



SESSION 2013

CLASSES DE TERMINALE

SCIENCES PHYSIQUES**THEME : LES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES****Données numériques**

Unité de masse atomique : $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$	Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Masse de l'électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,0005486 \text{ u}$	Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Masse du neutron : $m_n = 1,008665 \text{ u}$	Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Masse du proton : $m_p = 1,00728 \text{ u}$	Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
NB : les données complémentaires sont fournies dans l'énoncé.	

TEXTE INTRODUCTIF.

Bien avant le milieu du XVII^{ème} siècle on supposait que la lumière était constituée de faisceaux de particules. Ces particules étaient émises alors par des sources de lumière telles que le soleil, la flamme d'une bougie ou toute autre source de lumière. Ces particules pouvaient traverser des corps transparents et être réfléchies par des corps opaques. Cette idée donnait à la lumière un aspect corpusculaire.

Bien que cette idée fût admise, une autre commençait à germer : celle du caractère ondulatoire.

C'est ainsi que Christian Huygens (1678) montra que les phénomènes de réflexion, de réfraction, de double réfraction pouvaient être expliqués simplement à partir de la théorie ondulatoire. Ainsi ce caractère de la lumière fût admis.

C'est dans le dernier quart du XIX^{ème} siècle que les expériences de Thomas Young et Augustin Fresnel sur les interférences lumineuses, le phénomène de diffraction observée par Grimaldi et l'expérience de Léon Foucault sur la mesure de la célérité de la lumière dans les liquides ont pu confirmer de l'avantage le caractère ondulatoire de la lumière. Ces expériences sont inexplicables à partir du caractère corpusculaire de la lumière.

En effet les expériences de Young permettent la mesure de la longueur d'onde et celles de Fresnel permettent de montrer la propagation rectiligne de la lumière.

La lumière visible ne constitue qu'une faible portion de l'immense gamme des vibrations électromagnétiques.

L'échelle des ondes électromagnétiques s'étend des ondes hertziennes aux radiations de hautes fréquences X et γ ; soit ($0,01 \text{ nm} \leq \lambda \leq 20 \text{ km}$):

Les radiations visibles ont des longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 780 nm.

Le rayonnement infrarouge (IR) s'étend de la limite inférieure du visible aux ondes les plus courtes de la nature radioélectrique ($0,8 \mu\text{m} \leq \lambda_{\text{IR}} \leq 1 \text{ mm}$). Tous les corps émettent des radiations thermiques ou infrarouges du fait de leur température. Depuis que l'on a pu utiliser dans la pratique les IR émis par les corps, plusieurs appareils ont été notamment construits à des fins militaires ou civiles. Leur principe repose sur la possibilité, pour les détecteurs IR, de déceler la différence de température.

Les domaines de radiation n'ont pas de limites nettes et peuvent se chevaucher.

Les ondes électromagnétiques se propagent dans un milieu matériel ou dans le vide. Tous les signaux électromagnétiques se propagent dans le vide à la célérité $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ et à une vitesse $v \leq c$ dans tout milieu transparent et on définit l'indice de réfraction n du milieu par le rapport de c sur v : soit $n = c/v$.

Au cours de la propagation l'énergie peut s'atténuer par absorption par le milieu de propagation.

Un rayonnement est toujours émis par une source. Cette source peut être constituée par les atomes, les molécules ou les électrons d'un corps précédemment excités qui reviennent à leur état de plus basse énergie fournissant ainsi une énergie sous forme de radiations électromagnétiques.

Les transitions intranucléaires mettent en jeu des énergies plus grandes auxquelles correspondent les émissions de rayons γ .

Une bonne partie du rayonnement électromagnétique reçue sur Terre provient du Soleil et reste indispensable à la vie.

L'accumulation importante d'informations sur les propriétés des ondes électromagnétiques, en particulier sur leur production, leur propagation et leur absorption, a ouvert la porte au monde merveilleux de la communication tel que nous le connaissons aujourd'hui. Ainsi les antennes des émetteurs de radiodiffusion et de télévision comportent des barreaux métalliques et émettent des ondes hertziennes. Ces ondes sont détectées par des dispositifs électroniques macroscopiques munis d'antennes.

