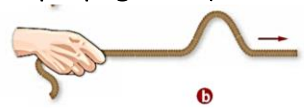
Propriétés des ondes

- On appelle **onde mécanique** progressive la propagation d'une perturbation dans un **milieu matériel**.

- Direction de propagation : une onde se transmet de proche en proche à partir de la source dans le milieu matériel, dans toutes les directions qui lui sont offertes. Elle est à :
  - une dimension si elle se propage dans une seule direction (ex : le long d'une corde)
  - deux dimensions si elle se propage dans un plan (surface de l'eau)
  - Trois dimensions si elle se propage dans tout l'espace (le son dans l'air)

- L'onde est « **transversale** » lorsque la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation (ex : à la surface de l'eau, le long d'une corde, ondes sismiques S et L)



L'onde est « **longitudinale** » lorsque la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation (ex : le long d'un ressort, le son, les ondes sismiques P)

- La vitesse de propagation est appelée « **célérité** » : elle correspond à un déplacement d'une perturbation ; il ne s'agit pas d'un déplacement global de matière

<u>Exercices 25 P 42</u>

Notion issue des connaissances : $v = \frac{d}{\Delta t}$

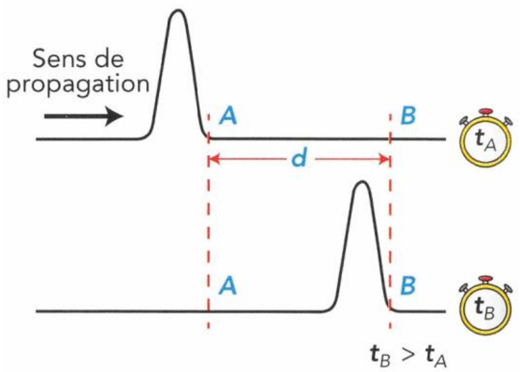
avec : d : distance parcourue et Δt durée de parcours

D'où $d = v \times \Delta t$

Si on considère que :
- la vitesse de propagation de la lumière est suffisamment grande pour que son émission (éclair) et la perception par un observateur éloigné de quelques kilomètres sont simultanés
- la vitesse du son dans l'air est d'environ $v = 330\ m.s^{-1} = 0{,}33\ km.h^{-1} = \frac{1}{3}\ km.h^{-1}$

Alors $d = \frac{1}{3} \times \Delta t = \frac{\Delta t}{3}$

- Tout point M du milieu de propagation d'une onde subit la même perturbation que la source S avec un retard.



Exemple : le point B reçoit la même perturbation que le point A avec un retard :

$$t_B - t_A = \tau = \frac{d}{c}$$

<u>Exercice 26 P 42</u>

Interprétation des graphiques :
- Le micro 1 reçoit le signal à la date $t_1 = 3\ ms$; le micro2 reçoit le signal à la date $t_2 = 5\ ms$
- le micro 2 reçoit le signal après le micro 1. Il est donc situé plus loin du clap que le micro 1, à une distance $d = 68\ cm$ du micro 1.
- Le retard τ avec lequel le micro 2 reçoit le signal est $\tau = t_2 - t_1 = 5 - 3 = 2\ ms$

Notion issue des connaissances : $v = \frac{d}{\tau}$ A.N. $v = \frac{0,68}{2\times10^{-3}} = 3 \times 10^2\ m.s^{-1}$

Exercice 29 P 43

a. Calcul de la durée Δt_1 : $\Delta t_1 = \frac{d}{v_A}$ A.N. $\Delta t_1 = \frac{100}{20} = 5,0s$

b. Calcul de la durée Δt_2 : $\Delta t_2 = \frac{2d}{v_B}$ A.N. $\Delta t_1 = \frac{2\times100}{1,5\times10^3} = 1,3 \times 10^{-1}s$

Remarque : pendant ce temps, le dauphin a avancé de : $d' = v_A \cdot \Delta t_2$

A.N. $d' = 20 \times 0,13 = 2,6m$

(On a cependant considéré dans l'énoncé que la position du dauphin est restée la même).

c. On peut remarquer que (0,500+0,13)s < 5s. Le dauphin peut bien éviter le navire.

