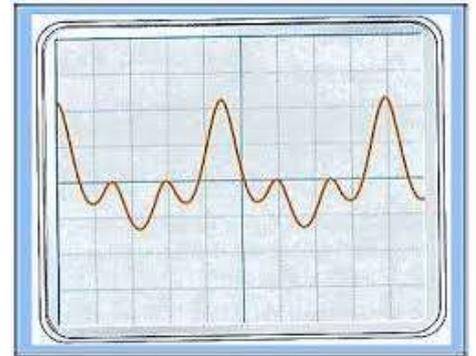


I. ONDE MECANIQUE PROGRESSIVE PERIODIQUES**I. 1- Phénomène périodique :**

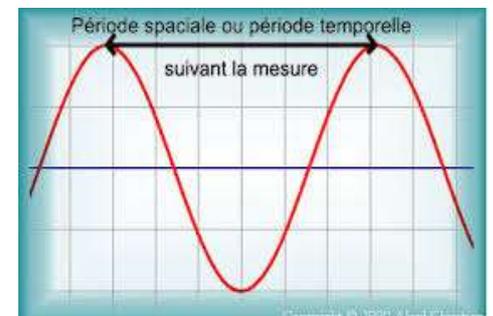
http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/spc/genevieve_tulloue/file/gtulloue/Ondes/general/synthese.html

- Un phénomène vibratoire est périodique lorsqu'il se reproduit identique à lui-même au bout d'un intervalle de temps T , appelé période. T s'exprime en secondes (s).
- La fréquence N d'un phénomène périodique est égale au nombre de périodes par seconde : $f = \frac{1}{T}$
- Une onde progressive mise par une source animée d'un mouvement périodique est une onde périodique

**I. 2-Onde progressive périodique :**

Une onde progressive est périodique si, à un instant quelconque, une photographie du milieu montre l'existence d'une périodicité spatiale de l'onde progressive. La perturbation se répète indéfiniment.

La distance correspondante s'appelle **longueur d'onde** ; elle est notée λ .

**I. 3- Cas d'une vibration progressive sinusoïdale :**

http://www.acgrenoble.fr/disciplines/spc/genevieve_tulloue/file/gtulloue/Ondes/general/sinus.html

a) Définition :

Une onde progressive périodique est sinusoïdale lorsqu'une grandeur physique $u(t)$ de tous points du milieu de propagation est une fonction sinusoïdale du temps:

$$u(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T} + \varphi\right) = U_m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$$

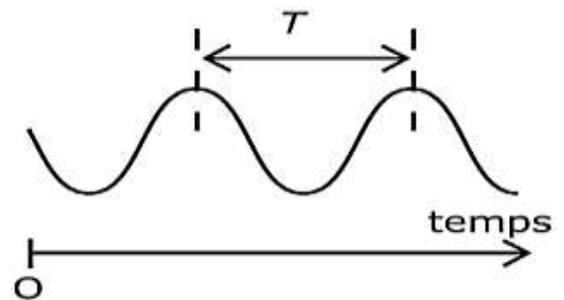
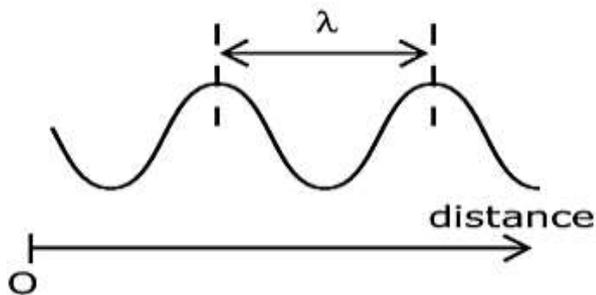
U_m : amplitude de la grandeur physique associée à l'onde

T : périodicité temporelle de l'onde (seconde)

t : instant en seconde (s)

φ : phase à l'origine (valeur de l'angle à $t = 0$ s)

Ondes mécaniques progressives périodiques



L'équation du mouvement d'un point P du milieu de propagation suivant l'axe vertical (oy) s'écrit : $y_P(t) = y_S(t - \tau) = y_{max} \sin 2\pi f(t - \tau)$

b) Double périodicité λ et T

La période temporelle ou période T d'un phénomène périodique est la plus petite durée au bout de laquelle le phénomène se reproduit identique à lui-même.

