ONDES ET SON

PGC-09

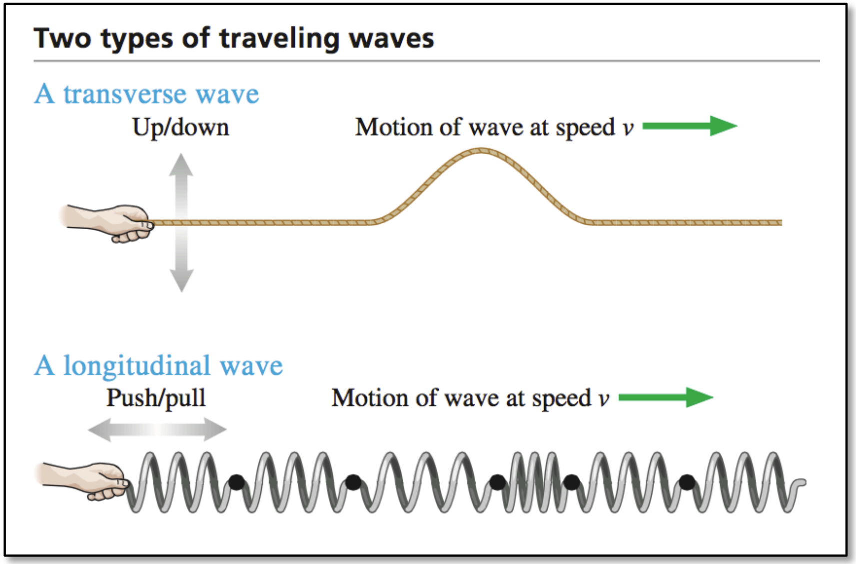


FIGURE 20.20 A plane wave.

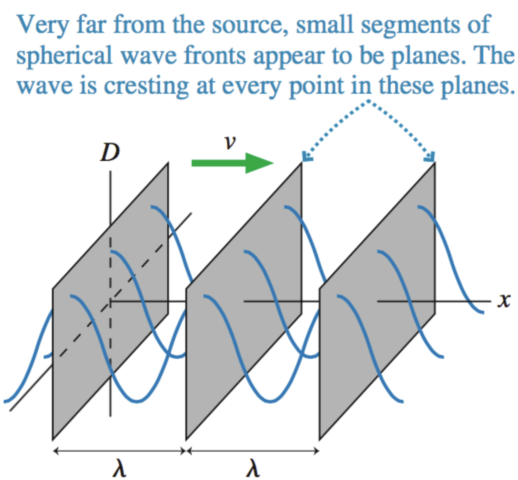
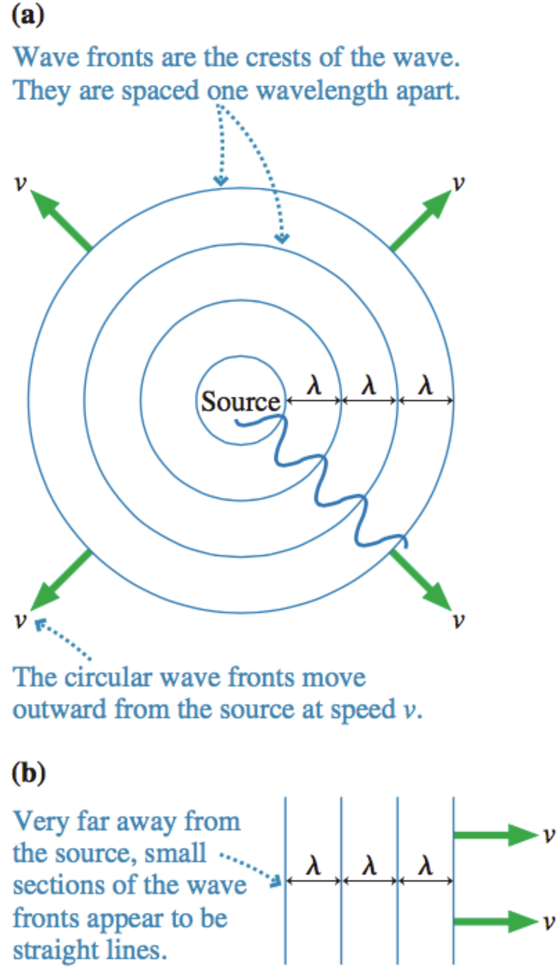


FIGURE 20.19 The wave fronts of a circular or spherical wave.



QUESTION

Une onde périodique passe devant un observateur qui enregistre que l'intervalle de temps entre deux crêtes consécutives est 0.5 s. Alors:

(a) la fréquence est 0.5 Hz,

(b) la vitesse est 0.5 *m/s,*

(c) la longueur d'onde est 0.5 m,

(d) la période est 0.5 s,

(e) aucune de ces réponses.

