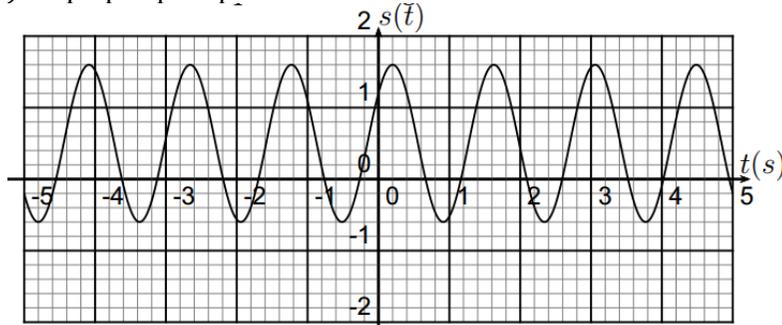


# TD Propagation d'un signal

## Exercice 1 : Lecture graphique (76, 80)

On récupère à l'aide d'une carte d'acquisition le signal issu d'un transducteur ultrasonore. Lire graphiquement les propriétés du signal. Donner l'expression de  $s(t)$ . Expliquer pourquoi l'unité des abscisses est incorrecte.



## Exercice 2 : Evolution temporelle d'une onde (79, 81)

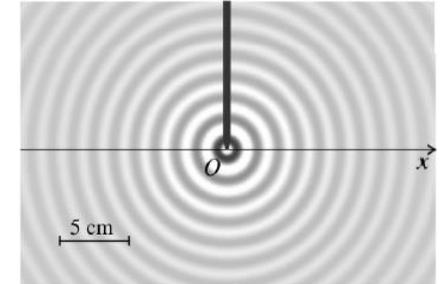
On considère une onde sonore d'expression  $s(x, t) = s_0 \cos(\omega t - kx)$ .

1. Quelle est la direction et le sens de propagation de l'onde ?
2. Tracer l'allure spatiale de l'onde aux instant  $t = 0$ ,  $t = \frac{T}{8}$ ,  $t = \frac{T}{4}$ ,  $t = \frac{T}{2}$  où  $T$  est la période de l'onde sinusoïdale. On pourra calculer la distance (exprimée en longueur d'onde) sur laquelle l'onde s'est propagée pendant une certaine durée.
3. Que dire de l'allure spatiale de l'onde à l'instant  $t = T$  ?

## Exercice 3 : Cuve à ondes (77, 78, 81, 84, 85)

La figure représente la surface d'une cuve à onde éclairée en éclairage stroboscopique. L'onde est engendrée par un vibreur de fréquence  $f = 18 \text{ Hz}$ . L'image est claire là où la surface de l'eau est convexe (en bosse), foncée là où elle est concave (en creux).

1. Déterminer sur la figure la longueur d'onde. En déduire la célérité de l'onde.
2. On suppose l'onde sinusoïdale, d'amplitude  $A$  constante et de phase initiale nulle en  $O$ . Écrire le signal  $s(x, t)$  pour  $x > 0$  et pour  $x < 0$ .
3. Expliquer pourquoi  $A$  n'est pas, en fait, constante.

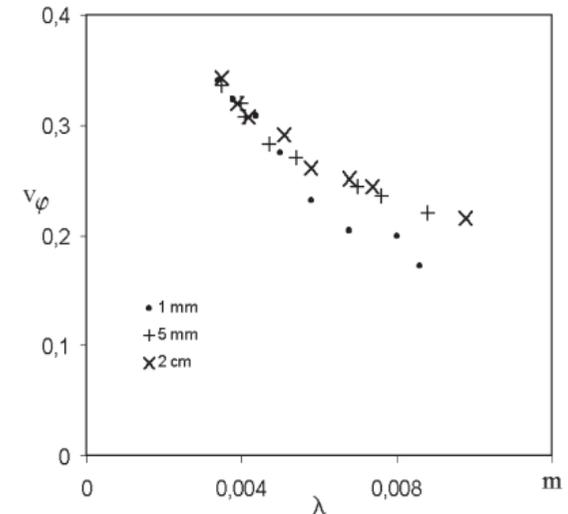


### Relation de dispersion :

On réalise les mesures des vitesses de phase dans une cuve à onde pour plusieurs hauteurs d'eau :

4. Le milieu est-il dispersif ? Justifier.

En considérant l'eau contenue dans une cuve à ondes et en négligeant la tension superficielle de l'eau, on peut montrer que la vitesse de phase  $v_\phi = \sqrt{g \frac{th(kh)}{k}}$  avec  $k$  le vecteur d'onde et  $h$  la profondeur de l'eau.



