

Dans le chapitre précédent, on avait défini la cohérence de deux ondes comme leur capacité à interférer l'une avec l'autre.

Deux ondes sont cohérentes en un point si elles sont parfaitement **synchrones**, et si leur **déphasage relatif** est constant. Elles doivent avoir été émises par la même source, puis avoir suivi des chemins différents avant d'être réunies au même point.

Dans le cas contraire, quand bien même elles seraient synchrones, elles ne partageraient pas les mêmes trains d'ondes, et seraient donc inaptes à produire des interférences. Un outil permettant de visualiser des interférences, appelée « interféromètre », doit donc être capable de diviser une onde, faire suivre un chemin différent à chaque sous-onde, et les recombinaison afin de faire apparaître des interférences. On classe alors les interféromètres en deux catégories :

- Les **interféromètres à division du front d'onde** : une source émet une onde qui sera séparée en deux parties par des dispositifs optiques (miroirs, lentilles, prisme, etc.) pour ensuite être réunies ;
- Les **interféromètres à division d'amplitude** : une onde est envoyée sur un dispositif semi-réfléchissant, qui sépare l'onde en deux parties qu'il est possible d'ensuite recombinaison après leur avoir fait parcourir un chemin différent.

Dans ce chapitre, on étudiera le représentant le plus simple et le plus ancien des interféromètres à division du front d'onde : les trous d'Young. Cela permettra de se familiariser avec les principales notions liées à la production et l'étude de figures d'interférences.

TABLE DES MATIERES

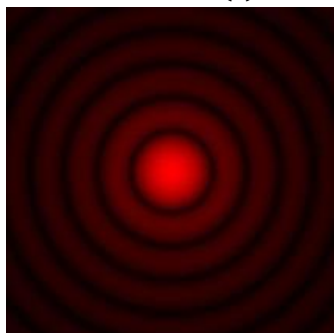
I - TROUS D'YOUNG (SOURCE MONOCHROMATIQUE ET PONCTUELLE) -----	1 -
I.1 - Rappels sur la diffraction -----	1 -
I.2 - Expérience et modèle -----	2 -
I.3 - Franges sur écran lointain -----	2 -
I.4 - Frange sur écran à l'infini -----	3 -
II - TROUS D'YOUNG AVEC SOURCE ETENDUE -----	4 -
II.1 - Extension dans la direction parallèle aux franges -----	4 -
II.2 - Extension dans la direction perpendiculaire aux franges -----	4 -
II.3 - Expérience des fentes d'Young -----	6 -
III - TROUS D'YOUNG AVEC SOURCE NON-MONOCHROMATIQUE -----	6 -
III.1 - Effet d'une variation de longueur d'onde -----	6 -
III.2 - Source polychromatique -----	6 -
IV - RESEAU PAR TRANSMISSION -----	8 -
IV.1 - Interférence à N ondes, formule des réseaux -----	9 -
IV.2 - Utilisation en spectroscopie -----	9 -

I - TROUS D'YOUNG (SOURCE MONOCHROMATIQUE ET PONCTUELLE)

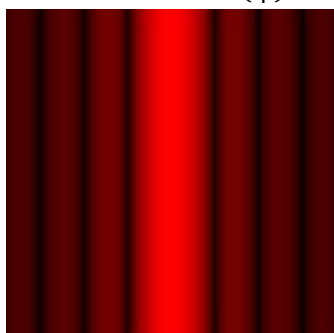
I.1 - Rappels sur la diffraction

Diffraction d'un faisceau : La diffraction est l'étalement d'une onde dans l'espace après passage au travers / autour d'un obstacle

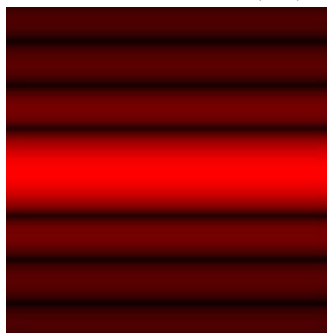
Trou rond (○)



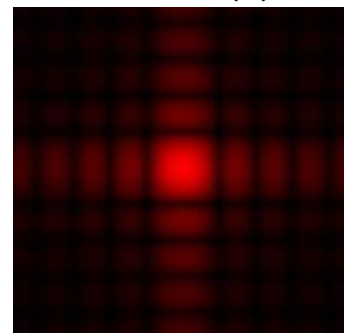
Fente verticale (|)



Fente horizontale (—)



Trou carré (■)



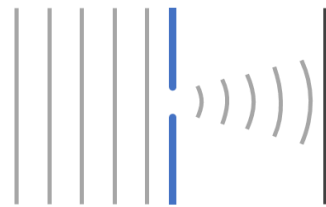
Remarque : la visibilité des figures ci-dessus ont été augmentées. En réalité, l'intensité lumineuse des franges périphériques décroît très rapidement.

