

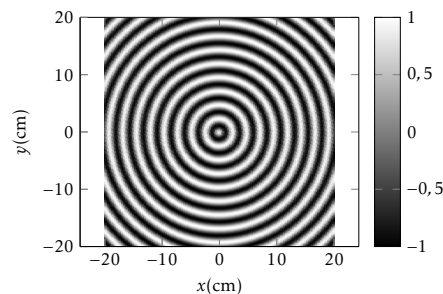
Problème 1 : Des ronds dans l'eau

On étudie des ondes à la surface de l'eau produites par la chute de gouttes d'eau. On commence par considérer quelques caractéristiques générales des ondes de surface.

I Sources ponctuelle et rectiligne

On considère une source ponctuelle située émettant à l'aide d'un vibreur une onde sinusoïdale de fréquence notée ν se propageant à la surface de l'eau.

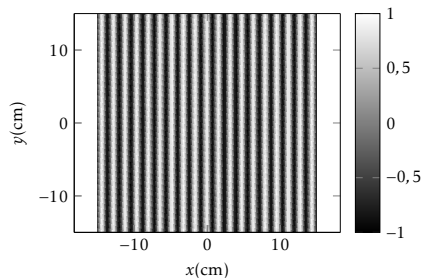
La surface de l'eau à un instant donné a l'allure représentée sur la figure ci-contre, dans laquelle les zones claires représentent une crête et les zones sombres un creux. Dans la simulation ci-contre, on a négligé la diminution de l'amplitude avec la distance de propagation pour améliorer le contraste des images.



I.1. (a) Déterminer la célérité des ondes si $\nu \equiv \nu_1 = 10,0(1)\text{Hz}$. On supposera dans toute la suite que cette célérité reste constante quand la pulsation varie.

(b) Représenter l'allure de la surface de l'eau si la pulsation du signal est deux fois plus faible.

I.2. La surface est maintenant excitée par les oscillations d'une barre rectiligne et a l'allure observée ci-contre. Déterminer la nouvelle fréquence, notée ν_2 du signal.

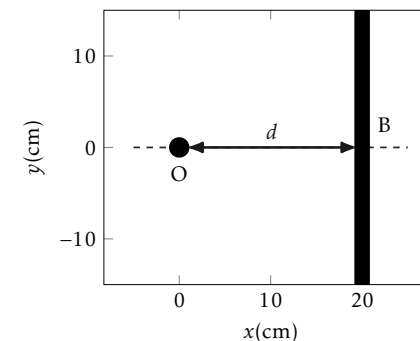


I.3. La surface est désormais excitée par les vibrations conjointes de la source ponctuelle et de la barre, de mêmes amplitudes. Ces vibrations sont synchrones, en phase, de fréquence ν_1 . La distance entre la source ponctuelle et la barre est notée d .

(a) Déterminer la nature de l'onde sur le segment [OB]. On en précisera la valeur de la longueur caractéristique.

(b) Déterminer le lieu des points M de coordonnées x, y tels que le déphasage entre l'onde issue de O et celle issue de la barre soit égal à π .

(c) En déduire l'allure de la surface de l'eau à tout instant.

**II Goutte à goutte**

On revient à une excitation par une seule source ponctuelle, réalisée en faisant tomber de l'eau au goutte à goutte avec un débit constant. On note $z(r, t)$ l'élévation verticale d'un point de la surface de l'eau par rapport à son altitude au repos.

II.1. On utilise une burette pour laquelle on a observé que chaque goutte avait un volume de $0,1\text{ mL}$. Quel doit être le débit en $\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$ pour que la longueur d'onde à la surface de l'eau soit $1,5\text{ cm}$? On note D_0 sa valeur et on considère qu'il est réglé à cette valeur dans toute la suite.

II.2. On prend en compte dans cette question la variation de l'amplitude des oscillations en un point M avec la distance entre la source O et le point M, notée $r = OM$. On indique que l'énergie moyenne associée à une oscillation d'amplitude Z est proportionnelle à Z^2 . On propose les lois suivantes de variation de l'amplitude Z avec la distance r au cours de la propagation d'un front d'onde.

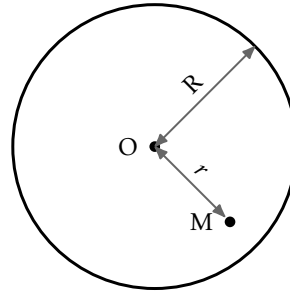
- $Z(r)$ est de la forme $Z(r) = \frac{Z_0 r_0}{r}$,
- Z est de la forme $Z(r) = \frac{Z_0 r}{r_0}$,
- Z est de la forme $Z(r) = Z_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}}$.

avec Z_0 l'amplitude à la distance r_0 .

(a) Justifier qualitativement et brièvement laquelle vous paraît compatible avec une propagation à énergie constante.

(b) Tracer l'allure correspondante de la surface de l'eau en fonction de la distance r .

II.3. Les ondes se propagent en fait à la surface d'un bassin circulaire de rayon R , centré sur le point O où tombent les gouttes. On admet qu'une perturbation atteignant le bord en $r = R$ est réfléchiée avec un déphasage de π .



- Proposer une valeur de R proche de 10 cm permettant d'observer une onde stationnaire, quand le débit vaut D_0 .
- Comment l'amplitude de l'onde qui s'est réfléchiée sur la paroi varie-t-elle avec r ? En déduire l'allure du profil $z(r)$.
- On commence le goutte à goutte à l'instant $t = 0$, la surface étant initialement au repos. Combien de temps doit-on attendre avant que l'onde stationnaire soit établie?
