Li^2$ avec i=$\frac{dq}{dt} = c\frac{dU_c}{dt} = c.E.w_0cos^2(w_0t + \varphi) \Rightarrow E_{mag} = \frac{1}{2}L.c^2E^2w_0^2\,cos^2(w_0t + \varphi)$

$= \frac{1}{2}cE^2cos^2(w_0t + \varphi)$

d) (Lc=$\frac{1}{w_0^2}$) $\Rightarrow$

$E_t = \frac{1}{2}cE^2sin^2(w_0t + \varphi) + \frac{1}{2}cE^2cos^2(w_0t + \varphi)$

$= \frac{1}{2}cE^2[sin^2(w_0t + \varphi) + cos^2(w_0t + \varphi)] = \frac{1}{2}cE^2 = cte$

$\Rightarrow E_t = cte$

B-a- $u_{AB} + u_{BC} + u_{CA} = 0 \rightarrow \frac{q}{C} + L\frac{di}{dt} + Ri = 0$ (1) avec $i = \frac{dq}{dt} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$

(1): $\frac{q}{C} + L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} = 0$ (2) ou $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0$ (2)'

b-1- L'énergie magnétique $E_{mg} = \frac{1}{2}Li^2$ est toujours positive ; la charge q prend des valeurs alternativement positifs et négatives

2- Graphiquement : $T = 4ms$

3- à $t_1 : E_{mg} = 4.9\mu J, q = 0 \rightarrow E_e = \dfrac{q^2}{2C} = 0 \rightarrow E_t = 4.9\mu J$

4-à $t_2 : E_{mg} = \mu J, q = 1.5\mu C \rightarrow E_e = \dfrac{(1.5)^2}{2\times 0.5\mu F} = 2.25\mu J \rightarrow E_t = 2.5\mu J$

$\Rightarrow E_t$ n'est pas conservée. A cause de R.

5- $E_t = E_{mg} + E_{el} = \dfrac{1}{2}Li^2 + \dfrac{q^2}{2C}$

$$\frac{dE}{dt} = Li\frac{di}{dt} + q\frac{dq}{Cdt} = \left(L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C}\right)i$$

(2) : $\dfrac{dE}{dt} = \left(-R\dfrac{dq}{dt}\right)i = -Ri^2 \rightarrow dE = -Ri^2dt$, la variation de l'énergie se transforme en chaleur, le signe moins indique qu'on a une diminution de l'énergie.