Caractéristiques de la figure de diffraction (rappels)

La figure de diffraction possède les mêmes symétries et invariances que l'objet diffractant.

Plus l'objet diffractant est étroit, plus la figure de diffraction est large : la figure de diffraction produite par un objet de taille caractéristique l a un étalement angulaire de l'ordre de

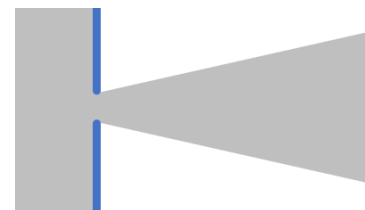
$$\theta \sim \lambda/l \quad (\text{pour } l > \lambda)$$



Attention : contrairement à une phrase souvent répétée, il n'est pas nécessaire que l'objet diffractant soit de taille comparable à la longueur d'onde du rayonnement ; la diffraction est visible à l'œil nu même lorsque l'obstacle est mille fois plus gros que λ .

Calcul d'une taille de diffraction

Déterminer la taille de la tâche de diffraction causée par un cheveu ou une fente (de taille typique $100 \mu\text{m}$) sur le trajet d'un laser rouge (de longueur d'onde 633 nm), sur un écran situé à une distance $D = 2 \text{ m}$.

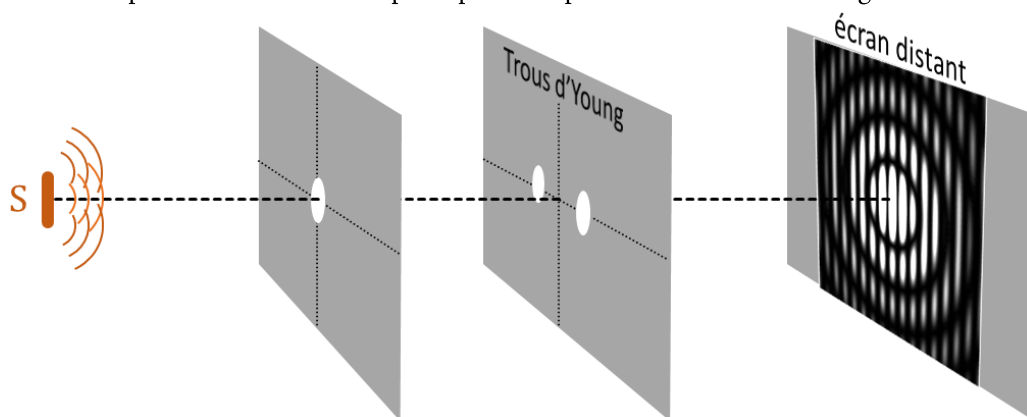
**I.2 - Expérience et modèle**

En plus d'être le plus simple interféromètre à division du front d'onde, le dispositif des trous d'Young revêt une grande importance historique : réalisée en 1801, c'est l'expérience ayant contribué de manière la plus directe à l'établissement d'une vision ondulatoire de la lumière (avant que cette vision ondulatoire soit partiellement remise en cause, un siècle plus tard).

Expérience des trous d'Young

L'expérience des trous d'Young est constituée d'une source, éclairant une plaque opaque percée d'un trou, suivie d'une plaque opaque percée de deux trous. Un écran placé plus loin permet de visualiser les interférences.

Ci-dessous est représenté un schéma de principe de l'expérience des trous d'Young :



Version simulée en 2D



Une source de lumière quelconque émet une onde passant par un trou de taille suffisamment faible pour que le faisceau lumineux soit diffracté, et se comporte après comme une source ponctuelle. L'onde résultante passe alors par deux trous séparés d'une faible distance (les deux trous d'Young), eux-mêmes causant chacun une diffraction suffisante pour que les deux ondes résultantes se superposent peu après. La troisième plaque est un simple écran sur lequel on souhaite observer les interférences issues de la superposition des ondes issues des trous d'Young.

