

# Exercices du chapitre Physique 1 : Les ondes mécaniques progressives

## Applications directes

### Définir une onde mécanique

(§ 1 du cours)

#### 1. Étudier le phénomène de la houle

1. Pourquoi la houle est-elle une onde mécanique ?
2. Donner un exemple montrant que la houle transporte de l'énergie.
3. Citer d'autres exemples d'ondes mécaniques.

### Connaître les différents types d'ondes mécaniques

(§ 2 du cours)

#### 2. Connaître le mode de propagation du son

Trouver les propositions fausses et les corriger.

1. La propagation du son dans l'air est une onde transversale.
2. Le son dans l'air correspond à un phénomène de compression-dilatation des tranches d'air.
3. Lors de la propagation d'un son dans l'air, des molécules sont entraînées depuis la source vers le récepteur.
4. La propagation du son s'accompagne d'un transport de matière et d'un transport d'énergie.

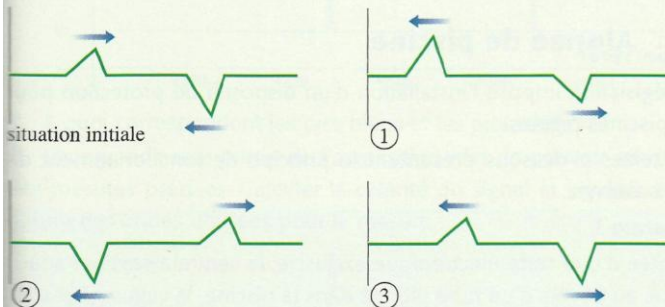
### Étudier la propagation des ondes

(§ 3 du cours)

#### 3. Analyser le croisement de deux ondes

La situation initiale du document ci-dessous présente deux ondes se propageant le long d'une corde et qui vont se croiser.

Choisir la proposition correcte parmi les trois propositions, numérotées de 1 à 3, de la situation après le croisement. Justifier le choix.



#### 4. Calculer la célérité du son dans l'air

Lors de la détermination de la célérité du son dans l'air en 1822, les physiciens F. ARAGO, M. PRONY et L. GAY-LUSSAC ont mesuré avec précision la distance Villejuif-Monthléry, soit 18 611,5 m. Ils mesurèrent la durée séparant l'observation de l'éclair produit par un coup de canon, et la réception du son. La température était de 10 °C et la durée moyenne mesurée par les chronomètres de 55,2 s.

1. Pourquoi peut-on admettre que la propagation de l'éclair est instantanée ?
2. Pourquoi précise-t-on la température de l'air ?
3. Calculer la célérité du son.

#### 5. Calculer la célérité d'une vague

En eau peu profonde, la célérité d'une vague à la surface de l'eau dépend de l'intensité de la pesanteur,  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  et de la profondeur  $h$  de l'eau.

1. Une seule des relations ci-dessous est homogène et permet de calculer la célérité  $\vartheta$  de la vague. Déterminer laquelle en effectuant une analyse dimensionnelle.

$$\vartheta = \sqrt{g \cdot h^2}; \quad \vartheta = \sqrt{\frac{g}{h}}; \quad \vartheta = \sqrt{g \cdot h}.$$

2. Calculer la valeur de la célérité  $\vartheta$  pour une profondeur  $h = 0,92 \text{ m}$ .

#### 6. Calculer la célérité des ondes sismiques

À l'instar d'une cloche qui vibre, la Terre est secouée de tremblements incessants. Cependant, des tremblements de terre plus importants provoquent des ondes sismiques qui se propagent sur de grandes profondeurs et de grandes distances.

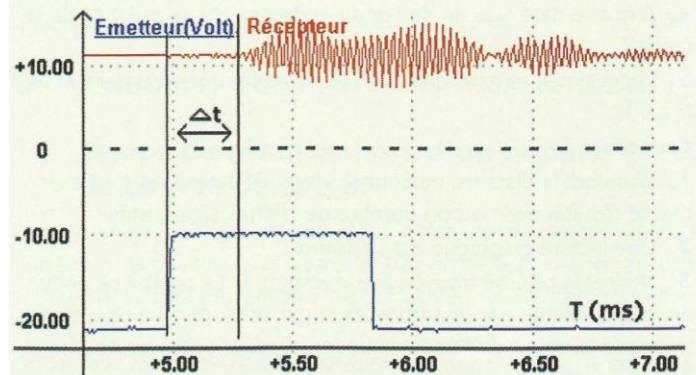
1. Les ondes sismiques n'ont pas la même vitesse en chaque point du globe terrestre. Pourquoi ?
2. Le 16 mars 1999, au Québec, un tremblement de terre a été détecté à 7 h 50 min 52 s pratiquement à l'épicentre. Une station de détection sismique située à 61 km l'a détecté à 7 h 51 min 17 s. Calculer la célérité moyenne de ces ondes sismiques.

