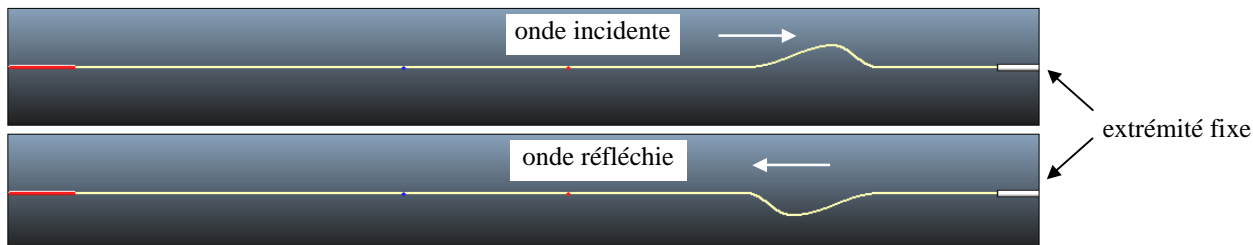


ETUDE D'UN SYSTEME D'ONDES STATIONNAIRES

Objectifs: savoir comment produire des ondes stationnaires le long d'une corde et dans un tube d'air.

I. REFLEXION D'ONDES SUR UNE EXTREMITE FIXE

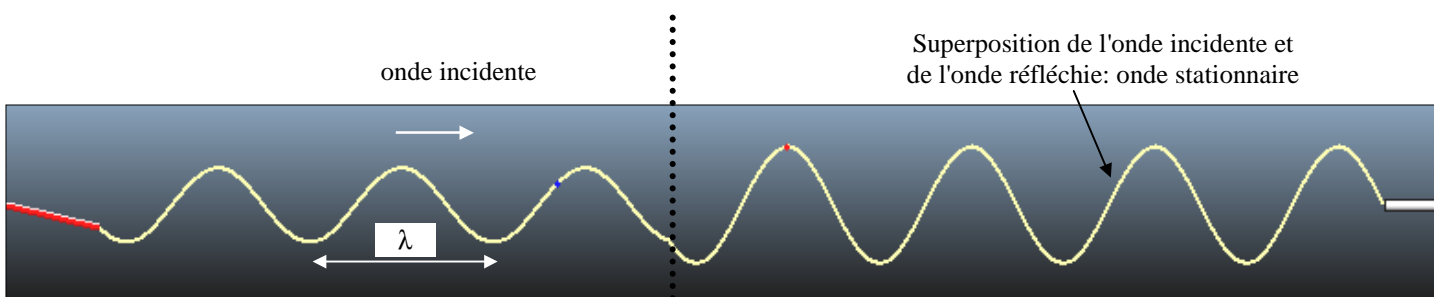
1) Réflexion d'une onde solitaire (Module du logiciel Physique Chimie TS éditions HATIER)



- Comparer la perturbation de l'onde réfléchie par rapport à celle de l'onde incidente.
- Comparer les célérités des ondes incidentes et réfléchie.

- Pourquoi la perturbation de l'onde réfléchie est-elle renversée par rapport à celle de l'onde incidente ? Observons le mouvement de la corde lorsque l'onde incidente et l'onde réfléchie se croisent.
- Noter vos observations.
- Sachant que sur l'extrémité fixe de la corde la perturbation est nulle, répondre à la question posée.