Exercice 35 P 45

Interprétation des documents :

Foyer (source) des ondes sismiques : à la verticale en dessous de San Francisco (= épicentre)

Sismographe situé à Eurêka

Sismogramme : t=0 correspond à la date à laquelle les ondes sont ressenties à l'épicentre (San Francisco) ; les premières ondes sont perçues avec un certain retard à Eurêka (après t=0)

a. Le train d'onde A correspond aux ondes P (« les plus rapides » arrivent en premier)
Le train d'onde B correspond aux ondes S (arrivent avec un certain retard à San Francisco)

b. Les premières secousses du séisme sont ressenties à San Francisco $\tau_P = 40\ s$ avant leur perception au niveau de Eurêka, soit à 8h 14min 40s TU

c. Distance entre San Francisco (épicentre) et Eurêka :
$d = v_P \times \tau_P$ A.N. $d = 10 \times 40 = 4,0 \times 10^2\ km$ (environ 400 km)

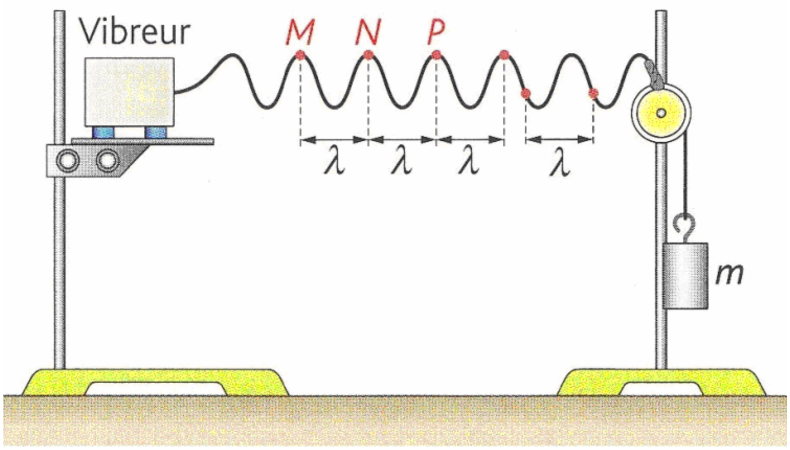
d. Vitesse des ondes S :
$v_S = \frac{d}{\tau_S}$ A.N. $v_S = \frac{4,0\times10^2}{65} = 6,2\ km.s^{-2}$

- L'onde est périodique si la perturbation se reproduit identiquement à elle-même à intervalles de temps réguliers.

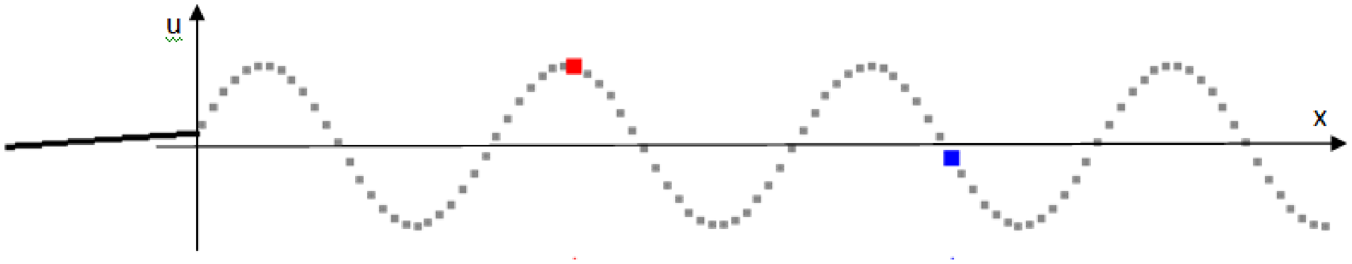
- C'est la source qui impose **la période temporelle T**.
  Chaque point qui reçoit la perturbation vibre avec la même période que la source.
  Rappel : relation période – fréquence : $F = \frac{1}{T}$

- Si la source vibre sinusoïdalement en fonction du temps, alors l'onde est dite périodique sinusoïdale.

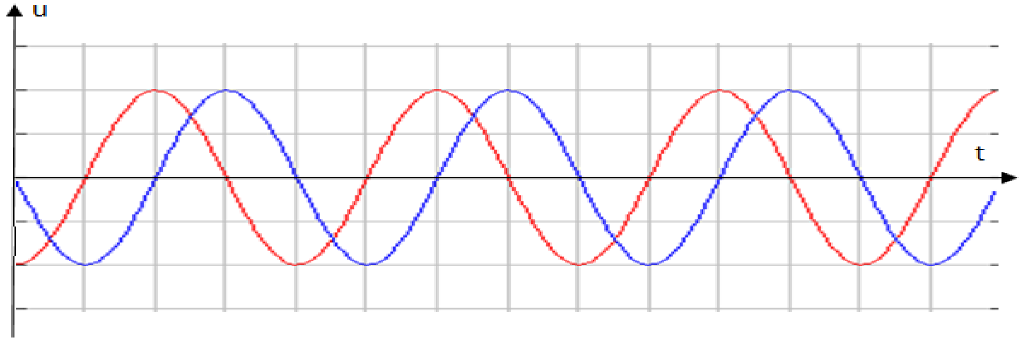
- On définit **la période spatiale λ** ou « longueur d'onde » comme étant la distance minimale qui sépare 2 points qui sont dans le même état vibratoire (« vibrent en phase »)



