

Superposition d'ondes lumineuses

Applications directes du cours

- 1 Soit les deux signaux : $s_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$ et $s_2(t) = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$.
- Déterminer l'amplitude A du signal $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$ à l'aide de la méthode de Fresnel.
 - Supposons dans le cas précédent $A_1 = A_2$. Calculer l'amplitude résultante A dans ce cas. Retrouver ce résultat de façon analytique à l'aide de formules trigonométriques.
- 2 On éclaire un réseau ayant 500 traits par millimètre par un faisceau parallèle d'incidence normale ($\theta_0 = 0$) et de longueur d'onde $\lambda_0 = 600$ nm. Combien de pics de diffraction peut-on observer au maximum ?

Réponses : 1 $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$, $A = 2A_1 \cos\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right)$;

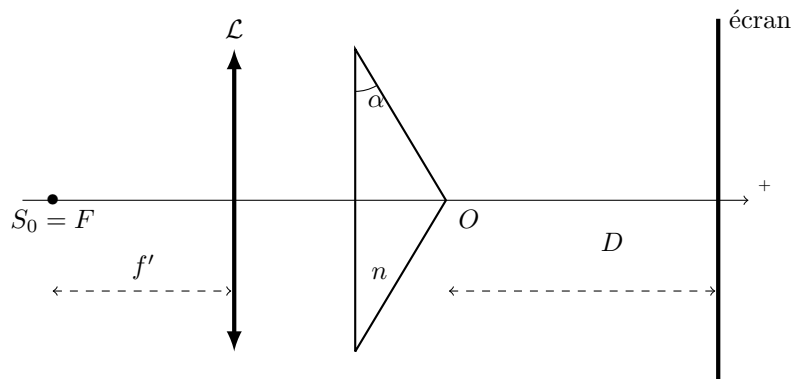
Exercices

1. Biprisme de Fresnel – Mines

Un biprisme de Fresnel est constitué de deux prismes identiques droits accolés d'angle α faible, d'indice $n \geq 1$. Ce biprisme est éclairé par une source ponctuelle S_0 placée au foyer objet de la lentille convergente. Il s'agit d'une source supposée monochromatique (longueur d'onde dans le vide λ).

Le biprisme présente un angle α égal à $10'$ d'arc.

- Dessiner le champ d'interférences.
- Qu'observe-t-on sur un écran situé à une distance D de O ?
- Calculer l'interfrange.



2. Film de savon

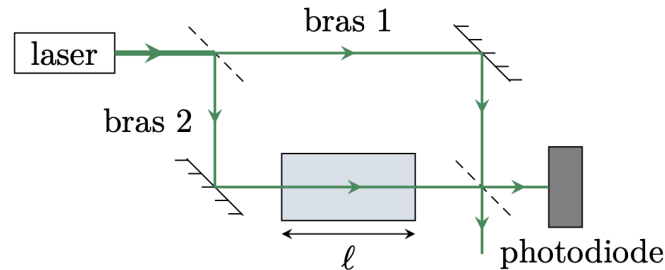
Les longueurs d'onde extrêmes du spectre visible sont 400 nm et 800 nm. À quelles couleurs correspondent-elles ?

Un film de savon peut localement être considéré comme une lame à faces parallèles constituée d'eau d'indice $n = 1,33$. Ce film est éclairé sous incidence quasi-normale par une source lumière blanche. La lumière subit de multiples réflexions à l'intérieur du film.

Envisager un film d'épaisseur $e = 2 \mu\text{m}$ et calculer les longueurs d'onde pour lesquelles on peut observer des interférences constructives en réflexion sur le film (aide : exprimer la différence de marche entre deux rayons réfléchis consécutifs).

3. Mesure de l'indice optique du méthane

Un interféromètre de Mach-Zehnder, schématisé ci-contre, est composé de deux miroirs et de deux lames semi-réfléchissantes, qui transmettent la moitié de l'intensité lumineuse et réfléchissent l'autre moitié. L'interféromètre est éclairé par un laser de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$, et une photodiode mesure l'intensité dans l'une des voies de sortie de l'interféromètre.



Une cuve fermée de longueur $\ell = 10,0 \text{ cm}$ est placée dans l'un des bras. Cette cuve contient initialement de l'air, d'indice optique n_{air} , progressivement remplacé par du méthane d'indice $n_{\text{m}} > n_{\text{air}}$. Au cours de l'opération, la photodiode permet d'observer le défilement de 32 franges.

1. Exprimer l'ordre d'interférence p_{air} lorsque la cuve est remplie d'air en fonction des longueurs géométriques L_1 et L_2 des bras de l'interféromètre.
2. Exprimer de même l'ordre p_{m} lorsque la cuve est remplie de méthane.
3. En déduire l'indice optique du méthane, sachant que $n_{\text{air}} = 1 + 2,78 \cdot 10^{-4}$.

