Ondes – chapitre 2

# Interférences à deux ondes

## Sommaire


**I Introduction** . . . **3**
- I/A Approximation par une onde plane . . . 3
- I/B Déphasage . . . 3
- I/C Valeurs particulières . . . 4
- I/D Déphasage et différence de marche . . . 4

**II Superposition d'ondes sinusoïdales de mêmes fréquences** . . . **5**
- II/A Présentation . . . 5
- II/B Signaux de même amplitude : $A_1 = A_2 = A_0$ . . . 6
- II/C Signaux d'amplitudes différentes : $A_1 \neq A_2$ . . . 8
- II/D Bilan . . . 10

**III Interférences lumineuses** . . . **11**
- III/A Cohérence d'ondes lumineuses . . . 11
- III/B Intensité lumineuse . . . 12
- III/C Formule de Fresnel . . . 13
- III/D Chemin optique et déphasage . . . 13

**IV Expérience des trous d'Young** . . . **14**
- IV/A Introduction . . . 14
- IV/B Présentation . . . 14
- IV/C Résolution . . . 15


## Capacités exigibles

- ☐ Interférences entre deux ondes acoustiques, mécaniques ou lumineuses de même fréquence.
- ☐ Différence de chemin optique. Conditions d'interférences constructives ou destructives.
- ☐ Exemple du dispositif des trous d'Young éclairé par une source monochromatique.
- ☐ Exprimer les conditions d'interférences constructives ou destructives.
- ☐ Déterminer l'amplitude de l'onde résultante en un point en fonction du déphasage.
- ☐ Relier le déphasage entre les deux ondes à la différence de chemin optique.
- ☐ Établir l'expression littérale de la différence de chemin optique entre les deux ondes.
- ☐ Exploiter la formule de Fresnel fournie pour décrire la répartition d'intensité lumineuse.

## L'essentiel

### Définitions


- ☐ ON2.1 : Fronts d'ondes . . . . . . . . . 3
- ☐ ON2.2 : Phase spatiale et déphasage . . 3
- ☐ ON2.3 : Hypothèses . . . . . . . . . . . 6
- ☐ ON2.4 : Cohérence entre sources . . . . 11
- ☐ ON2.5 : Chemin optique . . . . . . . . 13
- ☐ ON2.6 : Description du résultat . . . . 14
- ☐ ON2.7 : Présentation trous d'Young . 14


### Propriétés


- ☐ ON2.1 : Approxima° par une onde plane 3
- ☐ ON2.2 : Déphasage et différence de marche 4
- ☐ ON2.3 : $\Delta L$ particuliers . . . . . . . . . 5
- ☐ ON2.4 : Signal somme même amplitude 7
- ☐ ON2.5 : Cas extrêmes même amplitude 7
- ☐ ON2.6 : Signal somme amplitudes $\neq$ . . 8
- ☐ ON2.7 : Cas extrêmes amplitudes $\neq$ . . 9
- ☐ ON2.8 : Condition d'interférence . . . . 12
- ☐ ON2.9 : Intensité lumineuse . . . . . . 12
- ☐ ON2.10 : Formule de Fresnel . . . . . 13
- ☐ ON2.11 : Différence de chemin optique 14
- ☐ ON2.12 : Intensité et interfrange . . . . 15


### Démonstrations


- ☐ ON2.1 : Différence de marche . . . . . . 5
- ☐ ON2.2 : $\Delta L$ particuliers . . . . . . . . . 5
- ☐ ON2.3 : Signal somme même amplitude 6
- ☐ ON2.4 : Cas extrêmes même amplitude 7
- ☐ ON2.5 : Signal somme amplitudes $\neq$ . . 8
- ☐ ON2.6 : Cas extrêmes amplitudes $\neq$ . . 9
- ☐ ON2.7 : Intensité lumineuse OPPS . . . 12
- ☐ ON2.8 : Formule de Fresnel . . . . . 13
- ☐ ON2.9 : Chemin optique . . . . . . . . 13
- ☐ ON2.10 : Intensité et interfrange . . . . 15


