Ch.3 Ondes

I_ Généralités

def: phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière avec ou sans milieu matériel

Ex: un caillou qui tombe ds l'eau forme une vague

Ex:  une corde onde transversale

déformation

ex: les ondes sonores : signal est la surpression des mol d'air ondes longitudinales

ex: lumière : onde électromagnétique $(\vec{E}, \vec{B})$ sans milieu

Vitesse de propagation

$c = 3.10^8 m.s^{-1}$ lumière

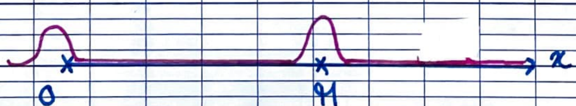
$c = 340 m.s^{-1}$ son

$c = 1 m.s^{-1}$ tuyau

$c = 100 km/h$: tsunami

II - Ondes progressives

Soit une onde se propageant // à (Ox) ds le sens des $x \nearrow$, à la vitesse c sans atténuation



La déformation s en M, dépendant de x et de t, notée $s(x,t)$ est la m̂ que celle observée en O à la date $t_0 = t - \frac{x}{c}$

$$s(x,t) = s(0, t - \frac{x}{c})$$

Une onde progressive est donc une fonction de la variable $t - \frac{x}{c}$

$$\boxed{s(x,t) = f\left(t - \frac{x}{c}\right)}$$ (ds le sens des $x \nearrow$)

OP ds le sens des $x \searrow$

$$\boxed{s(x,t) = f\left(t + \frac{x}{c}\right)}$$

$\frac{x}{c}$ représente la durée de propagation de l'onde

III - OP sinusoïdales

OP : $s(x,t) = f\left(-\frac{x}{c} + t\right)$

OS : $f(t) = A\cos(\omega t)$

$$s(x,t) = A\cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right)$$
$$= A\cos\left(\omega t - \frac{\omega}{c} x\right)$$

On pose $\frac{\omega}{c} = k$ le nombre d'ondes
Rad/m

$$s(x,t) = A\cos(\omega t - kx)$$

↳ Périodicité temporelle

A x fixé, $s(x+t) = s(x, t+T)$

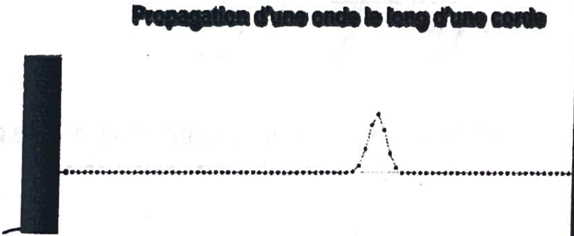
$$A\cos(\omega t - kx) = A\cos(\omega(t+T) - kx)$$
$$\Leftrightarrow \omega T = 2\pi$$

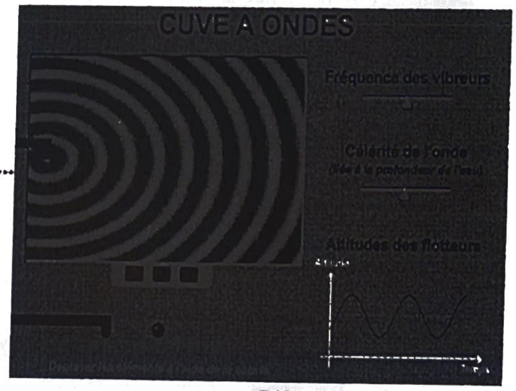
Partie : SIGNAUX

Chap3 Ondes

Notions et contenus	Capacités exigibles
2. Propagation d'un signal	
Onde progressive dans le cas d'une propagation unidimensionnelle linéaire non dispersive. Célérité, retard temporel.	Écrire les signaux sous la forme f(x-ct) ou g(x+ct). Écrire les signaux sous la forme f(t-x/c) ou g(t+x/c). Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants.
Onde progressive sinusoïdale : déphasage, double périodicité spatiale et temporelle.	Établir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité. **Mesurer la célérité, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.**

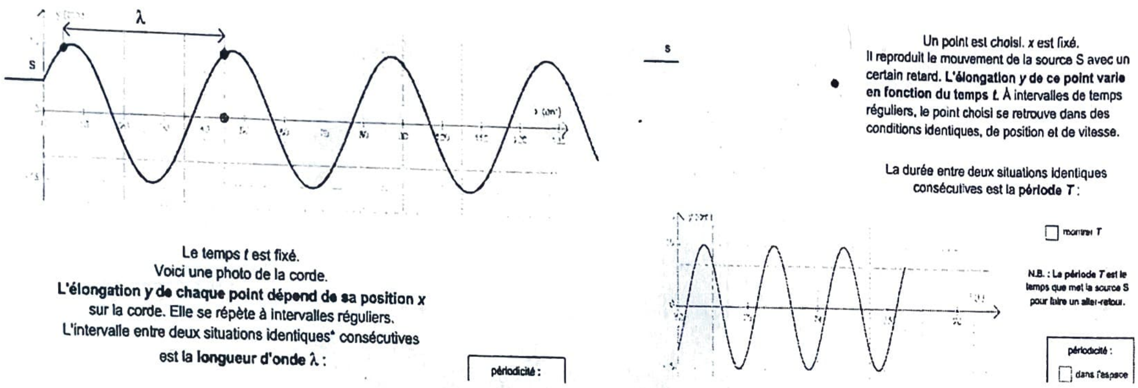
Exemples :