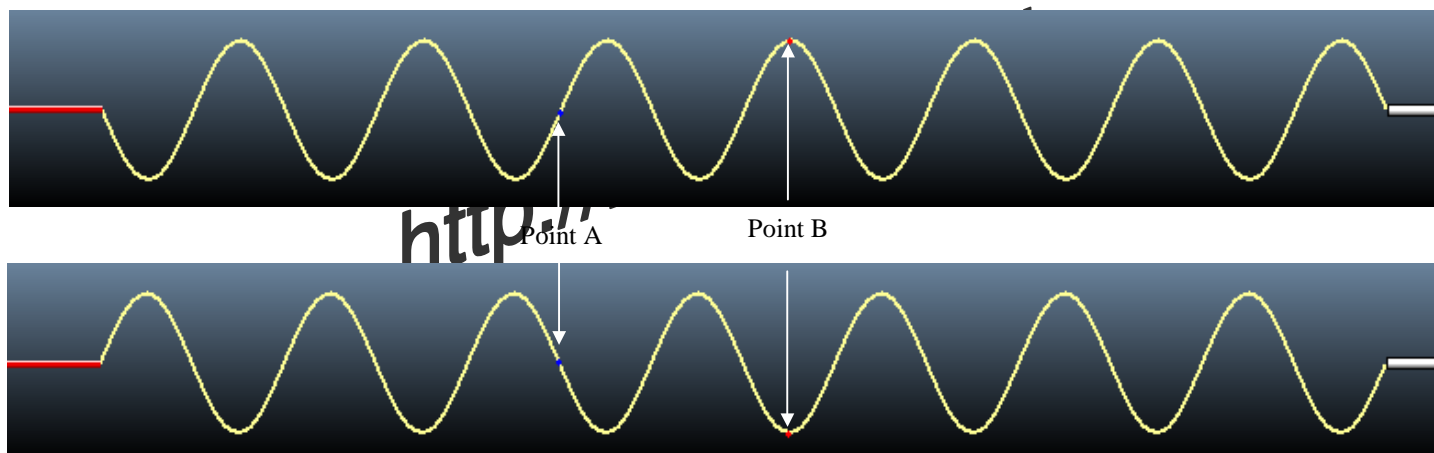
2) Réflexion d'une onde sinusoïdale



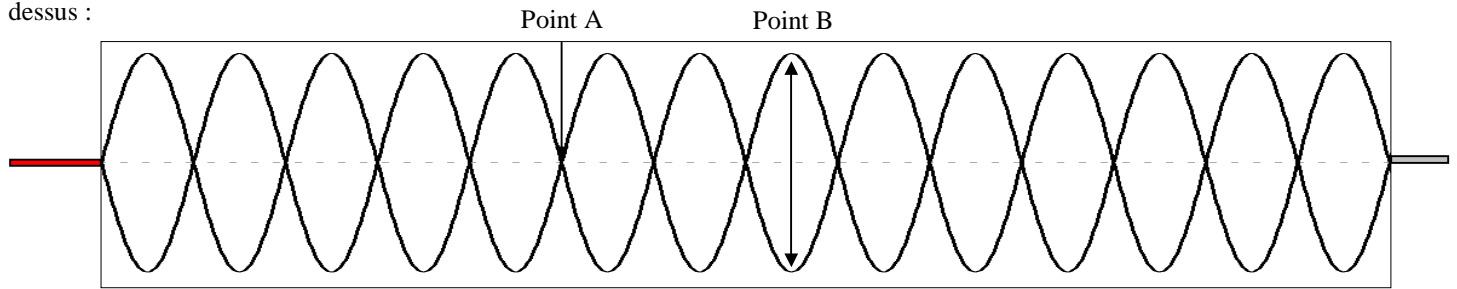
- Compte tenu des conclusions du I.1), lorsqu'une onde sinusoïdale incidente se propage sur la corde, l'onde réfléchie est sinusoïdale de même longueur d'onde λ , de même fréquence f et de même célérité v que l'onde incidente. L'amplitude de l'onde réfléchie est renversée par rapport à celle de l'onde incidente.

- Noter vos observations lorsque la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie est établie.
- Pourquoi cette superposition est-elle appelée **onde stationnaire** ?
- Soit λ la longueur d'onde de l'onde sinusoïdale incidente (ou réfléchie). Quelle est la longueur d'onde de l'onde stationnaire ?

On a représenté ci-dessous l'onde stationnaire à deux instants différents:



Les vibrations sont généralement très rapides. L'aspect de la corde à l'œil nu est alors la superposition des deux formes de la corde ci-dessus :



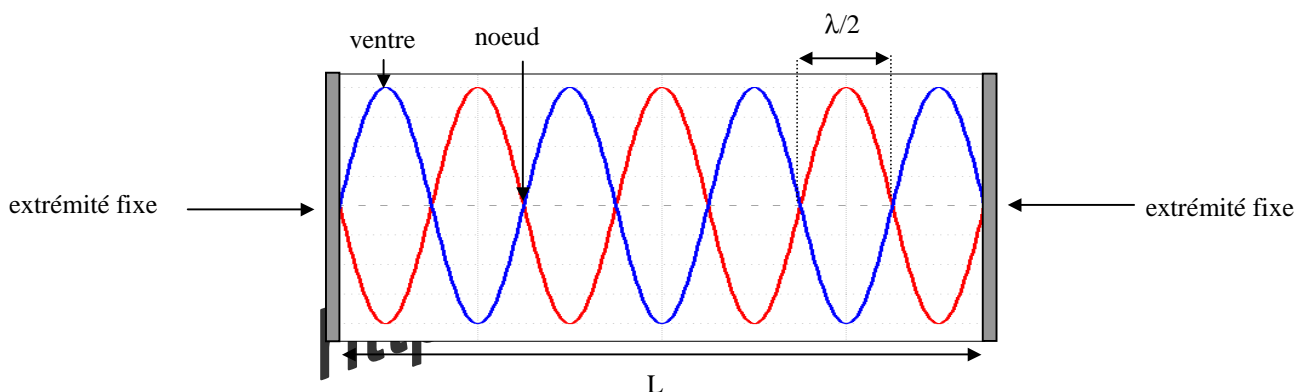
- d) Comment appelle-t-on les points comme le point A et ceux comme le point B ? Que peut-on dire de l'extrémité fixe de la corde ?
 e) Si λ est la longueur d'onde de l'onde incidente (et aussi de l'onde réfléchi), quelle distance sépare deux nœuds consécutifs de la corde ? Représenter cette distance sur le schéma précédent.

