

L2
Année 2022-2023
Premier Semestre
2^{ème} Session

UFR des Sciences Fondamentales et
Biomédicales

Faculté de Pharmacie de Paris

UE SA03M070

Physique des Ondes

Le sujet fait 6 pages, page de garde comprise

NB : Tout signe distinctif porté sur la copie pouvant indiquer sa provenance constitue une fraude.

Document et/ou matériel autorisés : *calculatrice non programmable*

Durée totale de l'épreuve : 1h

1) Effet Doppler

Un cycliste se déplace à la vitesse v_c et entend une ambulance qui se déplace dans la même direction que lui à la vitesse v_a . L'ambulance émet un signal de fréquence ν .

- 1) Exprimer ν' , la fréquence détectée par le cycliste en fonction de ν , v_a , v_c et c , vitesse du son dans l'air dans le cas général.

- 2) Exprimer ν' quand l'ambulance rattrape le cycliste.

- 3) Exprimer ν' , quand l'ambulance s'éloigne du cycliste (après l'avoir doublé)

4) $v' < v$; est ce que l'ambulance s'éloigne ou se rapproche du cycliste ?

5) Calculer la variation relative de fréquence $\frac{v' - v}{v}$ dans ce cas (on posera $\frac{v_i}{c} \ll 1$ et on négligera les termes du second ordre en c , c.a.d. en $\frac{v_i v_j}{c^2}$)

6) Cette variation relative est de 4%, calculer la vitesse de l'ambulance sachant que le cycliste se déplace à 20 km/h et que la vitesse du son est de 340 m/s.

2) Exercice : ondes sonores

Un observateur placé à égale distance de deux haut-parleurs S_1 et S_2 entend une note musicale pure (monofréquence) à son intensité maximum. Il se déplace suivant la ligne joignant ces deux haut-parleurs et constate qu'il n'entend plus rien quand il se trouve à 3 m de S_2 et 2,40 m de S_1 . Calculer la fréquence de cette note sachant que la célérité de l'onde dans l'air est de 330 m/s (on rappelle que la distance entre deux nœuds voisins, identique à celle entre deux ventres voisins, est égale à $\frac{\lambda}{2}$).

3 Ondes lumineuses

On considère un axe Ox sur lequel on place en $x = 0$ une source lumineuse dont la longueur d'onde λ est de 600 nanomètres. Il en résulte une onde plane dans le sens positif.

- 1) Calculer le vecteur d'onde k , la fréquence ν et la pulsation ω correspondant (sans oublier les unités). On rappelle que la vitesse de propagation de la lumière c , est égale à 300000 km.sec⁻¹.

2) Cette onde correspond à la propagation d'un champ électromagnétique E . Exprimer $E_1(\mathbf{x}, t)$ sous forme complexe. On notera E_0 l'amplitude maximale du champ.

3) Exprimer $E_1(\mathbf{x}, t)$ sous forme réelle, on choisira pour origine l'instant où le champ est nul et à $\mathbf{x}=\mathbf{0}$.

4) Exprimer l'équation spatiale du champ pour les temps :

$$t_1 = 0, t_2 = \frac{\pi}{2\omega}, t_3 = \frac{\pi}{\omega}, t_4 = \frac{3\pi}{2\omega}$$

5) On place sur la trajectoire de cette onde à une distance $\Delta \mathbf{x} > 0$, une seconde source transparente et émettant un signal identique et dans la même direction. Les deux sources sont en phase temporelle, c.a.d. que le champ produit sur chaque source y est maximum à des instants identiques.

Exprimer sous forme réelle $E_2(\mathbf{x}, t)$, l'équation du champ créée par cette seconde source en fonction des mêmes unités .

7) Calculer φ le déphasage (spatial) entre les deux sources en fonction de Δx .

8) Quelle est la nature de l'onde produite par l'ensemble de ces deux sources ?

9) L'intensité lumineuse est le module au carré du champ électrique total. Calculer $I_T(\varphi)$, l'intensité lumineuse résultant de la somme de ces deux sources (l'utilisation de la notation complexe est recommandée mais non obligatoire).

10) Que vaut le rapport $\frac{I_T}{I_0}$ pour $\varphi = 2N\pi$, N étant un entier et I_0 l'intensité lumineuse de la première onde.

11) Calculer la relation entre Δx et λ dans ce cas.

12) Quelle doit être la relation entre Δx et λ pour que l'intensité I_T soit minimum ?