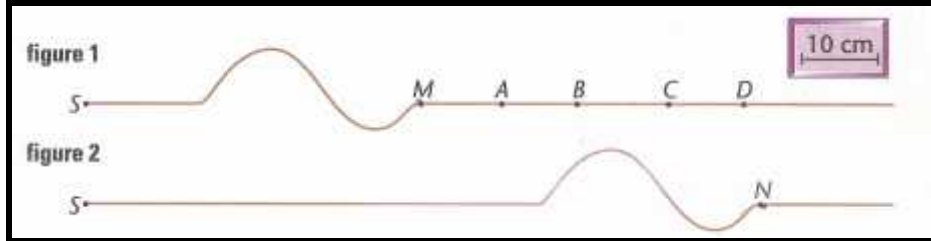


## Les ondes mécaniques progressives

### Exercice N°1 :

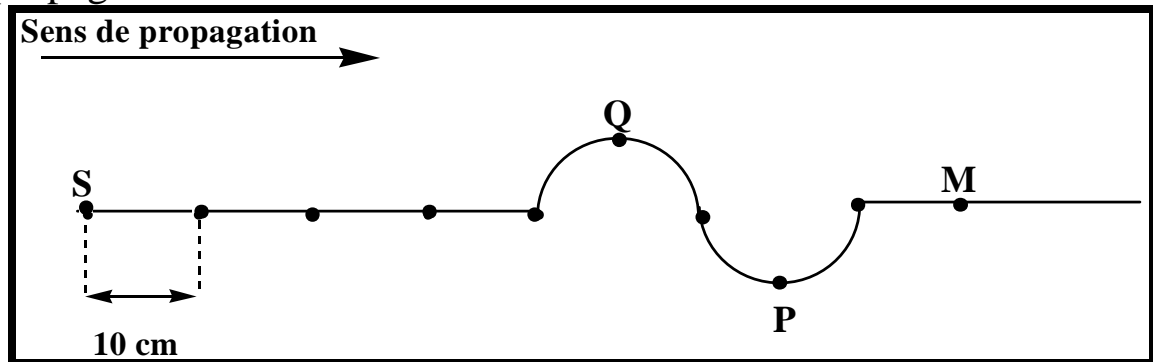
La figure ci-dessous représente deux images d'une vidéo montrant la propagation d'une onde transversale sur une corde élastique tendue. S est une extrémité de la corde, source de la perturbation. La durée séparant les deux images est  $t_2 - t_1 = 0,10$  s.



- 1- Calculer la vitesse de l'onde.
- 2- Pour modifier de façon notable cette vitesse, pourrait-on :
  - a/ Tendre la corde plus fortement ?
  - b/ Choisir une corde de masse plus grande (pour une même longueur) ?
  - c/ Produire une perturbation d'amplitude différente ?
- 3- Les points A, B, C et D sont des marques de peinture tracées sur la corde. Compléter **la figure 2** en indiquant la position de ces points à l'instant  $t_2$ . Quels sont, à cet instant, les directions et les sens de leur mouvement.
- 4- Calculer le retard  $\tau$  du mouvement du point D par rapport au point S.

### Exercice N°2 :

La figure ci-dessous représente à l'instant  $t_1 = 4 \times 10^{-2}$  s une onde qui se propage sur une corde.



A l'instant  $t = 0$  la source S commence à vibrer.

