

# CHAP. 13 : PROPAGATION D'UN SIGNAL

## Objectifs :

- Identifier les grandeurs physiques correspondant à des signaux acoustiques, électriques, électromagnétiques ;
- Écrire le signal d'une source lumineuse ponctuelle en définissant les termes
- Citer quelques ordres de grandeur de fréquences dans les domaines acoustiques et électromagnétiques ;
- Écrire les signaux sous la forme  $f(t-x/c)$  et  $g(t+x/c)$  ;
- Écrire les signaux sous la forme  $f(x-ct)$  et  $g(x+ct)$  ;
- Écrire le signal associée à une source lumineuse ponctuelle
- Prévoir dans le cadre d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants ;
- Etablir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité ;

## I Signaux physiques

### I.1) Définition

### Rappel sur les ondes

### I.2) Classification des ondes

On peut catégoriser de plusieurs façons les ondes

#### a) *Classification en fonction du milieu de propagation*

On distingue les ondes en deux catégories :

- Les ondes , qui se propagent **uniquement dans un support matériel**
- Les ondes qui peuvent même **se propager dans le vide**

#### b) *Classification en fonction de la capacité à se propager*

**Définition : Une onde progressive est la propagation,**

Remarque : les ondes qui ne sont pas progressives peuvent être des ondes **stationnaires** : il y a vibration d'un milieu dont certains éléments restent fixes. C'est le cas d'une corde vibrante fixée à ses extrémités (corde de guitare).

#### c) *Classification en fonction de la dimension*

**On distingue les ondes :**

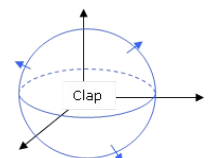
**À une dimension :**



**À deux dimensions :**



**À 3 dimensions :**



**d) Ondes longitudinales et transversales**

**Remarque :** il ne faut pas confondre direction de propagation et direction de la perturbation.

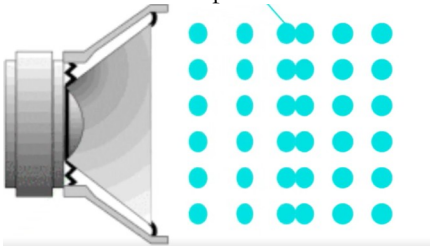
**Exemple 1: Les ondes sonores.**

animation

Milieu de propagation :

**Rmq : le son ne se propage pas dans**

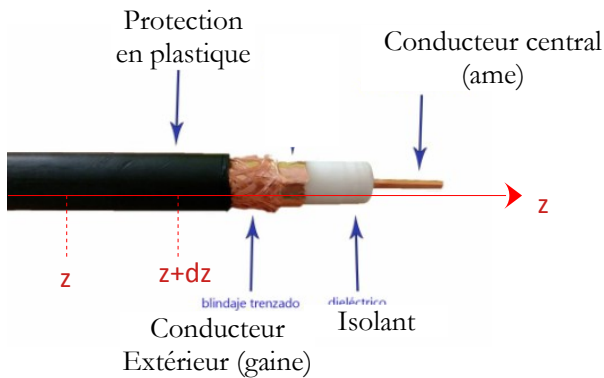
Nature de la perturbation : déplacement (oscillation) des molécules autour de leur position initiale



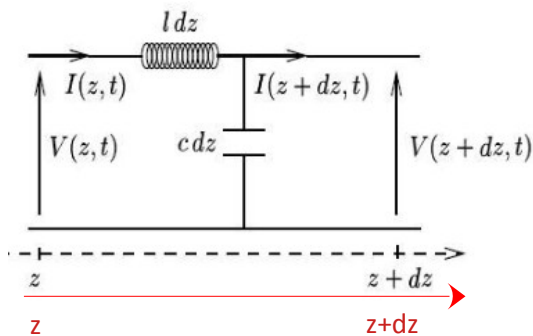
Signal associé à l'onde:

**ODG :** fréquence audibles

**Exemple 2: L'intensité du courant électrique Dans un câble coaxiale**



Modélisation :