PARTIE A : QUESTIONS SUR LE TEXTE (05 points)

Lire attentivement le texte ci-dessus puis répondre aux questions suivantes.

A-1 Donner les deux aspects (caractères) attribués à la lumière au fil des temps.

A-2 Citer trois expériences qui confirment le caractère ondulatoire de la lumière.

A-3 Enoncer le principe de la propagation rectiligne de la lumière.

A-4 Indiquer le domaine de longueurs d'ondes correspondant au rayonnement infrarouge et celui qui correspond à la lumière visible.

A-5 Quelle est, de façon générale, l'origine de l'onde électromagnétique ? Dans quel cas l'énergie rayonnante est plus abondante ?

.../... 2

PARTIE B : NATURE ONDULATOIRE DE LA LUMIERE (35 points)

Le caractère ondulatoire de la lumière se manifeste à plusieurs occasions. Toutefois, dans certaines conditions, le caractère ondulatoire est peu apparent. Tel est le cas si les instruments utilisés sont de grandes tailles par rapport aux longueurs d'onde: on dit qu'on se trouve dans le cadre de l'optique géométrique. L'énergie se propage selon des courbes auxquelles correspondent des rayons lumineux. L'optique géométrique assimile donc la propagation des ondes électromagnétiques, notamment la lumière, à une propagation sous forme de rayons sans s'occuper de leur nature ondulatoire.

B-1 Réflexion de la lumière

La réflexion d'une onde est le renvoi de cette onde dans le milieu de propagation dû à la rencontre d'un obstacle qui le limite.

B-1 -1 Donner les types de réflexion dans le cas de la lumière

B-1 -2 Le schéma ci-contre représente un des types de réflexion (figure 1)

- Donner les noms: des rayons SI, IR, de la droite IN et des angles i et r .

- Rappeler la loi de Descartes relative aux angles i et r

B-1 -3 Un objet ponctuel lumineux S envoie des rayons lumineux sur un miroir plan. Construire l'image S' de S par rapport au miroir. Caractériser S et S' (préciser leur caractère réel ou virtuel)

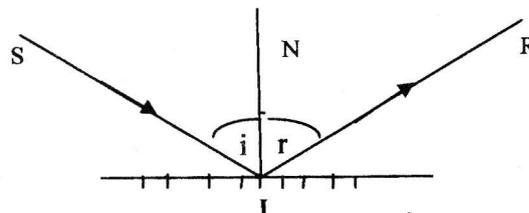


Figure 1

B-2 Réfraction de la lumière

La réfraction est la modification de la direction de propagation qui accompagne la transmission d'une onde d'un milieu à un autre (sauf pour l'incidence normale)

Dans une expérience sur la réfraction la lumière passe de l'air d'indice ($n_1=1$) au verre d'indice n_2 .

En désignant par i_1 et i_2 , respectivement, les angles d'incidence et de réfraction. On a obtenu le tableau de mesures ci-dessous

i_1 (°)	20	30	40	50	60	70	80	90
i_2 (°)	13	19,5	25,5	30,5	35	38,5	41	42
$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$								

B-2-1 Recopier le tableau et le compléter, Rappeler la loi de Descartes sur la réfraction. En déduire la valeur n_2 de l'indice du verre.

B-2-2 Dans une deuxième expérience on fait passer la lumière du verre à l'air; on donne aux angles d'incidence i_1 les valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

i_1 (°)	13	19,5	25,5	30,5	35	38,5	41	42
i_2 (°)								

- Recopier le tableau et le compléter.

- Que se passe-t-il si on donne à i_1 des valeurs supérieures à 42° ? Comment appelle-t-on ce phénomène physique ?

B-2 -3 Application de la réflexion totale : la fibre optique

La fibre optique est un dispositif cylindrique permettant la propagation des rayons lumineux utilisés comme support d'information.

La lumière est guidée à l'intérieur par la réflexion totale sur les bords.

Un rayon lumineux se propageant dans un plan vertical dans un milieu d'indice n entre dans un parallélépipède d'indice N par une face verticale (V) où il se réfracte avant d'atteindre la face horizontale contigüe H. Soient I et i , respectivement, le point d'incidence et l'angle d'incidence sur V et K et j, respectivement, le point et l'angle d'incidence sur H (figure 2).

