



## Célérité d'une onde

### 1 - Mise en évidence d'une onde progressive

Une onde est la propagation d'une perturbation sans transport de matière. On distingue notamment les ondes mécaniques (comme le son) des ondes électromagnétiques (comme la lumière). Dans un premier temps, nous nous limiterons à l'étude des ondes mécaniques.

#### 1.1 - Etude qualitative

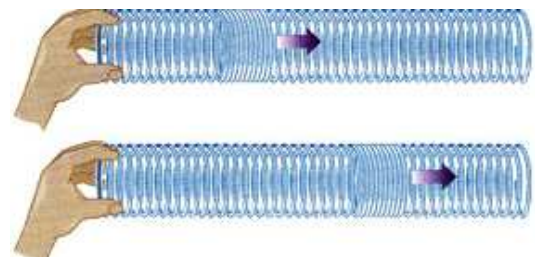
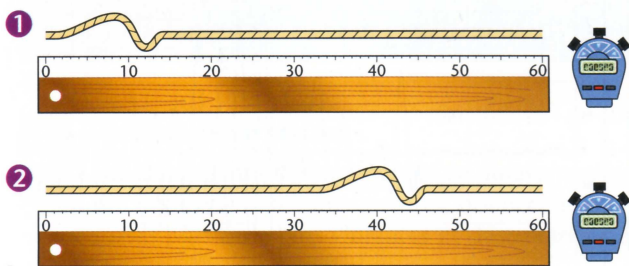
On s'intéresse ici au déplacement

- d'une impulsion verticale se déplaçant le long d'une corde horizontale : [corde.avi](#) 
- d'une compression de quelques spires d'un ressort se déplaçant le long du ressort : [ressort.avi](#) 

#### Questions

1. Dans les deux cas, identifier
  - a. l'onde
  - b. le milieu de propagation
2. On observe dans les deux cas une « onde mécanique progressive à une dimension ». Définir les termes soulignés. Pourquoi n'y a-t-il pas de transport de matière ?

Les schémas ci-dessous représentent la progression de la perturbation sur la corde et de la compression des spires sur le ressort au cours du mouvement.



3. Indiquer la direction de propagation de l'onde ainsi que la direction de la déformation.
4. Ces ondes sont-elles longitudinales ou transversales ?
5. Légender les schémas avec les termes suivants : « date  $t_1$  », « date  $t_2$  », « perturbation », « début de la perturbation », « fin de la perturbation », « sens de propagation », « distance parcourue par la perturbation entre les dates  $t_1$  et  $t_2$  ».

Une onde est dite *longitudinale* (resp. *transversale*) si la direction de la déformation du milieu est **colinéaire** (resp. *orthogonale*) à la direction de propagation de la perturbation.

#### 1.2 - Etude quantitative : détermination de la célérité des ondes

La célérité d'une onde est la valeur de la vitesse de propagation de la perturbation. S'agissant d'un transport d'énergie sans transport de matière, on préfère utiliser le terme « célérité » plutôt que « vitesse ».

1. Expliquer comment déterminer la célérité des deux ondes à partir des schémas.
2. Donner l'expression littérale permettant de calculer la célérité d'une onde ; nommer les grandeurs physiques et donner leurs unités SI.
3. En expliquant votre démarche, déterminer la célérité des deux ondes étudiées à l'aide de Latis Pro. Commenter.

