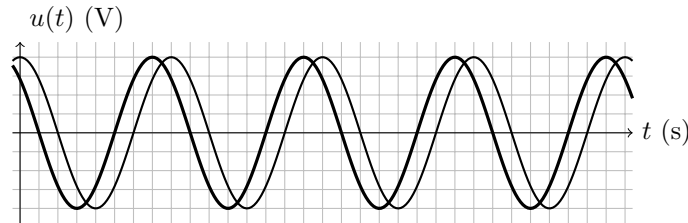


## TD 2 : Interférences & Diffraction

### Exercice 1 : Questions de cours

1. Quel est le déphasage d'une onde plane sinusoïdale dû à la propagation sur une distance  $D$ .
2. Expliquez le phénomène d'interférences entre deux ondes, en vous aidant d'un exemple.
3. Expliquez le phénomène de diffraction, en vous aidant d'un exemple.
4. Exprimez les conditions d'interférences constructives et destructives en terme de :
  - déphasage
  - décalage temporel
  - différence de marche
5. Donnez la relation entre l'échelle angulaire de diffraction, la longueur d'onde et la taille de l'objet diffractant.
6. Quel est le déphasage de deux signaux en phase ? En opposition de phase ?
7. Quel est le déphasage entre les deux tensions représentées ci-dessous ?



### Exercice 2 : Déphasage et mesure de célérité

On considère un émetteur positionné en  $x = 0$  et orienté dans la direction  $+x$ . Celui-ci émet un signal sonore de fréquence  $f$  de la forme  $u_s(t) = U_m \cos(\omega t)$ .

1. Donnez l'expression de l'onde sonore  $u(x, t)$  puis exprimez la phase à l'origine des temps  $\varphi(x_0)$  du signal mesuré par un micro positionné en  $x_0$ .
2. On positionne deux micros en positions  $x_0$  et  $x_1 > x_0$ . Exprimez le déphasage  $\Delta\phi$  entre les signaux mesurés en  $x_1$  et  $x_0$ . Retrouvez l'expression du décalage temporel  $\Delta t$  séparant les signaux en  $x_1$  et  $x_0$ .
3. De quelle distance faut-il séparer les micros au minimum pour que les signaux mesurés soient en opposition de phase ? En phase ? En déduire une méthode de mesure de la longueur d'onde puis de la célérité de l'onde.

4. Les signaux mesurés en  $x_1$  et  $x_0$  peuvent-ils interférer ?

### Exercice 3 : Taille d'un cheveu

Avec deux lasers rouge ( $\lambda_{\text{rouge}} = 633 \text{ nm}$ ) et vert ( $\lambda_{\text{vert}} = 534 \text{ nm}$ ) on éclaire une fente de largeur  $a$ . La taille du faisceau est suffisante pour éclairer la largeur de la fente. On observe l'éclairement sur un écran situé à une distance  $D$  de la fente. On note  $\ell$  la largeur de la tâche de diffraction obtenue.

1. Déterminez la relation géométrique entre  $\theta$ ,  $D$  et  $\ell$ .
2. En supposant que  $\ell \ll D$  et  $\lambda \ll a$ , déterminez l'expression de  $a$  en fonction de  $D$  et  $\lambda$ .

La figure de diffraction par une fente ou un cheveu est identique.

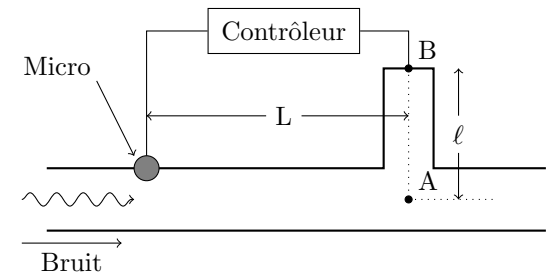
3. Quel laser produit la tache la plus grande sur un écran situé à  $D = 2\text{m}$ , lors de la diffraction par un cheveu de  $60 \mu\text{m}$  de diamètre.

### Exercice 4 : Contrôle actif du bruit dans une conduite

On s'intéresse à un système conçu pour éliminer un bruit indésirable transporté par une conduite. Le bruit est détecté par un premier micro dont le signal est reçu par un contrôleur électronique. Le contrôleur envoie sur un haut-parleur  $B$  la tension adéquate pour générer une onde de signal exactement opposé à celui du bruit de manière à ce que l'onde résultante au point  $A$  et en aval de  $A$  soit nulle.

On suppose le bruit sinusoïdal de pulsation  $\omega$ . On appelle  $\varphi^M$  la phase initiale du signal détecté par le micro et  $\varphi^{HP}$  la phase initiale du signal émis par le haut-parleur.