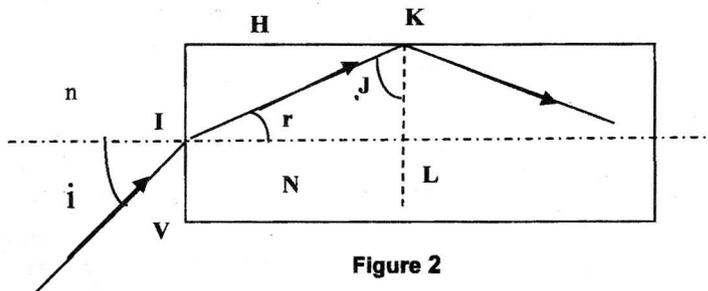


Figure 2

CLASSES DE TERMINALE

B-2-3-1 Ecrire la loi de Descartes pour la réfraction au point I. Puis en considérant la limite de la réfraction au point K, écrire la loi de Descartes en ce point.

En déduire la condition liant n et N pour que i existe. L'expression $N^2 - n^2$ est appelée ouverture optique du dispositif

B-2-3-2 Calculer la valeur de i à la limite de la réfraction ; application numérique : $n = 1,00$ et $N = 1,12$

B-2-3-3 Donner un exemple d'utilisation pratique des fibres optiques.

B-2-4 : Le phénomène d'arc-en-ciel.

Le phénomène de l'arc-en-ciel est basé sur les lois de Descartes régissant les réflexions et réfractions de la lumière. Il n'est visible que lorsqu'un rideau de pluie (naturel ou artificiel) est éclairé et que l'observateur regarde ce rideau en tournant le dos à la source lumineuse. On se reportera à la figure 3 pour localiser les diverses notations de l'exercice.

Un rayon lumineux entre en E dans une goutte d'eau sphérique avec une incidence i : il subit en ce point une réfraction. Au point R, il subit une réflexion. Il ressort finalement de la goutte au point S. L'indice de réfraction de l'air est $n_{air} = 1$ et celui de l'eau est noté n_{eau} (sa valeur dépend de la longueur d'onde de la lumière).

B-2-4-1 On cherche à déterminer l'expression de la déviation D en fonction de l'angle d'incidence i et de l'angle α (α dépend de l'indice optique de l'eau et sera déterminé à l'aide de la relation de Descartes).

- En considérant le triangle OEF, déterminer la relation entre les angles i , β et α puis la relation entre les angles i , β et D .
- En considérant le triangle OER, déterminer la relation entre les angles α et β .
- En appliquant la loi de la réfraction au point E, donner l'expression de l'angle α en fonction de l'angle d'incidence i et de l'indice optique n_{eau} de l'eau.
- Rassembler les résultats des questions précédentes et donner l'expression de l'angle de déviation D en fonction de l'angle d'incidence i et de l'angle α puis en fonction de i et n_{eau} .

B-2-4-2 La lumière blanche émise par le soleil est en fait composée de nombreuses couleurs.

- Comment qualifie-t-on ce type de rayonnement ?
- On donne la fréquence N et la vitesse v de propagation dans l'eau de deux de ces couleurs :

Rayonnement	A	B
Fréquence (Hz)	$7,50 \cdot 10^{14}$	$3,80 \cdot 10^{14}$
Vitesse de propagation v (m.s ⁻¹)	$2,23 \cdot 10^8$	$2,25 \cdot 10^8$

Calculer les indices de réfraction n_A et n_B de l'eau respectivement pour les rayonnements A et B. Comment qualifie-t-on un milieu tel que l'eau ?

- Déterminer les longueurs d'onde des rayonnements A et B dans le vide.
- La fréquence d'un rayonnement donné change-t-elle lorsque le rayon lumineux pénètre dans la goutte d'eau ? Qu'en est-il de la longueur d'onde du rayonnement ?