### Applications


- ☐ ON2.1 : Interférences sonores . . . . . . 10


### Exemples


- ☐ ON2.1 : Superpositions sur une corde . 6
- ☐ ON2.2 : Cohérence . . . . . . . . . . . 12
- ☐ ON2.3 : Interfrange . . . . . . . . . . . 16


### Points importants


- ☐ ON2.1 : Analyse même amplitude . . . 7
- ☐ ON2.2 : Analyse amplitudes différentes 10
- ☐ ON2.3 : Interférences . . . . . . . . . . 10

# I Introduction

## I/A Approximation par une onde plane

Soit une source en un point S, émettant une onde sinusoïdale. En toute généralité, et même sans atténuation, son amplitude dépend du point considéré :

$$s(\vec{r},t) = A(r)\cos\left(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r} + \varphi_0\right)$$

avec $\vec{k}$ le vecteur d'onde et $\vec{r}$ le vecteur position en 3 dimensions. En effet, l'énergie totale d'une perturbation se répartie selon l'espace disponible. On différencie alors les ondes selon les « vagues » que forme l'onde :

**Définition ON2.1 : Fronts d'ondes**

Si les fronts d'ondes que forme l'onde dessinent :

- une **droite**, alors l'onde est **plane** ;
- un **cercle**, alors l'onde est **circulaire** ;
- une **sphère**, alors l'onde est **sphérique**.

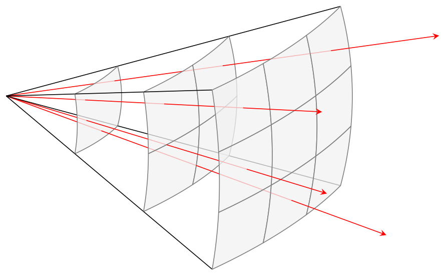


**Figure ON2.1** – Front d'onde sphérique.

Pour obtenir de résultats simples, on se limite à des ondes planes avec l'approximation suivante :

**Propriété ON2.1 : Approxima° par une onde plane**

À des distances de la source S **suffisamment grandes devant la longueur d'onde** $\lambda$, on peut approximer la vibration $s(\mathrm{M},t)$ par une **onde plane** :

avec $A$ constante au voisinage de M.

**Figure ON2.2** – Approximation par une onde plane

## I/B Déphasage

**Définition ON2.2 : Phase spatiale et déphasage**

Soit deux signaux sinusoïdaux, de **même fréquence**, **longueur d'onde** et **nature**, provenant de 2 sources $\mathrm{S}_1$ et $\mathrm{S}_2$, se superposant en un point M :

et

On introduit alors pour simplifier la **phase spatiale** :

et

Ainsi, le **déphasage** entre $s_2$ et $s_1$ se réduit à leur **différence de phase spatiale** :

## I/C Valeurs particulières

**Rappel ON2.1 : Déphasages particuliers**

**En phase**

Deux signaux sont **en phase** si leur **déphasage est nul** (modulo $2\pi$) :

$$\Delta\varphi \equiv 0 \quad [2\pi] \Leftrightarrow \boxed{\Delta\varphi = 2p\pi} \quad p \in \mathbb{Z}$$

Les signaux passent par leurs valeurs maximales et minimales aux mêmes instants, et s'annulent simultanément.

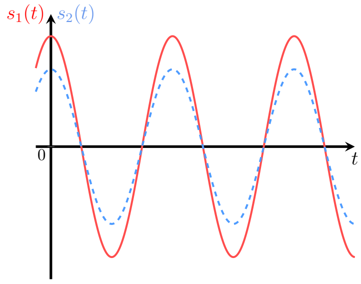



**Figure ON2.3** – En phase.

**En quadrature**

Deux signaux sont en **quadrature phase** si leur déphasage est de $\pm\pi/\mathbf{2}$ (modulo $2\pi$) :

$$\Delta\varphi \equiv \pm\frac{\pi}{2} \quad [2\pi] \Leftrightarrow \boxed{\Delta\varphi = \left(p + \frac{1}{2}\right)\pi} \quad p \in \mathbb{Z}$$

Quand un signal s'annule, l'autre est à son maximum où à son minimum : c'est la relation entre un cosinus et un sinus.