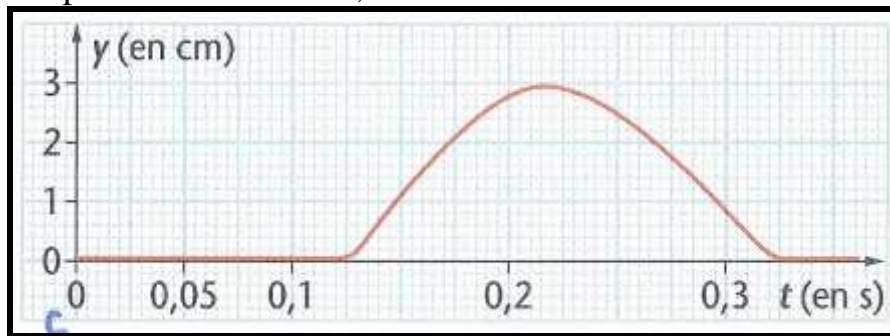
- 1- Quelle est la direction et le sens du déplacement de la source S à  $t = 0$  ?
- 2- Quelle est la direction et le sens du déplacement des points P, Q et M à l'instant  $t_1$  ?
- 3- Calculer la vitesse de l'onde.
- 4- Représenter l'aspect de la corde à l'instant  $t_2 = 5 \times 10^{-2}$  s.
- 5- Déterminer la longueur de la perturbation  $l_p$ .
- 6- Calculer la durée  $t_p$  de la perturbation.
- 7- En déduire la durée du mouvement des points P, Q et M.

8- Représenter dans la même figure l'amplitude de la source S et du point M en fonction du temps.

9- La longueur de la corde est  $L=4\text{ m}$ , déterminer l'instant  $t_f$  de l'arrêt de la vibration de la corde.

### Exercice N°3 :

On filme la propagation d'une onde le long d'une corde. Par traitement informatique, on a obtenu le graphique suivant donnant, en fonction du temps, l'évolution de la position d'un point M de la corde, situé à 40 cm de la source S.



À l'instant  $t_0 = 0\text{ s}$  la perturbation a commencé à être émise en S.

- 1) Calculer la vitesse de l'onde.
- 2) Quelle longueur de corde la perturbation occupe-t-elle à un instant donné ?

### Exercice N°4 :

Dans un métal, la valeur de la vitesse du son est  $V$ . On donne un coup à l'extrémité d'une tige faite de ce métal et ayant une longueur  $L$ . Une personne à l'autre extrémité entend deux sons : l'un qui se propage dans le tuyau, l'autre qui se propage dans l'air.

- 1- On note  $V'$  la vitesse du son dans l'air. Donner l'expression de la durée  $t$  qui sépare les deux sons perçus par la personne.
- 2- Dans le cas où ce métal est de l'acier, on trouve  $t = 10\text{ ms}$ . Sachant que la vitesse du son dans l'acier est  $V_A = 5941\text{ m.s}^{-1}$  et celle du son dans l'air  $V' = 340\text{ m.s}^{-1}$ , quelle est la longueur de la tige ?

### Exercice N°5 :

Dans une bande dessinée, un personnage pose son oreille sur un rail pour savoir si le train qu'il projette d'attaquer approche.

- 1- Quel est l'intérêt de cette méthode ? Calculer la durée mise par un signal sonore pour se propager dans les rails en acier, depuis un train situé à 3,0 km du personnage.
- 2- Au moment où le train est enfin en vue, son conducteur émet un coup de sifflet. Entre l'instant où le personnage aperçoit le panache de brouillard qui s'échappe du sifflet et le moment où il entend le son correspondant, il s'écoule 2,5 s, A quelle distance  $d$  se trouve le train ?

**Données :**

Vitesse du son dans l'air :  $v_A = 343 \text{ m.s}^{-1}$  à  $20^\circ\text{C}$  ; dans l'acier :  $v_{AC} = 5000 \text{ m.s}^{-1}$   
 et vitesse de la lumière dans l'air :  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

### Exercice N°6 :

Les tremblements de terre engendrent des ondes de différentes natures à l'intérieur de la Terre. Dans un modèle simplifié, la Terre est parcourue à la fois par des ondes transversales, notées S, et par des ondes longitudinales, notées P. Les ondes P et S ont de vitesses différentes considérées comme constantes :  $v_S = 4,5 \text{ km.s}^{-1}$  et  $v_P = 8,0 \text{ km.s}^{-1}$ .

Un sismographe enregistrant les ondes P et S provoquées par un séisme note que les premières ondes P arrivent 3,0 min avant les premières ondes S. Si on suppose que les ondes se propagent en ligne droite, à quelle distance du sismographe de tremblement de terre se produit-il ?

