Bac S 2011 Antilles Guyane

Ancienne annale adaptée au nouveau programme. La numérotation des questions du sujet d'origine a été conservée.

EXERCICE 3 : RADARS... ET EFFET DOPPLER (4 points)

L'effet Doppler fut présenté par Christian Doppler en 1842 pour les ondes sonores puis par Hippolyte Fizeau pour les ondes électromagnétiques en 1848. Il a aujourd'hui de multiples applications.

Un radar de contrôle routier est un instrument servant à mesurer la vitesse des véhicules circulant sur la voie publique à l'aide d'ondes radar. Le radar émet une onde continue qui est réfléchie par toute cible se trouvant dans la direction pointée. Par effet Doppler, cette onde réfléchie possède une fréquence légèrement différente de celle émise : plus grande fréquence pour les véhicules s'approchant du radar et plus petite pour ceux s'en éloignant.
En mesurant la différence de fréquence entre l'onde émise et celle réfléchie, on peut calculer la vitesse de la «cible».
Mais les radars Doppler sont utilisés dans d'autres domaines…
En météorologie, le radar Doppler permet d'analyser la vitesse et le mouvement des perturbations et de fournir des prévisions de grêle, de pluies abondantes, de neige ou de tempêtes.
En imagerie médicale, le radar Doppler permet d'étudier le mouvement des fluides biologiques. Une sonde émet des ondes ultrasonores et ce sont les globules rouges qui font office d'obstacles et les réfléchissent. L'analyse de la variation de la fréquence des ondes réfléchies reçues par cette même sonde permet ainsi de déterminer la vitesse du sang dans les vaisseaux.

D'après le site : www.over-blog.com

Cet exercice propose d'étudier le principe de l'effet Doppler sonore. Pour simplifier cette approche, la réflexion de l'onde sur l'obstacle ne sera pas prise en compte.
Par ailleurs, on rappelle que plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

1. Un véhicule muni d'une sirène est immobile.

La sirène retentit et émet un son de fréquence f = 680 Hz. Le son émis à la date t = 0 se propage dans l'air à la vitesse c = 340 m.s^{-1} à partir de la source S. On note λ la longueur d'onde correspondante.

La **figure 1** ci-dessous représente le front d'onde à la date t = 4 T (T étant la période temporelle de l'onde sonore.)

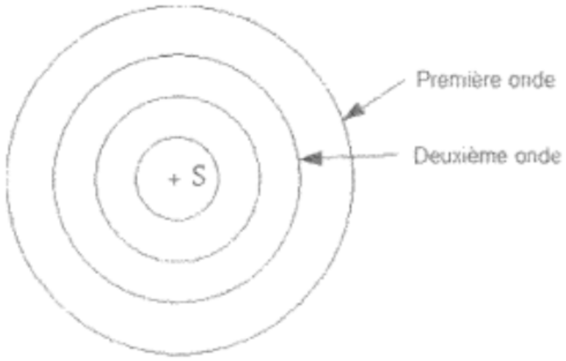

Figure 1

2. Le véhicule se déplace maintenant vers la droite à la vitesse v inférieure à c.

La **figure 2** donnée ci-après représente le front de l'onde sonore à la date t = 4 T.

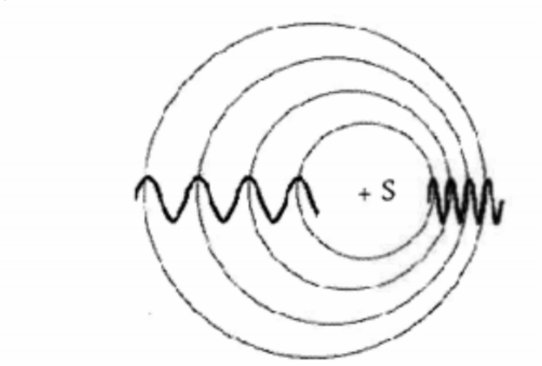

Figure 2

2.2. Le véhicule se rapproche d'un observateur immobile.
Pendant l'intervalle de temps T, le son parcourt la distance λ. Pendant ce temps, le véhicule parcourt la distance $d = v.\ T$.
La longueur d'onde λ' perçue par l'observateur à droite de la source S a donc l'expression suivante :

$$\lambda' = \lambda - v.T \quad \textbf{(1)}$$

2.2.1. Rappeler la relation générale liant la vitesse de propagation, la longueur d'onde et la fréquence.

2.2.2. En déduire que la relation **(1)** permet d'écrire $f' = f\ .\ \dfrac{c}{c - v}$ (f' étant la fréquence sonore perçue par l'observateur).