Remarque: une telle onde stationnaire apparaît pour toutes les fréquences de l'onde incidente: il n'y a donc pas de quantification des fréquences.

II. REFLEXIONS D'UNE ONDE ENTRE DEUX EXTRÉMITÉS FIXES

1) Condition de stabilité des ondes stationnaires entre deux extrémités fixes.

- Une corde de guitare est fixée entre deux extrémités fixes. Lorsqu'une onde se propage sur la corde est réfléchi de nombreuses fois. Il existe alors certaines conditions pour lesquelles un système d'onde stationnaires peut apparaître.



- Les extrémités de la corde sont des nœuds de vibration.

a) Quelle est la longueur d'un fuseau ?

b) Si L est la longueur de la corde, à quelle condition peut-on observer n fuseaux sur la corde entre les deux extrémités fixes ? En déduire une relation entre L , n et $\lambda/2$, appelée condition de stabilité des ondes stationnaires.

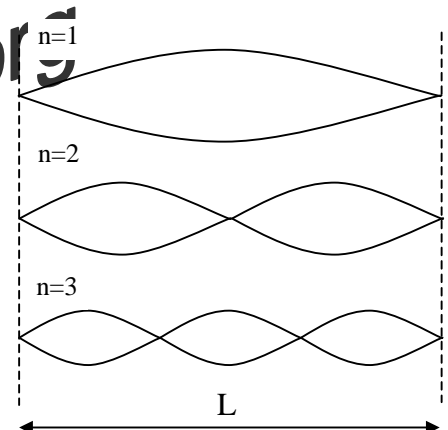
2) Fréquences propres de vibration de la corde, f_n

a) Quelle relation a-t-on entre v , λ et f pour une onde sinusoïdale le long de la corde ?

b) En déduire la relation donnant les fréquences propres f_n pouvant donner naissance à des ondes stationnaires en fonction de n , v et L .

c) Exprimer la fréquence fondamentale f_1 de la corde en fonction de v et L .

d) En déduire une relation entre f_n , n et f_1 . Conclure.



Les trois premiers modes de vibration pour observer des ondes stationnaires

III. ONDES STATIONNAIRES LE LONG D'UNE CORDE

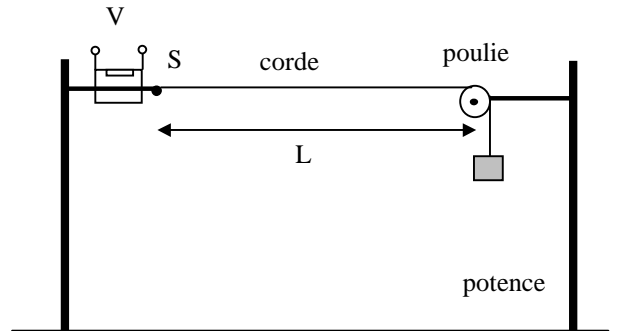
1) Dispositif expérimental

• Le dispositif est constitué d'une corde de longueur **L**, fixé en **S** à la lame d'un vibreur électrique **V**. La corde passe dans la gorge d'une poulie et est tendu par l'intermédiaire de masses marquées exerçant une force **F = P = m × g**.

• Le vibreur se compose essentiellement d'un petit électroaimant et d'une lame métallique vibrante.

• La corde a une masse linéique **μ = 3,94 × 10⁻⁴ kg.m⁻¹**.

• Pour certaines longueurs **L** de la corde ou certaines valeurs de la force **F** (donc de **m**), il se forme des ondes stationnaires.



2) Détermination de la fréquence de vibration de la corde

• Accrocher une masse **m = 100 g**. Brancher le vibreur et déplacer la potence du vibreur afin d'observer une stationnaire avec 3 fuseaux fixes (**n = 3**).

a) Mesurer précisément et noter la valeur de **L**.