### Exercice N°7 :

Deux cordes sont attachées, par un nœud commun, et tendues entre deux supports rigides de longueurs  $L_1 = 2,00 \text{ m}$  et  $L_2 = 3,00 \text{ m}$ , leurs masses par unité de longueur ont pour valeurs respectives  $\mu_1 = 2,50.10^{-4} \text{ kg.m}^{-1}$  et  $\mu_2 = 1,60.10^{-4} \text{ kg.m}^{-1}$ . Les cordes sont soumises à une même tension T de valeur  $T = 400 \text{ N}$ . Une déformation est créée simultanément à chaque extrémité.

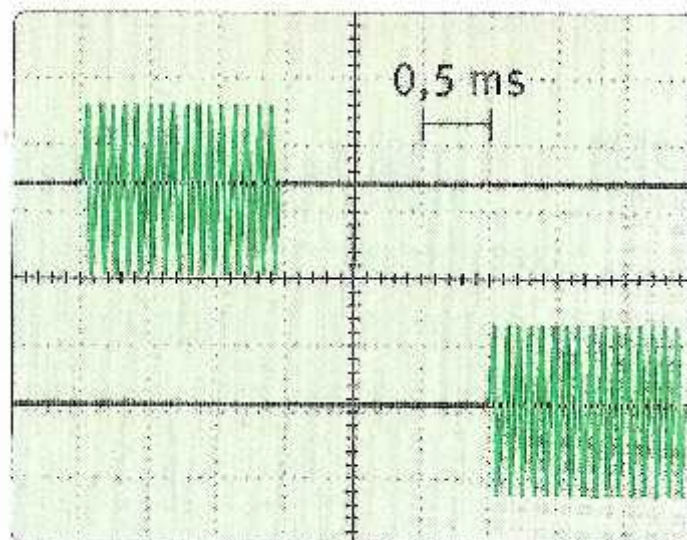
Quelle onde arrivera la première au nœud ?

Donnée :

L'expression de la vitesse v d'une onde dans une corde tendue est égale à  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

### Exercice N°8 :

On place un émetteur d'ultrasons à une distance  $D = 1,0 \text{ m}$  d'un récepteur. L'émetteur produit des salves ultrasonores. On relie l'émetteur et le récepteur à un oscilloscope. La tension de sortie de l'émetteur est appliquée à la voie 1 de l'oscilloscope ; la tension aux bornes du récepteur est visualisée sur la voie 2.



- 1- Quelle est la vitesse de balayage choisie ?
- 2- Quel mode faut-il choisir pour visualiser les deux courbes au même temps ?
- 3- Justifier l'aspect des deux courbes.
- 4- Calculer la célérité des ultrasons dans l'air.

### Exercice N°9 :

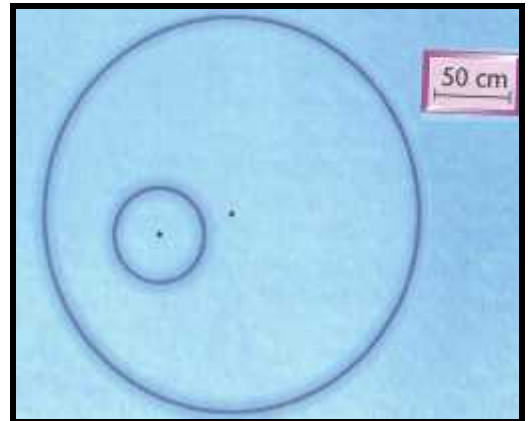
La vitesse du son dans un fluide de masse volumique  $\rho$  ... peut être calculée de la manière suivante :  $v = \sqrt{\frac{1}{\rho \times \beta}}$  ;  $\beta$  est le coefficient de compressibilité :  $\beta = -\frac{1}{V} \times \frac{dV}{dP}$   
Il renseigne sur la variation  $dV$  que subit un volume  $V$  de fluide suite à une variation de pression  $dP$ .