#### 7. Déterminer la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau

(voir l'exercice résolu 1)

Un élève se propose de déterminer la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau. Il place l'émetteur et le récepteur (adaptés à l'eau), face à face, à 36 cm l'un de l'autre, dans un aquarium au fond duquel il verse de l'eau.

À l'aide d'un système d'acquisition informatisé, il enregistre, en fonction du temps, les signaux émis et reçus (voir le document ci-dessous).



1. a. Sur le document, que représente  $\Delta t$  ?  
b. Déterminer la valeur de  $\Delta t$ .
2. En déduire la valeur de la célérité  $\vartheta_{\text{eau}}$  des ultrasons dans l'eau.

#### 8. Calculer un retard lors de la propagation d'une onde

(voir l'exercice résolu 1)

On a schématisé (en coupe, dans un plan vertical) la surface de l'eau lors du passage d'une vague.

À la date  $t = 0 \text{ s}$ , le front de l'onde a quitté le point S de la surface.

À la date  $t_1 = 3,0 \text{ s}$ , la forme de la surface de l'eau a l'aspect dessiné ci-dessous.  $M_1$  est la position du front de l'onde à la date  $t_1$ .



1. L'onde est-elle transversale ou longitudinale ?
2. Calculer la valeur de la célérité de l'onde.
3. Quelle est la durée  $\Delta t$  du mouvement d'un point de la surface lors du passage de l'onde ?
4. Où se situe le front de l'onde à la date  $t' = 1,0 \text{ s}$  ?
5. Un point  $M_2$  est situé à la distance 12 m de  $M_1$ . Avec quel retard sera-t-il atteint par le front de l'onde ?

## Utilisation des acquis

#### 10. Sonomètre

Un élève fait sonner un réveil à proximité d'un sonomètre. Cet appareil détecte le son émis. Il place le sonomètre à l'intérieur de la cloche de verre et le réveil à l'extérieur.

Il fait le vide sous la cloche; il arrête la pompe à vide et fait sonner le réveil. Il constate que





# Exercices du chapitre Physique 1 : Les ondes mécaniques progressives

le sonomètre ne détecte pas de son. Il en conclut que le son ne se propage pas dans le vide.

Un autre élève pense que le son a été arrêté par le verre de la cloche. Comment compléter cette expérience pour la rendre concluante ?

## 11. Les vagues

(voir l'activité préparatoire A)

On évalue la puissance transportée par les vagues à 45 kW par mètre de rivage sur les côtes du sud-ouest de la France.

1. L'onde formée par les vagues est-elle transversale ou longitudinale ?
2. Une vague parcourt une distance  $d = 100$  m en une durée  $\Delta t = 20,0$  s. Quelle est la célérité de la propagation ?
3. Quel est le mouvement d'une bouée lors du passage d'une vague ?
4. Quelle est l'énergie dissipée par les vagues en un an sur chaque kilomètre de côte ?

## 13. Le télémètre à pointeur laser

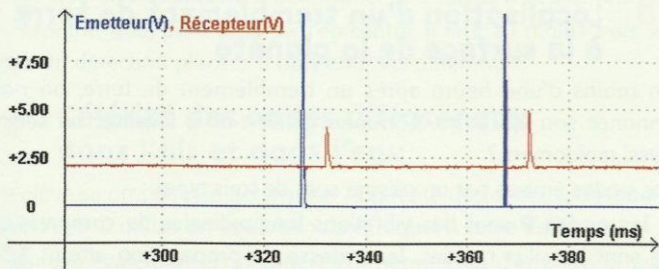
Un élève a lu dans une revue de bricolage l'annonce suivante :

« Télémètre à ultrasons 40 kHz à faisceau lumineux ».

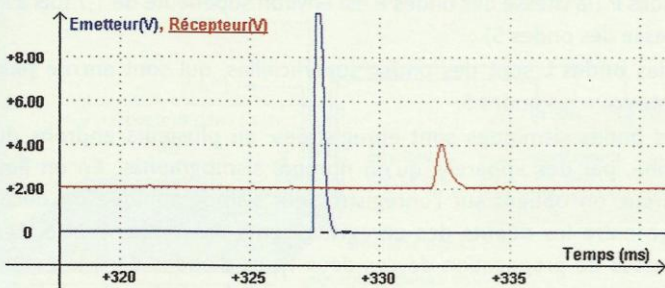
Il se demande si la mesure se fait grâce à la réflexion des ultrasons ou bien grâce à la réflexion de la lumière. Pour le vérifier, il relie l'émetteur du télémètre à un système d'acquisition informatisé. Puis, il place un récepteur ultra-sonore à 1,60 m du télémètre. Le récepteur est également relié au système d'acquisition. Il obtient l'enregistrement ci-dessous. Les signaux ont été décalés verticalement pour une meilleure lisibilité.



Les télémètres à ultrasons sont utilisés par les artisans pour mesurer les dimensions d'une pièce.



1. À quoi correspondent les pics bleus et les pics rouges ?
2. On agrandit une partie de l'acquisition afin de pouvoir effectuer des mesures précises. Calculer la célérité du signal et en déduire la nature des ondes utilisées pour la mesure.