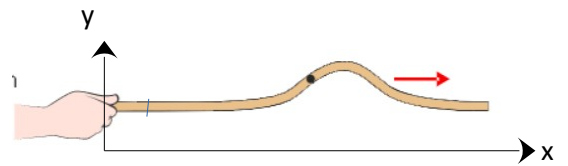
Signal associé à l'onde:

Fréquences des signaux électromagnétiques

**Exemple 1 : Une onde sur une corde**

Milieu de propagation :

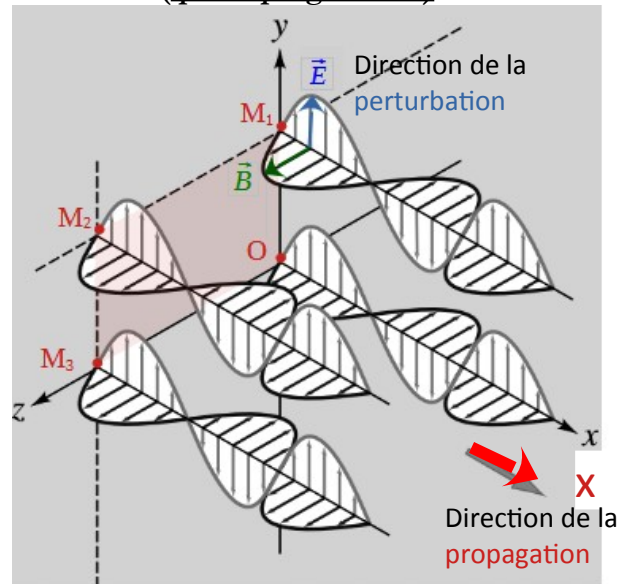
Nature de la perturbation : déplacement selon  $\vec{e}_y$  de chaque point de la corde.



Signal associé à l'onde :

Le déplacement y dépend de la position x (tout les points de la corde ne sont pas à la même altitude y)

**Exemple 2 : Onde électromagnétique (plane progressive)**



Signaux associé à l'onde :

Téra= $10^{12}$ -fréquences visibles :  $f \in [4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}]$  (400 à 800 THz) correspond à l'intervalle de  $\lambda$  [400 nm, 800nm]

- ondes radios

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

- micro-ondes

- infrarouge

- ultra-violet

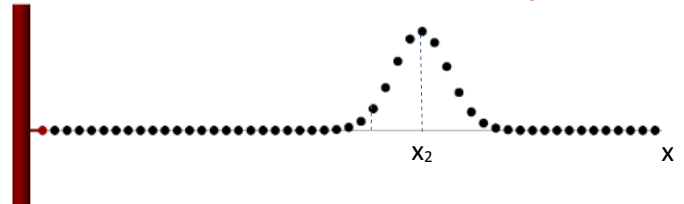
- rayons X

-rayons gamma

## II Modélisation de la propagation d'un signal

### II.1 Onde progressive à 1D

#### a *Illustration expérimentale*

Allure de  $s(x, t_1)$  à l'instant  $t_1$ Allure de  $s(x, t_2)$  à l'instant  $t_2$  tel que  $t_2 > t_1$ 

#### b *Définition*

la perturbation se propage dans **une seule direction (paramétrée par la variable x)** avec la vitesse de propagation (ou célérité  $c$ ) il ne se déforme pas et ne s'atténue pas (l'amplitude reste la même)

### II.2 Expression du signal $s(x, t)$

#### a) *Première écriture (méthode type « photo »)*

En analysant les deux photographies ci dessus on voit que :

- le point d'amplitude max était en  $x_1$  à  $t_1$ , le point d'amplitude max est ensuite en  $x_2$  à  $t_2$   
on en déduit que la perturbation a parcouru une distance  $\delta = x_2 - x_1$  entre  $t_1$  et  $t_2$ .