La période spatiale ou la longueur d'onde λ d'une onde progressive périodique est la plus courte distance de répétition de cette onde.

La période spatiale ou longueur d'onde λ d'une onde progressive périodique est la distance parcourue par cette onde pendant une période temporelle T.

Dans le cas d'une onde progressive sinusoïdale, on a :

$$\lambda = c \times T = \frac{c}{f}$$

Où :

- λ (m) est la longueur d'onde de l'onde
- T (s) est la période de l'onde
- c (m/s) est la célérité de l'onde

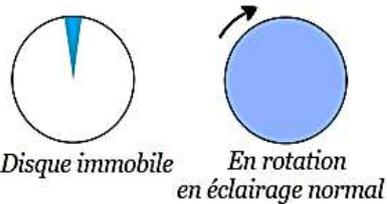
c) Etude Experimentale : propagation d'une onde sinusoïdale le long d'une corde

- Activité 1 : études stroboscopique

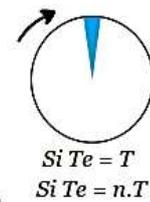
<https://youtu.be/0kgWvQ1DXS8?t=13>

le stroboscope est un appareil qui émet des éclairs très brefs à des intervalles de temps égaux de période T_e et de fréquence N_e .

Ondes mécaniques progressives périodiques

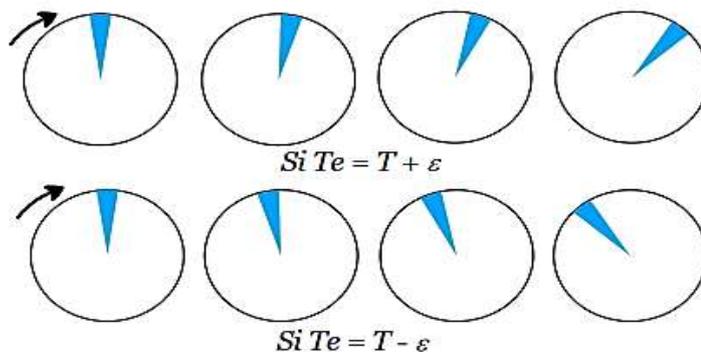


⇒ en éclairage stroboscopique



Immobilité apparente.

- Si $N = KN_e$ avec $K \in \mathbb{N}^*$: le secteur apparaît immobile.
- Si $N > N_e$: le secteur semblera se déplacer dans le sens direct de rotation de disque mais en ralenti.
- Si $N < N_e$: le secteur semblera se déplacer dans le sens inverse de rotation de disque mais en ralenti.



• Activité 2 :

On fixe l'une des extrémités d'une corde à une lame vibrante qui effectue des vibrations rectilignes sinusoïdale de fréquence 100Hz .L'autre extrémité de la corde passe sur une poulie et tendue par une masse marquée . au niveau de la poulie on place du coton pour amortir les ondes . voir figure :



On déclenchant le vibreur on observe que la corde vibre entre deux états extrêmes mais elle apparaît floue .

- ✓ Observation en lumière ordinaire : On observe une bande floue qui représente les différentes positions de la corde.

Ondes mécaniques progressives périodiques

✓ Observation en lumière stroboscopique :

- Pour $N = KN_e$ avec $K \in \mathbb{N}^*$: la corde apparaît immobile et à la forme d'un sinusöide .
- Pour $N > N_e$: on observe un mouvement apparent en ralenti direct (sens réel) de propagation de l'onde .
- Pour $N < N_e$: on observe un mouvement apparent en ralenti inverse (sens inverse) de propagation de l'onde .