L'objectif n'est pas ici d'étudier les diffractions : on considérera que chaque trou cause simplement un étalement uniforme du faisceau qui le traverse. Le rôle du premier trou est simplement de mimer l'existence d'une source ponctuelle qui créerait onde simple, qu'on pourra considérer sphérique dans un premier temps.

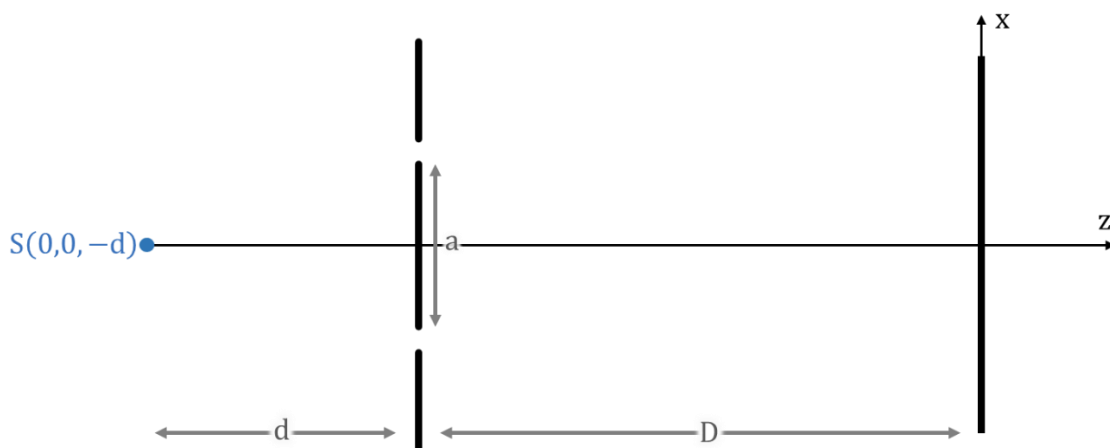
I.3 - Franges sur écran lointain

Pour simplifier l'étude du dispositif, et ainsi prédire l'éclairement subi par l'écran, on supposera que les deux trous d'Young sont éclairés par une source ponctuelle, notée S , qu'on supposera monochromatique. Les trous se comportent comme des « sources secondaires », notées S_1 et S_2 , également ponctuelles, de propriétés identiques à celles de l'onde émise par S . On prendra la modélisation suivante :

Ordre de grandeurs des distances mises en jeu :

- $d \sim 10$ à 20 cm
- $D \sim$ qq 10 cm
- $a \sim 1$ mm

On observe l'intensité lumineuse sur l'écran, en un point M situé à environ ± 1 cm de l'axe optique, tout au plus.



Les valeurs indiquées pour les distances ne sont pas des bornes strictes, mais servent à donner image plus concrète du montage permettant d'observer les franges d'interférences dans de bonnes conditions (elles sont susceptibles de varier). Cela dit, on pourra retenir qu'on a toujours $d, D \gg a \gg \lambda$, et que l'observation se fait en général proche du centre de l'écran, près de $(x, y) = (0, 0)$.

Démonstration de l'existence des franges d'interférence

Déterminer l'expression de l'éclairement à un point $M(x, y, D)$ quelconque de l'écran. Pour cela, on suivra les étapes suivantes :

- Calculer la différence de marche entre deux rayons arrivant au point M ;
- Appliquer la formule de Fresnel pour connaître l'intensité lumineuse au point M ;
- Déterminer de l'allure des franges par analyse du résultat.

L'éclairement est périodique selon x , mais indépendant de la coordonnée y du point M . Il est donc invariant par translation le long de l'axe (Oy) , c'est-à-dire que les franges sont rectilignes.

On a représenté ci-contre les franges telles qu'elles sont décrites par la formule établie juste avant. L'interfrange est la distance entre deux maximums (ou minimums) de l'intensité lumineuse.



