EXERCICE 3 Radars et effet doppler

2.

2.2.

2.2.1.

Relation générale liant la vitesse de propagation :

$c = \lambda \times f$

2.2.2.

$c = \lambda \times f$

$\lambda \times f = c$

$\lambda = \frac{c}{f}$

et

$f = \frac{1}{T}$

$T = \frac{1}{f}$

Relation **(1) :** $\lambda' = \lambda - v.T$

$\frac{c}{f'} = \frac{c}{f} - v.\frac{1}{f}$

$\frac{c}{f'} = \frac{c - v}{f}$

$\frac{f'}{c} = \frac{f}{c - v}$

$f' = \frac{f \times c}{c - v}$

$f' = f \times \frac{c}{c - v}$

2.2.3.

$c > c - v$

donc

$\frac{c}{c - v} > 1$

donc

$f' > f$

La fréquence f' perçue est supérieure à la fréquence f. Or plus la fréquence augmente plus le son est aigu. Ainsi, le son perçu est plus aigu que le son d'origine.

2.3.

2.3.1.

Lorsque le véhicule se rapproche d'un observateur immobile :

$\lambda' = \lambda - v.T$

et

$f' = f \times \frac{c}{c - v}$

Par analogie, lorsque le véhicule s'éloigne d'un observateur immobile :

$\lambda'' = \lambda + v.T$

et $f'' = f \times \frac{c}{c+v}$

2.3.2.

$c < c + v$

donc

$\frac{c}{c+v} < 1$

donc

$f'' < f$

La fréquence f'' perçue est inférieure à la fréquence f. Or plus la fréquence diminue plus le son est grave. Ainsi, le son perçu est plus grave que le son d'origine.

2.4.

Lorsque le véhicule se rapproche d'un observateur immobile :

$f' = f \times \frac{c}{c - v}$

$f' \times (c - v) = f \times c$

$c - v = \frac{f \times c}{f'}$

$-v = \frac{f \times c}{f'} - c$

$v = -\frac{f \times c}{f'} + c$

$v = -\frac{680 \times 340}{716} + 340$

$v = 17{,}1\ m.s^{-1}$

$v = 17{,}1\ \times 3{,}6$

$v = 61{,}6\ km.h^{-1}$

En arrondissant les valeurs à des nombres entiers, la vitesse du véhicule à pour valeur : $v = 62\ km.h^{-1}$.

EXERCICE II Matière et antimatière

1. L'antimatière au voisinage de la Terre

1.2.

1.2.1.

Équation de la réaction nucléaire entre un électron ${}_{-1}^{0}e$ et un positon ${}_{1}^{0}e$ sachant que cette réaction produit deux photons γ de masse nulle :

${}_{-1}^{0}e + {}_{-1}^{0}e \longrightarrow 2{}_{0}^{0}\gamma$

2. La création d'éléments radioactifs artificiels.

2.1.

2.1.1.

Une « particule alpha » est un noyau d'hélium ${}_{2}^{4}He$.

2.1.2.

alpha + aluminium → phosphore 30 + neutron (réaction 1)

${}_{2}^{4}He + {}_{13}^{Z}Al \longrightarrow {}_{15}^{30}P + {}_{0}^{1}n$

$4 + A = 30 + 1$

$4 + A = 31$

$A = 31 - 4$

$A = 27$

Ainsi :
$${}_{2}^{4}He + {}_{13}^{27}Al \longrightarrow {}_{15}^{30}P + {}_{0}^{1}n$$

2.2.

2.2.1.

Le phosphore 30 se désintègre en émettant un positon et en se transformant en silicium (réaction 2).

$${}_{15}^{30}P \longrightarrow {}_{1}^{0}e + {}_{16}^{A}Si$$
$$30 = 0 + A$$
$$A = 30$$

Ainsi :
$${}_{15}^{30}P \longrightarrow {}_{1}^{0}e + {}_{16}^{30}Si$$
Il s'agit d'une désintégration β^+ car un positon est libéré.

3. Décroissance radioactive du phosphore.

3.1.

Loi de décroissance radioactive pour l'activité :
$$A(t) = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

Avec :

- $A(t)$: l'activité à un instant t
- A_0: l'activité initiale
- λ : la constante radioactive
- t : le temps

3.2.

$t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle le nombre de noyau radioactif (ou l'activité) a été divisée par 2.
$$A(t_{1/2}) = \frac{A_0}{2}$$

Or
$$A(t_{1/2}) = A_0 \times e^{-\lambda t_{1/2}}$$

Ainsi

$$A_0 \times e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{A_0}{2}$$
$$e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$
$$\ln\left(e^{-\lambda t_{1/2}}\right) = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$
$$-\lambda t_{1/2} = -\ln(2)$$
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

3.3.

$$A(t_1) = A_0 \times e^{-\lambda \times t_1}$$
$$A_1 = A_0 \times e^{-\lambda \times t_1}$$
$$A_0 \times e^{-\lambda \times t_1} = A_1$$
$$e^{-\lambda \times t_1} = \frac{A_1}{A_0}$$

$$\ln\left(e^{-\lambda \times t_1}\right) = \ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right)$$

$$-\lambda \times t_1 = \ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right)$$