3. Quel est le rôle du laser ?

## 17. Le record de vitesse du TGV

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement d'un TGV est apportée par une ligne suspendue, la **caténaire**, sur laquelle vient frotter la partie supérieure d'un dispositif articulé, le **pantographe**. Cela provoque une onde qui soulève la caténaire et qui se propage avec une célérité  $\vartheta$ . Pour un bon fonctionnement, il ne faut pas que le train rattrape cette onde. Si on note  $\vartheta_T$  la vitesse du train, il faut donc avoir  $\vartheta_T < \vartheta$ .

1. L'onde qui se propage le long de la caténaire est-elle transversale ou longitudinale ?
2. a. La célérité  $\vartheta$  de cette onde est égale à la racine carrée du quotient de la tension  $F$  par la masse linéique  $\mu$  (masse par unité de longueur). Écrire l'expression littérale de la célérité de cette onde.

b. La caténaire peut être assimilée à un câble cylindrique en cuivre de rayon  $r = 0,70$  cm. La densité du cuivre est  $d = 8,9$ .

Montrer que la masse linéique du câble est  $\mu = 1,4$  kg  $\cdot$  m<sup>-1</sup>. SOS

c. La tension normale d'une caténaire est  $F_t = 2,6 \times 10^4$  N. Quelle est alors la célérité  $\vartheta$  de l'onde le long de la caténaire ?

3. Lors du record de vitesse du 18 mai 1990, la rame 325 du TGV a roulé à la vitesse de 515 km  $\cdot$  h<sup>-1</sup>. La tension de la caténaire avait été augmentée spécialement pour la tentative. Sa valeur était alors de  $3,0 \times 10^4$  N. Justifier cette augmentation.

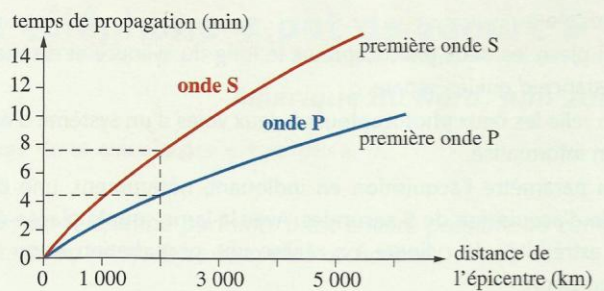
## 18. Localisation d'un tremblement de terre à la surface de la planète

En moins d'une heure après un tremblement de terre, on nous annonce son épicentre. Comment arrive-t-on à localiser un séisme aussi rapidement ?

Les ondes émises par un séisme sont de trois types :

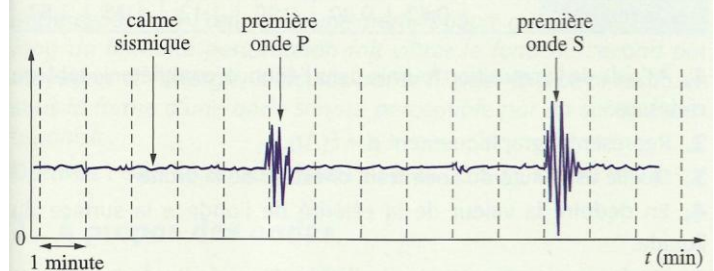
- les **ondes P** sont des vibrations longitudinales de compression ; ce sont les plus rapides, leur vitesse de propagation atteint 3,5 à 14 km  $\cdot$  s<sup>-1</sup>, suivant la nature des roches et la profondeur de propagation ;
- les **ondes S** sont des vibrations transversales de cisaillement perpendiculaires à la direction de propagation, moins rapides que les ondes P (la vitesse des ondes P est environ supérieure de 1,7 fois à la vitesse des ondes S) ;
- les **ondes L** sont des ondes superficielles, qui sont encore plus lentes que les ondes S.

Les ondes sismiques sont enregistrées, en plusieurs endroits du globe, par des appareils qu'on nomme sismographes. En un lieu donné, on obtient sur l'enregistrement sismographique un décalage entre les débuts des enregistrements des ondes P et S. Les vitesses de propagation de ces deux types d'ondes dans la croûte terrestre sont connues et on possède des courbes étalonnées, comme sur le **document 1**.



### Doc. 1

1. En examinant le **document 1**, peut-on dire que les vitesses des ondes S ou P sont constantes ? Si elles ne le sont pas, expliquer pourquoi.
2. Calculer la vitesse moyenne des ondes S et P lors d'un parcours de 2000 km.
3. Lors d'un séisme, on a détecté les signaux du **document 2** :



### Doc. 2

- a. Quelle est l'onde détectée en premier ?
- b. Quel est l'intervalle de temps séparant les débuts des détections des deux ondes ?
- c. À l'aide du **document 1**, déterminer la distance à l'épicentre.
4. Montrer que, pour localiser l'épicentre, il faut au moins trois stations de détection placées à trois endroits différents.