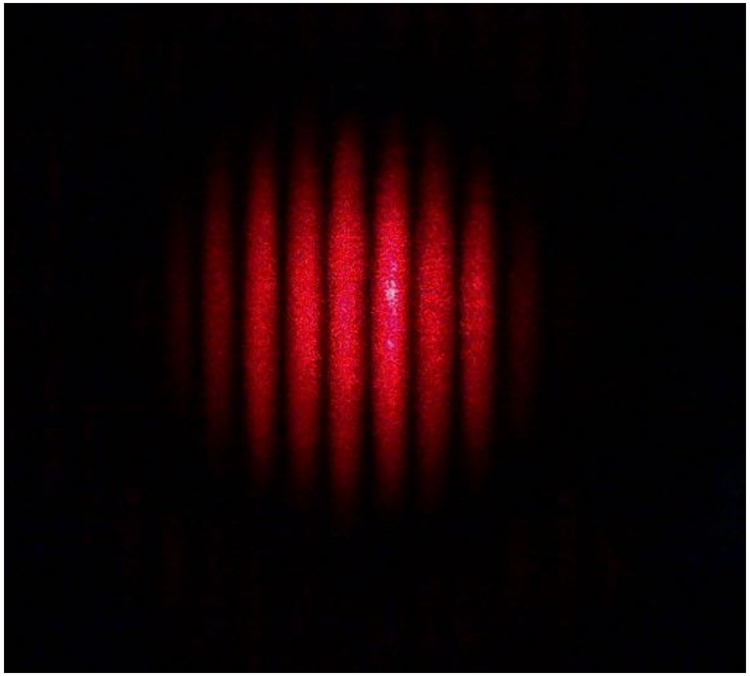
Optique

Chapitre 3 : Déphasage entre signaux périodiques



CUPGE 2 – 2025 – V1

Prof. Robert Georges – Université de Rennes

Chapitre 3

1. Introduction
2. Définition mathématique
3. Déphasage réduit
4. Cas particuliers
5. Avance et retard de phase sur une représentation graphique
6. Représentation de Fresnel

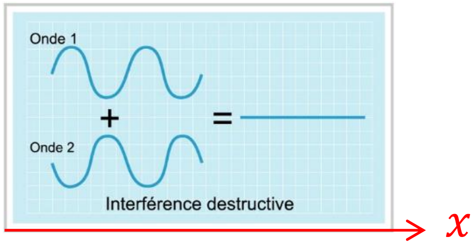
1. Introduction

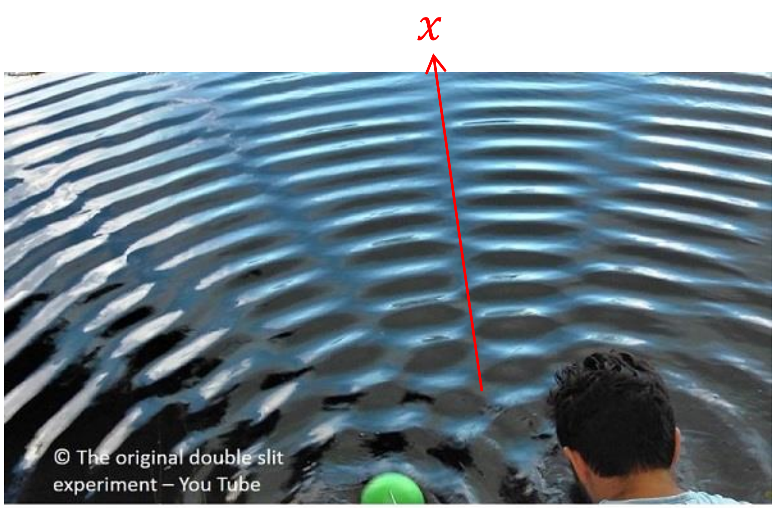
- Le déphasage entre deux ondes (ou de manière plus générale entre deux phénomènes) est la différence entre leur phase respective.
- La notion de déphasage est lié au caractère périodique du signal qui se propage
- La notion de déphasage ne se limite pas aux signaux sinusoïdaux
- On ne peut pas déterminer un déphasage entre deux phénomènes qui n'ont pas la même période (temporelle ou spatiale), on parle plutôt de décalage