• Observation à l'aide du stroboscope: la plus grande fréquence des éclairs pour laquelle on observe l'immobilité apparente de la corde est égale à la fréquence de vibration de la corde. Noter la valeur de la fréquence du stroboscope en **éclairs / min**.

b) Calculer la fréquence de vibration **f** de la corde exprimée en **Hz**.

3) Détermination de la vitesse de propagation des ondes

• Constantes: **f = 100 Hz** **μ = 3,94.10⁻⁴ kg.m⁻¹**
m = 100 g **g = 9,81 m.s⁻²**

• Variable : **L(m)**

• Déplacer la potence avec la poulie et déterminer les distances **L** pour lesquelles on observe **n** fuseaux.

a) Remplir le tableau suivant.

b) Que représente le rapport **L / n** ? Calculer sa valeur moyenne.

c) En déduire la valeur moyenne de la longueur d'onde **λ**.

d) Calculer la vitesse de propagation **v** des ondes le long de la corde.

n	L(m)	$\frac{L}{n}$ (m)
1		
2		
3		
4		
5		

4) Étude de la vitesse de propagation en fonction de la tension F de la corde

• constantes: **f = 100 Hz** **μ = 3,94.10⁻⁴ kg.m⁻¹**
L(m)

• Variable : **m(kg)**

• Ajuster la longueur de la corde pour observer 3 fuseaux avec **m = 100 g**: noter la valeur **L** en m et exprimer **λ** en fonction de **L** et **n**.

n	m(kg)	F(N)	λ(m)	v(m.s ⁻¹)	v ² (m ² .s ⁻²)
2					
3					
4					
5					

• La longueur de la corde reste constante et égale à la valeur précédente pendant toute l'expérience. Chercher expérimentalement et par tâtonnement la valeur, à **5 g** près, des masses à accrocher au fil pour faire apparaître le nombre **n** de fuseaux demandés.

a) Compléter le tableau.

b) Tracer le graphe **v² = f(F)** sur papier millimétré.

- c) Commenter l'allure du graphe. Calculer la valeur du coefficient directeur noté **k**.
- d) Comparer **k** avec $1/\mu$. Ecart relatif.
- e) Proposer une expression pour **v** en fonction de **F** et μ .

5) Expression de la fréquence des modes de vibration d'une corde

- a) Montre que l'expression des fréquences f_n des modes de vibration d'une corde s'écrit:
- b) Donner l'expression de la fréquence f_1 du mode de vibration fondamental d'une corde.
- c) Pour **L** et μ fixés, on veut augmenter f_1 : comment doit-on alors agir sur la masse **m** ?

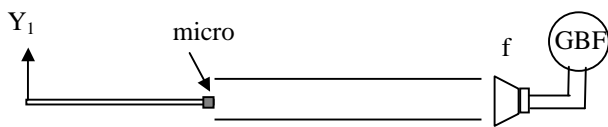
$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

- c) Dans le TP précédent, la corde était métallique avec : $\mu = 5,55 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ $L = 1,00 \text{ m}$ $m = 4,00 \text{ kg}$.
Exprimer f_n en fonction de **n**. En déduire la fréquence f_1 du mode fondamental et comparer avec la valeur trouvée lors de l'expérience.

IV. ONDES STATIONNAIRES À L'INTERIEUR D'UN TUYAU SONORE OUVERT

1) Expérience (un poste pour 4 personnes)

- Placer le micro à l'extrémité du tube.
- Régler la tension aux bornes du GBF à **0,2 V**.



Position des ventres (cm)			
Position des noeuds (cm)			

- Chercher au voisinage de **700 Hz**, la fréquence du GBF pour que l'amplitude du signal reçu soit maximale sur l'oscilloscope: on trouve ainsi la fréquence d'un des harmoniques. Noter sa valeur **f**.
- Déplacer le micro dans le tube et relever les positions des ventres et des noeuds de pressions.

2) Exploitation des résultats

- a) Quelle est, en moyenne, la distance entre deux noeuds ou deux ventres successifs ?
- b) En déduire la longueur d'onde λ de l'onde sonore sinusoïdale produite par le haut-parleur.
- c) Sachant que la vitesse du son dans l'air est de **340 m.s⁻¹** à 20°C, calculer à partir de la valeur **f** de la fréquence de l'excitateur, la longueur d'onde λ de l'onde sonore. Comparer à la valeur précédente. Ecart relatif.
- d) La longueur du tuyau est: **L = 70 cm**. Montrer que les fréquences des modes propres de vibration du tuyau se déduisent de la relation: $f_n = \dots \times n$ à compléter.
- e) Quel était alors le mode de vibration utilisé lors de l'expérience ?