### 2 - Mesure de la célérité d'une onde sonore dans l'air

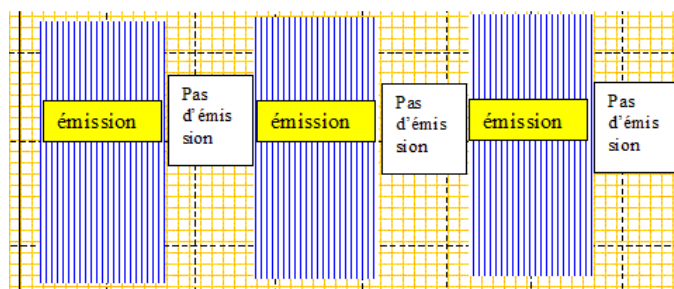
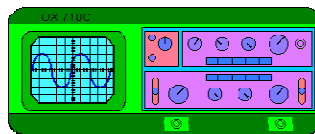
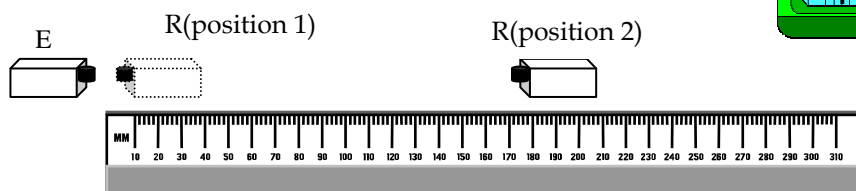
#### 2.1 - Principe

Les ondes ultrasonores sont des ondes sonores inaudibles (car « très aigües »).

L'émetteur d'onde ultrasonore est constitué d'un cristal piézo-électrique qui se met à vibrer lorsqu'il est soumis à une tension : il transforme un signal électrique en une onde ultrasonore qui provoque la vibration de l'air. Le récepteur est également constitué d'un cristal piézo-électrique fonctionnant à l'inverse de l'émetteur.

Ici, on alimente l'émetteur d'onde ultrasonore avec un générateur de tension continue de 12 V. On se place en mode « save rapide » : l'émetteur génère un signal sonore sous forme de bips (salves) qui se répètent à intervalle de temps régulier  $T_s$ . Le bouton « rapport cyclique » permet de régler la période  $T_s$  des salves (on utilise généralement un réglage tel que la taille de la salve à l'oscilloscope soit d'environ 0,4 division avec une base de temps de 2 ms/div).

Le dispositif est le suivant.



Les salves observées à l'oscilloscope

Coller l'émetteur et le récepteur et positionner le zéro de la règle graduée sur l'émetteur. Position 1 sur le schéma.

Relier l'émetteur (les bornes « test » et masse) sur la voie  $Y_A$  et le récepteur sur la voie  $Y_B$  de l'oscilloscope.

Régler les sensibilités verticales et la base de temps de l'oscilloscope pour observer les salves émises et reçues décalées horizontalement. Ainsi que les positions des signaux émis et reçu telles que le début des deux signaux soit sur un trait vertical de l'écran de l'oscilloscope.

### 2.2 – Mesures et exploitation

1. Connaissant le fonctionnement de l'émetteur d'onde ultrasonore, expliquer le fonctionnement du récepteur. Quelles différences faites-vous avec les micros et haut-parleurs « classiques » ?
2. Quel est le rôle de l'oscilloscope ? Noter les branchements de l'oscilloscope sur le schéma ci-dessus.
3. Expliquez ce que vous voyez lorsque le récepteur est en position 1, accolé à l'émetteur. Représenter l'oscillogramme (en précisant les réglages utilisés).
4. Déplacer le récepteur : que se passe-t-il ? Expliquer.
5. Déplacer le récepteur de 10 cm et représenter l'oscillogramme obtenu (en notant les réglages).
6. Déterminer le retard de l'onde pour le récepteur dans cette position, puis réitérer la mesure tous les 10 cm jusqu'à  $ER = 1$  m. Présenter les résultats dans un tableau.
7. Expliquer comment accéder à la célérité de l'onde ultrasonore à l'aide des mesures réalisées et la déterminer au moyen d'une *régression soignée* (en particulier, estimer les erreurs expérimentales).

Remarque : la précision de l'oscilloscope sur la base de temps est de l'ordre de 5 %.