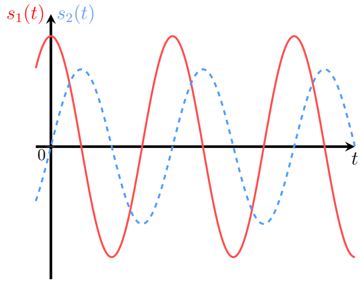



**Figure ON2.4** – En quadrature.

**En opposition**

Deux signaux sont en **opposition de phase** si leur déphasage est de $\pm\pi$ (modulo $2\pi$) :

$$\Delta\varphi \equiv \pm\pi \quad [2\pi] \Leftrightarrow \boxed{\Delta\varphi = (2p+1)\pi} \quad p \in \mathbb{Z}$$

Lorsqu'un signal passe par sa valeur maximale, l'autre est à la valeur minimale, mais ils s'annulent simultanément.

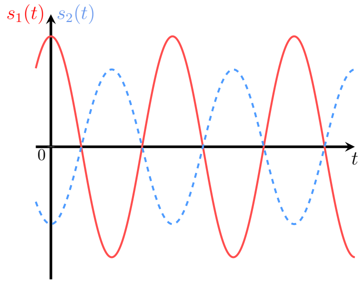



**Figure ON2.5** – En opposition.

## I/D Déphasage et différence de marche

### I/D) 1 Présentation

Comme les fréquences sont les mêmes, le déphasage se réexprime par une différence de distances.

**Propriété ON2.2 : Déphasage et différence de marche**

On a alors avec $k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$

**Différence de marche**

**Déphasage à l'origine**

**Interprétation ON2.1 : Différence de marche**

$\Delta L$ traduit la distance supplémentaire que doit parcourir une onde par rapport à une autre pour arriver au même point M. Comme elles vont à la même vitesse $c$ (même nature, même fréquence), cette distance supplémentaire introduit un retard de l'une par rapport à l'autre, c'est-à-dire un déphasage.

**Démonstration ON2.1 : Différence de marche**

I/D) 2 Valeurs particulières

**Propriété ON2.3 : $\Delta L$ particuliers**

**Pour des sources de même phase à l'origine**, on a $\Delta\varphi_0 = 0$. Les déphasages particuliers se réécrivent alors en termes de différence de marche, avec $p \in \mathbb{Z}$ :

| En phase | En quadrature | En opposition |
| --- | --- | --- |
| | | |

**Démonstration ON2.2 : $\Delta L$ particuliers**

On part du lien entre $\Delta\varphi$ et $\Delta L$, avec $\Delta\varphi_0 = 0$, et de la définition du vecteur d'onde :

Comme $p \in \mathbb{Z}$, $-p \in \mathbb{Z}$, donc le signe $-$ importe peu. Ainsi,

- **En phase** :
- **En quadrature** :
- **En opposition** :

**Tout fonctionne comme si on remplaçait $2\pi$ par $\lambda$.**

# II Superposition d'ondes sinusoïdales de mêmes fréquences

## II/A Présentation

La plupart du temps, les ondes se croisent sans interagir particulièrement, et on ne voit que la somme des signaux. Voir l'animation `geogebra`[1].

1. https://www.geogebra.org/m/jyh2ZMXJ

**Exemple ON2.1 : Superpositions sur une corde**

$t = 0$

$t = \Delta t$

$t = 2\Delta t$

**FIGURE ON2.6** – Mêmes amplitudes.

$t = 0$

$t = \Delta t$

$t = 2\Delta t$

**FIGURE ON2.7** – Amplitudes opposées.

Étudions mathématiquement ce phénomène en utilisant **deux sources sinusoïdales**.