Or

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t_1 = \ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right)$$

$$t_1 = -\ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right) \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$$

$$t_1 = -\ln\left(\frac{9{,}0 \times 10^{12}}{7{,}2 \times 10^{13}}\right) \times \frac{156}{\ln 2}$$

$t_1 = 468\ \mathrm{s}$
$t_1 = 4{,}7 \times 10^2\ \mathrm{s}$

3.4.

$$\frac{A_0}{A_1} = \frac{7{,}2 \times 10^{13}}{9{,}0 \times 10^{12}}$$

$$\frac{A_0}{A_1} = 8$$

L'activité a été divisée par 8 pour une durée t_1.

t	A
$t_{1/2}$	$\frac{A_0}{2}$
$2\ t_{1/2}$	$\frac{A_0/2}{2} = \frac{A_0}{4}$
$3\ t_{1/2}$	$\frac{A_0/4}{2} = \frac{A_0}{8}$

L'activité est divisée par 8 pour une durée

$t_1 = 3\ t_{1/2}$
$t_1 = 3\ \times 156$
$t_1 = 468\ \mathrm{s}$

EXERCICE C : L'expérience des trous de Young (5 points) au choix du candidat

1.

$\boldsymbol{\delta} = n_{air} \times (S_2M - S_1M)$

$n_{air} = \dfrac{c}{v_{air}}$

$v_{air} = c = 3{,}0.10^8\ m.s^{-1}$

$n_{air} = \dfrac{3{,}0.10^8}{3{,}0.10^8}$

$n_{air} = 1$

D'ou

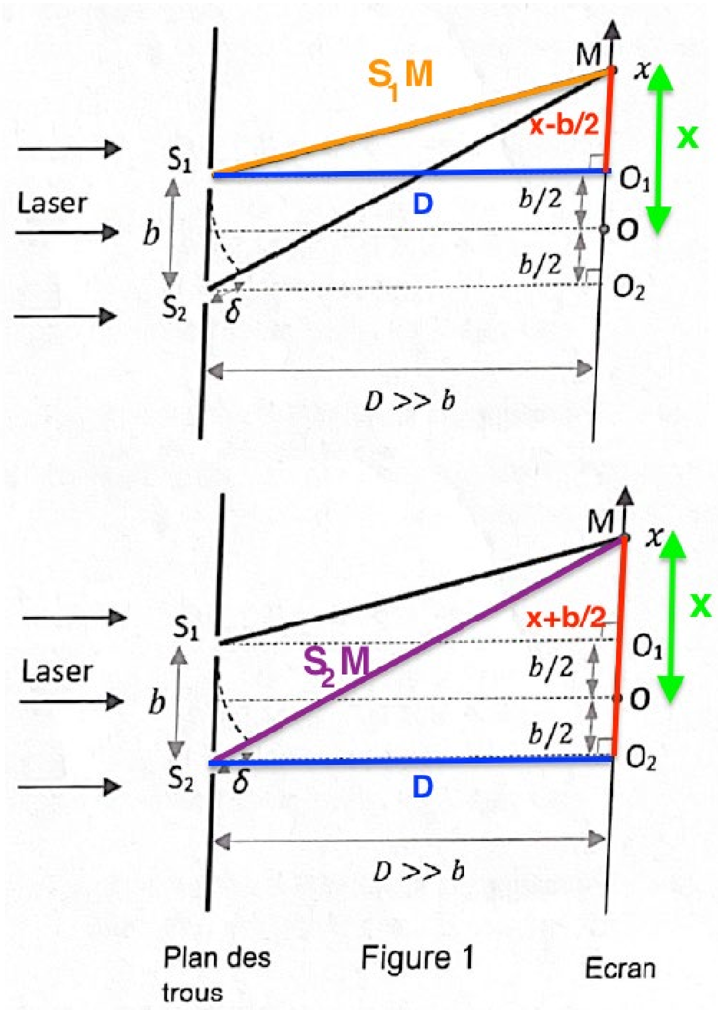
$\boldsymbol{\delta} = (S_2M - S_1M)$ dans le cas ou le milieu traversé par les ondes lumineuse est l'air.

2.

Pythagore :

$(S_1M)^2 = D^2 + \left(x - \dfrac{b}{2}\right)^2$

$(S_2M)^2 = D^2 + \left(x + \dfrac{b}{2}\right)^2$



3.

