

## Interférences de deux ondes

---

Introduction :

Dans le cours précédent, nous nous sommes intéressés à ce qui se produit lorsqu'une onde rencontre un obstacle : c'est le phénomène de [diffraction](#). Ici, on s'intéressera à ce qui se produit quand une onde rencontre deux obstacles. C'est le phénomène physique d'interférences de deux ondes.

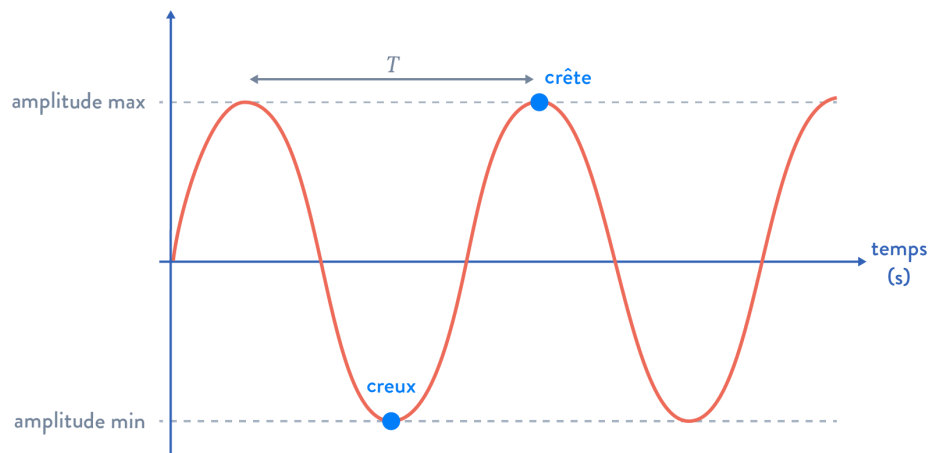
Nous présenterons dans ce cours les propriétés du phénomène d'interférences de deux ondes, puis nous développerons en détails les interférences des ondes électromagnétiques et nous terminerons par un exemple d'interférences de deux ondes mécaniques.

### 1 | Principe d'interférences de deux ondes

#### a. Déphasage entre deux ondes



On assimile une onde à un [signal sinusoïdal périodique](#). Chaque onde possède donc une amplitude maximale (crête), une amplitude minimale (creux), une période  $T$  (s) et une longueur d'onde  $\lambda$  (m).



© SCHOOLMOUV



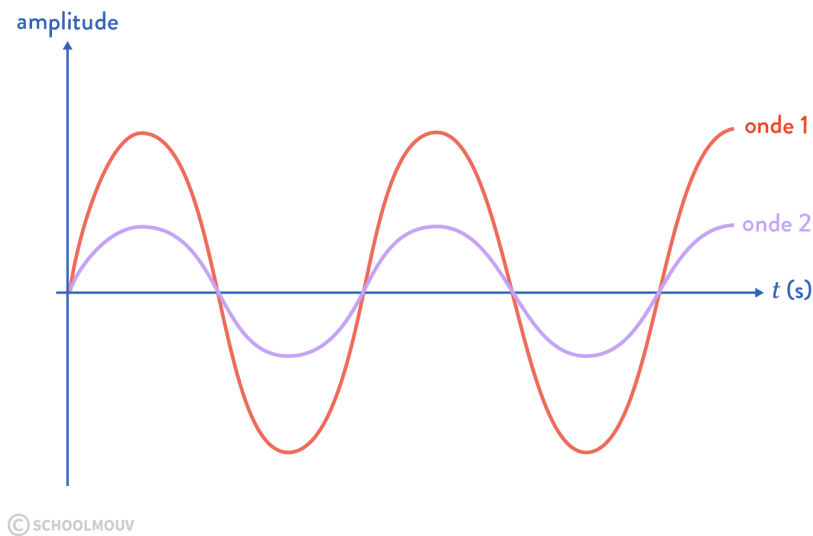
## Définition

### Déphasage :

On appelle déphasage entre deux ondes, la différence de position du signal de chaque onde au même instant  $t$ . Le déphasage est constant quand il reste le même tout au long de la propagation du signal.

Il existe deux cas particuliers du déphasage constant qui nous intéressent particulièrement.

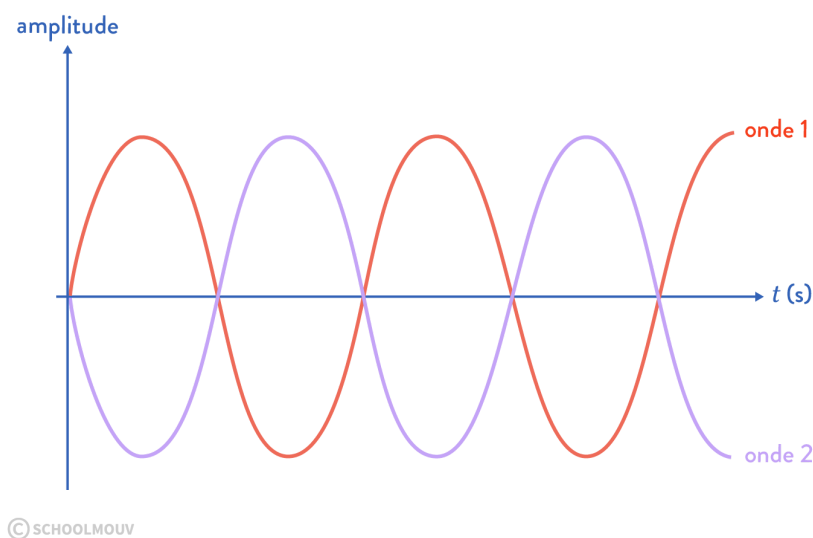
- 1 Le déphasage nul, c'est-à-dire que les deux ondes sont **en phase**.



Dans ce cas quand, à un instant  $t$ , l'onde 1 est à son maximum et l'onde 2 le sera aussi.

Les deux ondes sont en phase lorsque les deux points des deux ondes à un instant  $t$  ont le **même état vibratoire**.

- 2 Le déphasage est égal à  $\pm\pi$ , c'est-à-dire que les deux ondes sont **en opposition de phase**.



Dans ce cas quand, à un instant  $t$ , l'onde 1 est à son maximum et l'onde 2 sera à son minimum.

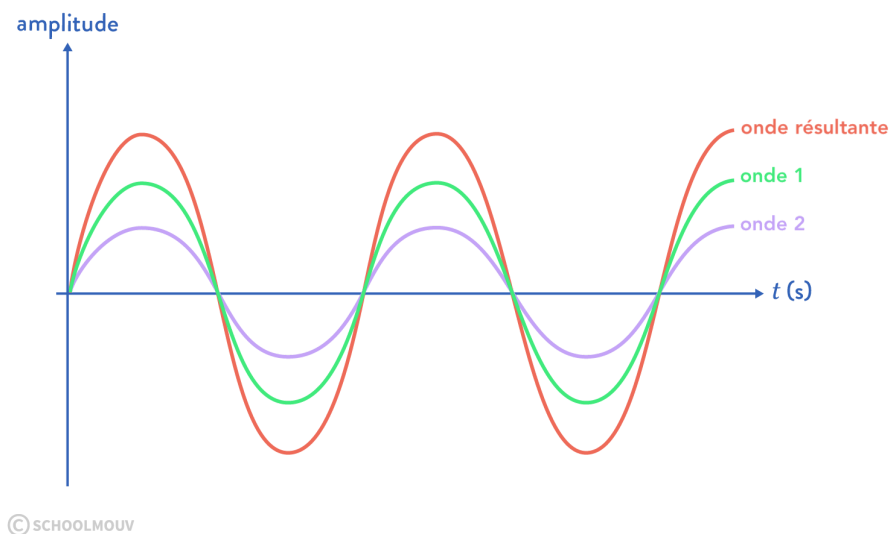
### Interférences de deux ondes :

On observe des interférences lorsque deux ondes de même nature (électromagnétique ou mécanique), de même fréquence et avec un déphasage constant en un même point de l'espace, se croisent.

→ Concrètement quand ces deux ondes synchrones (même fréquence) et cohérentes (déphasage constant) se combinent, on obtient une onde résultante dont l'amplitude correspond à la somme de l'amplitude de ces deux ondes.

On note deux cas particuliers d'interférences.

- 1 L'interférences de deux ondes synchrones, cohérentes et en phase (c'est-à-dire avec un déphasage constant nul).

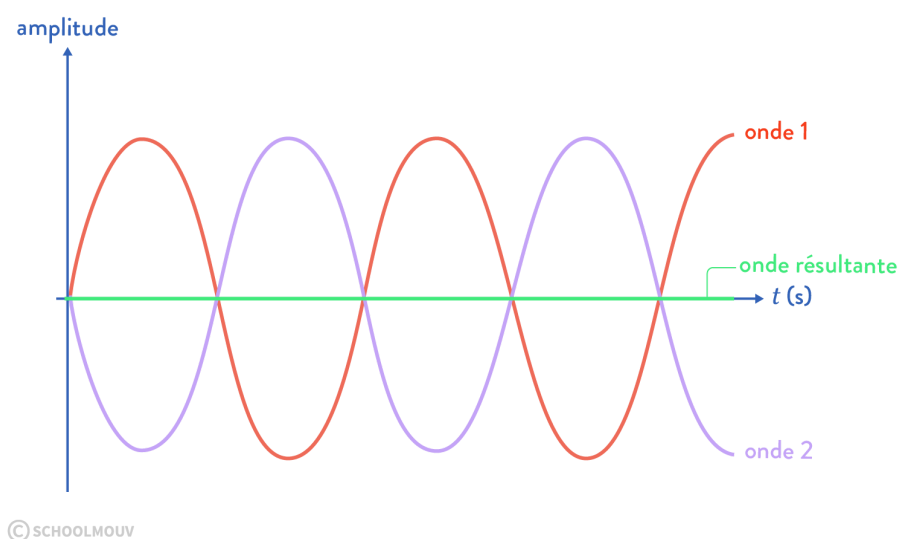


Dans ce cas, l'**onde résultante** est en phase avec les deux ondes en un même point de l'espace et a une amplitude maximale plus élevée que

celles des deux ondes séparées.

→ On parle **d'interférences constructives**.

- 2 L'interférence de deux ondes synchrones, cohérentes et en opposition de phase (c'est-à-dire avec un déphasage égal à  $\pi$ ).



 À retenir

Dans ce cas, l'onde résultante a une amplitude nulle, car les ondes 1 et 2 ont la même amplitude et s'annulent donc.

→ On parle **d'interférences destructives**.

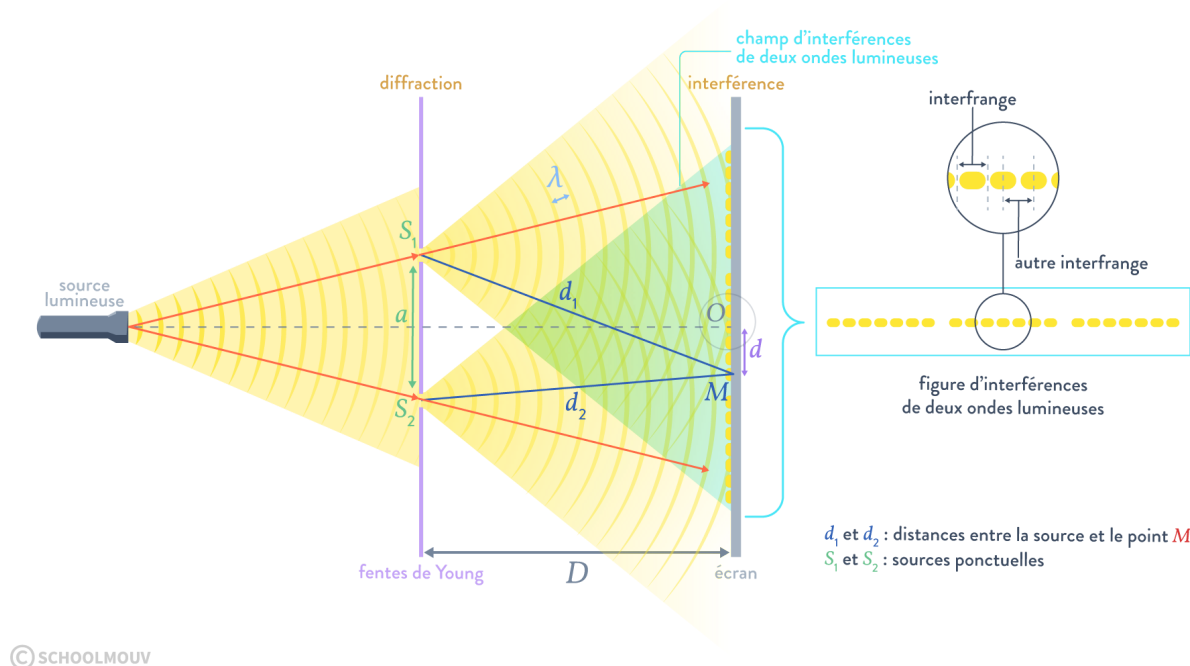
## 2 | Interférences de deux ondes lumineuses

La rencontre de deux ondes lumineuses de même fréquence, avec un déphasage constant mène aux phénomènes d'interférences. Il est très compliqué que deux sources lumineuses émettent deux ondes lumineuses **synchrones** et **cohérentes**. Ainsi, pour pouvoir observer des interférences entre deux ondes lumineuses, le physicien [Thomas Young](#) a mis en place un dispositif expérimental en 1803 se basant sur une seule source lumineuse.

Une source émet des rayons lumineux qui traversent un obstacle avec deux fentes de taille proche de la longueur d'onde émise, qu'on appelle « les **fentes de Young** ».

Ainsi la lumière subit une diffraction à deux endroits,  $S_1$  et  $S_2$ , résultant en deux sources lumineuses ponctuelles synchrones et cohérentes. À l'aide d'un écran, on recueille la figure d'interférences et de diffraction.

On observe les tâches lumineuses d'une figure de diffraction, elles-mêmes constituées d'une succession de zones lumineuses et sombres qu'on appelle **franges**. Ces franges sont espacées par une distance constante.



© SCHOOLMOUV



## Définition

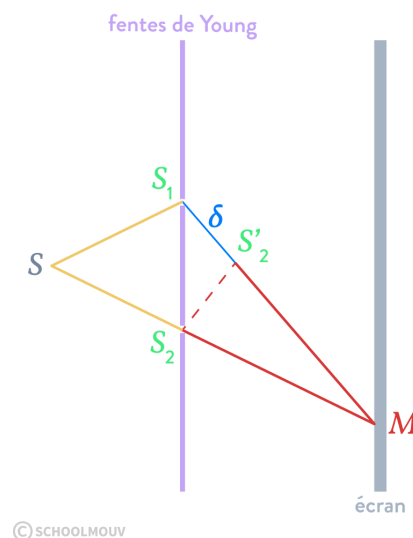
### Interfrange :

On appelle interfrange, noté  $i$ , la distance entre le milieu de deux franges lumineuses (ou sombres) consécutives, se trouvant sur la figure d'interférences.

Concrètement, en tout point de l'écran et lorsque les deux ondes se croisent, on observe la somme des deux ondes produites par les deux sources ponctuelles (les deux fentes).

Soit un point  $M$  quelconque de l'écran. On observe, sur la figure ci-dessous, que la distance  $d_1$  est plus grande que  $d_2$ . Par déduction nous pouvons dire qu'à partir de la source  $S_1$  l'onde parcourt une plus grande distance pour arriver jusqu'au point  $M$ .

→ Ainsi la différence entre les deux distances et le point  $M$  s'appelle la différence de chemin optique et se note  $\delta$ .



 À retenir

**La différence de chemin optique  $\delta$**  se définit comme les distances entre chacune des deux sources  $S_1$  et  $S_2$  et le point  $M$  :

$$\begin{aligned}\delta &= d_1 - d_2 \\ &= S_1M - S_2M\end{aligned}$$

Et on admettra aussi que :

$$\delta = \frac{a \times d}{D}$$

Avec :

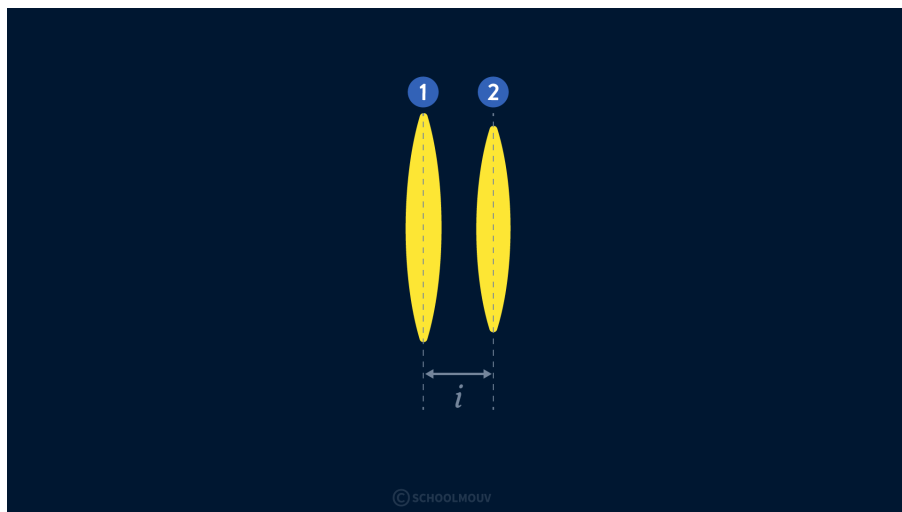
- $a$  la distance entre les deux fentes ;
- $D$  la distance entre les fentes de Young et l'écran ;
- $d$  la distance entre le point  $M$  sur l'écran et le centre de l'écran.

Deux cas particuliers sont observés.



- 1 Si  $\delta = k\lambda$ , avec  $k$  un réel entier, les deux ondes sont **en phase** et on observe une **frange lumineuse** due aux **interférences constructives**.
- 2 Si  $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ , avec  $k$  un réel entier, les deux ondes sont **en opposition de phase** et on observe une **frange sombre** due aux **interférences destructives**.

D'autre part, on peut déduire l'expression de l'interfrange :



Calculons la différence de marche pour deux franges lumineuses 1 et 2 successives :

$$\begin{aligned}\delta_1 &= k\lambda \\ &= \frac{a \times d_1}{D}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_2 &= (k + 1)\lambda \\ &= \frac{a \times d_2}{D}\end{aligned}$$

Or la distance qui sépare les deux franges lumineuses est l'interfrange  $i$ .  
Soit,



$$\begin{aligned}
 (k+1)\lambda &= \frac{a \times d_2}{D} \Leftrightarrow \frac{a \times (d_1 + i)}{D} \\
 (k+1)\lambda &= \frac{a \times d_1}{D} + \frac{a \times i}{D} \\
 k\lambda + \lambda &= k\lambda + \frac{a \times i}{D} \\
 \lambda &= \frac{a \times i}{D}
 \end{aligned}$$



L'interfrange  $i$  a donc pour expression :

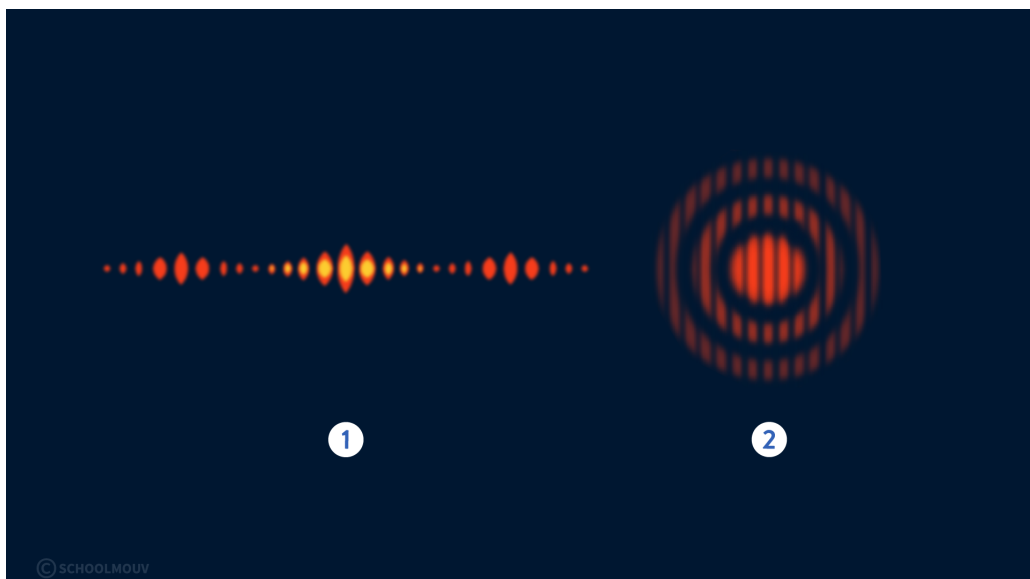
$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

Avec :

- $a$  la distance entre les deux fentes ;
- $D$  la distance entre les fentes de Young et l'écran.