2.2.3. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.

2.3. Dans un deuxième temps, le véhicule s'éloigne de l'observateur à la même vitesse v.

2.3.1. Donner, sans démonstration, les expressions de la nouvelle longueur d'onde λ'' et de la nouvelle fréquence f'' perçues par l'observateur en fonction de f, v et c.

2.3.2. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.

2.4. Exprimer, puis estimer en $km.h^{-1}$, en arrondissant les valeurs à des nombres entiers, la vitesse du véhicule qui se rapproche de l'observateur sachant que ce dernier perçoit alors un son de fréquence $f' = 716$ Hz.

Bac S 2011 Amérique du Nord

EXERCICE II. MATIÈRE ET ANTIMATIÈRE (5,5 points)

Ancienne annale adaptée au nouveau programme. La numérotation des questions du sujet d'origine a été conservée.

Où est passée l'antimatière ?

« Il est communément admis par les scientifiques que, juste après le Big Bang, l'énorme quantité d'énergie disponible dans notre Univers naissant s'est transformée en des quantités égales de matière et d'antimatière.
Particules et antiparticules étant de même masse mais de charges opposées auraient dû tout naturellement s'annihiler les unes aux autres, débouchant sur un univers rempli de rayonnement mais vide de matière.
Manifestement, l'Univers dans lequel nous vivons aujourd'hui est constitué de matière et aucun atome d'antimatière à l'état naturel n'a pu être découvert. Les antiparticules ne sont produites que lors d'interactions de particules cosmiques avec l'atmosphère terrestre. C'est ainsi qu'en 1933 ont été découverts les premiers positons (anti électrons de charge positive). La disparition de l'antimatière dans l'univers est donc une énigme (…) »

D'après Science revue n°36 nov/dec/janv 2009

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'antimatière au voisinage de la Terre

Les éruptions solaires peuvent créer des paires électron-positon. Celle de juillet 2002 a crée un demi-kilogramme d'antimatière, assez pour couvrir la consommation d'énergie d'un grand pays pendant plusieurs jours.

<u>Données :</u>

Particules	électron	positon	neutron	proton
Masse en kg	$9{,}109\times10^{-31}$	$9{,}109\times10^{-31}$	$1{,}674\ 92\times10^{-27}$	$1{,}672\ 62\times10^{-27}$

Célérité de la lumière dans le vide $c = 2{,}998 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$
$1\ eV = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J
1 W.h = 3600 J

2. La création d'éléments radioactifs artificiels.

L'étude des réactions nucléaires réalisées en bombardant des éléments légers comme l'aluminium par des rayons alpha va conduire Irène et Frédéric Joliot-Curie à observer, au cours de ces réactions, l'émission de neutrons et de positons accompagnant la création d'un élément X qu'ils n'identifient pas tout d'abord.

Ils constatent ensuite que les neutrons et les positons ne sont pas émis simultanément et que la réaction observée se produit en deux temps. Les particules alpha éjectent d'abord des neutrons hors de l'élément léger. Dans le cas de l'aluminium, des noyaux de phosphore 30 (élément X) sont créés suivant l'équation :

alpha + aluminium $\rightarrow$ phosphore 30 + neutron (réaction 1)

Ensuite le phosphore 30 qui est radioactif se désintègre en émettant un positon et en se transformant en silicium (réaction 2).

D'après le site radioactivité.com

Données :

$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$

Noyaux et particules	phosphore 30	aluminium 27	particule alpha	neutron
Masse en u	29,970 1	26,974 4	4,001 50	1,008 66

- unité de masse atomique : 1 u = $1{,}660\,43 \times 10^{-27}$ kg
- énergie de l'unité de masse atomique :

1 u correspond à une énergie de 931,5 MeV

2.1. Étude de la réaction 1 :

2.1.1. Qu'appelle-t-on « particule alpha » ?

2.1.2. En appliquant les lois de conservation, écrire l'équation de la réaction 1 en utilisant les symboles des noyaux et des particules mis en jeu.

2.2. Étude de la réaction 2 :

2.2.1. En appliquant les lois de conservation, écrire l'équation de désintégration du phosphore 30 (réaction 2). De quel type de désintégration s'agit-il ?

3. Décroissance radioactive du phosphore.

À la date $t_0 = 0$*, on arrête le bombardement des noyaux d'aluminium par les particules alpha.*
L'activité A_0 *de l'échantillon de phosphore 30 est alors égale à* $7{,}2\times10^{13}$ Bq.
À la date t_1*, l'activité* A_1 *de l'échantillon est égale à* $9{,}0\times10^{12}$ Bq.
À un instant t*, l'activité est notée* A(t).