1. Introduction

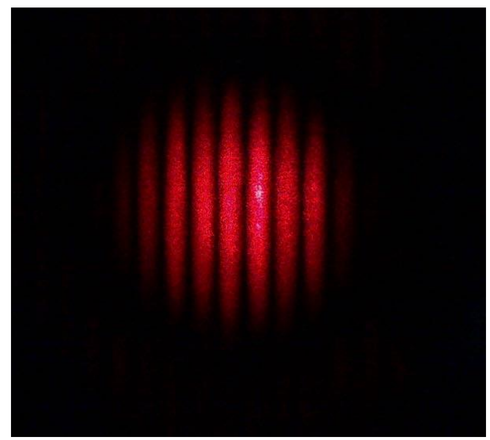
- Deux phénomènes peuvent être déphasés dans l'espace. Ainsi en certains points de l'espace les ondes sont en opposition de phase, l'amplitude résultante est nulle.

Crédit : astro-canada.ca





Exemple de 2 ondes transversales se propageant à la surface de l'eau

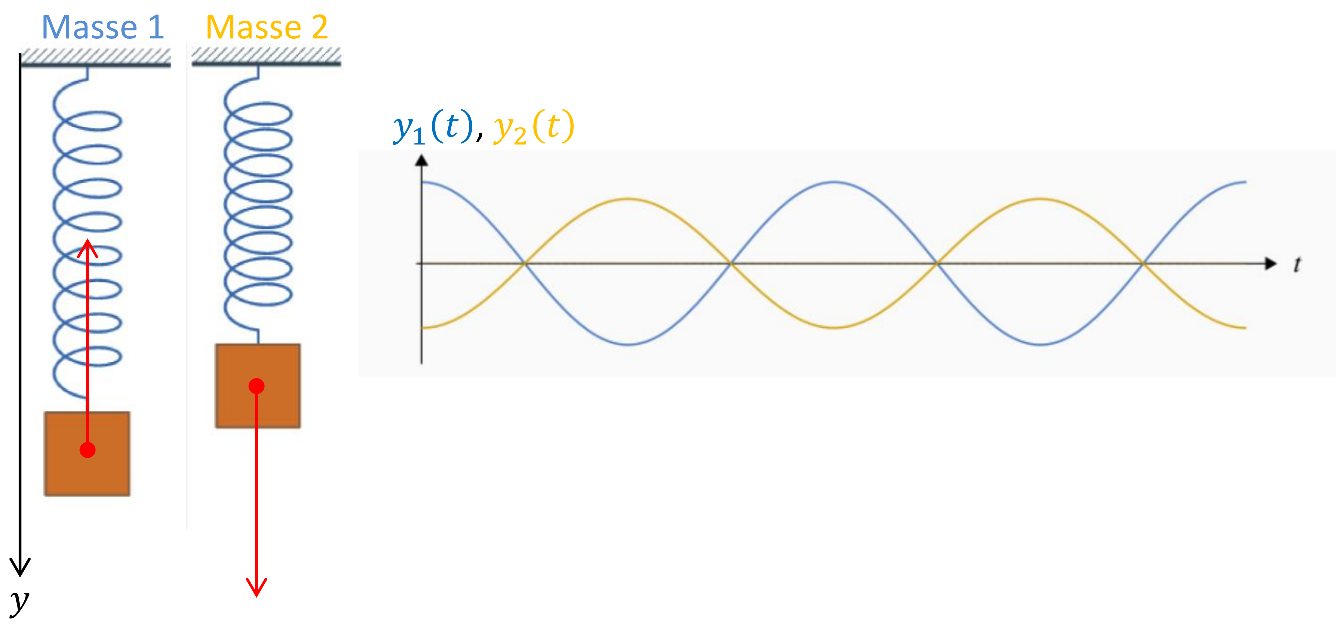


Exemple de deux ondes lumineuses interférant. Les zones sombres correspondent aux interférences destructives (opposition de phase)

1. Introduction

- Deux phénomènes peuvent être déphasés dans le temps

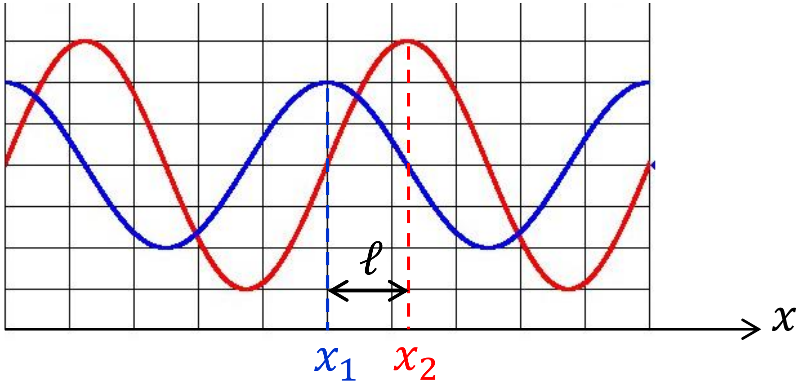
  Exemple de 2 oscillateurs mécaniques. $y_1(t)$ et $y_2(t)$ sont les l'amplitudes de déplacement respectives des masselottes 1 et 2.