REPRÉSENTATION MATHÉMATIQUE D'UNE ONDE

oscillation $x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$

En t_0 : $y(x) = y_m \sin(kx)$ $\quad k = 2\pi/\lambda$ $\qquad v = \frac{\lambda}{T}$

En x_0 : $y(t) = y_m \sin(\omega t)$ $\quad \omega = 2\pi/T$

Generaliser $\underline{x \to x - vt}$

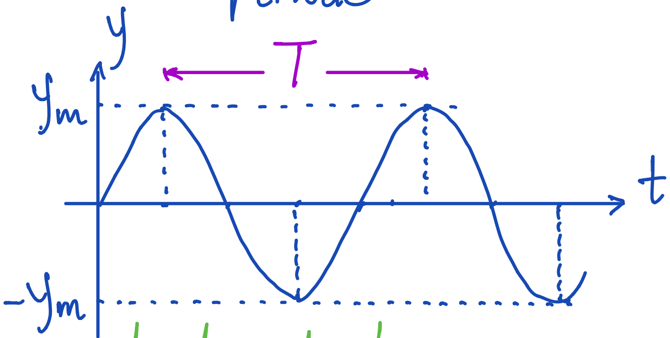
$y(x,t) = y_m \sin(k(x - vt)) = y_m \sin(kx - kvt) = y_m \sin(kx - \omega t)$

$\omega = kv \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad \omega = \frac{2\pi}{T}$

$$\frac{d^2 y(x,t)}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 y(x,t)}{dt^2}$$ avec $v = \omega / k$ $\Leftarrow$

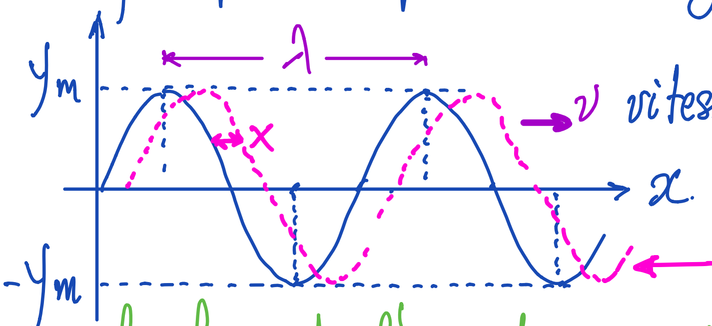
$y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t + \phi)$ $\qquad$ ($\phi = 0$ si $y(0,0) = 0$)