Donnée : temps de demi-vie du phosphore 30, $t_{1/2}$ = 156 s.

3.1. Définir l'activité A(t) d'un échantillon radioactif puis donner l'expression de la loi de décroissance radioactive pour l'activité, en expliquant la signification de chaque terme.

3.2. Définir le temps demi-vie $t_{1/2}$ et montrer que : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$, λ étant la constante de désintégration.

3.3. Exprimer t_1 en fonction de A_0, A_1 et $t_{1/2}$ et calculer sa valeur.

3.4. Montrer que l'on aurait pu trouver ce résultat facilement en calculant le rapport de A_0 sur A_1.

EXERCICE C - L'EXPERIENCE DES TROUS D'YOUNG (5 points)
<u>Mots-clés</u> : interférences de deux ondes lumineuses, interfrange, incertitudes.

Dans cet exercice, on utilise la figure d'interférences obtenues dans l'expérience des trous d'Young pour déterminer une valeur de longueur d'onde lumineuse du laser utilisé.

La figure 1 ci-dessous décrit le trajet des ondes lumineuses issues des deux trous d'Young. Chaque trou se comporte comme une source ponctuelle d'ondes lumineuses.

- S_1 et S_2 les trous d'Young
- b est la distance entre les deux trous d'Young
- D est la distance entre le plan de deux trous d'Young et l'écran
- M est le point de l'écran où l'on observe les interférences
- La distance D est très supérieure à la distance b $(D >> b)$.

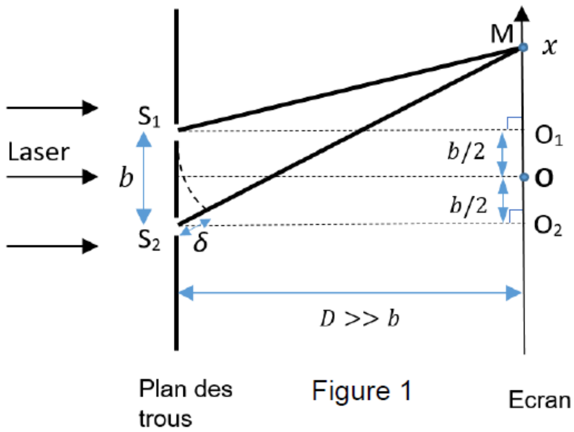

Figure 1

On note S_1M la distance qui sépare S_1 de M et S_2M la distance qui sépare S_2 de M.

Données :

- La différence de chemin optique, ou différence de marche, δ des deux ondes au point M de coordonnée x s'exprime sous la forme :
$$\delta = n_{\text{milieu}} \cdot (S_2M - S_1M)$$
avec n_{milieu} l'indice de réfraction du milieu traversé.
- La valeur de la vitesse de la lumière dans l'air v_{air} est égale à $c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m.s^{-1}.
- L'indice de réfraction d'un milieu est par définition $n_{\text{milieu}} = \dfrac{c}{v_{\text{milieu}}}$
avec v_{milieu} la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu étudié.

Relation entre l'interfrange et la longueur d'onde

1. Justifier que la différence de marche δ peut être assimilée à $(S_2M - S_1M)$ dans le cas où le milieu traversé par les ondes lumineuses est l'air.

2. En appliquant le théorème de Pythagore dans les triangles S_1O_1M et S_2O_2M de la figure 1, donner les expressions de $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ en fonction de D, x et $\frac{b}{2}$.

La distance D entre les trous d'Young et l'écran étant très supérieure à b, on peut montrer que $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2\,D\,\delta$

3. En s'appuyant sur les résultats de la question précédente, en déduire que la différence de marche s'écrit : $\delta = \dfrac{x \,.\, b}{D}$

La figure 2 ci-après représente la figure d'interférences obtenue avec deux trous d'Young.

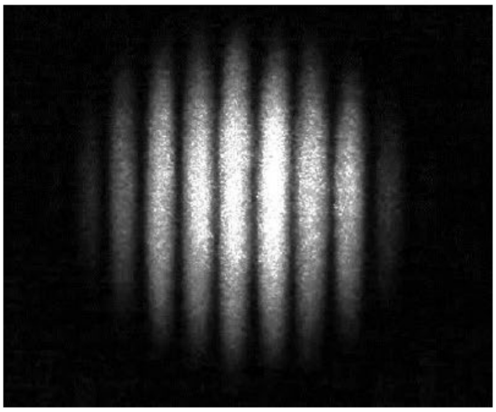

Figure 2 : Figure d'interférences de l'expérience de Young

Source : f-legrand.fr

<u>Données</u> :

- Les interférences de deux ondes de même longueur d'onde λ et synchrones en un point sont :
  - constructives en tout point où $\delta = k \cdot \lambda$ (avec k un entier relatif),
  - destructives en tout point où $\delta = (k+\frac{1}{2}) \cdot \lambda$ (avec k un entier relatif).
- La distance entre les trous d'Young est $b = 2{,}0 \cdot 10^{-4} \pm 0{,}1 \cdot 10^{-4}$ m ;
- La distance D entre le plan des trous et l'écran a pour valeur $D = 119{,}0 \pm 0{,}5$ cm.