Expérimentalement, la figure d'interférences d'une onde électromagnétique par deux fentes longues et verticales sera perpendiculaire aux fentes et aura l'aspect de la figure 1 ci-dessous, la figure sera obtenue selon un axe horizontal.

Pour les fentes circulaires, on obtient expérimentalement la figure 2 et on observe que la figure d'interférences contient le motif de l'obstacle.



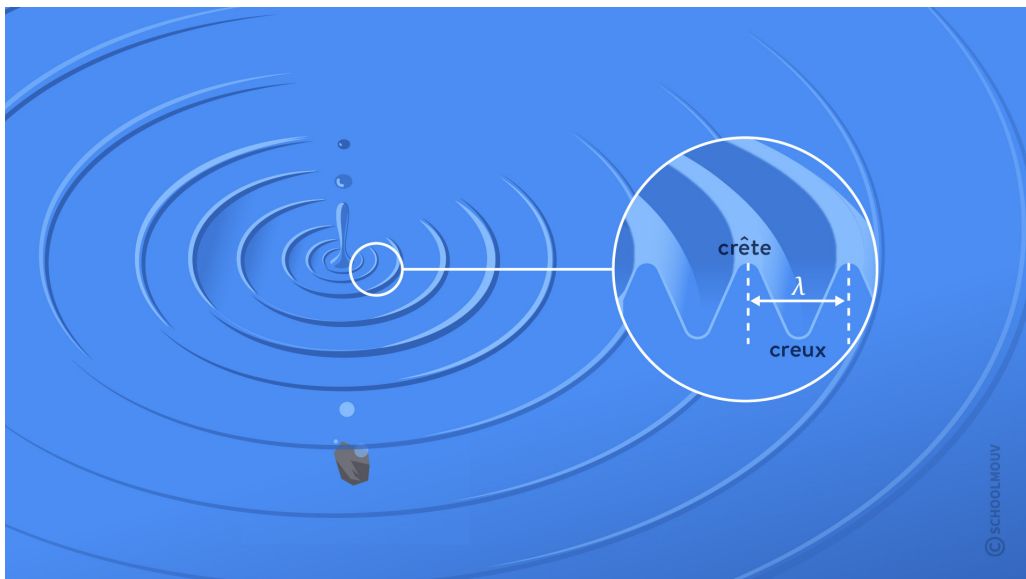
Les fentes de Young permettent de créer deux sources ponctuelles d'ondes capables d'interférer. Dans ce cas, la figure d'interférences est une figure de diffraction avec les tâches lumineuses constituées d'une succession de franges lumineuses et sombres.