Interfrange de la figure d'interférences

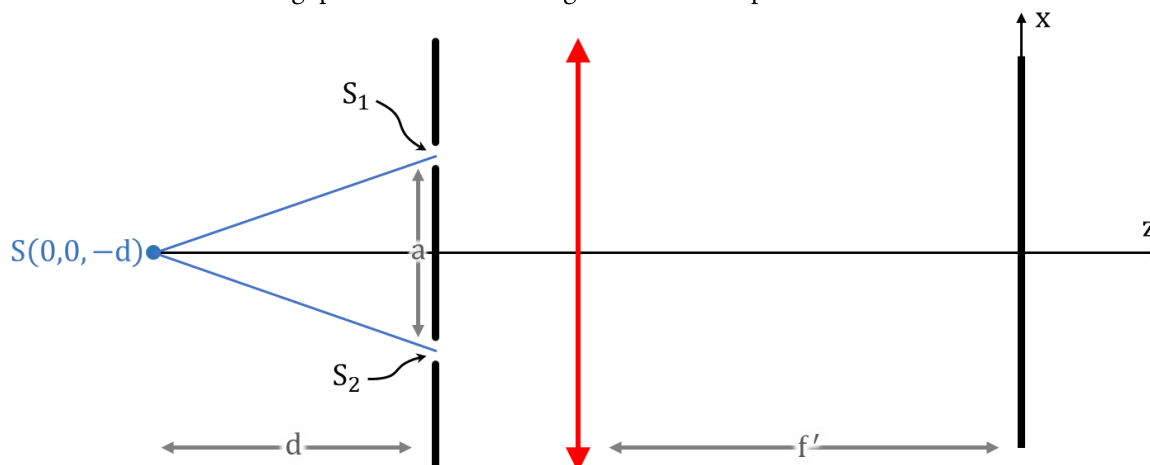
L'interfrange i est la période spatiale de la figure d'interférences, c'est-à-dire la longueur entre deux maximums (ou deux minimums) consécutifs. L'interfrange i vérifie les relations :

$$\Delta\phi(x + i) = \Delta\phi(x) + 2\pi \quad p(x + i) = p(x) + 1 \quad \delta(x + i) = \delta(x) + \lambda$$

Remarque : le plus simple est de retenir que l'allure des franges est due au cosinus de la formule de Fresnel. Une fois que celle-ci est établie, il suffit de déterminer la période spatiale du cosinus. Les trois relations ci-dessus en découlent.

1.4 - Frange sur écran à l'infini

Il arrive souvent qu'au lieu de regarder les franges d'interférences sur un écran lointain (ou « à l'infini »), on place une lentille convergente en sortie des trous d'Young, pour observer les franges sur un écran placé à la distance focale de la lentille.



On peut construire les rayons qui de la manière suivante :

- Le point image M se trouve dans le plan focal de la lentille, donc les rayons qui convergent à ce point sont parallèle entre eux avant la lentille ;
- On construit un rayon fictif passant par le centre de la lentille, qui indiquera donc la direction de tous les autres rayons ;
- On trace les deux rayons issus de S_1 et S_2 qui convergent vers le point M .

On souhaite alors établir l'allure des franges dans ce cas. Avant de débiter les calculs, il faut noter que l'utilisation de la lentille est ici différente de celui qui est fait d'habitude : usuellement, la lentille est placée de sorte à créer l'image d'un objet réel proche ou situé à l'infini. Ici, l'objet en question n'existe pas ; on souhaite seulement observer l'image qui se forme dans le plan focal de la lentille.

Le calcul de la différence de marche nécessite l'utilisation du « **principe de retour inverse de la lumière** » :

Principe du retour inverse de la lumière

Un rayon parcouru dans un sens correspond aussi à une trajectoire possible de la lumière dans le sens inverse.

On en déduit que le chemin optique entre A et B peut se calculer dans un sens ou dans l'autre : $[AB] = [BA]$.

Démonstration de l'existence des franges d'interférence, dans le plan focal d'une lentille

Dans le cas où une lentille est placée après les trous d'Young, déterminer l'expression de l'éclairement à un point $M(x, y, D)$ quelconque de l'écran. Pour cela, on suivra les étapes suivantes :

- Calculer la différence de marche entre deux rayons arrivant au point M ;
- Appliquer de la formule de Fresnel pour connaître l'intensité lumineuse au point M ;
- Déterminer de l'allure des franges par analyse du résultat.