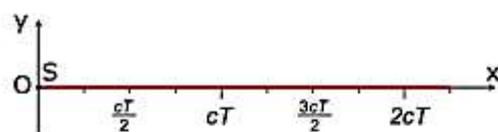
Remarque : le mouvement apparent en ralenti à pour fréquence apparente

$$N_a = N - N_e \text{ et à pour vitesse apparente}$$

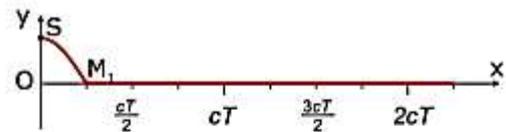
$$V_a = x_a N_e \text{ avec } x_a = x_r - \lambda = VT_e - \lambda = \frac{V}{N_e} - \lambda$$

d) Graphes des espaces de la corde à la date t :

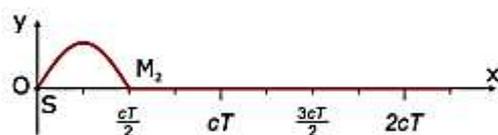
si on photographie les espaces de la corde à différentes instants :



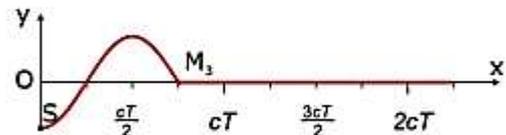
(a) $t = 0$



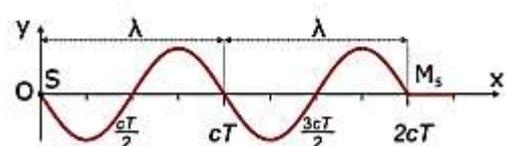
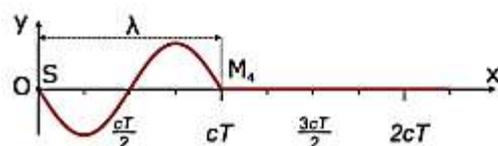
(b) $t = T/4$



(c) $t = T/2$



(d) $t = 3T/4$



- le front de l'onde parti de O à la date $t=0$ a parcouru la distance λ à la date $t=T$.
- la longueur d'onde λ à la distance parcourue par l'onde en une période T . $\lambda = vT$.

I. 4- Périodicité spatiale d'une onde sonore :

a) Mise en évidence expérimentale : Activité 3

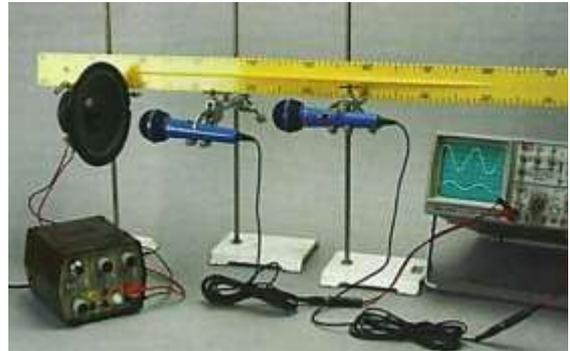
<https://youtu.be/O-TOK1FOooo?t=117>

Ondes mécaniques progressives périodiques

Réalisons l'expérience de la figure ci-contre :

Un GBF alimente un haut parleur par une tension périodique de fréquence $f = 4\,000\text{ Hz}$ soit $T = 2,5 \times 10^{-4}\text{ s}$.

Deux microphones sont placés devant le haut parleur et sont reliés à un oscilloscope bicourbe.