$2D\boldsymbol{\delta} = (S_2M)^2 - (S_1M)^2$

$2D\boldsymbol{\delta} = D^2 + \left(x + \dfrac{b}{2}\right)^2 - \left(D^2 + \left(x - \dfrac{b}{2}\right)^2\right)$

$2D\boldsymbol{\delta} = D^2 + \left(x + \dfrac{b}{2}\right)^2 - D^2 - \left(x - \dfrac{b}{2}\right)^2$

$2D\boldsymbol{\delta} = \left(x + \dfrac{b}{2}\right)^2 - \left(x - \dfrac{b}{2}\right)^2$

Identité remarquable : $a^2 - b^2 = (a + b) \times (a - b)$

$$2D\boldsymbol{\delta} = \left(x + \frac{b}{2} + x - \frac{b}{2}\right) \times \left(x + \frac{b}{2} - \left(x - \frac{b}{2}\right)\right)$$
$$2D\boldsymbol{\delta} = (2x) \times \left(x + \frac{b}{2} - x + \frac{b}{2}\right)$$
$$2D\boldsymbol{\delta} = 2x \times (b)$$
$$2D\boldsymbol{\delta} = 2xb$$
$$\boldsymbol{\delta} = \frac{2xb}{2D}$$

$$\boldsymbol{\delta} = \frac{xb}{D}$$

4.

$$\boldsymbol{\delta} = \frac{xb}{D}$$
$$\frac{xb}{D} = \boldsymbol{\delta}$$
$$x = \frac{\boldsymbol{\delta} \times D}{b}$$

On observe des interférences brillante (interférences constructive) quand $\delta = k \times \lambda$

$$x = \frac{k \times \boldsymbol{\lambda} \times D}{b}$$

5.

$$i = x(k+1) - x(k)$$

$$i = \frac{(k+1) \times \lambda \times D}{b} - \frac{k \times \lambda \times D}{b}$$
$$i = \frac{(k+1) \times \lambda \times D - k \times \lambda \times D}{b}$$
$$i = \frac{k \times \lambda \times D + 1 \times \lambda \times D - k \times \lambda \times D}{b}$$
$$i = \frac{1 \times \lambda \times D}{b}$$

$$i = \frac{\lambda \times D}{b}$$

6.

$$8i = 31 \text{ mm}$$
$$i = \frac{31}{8}$$
$$i = 3{,}9 \text{ mm}$$

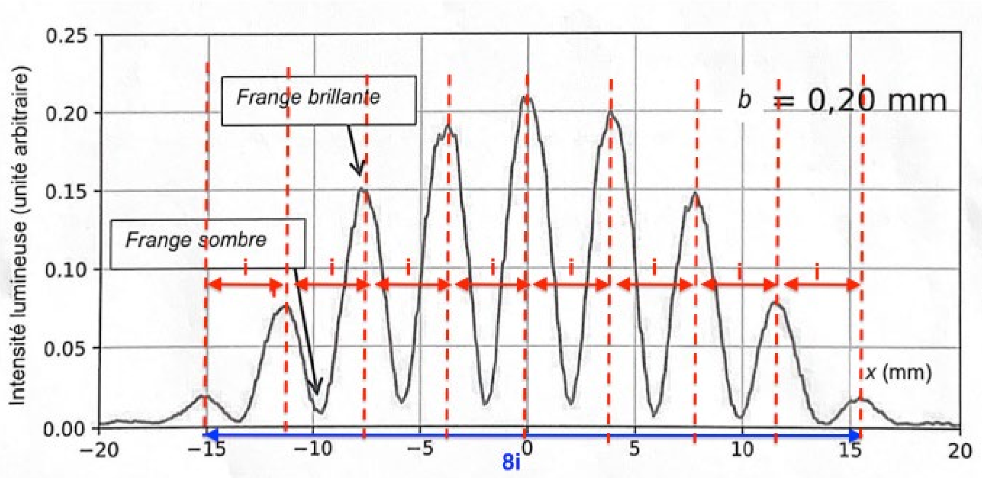


Figure 3 : Courbe représentant les variations d'intensité lumineuse pour la figure d'interférences de l'expérience de Young

7.

$$i = \frac{\lambda \times D}{b}$$

$$\frac{\lambda \times D}{b} = i$$

$$\lambda = \frac{i \times b}{D}$$

$$\lambda = \frac{3{,}9.\,10^{-3} \times 2{,}0.\,10^{-4}}{119{,}0.\,10^{-2}}$$

$$\lambda = 6{,}6.\,10^{-7}\,\mathrm{m}$$

8.

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

$$U(\lambda) = 6{,}6.\,10^{-7} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1}{2{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{3{,}9}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{119{,}0}\right)^2}$$

$$U(\lambda) = 4.\,10^{-8}\,\mathrm{m}$$

$$\lambda = 6{,}6.\,10^{-7} \pm 4.\,10^{-8}\,\mathrm{m}$$

$$\lambda = (6{,}6 \pm 0{,}4).\,10^{-7}\,\mathrm{m}$$

$$\lambda = (660 \pm 40).\,10^{-9}\,\mathrm{m}$$

$$\lambda = (660 \pm 40)\ \mathrm{nm}$$

$$620\ \mathrm{nm} < \lambda < 700\ \mathrm{nm}$$

Les lasers qui ont pu être utilisés sont ceux dont la longueur d'onde est comprise entre 620 et 700 nm :

- Rouge A
- Rouge B
- Rouge C

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