**Définition ON2.3 : Hypothèses**

Chaque source émet une OPPS [2] **de même fréquence** et **même nature** depuis les points $\mathrm{S}_1$ et $\mathrm{S}_2$ :

et

et on s'intéresse à leur somme $s(\mathrm{M}, t) = s_1(\mathrm{M}, t) + s_2(\mathrm{M}, t)$ en un point M de l'espace.

**FIGURE ON2.8** – Schéma.

## II/B Signaux de même amplitude : $A_1 = A_2 = A_0$

### II/B) 1 Cas général

**Outils ON2.1 : Somme de cosinus**

On remplace la somme par un produit grâce à la relation

$$\cos p + \cos q = 2\cos\left(\frac{p-q}{2}\right)\cos\left(\frac{p+q}{2}\right)$$

**Démonstration ON2.3 : Signal somme même amplitude**

2. Onde Plane Progressive Sinusoïdale

**Propriété ON2.4 : Signal somme même amplitude**

Ainsi, avec

II/B) 2 Cas extrêmes

**Propriété ON2.5 : Cas extrêmes même amplitude**

L'amplitude de $s(\mathrm{M},t)$ est **maximale** pour des signaux **en phase** et **minimale** pour des signaux en **opposition de phase**, avec :

**En phase**

**En opposition**

**Démonstration ON2.4 : Cas extrêmes même amplitude**

**Amplitude maximale**

$A(\mathrm{M})$ est maximale pour

$\Rightarrow$ $p \in \mathbb{Z}$

Ce déphasage correspond à des **signaux en phase**. Lorsque les signaux sont en phase, les maxima et minima de vibration se correspondent et donnent à chaque instant une amplitude double.

**Amplitude minimale**

$A(\mathrm{M})$ est minimale pour

$\Rightarrow$ $p \in \mathbb{Z}$

Ce sont donc des **signaux en opposition de phase**. Lorsque les signaux sont en opposition de phase, les maxima et minima de vibration s'opposent, et l'amplitude résultante est nulle.

II/B) 3 Conclusion

**Important ON2.1 : Analyse même amplitude**

Le signal somme de deux OPPS de **même amplitude** $A_0$ et **même pulsation** $\omega$ est :

1) Un signal **sinusoïdal** et **de même pulsation** $\omega$ ;
2) D'amplitude **dépendante de M**, et
   - ◇ **Maximale** $A_{\max} = 2A_0$ pour signaux **en phase** ($\Delta\varphi_{2/1} = 2p\pi$, $p \in \mathbb{Z}$) ;
   - ◇ **Minimale** $A_{\min} = 0$ pour signaux **en opposition de phase** ($\Delta\varphi_{2/1} = (2p+1)\pi$, $p \in \mathbb{Z}$).

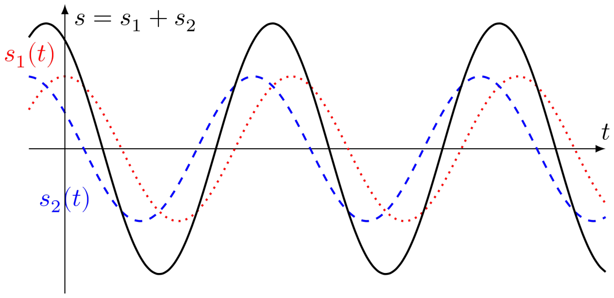



**Figure ON2.9 –**
Somme avec déphasage $\Delta\varphi_{2/1} = \pi/3$.

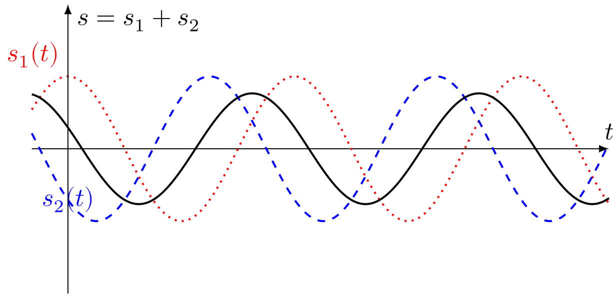



**Figure ON2.10 –**
Somme avec déphasage $\Delta\varphi_{2/1} = 3\pi/4$.

## II/C Signaux d'amplitudes différentes : $A_1 \neq A_2$

### II/C) 1 Cas général

On peut soit utiliser la trigonométrie classique, soit les complexes :