➤ Lorsque les deux microphones sont

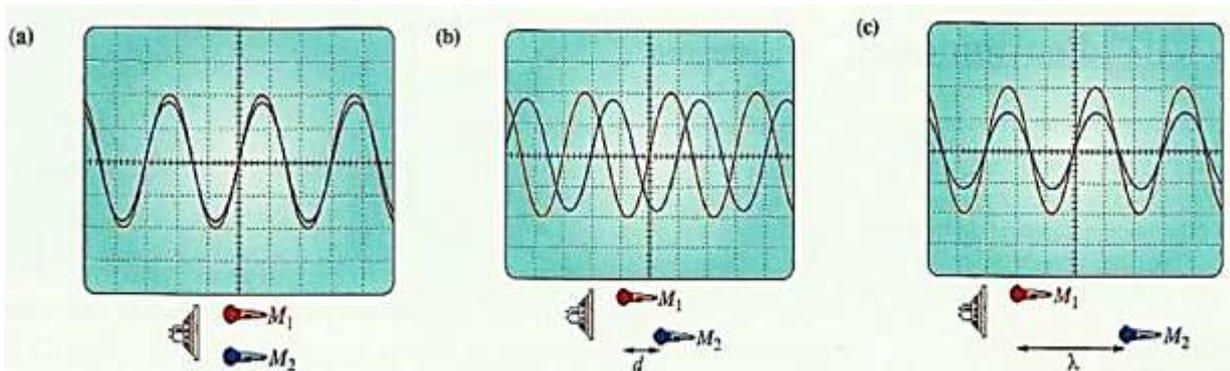
placés côte à côte ; On visualise

deux sinusoïdes superposées de même période T ; On dit qu'elles sont en phase. (figure a)

➤ lorsqu'on éloigne le microphone M_2 ; ces sinusoïdes se décalent suivant l'axe de temps ; à une distance mesurée et particulière les deux sinusoïdes sont à nouveau en phase ; cette distance c'est la longueur d'onde λ .

(figure b)

➤ en continuant le déplacement de microphone M_2 , on constate que tout les points de milieu de propagation tel que $M_1 M_2 = K \lambda$ vibrent en phase. (figure c).



b) Conclusion :

- l'onde sonore progressive sinusoïdale présente une double périodicité :
 - une périodicité temporelle ou période T .
 - une périodicité spatiale ou longueur d'onde λ .
- Dans l'air les ondes sonores se propagent à une vitesse de 340 m/s

Remarque :

- ✓ On dit ; dans un milieu de propagation deux points M_1 et M_2 vibrent en phase si $M_1M_2 = SM_2 - SM_1 = k\lambda$
- ✓ On dit ; dans un milieu de propagation deux points M_1 et M_2 vibrent en opposition de phase si $M_1M_2 = SM_2 - SM_1 = k\lambda + \frac{\lambda}{2}$

c) Exercice d'entraînement :

Sachant que les ondes sonores se propagent dans l'air à la vitesse $v = 340\text{m/s}$ dans les conditions normales de température .

Déterminer le domaine de longueur d'onde des ondes sonores audibles par l'oreille humaine .

On donne : les fréquences des ondes sonores audibles sont comprises entre 20Hz et 20KHz .

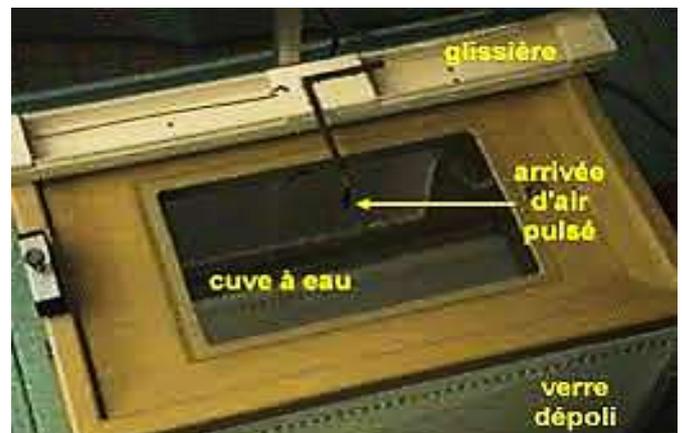
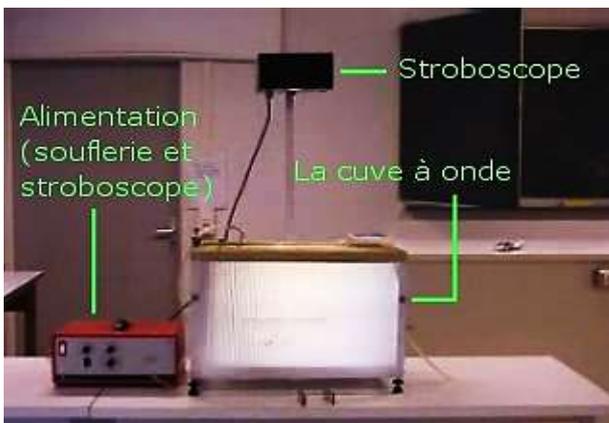
R : $1,7\text{cm} < \lambda < 17\text{m}$

e) Onde progressive sinusoïdale à la surface de l'eau :