- Il ne faut pas confondre :
  - La courbe représentative des la corde à un instant t : $u_t(x)$; cette courbe permet de mesurer la période spatiale λ



  - La courbe représentant l'effet du passage de la perturbation sur la position d'un point en fonction du temps : ci-dessous $u_{Rouge}(t)$ et $u_{Bleu}(t)$; cette courbe permet de mesurer la période temporelle T



- La relation liant T et λ :
  La longueur d'onde λ est la distance que parcourt la perturbation pendant 1 période.
  D'où $\lambda = v\,.T$ $\quad (distance = vitesse \times durée\ de\ parcours)$

  On peut aussi écrire, avec $T = \frac{1}{F}$: $\quad \lambda = \frac{v}{F}$

<u>Exercice 16 P 39</u>

	Fréquence f	Période T	Longueur d'onde λ
Ultrason	$F = \frac{1}{T}$ $F = \frac{1}{25 \times 10^{-6}} = 4{,}0 \times 10^3 Hz$	25µs	$\lambda = v \cdot T$ $\lambda = 340 \times 25 \times 10^{-6}$ $\lambda = 8{,}5 \times 10^{-3} m$
Note La3	440Hz	$T = \frac{1}{F}$ $T = \frac{1}{440} = 2{,}27 \times 10^{-3} s$	$\lambda = \frac{v}{F}$ $\lambda = \frac{340}{440} = 7{,}73 \times 10^{-1} m$
Micro-onde	$F = \frac{v}{\lambda}$ $F = \frac{340}{5{,}0 \times 10^{-2}} = 6800 Hz$	$T = \frac{\lambda}{v}$ $T = \frac{5{,}0 \times 10^{-2}}{3{,}00 \times 10^{8}} = 1{,}7 \times 10^{-10} s$	5,0 cm

Remarques :
- les ultrasons et les sons se propagent dans l'air à la vitesse de $340 m.s^{-1}$.
- Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'air (comme dans le vide) à la vitesse de $3{,}00 \times 10^8$ $m.s^{-1}$

<u>Exercice 12 P 39</u>

a. Les points A et B sont séparés de 4 longueurs d'ondes.
   La longueur d'onde λ = d/4 soit λ = 1,0 cm

b. Période : $T = \frac{1}{F}$ A.N. $T = \frac{1}{15} = 6{,}7 \times 10^{-2} s$

c. Célérité : $v = \lambda \cdot F$ A.N. $v = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 15 = 1{,}5 \times 10^{-1} m.s^{-1}$ soit $15 cm.s^{-1}$

Exercice 28 P 43

a. Détermination de la longueur d'onde : on mesure sur le livre la distance correspondant à 3λ : d_{livre}=5,7cm
L'échelle 2 signifie que 2cm dans le livre correspond à 1cm dans la réalité. On en déduit que la distance réelle correspondant à 3λ est $d_{réalité}=d_{livre}/2$ A.N. $d_{réalité}$=2,9cm
D'où λ = $d_{réalité}/3$ = 0,97cm

b. Célérité des ondes : $v = \lambda \cdot F$ A.N. $v = 0{,}97 \times 5 = 4{,}9 m.s^{-1}$