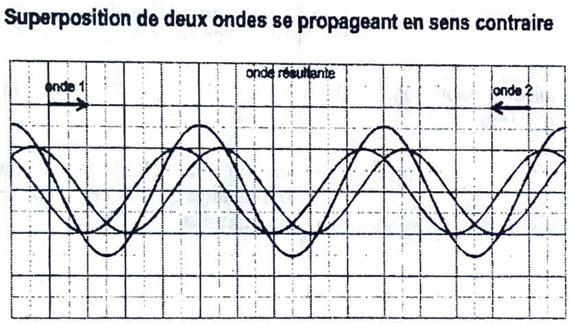
http://www.ostralo.net

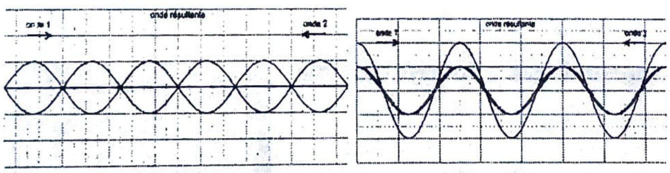
Onde progressive sinusoïdale



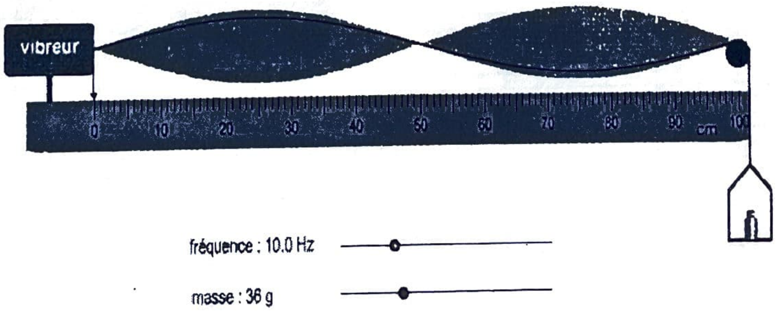
http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/terminale_TS/onde_progressive_periodique_corde_double_periodicite_temps_espace_longueur_d_onde_periode.htm

Superposition de deux ondes progressives sinusoïdales





http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/ondes_stationnaires/stationnaires.php



Corde de MELDE

↳ Périodicité spatiale

A T fixé, $s(x,t) = s(x+\lambda,t)$

où $A\cos(\omega t - kx) = A\cos(\omega t - k(x+\lambda))$ avec $\lambda = \frac{2\pi}{k}$

La longueur d'onde $\lambda = 2\pi/k = \frac{2\pi}{\frac{\omega}{c}} = \frac{2\pi c}{f} = Tc = \frac{c}{f}$

↳ longueur parcourue par l'onde en une période temporelle

IV - Ondes stationnaires

1) Superposition de 2 ondes OPS

de m̂ amplitude, m̂ célérité c, se propageant ds 2 sens ≠, m̂ fréq

$s_1(x,t) = A\cos(\omega t - kx)$

$s_2(x,t) = A\cos(\omega t + kx)$

$s(x,t) = s_1 + s_2 = A(\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx))$

$s(x,t) = 2A\cos(\omega t)\cos(kx)$ n'est plus une fonct° de $t - \frac{x}{c}$ ce n'est plus une onde progressive

L'onde résultante fait du "sur-place" c'est une onde stationnaire

2) Noeuds - Ventres

$s(x,t) = 2A\cos(\omega t)\cos(kx)$

Noeud $x / \forall t \; s(x,t) = 0$

$2A\cos(\omega t)\cos(kx) = 0$

$\cos(kx_p) = 0 \iff x_p = \frac{\pi}{2} + p\pi$

Or $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ noeuds : $x_p = \frac{\lambda}{4} + p\frac{\lambda}{2}$