Période



... le long du temps pour un point fixe x_0

Période spaciale ou longueur d'onde



v vitesse d'onde $v = \dfrac{\lambda}{T}$

$x = vt$

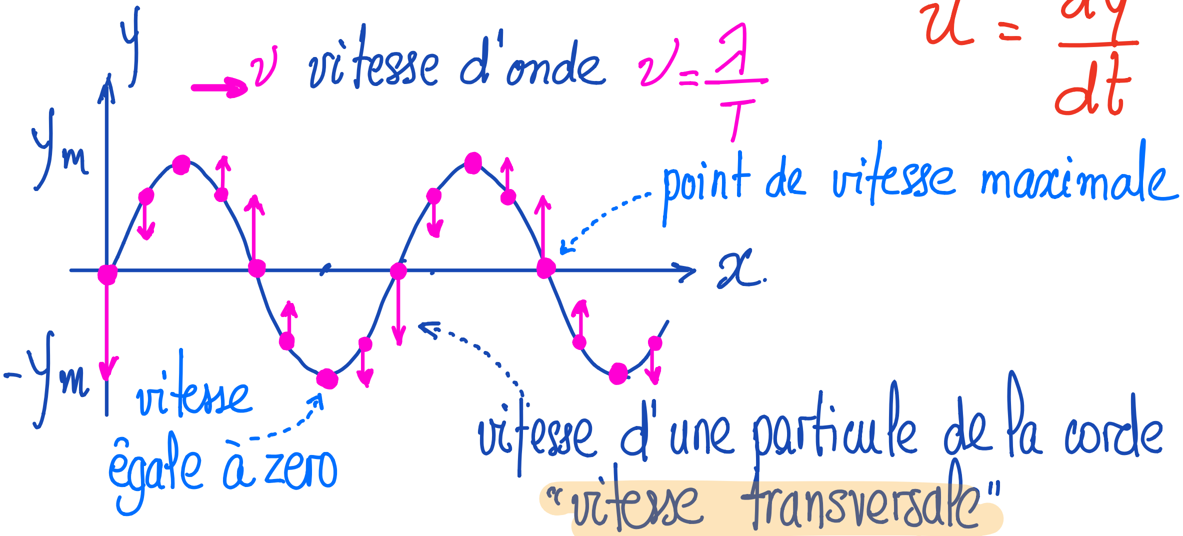
$x \to x - vt$

... le long de l'axe des x pour un temps fixe t_0

VITESSE DU MOYEN

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$u = \frac{dy}{dt}$$

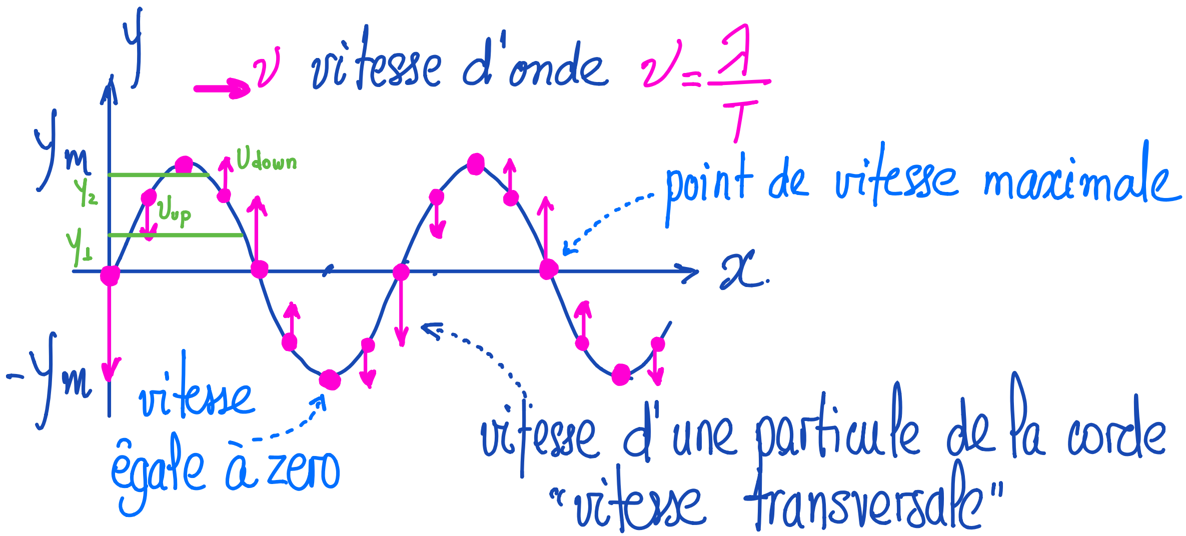


$$u = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}\left(y_m \sin(kx - \omega t)\right) = -\omega y_m \cos(kx - \omega t)$$

Quelques considerations sur la vitesse!

VITESSE DU MOYEN

Suite à des questions dans le cours.



Calculons v_{up} et v_{down} comme des vitesses moyennes:

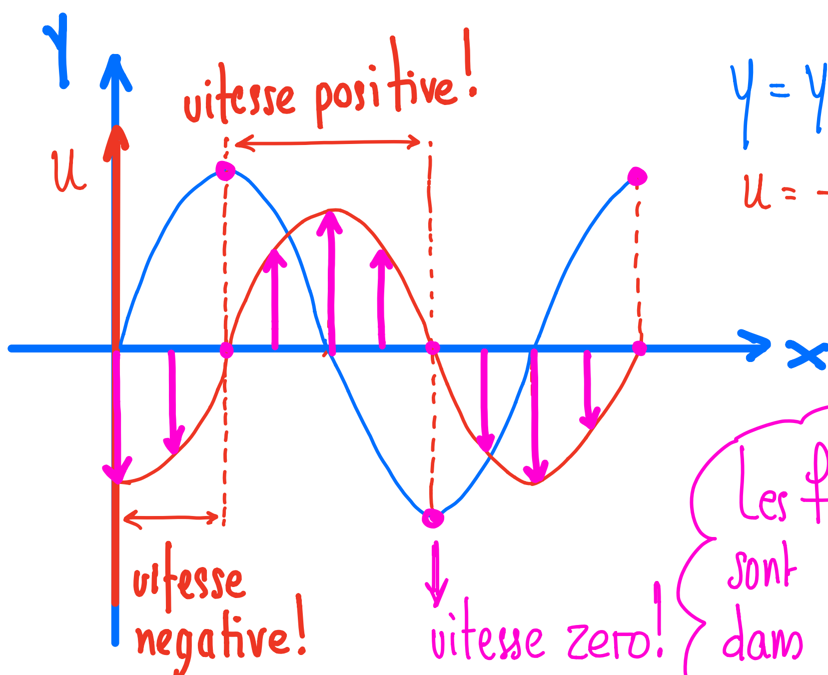
2

$$v_{up} = \frac{y_2 - y_1}{\Delta t}$$

$$v_{down} = \frac{y_1 - y_2}{\Delta t}$$

$\Rightarrow$ $v_{up} = - v_{down}$

Signes opposés!



$y = y_m \cos(kx - \omega t)$

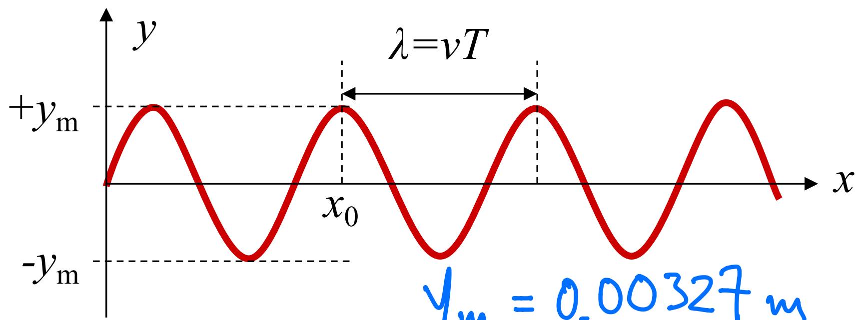
$u = -\omega \, y_m \sin(kx - \omega t)$

Les fleches roses sont les fleches dans la page precedente!!

EXEMPLE

$$y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t)$$

Considérons une onde sinusoïdale le long d'une corde : $y(x, t) = 0.00327 \sin(72.1x - 2.72t)$



Déterminez y_m, k, λ, T, f et la vitesse de l'onde.

