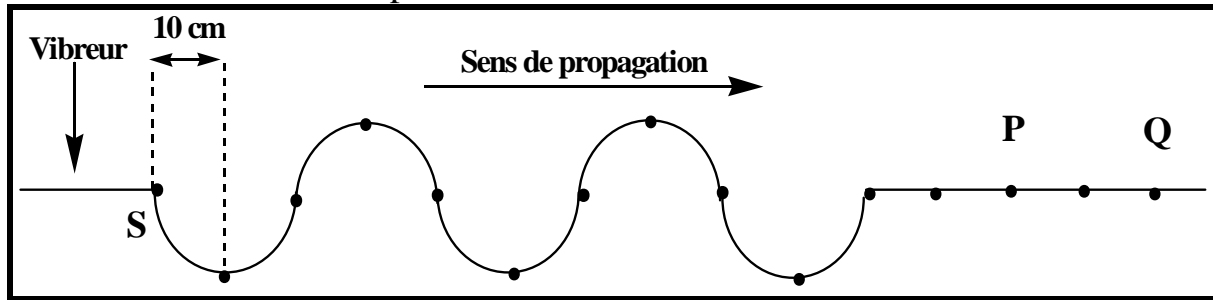


## Les ondes mécaniques périodiques

### Exercice N°1 :

On considère l'aspect d'une corde à l'instant  $t_1$  avec une échelle réelle.



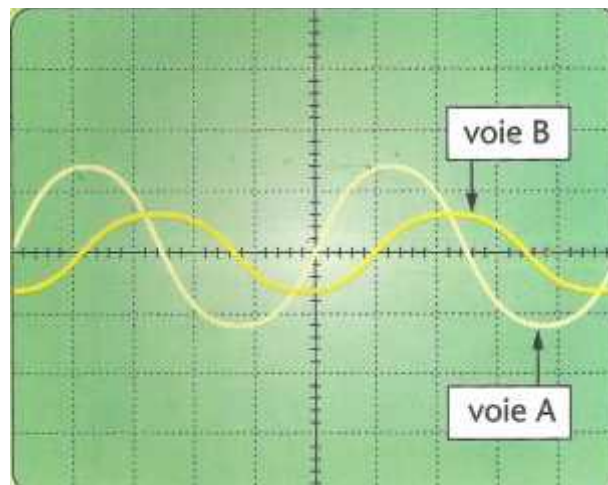
À l'instant  $t = 0$ , la source S commence à vibrer avec une fréquence  $N = 100$  Hz.

- 1- Calculer la vitesse de l'onde.
- 2- Trouver la valeur de  $t_1$ .
- 3- Décrire le mouvement de la source S à partir de l'instant  $t = 0$ .
- 4- Trouver toutes les fréquences  $N_e$  du stroboscope qui nous permet de visualiser la périodicité spatiale sachant que  $N_e > 15$  Hz.
- 5- Comparer le mouvement des deux points P et Q par rapport à la source S.
- 6- Représenter, dans le même graphe, les amplitudes des points S et Q.

### Exercice N°2 :

Un émetteur d'ultrasons E produit une vibration ultrasonore sinusoïdale de fréquence  $f = 40$  kHz. La tension d'alimentation de l'émetteur E est aussi appliquée sur la voie A d'un oscilloscope. On place en face de E un récepteur R d'ultrasons. La tension délivrée par le récepteur R est appliquée sur la voie B de l'oscilloscope.

L'oscillogramme ci-dessous a été obtenu pour une sensibilité horizontale de  $5 \mu\text{s}/\text{div}$ .



- 1- Vérifier sur l'oscillogramme que la fréquence de l'onde ultrasonore est  $f = 40$  kHz.
- 2- L'oscilloscope est synchronisé sur la voie A : la courbe enregistrée sur la voie A reste fixe sur l'écran. On éloigne lentement le récepteur R de l'émetteur E.

- a- On constate que la courbe de la voie B se décale sur l'axe horizontal. À quoi est dû ce décalage ?
- b- On constate aussi que l'amplitude de la vibration reçue diminue. À quoi est due cette modification ?
- 3- On place le récepteur dans une position  $R_1$  telle que les maximums des deux courbes observées sur l'écran soient obtenus aux mêmes instants. On éloigne ensuite R. La coïncidence se reproduit vingt fois lorsqu'on a déplacé R jusqu'à une position  $R_2$  telle que la distance entre  $R_1$  et  $R_2$  soit  $D = 17,2$  cm.
- a- Que peut-on dire des vibrations ultrasonores en  $R_1$  et en  $R_2$  ?
- b- Quelle est la longueur d'onde de l'onde ultrasonore ?
- c- Quelle est la vitesse des ultrasons dans les conditions de l'expérience ?