1. Ecrivez l'expression mathématique du bruit  $b(t)$  enregistré par le micro à l'aide de  $\varphi^M$ .
2. Quel est la valeur du déphasage de l'onde sonore lors de la propagation entre le micro et le point  $A$  ?
3. En déduire l'expression du bruit au point  $A$ .



4. Ecrivez l'expression mathématique du signal  $s(x_B, t)$  produit par le haut-parleur à l'aide de  $\varphi^{HP}$ .
5. Déterminez l'expression mathématique du signal sonore produit par le haut-parleur au point  $A$ .
6. En déduire la condition sur  $\Delta\varphi = \varphi^{HP} - \varphi^M$  afin que les deux signaux interfèrent destructivement ?

## Exercice 5 : Bulle de savon

On considère une bulle de savon éclairée par une source  $S$  d'onde lumineuse monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_{air}$ . La bulle peut-être vue comme un film d'eau d'épaisseur  $e$ . Une partie de la lumière incidente est réfléchiée à l'interface air-eau puis une seconde partie est réfléchiée à l'interface eau-air (après avoir traversée le film d'eau).

Il faudra considérer que :

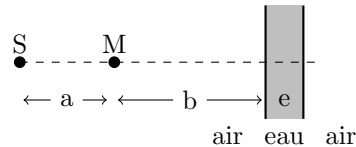
- lors de sa réflexion sur l'interface air-eau, l'onde subit un déphasage de  $\pi$ .
- dans l'air la longueur d'onde est  $\lambda_{air}$  mais dans l'eau, la célérité de l'onde diminuant, sa longueur d'onde également. Ainsi la longueur d'onde dans l'eau est notée  $\lambda_{eau}$ . On peut écrire :  $\lambda_{eau} = \frac{\lambda_{air}}{n_{eau}}$ , où  $n_{eau} = 1,33$  est l'indice optique de l'eau

1. Justifier que l'on peut observer un phénomène d'interférences en M.
2. En raisonnant sur les chemins parcourus, montrer que les phases initiales des ondes se réfléchissant sur la première et sur la seconde interface sont données par :

$$\phi_1 = (a + 2b)k_{air} + \pi$$

$$\phi_2 = (a + 2b)k_{air} + 2ek_{eau}$$

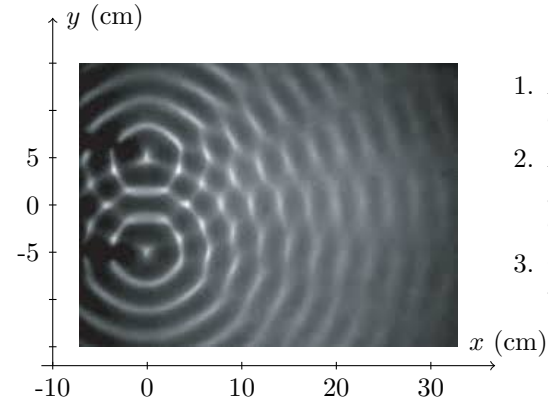
où  $k_{air}$  et  $k_{eau}$  sont les vecteurs d'ondes, respectivement, dans l'air et dans l'eau.



3. En déduire le déphasage  $\Delta\phi$  entre les deux ondes qui interfèrent en M. Exprimez ce déphasage en fonction de la longueur d'onde dans l'air  $\lambda_{air}$
4. Pour quelles valeur de  $\lambda_{air}$  obtient-on des interférences constructives? destructives?
5. Pour  $e = 0,25 \mu\text{m}$ , quelles sont les longueurs d'onde du spectre visibles pour lesquelles les interférences sont constructives? destructives? De quelle couleur apparaît la bulle?
6. Pourquoi une bulle plus épaisse ( $e > 1\mu\text{m}$ ) apparaît blanche?

## Exercice 6 :

L'image ci-dessous représente une cuve à onde, où deux pointes distantes de  $e = 10 \text{ cm}$  frappe la surface de l'eau à la fréquence  $f = 15 \text{ Hz}$ .



1. A partir des axes (x,y), déterminez les coordonnées des deux points sources.
2. A l'aide d'une règle mesurez la longueur d'onde  $\lambda$ . En déduire la célérité de ces ondes de surfaces.
3. Ces deux ondes peuvent-elles interférer? Justifiez.

On mesure l'écart  $A$  entre le haut et le creux des vagues, et on obtient  $A = 4 \text{ cm}$ . On choisit de prendre l'origine des temps  $t = 0$  à un instant tel que la hauteur d'eau est minimal au niveau des points sources.

4. Ecrire la forme de l'onde  $u(S_1, t)$  au point source  $S_1$
5. On considère le point  $P$  de coordonnées ( $x = D$ ;  $y = a$ ). Déterminez la différence de marche au point  $P$ .
6. Lorsque  $D = 14,5 \text{ cm}$  et  $a = 0$ , le point  $P$  est-il le support d'interférences constructives, destructives?