8. On aurait pu ne faire qu'une mesure : pourquoi en réaliser autant et passer par une méthode graphique ? S'il n'avait fallu réaliser qu'une mesure, à quelle distance auriez-vous placé le récepteur ?

Remarque : dans le cas d'une seule mesure, l'incertitude *relative* peut être calculée par la formule  $\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta t}{t}$ .

### 3 – Application à l'écho-détection/location

Certains animaux (dont les chauves-souris) émettent des salves d'ondes ultrasonores afin de localiser proies ou obstacles en analysant la durée entre l'émission et la réception de ces salves après réflexion.

Sur le même principe, dans le bâtiment, on utilise couramment des télémètres pour arpenter.

Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la distance  $d$  à un obstacle au laboratoire.

→ Peut-on également se faire une idée sur la nature de l'objet ?

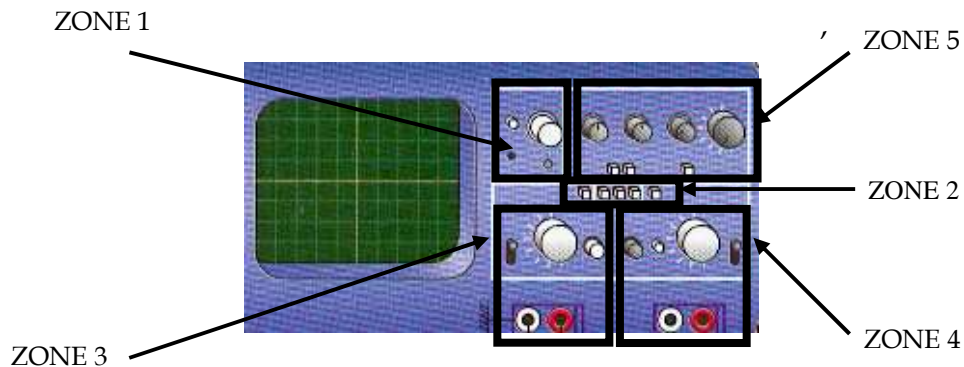
→ Sur le même principe, peut-on utiliser un laser plutôt que des ondes ultrasonores ? Expliquer.

Vous disposerez du matériel suivant : un émetteur ultrasonore ; un récepteur ultrasonore ; des écrans de matières différentes ; un oscilloscope ; des câbles électriques ; une boîte contenant des matériaux de compositions différentes.

## L'OSCILLOSCOPE

On retrouve toujours les mêmes fonctions sur un oscilloscope :

- Une zone pour le réglage du spot : allumage de l'oscilloscope, intensité et épaisseur du spot lumineux : **ZONE 1**
- Une zone pour le choix de l'affichage :  $Y_A$ ,  $Y_B$ , DUAL, ADD : **ZONE 2**
- Une zone pour le réglage de la tension mesurée sur l'entrée  $Y_A$  (le zéro, la position et la sensibilité verticale de ce signal) : **ZONE 3**
- Une zone pour le réglage de la tension mesurée sur l'entrée  $Y_B$  (le zéro, la position et la sensibilité verticale de ce signal) : **ZONE 4**
- Une zone pour le réglage de la base de temps : **ZONE 5**



## L'OSCILLOSCOPE

On retrouve toujours les mêmes fonctions sur un oscilloscope :

- Une zone pour le réglage du spot : allumage de l'oscilloscope, intensité et épaisseur du spot lumineux : **ZONE 1**
- Une zone pour le choix de l'affichage :  $Y_A$ ,  $Y_B$ , DUAL, ADD : **ZONE 2**
- Une zone pour le réglage de la tension mesurée sur l'entrée  $Y_A$  (le zéro, la position et la sensibilité verticale de ce signal) : **ZONE 3**
- Une zone pour le réglage de la tension mesurée sur l'entrée  $Y_B$  (le zéro, la position et la sensibilité verticale de ce signal) : **ZONE 4**
- Une zone pour le réglage de la base de temps : **ZONE 5**