### **Exercice N°3 :**

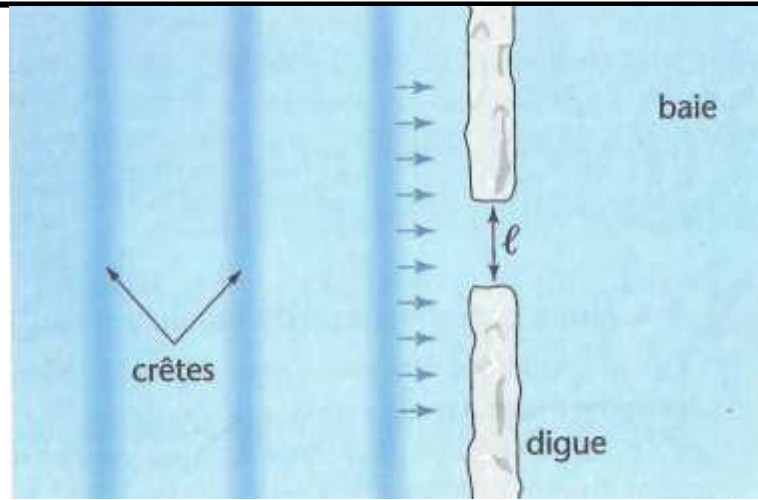
Lorsque la profondeur de l'eau est très supérieure à la longueur d'onde d'une onde sinusoïdale qui se propage à sa surface, la vitesse de cette onde s'exprime de façon satisfaisante par l'expression :  $v = \frac{g}{2f}$  où  $g$  est l'intensité de la pesanteur et  $f$  la fréquence de l'onde.

- a. Comment qualifie-t-on un milieu dans lequel la vitesse d'une onde dépend de sa fréquence ?
- b. Établir une relation entre la vitesse  $v$  et la longueur d'onde  $\lambda$  (ne contenant ni la fréquence  $f$  ni la période  $T$ ). Comment évolue la vitesse lorsque la longueur d'onde augmente ?
- c. On jette une pierre dans l'eau d'un étang. On constate que l'ébranlement produit se décompose rapidement en une multitude de rides circulaires. Pour expliquer ce phénomène, on peut considérer que l'ébranlement est le résultat de l'émission simultanée de plusieurs ondes sinusoïdales de fréquences différentes. À un instant donné, les rides qui sont à l'avant de la perturbation sont à l'arrière. Montrer que l'expression trouvée à la question **b** est en accord avec cette observation.

### **Exercice N°4 :**

Les vagues d'une houle, de longueur d'onde  $\lambda = 80$  m, arrivent parallèlement à une digue rectiligne coupée par un chenal de largeur  $\ell = 30$  m et qui ferme une vaste baie.

- a. Que peut-on observer sur une vue aérienne de ce cite, derrière la digue, côté terre ? Dessiner l'aspect de la surface de l'eau. Quel est le nom de phénomène observé ?
- b. Que se passerait-il pour des vagues de courte longueur d'onde  $\lambda = 5$  cm ?



### Exercice N°5 :

Lorsqu'une voiture passe près d'une personne en actionnant son klaxon, celui-ci perçoit un brusque changement de la hauteur du son. Cet effet, qui se manifeste lorsqu'une source sonore est en mouvement, est appelé l'effet Doppler.

On se propose de déterminer l'expression de la fréquence  $f'$  de son perçu par une personne immobile lorsqu'une source de vibration sonore sinusoïdale de fréquence  $f$  est placée sur un véhicule mobile repéré par le point M.

Ce véhicule M se déplace dans la direction de la personne en se rapprochant d'elle avec la vitesse  $V_M$  par rapport à la personne immobile. On notera  $v$  la vitesse du son dans l'air.

