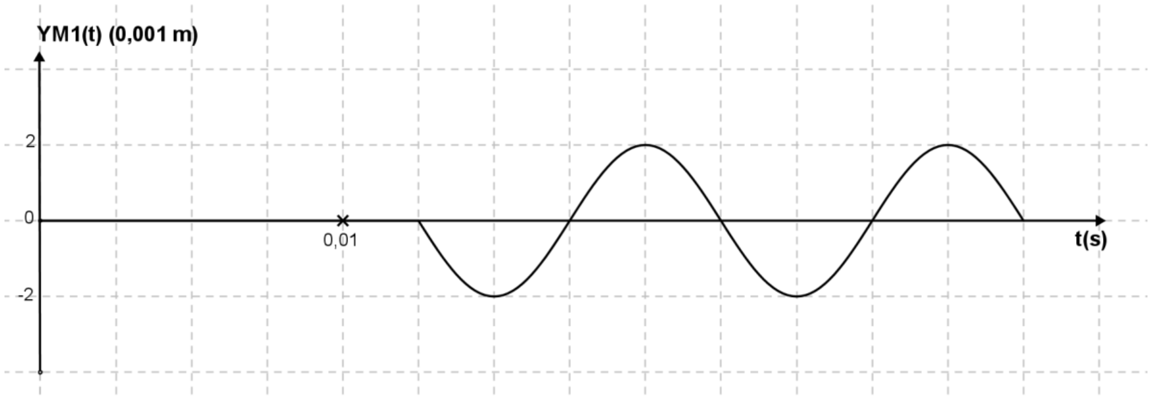
Les Ondes (Bac)

Exercice n°1 :

Dans tout l'exercice, on néglige l'amortissement tout au long de la propagation.

I. Une lame vibrant verticalement à la fréquence **N**, impose à l'extrémité **O** d'une corde **OA** de longueur **L=1m**, tendue horizontalement un mouvement transversal rectiligne et sinusoïdal.
La célérité de propagation des ébranlement li long de la corde est **v=20 m.s^{-1} .**
La valeur de la tension de la corde $\|\vec{T}\| = 4N$.
Un dispositif approprié permet d'éliminer toute réflexion au niveau de l'autre extrémité de la corde.

1°/ Calculer la masse linéique μ de la corde.
2°/ Le diagramme de la figure ci-dessous représente le mouvement d'un point M_1 situé à une distance x_1 du point **O .**



Déduire :

- **a.** La longueur d'onde λ et le temps θ_1 mis par l'onde pour atteindre le point M_1 .
- **b.** La longueur x_1 .
- **c.** L'équation horaire du point M_1 et en déduire celle du point **O .**

3°/ Déterminer les abscisses des points de la corde vibrant en opposition de phase avec **O .**

4°/ On éclaire la corde par un stroboscope de fréquence N_e variable . Qu'observe-t-on lorsque :

- ✓ **N_e=25 Hz ?**
- ✓ **N_e=98 Hz ?**
- ✓ **N_e=51 Hz ?**

II. La lame est maintenant munie d'une tige à une seule pointe qui affleure la surface d'une nappe d'eau initialement au repos, en un point **O.** La pointe impose une vibration sinusoïdale de fréquence **N=100 Hz** et d'amplitude **a=2 mm.** L'onde produite à la surface de l'eau se propage avec une célérité **v=0,4 m.s^{-1} .**
1°/ Déterminer l'équation horaire de **O** en prenant pour origine des temps l'instant où le point **O** se met à vibrer en se déplaçant dans le sens positif dirigé vers le haut.
2°/

- **a.** Déduire l'équation horaire du mouvement d'un point M de la surface de l'eau situé à la distance **x** de **O .**
- **b.** Représenter l'aspect de la surface de l'eau dans un plan vertical passant par **O** à la date **t_1=0,025 s .**
- **c.** Marquer sur la figure précédente les points de la surface du liquide qui, à la date **t_1=0,025s,** ont une élongation égale à **1mm** et se déplaçant dans le sens descendant.

Exercice n°2 :

Comme toute onde mécanique progressive et périodique, la houle, lors de sa propagation à la surface de l'eau, peut être caractérisée par sa période **T**, sa longueur d'onde **λ**, sa célérité **v**, la hauteur de la houle est caractérisée par son amplitude **a**, on désigne par **h** la hauteur crête à crête, de la houle.