II. 1- Mise en évidence expérimentale : activité 4

a) Manipulation :

On réalise l'expérience avec un cuve à onde (figure ci-contre)



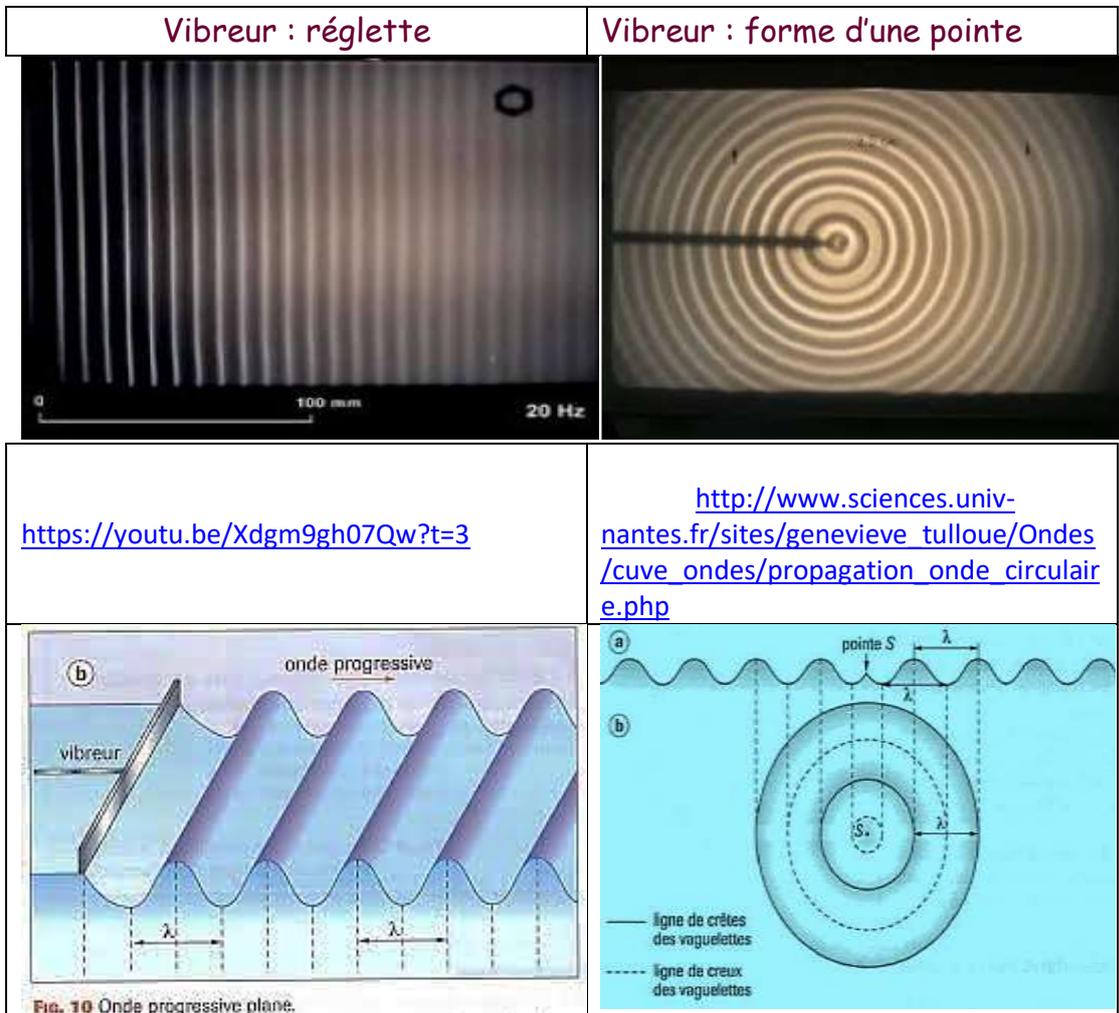
Qui permet d'obtenir des ondes rectilignes et circulaires ; en utilisant un vibreur sous forme d'une réglette (boîtier de plastique blanc rectangulaire) et un autre sous forme pointe (orifice du tuyau) .