- Exprimer la distance parcourue par la source pendant une période  $T$  de la vibration sonore émise.
- À l'instant de date  $t$ , la source émet un maximum de vibration. M se trouve alors à la distance  $D$  de la personne. Exprimer la date  $t_1$  à laquelle ce maximum s'est propagé jusqu'à la personne.
- Si le véhicule se déplace vers la personne, exprimer la date  $t_2$  à laquelle le maximum suivant, émis à l'instant  $t+T$ , atteindra la personne.
- En déduire la période  $T'$  du signal sonore perçu par la personne. Montrer que la fréquence de ce signal est donnée par l'expression :

$$f' = \frac{f}{1 - \frac{V_M}{v}}$$

- Que devient cette expression si le véhicule s'éloigne de la personne ?
- Application numérique :  $V_m = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  ;  $f = 400 \text{ Hz}$  ;  $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

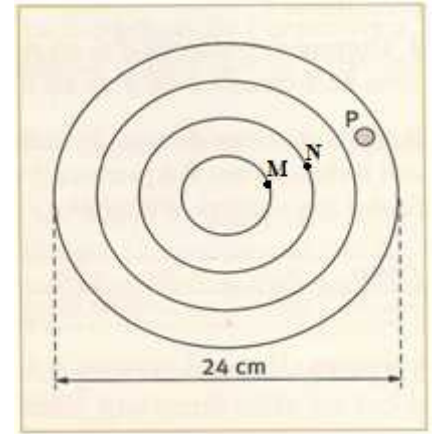
Calculer  $f'$  dans les deux situations.

### Exercice N°6 :

Voici l'aspect à l'instant  $t$  de la surface d'un liquide où se propage une onde progressive sinusoïdale. Les cercles correspondent aux maxima de la perturbation.

Au point P se trouve un petit flotteur qui est animé d'un mouvement de fréquence 7,5 Hz.

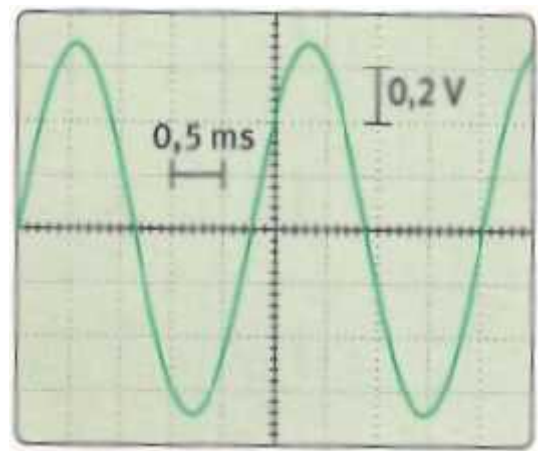
- 1) Calculer la célérité des ondes.
- 2) Comparer le mouvement entre les points M et N puis entre les points N et P en déduire.



### Exercice N°7 :

On enregistre à l'aide d'un microphone relié à un oscilloscope le son émis par un diapason.

- 1- Caractériser l'onde émise par la diapason.
- 2- Déduire de la courbe obtenue la fréquence de son émis.
- 3-a- Décrire un mode opératoire permettant à l'aide d'un second microphone, relié à l'autre voie de l'oscilloscope, de mesurer la longueur d'onde du signal sonore émis par le diapason.
- 3-b- On obtient  $\lambda = 77 \text{ cm}$ . En déduire la célérité du son.
- 4- En répétant l'expérience avec un autre diapason qui produit un son de fréquence  $f = 330 \text{ Hz}$ , on mesure une longueur d'onde  $\lambda = 1 \text{ m}$ . Commenter.



### Exercice N°8 :

Deux haut-parleurs identiques  $H_1$  et  $H_2$  sont alimentés par un même **GBF**. Le haut-parleur  $H_1$ , adapté à cet usage, est immergé dans l'eau, tandis que  $H_2$  est à l'air libre. On place un microphone  $M_1$  face au haut-parleur  $H_1$ , à une distance  $d_1$ , et un microphone  $M_2$  face au haut-parleur  $H_2$ , à une distance  $d_2$ . Les microphones  $M_1$  et  $M_2$  sont reliés en voies 1 et 2 d'un oscilloscope.

La vitesse du son est de  $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  dans l'air, et de  $1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  dans l'eau dans les conditions de l'expérience.

La fréquence du signal sinusoïdale délivré par le **GBF** est  $f = 1 \text{ kHz}$ .

- 1- Quelle est la plus petite valeur  $d_{1\min}$  non nulle de  $d_1$  pour que  $M_1$  et  $H_1$  soient en phase.
- 2- On déplace le microphone  $M_2$  jusqu'à ce que  $d_1 = d_{1\min}$ .

Calculer le retard avec lequel le son arrive  $M_2$ .

Représenter les courbes obtenus pour l'oscilloscope pour une vitesse de balayage de  $1 \text{ ms/div}$ .

- 3- Quelle distance minimale doit séparer  $M_2$  et  $H_2$  pour que les deux courbes soient en phase?