B-2-4-3 La goutte est maintenant éclairée par un large pinceau de lumière (émis par le soleil par exemple). La goutte est alors touchée par une multitude de rayons entrant avec des angles d'incidence différents. L'intensité lumineuse maximale est observée dans la direction de la déviation minimale qui correspond, on l'admettra, à une incidence de $60,0^\circ$. Calculer la déviation minimale d'un rayon constitué d'un rayonnement A. Même question pour un rayon constitué d'un rayonnement B. Conclure.

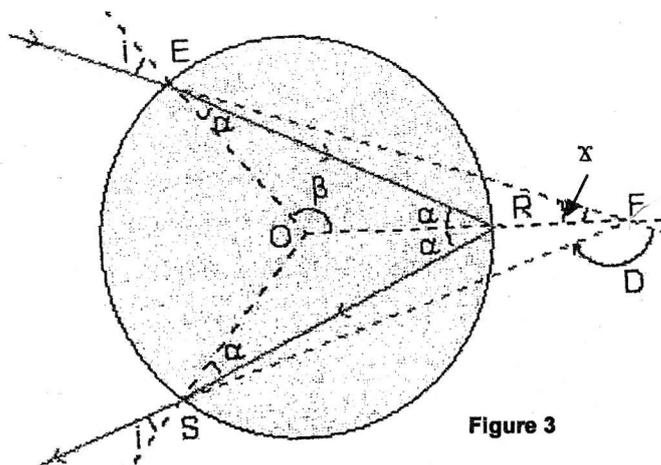


Figure 3

B-2-4-4 En déduire une explication du phénomène d'arc-en-ciel..

B-3 : Diffraction de la lumière – Interférences lumineuses.

B-3-1 On réalise l'expérience représentée par la figure(4) ci-contre :

F est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . F_1 est un trou circulaire de diamètre sensiblement égal à λ percé sur l'écran opaque E_1 . On place un écran E d'observation fixe, parallèle à E_1 et situé à la distance D de celui-ci.

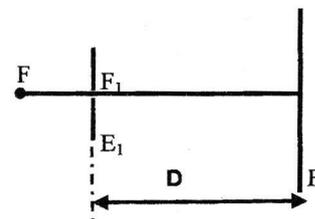


Figure 4

- Quel phénomène se produit à la traversée de la lumière en F_1 ?
- Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de F_1 .
En déduire l'aspect de l'écran.

B-3-2 On perce un deuxième trou F_2 identique à F_1 sur l'écran E_1 et on réalise le dispositif schématisé sur la figure (5).

Les trous F_1 et F_2 sont à égale distance de F. On désigne par a la distance entre les trous F_1 et F_2 ; soit $F_1F_2 = a$. Les traits en pointillés représentent les limites des faisceaux lumineux issus de F, F_1 et F_2 .

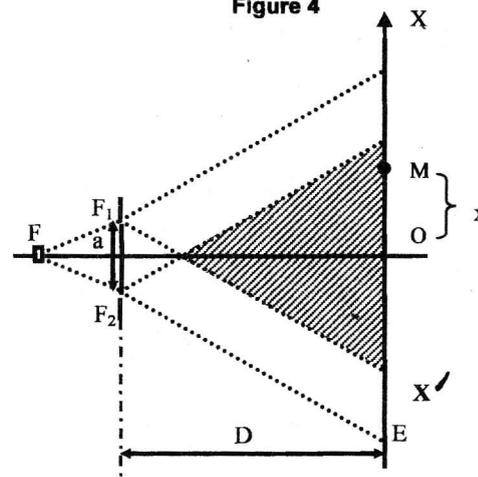


Figure 5

B-3-2-1 Décrire qualitativement (sans calculs) ce qu'on observe sur l'écran dans la zone hachurée. Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?

A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire de la lumière.

B-3-2-2 Lorsque la fente source F est éclairée par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ ; on admettra que les sources secondaires F_1 et F_2 émettent respectivement des vibrations telles que : $S_1 = S_2 = A \cos(\omega t)$.

Ces vibrations arrivent au point M en donnant :

$$S_1(M) = A \cos \omega \left(t - \frac{d_1}{c} \right) \quad \text{et} \quad S_2(M) = A \cos \omega \left(t - \frac{d_2}{c} \right)$$

C : célérité de propagation de la lumière ; $d_1 = F_1M$; $d_2 = F_2M$.