• Ventres

x / $\forall t$ $\quad s(x,t) = \pm 2A$

$\cos(kx) = \pm 1$

$kx = p\pi$

$x_p = p\dfrac{\lambda}{2}$

Rq distance entre 2N $\lambda/2$

2V $\lambda/2$

1V et 1N $\lambda/4$

3) Corde de Melde

Lorsqu'on excite la corde avec un f qcq, il ne se passe rien

Pr un $f = f_0$  un fuseau, 2N, 1V

rien

$2f_0$  2F 2V 3N

$3f_0$  3F 3V 4N

$f_n = n f_0$

n fuseau

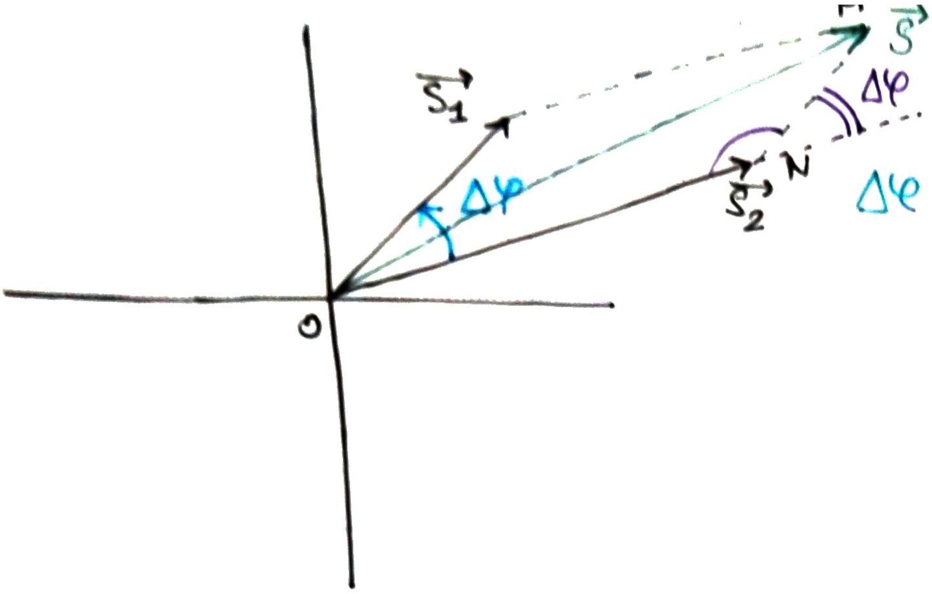
n V

n+1 N

La longueur L de la corde $\boxed{L = n.\dfrac{\lambda}{2}}$

$\boxed{L = n.\dfrac{c}{2f_n}}$

La célérité de l'onde dépend de la tension du fil et de la masse linéique



$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ déphasage

Dans $\widehat{OMN}$: Al-Kashi

$$\|\vec{S}\|^2 = A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos(\pi - \Delta\varphi)$$

$$= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi$$

Meth 3

$$\vec{S} = \vec{S_1} + \vec{S_2}$$

$$S^2 = A^2 = \vec{S}\cdot\vec{S} = (\vec{S_1} + \vec{S_2})(\vec{S_1} + \vec{S_2})$$

$$= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi$$

L'amplitude du signal Σ $\leftrightarrow$ déphasage

2 Maxima – Minima

Cette amplitude peut être

- maximale $\Leftrightarrow \Delta\varphi = p2\pi$

$$\Rightarrow A_{max} = A_1 + A_2$$

- minimale $\Leftrightarrow \Delta\varphi = \pi + p2\pi$

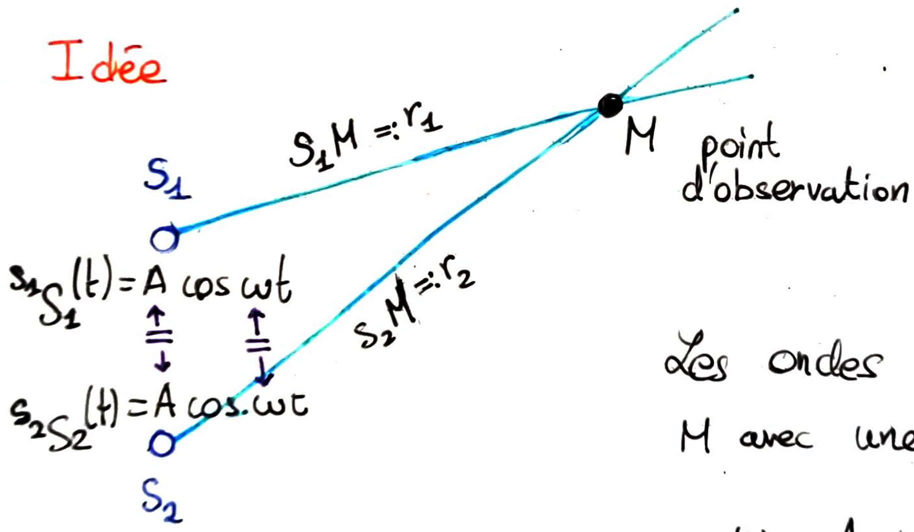
$$\Rightarrow A_{min} = |A_1 - A_2|$$

3 Cas où $A_1 = A_2$

$$\begin{cases} A_{max} = 2A_1 \\ A_{min} = 0 \end{cases} \qquad A^2 = 2A_1^2(1 + \cos\Delta\varphi)$$

