



TD S4 – SUPERPOSITION D'ONDES

D.Malka – MPSI 2017-2018 – Lycée Saint-Exupéry

S1 – Modes propres d'une corde

On considère une corde horizontale, de longueur $L = 117 \text{ cm}$, tendue à l'aide d'une masse $M = 25 \text{ g}$. On note $C = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ la célérité des ondes pouvant se propager le long de la corde où μ est sa masse linéique et T sa tension.

1. La corde est soumise à une excitation sinusoïdale de fréquence f . On observe des résonances (correspondant aux modes propres) pour :
 - $f = 19 \text{ Hz}$: deux fuseaux ;
 - $f = 28 \text{ Hz}$: trois fuseaux.
 - 1.1 Ces valeurs numériques sont-elles compatibles entre elles ?
 - 1.2 Quelles seraient les trois fréquences de résonance suivantes ?
2. Que vaut la célérité C des ondes se propageant le long de la corde ?
3. En déduire la masse linéique de la corde.

S2 – Traitement des calculs rénaux

Pour détruire un calcul rénal, c'est-à-dire un corps solide à l'intérieur d'un rein, on utilise une onde ultrasonore créée par plusieurs sources placées autour du patient.

1. Quel est l'intérêt d'utiliser plusieurs ondes ?
2. Quelle précaution doit-on prendre pour alimenter les différents émetteurs afin que la thérapie soit efficace ?

S3 – Ordre d'interférences

On considère une expérience effectuée dans une cuve à onde avec des sources synchrones et en phase E_1 et E_2 séparées d'une distance a (fig.1).

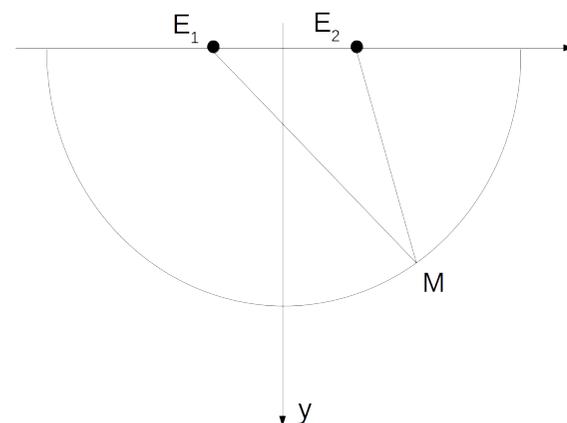


FIGURE 1 – Cuve à ondes

La longueur d'onde est λ et on note, pour chaque point M du plan d'eau, $\delta = E_1M - E_2M$ la différence de marche entre les ondes émises par E_1 et E_2 . On appelle *ordre d'interférence* p le rapport :

$$p = \frac{\delta}{\lambda}$$

1. Quelles sont les valeurs de δ et p sur la médiatrice du segment $[E_1E_2]$? Quel type d'interférences observe-t-on sur ce lieu ?
2. On se place sur la droite (E_1E_2) à l'extérieur du segment $[E_1E_2]$. On admet que l'onde émise par E_1 n'est pas perturbée par son passage au voisinage de

E_2 et réciproquement. Que valent δ et p ? A quelle condition observe-t-on des interférences constructives en ces points?

- Lorsque le point M passe de la médiatrice de $[E_1E_2]$ à l'axe (E_1E_2) , l'ordre d'interférence p croît de manière monotone. En déduire le nombre de franges d'interférences constructives que l'on peut observer dans la cuve. Application numérique pour $a = 4 \text{ cm}$ et $\lambda = 8 \text{ mm}$.

S4 – Tube à ondes stationnaires

Un haut-parleur est placé à l'entrée d'un tube (fig.2). Il est alimenté par une tension sinusoïdale de pulsation ω . La célérité des ondes sonores dans l'air est notée c .

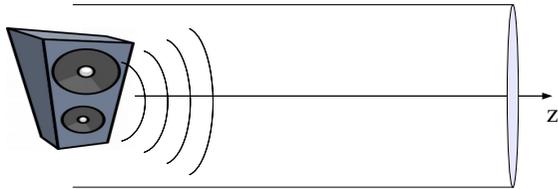


FIGURE 2 – Tube à ondes stationnaires

- Donner la forme de l'onde de surpression $p_i(z, t)$ engendrée par le haut-parleur.
 - Une surface totalement réfléchissante en $z = 0$ engendre une onde réfléchie. Donner la forme de cette onde réfléchie $p_r(z, t)$, d'amplitude et de phase indéterminées pour l'instant.
 - La surface réfléchissante en $z = 0$ est supposée être un ventre de vibration. En déduire plus précisément l'onde réfléchie. On pourra exprimer qu'en un ventre de vibration, la dérivée de $p(z, t)$ par rapport à z est nulle.
 - En déduire la forme de l'onde totale $p(z, t)$. Montrer que l'on obtient effectivement une onde stationnaire. La représenter à $t = 0$, $t = \frac{T}{8}$, $t = \frac{T}{4}$, $t = \frac{T}{2}$ où T est la période de l'onde.
 - Comment pourrait-on mesurer la longueur d'onde dans ce dispositif?
- On considère maintenant le même tube de longueur L en supposant qu'en $z = -L$ se trouve un ventre de vibration et en $z = 0$ un noeud de vibration (surface totalement absorbante).
 - A ω fixée, à quelle condition sur L et λ peut-on voir naître une onde stationnaire dans le tube?
 - Un son quelconque est émis par le haut parleur. Quelles sont les harmoniques sélectionnées par le tube?