Ondes mécaniques progressives périodiques

On réglant la fréquence de stroboscope sur

la plus grande valeur telle que $N_e = N$;

On a l'illusion d'immobilité des rides . voir figure ci-dessous :



b) Interprétation :

- ✓ L'observation par stroboscopie d'une immobilité apparente montre que le phénomène est périodique .
- ✓ Lors de l'immobilité apparente des rides , nous pouvons constater que les rides -circulaires ou rectilignes- sont équidistantes : le phénomène présente une périodicité spatiale de valeur λ .

II. 2- Conclusion :

Toute onde périodique progressive à la surface de l'eau présente une double périodicité :

- Une périodicité temporelle de période T .

Ondes mécaniques progressives périodiques

- Une périodicité spéciale de période λ appelée longueur d'onde .
- Tous les points du milieu tel que $M_1M_2 = K \lambda$ vibrent en phase .(ex : points qui appartiennent à la même crête et aux crêtes différentes)
- Tous les points du milieu tel que $M_1M_2 = K \lambda + \lambda/2$ vibrent en opposition de phase .(ex : les points qui appartiennent aux crêtes par rapport aux points qui appartiennent aux creux)

c) Exercice d'entraînement :

On utilisant la figure ci-contre ;
déterminer la vitesse de l'onde à
la surface de l'eau.

R : $v = \lambda N = 1,8\text{m/s}$



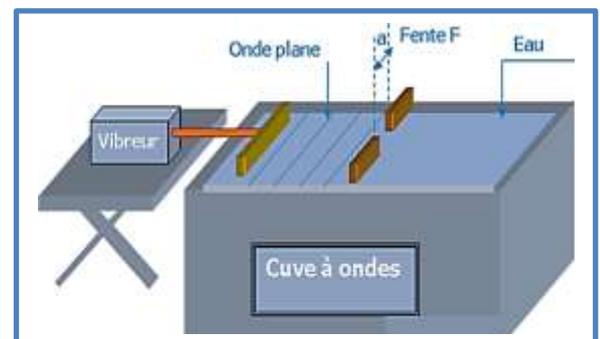
III. Phénomène de Diffraction

III. 1- que se passe-il quand une onde rencontre un obstacle ?

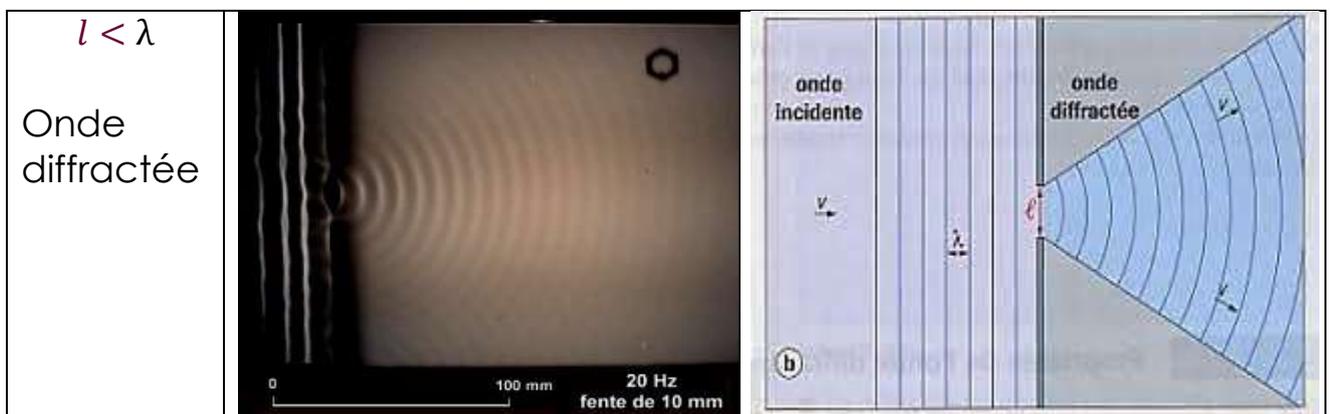
a) Activité 5:

