



TD S3 – PROPAGATION D'UN SIGNAL

D.Malka – MPSI 2016-2017 – Lycée Saint-Exupéry

S1 – Téléphonie mobile UMTS

Donner un ordre de grandeur de la longueur d'onde des ondes émises par un téléphone mobile.

S2 – Evolution temporelle d'une onde

On considère une onde sonore d'expression :

$$p(x, t) = p_0 \cos(\omega t - kx)$$

où ω , $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ et p_0 sont des constantes.

1. Quelles sont la direction et le sens de propagation de l'onde ?
2. Tracer l'allure spatiale de l'onde aux instants $t = 0$, $t = \frac{T}{4}$, $t = \frac{T}{2}$ où T est la période de l'onde sinusoïdale.
3. Que dire de l'allure spatiale de l'onde à l'instant $t = T$?
4. Un détecteur est placé en $x = \frac{7\pi}{2k}$. Représenter le signal enregistré au cours du temps.

S3 – Onde de surface

On considère une onde de surface monochromatique se propageant à la surface d'une étendue d'eau et photographiée à l'instant t_0 (fig.1).

1. Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde. La mesure sera munie d'une incertitude σ_λ .
2. La fréquence de l'onde est identique à celle du vibreur plongeant dans l'eau. Le signal du vibreur est représenté fig.2.
Déterminer la période T des oscillations. L'incertitude est estimée à $\sigma_T = 0,001$ s sur cette mesure.

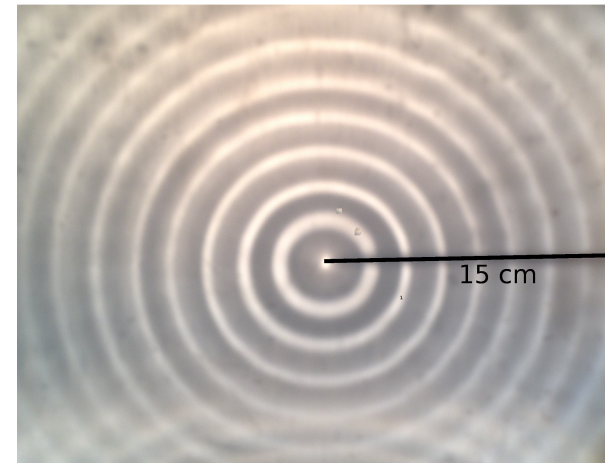


FIGURE 1 – Onde de surface

3. En déduire la célérité C de l'onde de surface dans les conditions de l'expérience.
4. Une modélisation des phénomènes physiques entrant en jeu conduit à la formule suivante pour la célérité C d'une onde de surface monochromatique :

$$C = \sqrt{\left(g + \gamma \frac{k^2}{\rho_0}\right) \frac{\tanh(kH)}{k}}$$

avec g la pesanteur locale, $\gamma = 0,072$ N.m⁻¹ la tension superficielle de l'eau, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, $\rho_0 = 1,0 \cdot 10^3$ kg.m⁻³ la masse volumique de l'eau et $H = 1$ mm la profondeur d'eau.

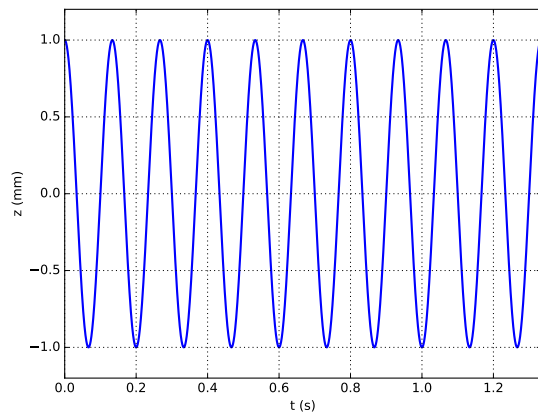


FIGURE 2 – Mouvement de l'excitateur

Que pensez-vous de la validité du modèle relativement à l'expérience réalisée ?

S4 – Principe du Lidar

Le Lidar, contraction de *light* et *radar* est un détecteur émettant une onde lumineuse rétrodiffusée par une cible. L'analyse de la lumière rétrodiffusée permet de déterminer les propriétés de la cible (nature, taille, vitesse, distance ...).