Selon le principe de la superposition, la vibration résultante en M est donnée par : $S(M) = S_1(M) + S_2(M)$.

- En utilisant la construction de Fresnel ; montrer que la vibration résultante en M est donnée par :

$$S(M) = 2 A \cos \frac{\pi (d_2 - d_1)}{\lambda} \cos \left[\omega t - \frac{\pi (d_1 + d_2)}{\lambda} \right]$$

- On appelle δ la différence de marche au point M des vibrations issues de F_1 et F_2 et x l'abscisse du point M sur un axe vertical X'X pris sur l'écran E (figure 5).
 - Exprimer δ en fonction de D, x et a ; on fera les approximations nécessaires.
 - En déduire les positions, sur l'écran E, des franges brillantes et celles des franges obscures.
 - Rappeler la définition de l'interfrange et l'exprimer en fonction de λ , D et a.

B-3-2-3 On utilise une source qui émet deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 .

- Calculer les interfranges correspondant à ces deux radiations.
- En déduire l'aspect de la frange centrale et de son voisinage immédiat.

B-3-2-2 On utilise maintenant une source de lumière blanche qui émet toutes les radiations visibles.

- Quelle sera la couleur de la frange centrale ?
- Quelles seront les radiations éteintes à la distance x_1 du centre de l'écran ?

Données numériques : $D = 3,0 \text{ m}$; $a = 1 \text{ mm}$; $x_1 = 3,0 \text{ cm}$; $\lambda_1 = 7,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$; $\lambda_2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

On rappelle les longueurs d'onde du spectre visible : $(400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm})$

B-3-2-3 Donner un exemple d'utilisation pratique :

- De la diffraction de la lumière.
- Des interférences lumineuses.

PARTIE C : NATURE CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE – DUALITE ONDE-CORPUSCULE (16 points)

« L'émission et l'absorption des radiations lumineuses par la matière ne peuvent se comprendre que si l'on associe à ces ondes des « grains d'énergie », appelés **photons**, et qui se déplacent à la vitesse de la lumière. Newton, déjà au XVII^e siècle avait eu l'intuition de leur existence. Ce n'est qu'en 1905, avec les travaux d'Albert EINSTEIN et d'Ernest RUTHERFORD, que la preuve de leur réalité fut établie. Un nouvel aspect du phénomène lumineux se manifestait ».

Une cellule photoélectrique dont la cathode a une surface $s = 3 \text{ cm}^2$ est placée à une distance $R = 1 \text{ m}$ d'une source ponctuelle S_0 de puissance rayonnée $P = 5 \text{ W}$, rayonnant uniformément dans toutes les directions et émettant une radiation de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$. La cathode sera assimilée à une calotte sphérique de rayon de courbure $R' = 1 \text{ m}$ et ayant S_0 pour centre.

C-1 Calculer la puissance reçue par la cathode. En déduire le nombre de photons arrivant sur la cathode en 1s.

.../... 5

$T = \frac{P}{\omega}$
 $C = \frac{1}{T}$

C-2 Sachant que 1 photon sur 1000 provoque l'extraction d'un électron, calculer l'intensité maximale du courant qu'on peut obtenir.

C-3 Le travail d'extraction du métal qui constitue la cathode est $W_0 = 1,86$ eV. Calculer la fréquence seuil de la radiation correspondante.

C-4 Calculer l'énergie cinétique maximale des électrons à l'extraction. Pour augmenter cette énergie, faut-il augmenter ou diminuer la longueur d'onde de la radiation incidente ? ou faut-il augmenter l'intensité lumineuse du faisceau ?

Données : $c = 3.10^8$ m/s ; $h.c \approx 12400$ eV.Å (électronvolt.angström) ; $e = 1,6.10^{-19}$ C.

C-5 L'ouverture et la fermeture de certaines portes automatiques sont commandées par des cellules photoélectriques. Expliquer brièvement le principe.

C-6 On parle de « dualité onde-corpuscule » à propos de la lumière. Expliquer succinctement cette thèse (en cinq lignes au maximum).

