



Les phénomènes ondulatoires se retrouvent dans de très nombreux domaines de la physique.

- En mécanique : ondes sismiques, ondes sonores, vagues à la surface de l'eau...
- En électromagnétisme : la lumière, les micro-ondes, les ondes radio, les rayons X...
- En mécanique quantique : dualité onde-corpuscule, onde de matière...
- Et d'autres encore (ondes gravitationnelles, onde de chaleur, etc.).

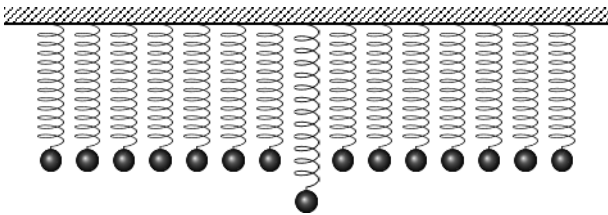
I - Les ondes

I.1 - Qu'est-ce qu'une onde ?

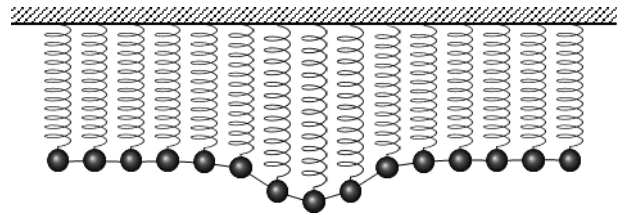
Pour obtenir une onde, il faut nécessairement avoir un couplage entre deux grandeurs physiques.

Exemple :

Considérons une chaîne de système { masse + ressort }. On écarte la masse centrale de sa position d'équilibre, puis on la lâche



Pas de couplage : seule la masse centrale va osciller. L'énergie initialement mise dans l'oscillateur central ne se propage pas.



L'altitude d'une masse est couplée à la force élastique subie par les masses voisines. La perturbation initiale va se propager latéralement, bien que chaque masse reste à la même position.

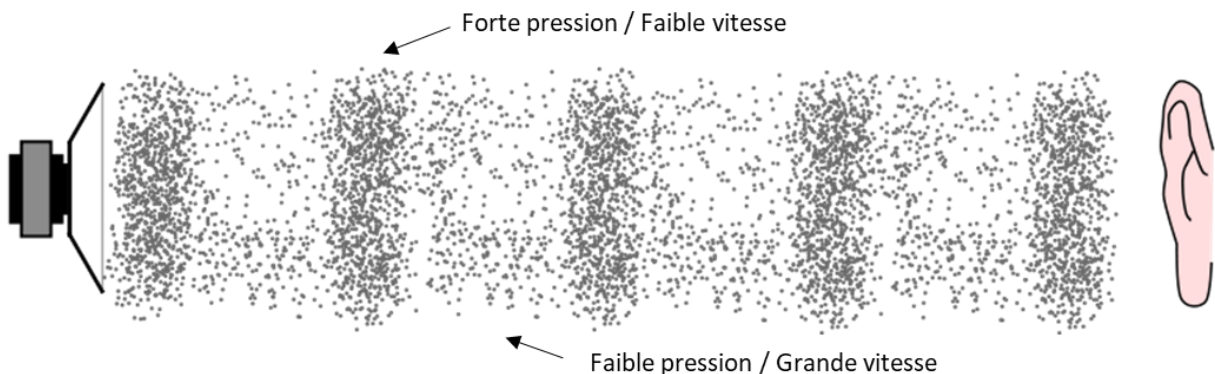
Définition :

Une **onde** correspond à la propagation d'une perturbation $s(M, t)$, donc d'énergie, sans propagation de matière.

I.2 - Exemples

Signaux acoustiques :

Les grandeurs couplées la **pression** et la **vitesse** des particules.

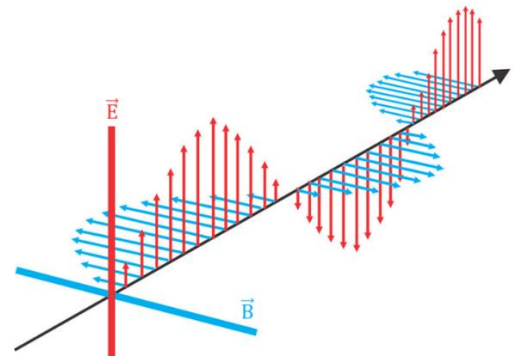


Signaux électriques :

Lorsque l'on sort du cadre de l'ARQS, un signal électrique ne se propage pas instantanément mais sous la forme d'une onde. Les grandeurs couplées sont la **tension** et l'**intensité**.