II Interférences

1 Idée



Les ondes issues de S_1, S_2 atteignent M avec une résultante

$$s(t) = A\cos\left(\omega\left(t - \frac{r_1}{c}\right)\right) + A\cos\left(\omega\left(t - \frac{r_2}{c}\right)\right)$$

Entre les deux parties, il existe un déphasage

$$\boxed{\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\omega}{c}(r_1 - r_2) = k(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2)}$$

$\Delta\varphi \leftrightarrow r_1, r_2 \Rightarrow \Delta\varphi \leftrightarrow$ position de l'onde

$\boxed{A \leftrightarrow \Delta\varphi \leftrightarrow M}$ phénomène d'interférence

Il existe des points où $\begin{cases} A = A_{max} & \text{(interf. constructive)} \\ A = A_{min} & \text{(interf. destructive)} \end{cases}$

<u>def</u> franges...

- brillantes : interf. constructive
- sombres : interf. destructive

2 Conditions pour interférences {con, de}structives

- Interférences constructives pour les points M tels que

$$\Delta\varphi = p2\pi = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) \quad \text{ie} \quad \boxed{r_1 - r_2 = p\lambda}$$

- Interférences destructives pour les points M tq :

$$\Delta\varphi = \pi + p2\pi = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) \quad \text{ie} \quad \boxed{r_1 - r_2 = \frac{\lambda}{2} + p\lambda}$$

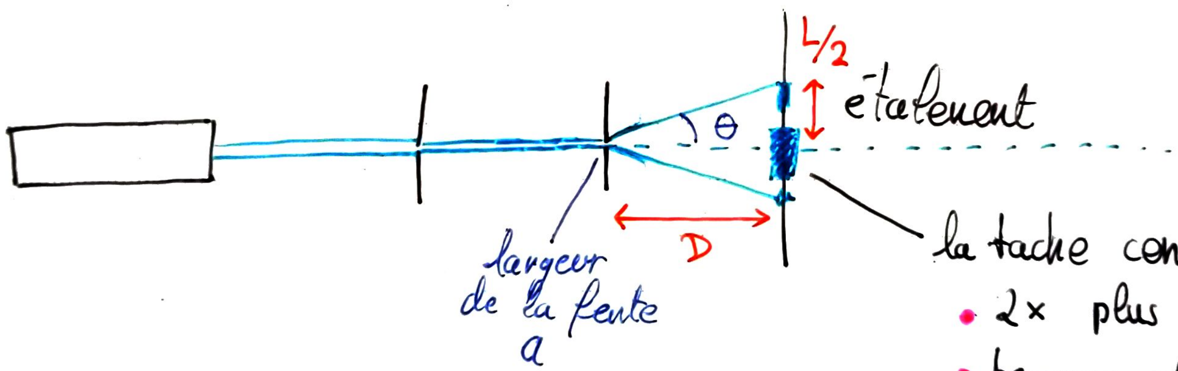
rem

En optique, $r_1 - r_2$ s'appelle la <u>différence de marche</u>

III Diffraction

Consiste à observer un signal là où il ne devrait pas exister.

Ce n'est possible que si l'ouverture qu'il recontre est de faible dimension.



la tache centrale est
- 2× plus large
- beaucoup plus lumineuse

On a $\sin\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L/2}{D}$

Le phénomène n'est possible que si $a \in [\lambda, 100\lambda]$
(en gros $a \overset{10}{=} \lambda$)

Onde sonore: $f \in [20, 20k]$ Hz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340}{300} \approx 1 \text{ m}$$

porte: $a = 80$ cm

rmq

le phénomène de diffraction est universel (marche pour toute onde)

[poly : exemples]

Propriétés des Ondes

On a vu les ondes stationnaires qui présentent des noeuds et des ventres. On parle d'interférences destructives et constructives

I Superposition d'ondes sinusoïdales

1 Idée

Soient 2 signaux

$$\begin{cases} s_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \\ s_2(t) = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$$

On cherche l'amplitude A du signal somme

$$s(t) = s_1(t) + s_2(t)$$

Meth 1 On développe les cos

$$s(t) = (\ldots\ldots) \cos(\omega t) + (\ldots\ldots) \sin(\omega t)$$

$$A = \sqrt{(\quad)^2 + (\quad)^2}$$

Meth 2 Représentation de Fresnel