Le lidar peut-être utilisé comme télémètre : à $t = 0$, une impulsion laser de durée $\delta t = 10 \text{ ns}$ et de longueur d'onde centrale $0,8 \mu\text{m}$ est émise par le lidar puis réfléchi par un obstacle réfléchissant.

1. Déterminer la hauteur de l'arbre scanné par le lidar à partir de la figure 3.
2. On souhaite une résolution de moins d'un 10 cm sur la mesure de cette hauteur. Quelle doit-être la résolution en temps du capteur ?

S5 – Taille des grains de poudre de lycopode

Afin de déterminer le diamètre D des grains de poudre de lycopode, on en enduit une plaque de verre. Parallèlement à cette lame, on place un écran à une distance $d = 50 \text{ cm}$. On éclaire la lame par un faisceau laser étroit de longueur

d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$. On obtient alors une figure de diffraction (fig.4) identique à celle résultant de la diffraction par un unique grain de poudre de lycopode mais beaucoup plus intense. Le rayon angulaire θ de la tâche centrale de la figure de diffraction vaut :

$$\sin \theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

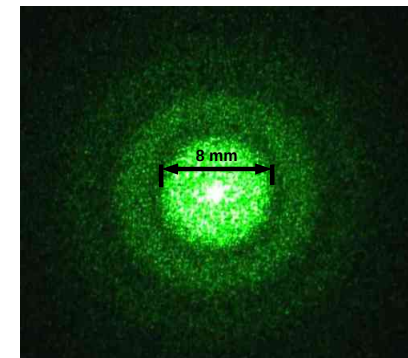


FIGURE 4 – Figure de diffraction de faisceau laser par la poudre de lycopode.

1. Quelle est la couleur du faisceau laser ?
2. Déterminer le diamètre moyen d'un grain de poudre de lycopode. Comparer à la mesure par microscope électronique (fig.5). *Pour des petits angles* $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) \approx \alpha$.

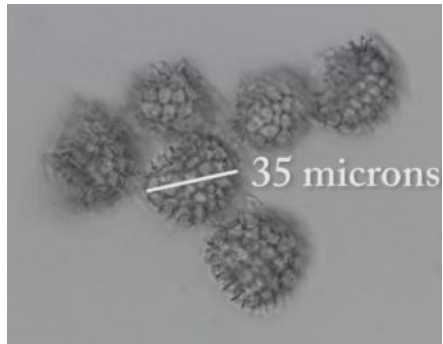


FIGURE 5 – Grains de poudre de lycopode au microscope électronique.

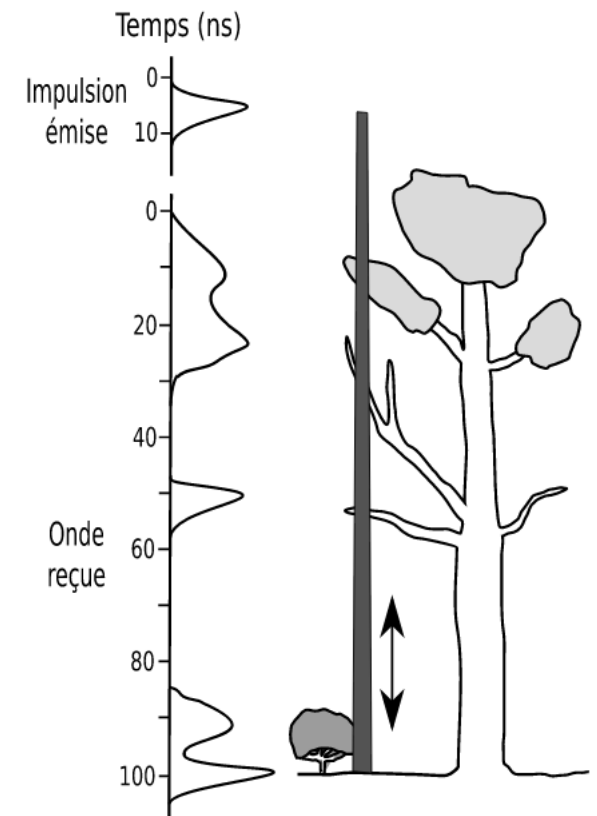


FIGURE 3 – Mesure de la hauteur d'un arbre à l'aide d'un lidar