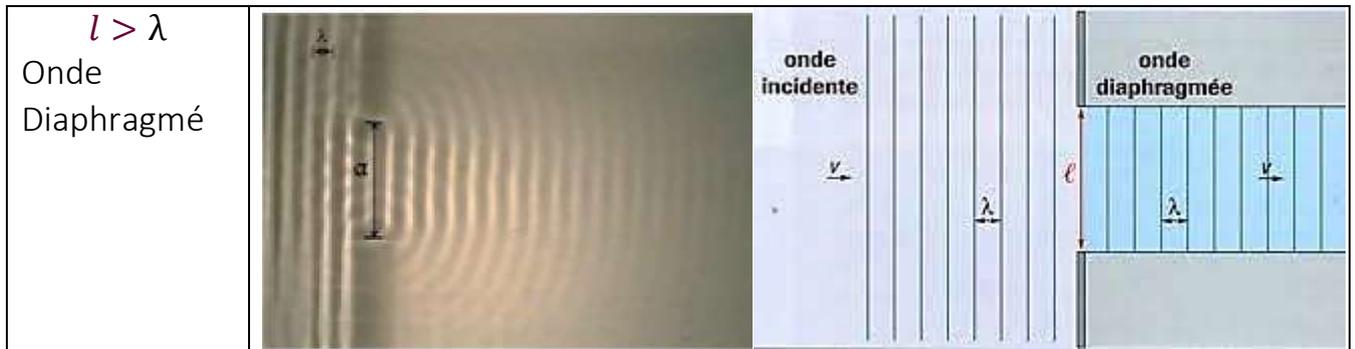
Réalisons le montage de la figure ci-contre :

Produire une OMPPS à la surface de l'eau
du cuve à onde et grâce au stroboscope



on observe les résultats suivants: http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/cuve_ondes/diffraction.html





b) **interprétation :**

Après la fente dans le cas où $l < \lambda$ l'onde n'est plus rectiligne ; elle semble circulaire ; centrée sur la fente (considérée comme source imaginaire) : Ce phénomène est appelé la **diffraction**.

La diffraction ne modifie pas la période de vibration et la célérité de l'onde (donc la longueur d'onde). Elle modifie la direction de propagation.

III. 2- conclusion :

Le phénomène de diffraction est caractéristique des ondes .

Il se produit lorsque les dimensions d'une ouverture ou d'un obstacle sont inférieures ou de même ordre de grandeurs que la longueur d'onde.

IV. Le milieu dispersif :

IV. 1- définition :

un milieu dispersif est un milieu dans lequel la vitesse de propagation d'une onde dépend de la fréquence.

IV. 2- mise en évidence d'un milieu dispersif :

Pour différentes fréquences N on mesure la longueur d'onde λ d'une OMPP à la surface d'eau du cuve à onde puis on calcul $V = \lambda N$

f (Hz)	20	25	30	35
λ (cm)	1,0	0,90	0,80	0,70
V (m.s ⁻¹)	0,20	0,23	0,24	0,25

On observe que la vitesse v de l' OMPP dépend de la fréquence N .