**Outils ON2.2 : Trigonométrie**

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$
$$\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\cos\theta = \frac{\mathrm{e}^{\mathrm{j}\theta} + \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\theta}}{2}$$
$$|\underline{z}|^2 = \underline{z} \cdot \underline{z}^* \quad \text{et} \quad \tan(\arg(\underline{z})) = \frac{\mathrm{Im}(\underline{z})}{\mathrm{Re}(\underline{z})}$$

**Propriété ON2.6 : Signal somme amplitudes $\neq$**

Ainsi, avec

**Démonstration ON2.5 : Signal somme amplitudes $\neq$**

**En réels**

**En complexes**

En supposant directement que $s(\mathrm{M},t) = A(\mathrm{M})\cos(\omega t + \varphi(\mathrm{M}))$ (par linéarité),

Dans tous les cas, on trouve $\begin{cases} A(\mathrm{M}) = \sqrt{{A_1}^2 + {A_2}^2 + 2A_1A_2\cos\big(\Delta\varphi_{2/1}(\mathrm{M})\big)} \\ \varphi(\mathrm{M}) = \arctan\left(\dfrac{A_1\sin\varphi_1(\mathrm{M}) + A_2\sin\varphi_2(\mathrm{M})}{A_1\cos\varphi_1(\mathrm{M}) + A_2\cos\varphi_2(\mathrm{M})}\right) \end{cases}$

## II/C) 2 Cas extrêmes

**Propriété ON2.7 : Cas extrêmes amplitudes $\neq$**

L'amplitude de $s(\mathrm{M},t)$ est **maximale** pour des signaux **en phase** et **minimale** pour des signaux en **opposition de phase**, avec :

**En phase**

**En opposition**

**Démonstration ON2.6 : Cas extrêmes amplitudes $\neq$**

**Amplitude maximale**

Max pour

$\Rightarrow$ $p \in \mathbb{Z}$

**Amplitude minimale**

Min pour

$\Rightarrow$ $p \in \mathbb{Z}$

II/C) 3 Conclusion

**Important ON2.2 : Analyse amplitudes différentes**

Le signal somme de deux OPPS d'amplitudes $A_1$ et $A_2$ de même pulsation $\omega$ est :

1) Un signal **sinusoïdal** et **de même pulsation** $\omega$ ;
2) D'amplitude **dépendante de M**, et
   - ◇ **Maximale** $A_{\max} = A_1 + A_2$ pour signaux **en phase** ($\Delta\varphi_{2/1} = 2p\pi$) ;
   - ◇ **Minimale** $A_{\min} = |A_1 - A_2|$ pour signaux **en opposition de phase** ($\Delta\varphi_{2/1} = (2p+1)\pi$).

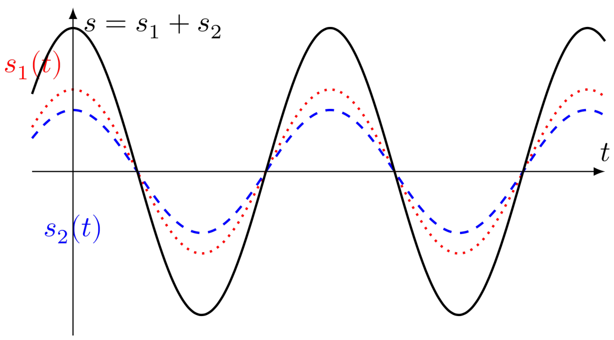



**FIGURE ON2.11** – Signaux en phase.

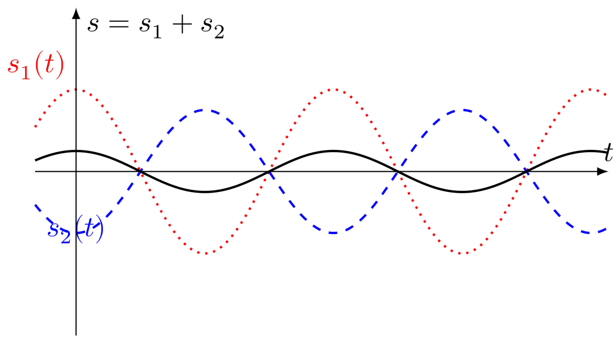



**FIGURE ON2.12** – Signaux en opposition.

## II/D Bilan

**Important ON2.3 : Interférences**

Lorsque deux OPPS **de même fréquence** et de **même nature** se superposent en M :