- 1- Sachant que la vitesse du son dans l'air vaut  $340 \text{ m.s}^{-1}$  et dans l'eau  $1500 \text{ m.s}^{-1}$ , calculer le rapport  $\frac{v_{\text{eau}}}{v_{\text{air}}}$ .
- 2- Comparer les coefficients de compressibilité de l'eau et de l'air. Justifier qualitativement cette différence de compressibilité.

### Exercice N°10 :

Mehdi a tenté de photographier, du haut d'un balcon, son frère Khalid alors que celui-ci marchait dans une flaque d'eau. Malheureusement, elle a appuyé trop tard sur le déclencheur et seule deux rides provoquées par un pas de Khalid apparaissent sur le cliché (une ride correspond au pied droit, l'autre correspond au pied gauche).

- 1) Repérer la direction et le sens du mouvement de Khalid.
- 2) La vitesse des ondes à la surface de l'eau étant estimée à  $v = 50 \text{ cm.s}^{-1}$ , estimer la vitesse de déplacement de Khalid.



### Exercice N°11 :

"Sur le lac Léman, en 1826, le physicien Jean-Daniel Colladon et le Mathématicien Charles François Sturm mesurent la vitesse du son dans l'eau à l'aide de deux bateaux séparés de 13 km. A l'un des bateaux est suspendue une cloche de bronze, frappée par un marteau articulé. Une lance à feu fixée au manche du marteau allume une masse de poudre à l'instant du coup sur la cloche. Dans l'autre bateau, l'expérimentateur porte un cornet

acoustique plongé dans l'eau, dont le pavillon est dirigé vers le premier bateau. L'expérience se déroule la nuit, de manière à ce que l'observateur muni du cornet acoustique voie la lueur de l'éclair "

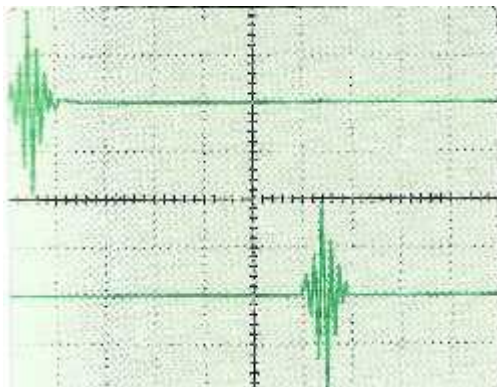
- 1- Quelle grandeur les deux physiciens ont-ils mesurée afin d'obtenir la vitesse du son dans l'eau ?
- 2- Pourquoi l'expérimentateur muni du cornet acoustique doit-il voir l'éclair ? Quelle propriété de la lumière est exploitée dans ce cas ?
- 3- La célérité du son fournie par cette expérience est  $v = 1,5 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$ . En déduire la valeur de la grandeur mesurée.
- 4- Si l'expérimentateur place le cornet acoustique dans l'air, comment va évoluer la valeur de la grandeur mesurée ?

**Données :** Vitesse de la lumière dans l'air :  $c = 3,10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

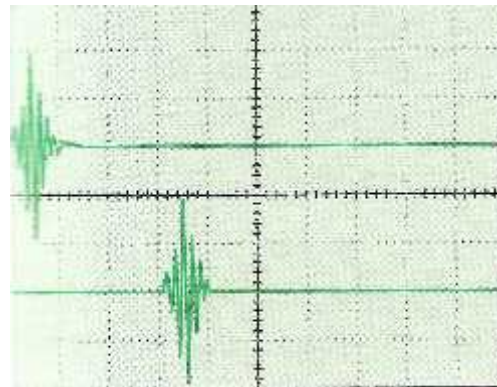
### **Exercice N°12 :**

On réalise l'expérience suivante : deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  signés et distants d'un mètre sont reliés aux deux voies 1 et 2 d'un oscilloscope à mémoire.

Entre ces deux microphones, on produit un clap sonore en percutant deux plaquettes. Le clap sonore est produit à 20 cm du microphone  $M_1$ . Les oscillogrammes obtenus sont représentés ci-dessous (Voie 1 en haut et Voie 2 en bas).