1°/ comment peut-on évaluer la période **T** de la houle ? La longueur d'onde **λ** ?

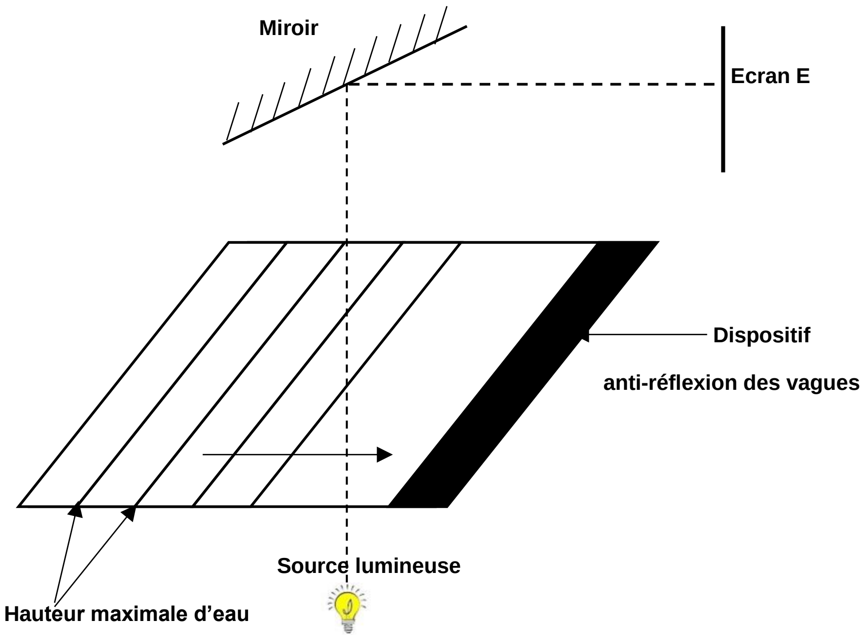
2°/ Schématiser l'onde, et porter sur votre schéma **λ, a, h.** Quel lien y a-t-il entre **a** et **h** ?

3°/ Quelle est la nature de l'onde mise en jeu à la surface de l'eau ?

4°/ Un promeneur constate que l'eau vient battre un rocher toutes les 10 secondes ; deux embarcations , proches l'une de l'autre et distants de 300m, oscillent verticalement en même temps en raison de la houle. A quelle vitesse **v** la houle se propage-t-elle ?

5°/ La houle naît sous l'influence du vent, mais se propage « calmement » à la surface de l'eau, loin de l'endroit où souffle le vent. La célérité des ondes à la surface d'une profondeur **H** d'eau libre est donnée par $\mathbf{v} = \sqrt{\mathbf{gH}}$ **,** où $\mathbf{g}$ désigne l'accélération de la pesanteur ($\mathbf{g} \approx 9,8\ \mathbf{m.\,s^{-2}}$).

- **a.** Compte tenu de la valeur précédente de **v**, pouvez-vous estimer la hauteur moyenne de l'eau sous sa surface perturbée par la houle ?
- **b.** Le Pacifique a une profondeur moyenne **H≈5000 m.** Calculer la célérité des ondes (vagues) à sa surface. Pour une période **T** de 15 minutes (période caractéristique d'un tsunami), calculer la longueur d'onde correspondante.
- **c.** Pouvez-vous expliquer pourquoi un navire ne peut pas apercevoir au large le passage d'un tsunami ?
- **d.** A mesure que la vague se rapproche de la côte, la vitesse de l'onde augmente-t-elle ou diminue-t-elle ? Pourquoi une vague brise-t-elle ou déferle-t-elle aux abords d'un rivage ?



On éclaire un système d'ondes rectilignes sinusoïdales à la surface d'une cuve à ondes, de fréquence **f**, et on forme son image sur un écran **E** au moyen d'une lentille et d'un miroir. Le grandissement de l'image formée sur l'écran est $\mathbf{g} = \mathbf{2}$ (par rapport au système réel de franges à la surface de la cuve à ondes).

1°/ On mesure sur l'écran que la distance séparant **20** franges brillantes consécutives vaut **D=25 cm** pour **f = 22 Hz.** Que vaut la longueur d'onde **λ** des ondes à la surface de l'eau ?