5. Simplifier l'expression de la vitesse de phase dans les deux cas limite : eau profonde ( $\lambda \ll h$ ) et eau peu profonde ( $\lambda \gg h$ ).
6. Justifier que les mesures ne correspondent pas aux deux cas précédents.

En réalité pour étudier correctement le caractère dispersif de l'eau dans le cas d'une cuve à onde il faut tenir compte de la tension superficielle de l'eau.

7. A partir des résultats expérimentaux, proposer une relation de puissance entre la vitesse de phase et la longueur d'onde.

## Exercice 4 : Écoute musicale (82, 86, 87)

La qualité de l'écoute musicale que l'on obtient avec une chaîne hi-fi dépend de la manière dont les enceintes sont disposées par rapport à l'auditeur. En particulier, il faut absolument éviter la configuration où un mur se trouve à distance  $D$  trop courte derrière l'auditeur.

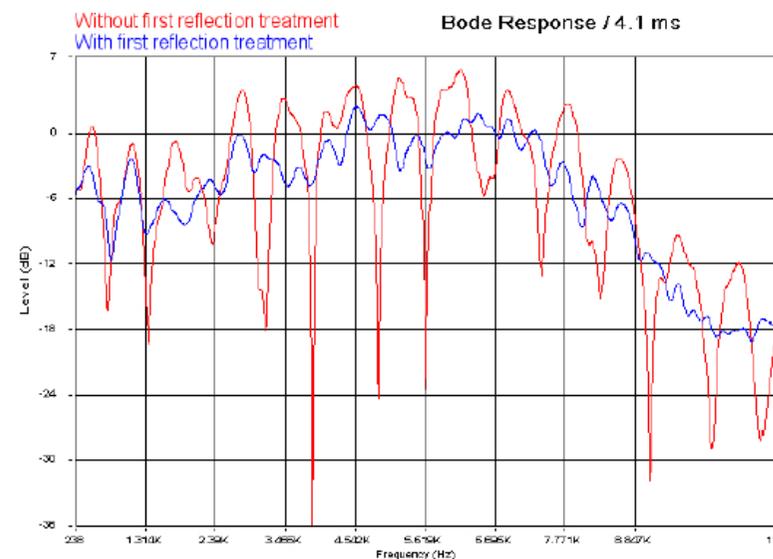
Supposons l'onde issue de l'enceinte harmonique de fréquence  $f$ . Elle se réfléchit sur le mur sans aucun déphasage pour la suppression, grandeur à laquelle est sensible l'oreille de l'auditeur. On note  $c = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  la vitesse du son dans l'air.

1. En vous aidant d'un schéma clair, exprimer le décalage temporel  $\Delta\tau$  qui existe entre les deux ondes arrivant dans l'oreille de l'auditeur, celle provenant directement de l'enceinte et celle s'étant réfléchiée sur le mur.
2. En déduire le déphasage  $\Delta\varphi$  entre les deux ondes.
3. Expliquer pourquoi il existe un risque de diminution de l'amplitude perçue par l'auditeur pour certaines fréquences.
4. Exprimer ces fréquences en fonction d'un entier  $p$ . Quelle condition doit vérifier la distance  $D$  pour qu'aucune d'entre elles ne soit dans le domaine audible ? Commenter.
5. Expliquer qualitativement pourquoi on évite l'effet nuisible en éloignant l'auditeur du mur. Pourquoi recouvrir le mur d'un revêtement adéquat aura-t-il le même effet ?