2. Définition mathématique

Considérons deux ondes sinusoïdales de mêmes pulsation ω et nombre d'onde k, mais avec des phases initiales φ différentes :

$$s_1 = A_1 \cos(\omega t - k x_1 + \varphi_1) \text{ et } s_2 = A_2 \cos(\omega t - k x_2 + \varphi_2)$$



Le déphasage $\Delta\varphi$ à l'instant t est :

$$\Delta\varphi = (\omega t - k x_2 + \varphi_2) - (\omega t - k x_1 + \varphi_1)$$

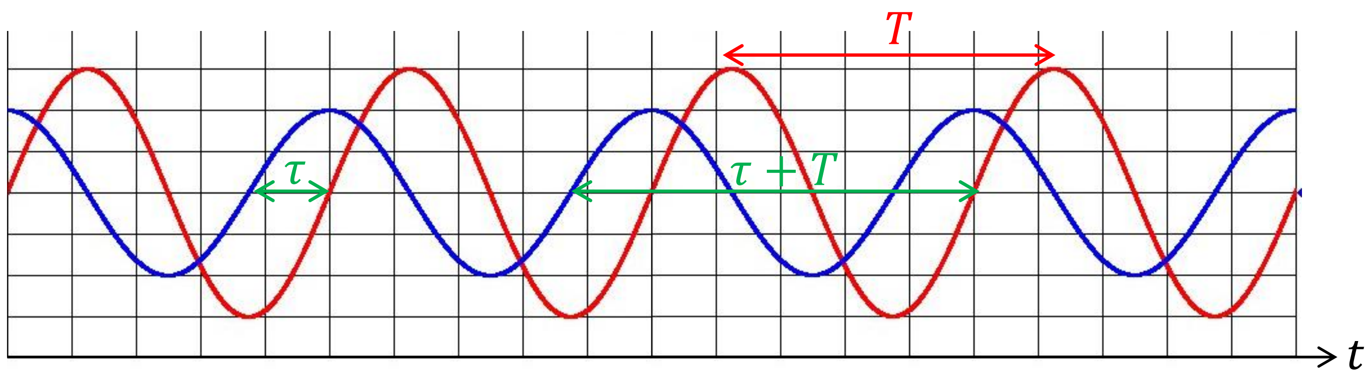
$$\Delta\varphi = (-k x_2 + \varphi_2) - (-k x_1 + \varphi_1) = constante$$

Si $\Delta\varphi > 0$, l'onde 2 est en avance de phase par rapport à l'onde 1.

Si $\Delta\varphi < 0$, l'onde 2 est en retard de phase par rapport à l'onde 1.

3. Déphasage réduit

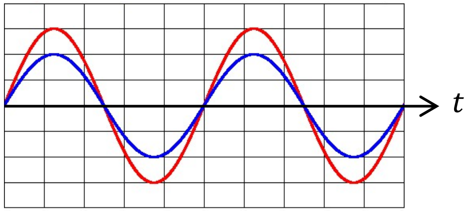
- Dans le cas des ondes périodiques, on limite le déphasage à une période.



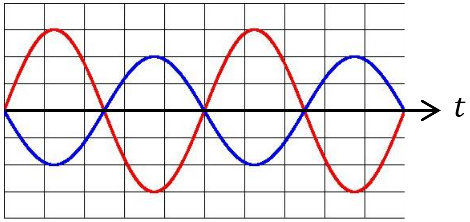
- Une mesure du déphasage pourrait être $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\tau+T}{T} = 2\pi \frac{\tau}{T} + 2\pi$
- En pratique on se limite au déphasage réduit : $\Delta\varphi' = 2\pi \frac{\tau}{T}$
- $-\pi \leq \Delta\varphi' \leq +\pi$
- En représentation temporelle, le déphasage s'obtient : $\Delta\varphi' = 2\pi \frac{\tau}{T} = \omega\tau$
- En représentation spatiale : $\Delta\varphi' = 2\pi \frac{\ell}{\lambda} = k\ell$