L'amplitude de la somme est **maximale** si les signaux sont **en phase** :

$$\boxed{\Delta\varphi_{2/1}(\mathrm{M}) = 2p\pi} \Leftrightarrow \boxed{\Delta L_{2/1}(\mathrm{M}) = p\lambda}$$

On parle d'**interférences constructives**.

L'amplitude de la somme est **minimale** si les signaux sont **en opposition de phase** :

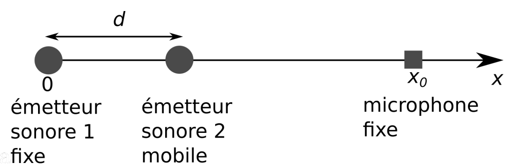
$$\boxed{\Delta\varphi_{2/1}(\mathrm{M}) = (2p+1)\pi} \Leftrightarrow \boxed{\Delta L_{2/1}(\mathrm{M}) = (2p+1)\frac{\lambda}{2}}$$

On parle d'**interférences destructives**.

$p \in \mathbb{Z}$ est appelé l'**ordre d'interférence** [a].

**Application ON2.1 : Interférences sonores**

Soient 2 émetteurs sonores envoyant une onde progressive sinusoïdale de même fréquence, même amplitude et **même phase à l'origine**. Le premier est fixé à l'origine du repère, l'émetteur 2 est mobile et à une distance $d$ du premier, et un microphone est placé à une distance fixe $x_0$ de l'émetteur 1 et est aligné avec les deux émetteurs.




*a.* Pour une animation et visualisation dans le plan, voir ce site.

On néglige l'influence de l'émetteur 2 sur l'émetteur 1 et toute atténuation.

1 Lorsque $d = 0$, qu'enregistre-t-on au niveau du microphone ?

2 On part de $d = 0$ et on augmente $d$ jusqu'à ce que le signal enregistré soit nul. Ceci se produit pour $d = 6{,}0\,\mathrm{cm}$. Expliquer cette extinction.

3 En déduire la longueur d'onde du son émis.

4 Pour $d = 12{,}0\,\mathrm{cm}$, quelle sera l'amplitude du signal enregistré ?

# III Interférences lumineuses

## III/A Cohérence d'ondes lumineuses

**Définition ON2.4 : Cohérence entre sources**

La plupart des sources lumineuses ont une phase à l'origine qui **n'est pas constante**, mais prend une valeur aléatoire au bout d'un certain temps généralement très court : on dit qu'elles envoient des **trains d'ondes**. On définit ainsi :

- **Temps de cohérence** :
- **Longueur de cohérence** :

**Propriété ON2.8 : Condition d'interférence**

Pour interférer, **deux sources doivent être cohérentes**, c'est-à-dire avoir $\Delta\varphi_0 = \text{cte}$ ; ceci n'est en général pas réalisable par manque de contrôle sur cette variation de phase à l'origine, et les interférences lumineuses se font donc **avec une unique source**, donnant forcément des ondes cohérentes.

**Exemple ON2.2 : Cohérence**

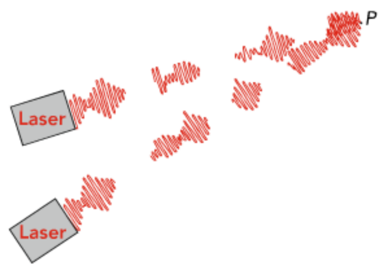



**Tableau ON2.1** – Temps et longueurs de cohérence

| Source | $\tau_c$ (s) | $L_c$ (m) |
|---|---|---|
| Lumière du Soleil | $2\times10^{-15}$ | $6\times10^{-7}$ |
| Ampoule | $3\times10^{-14}$ | $1\times10^{-5}$ |
| Raie rouge hydrogène | $1\times10^{-11}$ | $4\times10^{-3}$ |
| Laser hélium-néon | $1\times10^{-9}$ | $3\times10^{-1}$ |

## III/B Intensité lumineuse

**Propriété ON2.9 : Intensité lumineuse**

**En général**

L'intensité lumineuse est reliée à son signal par :

**OPPS**

Pour une OPPS :

**Démonstration ON2.7 : Intensité lumineuse OPPS**

La période (temporelle) typique d'une onde lumineuse est de l'ordre de $10^{-15}$ s, ou $\approx 1$ fs : c'est une échelle de temps infinitésimale **bien inférieure au temps de détection** de n'importe quel capteur optique : l'œil humain a un temps de réponse $\approx 10^{-1}$ s, un capteur CCD $\approx 10^{-6}$ s. Ainsi, un récepteur optique n'est sensible **qu'à l'énergie moyenne du signal**. Cette énergie est proportionnelle au carré de la grandeur $s(\mathrm{M},t)$ propagée par l'onde (ici électromagnétique), d'où l'expression précédente.

Pour une OPPS (monochromatique), on a donc

cohérent avec sa représentation temporelle. On le démontre aussi par intégration (cf. Ap.E6.3).

**Figure ON2.13** – $\cos^2(\omega t)$ et sa moyenne.

## III/C Formule de Fresnel

**Propriété ON2.10 : Formule de Fresnel**

L'intensité lumineuse $I(\mathrm{M})$ résultant de l'interférence de 2 ondes monochromatiques en un point M de l'espace s'écrit :

ou

si $A_1 = A_2 = A_0$, c'est-à-dire $I_1 = I_2 = I_0$. On trouve alors

**En phase** | **En opposition**

**Démonstration ON2.8 : Formule de Fresnel**

Soient 2 ondes lumineuses **cohérentes** et de même pulsation, d'amplitudes $A_1$ et $A_2$, interférant en un point M. On a vu que le signal somme $s(\mathrm{M},t) = s_1(\mathrm{M},t) + s_2(\mathrm{M},t)$ avait une amplitude

$$A(\mathrm{M}) = \sqrt{{A_1}^2 + {A_2}^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi_{2/1}(\mathrm{M})}$$

On trouve donc l'intensité $I(\mathrm{M})$ en en prenant le carré et en multipliant par $\frac{1}{2}K$ :

## III/D Chemin optique et déphasage

La propagation des ondes lumineuses se fait dans des milieux avec des indices optiques $n$ qui peuvent être différents, et donc avec des vitesses $v = c/n$ différentes. Pour continuer à travailler comme on le fait, il faut cependant que la vitesse des signaux soient les mêmes (même fréquence et même longueur d'onde). On définit ainsi le **chemin optique** :

**Définition ON2.5 : Chemin optique**

Le trajet d'un rayon lumineux dans un milieu d'indice $n$ entre les points A et B s'écrit (AB) :

**Démonstration ON2.9 : Chemin optique**

Ainsi, pour les interférences optiques, le déphasage prend en compte le ou les indice(s) rencontré(s) :

**Propriété ON2.11 : Différence de chemin optique**

Le déphasage entre 2 ondes *lumineuses*, de même longueur d'onde $\lambda_0$ dans le vide, se superposant en M est

avec

**Différence de chemin**

**Déphasage à l'origine**

# IV Expérience des trous d'Young

## IV/A Introduction

La nature de la lumière a été sujet à de grands débats durant de nombreux siècles, entre vision corpusculaire et ondulatoire. C'est en 1802 que l'expérience dite des « trous d'Young » a permis de confirmer la nature ondulatoire de la lumière en réalisant une figure d'interférences lumineuses [3]. Une version moderne de cette expérience consiste à pointer un unique laser de longueur d'onde $\lambda$ sur deux fentes fines horizontales et parallèles : ces fentes diffractent la lumière est se comportent **comme deux sources cohérentes**.

