# Chapitre 1
# Ondes mécaniques progressives

*Les exercices en grisé sont pour le 13 septembre.*

## Révision et Résumé

**Onde** Une onde correspond au déplacement d'une perturbation, contenant de l'énergie, sans déplacement net de matière.

**Onde mécanique** Une onde mécanique se propage dans un milieu matériel.

**Ondes transversales** Perturbation perpendiculaire à la direction de propagation.

**Ondes longitudinales** Perturbation parallèle à la direction de propagation.

**Célérité** La célérité d'une onde mécanique est donnée par :

$$c = \frac{d}{t}$$

**Onde progressive** Une onde progressive correspond au déplacement d'une perturbation sans déformation, la perturbation d'un point du milieu à l'instant $t$ étant identique à celle de la source au temps $t' = t - \tau$, $\tau$ étant le retard.

**Milieu dispersif** Lorsque le milieu est dispersif, la célérité de l'onde dépend de sa fréquence.

**Generis 5+** Vous devez être aptes à mener des mesures de distances, de vitesses et de retards, sur des chronophotographies ou sur des enregistrements étudié à l'aide d'un logiciel informatique (comme Generis 5+ au lycée).

**Oscilloscope** Vous devez être capable de mesurer le retard d'un clap ou d'une salve d'ultrasons à l'aide d'un oscilloscope.

## Mots clés

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Onde** | **Onde transversale** | **Célérité** | **Onde progressive** |
| **Onde mécanique** | **Onde longitudinale** | **Retard** | **Milieu dispersif** |

## Applications du cours

**1.1 N°15 p. 32 : Ondes mécaniques le long d'un ressort**

**1.2 N°26 p. 35 : Perturbation le long d'une corde**

**1.3 N°27 p. 35 : Perturbation le long d'un ressort**

**1.4 N°28 p. 35 : Salve d'ultrasons**

**1.5 Variation de la célérité avec la température**

La célérité $v$ du son dans l'air est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue $T$.

**a.** Exprimez mathématiquement cette propriété.

**b.** On donne $v = 340$ m.s$^{-1}$ pour la célérité du son dans l'air à 15°C. Calculez la célérité du son dans l'air à 0°C puis à 25°C.

## Problèmes

*N'oubliez pas les exercices résolus pages 30 et 31 du livre.*

**1.6 Célérité des ondes sur une corde**

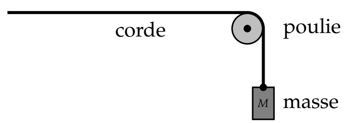
La célérité des ondes le long d'une corde élastique dépend de sa tension $F$ (en newtons N) et de sa masse linéique $\mu$ (masse par unité de longueur, en kg.m$^{-1}$) :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

**a.** Calculez la célérité $v$ pour une corde de longueur $\ell = 10$ m dont la masse est de $1,0$ kg, tendue par une force de $2,5$ N.

**b.** Comment varie cette célérite si :
- avec la même corde, on multiplie la tension par quatre ?
- avec la même tension, on forme une tresse avec quatre cordes identiques ?

**c.** La corde de la question **a** est maintenant tendue par le poids d'une masse $M$, comme le montre le schéma ci-dessous :




Calculer la valeur de la célérité des ondes le long de la corde, avec $M = 160$ g.

**1.7 N°20 p. 33 : L'oléoduc**

# Corrigé 1
# Ondes mécaniques progressives

## Applications du cours

**1.1 N°15 p. 32 : Ondes mécaniques le long d'un ressort**

1. La perturbation conserve sa forme au cours de la propagation.
2. L'onde est transversale ; en effet direction de propagation & direction de la perturbation sont orthogonaux.
3. En mesurant au double décimètre, on trouve 3,3 cm pour la règle de 100 cm, et 4,4 cm pour le déplacement de la perturbation, d'où la proportion suivante :

$$\frac{d}{100} = \frac{4,4}{3,3} \quad \Rightarrow \quad d = 133 \text{ cm.}$$

4. $v = \dfrac{d}{\tau} = \dfrac{133.10^{-2}}{125.10^{-3}} = 10,6$ m.s$^{-1}$, ce que l'on peut arrondir à 10 m.s$^{-1}$, compte tenu de la précision des mesures.

**1.2 N°26 p. 35 : Perturbation le long d'une corde**

**1.3 N°27 p. 35 : Perturbation le long d'un ressort**

**1.4 N°28 p. 35 : Salve d'ultrasons**

**1.5 Variation de la célérité avec la température**

**a.** $v = k\sqrt{T}$, avec $k$ une constante arbitraire.

**b.** La donnée nous permet de calculer la valeur de la constante $k$ :

$$k = \frac{v}{\sqrt{T}} = \frac{340}{\sqrt{15+273}} = 20,0$$

On notera la conversion des degrés Celius en kelvin. On applique ensuite la formule :
- À 0°C : $v = 20,0 \times \sqrt{0+273} = 330$ m.s$^{-1}$
- À 20°C : $v = 20,0 \times \sqrt{20+273} = 342$ m.s$^{-1}$

## Problèmes

**1.6 Célérité des ondes sur une corde**

**a.** La masse linéïque vaut : $\mu = m/\ell = 0,10$ kg.m$^{-1}$, et donc, en appliquant la formule :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{2,5}{0,10}} = 5 \text{ m.s}^{-1}.$$

**b.** Variation de la célérite :
- on multiplie la tension par quatre : la célérité double ;
- on multiplie la masse linéïque par quatre : la célérité est divisée par deux.

**c.** La tension, en considérant la poulie parfaite et sans frottements, vaut donc : $F = Mg = 160.10^{-3} \times 9,81 = 1,57$ N ; et, par suite, en reprenant la même masse linéïque que dans la première question : $v = 3,9$ m.s$^{-1}$.

**1.7 N°20 p. 33 : L'oléoduc**

1. Deux ondes sonores distinctes se propagent : une dans le pétrole avec la vitesse $V_1$, l'autre dans l'acier avec la vitesse $V_2$, plus élevée. Le capteur reçoit donc deux perturbations.
2. Notons $\tau_1$ et $\tau_2$ les durées de propagation des deux signaux ; on a $\tau_1 < \tau_2$, et on peut écrire :

$$\tau_1 = \frac{D}{V_1} \quad \text{et} \quad \tau_2 = \frac{D}{V_2}.$$

La durée séparant les deux signaux est $\tau = \tau_2 - \tau_1$, d'où la relation recherchée :

$$\tau = D\left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right) \quad \Leftrightarrow \quad D = \frac{V_1 V_2}{V_1 - V_2}\tau.$$

3. Application numérique : $D = 4,8$ km (on peut laisser les vitesses $V_1$ et $V_2$ dans les unités données par l'énoncé lors du calcul).

⋆⋆⋆