

EXAMEN DE PHYSIQUE DES ONDES (Durée 1h)**EXERCICE I (Effet Doppler)**

1) La relation Doppler est identique pour les ondes acoustiques et les ondes lumineuses. Un automobiliste se rapproche d'un feu rouge. A quelle vitesse doit-il rouler pour le voir de couleur orange ($\lambda' \leq 615 \text{ nm}$) au lieu de rouge ($\lambda \geq 625 \text{ nm}$) ? On rappelle que la vitesse de la lumière est $c = 3.10^8 \text{ m/s}$ et on négligera tous les effets relativistes.

2) La vitesse est limitée à 80 km/h. L'automobiliste a le choix entre payer une amende forfaitaire de 3500 € pour non respect du feu rouge ou de 0,001€ par km/h au-dessus de la vitesse limite pour excès de vitesse. Quel est le choix le plus économique ?

EXERCICE II (ondes acoustiques)

On prendra la vitesse du son dans l'air = 311 m.s^{-1} .

Partie I

A l'instant $t = 0 \text{ s}$, un générateur alternatif sinusoïdal G de basse fréquence excite un haut-parleur H situé à l'origine d'un axe Hx (figure a).

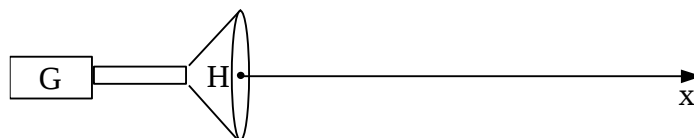
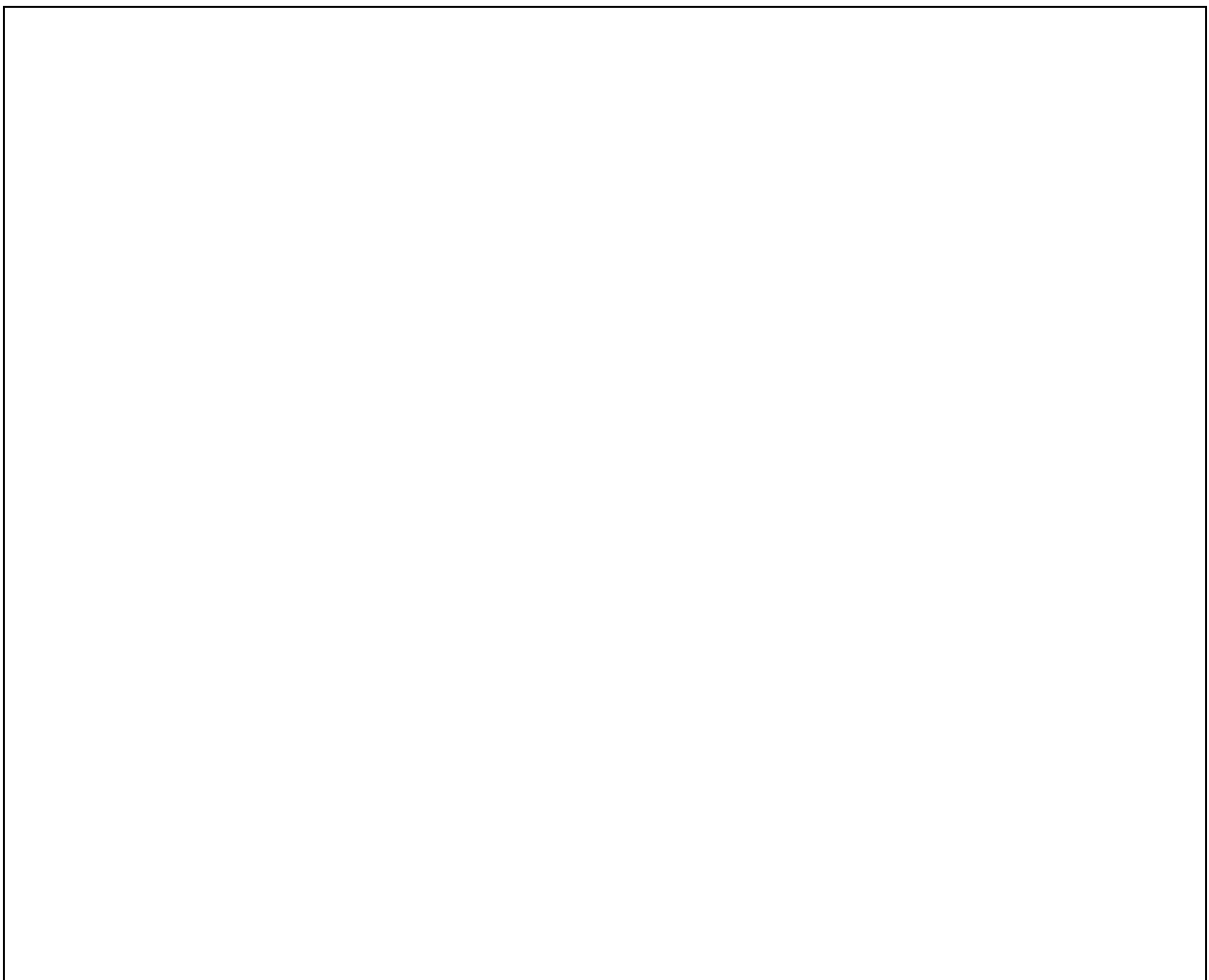