4. Cas particuliers

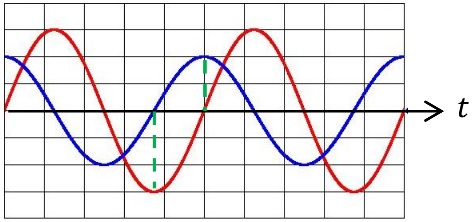
- $\Delta\varphi = 0$: les ondes sont en phase



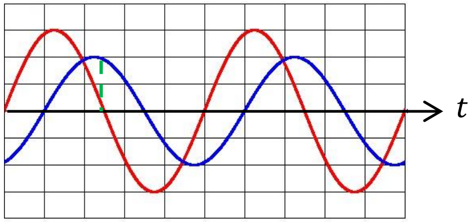
- $\Delta\varphi = \pm\pi$: les ondes sont en opposition de phase



- $\Delta\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$: les ondes sont en quadrature de phase
  - Correspondance du min/max de l'une des courbes avec la valeur nulle de l'autre
  - Sur l'axe des temps, une courbe est en avance sur l'autre quand son max apparaît à un temps plus petit



La courbe bleue est en avance de phase : $\Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$



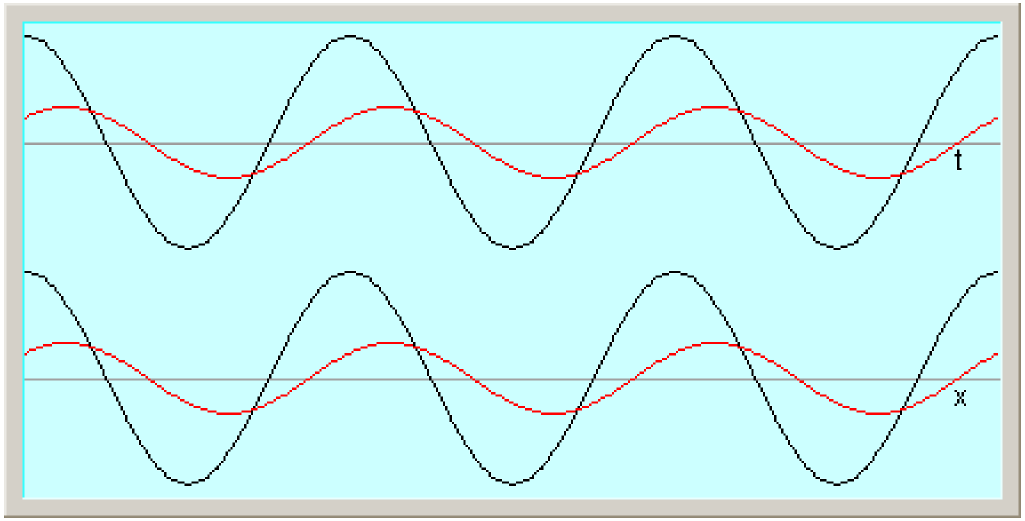
La courbe bleue est en retard de phase : $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$

5. Avance et retard de phase sur une représentation graphique

Deux ondes sont représentées ci-dessous en fonction du temps ou de l'espace :

- Sur la représentation en fonction du temps, le signal rouge est en retard de phase par rapport au signal noir

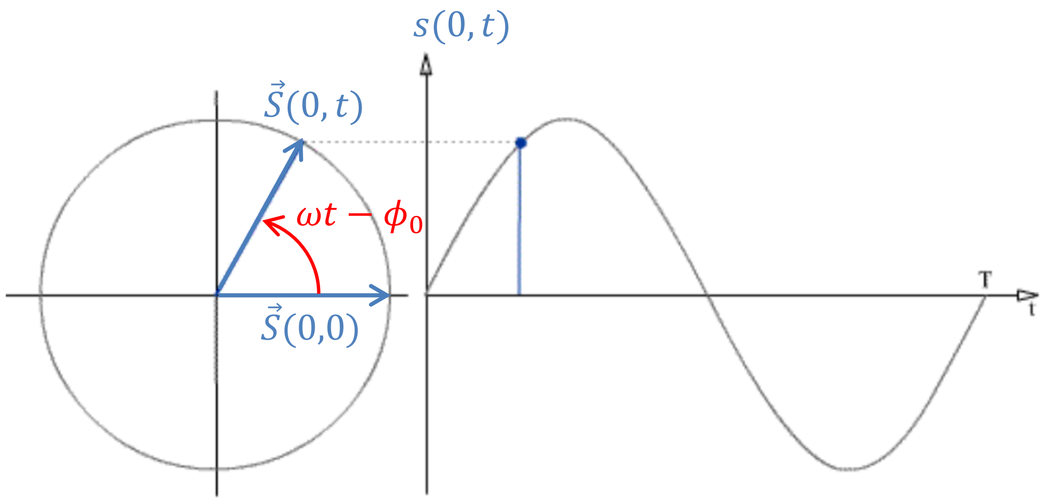
- Sur la représentation en fonction de l'espace, si les ondes se propagent de gauche à droite (sens des x croissants), c'est le signal noir qui est cette fois en retard sur le signal rouge



