

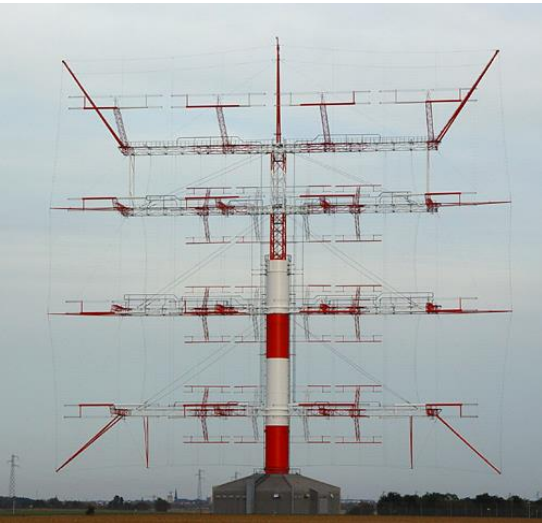
PCSO : physique des ondes

Cours 1 - introduction aux ondes

Mathieu Markovitch
mathieu.markovitch@cern.ch



Les ondes sont partout en physique
(et au quotidien)



Une onde, c'est quoi ?

C'est la **propagation** d'une perturbation.

- Elle produit sur son passage une **variation** des propriétés physiques environnantes
- Elle transporte de l'**énergie** depuis sa **source**, et non de la matière (mais peut déplacer de la matière localement de façon réversible)

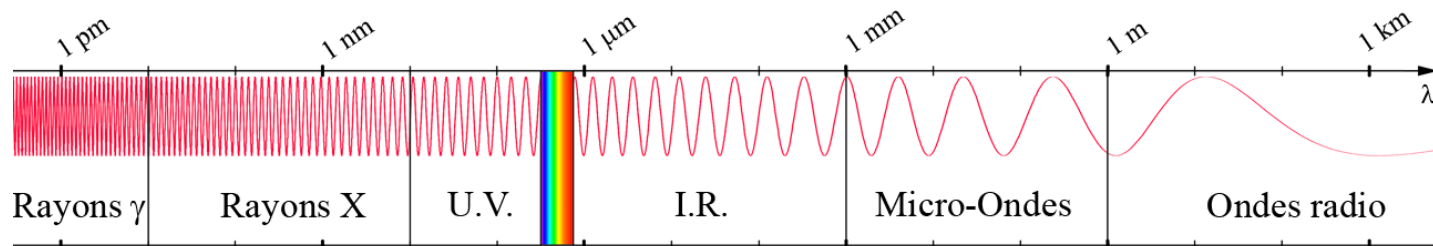
Propagation d'une onde

- Une onde mécanique (sonore, sismique...) a besoin d'un **milieu** matériel pour se propager : gaz, liquide, solide



Pas de son dans l'espace

- Une onde électromagnétique (OEM) peut se propager dans le vide !



Il existe aussi des ondes gravitationnelles (découvertes en 2015), des ondes associées aux objets quantiques...

Chaîne de propagation

Emetteur (source)  Milieu (éventuellement vide)  Récepteur

La source impose ses caractéristiques à l'onde qu'elle génère

- Caillou dans l'eau
- Corde d'une guitare
- Antenne

Chaîne de propagation

Emetteur (source) ➡ Milieu (éventuellement vide) ➡ Récepteur

La source impose ses caractéristiques à l'onde qu'elle génère

- Caillou dans l'eau
 - Corde d'une guitare
 - Antenne
- } émettent des ondes mécaniques
- émet des ondes électromagnétiques

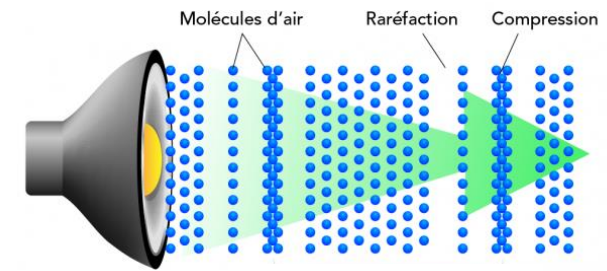
Le récepteur transforme la perturbation en signal mesurable

Emetteur et récepteur sont des **oscillateurs**

Onde longitudinale, onde transversale

- Dans une onde **longitudinale**, la perturbation est dans la direction de propagation de l'onde

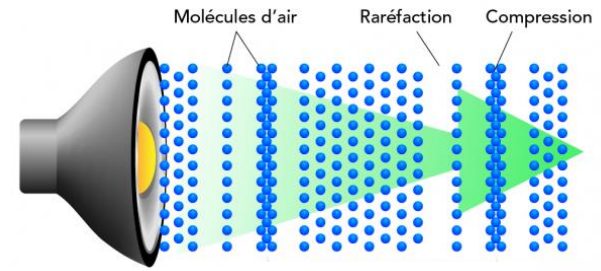
Exemples : compression d'un ressort, onde sonore



Onde longitudinale, onde transversale

- Dans une onde **longitudinale**, la perturbation est dans la direction de propagation de l'onde

Exemples : compression d'un ressort, onde sonore



- Dans une onde **transversale**, la perturbation est perpendiculaire à la propagation

Exemples : vague, agitation d'une corde ou d'un ressort

Onde progressive

Une onde est dite **progressive** lorsqu'elle se propage sans déformation ni atténuation à l'infini.

Si une onde se propage selon un axe x , on parle d'onde **droite** si elle la propagation se fait dans le sens des x croissants et d'onde **gauche** si elle se fait dans les sens des x décroissants.

Si l'onde rencontre un obstacle ou si le milieu de propagation change de nature, il peut y avoir **réflexion**.