Calculez la vitesse et l'accélération transversales.

$$y_m = 0.00327 \text{ m}$$
$$k = 72.1 \text{ rad/m}$$
$$\omega = 2.72 \text{ rad/s}$$

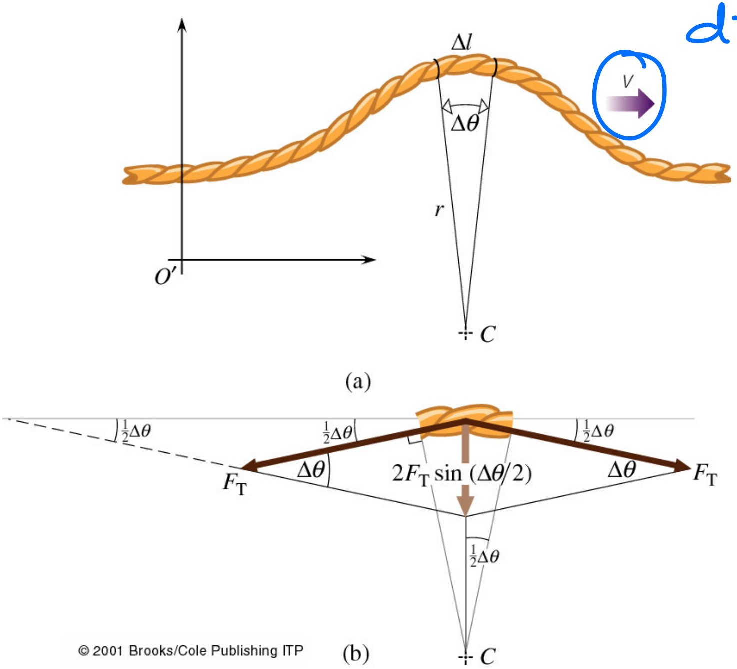
$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = 0.0871 \text{ m}$$
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2.31 \text{ s}$$
$$f = \frac{1}{T} = 0.43 \text{ Hz}$$
$$v = \frac{\omega}{k} = 0.04 \text{ m/s}$$

$$u = \frac{dy}{dt} = -\omega y_m \cos(kx - \omega t)$$

$$a = \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{du}{dt} = -\omega^2 y_m \sin(kx - \omega t) = -\omega^2 y$$

ONDE SUR CORDE TENDUE

$v = \frac{dx}{dt}$



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

μ : masse linéique

QUESTION

$$v_1 = \sqrt{\frac{F_{T1}}{\mu_1}} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{F_{T2}}{\mu_2}}$$

Si on double la tension d'une corde, la vitesse de l'onde est

(a) Doublée,

(b) multipliée par 4,

(c) multipliée par 1.414,

(d) divisée par 2,

(e) aucune de ces réponses.

$$F_{T_2} = 2 F_{T_1}$$

$$\mu_2 = \mu_1$$

$$F_{T_2} = 2 F_{T_1} \Rightarrow$$

$$v_2^2 \cdot \cancel{\mu_2} = 2 v_1^2 \cancel{\mu_1} \Rightarrow$$

$$v_2^2 = 2 v_1^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{2}\, v_1$$

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

QUESTION

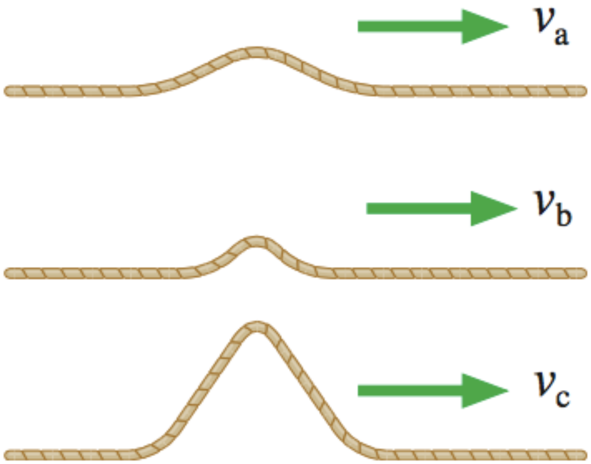
Trois ondes se propagent au long des cordes identiques. Quelle aura la plus grande vitesse:

(a) A

(b) B

(c) C

(d) Aucune de ces reponses



GENERATING A SINUSOIDAL WAVE

Une corde très longue avec μ = 2.0 g/m est tirée avec une tension de 5.0 N. À x = 0 m on connecte un moteur qui vibre à 100 Hz avec une amplitude de 2.0 mm. On considère t = 0 quand le deplacement vertical est maximal.

(a) Quelle est l'équation du deplacement pour l'onde progressive dans cette corde?

(b) À t = 5.0 ms, quel sera le déplacement de la corde à une position 2.7 m loin du moteur?

a) $y = y_m \sin(kx - \omega t + \phi)$

$x = 0$: $f = 100\ Hz \Rightarrow \omega = 2\pi f = 200\pi\ \frac{rad}{s}$

$y_m = 2{,}0\ mm$

$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$ $\Rightarrow k = 4\pi\ \frac{rad}{s}$

$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{5}{2\times10^{-3}}}\ m/s = 50\ m/s$

$t = 0$ $y_m = y$ $y_m \sin\phi = y_m \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{2}$!

$y = (2{,}0\ mm) \times \sin\left(4\pi x - 200\pi t + \frac{\pi}{2}\right) =$

b) $t_0 = 5\ ms$, $x_0 = 2.7\ m$ $\Rightarrow y(t_0, x_0) = ?$

$\underline{y = 1.6\ mm}$

LA VITESSE DE PROPAGATION DES ONDES

$$v = \sqrt{\frac{\text{facteur de force élastique}}{\text{facteur d'inertie}}}$$

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

liquide $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$ ← constante de compressibilité du liquide

solide $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ ← module d'élasticité

gaz $v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$ ← Pression

ρ : masse volumique !

