

LES ONDES

I) INTRODUCTION

Onde : phénomène **vibratoire** qui **vibre/oscille** au cours du temps et se **propage**

⇒ Transporte **de l'énergie** et non de la **matière**

On retrouve 2 familles d'ondes :

- **Mécaniques (élastiques)** : ont besoin d'un **milieu matériel élastique** (milieux qui reviennent à leur situation d'équilibre après perturbation) pour se **propager**
Ex : son, sismique, à la surface d'un liquide, ondes transverses sur une corde tendue
- **Electromagnétiques (EM)** : **peuvent se propager** dans le **vide**
Ex : lumière, ondes radio

Différentes **structures** ont différents **rôles** :

- ⇒ **Rôle de la source** : la **structure temporelle** de la **perturbation** suit celle de la source (en régime linéaire). Le **type de déformation** du milieu **dépend** du phénomène physique mis en jeu par la **source**.
- ⇒ **Rôle du milieu** : détermine la **vitesse de propagation** du phénomène.

II) MODE DE PROPAGATION

	Mode longitudinal	Mode transversal
Type de vibration	Parallèle au sens de propagation de l'onde	Perpendiculaire au sens de propagation de l'onde
Onde	De compression	De cisaillement
Exemples	Ressort, le son dans l'air	Déformation d'une corde, OEM

III) VITESSE DE PROPAGATION

	Ondes longitudinales	Ondes transversales
Vitesse	Ressort tendu : $v = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$	Corde : $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$
Caractéristiques	K : constante de raideur L : allongement du ressort μ : masse linéique	T : la tension = mg μ : masse linéique

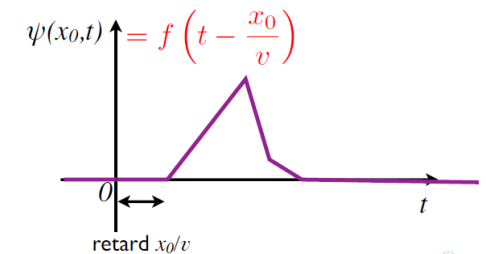
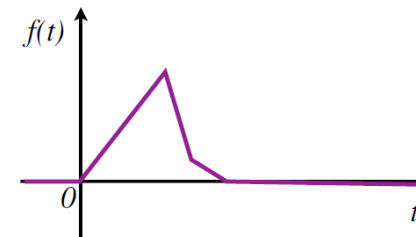
- ⇒ Si on **augmente** la **tension** on **augmente** la **vitesse**
- ⇒ Si on **augmente** la **masse linéique** on **diminue** la **vitesse**

IV) DESCRIPTION D'UNE ONDE EN 1 DIMENSION

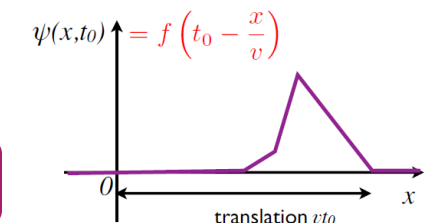
On suppose qu'il n'y a pas d'amortissement.

On va étudier différents profils de l'onde :

⇒ En fonction du **temps** :



⇒ En fonction de la **position** :



L'onde se déplace à une vitesse : $v = \sqrt{\frac{1}{k}}$

L'équation d'Alembert :

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

Elle décrit de façon générale **une onde progressive à une dimension**. Elle accepte une solution générale :

$$\psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right) + g\left(t + \frac{x}{v}\right)$$

Elle est la **somme de 2 fonctions** : l'une allant vers les x croissants (f) et l'autre vers les x décroissants (g) :

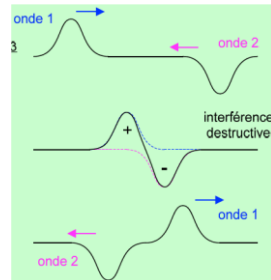
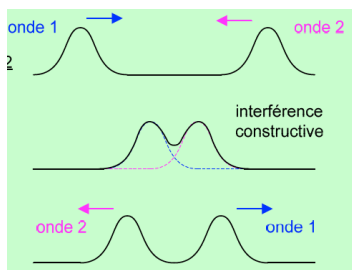
⇒ Vers les **x croissants** : $f = \left(t - \frac{x}{v}\right)$