**Figure 1**



**Figure 2**

- 1) Sachant que la vitesse du son dans l'air est  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ , calculer le retard avec lequel le son arrive en  $M_2$ . En déduire la vitesse de balayage de l'oscilloscope (voir figure 1)
- 2) On produit à présent un clap sonore par les deux microphones sans repérer sa position. On obtient l'oscillogramme ci-contre, la vitesse de balayage étant de  $200 \mu\text{s/div}$ . Déterminer l'endroit où le clap a été produit. (voir figure 2)

### Exercice N°13 :

Lors d'un séisme, la terre est mise en mouvement par des ondes de différentes natures, qui occasionnent des secousses plus ou moins violentes et destructrices en surface. On distingue :

- Les ondes P, les plus rapides, se propageant dans les solides et les liquides.
- Les ondes S, moins rapides, ne se propageant que dans les solides.

L'enregistrement de ces ondes par des sismographes à la surface de la terre permet de déterminer l'épicentre du séisme (lieu de naissance de la perturbation).

Les schémas A et B modélisent la progression des ondes sismiques dans une couche terrestre.

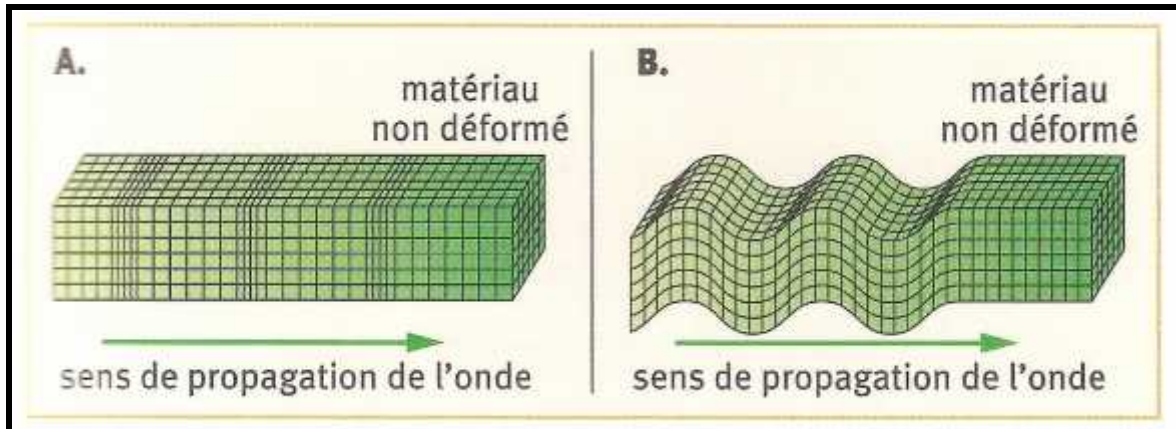


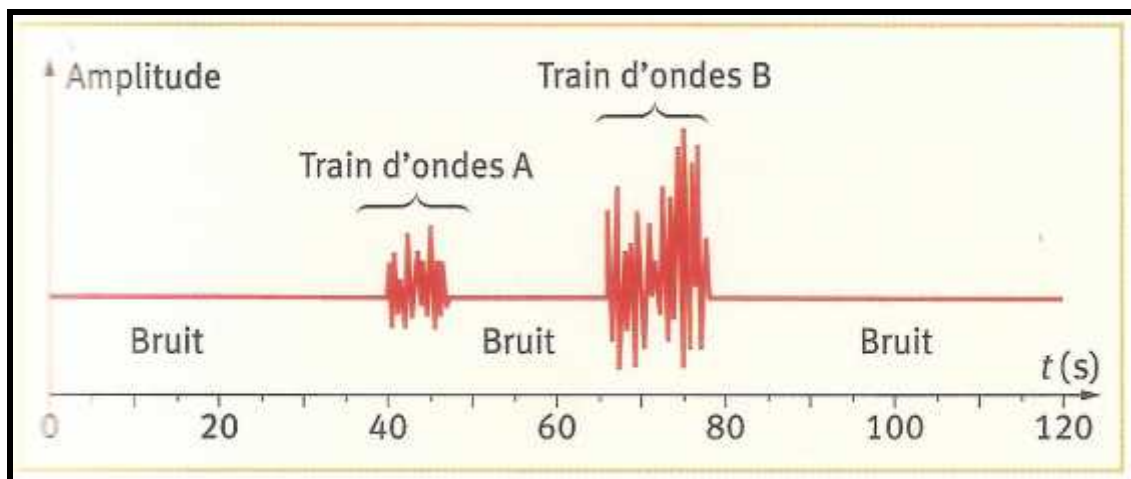
Schéma 1

Schéma 2

- 1- Les ondes P, appelées aussi ondes de compression, sont des ondes longitudinales. Les ondes S, appelées aussi ondes de cisaillement, sont des ondes transversales.

- a- Définir une onde transversale.
- b- Indiquer le schéma correspondant à chaque type d'onde.

- 2- Un séisme s'est produit à San Francisco (Californie) en 1989. Le document ci-dessous présente le sismogramme obtenu lors de ce séisme à la station {Eureka}, station sismique située au nord de la Californie. L'origine des temps ( $t = 0$ ) a été choisie à la date du début du séisme à San Francisco.



Le sismogramme présente deux trains d'ondes repérés par A et B .

- A quel type d'onde (S ou P) correspond chaque train ?
- Justifier la réponse à l'aide du texte d'introduction.
- Sachant que le début du séisme a été détecté à Eureka à 8h 15 min 20 s au **Temps Universel**, déterminer l'heure TU (h ;min ;s) à laquelle le séisme s'est déclenché à l'épicentre.