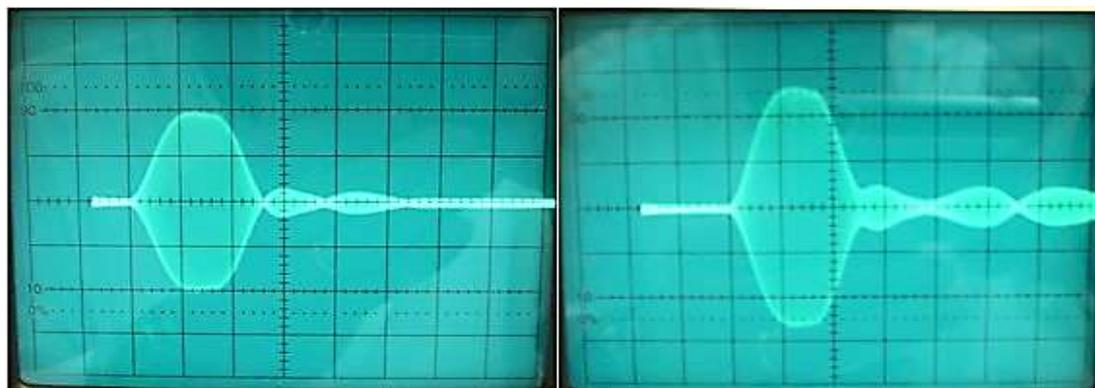
on dit qu'il y a un phénomène de dispersion si la célérité de l'onde à travers un milieu dépend de sa périodicité temporelle. C'est le cas de l'eau pour la houle

V. Ondes ultrasonores :**V. 1- Définition :**

Un ultrason est une onde, de même nature que les ondes sonores, mais dont la gamme de fréquence se situe entre 20 kilohertz et plusieurs centaines de mégahertz. Cette gamme est trop élevée pour que l'oreille humaine puisse la percevoir.

V. 2- Détermination de la vitesse des ultrasons dans l'air :**a) Manipulation : activité 6** https://youtu.be/tXBXR_KErM?t=7

Un émetteur d'ultrasons envoie de façon périodique des ultrasons à un récepteur situé à une distance d de l'émetteur. Grâce à un oscilloscope on peut visualiser les graphes des ondes reçues par le récepteur.



Oscillogramme 1
Position 1 du récepteur

Oscillogramme 2
Position 2 du récepteur

Mettre en place l'émetteur ultrasonore et le récepteur.

- Observer l'écran de l'oscilloscope lorsque l'émetteur est en mode salve (une salve ultrasonore est une perturbation sonore de fréquence supérieure à 20 kHz séparée par une durée réglable.)
- Fixer la règle et déplacer le récepteur **R** pour obtenir sur l'écran de l'oscilloscope la disposition de l'oscillogramme 1.
- Placer le zéro de la règle à la position du récepteur **R** quand l'écran montre l'oscillogramme 1.

Ondes mécaniques progressives périodiques

- Déplacer lentement le récepteur R en observant l'écran jusqu'à ce que le début de la salve soit décalé d'une division.
- Lorsque le récepteur R est dans la position de l'oscillogramme 2, la déformation reçue a un retard τ par rapport à la déformation reçue dans la position de l'oscillogramme 1.
- Repérer la position du récepteur sur la règle : $d = 17,2\text{cm}$
- Grâce à la durée de balayage de l'oscilloscope, déduire la valeur du retard .
on donne la vitesse de balayage $S=0,5\text{ms/div}$

b) Calcul de célérité :

Retard mesuré à l'aide de l'oscilloscope :

$$\text{On a : } \Delta t = \tau = sx$$

$$\text{AN : } \Delta t = \tau = 0,5\text{ms/div} \times 1\text{div} = 0,5\text{ms}$$

$$\text{Donc la Célérité des ultrasons dans l'air : } v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{17,5 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-4}} = 350\text{m/s}$$

Remarque :

- La vitesse de propagation d'une onde sonore ne dépend pas de sa fréquence.
- L'air n'est pas un milieu dispersif pour les ondes sonores.

Compétences exigibles au baccalauréat

- Reconnaître une onde progressive périodique et sa période
- Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde.
- Connaître et utiliser la relation $\lambda = vT$, , connaître la signification et l'unité de chaque terme.
- savoir justifier la relation $\lambda = vT$ par une équation aux dimensions.
- Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction.
- Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite.
- Définir un milieu dispersif.
- Exploiter un document expérimental (série de photos, oscillogramme, acquisition de données avec un ordinateur...): détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde.