
Cohérence temporelle

Objectifs :

- utiliser le modèle des trains d'onde pour expliquer la notion de cohérence temporelle.

Nous avons mentionné dans le chapitre sur les conditions d'interférences à deux ondes qu'il était difficile de produire deux sources ponctuelles de même fréquence et de même phase à l'origine dans le domaine visible.

Nous allons ainsi **complexifier la description de la lumière vue dans le chapitre précédent et introduire la notion de trains d'ondes et de cohérence temporelle.**

5.1 Modèle des trains d'onde

Dans le chapitre précédent, nous avons décrit la lumière par une onde purement sinusoïdale du temps ce qui implique une extension temporelle infinie. Une source réelle émet de la lumière par trains d'onde. A l'intérieure de chaque train d'onde, la lumière est correctement représentée par une onde monochromatique mais la phase à l'origine ϕ_S varie aléatoirement d'un train d'onde à l'autre. La durée moyenne d'un train d'onde est de l'ordre de 10^{-11} s pour une lampe spectrale classique. Cette valeur est à comparer à la période d'une onde dans le visible qui est 10^{-14} s.

Cette durée de train d'onde se traduit par une longueur de cohérence $l^* = c\tau^*$. En un point de l'espace, un observateur voit passer un train d'onde de longueur l^* .

Pour que deux rayons lumineux puissent interférer, il faut respecter les règles du jeu suivante :

- **Deux trains d'ondes peuvent interférer uniquement s'ils ont la même fréquence et la même phase à l'origine.**
- Il faut rajouter une règle qui tient compte de la nature de l'instrument qui nous sert à observer. Si nous observons avec un détecteur qui reçoit beaucoup de trains d'onde avant d'émettre un signal (cas de l'œil) alors **deux rayons lumineux peuvent interférer uniquement si la succession des trains d'onde est identique.**

Le saviez-vous ? La longueur de cohérence d'une onde lumineuse dépend de la nature de la source. Pour un laser $He - Ne$, la longueur de cohérence est de 0.3 m. Elle est de 6×10^{-7} m pour la lumière blanche.

Ainsi, les rayons lumineux émis par les deux sources ponctuelles de la figure 5.1 ne créent pas d'interférence sur l'écran car des trains d'onde différents se rejoignent sur l'écran.

Notons que le modèle des trains d'onde n'est pas incompatible avec les conditions d'interférences vu au chapitre précédent. En effet, au point de rencontre entre deux trains d'onde identiques, tout ce passe comme-ci les autres trains d'onde n'existaient pas et le raisonnement détaillé dans le chapitre précédent s'applique.

5.2 Quelques montages qui permettent d'observer des interférences

Nous voyons ainsi que pour pouvoir observer des interférences, nous allons devoir faire suivre des chemins différents à des rayons lumineux qui partent d'un même point source tout en sachant que la différence de marche entre les des rayons doit être inférieure à la longueur de cohérence.

La figure montre un exemple de montage qui permet d'observer des figures d'interférence. Nous disons que les rayons lumineux sont cohérents au point d'observation lorsque nous pouvons observer des interférences. Ainsi, **deux ondes issues d'une même source ponctuelle monochromatique ne sont cohérentes que si la différence de marche est inférieure en valeur absolue à la longueur de cohérence $l^* = c\tau^*$ de la source.**

La figure 5.3 montre peut-être encore plus explicitement que précédemment le caractère quantique de la lumière. Nous allons en effet utiliser très régulièrement des lames de verre qui séparent en deux rayons identiques un rayon lumineux. D'un point de vue photons, il faut donc considérer qu'un photon est divisé en deux photons identiques par une lame de verre.

Une lame 50/50 est utilisée dans le très important interféromètre de Michelson. La figure 5.4 en montre le principe.

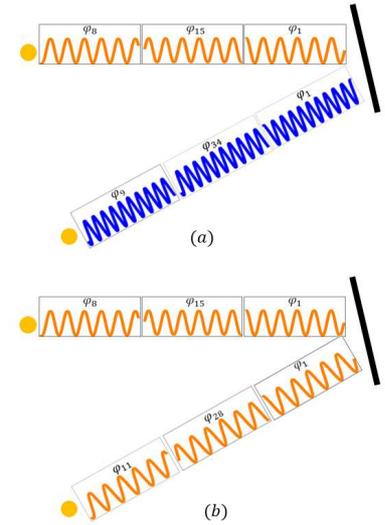


FIGURE 5.1: (a) : deux trains d'onde de fréquence différentes se "rejoignent" sur l'écran. (b) La succession des trains d'onde qui se "rejoignent" sur l'écran n'est pas identique. Dans les deux cas, l'œil ne voit pas d'interférences sur l'écran.

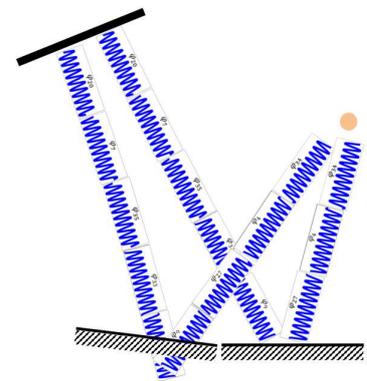


FIGURE 5.2: Montage interférentiel des miroirs de Fresnel. La différence de marche entre les deux rayons est tel que des trains d'onde identiques se rejoignent sur l'écran.

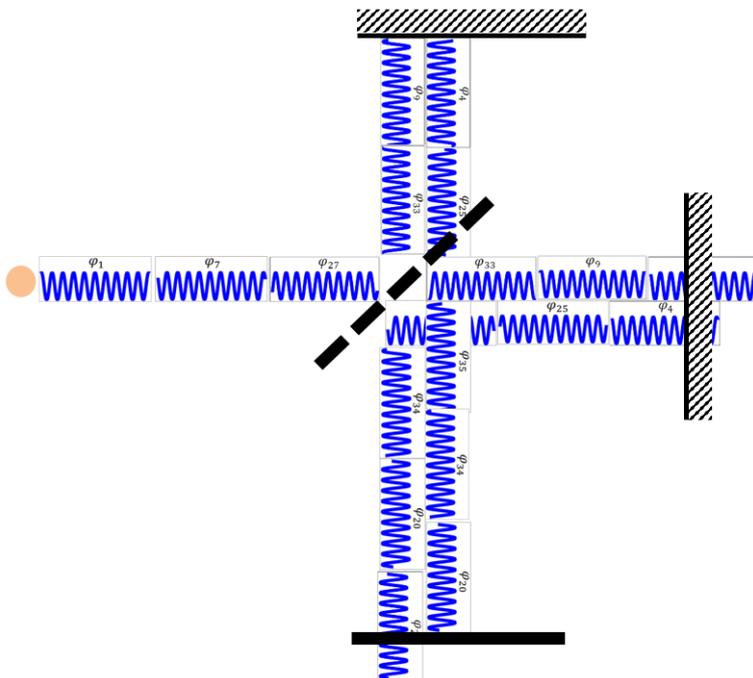


FIGURE 5.4 – Principe de l'interféromètre de Michelson.

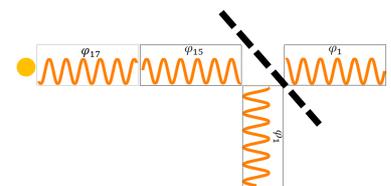


FIGURE 5.3: Une lame 50/50 sépare un photon en deux photons identiques.