C-7 Louis de Broglie (1892 -1987) fut le premier physicien à accepter sans réserve la théorie du photon d'Einstein, c'est-à-dire la double nature corpusculaire et ondulatoire de la lumière. Il proposa d'étendre à la matière tout entière le dualisme des ondes et des corpuscules et d'admettre que toute particule matérielle (l'électron en particulier) possède des propriétés ondulatoires.

a) Rappeler brièvement la théorie du photon d'Einstein.

b) Donner l'expression de la longueur d'onde de Broglie associée à un corpuscule de quantité de mouvement p.

PARTIE D : PRODUCTION DE RAYONNEMENTS (28 points)

D-A : Les rayons X (RX) : production, utilisation

Les rayons X correspondent à l'ensemble des ondes électromagnétiques de longueur d'onde λ dans le vide telles que $10 \text{ pm} \leq \lambda \leq 2500 \text{ pm}$. Ils sont très pénétrants et sont utilisés en radiologie, en spectroscopie.

D-A-1 Les rayons X sont produits lorsqu'un électron des couches extérieures des atomes prend la place d'un électron des couches profondes préalablement arraché notamment par l'impact d'électrons accélérés sous plusieurs kilovolts sur une anode solide.

Calculer la longueur d'onde de la raie (émise) correspondant à la transition atomique entre les niveaux L(n=2) et K(n=1) pour lesquels les énergies respectives sont $E_2 = -11300$ eV et $E_1 = -69400$ eV (pour une anode en tungstène)

D-A-2 Réciproquement un rayonnement incident X peut ioniser un certain niveau de l'atome par absorption.

Calculer la limite supérieure de la longueur d'onde des rayons X susceptibles d'ioniser l'atome de tungstène à partir du niveau K. On pourra prendre $h.c \approx 12400$ eV.Å (électronvolt.angström)

D-B : Rayons laser : production – applications

« Lorsqu'un atome absorbe un photon d'énergie E, il passe de l'état fondamental d'énergie E_0 à un état excité d'énergie E_1 . De même, lorsque l'atome excité passe spontanément à l'état fondamental, il y a émission d'un photon aux propriétés particulières. La lumière émise a en effet même fréquence, même phase, même direction de propagation et même polarisation. Le rayonnement issu d'un grand nombre de ces processus d'émission est un rayon LASER ».

Un laser à rubis comprend un cristal de rubis synthétique : c'est un cristal d'alumine (Al_2O_3) impur. L'impureté est le chrome. Le cristal comporte un atome de chrome pour 4 000 atomes d'aluminium. Il est taillé en forme de cylindre.

D-B-1 Lorsqu'il reçoit de la lumière de longueur d'onde λ_i , le chrome passe de l'état fondamental à un état excité, puis instantanément émet de la lumière de longueur d'onde λ_e en passant par un autre état excité. Cet état relativement stable, est qualifié de métastable. L'atome de chrome ne revient à l'état fondamental, en émettant un photon d'énergie E_L correspondant à la longueur d'onde λ_L que s'il reçoit un photon de même énergie. Lorsque l'atome de chrome revient à l'état fondamental, le photon qu'il émet sert à désexciter un atome de chrome voisin et ainsi de suite : l'émission laser démarre.

Indiquer sur un diagramme d'énergie les transitions de l'atome de chrome décrites dans l'énoncé. Exprimer les énergies des photons émis et absorbés. Calculer λ_e .

Données : $\lambda_i = 547,0.10^{-9}$ m ; $\lambda_L = 684,3.10^{-9}$ m

D-B-2 : Le laser peut être utilisé pour la soudure ou pour la découpe d'un matériau car l'énergie absorbée par un matériau soumis au faisceau laser peut être suffisante pour faire fondre localement la matière.

Par exemple, l'énergie d'un laser au rubis concentrée sur une surface circulaire de diamètre 0,10 mm représente une puissance par unité de surface d'environ 10 MW/cm^2 si l'impulsion dure 1 ms. Ceci permet d'envisager la fusion et la volatilisation du matériau.

On se propose d'illustrer sur un exemple la fusion d'un matériau. On désire faire fondre une plaque d'aluminium d'épaisseur 0,5 cm et de section $0,1 \text{ cm}^2$ en la soumettant à une impulsion du laser rubis.