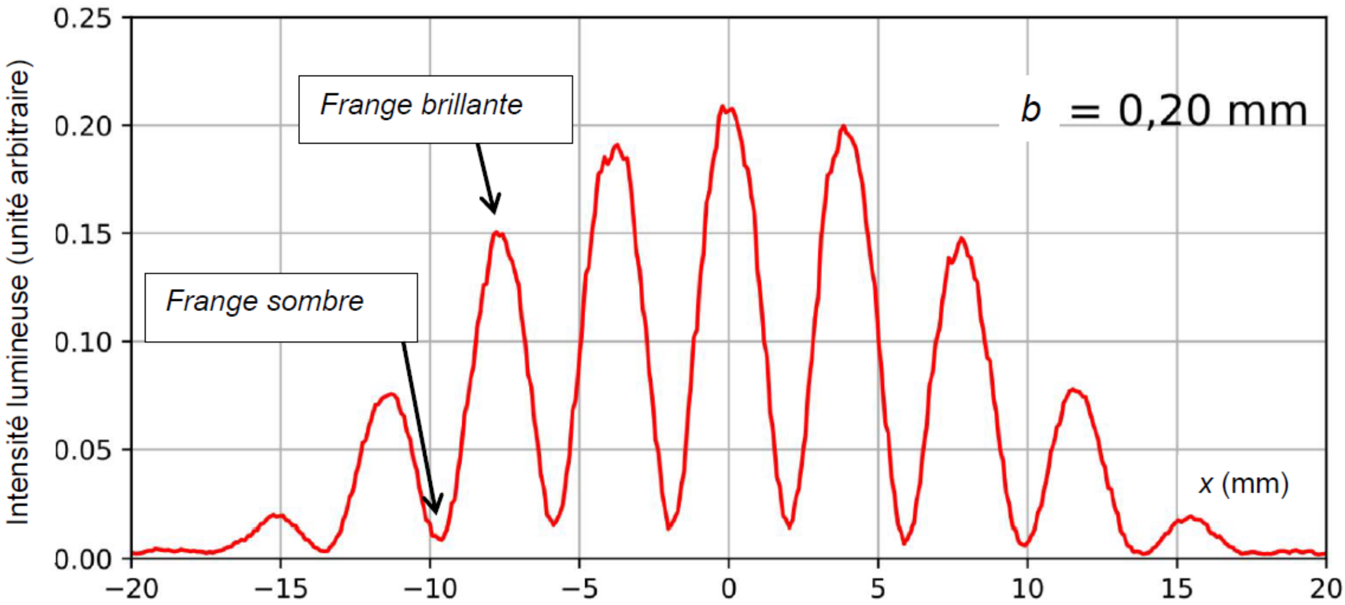

Figure 3 : Courbe représentant les variations d'intensité lumineuse pour la figure d'interférences de l'expérience de Young

Source : f-legrand.fr

4. À l'aide des données et en admettant que $\delta = \frac{x \cdot b}{D}$, montrer que $x = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$ pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

L'interfrange, notée i, est par définition la distance entre deux franges de même nature consécutives.

5. Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, b et D.

6. À l'aide de la figure 3 déterminer précisément la valeur de l'interfrange i.

7. En déduire la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée dans cette expérience.

Identification du laser utilisé

Plusieurs lasers ont pu être utilisés dans cette expérience :

Laser	bleu	vert	Rouge A	Rouge B	Rouge C
Longueur d'onde	473 nm	532 nm	632 nm	650 nm	694 nm

On admet que l'incertitude-type sur la longueur d'onde λ, notée $u(\lambda)$, est donnée par la relation :

$$u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$u(\lambda)$, $u(b)$, $u(i)$ et $u(D)$ sont les incertitudes-types associées respectivement aux valeurs de λ, b, i et D.

On considère que l'incertitude sur i est $u(i)$ = 0,1 mm.

8. Parmi les lasers cités, identifier le (ou les) laser(s) qui ont pu être utilisé(s) pour réaliser l'expérience.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, à justifier ses choix et à présenter sa démarche.