EXERCICE II – DÉTECTEUR DE FUMÉES (11 points)

1. Détecteur optique de fumées

1.1. $E = h.\nu = h.\dfrac{c}{\lambda}$

$\lambda = h.\dfrac{c}{E}$

$\lambda = 6{,}63\times10^{-34}\times\dfrac{3{,}00\times10^{8}}{1{,}4\times1{,}6\times10^{-19}}$ = $8{,}9\times10^{-7}$ m = $8{,}9\times10^{2}$ nm > 800 nm ce qui correspond à un rayonnement infrarouge.

1.2. Dans le cas des ondes électromagnétiques, le phénomène de **diffraction** de la lumière peut se produire lorsqu'elle rencontre des obstacles de taille allant jusqu'à $a = 100.\ \lambda$.
La longueur d'onde du rayonnement émis par la DEL vaut $\lambda = 8{,}9\times10^{2}$ nm = 0,89 µm.
Ainsi il y a diffraction pour des particules de taille allant jusqu'à 89 µm.
Ce qui est le cas avec les particules de fumée dont la taille est comprise entre 0,1 µm et 100 µm.

1.3. La figure 1 montre que la DEL émettrice n'est pas placée face au récepteur photosensible. De plus les parois de la cavité absorbent le rayonnement IR. Seule la présence de fumées en diffractant la lumière vers le récepteur permet de déclencher l'alarme.

2. Détecteur ionique de fumées

2.1. Poids de la particule α : $P = m_\alpha\ .\ g$
$P = 6{,}64\times10^{-27}\times 9{,}81 = 6{,}51\times10^{-26}$ N

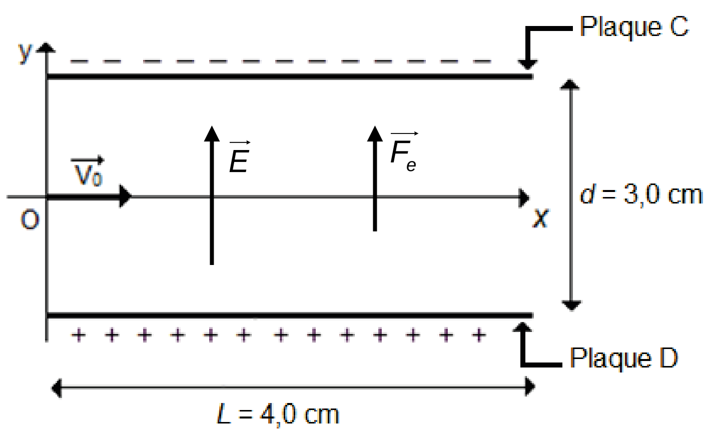
Force électrostatique : $F_e = q_\alpha.E = 2e.\dfrac{U}{d}$

$F_e = 2\times 1{,}6\times10^{-19}\times\dfrac{9{,}0}{3{,}0\times10^{-2}} = 9{,}6\times10^{-17}$ N

On vérifie que la force électrique est très largement supérieure à la force poids.

2.2. Dans un condensateur plan, le champ électrique $\vec{E}$ a une direction perpendiculaire aux plaques, et un sens orienté vers la plaque chargée négativement.
Pour la force électrostatique, comme $\vec{F_e} = 2.e.\vec{E}$, elle possède les mêmes sens et direction que $\vec{E}$.

Remarque : $\vec{E}$ et $\vec{F_e}$ sont représentés sans soucis d'échelle, et chaque vecteur possède sa propre échelle.



2.3. On applique la **deuxième loi de Newton** au système {particule α}, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

$\vec{F_e} = \dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{dm_\alpha.\vec{v}}{dt} = \dfrac{dm_\alpha}{dt}.\vec{v} + m_\alpha.\dfrac{d\vec{v}}{dt}$ comme m_α = Cte alors $\dfrac{dm_\alpha}{dt} = 0$

et il vient $\vec{F_e} = m_\alpha.\dfrac{d\vec{v}}{dt}$ = $m_\alpha.\vec{a}$

$2.e.\vec{E} = m_\alpha.\vec{a}$

$\vec{a} = \dfrac{2.e.\vec{E}}{m_\alpha}$

Le vecteur accélération a même sens et même direction que le vecteur champ $\vec{E}$.

Par projection suivant les axes du repère, on obtient $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \dfrac{2.e.E}{m_\alpha} = \dfrac{2.e.U}{m_\alpha.d} \end{cases}$

Comme $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$, en primitivant on obtient $\vec{v}\begin{cases} v_x = 0 + C_1 \\ v_y = \dfrac{2.e.U}{m_\alpha.d}.t + C_2 \end{cases}$ où C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration qui dépendent des conditions initiales.