2°/ En déduire la célérité **v** à cette fréquence des ondes à la surface de l'eau.

3°/ On réalise l'expérience précédente pour différentes valeurs de **f**, et on obtient le tableau suivant :

(ce tableau à compléter).

f (Hz)	10	15	17	20	25	30	35	40
D (cm)	440	360	290	250	232	200	195	190
v ($m.s^{-1}$)								

4°/ Représenter **v** en fonction de la fréquence **f.** La surface de l'eau constitue-t-elle un milieu dispersif pour les ondes à sa surface ?

Exercice n°3 :

Un robinet d'appartement, mal refermé, s'égoutte, à la verticale d'un point **O** d'une grande bassine déjà elle-même remplie d'eau, à un rythme de 80 gouttes à la minute. On assimilera la bassine à une cuve à ondes infiniment étendue. A partir du point **O**, à la surface de l'eau, il se forme une onde circulaire, sinusoïdale, dont l'amplitude décroît progressivement avec la distance à **O.**

Un enfant, alerté par la bruit de l'écoulement, observe la formation des ondes circulaires et constate que deux crêtes successives sont séparées par 12 cm.

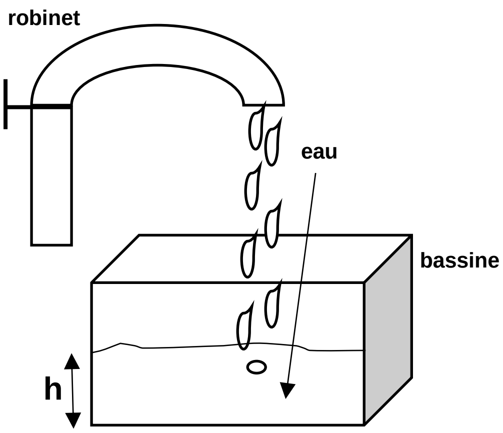
1°/ L'enfant dépose un petit bouchon à la surface de l'eau. Combien de temps mettra-t-il pour parcourir une distance **d = 12 cm** à la surface de l'eau, sachant que l'onde se propage à une célérité voisine de **20 cm.s^{-1}** ?

2°/ Calculer la période **T**, la fréquence **f** de l'onde à la surface de l'eau.

3°/ Déterminer la longueur d'onde de l'onde.

4°/ En déduire une valeur pour la célérité des ondes à la surface de l'eau.

Très curieux, l'enfant décide d'accoler son oreille contre le fond de la bassine, dont on négligera l'épaisseur :



La profondeur d'eau est d'environ **h = 20 cm.**

L'enfant est surpris de constater qu'au moment où la goutte touche la surface de l'eau, il peut déjà entendre un son au fond de la bassine, avant même que la crête générée par la goutte n'ait touché le rebord vertical de la bassine.

5°/ Que vient-il de mettre en évidence concernant la dépendance de la célérité et des propriétés d'une onde avec le milieu de propagation ?

6°/ La célérité des ondes acoustiques dans l'eau est **v_{eau} = 1500 m.s^{-1} .** Quel retard temporel **τ** sépare la chute de la goutte dans l'eau, avec la perception sonore ?

7°/ Avant que l'eau ne déborde, l'enfant perce un trou dans le fond de la bassine, et évacue l'eau vers le sol. Tandis que la profondeur **h** de l'eau dans la bassine diminue, l'enfant observe nettement que la distance qui sépare deux crêtes successives augmente.