II - TROUS D'YOUNG AVEC SOURCE ETENDUE

II.1 - Extension dans la direction parallèle aux franges

On considère un déplacement de la source selon Oy (perpendiculairement à la feuille). Dans le schéma ci-dessous, la source est décalée d'une hauteur y_S (ce qui ne se voit pas sur la projection).

On a toujours : $\delta = [SM]_2 - [SM]_1 = ([SS_2] + [S_2M]) - ([SS_1] + [S_1M]) = [S_2M] - [S_1M]$

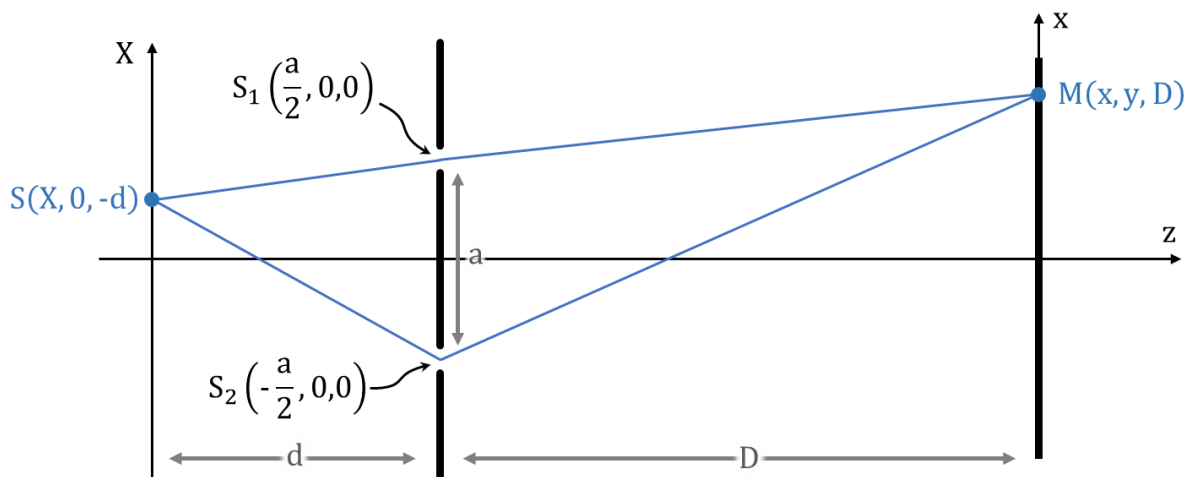
Ce qui donne exactement le même développement que précédemment. On en déduit que les **franges d'interférences sont inchangées par déplacement de la source selon la direction y** . Dans le cas d'une extension spatiale de la source selon y , puisque chaque point de la source crée les mêmes franges d'interférences, celles-ci s'ajoutent simplement : la luminosité des franges est accrue.

Attention : augmenter la luminosité des franges ne signifie pas que le contraste augmente ; multiplier l'intensité par un facteur constant β ne change pas le contraste : $C = \frac{\beta I_{\max} - \beta I_{\min}}{\beta I_{\max} + \beta I_{\min}} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$. Les franges ne sont pas « mieux définies », mais elles sont simplement plus visibles, ce qui en pratique est déjà très utile pour les observer (c'est usuellement une expérience à réaliser dans la pénombre totale, car les franges sont de faible luminosité).

Remarque : l'expérience historique de 1801 à laquelle on fait le plus souvent référence est celle des « fentes d'Young », et non pas des « trous d'Young ». Si l'observation de franges d'interférences est aujourd'hui à la portée de n'importe quel expérimentateur équipé d'un LASER et d'appareils de détection, c'était à l'époque un tour de force expérimental qui nécessitait d'optimiser au mieux la luminosité des franges.

II.2 - Extension dans la direction perpendiculaire aux franges

Avant de s'intéresser aux conséquences de l'utilisation d'une source non-ponctuelle, on considère un simple déplacement de la source selon l'axe Ox , comme représenté sur le schéma ci-dessous :

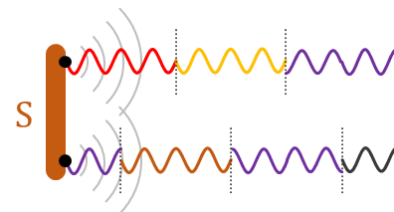


Démonstration de l'existence des franges d'interférence

1. La source étant en $(X, 0, -d)$, déterminer l'expression de l'éclairement à un point $M(x, y, D)$ quelconque de l'écran.
2. En déduire l'éclairement au point M , produit par une source étendue sur l'intervalle $X \in \left[-\frac{b}{2}, \frac{b}{2}\right]$

Superposition d'ondes issues de différents points d'une source

Les ondes émises par différents points d'une source peuvent être synchrones, mais sont incohérentes entre elles (étant émises par des atomes qui ne communiquent pas). C'est-à-dire que le déphasage entre deux trains d'onde est rapidement variable et aléatoire : elles ne peuvent pas créer d'interférences.



Remarque : Cette propriété n'est pas vérifiée pour les laser ; tous les rayons lumineux au sein d'un faisceau laser sont cohérents.

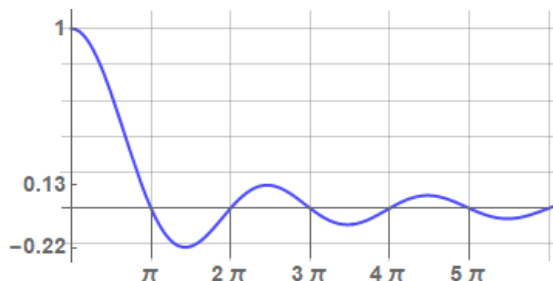
On a montré dans la démonstration plus haut qu'une source étendue dans l'intervalle $x \in \left[-\frac{b}{2}, \frac{b}{2}\right]$ cause une intensité lumineuse :

$$I(M) = 2 I'_0 \left(1 + \text{sinc}\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ab}{2d}\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ax}{D}\right) \right)$$

On en déduit que le contraste de la figure d'interférence est simplement :

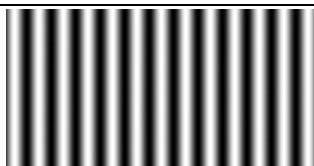
$$\text{Contraste } C = \text{sinc}\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ab}{2d}\right)$$

Le tracer de cette fonction donne le graphique ci-dessous, ce qui correspond à l'éclairement représenté à droite. L'augmentation de la taille b de la source cause une chute de contraste, puis une inversion, puis une faible réapparition du contraste, etc.

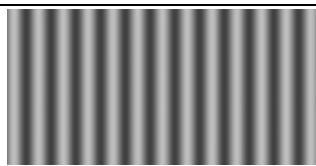


L'interfrange est inchangé : $i = \frac{\lambda D}{a}$ (en reprenant les valeurs numériques d'une précédente application, on avait $i \approx 0,32 \text{ mm}$).

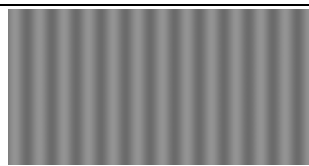
En revanche, le cosinus est multiplié par un facteur constant, $\text{sinc}\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ab}{2d}\right)$, toujours inférieur à 1. Si $b > 0$, les franges sombres sont moins sombres, et les franges brillantes sont moins brillantes. On a représenté ci-dessous l'allure des franges visibles sur l'écran pour une **taille de source b** croissante :



$b = 0$ (source ponctuelle)
 $C = 1$



b plus grand
 $C \approx 0,5$



b plus grand
 $C \approx 0,2$



b plus grand
 $C = 0$

Pour déterminer la taille maximale de la source qui permet d'observer des interférences, on détermine la largeur du pic principal du sinus cardinal :

Dans les conditions usuelles d'observation des fentes d'Young, en lumière rouge, avec $d \sim 10 \text{ cm}$ et $a \sim 0,1 \text{ mm}$, on obtient $0,1$ à 1 mm . Les fentes d'Young doivent donc être assez fines pour ne pas que les interférences soient brouillées.

Effet d'une extension de la source perpendiculairement aux franges

L'extension spatiale de la source dans une direction perpendiculaire aux franges :

- Augmente la luminosité des franges ;
- Réduit le contraste des franges, jusqu'à les faire disparaître.

Lorsque la taille de la source dépasse une taille de l'ordre de $b = \lambda d/a$, le contraste est significativement réduit, et les franges disparaissent rapidement (elles sont « brouillées »).