Comme la propagation s'effectue à la célérité constante  $c$  :

- Il n'est pas nécessaire de considérer le point point d'amplitude max :

ce raisonnement est valable pour tout couple  $(t_1, t_2)$  notamment en prenant  $t_1 = 0$  et  $t_2 = t$  :

Une onde progressive se propageant dans le sens des  $x$  croissants sans atténuation ni déformation est modélisée par un signal de la forme

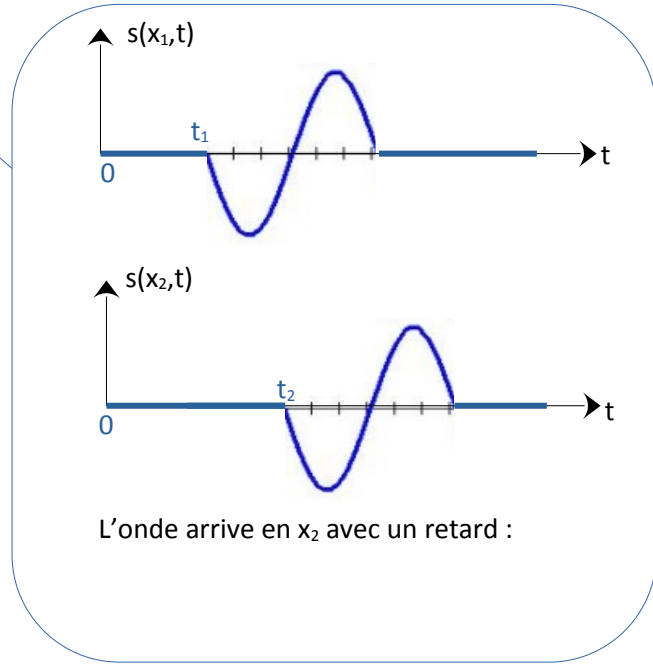
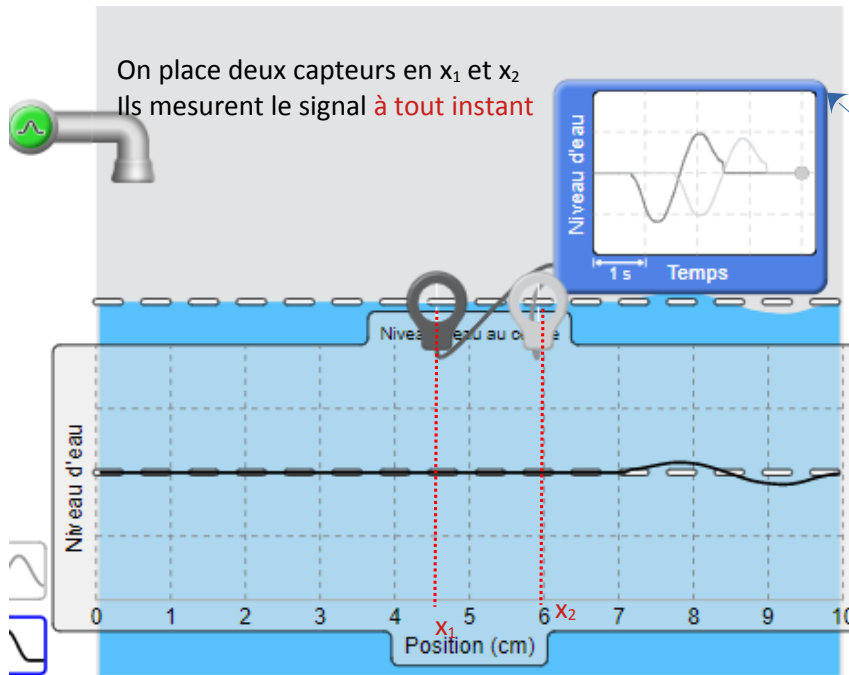


Rmq : si le signal se propage dans le sens des **x décroissant** :

la perturbation en **x** à  $t_2$  est la même que la perturbation en  $x_1$  à  $t_1$  avec  $\delta = c(t_2 - t_1)$

Interprétation mathématique :

b Deuxième écriture (méthode type « capteur »)



à tout instant  $t$ , le signal en  $x_2$  est égale au signal en  $x_1$  à l'instant  $t - \tau$  :

Une onde progressive se propageant dans le sens sans atténuation ni déformation  
est modélisée par un signal de la forme

Une onde progressive se propageant dans le sens sans atténuation ni déformation est  
modélisée par un signal de la forme