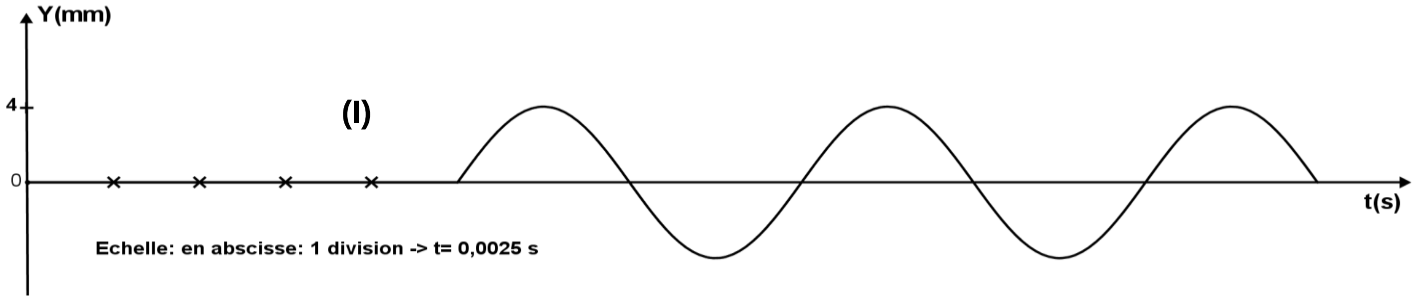
- **a.** La période de l'onde a la surface de l'eau change-t-elle ?
- **b.** La longueur d'onde **λ** est-elle modifiée ?
- **c.** Au cours de l'évacuation de l'eau, la célérité de l'onde diminue-t-elle ou augmente-t-elle ?

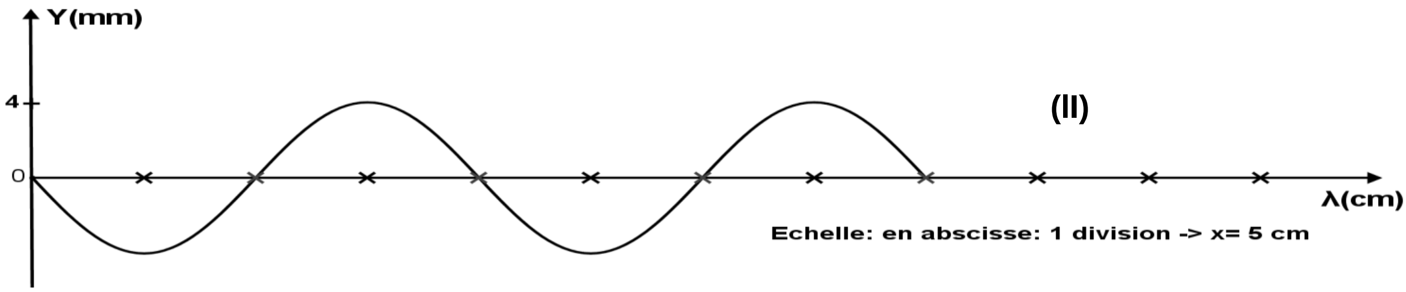
Exercice n°4 :

I. Une corde élastique de longueur infinie tendue horizontalement est attachée par son extrémité **S** au bout d'une lame vibrante qui lui communique à partir de l'instant **t = 0s** des vibrations sinusoïdales transversales. On suppose qu'il n'y a aucun amortissement. L'une des courbes de la figure ci-après représente le diagramme du mouvement d'un point **A** de la corde situé à une distance x_A de l'extrémité source. L'autre représente l'aspect de la corde à un instant t_1.

1°/ Identifier les deux courbes **(I)** et **(II)** en justifiant la réponse. En déduire les périodes temporelle et spatiale de l'onde ainsi que l'amplitude a des ébranlements.
2°/ Déterminer la célérité de l'ébranlement, la distance x_A et l'instant t_1.
3°/ Ecrire l'équation horaire des vibrations de la source **S** et celle du point **A** de la corde.
4°/

- **a.** Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t_2 = 2{,}5\ 10^{-2}$**s.**
- **b.** Placer sur le graphique précédent, les points ayant l'élongation $\left(-\frac{a}{2}\right)$ et se déplaçant dans le sens négatif.
- **c.** Déterminer le nombre et les abscisses des points de la corde qui vibrent en quadrature retard de phase par rapport à la source.



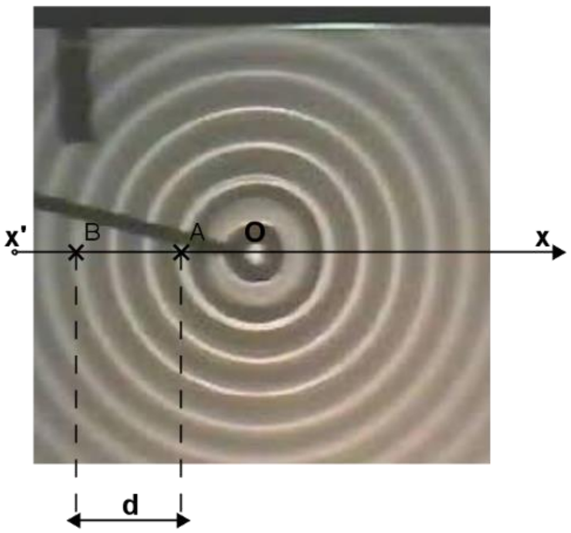


II. La lame vibrante porte une pointe **S** animée d'un mouvement vertical avec lequel elle impose à un point **O** de la surface de l'eau une élongation $y_O(t) = 10^{-3}\sin(628t)$ (y en m et t en s).