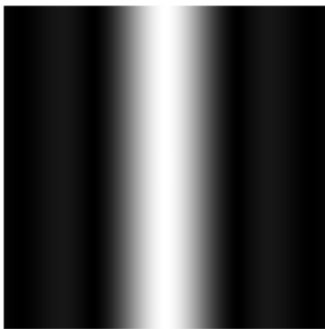
II.3 – Expérience des fentes d'Young

En réalité, lorsqu'on réalise l'expérience des fentes d'Young :

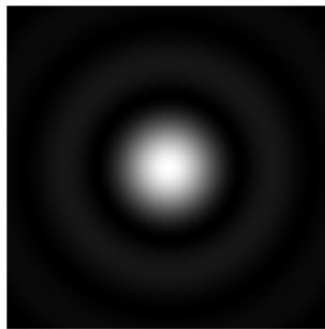
- La source présente une extension-nulle, donc le contraste n'est pas 1 (même si on peut fortement s'en approcher) ;
- La figure d'interférence se superpose à la figure de diffraction causée par la source (ce qu'on a négligé par hypothèse, au début).

On représente ci-dessous les figures obtenues lors de deux simples diffractions, puis pour deux expériences d'interférence :

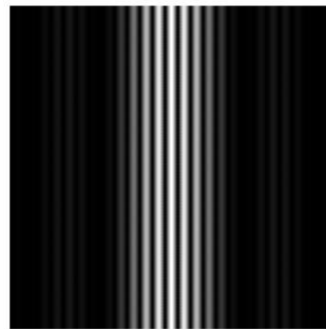
Diffraction, 1 fente



Diffraction, 1 trou



Interférences, 2 fentes



Interférences, 2 trous



III – TROUS D'YOUNG AVEC SOURCE NON-MONOCHROMATIQUE

Nous avons déjà abordé dans le chapitre précédent la notion de largeur spectrale d'une source, et son lien avec la longueur des trains d'onde. Puisqu'aucune source n'est parfaitement monochromatique (même pas les LASER), il est nécessaire de comprendre la manière dont les franges d'interférences sont influencées par l'extension spectrale de la source.

III.1 – Effet d'une variation de longueur d'onde

Il est déjà possible d'utiliser les résultats précédents pour déterminer la manière dont les franges sont modifiées par un changement de longueur d'onde. On a montré que l'interfrange s'écrit $i = \lambda D/a$. On en déduit que **l'augmentation de la longueur d'onde élargit les franges** (pour un même montage, les franges violettes sont environ deux fois plus fines que les franges rouges).

III.2 – Source polychromatique

III.2.A – Par le calcul

La détermination précise de l'allure des franges d'interférences dans ce cas n'est pas explicitement au programme. Elle pourra être traitée en TD.

III.2.B – Par des arguments semi-quantitatifs

Pour déterminer l'ordre de grandeur de la largeur spectrale de la source conduisant à un brouillage des interférences, il est possible d'utiliser une méthode semi-quantitative :

Critère qualitatif de brouillage

La figure d'interférences formée par une source ponctuelle dont le spectre est dans l'intervalle $\lambda \in \left[\lambda_0 - \frac{\Delta\lambda}{2}, \lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{2} \right]$ peut être considérée brouillée si la différence d'ordre d'interférence entre le centre du spectre λ_0 et le bord du spectre $\lambda_0 \pm \Delta\lambda/2$ est supérieure à $1/2$ (en un point M quelconque) :