Célérité

Une caractéristique importante d'une onde est sa **célérité**, c'est-à-dire sa vitesse de propagation. On la note en général **c**.

c dépend du milieu !

| Onde et milieu | Son dans l'air à 25°C | Son dans l'acier | Lumière dans le vide | Lumière dans le verre |
|----------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Célérité | 346 m.s ⁻¹ | 5600 m.s ⁻¹ | 3×10 ⁸ m.s ⁻¹ | 2×10 ⁸ m.s ⁻¹ |

Directions de propagation

Jusqu'ici on a surtout regardé des propagations à une dimension d'espace.

Une onde peut aussi se propager en 2D (vagues sur l'eau...) ou en 3D (onde électromagnétique se propageant dans toutes les directions...)

Surface d'onde

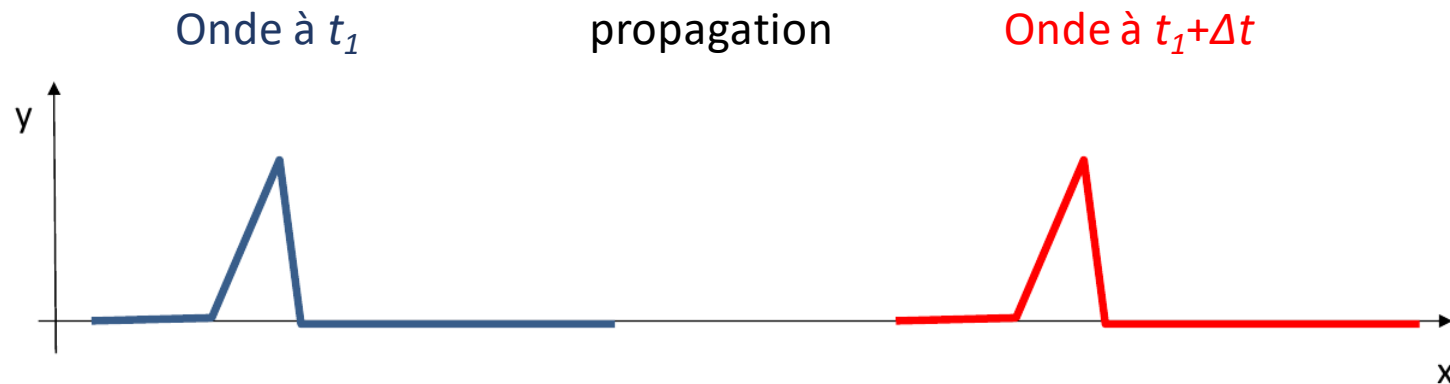
La **surface d'onde** est l'ensemble des points atteints après un même temps de parcours depuis la source.

- Pour une onde sonore progressive 3D, la surface d'onde est une sphère.
- Pour des vagues créées par un caillou dans l'eau (2D), la «surface d'onde» est un cercle.
- Pour une onde se propageant le long d'une corde à une dimension, la «surface d'onde» est un point.

Propagation à une dimension

On considère une onde progressive droite à une dimension :

La coordonnée y d'un point est fonction de l'espace et du temps : $y = f(x, t)$.

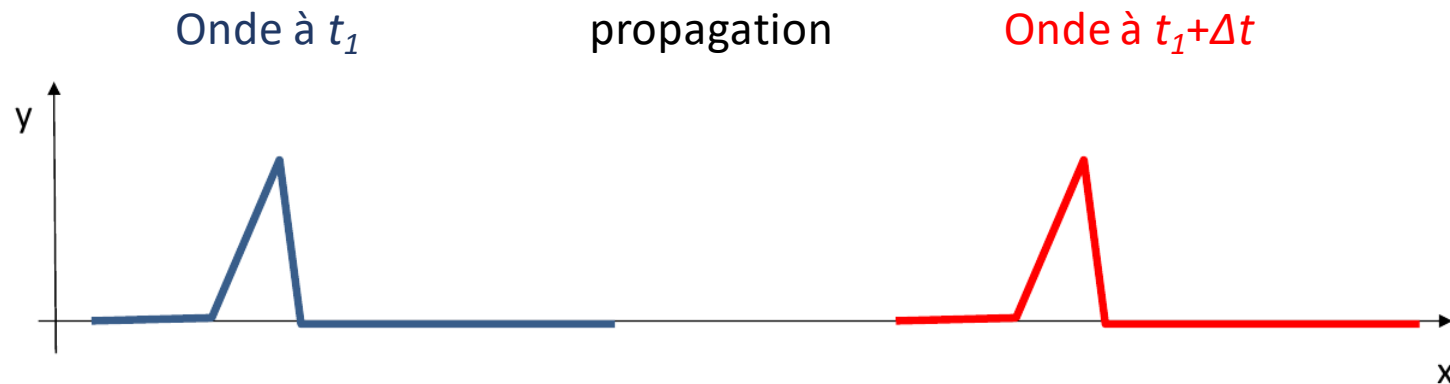


Entre les deux instants, l'onde a parcouru une distance

Propagation à une dimension

On considère une onde progressive droite à une dimension :

La coordonnée y d'un point est fonction de l'espace et du temps : $y = f(x, t)$.



Entre les deux instants, l'onde a parcouru une distance $c \cdot \Delta t$

Ne pas confondre les vitesses

Une onde fait intervenir plusieurs vitesses : sa **célérité** (vitesse de propagation) et la **vitesse de déplacement** de la propriété physique perturbée (df/dt). La vitesse à laquelle la matière d'un milieu, par exemple une vague oscillant de bas en haut, se déplace, n'a rien à voir avec la vitesse à laquelle cette perturbation se propage dans le milieu.

Exercices

TD1 : 1.1, 1.2.1, 1.2.3, 1.2.4