6. Représentation de Fresnel

Considérons un signal de la forme : $s(x,t) = s_0 \sin(\omega t - kx - \phi_0)$

À ce signal on associe un vecteur $\vec{S}$, appelé vecteur de Fresnel, qui a une norme s_0 et qui fait à l'instant t un angle $(\omega t - kx - \phi_0)$ avec l'axe des abscisses.
Le vecteur $\vec{S}$, pour x donné, tourne autour de l'origine à la vitesse ω, sa projection sur l'axe des ordonnées est $s(x,t)$. La rotation de ce vecteur se fait sur un cercle de rayon s_0. Visualisation du vecteur à $x = 0$:



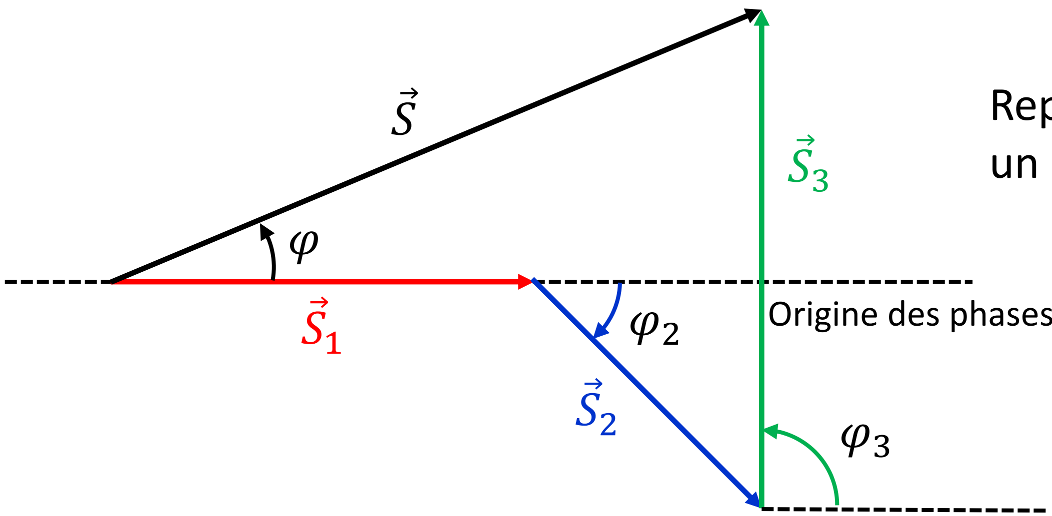
Cercle de rayon s_0 Sur cet exemple $\phi_0 = 0$

https://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/electri/repfresnel.html

6. Représentation de Fresnel

Interférence de plusieurs signaux périodiques de <u>même pulsation</u> ω (ou même vitesse angulaire) : $s(x,t) = s_1(x,t) + s_2(x,t) + s_3(x,t) = s_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$, avec :

$s_1(x,t) = s_{01} \cos(\omega t - kx + \varphi_1)$; avec $\varphi_1 = 0$
$s_2(x,t) = s_{02} \cos(\omega t - kx + \varphi_2)$; avec $\varphi_2 = -\frac{\pi}{4}$
$s_3(x,t) = s_{03} \cos(\omega t - kx + \varphi_3)$; avec $\varphi_3 + \frac{\pi}{2}$



Représentation de Fresnel en un point particulier (x_0)

Chaque onde est représentée par son vecteur de Fresnel. L'amplitude ($s_0 = \|\vec{S}\|$) et la phase de l'onde résultante $s(x_0, t)$ se mesurent sur le diagramme.