ÉNERGIE TRANSMISE PAR UNE ONDE ÉLASTIQUE

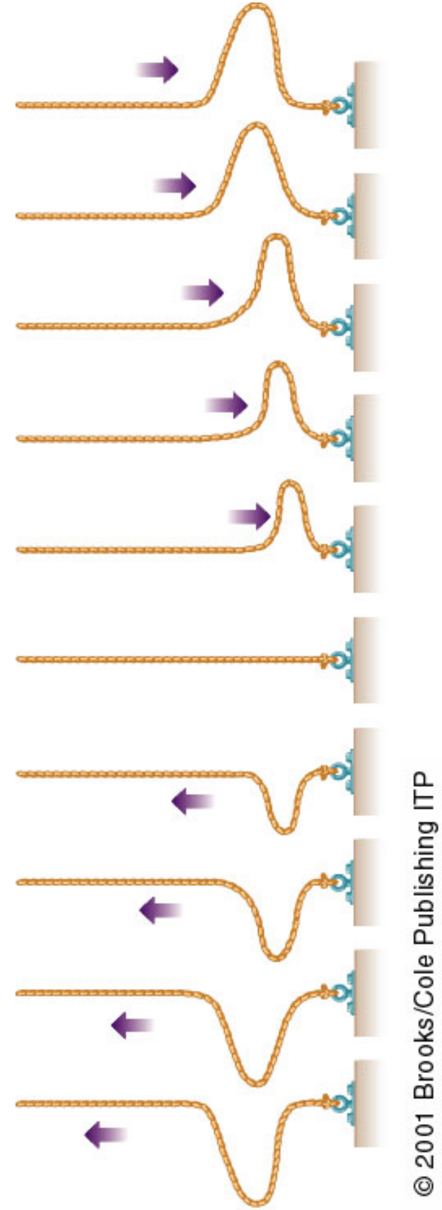
Pour info

Puissance moyenne transmise :

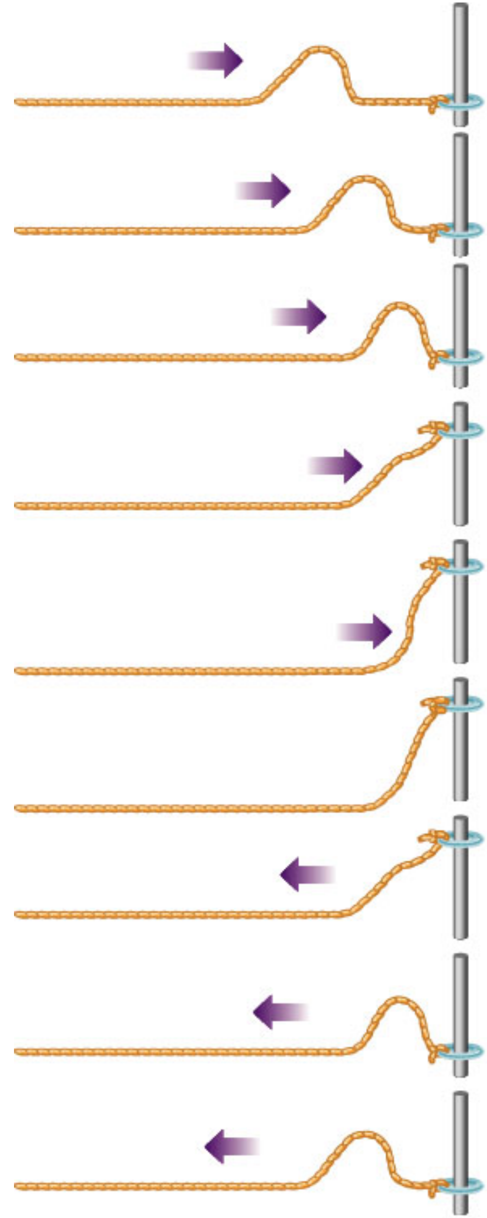
$$\overline{P} = \frac{1}{2}\mu v \omega^2 y_m^2 \Rightarrow \overline{P} = \frac{1}{2}\sqrt{\mu F_T}\ \omega^2 y_m^2$$