1°/ Etablir l'équation horaire d'un point **M** de la surface de l'eau, tel que **OM = x** au repos.
2°/ Calculer la célérité de l'onde sachant que la plus petite distance entre 2 points qui vibrent en quadrature de phase est **d = 1 mm.**
3°/ Représenter graphiquement la coupe de la surface de l'eau suivant un plan vertical passant par **O** aux instants $t_3 = 0{,}035$ **s** et $t_4 = 0{,}040$ **s.**
4°/ Pour observer l'immobilité apparente de la surface d'eau, on utilise un stroboscope. Quelle doit être pour ce, la fréquence des éclairs ? Calculer la plus grande fréquence possible. S'il y avait un éclair de moins par seconde, les ondes sembleraient se propager lentement, préciser le sens de propagation apparent.

Exercice n°5 :

En un point **O** de la surface de l'eau d'une cuve à onde, une source ponctuelle produit des oscillations sinusoïdales verticales d'amplitude **a** et de fréquence **N**. Des ondes entretenues de formes circulaires se propagent à la surface de l'eau avec la célérité **v** (*Fig 1*). Les bords de la cuve à ondes sont tels qu'ils absorbent les ondes progressives provenant de **S**. On néglige tout amortissement des ondes.



1°/

a. Indiquer sommairement comment faut-il procéder pour observer des rides circulaires apparemment immobiles.

b. La distance entre les deux points **A** et **B** appartenant chacun à une crête circulaire est : **d = 24 mm.** En déduire la valeur de la longueur d'onde **λ.**

Fig 1

2°/ La sinusoïde traduisant l'élongation verticale $Y_M(t)$ d'un point **M** de la surface de l'eau situé à la distance **d'** du point **O**, est donnée par la *Fig 2* .

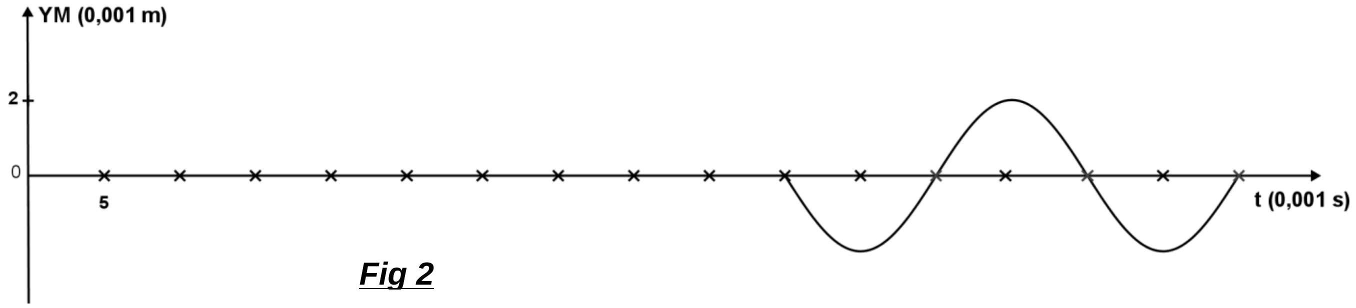


Fig 2

- **a.** Etablir l'expression de $Y_M(t)$.
- **b.** Calculer la célérité **v.**
- **c.** Déduire de la figure 2 la sinusoïde traduisant l'évolution de l'élongation verticale $Y_O(t)$ du point **O** ; puis s'y appuyer pour établir l'expression de $Y_O(t)$.

3°/ Représenter une coupe transversale de la surface de l'eau suivant l'axe **x'x** à l'instant $t_0 = 0,045$ s.

4°/ Quels sont les points qui vibrent en phase avec la source **S** à l'instant t_0 ?