D-B-2-1 Calculer l'énergie reçue par la plaque pendant une impulsion.

D-B-2-2 Calculer l'énergie nécessaire pour faire fondre la plaque initialement à la température $\theta = 293$ K.

D-B-2-3 Compare les résultats des questions précédentes. Conclure.

On donne les valeurs suivantes relatives à l'aluminium ;

- Chaleur massique : $C_m = 9,0 \cdot 10^2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Chaleur latente de fusion : $L_f = 3,9 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- Température de fusion : $\theta_f = 933 \text{ K}$.
- Masse volumique : $\mu = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

D-B-3 : Donner deux exemples d'utilisation du laser en médecine.

D- C - Rayonnement X: production - application en radiothérapie.

La destruction sélective des cellules cancéreuses (la radiothérapie) utilise le rayonnement X très énergétique émis par désintégration radioactive de l'isotope de ${}^{60}_{27}\text{Co}$ du cobalt

D- C-1 Le cobalt 60 utilisé dans la bombe au cobalt est obtenu par bombardement du cobalt 59 par des neutrons. Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire

D- C- 2 Le cobalt obtenu est radioactif β^- ($-e$), écrire l'équation de cette réaction nucléaire et identifier le noyau fils ${}^A_Z\text{X}^*$ (radioactif X de période $16,6 \cdot 10^9 \text{ s}$)

On donne les périodes de quelques éléments radioactifs X :

${}^{192}_{77}\text{Ir}$: 74 jours ; ${}^{60}_{28}\text{Ni}$: 5ans ; et ${}^{111}_{81}\text{Tl}$: 73 heures

D- C-3 Le noyau fils obtenu précédemment est pratiquement au repos mais il se trouve dans un état excité X^* ; il se désexcite en deux étapes, en émettant successivement des photons de fréquence f_1 et f_2 d'énergie respective 1,17MeV et 1,33 MeV (diagramme de la figure 6)

Recopier puis compléter le diagramme par les valeurs numériques des fréquences f_1 et f_2 et la nature du noyau ${}^A_Z\text{X}$ (symbole et valeurs de A et Z) :

Ces deux rayons (X_1 et X_2) sont utilisés en thérapie

D- C -4 Calculer l'énergie cédée au milieu extérieur par la réaction de désintégration β^- du Cobalt

Masse du noyau cobalt $m({}^{60}_{27}\text{Co}) = 59,91901 \text{ u}$; la masse du noyau X dans son état fondamental est

$m({}^A_Z\text{X}) = 59,9155439 \text{ u}$

D- C- 5 Pour une thérapie, l'équivalent de dose absorbée est de l'ordre de $H=100 \text{ Sv}$

L'équivalent biologique de dose chiffre l'effet biologique de la dose absorbée par les tissus humains et qui les détruit (1Sv (sievert) : 1Sv = 1j / kg de matière absorbante)

- a) Quelle serait en joule, l'énergie reçue par un malade qui aurait une tumeur de 3 g ?
- b) On considère un radiocobalt qui émet un rayonnement X d'énergie 1,25 MeV ; à quel nombre d'excitations de cet élément correspondrait le traitement ?
- c) On admet que cette thérapie est administrée en 30 séances de 2 minutes chacune .Quelle l'activité de la source effectivement utilisée ?

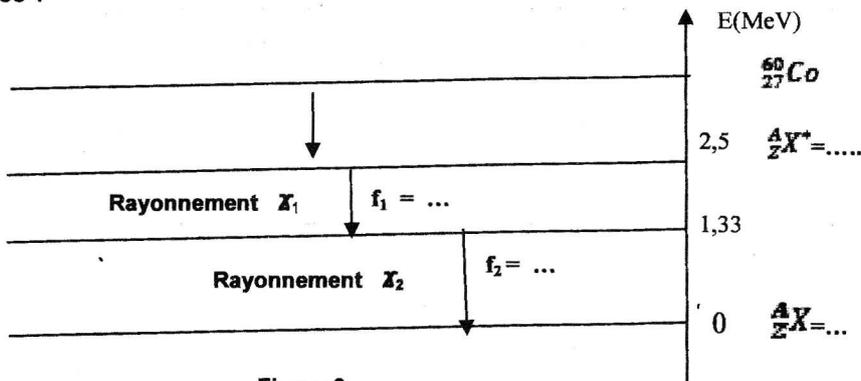


Figure 6

E. Diop

PARTIE E - PHENOMENE D'ABSORPTION (08 points)

Lorsque le rayonnement électromagnétique traverse la matière, il subit une variation d'intensité (en énergie et en nombre de particules).