Energie transportée proportionelle à ω^2, y_m^2

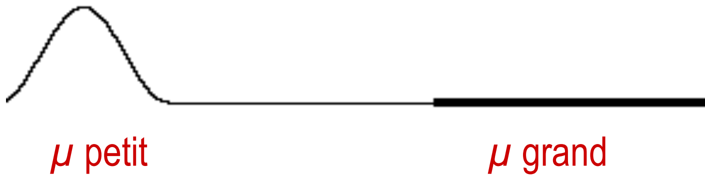
RÉFLEXION, ABSORPTION ET TRANSMISSION

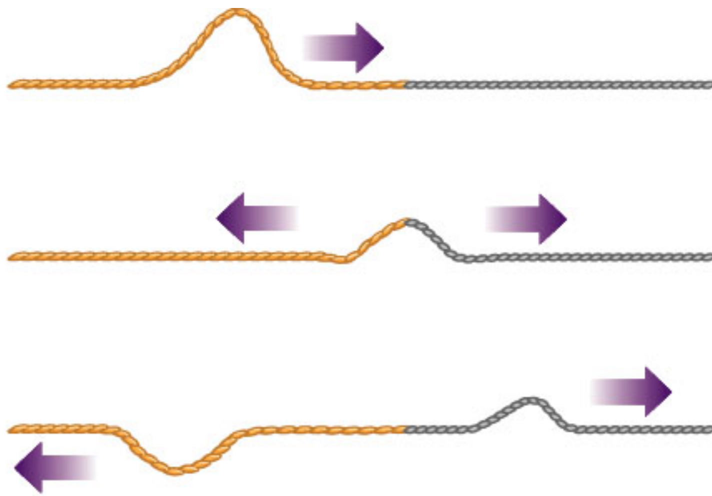


RÉFLEXION, ABSORPTION ET TRANSMISSION



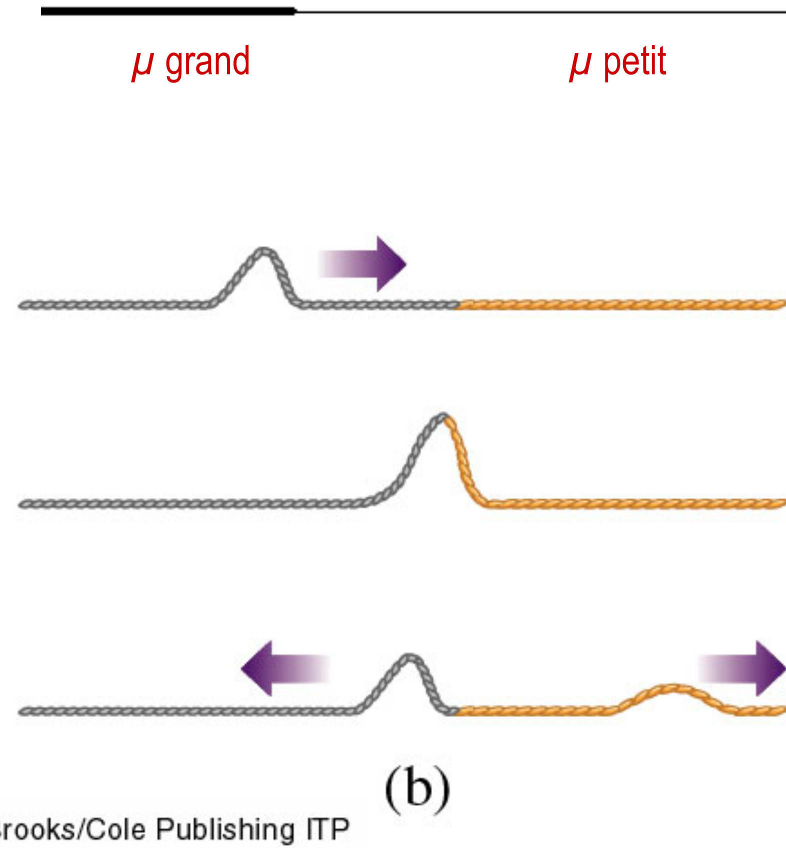
RÉFLEXION, ABSORPTION ET TRANSMISSION



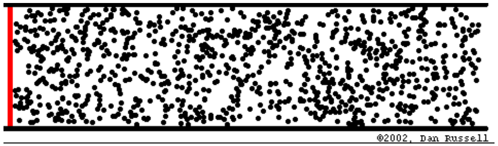


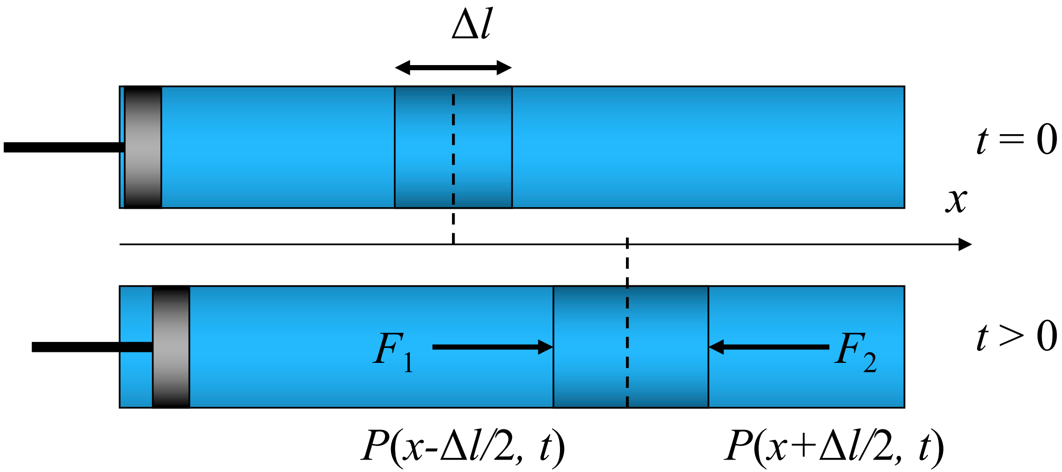
(a)