On cherche maintenant à mesurer l'efficacité d'un tel revêtement. Un micro sensible à la suppression est placé à une distance  $D$  du mur, puis un haut-parleur envoie un signal appelé bruit blanc dont le spectre contient toutes les fréquences avec la même amplitude. La courbe obtenue est représentée sur la figure suivante. D'allure très caractéristique, elle est appelée « courbe en peigne ». Elle représente la différence de niveau sonore en décibel en fonction de la fréquence, cette différence  $\Delta I_{dB}$  étant relié à l'amplitude  $A$  du signal sonore par

$$\Delta I_{dB} = 20 \log \left( \frac{A}{A_{ref}} \right)$$

Où  $A_{ref}$  est une amplitude de référence.

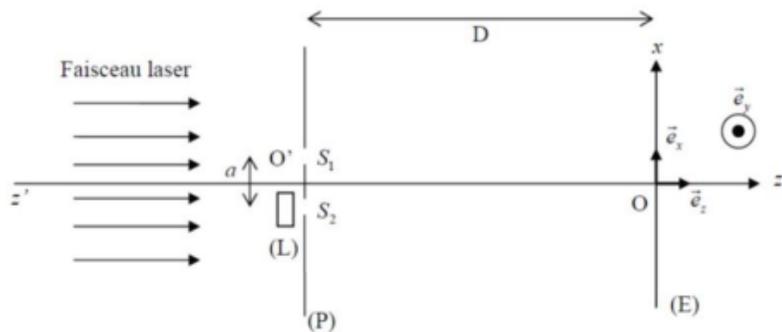


Courbe en peigne enregistrée à distance  $D$  du mur. Les échelles sont de  $1,077 \text{ kHz/div}$  en abscisse et  $6 \text{ dB/div}$  en ordonnée.

6. Calculer numériquement la distance  $D$ .
7. Lorsqu'il y a superposition de deux ondes de même amplitude  $A_0$ , quelle est, en  $dB$ , l'augmentation maximale de l'amplitude ? Que peut-on donc dire du choix de l'amplitude de référence au vu de la courbe ?

## Exercice 5 : Interférence à deux ondes (88, 89, 90)

On considère le système interférentiel des trous d'Young baignant dans l'air assimilé à du vide. Un laser envoie un faisceau parallèle dont la longueur d'onde dans le vide est  $\lambda_0$ . Les rayons passants par  $S_2$  traverse un milieu ( $L$ ) d'indice  $n$  et d'épaisseur  $e$ . La distance  $S_1S_2 = a = 1 \text{ mm}$  et  $D = 1 \text{ m}$ . Soit  $M(x, y, 0)$  un point quelconque de l'écran où sont observées les interférences et tel que  $x \ll D$ ,  $y \ll D$  et  $a \ll D$ .



On travaille d'abord avec un milieu  $(L)$  d'indice  $n = 1$  (ie du vide).

1. Donner l'expression de la différence de marche  $\delta$  en un point de l'écran.
2. Exprimer l'intensité lumineuse en un point de l'écran.

On considère maintenant que  $(L)$  est un verre d'indice  $n = 1,5$ .

3. Donner l'expression de la nouvelle différence de marche  $\delta'$  en un point de l'écran.
4. Sachant que  $e = 20 \mu m$ , où se situe la frange d'ordre zéro (appelée frange centrale).
5. Déterminer le nombre de frange de décalage entre les deux figures d'interférence.

Rappel : on donne la formule de Fresnel  $I = 2I_0 \left( 1 + \cos(\varphi_{2/1}) \right)$  donnant l'expression de l'intensité lumineuse en fonction du déphasage entre deux ondes qui interfèrent.

## Résolution de problème : Piscine a vague Webber

- Déterminer la vitesse d'un surfeur sur une vague. On détaillera les calculs.



Sur le site internet du concepteur [www.webberwavepools.com](http://www.webberwavepools.com), on peut lire :

« Potential of 8 riders per unbroken learner wave. 500 waves per hour in the open zones provide knee high to waist high waves which allow for learner paddling and surfing as part of entry fee. »

## Oral de concours : Mines MP

$F_1$  et  $F_2$  sont deux fentes d'Young très fines éclairées sous incidence normale de longueur d'onde  $\lambda$ ,  $F_1 F_2 = a$ .

La lentille de focale  $f'$  est pratiquement confondue avec le plan des fentes.

Déterminer l'interfrange  $i$  sur le plan  $\Pi$ .

1. Pour  $D = f'$
2. Pour  $D = 2f'$