figure a

Le générateur émet un signal de pulsation ω et d'amplitude A_0 et le haut-parleur se déplace dans le sens positif à l'origine du temps. On appelle φ la phase à l'origine.

1. Donner, dans l'espace réel, l'équation horaire décrivant $A(t)$ la vibration de H. Calculer φ . Préciser la dimension de l'amplitude de cette équation.



2. Une onde sonore progressive se propage alors le long de l'axe Hx. On fixe l'origine de l'axe à la position du HP et on garde la même convention pour la variable t . Ecrire, dans l'espace réel, l'équation de cette onde. Préciser la dimension de l'amplitude de l'onde.



3. La fréquence du générateur est $\nu = 495 \text{ Hz}$. Exprimer, dans l'espace réel, l'équation horaire du point M d'abscisse $x = 50 \text{ cm}$.

4. Exprimer, (par exemple à partir de la longueur d'onde), l'état vibratoire des points de coordonnée $x_1 = 0,157 \text{ m}$, $x_2 = 1,57 \text{ m}$ et $x_3 = 6,28 \text{ m}$ par rapport à H ?

Partie II

On considère place le haut-parleur H à une distance L d'un mur réfléchissant R, perpendiculaire à l'axe de symétrie Hx de H (figure b). On considère maintenant qu'il émet une onde de fréquence ν .

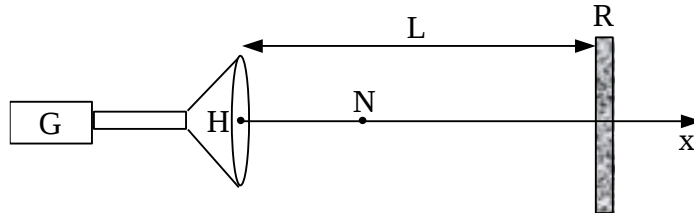


figure b

5. Ecrire en notation complexe l'expression $P_i(x,t)$ de l'onde acoustique incidente émise par le haut-parleur, (on choisira $\varphi = 0$ comme phase à l'origine).

- 6 Ecrire en notation complexe l'expression $P_i(x,t)$ de l'onde acoustique réfléchie par le mur, en conservant les mêmes variables x et t que pour l'onde incidente et en notant $\tilde{r}$ l'expression complexe du coefficient de réflexion en amplitude de l'onde sur l'interface air-mur (on posera également $\varphi' = 0$ comme phase à l'origine de cette onde (donc au niveau du mur)). Il est recommandé de l'exprimer dans un premier temps $P_i(X,t)$ où X est la nouvelle variable dont l'axe à la même orientation que celui de x mais dont l'origine est placée au niveau du mur, puis d'effectuer le changement de variable pour exprimer $P_i(x,t)$.

- 7 Sachant que l'amplitude de l'onde réfléchie est égale à celle de l'onde incidente, quelle est la nature de l'onde sonore résultante $P_T(x, t)$. Justifier votre réponse.

- 8 La réflexion provoque un déphasage de π sur l'onde réfléchie, c.a.d. que $\tilde{r} = -1$. Démontrer que $P_T(x, t)$ peut s'écrire sous la forme : $P_T(x, t) = 2 \sin\left(k\left(x - \frac{L}{2}\right)\right) P_0 e^{i\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right)}$

- 9 La distance selon l'axe x entre deux points consécutifs d'intensité sonore nulle est égale à 0,25 m. Calculer la longueur d'onde de l'onde sonore progressive émise par H et la fréquence ν du générateur.