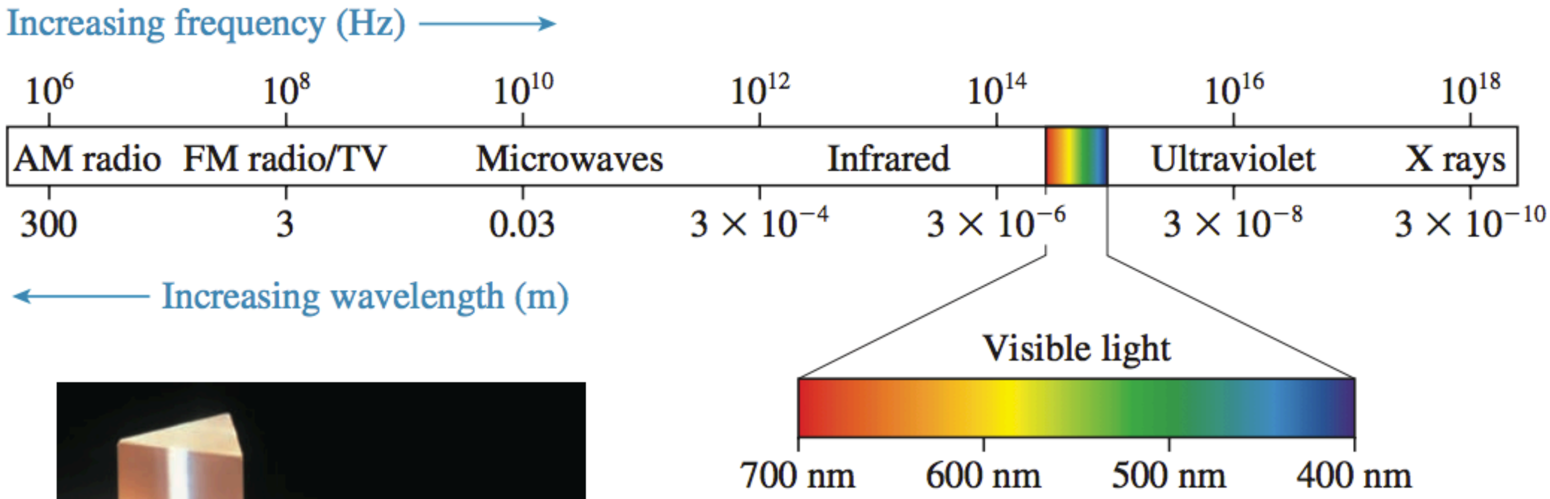
RÉFLEXION, ABSORPTION ET TRANSMISSION

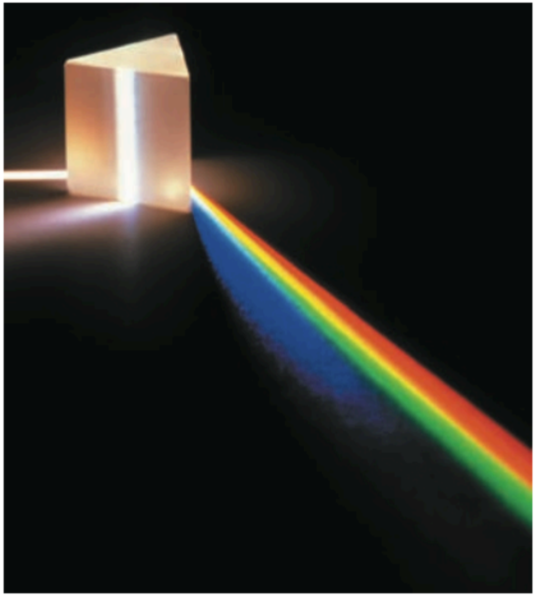


ONDE DE PRESSION









White light passing through a prism is spread out into a band of colors called the *visible spectrum.*

LE SON COMME UNE ONDE

VITESSE DU SON - EXEMPLE

Milieu	Vitesse (m/s)
Air (0^oC)	331
Air (20^oC)	343
Helium (0^oC)	970
Ethyl alcohol	1170
Eau (20^oC)	1480
Granite	6000
Aluminium	6420

Tableau 18.1: La vitesse du son.