### 3 | Interférences d'ondes mécaniques

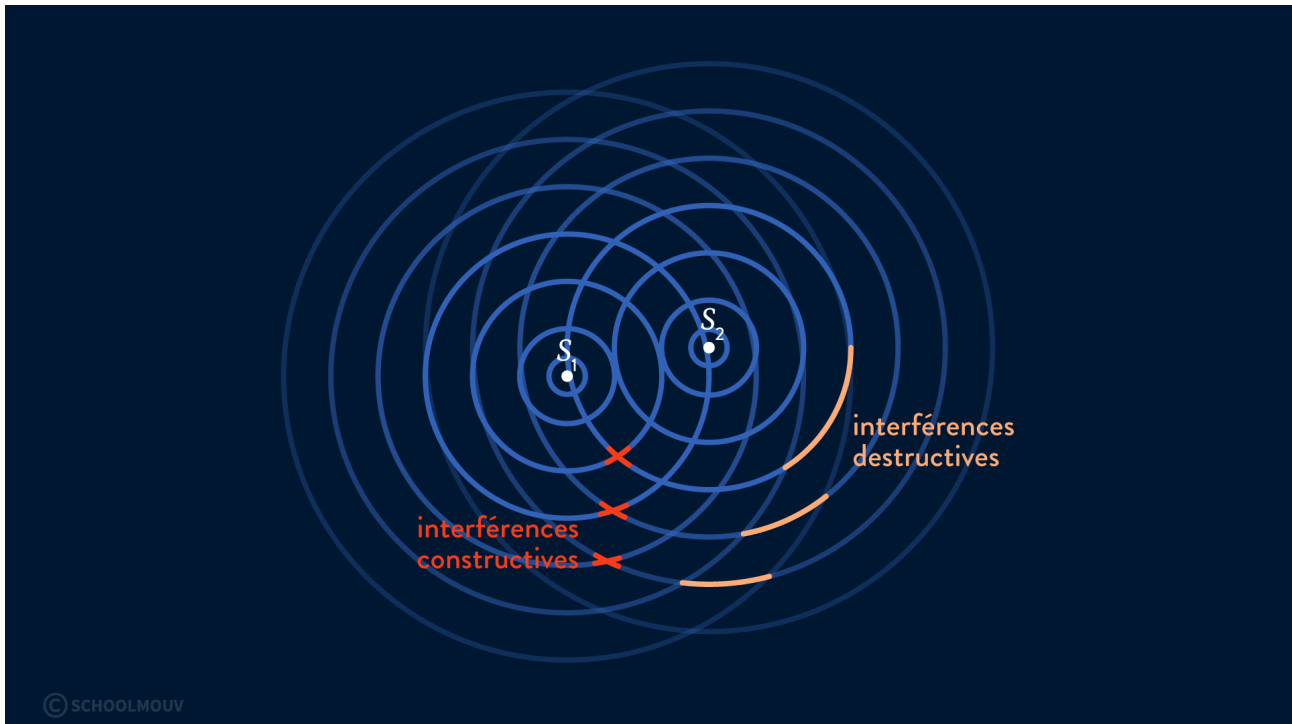
La rencontre de deux ondes mécaniques de même fréquence, avec un déphasage constant mène aux phénomènes d'interférences.

L'exemple le plus parlant d'interférences de deux ondes mécaniques est la figure qu'on observe sur la surface de l'eau quand on lance deux pierres dont les vibrations se propagent avec la même fréquence et un même déphasage.

Quand on lance une pierre, on observe des ondes circulaires, « les vaguelettes », qui se forment et se propagent sur la surface de l'eau :



Si on lance deux pierres, représentées par les points  $S_1$  et  $S_2$  sur la figure ci-dessous, on observe des interférences entre les deux ondes mécaniques circulaires.



Ces deux ondes sont synchrones, cohérentes et en phase et on observe donc la figure d'interférences.



À retenir

On peut identifier deux cas particuliers dans la figure d'interférences :

- le haut de la vaguelette est dû aux **interférences constructives**, c'est-à-dire que la crête de l'onde circulaire 1 s'additionne avec la crête de l'onde circulaire 2 ;
- le bas de la vaguelette est dû aux **interférences destructives**, c'est-à-dire que le creux de l'onde circulaire 1 s'annule avec le creux de l'onde circulaire 2.



Attention

Quand on lance une pierre dans l'eau, l'onde qui se propage n'est pas réellement périodique puisqu'elle s'estompe rapidement. Pour pouvoir observer clairement le schéma d'interférences à la surface de l'eau, nous pouvons utiliser la cuve à ondes qui produit des ondes de même fréquence.

Conclusion :

Le phénomène d'interférences est observé lorsque deux ondes de même nature, de même fréquence et possédant un déphasage constant se rencontrent en un même point de l'espace. Ce phénomène est observable pour les ondes électromagnétiques et les ondes mécaniques.

Dans tous les cas, quand les deux ondes sont en phase, on observe des interférences constructives qui résultent de l'addition des deux amplitudes maximales des deux ondes. Quand les ondes sont en opposition de phase, on observe des interférences destructives qui résultent de l'annulation de l'amplitude minimal de la première onde et de l'amplitude minimal de la deuxième onde.