Signaux électromagnétiques :

Lumineux, UV, RX, onde radio, etc. Toutes ces ondes résultent d'un couplage entre le **champ électrique** et le **champ magnétique**.



II - Ondes progressives

II.1 - Évolutions temporelle et spatiale

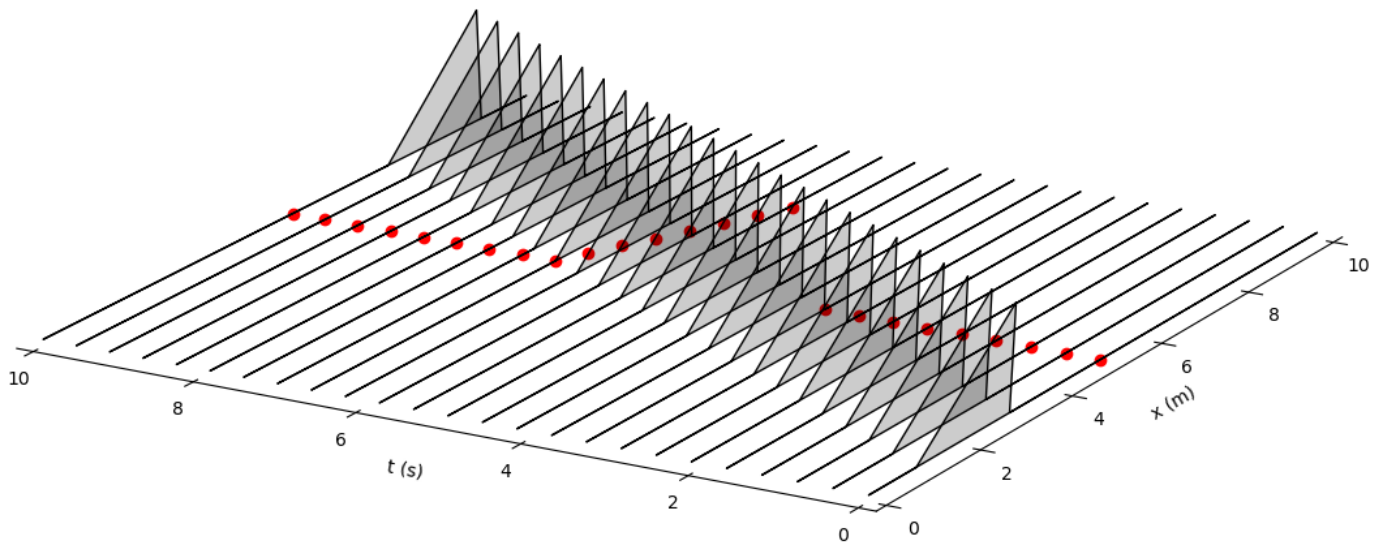
Définition :

Une **onde progressive** (OP) est une perturbation qui se retrouve identique à elle-même après une durée Δt et à une distance Δx .

Exemple :

Vague en forme de « triangle rectangle » qui se propage à la célérité c selon les x croissants. **Attention !** La célérité de l'onde n'a rien à voir avec la vitesse locale des particules de fluide.

On place un flotteur (point rouge) au niveau du point d'abscisse $x = 5$.



II.2 - Expression mathématique d'une OP

On a vu qu'une onde quelconque $s(x, t)$ dépendait de deux variables : l'espace et le temps. On va voir qu'une OP ne dépend que d'une seule variable.