$v = \lambda f$

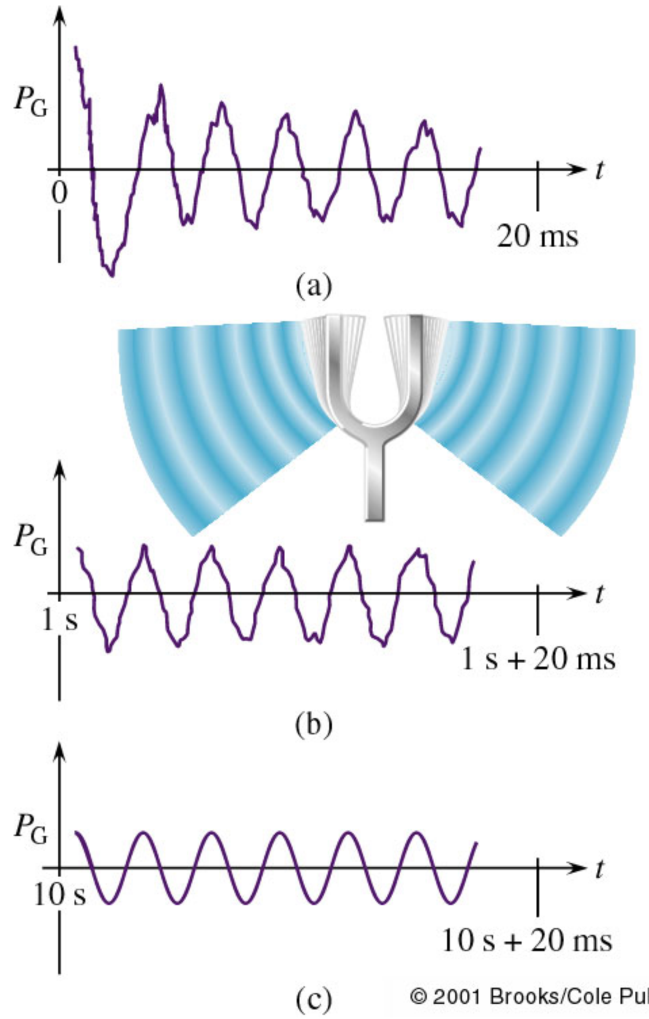
f: même

$v \Uparrow$

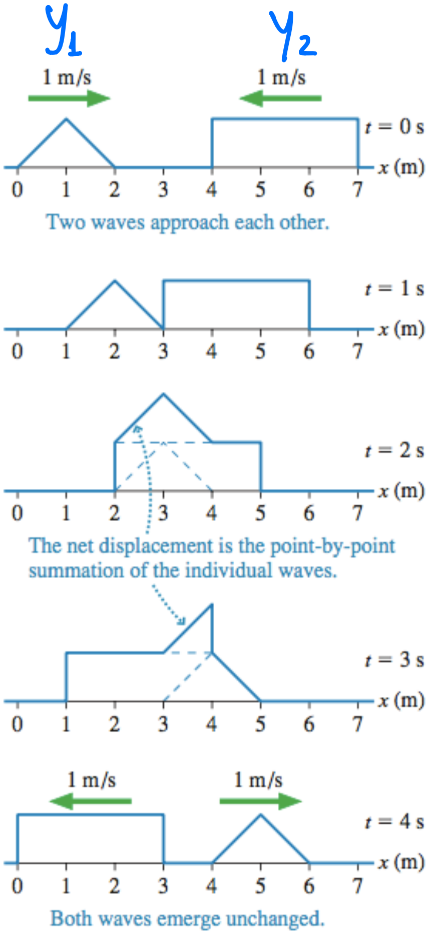
$\lambda \Uparrow$

Pour comparer: la vitesse de la lumière est 3.00 x 10^8 m/s

LE DIAPASON



LA SUPERPOSITION DES ONDES



y_1 y_2

$$y_{TOT} = y_1 + y_2$$

principe de superposition !

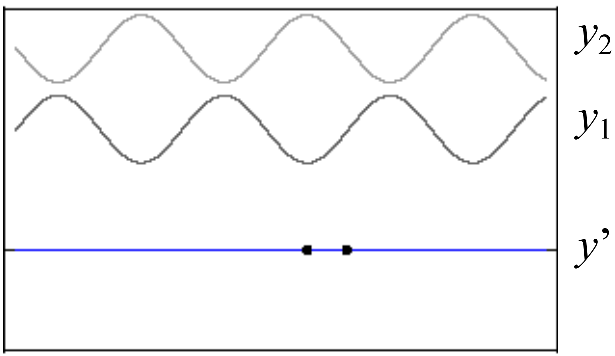
$$\sin a + \sin\beta = 2\sin\frac{a+\beta}{2}\cdot\sin\frac{a-\beta}{2}$$

INTERFÉRENCE D'ONDES

$$y_1 = y_m \sin(kx-\omega t)$$

$$y_2 = y_m \sin(kx-\omega t+\phi)$$

$$y'(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t)$$



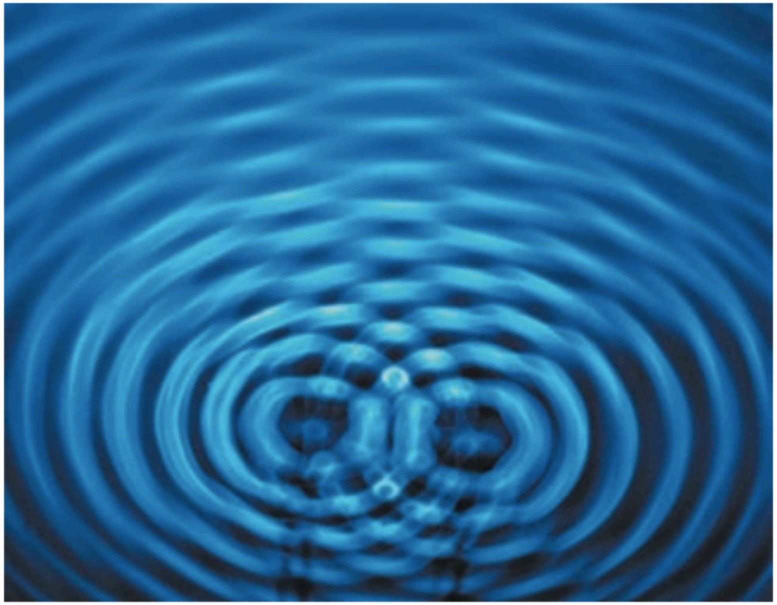
$$y' = y_1 + y_2 = y_m\left[\sin(kx-\omega t) + \sin(kx-\omega t+\phi)\right] =$$

$$= \underbrace{2 y_m \cos\frac{\phi}{2}}_{y_m' \text{ amplitude!}} \sin\left(kx-\omega t+\frac{\phi}{2}\right)$$

$\phi = 0$: interference CONSTRUCTIVE

$\phi = \pi$: interference DESTRUCTIVE

INTERFÉRENCE D'ONDES



Two overlapping water waves create an interference pattern.