⇒ Vers les **x décroissants** : $g = \left(t + \frac{x}{v}\right)$

INTERFERENCES DE 2 ONDES PROGRESSIVES :

Grâce au principe de superposition :

⇒ On va avoir des interférences **constructives** (lorsque les amplitudes sont de **même signe**)



⇒ On va avoir des interférences **destructives** (lorsque les amplitudes sont de **signe opposé**)

V) EFFET DU MILIEU SUR LES ONDES

A) NOTION D'IMPEDANCE

Impédance mécanique : mesure de la **résistance opposée au mouvement** par un **milieu soumis à une force donnée**

$$Z = \frac{T}{v} = \sqrt{T\mu} = \mu v$$

Est en kg.s^{-1}

B) REFLEXION ET TRANSMISSION

⇒ Coefficient de **réflexion r** :

$$r = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

⇒ Coefficient de **transmission t** :

$$t = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

A_r : amplitude de l'onde réfléchie
 A_i : amplitude de l'onde incidente
 A_t : amplitude de l'onde transmise

C) ONDE PROGRESSIVE SINUSOIDALE

Elle possède une **pulsation** ω :

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Mnémono :
PIZZA OMG

Une onde **transporte de l'énergie** associée à une **puissance**

La **puissance moyenne** transportée par l'onde vaut : $P = \frac{1}{2} Z A^2 \omega^2$

La puissance est importante car ce qui nous intéresse ce n'est pas la **quantité d'énergie** transportée mais la **quantité instantanée** donc la **puissance**.

Si une onde sinusoïdale passe d'un milieu à un autre il va y avoir des phénomènes de réflexion et de transmission.

$$\frac{P_r}{P_i} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}\right)^2$$

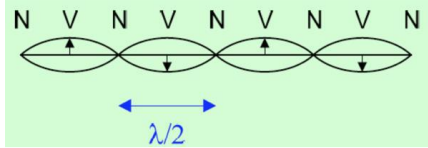
$$\frac{P_t}{P_i} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Ainsi $\frac{P_r}{P_i} + \frac{P_t}{P_i} = 1$ donc $P_i = P_r + P_t$

VI) ONDES STATIONNAIRES

A) CORDE A UNE EXTREMEITE FIXE

Ainsi à x_0 son impédance est infinie. On aura donc une onde réfléchie dont l'amplitude sera égale à l'opposé de l'amplitude de l'onde incidente. On aura ainsi une superposition de 2 ondes.



On peut distinguer sur le schéma ci-dessus : des **ventres** et des **nœuds**.

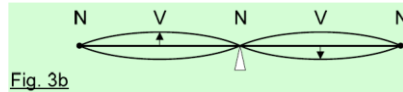
Chaque ventre/nœuds sont espacés entre eux d'une demi longueur d'onde.

Sachant que les **nœuds** correspondent aux **minimas d'amplitude** et les **ventres** aux **maximas d'amplitude**.

B) CORDE A DEUX EXTREMITES FIXES

La longueur de la corde doit être un multiple de la demi-longueur d'onde :

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$



Sur ce type de corde, les modes propres (n) vibrent à une **fréquence propre** :

$$f = \frac{nc}{2L} = nf_1$$

f_1 : la fréquence fondamentale

	$Z_2 > Z_1 \Rightarrow \mu_2 > \mu_1 \Rightarrow c_2 < c_1$	$Z_1 > Z_2 \Rightarrow \mu_1 > \mu_2 \Rightarrow c_1 < c_2$	$Z_2 = \infty$	$Z_2 = 0$
Onde transmise	Sans changement de signe Amplitude diminuée	Sans changement de signe Amplitude augmentée	Pas de transmission	Pas de transmission
Onde réfléchie	Avec changement de signe Amplitude diminuée	Sans changement de signe Amplitude diminuée	Avec changement de signe Amplitude identique	Sans changement de signe Amplitude identique
Schéma				