**Définition ON2.6 : Description du résultat**

La zone de l'espace où les faisceaux se superposent est appelé **champ d'interférences**. Sur un écran, on observe alors des variations d'intensité lumineuse :

- au milieu des zones claires (**maximum** local d'intensité) on a des **interférences constructives** ;
- au milieu des zones sombres (**minimum** local d'intensité) on a des **interférences destructives**.

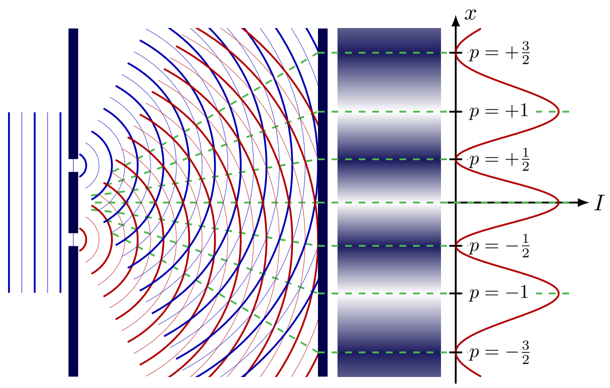



**Figure ON2.14** – Figure d'interférence.

On appelle **interfrange** et on le note $i$ la **distance** séparant **deux milieux de franges** brillantes (ou sombres) consécutives.

## IV/B Présentation

**Définition ON2.7 : Présentation trous d'Young**

Soit S une source lumineuse ponctuelle, monochromatique de longueur d'onde $\lambda$, éclairant deux fentes fines horizontales et parallèles $F_1$ et $F_2$ distantes de $2a$, avec O au milieu. S est situé sur un axe optique perpendiculaire à un écran placé à une distance $D$ très supérieure à $a$ (pour l'approximation en ondes planes). Le milieu de propagation est l'air, d'indice optique $n = 1$.

3. Voir la vidéo La plus belle expérience de la Physique

**FIGURE ON2.15** – Schéma des trous d'YOUNG

On se limite au tracé de 2 rayons qui interfèrent au point $\mathrm{M}(x)$, passant chacun par une des fentes (voir Figure ON2.15). On a alors successivement :

**Interprétation ON2.2 : Expérience des trous d'YOUNG**

◇ **Diffraction** :

◇ **Interférences** : avec la formule de FRESNEL pour des intensités égales,

$$I(\mathrm{M}) = 2I_0\left(1+\cos\big(\Delta\varphi_{2/1}(\mathrm{M})\big)\right)$$

▷ **Constructives** :

▷ **Destructives** :

## IV/C Résolution

**Propriété ON2.12 : Intensité et interfrange**

Pour $I_1 = I_2 = I_0$, on obtient

décrivant des franges, espacées de

**FIGURE ON2.16** – Franges avec atténuation.

**Démonstration ON2.10 : Intensité et interfrange**

**Intensité**

On cherche donc à exprimer $F_1M$ et $F_2M$. Pour cela, on place les points $H_1$ et $H_2$ projetés orthogonaux de $F_1$ et $F_2$ sur l'écran, créant ainsi deux triangles rectangles : $F_1H_1M$ et $F_2H_2M$.

et

et

et

Or, $\sqrt{1+x} \underset{x \to 0}{\sim} 1 + \frac{x}{2}$ soit

et

et

Ainsi,

Soit

**Interfrange**

◇ **Interférences constructives** :

◇ **Interférences destructives** :

◇ **Interfrange** :

**Exemple ON2.3 : Interfrange**

Avec deux fentes séparées de 0,20 mm, $\lambda = 632\,\mathrm{nm}$ et $D = 1{,}0\,\mathrm{m}$, on trouve

$$\underline{i = 1{,}6\,\mathrm{mm}}$$

Une autre animation est disponible en ligne [4].

4. https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Ondes/lumiere/interference_lumiere.php