4. Mesure du pas du réseau

On éclaire en incidence normale un réseau constitué de n traits par unité de longueur, avec une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 630 \text{ nm}$. On place en sortie parallèlement au réseau une lentille $f' = 25 \text{ cm}$. On observe l'ordre 1 à une distance $d = 2,4 \text{ cm}$ du foyer image. Déterminer la valeur de n .

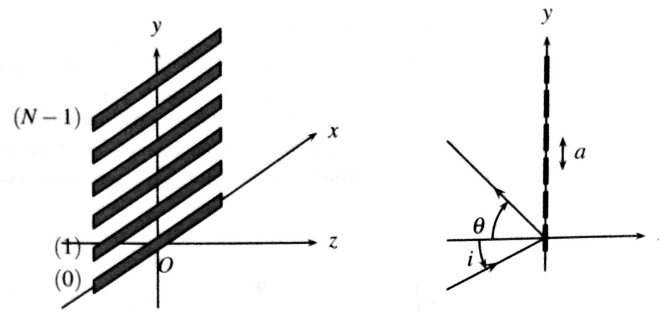
5. Minimum de déviation d'un réseau par transmission

Soit un réseau par transmission de pas a éclairé sous une incidence i .

1. Donner l'expression de la déviation D_k du rayon correspondant à la longueur d'onde λ dans l'ordre k .
2. Montrer que, si l'on fait tourner le réseau autour d'un axe parallèle aux traits, cette déviation passe par un minimum D_{kmin} .
3. On mesure $D_{kmin} = 19^\circ$ pour $\lambda = 550 \text{ nm}$ à l'ordre 3. En déduire le pas du réseau.

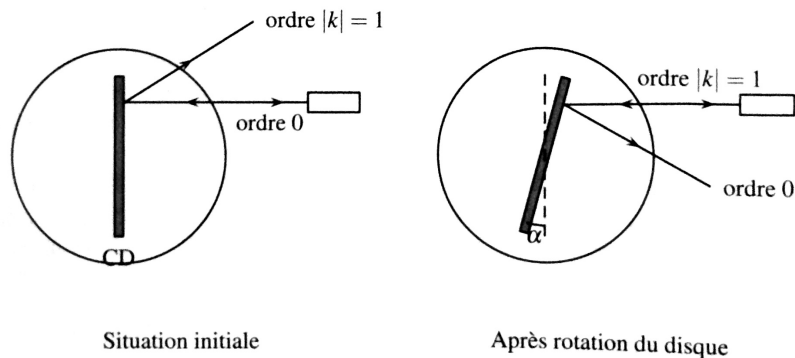
6. Capacité de stockage d'un CD

Sur la surface d'un disque compact (CD) est gravée une piste unique en forme de spirale de pas a . Cette surface peut être modélisée, localement, par un ensemble de N miroirs parallèles identiques entre eux, régulièrement espacés d'une distance a (voir figure ci-dessous). L'indice de l'air est confondu avec celui du vide.



Attention, les angles sont ici algébriques : $i > 0$ et $\theta < 0$

1. Seuls des faisceaux lumineux parallèles sont envisagés. La direction de la lumière incidente est contenue dans le plan (yOz) . Les rayons lumineux réfléchis par le CD sont aussi contenus dans le plan (yOz) . Le disque est éclairé sous un angle d'incidence i .
 - (a) Par analogie avec le traitement effectué pour le réseau par transmission, déterminer l'expression de la différence de marche entre deux rayons réfléchis consécutifs.
 - (b) Définir les directions θ_k , où k est un nombre entier, appelé ordre d'interférence, dans lesquelles les ondes réfléchies par les miroirs interfèrent de façon totalement constructive.
2. On réalise l'expérience suivante. Le disque compact est éclairé en incidence normale. On tourne ensuite le disque d'un angle α afin que le faisceau diffracté par le disque dans l'ordre $|k| = 1$ soit dirigé dans la direction du faisceau lumineux incident (voir figure suivante)



- (a) Établir la relation liant a , λ_0 et α .
- (b) Pour $\lambda_0 = 650,0 \text{ nm}$, on mesure $\alpha = 12^\circ 40'$. En déduire une valeur numérique de a . Est-il possible d'observer la spirale gravée sur le disque à l'aide d'un microscope optique ?
- (c) La spirale est gravée depuis l'intérieur du disque (rayon égal à $2,1 \text{ cm}$) vers l'extérieur (rayon égal à $5,9 \text{ cm}$). Estimer la longueur de cette spirale sur un CD.
- (d) Sur la spirale sont gravés des motifs (creux ou plats), d'une longueur voisine du micromètre. Chacun de ces motifs peut être associé à un bit de codage. En déduire une estimation de la capacité de ce CD en Mo, sachant qu'un Mo représente 10^6 octets et que chaque octet est un ensemble de 8 bits.