- Sachant que les ondes P se propagent à une vitesse moyenne de  $10 \text{ Km.s}^{-1}$ , calculer la distance séparant l'épicentre du séisme de la station Eureka .
- En déduire la vitesse moyenne des ondes S.

### Exercice N°14 :

Le scorpion des sables utilise des ondes pour localiser sa proie : lorsqu'un insecte bouge, même faiblement, il produit en effet des ondes à la surface du sable. En fait, il se crée deux types d'ondes : Des ondes longitudinales qui se propagent avec une vitesse  $v_L = 150 \text{ m.s}^{-1}$ , et des ondes transversales qui se propagent avec une vitesse  $v_T = 50 \text{ m.s}^{-1}$ .

Les huit pattes du scorpion des sables comportent des récepteurs très sensibles aux oscillations de matière. En les écartant sur un cercle d'environ 5 cm de diamètre, le scorpion intercepte les ondes longitudinales plus rapides, et détermine la direction de l'insecte. En analysant la durée  $t$  entre cette première interception et l'interception des ondes transversales plus lentes, il estime alors la distance  $d$  qui le sépare de sa proie.

- Qu'est-ce qui différencie une onde longitudinale d'une onde transversale ?
- Comment le scorpion peut-il connaître la direction de l'insecte en interception les ondes longitudinales produites ?
- Exprimer la durée  $t$  en fonction de la distance  $d$  qui le sépare de l'insecte et des célérités  $v_L$  et  $v_T$ . Si  $t = 5,0 \text{ ms}$ , quelle est la valeur de  $d$  ?
- Trois scorpions veulent attraper le même insecte, qui se trouve à une distance  $d_1 = 40 \text{ cm}$  du scorpion n°1.

Lors de l'interception, les deux types d'ondes engendrées par l'insecte sont séparées d'un intervalle  $t_2 = 4,0 \text{ ms}$  pour le scorpion n°2, et d'un intervalle  $t_3 = 4,5 \text{ ms}$  pour le scorpion n°3.

- Déterminer la distance  $d_2$  entre l'insecte et le scorpion n°2.
- Déterminer la distance  $d_3$  entre l'insecte et le scorpion n°3.

c- Le schéma ci-contre représente la position des trois scorpions à l'échelle 1/20.

Déterminer la position de l'insecte à l'aide d'un compas.