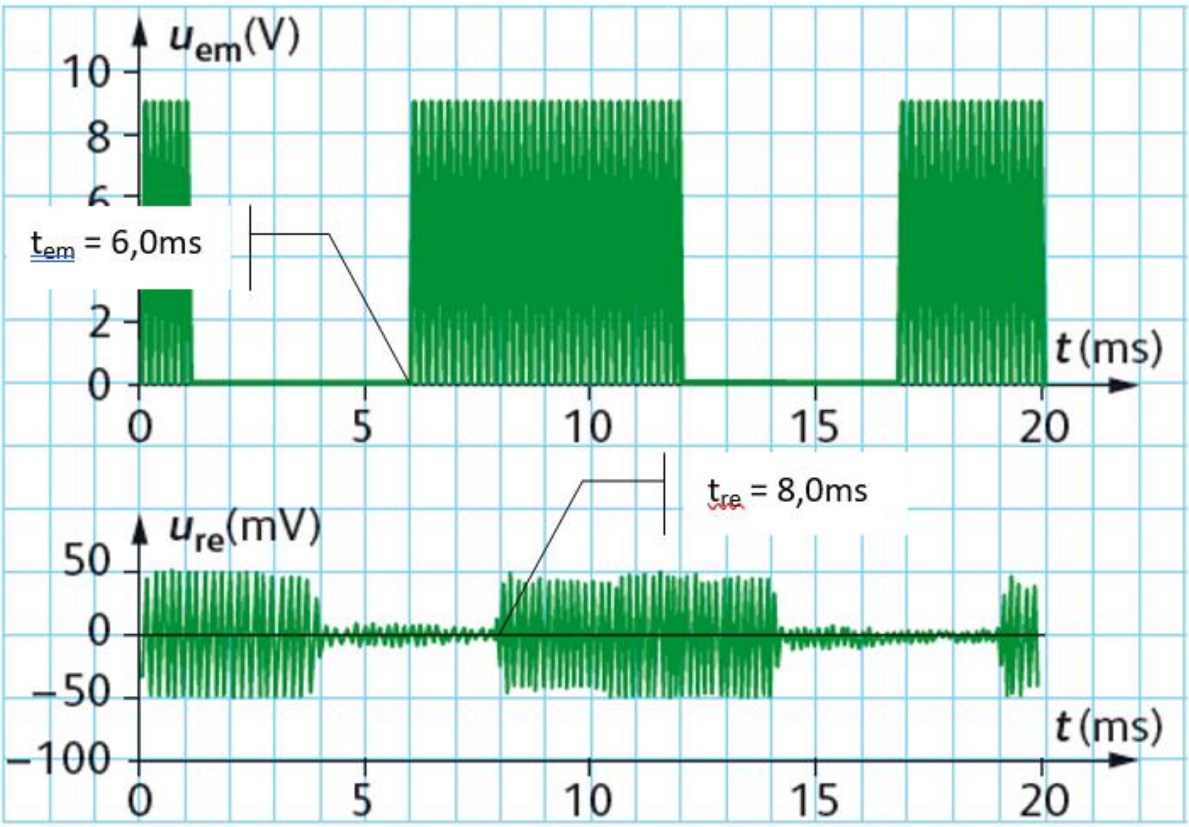
Exercice 32 P 44

a. $\Delta t = \frac{2L}{v}$ (le signal parcourt l'aller-retour, soit 2L)

b. D'après le schéma : $H = D - L$
or $L = \frac{1}{2} v \cdot \Delta t$ d'après la relation établie en a.
d'où $H = D - \frac{1}{2} v \cdot \Delta t$

c. D'après la relation établie en b. : $\Delta t = \frac{2 \times (D-H)}{v}$
Avec D = 10m, H = 3,20m et v=340m.s^{-1} (propagation des ondes ultrasonores dans l'air) : Δt = 40ms

d. Les enregistrements permettent de déterminer Δt : Δt = $t_{re} - t_{em}$ = 8,0 – 6,0 = 2,0 ms
D'après la relation établie en b : $H = 0{,}43 - \frac{1}{2} \times 340 \times 2{,}0 \times 10^{-3}$ =9,0×10^{-2}m soit 9cm



- La vitesse de la lumière dépend du milieu qu'elle traverse selon la relation $v = \frac{c}{n}$
  où n est appelé indice de réfraction du milieu
  La longueur d'onde varie donc en fonction de l'indice de réfraction n du milieu traversé.

  Cependant, la couleur ne dépend que de la fréquence de la vibration et non de la longueur d'onde.
  Conséquence : la couleur de la lumière ne change pas au passage d'un milieu à un autre.

  Une onde lumineuse monochromatique se propage dans plusieurs milieux transparents. Elle passe de l'air à l'eau puis dans le verre. Compléter le tableau suivant :

	Vide	Eau	Verre
λ (nm)	550		
Indice du milieu n	1,00		1,50
Célérité c ($m.s^{-1}$)		$2,25 \times 10^8$	
Fréquence f (Hz)			
Couleur	Vert		

	Vide	Eau	Verre
λ (nm)	550	λ=c/f λ=413	λ=c/f λ=367
Indice n	1,0	$n = \frac{c}{v}$ $n = \frac{3,00}{2,25} = 1,33$	1,50
Célérité v ($m.s^{-1}$)	$3,00\times10^8$	$2,25\times10^8$	$v = \frac{c}{n}$ $v = \frac{3,00\times10^8}{1,5}$ $v = 2,00 \times 10^8$
Fréquence f (Hz)	f=v/λ f=$5,45\times10^{14}$ Hz	$5,45\times10^{14}$ Hz	$5,45\times10^{14}$ Hz
Couleur	Vert	Vert	Vert

Justification :

- fréquence de l'onde ne changent pas lors de sa propagation d'un milieu à un autre : c'est une grandeur liée à la source (et non au milieu).
- La couleur est liée à la fréquence (et non à la longueur d'onde). Elle ne change pas au cours de sa propagation d'un milieu à l'autre
- La vitesse est la grandeur qui dépend du milieu de propagation. λ étant liée à la vitesse, λ change également lors de la propagation de la lumière d'un milieu à l'autre.