À t = 0, $\overrightarrow{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$, on en déduit que $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$.

Donc $\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \dfrac{2.e.U}{m_\alpha.d}.t \end{cases}$

Soit G le centre d'inertie de l'électron, $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$ donc $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0.t + C_3 \\ y = \dfrac{2.e.U}{2.m_\alpha.d}.t^2 + C_4 \end{cases}$,

ainsi $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0.t + C_3 \\ y = \dfrac{e.U}{m_\alpha.d}.t^2 + C_4 \end{cases}$.

À t = 0, le point G est confondu avec l'origine du repère $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$, on en déduit que $C_3 = C_4 = 0$.

Ainsi $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0.t & (1) \\ y = \dfrac{e.U}{m_\alpha.d}.t^2 & (2) \end{cases}$

2.4. D'après l'équation horaire (1), $t = \dfrac{x}{v_0}$. Avec $x = L$, on a $t = \dfrac{L}{v_0}$.

On remplace *t* par cette expression dans l'équation horaire (2) : $y_L = \dfrac{e.U}{m_\alpha.d}.\left(\dfrac{L}{v_0}\right)^2$.

$y_L = \dfrac{1{,}6\times10^{-19}\times9{,}00}{6{,}64\times10^{-27}\times3{,}0\times10^{-2}}.\left(\dfrac{4{,}0\times10^{-2}}{1{,}6\times10^{7}}\right)^2$ = $4{,}5\times10^{-8}$ m

La valeur de y_L est très proche de zéro, ainsi la particule n'a quasiment pas été déviée. On peut considérer que sa trajectoire est une droite et donc que le mouvement est rectiligne.

2.5. $E_C = \dfrac{1}{2}.m_\alpha.v_0^2$

$E_C = \dfrac{1}{2}\times6{,}64\times10^{-27}\times(1{,}6\times10^{7})^2$ = $8{,}5\times10^{-13}$ J, on convertit en électron-volt en divisant par $1{,}6\times10^{-19}$, ainsi $E_C = 5{,}3\times10^{6}$ eV = 5,3 MeV >> 12 eV.

Cette énergie cinétique est largement supérieure à l'énergie nécessaire pour ioniser les molécules de dioxygène.

3. Niveau d'intensité sonore du détecteur de fumées

Il faut déterminer si le niveau d'intensité sonore est **supérieur à 75 dB** pour la personne située dans son lit.

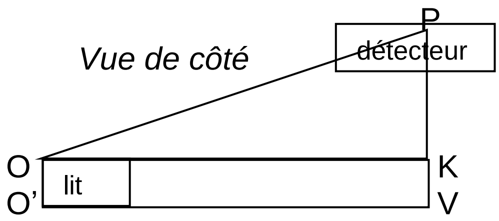
Déterminons la distance entre le détecteur et la personne.

Le détecteur est placé au plafond en un point P.

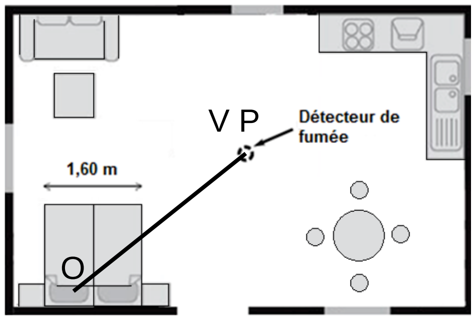
Le dormeur est situé en O, à 0,50 m au-dessus du sol.

Valeur choisie arbitrairement

Le point V est à la verticale du détecteur.



On mesure, sur la figure 4, la distance VO', en tenant compte de l'échelle.



2,6 cm → 1,60 m

6,0 cm → VO' m

$$VO' = \frac{1{,}60 \times 6{,}0}{2{,}6} = 3{,}7 \text{ m}$$

On cherche la distance PO qui sépare le dormeur du détecteur :

Dans le triangle POK, rectangle en K, le théorème de Pythagore donne PO² = KO² + KP²

Soit PO = $\sqrt{KO^2 + KP^2}$ avec KO = VO' et KP = PV – OO'

PO = $\sqrt{3{,}7^2 + (2{,}5 - 0{,}5)^2}$ La hauteur sous plafond est de PV = 2,5 m.

PO = 4,2 m

Calculons le niveau d'intensité sonore à cette distance de l'émetteur, sachant qu'à la distance d_1 = 3 m on a L_1 = 85 dB.

$L_2 = L_1 + 20 \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)$ avec d_2 = PO

$L_2 = 85 + 20 \log\left(\frac{3}{4{,}2}\right)$ = 82 dB > 75 dB

Le détecteur est bien placé.

Remarque : on pouvait simplifier la résolution en faisant dormir la personne au niveau du sol.