a) Rappel mathématique

b) Point de vue spatial

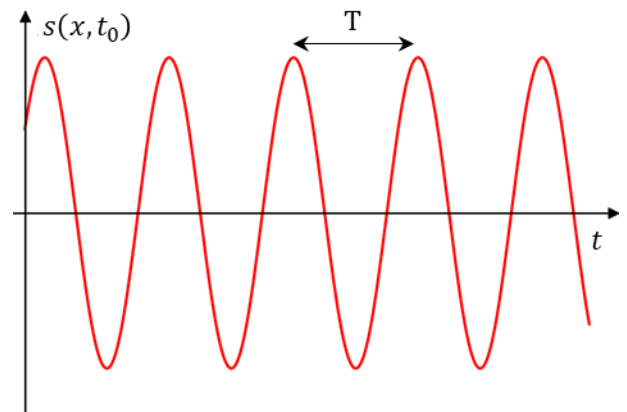
c) Point de vue temporel

d) Bilan

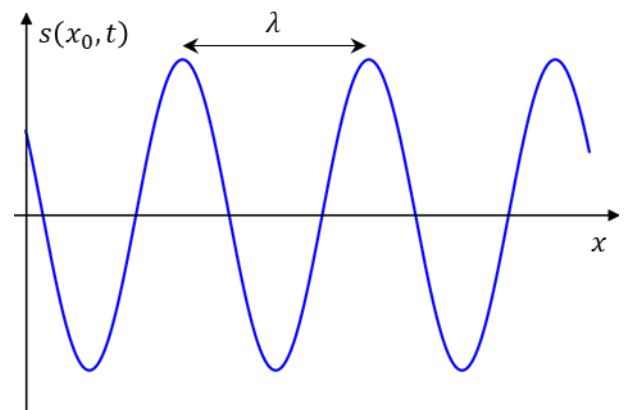
III - Ondes progressives harmoniques

III.1 - Définition

Profil temporel



Profil spatial



On constate donc qu'une OPH possède une **double périodicité**, spatiale et temporelle.

III.2 - Déphasage entre deux OPH

Soit deux OPH de même pulsation ω . On appelle déphasage $\Delta\phi$ entre les deux signaux leur différence de phase.

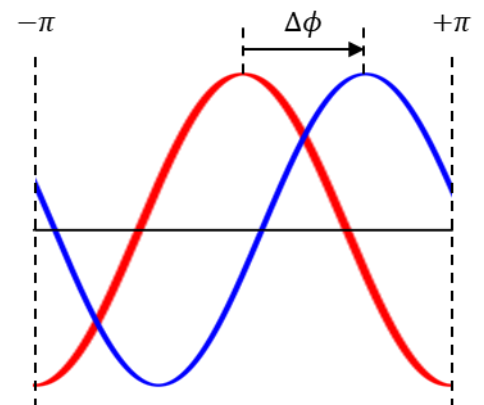
Propriété :

Traditionnellement en physique, on choisit $\Delta\phi$ modulo 2π de sorte que :

$$-\pi < \Delta\phi \leq \pi$$

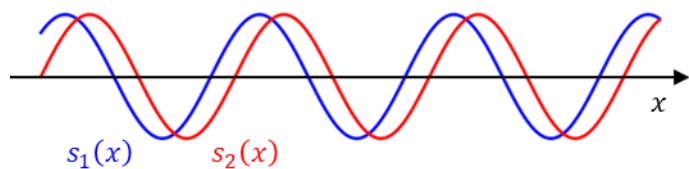
Définitions :

- Le signal qui atteint son maximum avant l'autre est dit en **avance de phase**. L'autre est dit en **retard de phase**.
- Si $\Delta\phi = 0$, les signaux sont **en phase**.
- Si $\Delta\phi = \pm\pi$, les signaux sont en **opposition de phase**.
- Si $\Delta\phi = \pm\pi/2$, les signaux sont en **quadrature de phase**.



The figure consists of three vertically stacked plots, each showing two sinusoidal waves on a horizontal axis labeled 't'.
 - The top plot shows a blue wave and a red wave that are perfectly in phase. They overlap completely, representing constructive interference.
 - The middle plot shows a blue wave and a red wave that are out of phase by π (180 degrees). The blue wave is at a peak when the red wave is at a trough, representing destructive interference.
 - The bottom plot shows a blue wave and a red wave that are out of phase by $\pi/2$ (90 degrees). The blue wave is at a peak when the red wave is at a zero-crossing, representing partial interference.

Soit deux « photographies » prises à 2 instants t_1 et t_2 . On pose $\tau = t_2 - t_1$. Superposons les deux signaux $s_1(x) = s(x, t_1)$ et $s_2(x) = s(x, t_2)$.



Soit deux capteurs placés aux positions x_1 et x_2 . On pose $\Delta x = x_1 - x_2$. On superpose les deux signaux $s_1(t) = s(x_1, t)$ et $s_2(t) = s(x_2, t)$.