On étudie l'absorption du rayonnement X par les matériaux.

Au rayonnement X de très courte longueur d'onde voisine de 10^{-4} nm et de très haute fréquence (de l'ordre 10^{21} Hz) sont associés des photons de très haute énergie. Lorsque ce rayonnement traverse l'épaisseur ℓ d'une substance

donnée, il reste un nombre $N = N_0 \cdot e^{-\mu \ell}$ photons dans le faisceau. Dans cette relation μ le coefficient d'atténuation, caractéristique du matériau utilisé ; N_0 est le nombre de photons incidents.

.../... 7

E-1 On appelle épaisseur de demi-atténuation qu'on note ℓ_0 l'épaisseur au bout de laquelle 50% des photons ont été absorbés ; exprimer μ en fonction de ℓ_0 .

E-2 Déterminer l'épaisseur d'un écran en plomb nécessaire pour absorber 95% de l'intensité d'un faisceau de photons sachant que $\ell_0 = 1,47\text{cm}$.

E-3 Un faisceau monochromatique de photons γ traverse un écran de fer de 10 cm d'épaisseur. Le coefficient d'atténuation massique $\frac{\mu}{\rho}$ du fer est égal à $33,15 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$; ρ est la masse volumique du fer ($\rho = 7800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Quel est le pourcentage d'atténuation du faisceau après la traversée de l'écran ?

E-4 A partir des résultats des questions précédentes; expliquer pourquoi on utilise des enceintes en plomb pour protéger les laboratoires de réactions nucléaires ?

PARTIE F – CIRCUIT D'ENTREE D'UN RECEPTEUR RADIO (08 points)

Les circuits (R,L,C) parallèles sont très utilisés en radiotechnique dans les circuits d'entrée des récepteurs radio.

Dans ce qui suit on étudie un tel circuit en l'alimentant à l'aide d'une tension sinusoïdale u de fréquence f , de valeur efficace constante U ; soit $u = U_m \cos \omega t$ avec $\omega = 2\pi f$. L'intensité i du courant qui s'établit dans la branche principale du circuit est sinusoïdale de même pulsation que la tension u (figure 7).

On désigne par φ le déphasage angulaire entre u et i .

F-1 Par utilisation de la construction de Fresnel, déterminer, en fonction de L , C , R et ω , l'expression de l'impédance Z du circuit et celle de $\tan \varphi$.

F-2 Montrer que lorsqu'on augmente progressivement la fréquence de la tension u l'impédance Z passe par un maximum Z_{\max} pour une valeur f_0 de la fréquence. On donnera l'expression de Z_{\max} et celle de f_0 . Que représente f_0 pour le circuit (R,L,C) ?

F-3 La condition $f = f_0$ étant réalisée, préciser la valeur de φ et déterminer l'expression de l'intensité efficace I du courant principal. On parle alors de phénomène d'antirésonance : expliquer pourquoi.

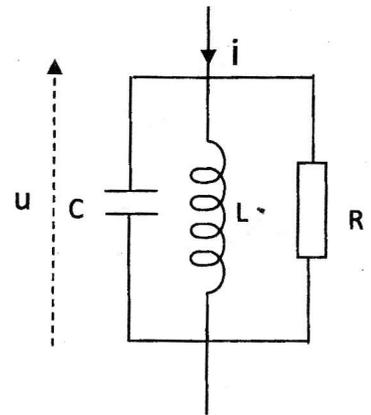


Figure 7

FIN DE SUJET

Handwritten: 7800000

Handwritten: $Z = \frac{U_m}{I_m}$

Handwritten: $Z = \frac{U_m}{I_m}$