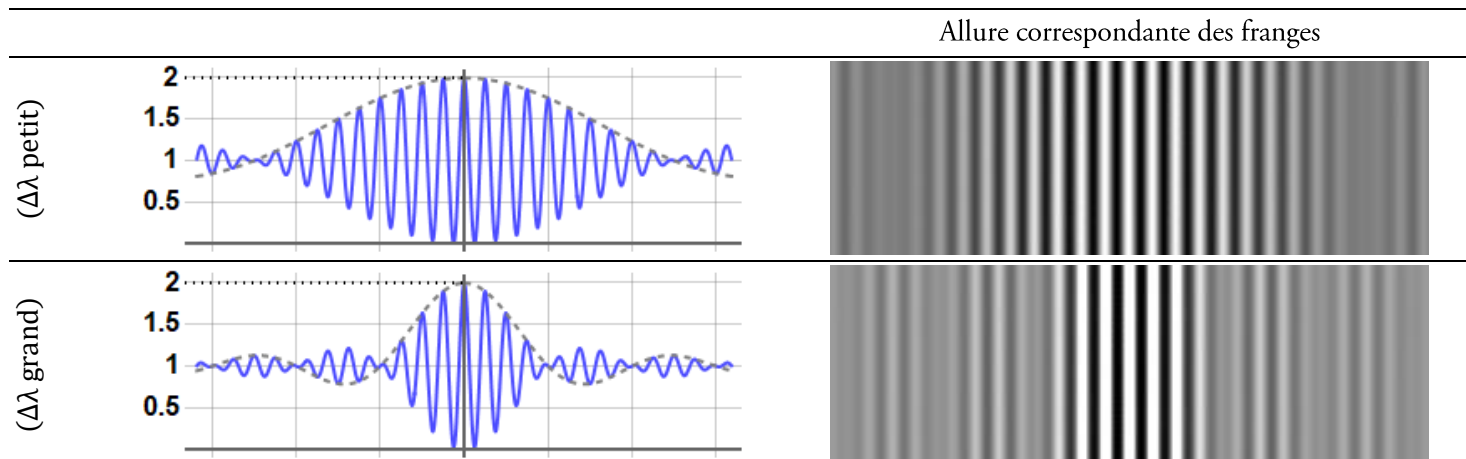
Cela signifie que centre du spectre cause en M une frange brillante, et que l'extrémité du spectre cause au même endroit une frange sombre. Ainsi, aucune frange n'apparaît : la figure en M est brouillée.

En reprenant l'expression de l'ordre d'interférence déjà établi, on peut exprimer en un point M quelconque de l'écran :

Le critère de brouillage est alors :

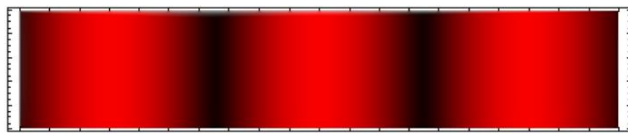
Cette méthode ne renseigne pas sur l'allure des franges, ni la manière dont le contraste décroît, mais permet tout de même de retrouver la largeur caractéristique de la zone où les franges sont visibles. Lorsqu'on s'éloigne d'une distance de l'ordre de $\frac{D\lambda_0^2}{a\Delta\lambda}$ du centre de la figure d'interférence, alors on peut considérer que le contraste des franges chute significativement.

L'allure précise des franges (obtenue par le calcul) est indiquée ci-dessous :



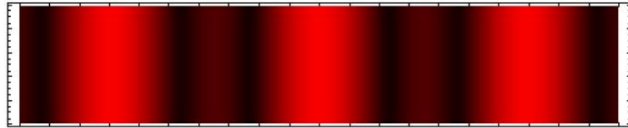
IV - RESEAU PAR TRANSMISSION

On a considéré jusqu'à maintenant des dispositifs dans lesquels on distinguait seulement deux chemins optiques (correspondant aux deux fentes d'Young). On représente ci-dessous les franges d'interférence obtenues en augmentant le nombre de fentes :



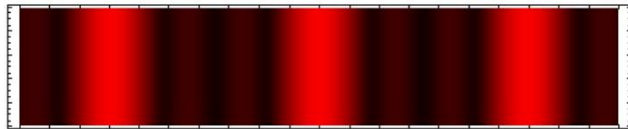
$N = 2$
 $d = 0.1 \text{ mm}$
 $\lambda = 700 \text{ nm}$

Dans les expériences ci-contre, on garde la distance interfentes et la longueur d'onde constantes, mais on augmente le nombre de fentes.



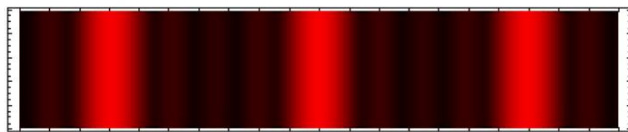
$N = 3$
 $d = 0.1 \text{ mm}$
 $\lambda = 700 \text{ nm}$

On part du cas déjà étudié des fentes d'Young ($N = 2$), dans lequel on reconnaît l'intensité lumineuse en $(1 + \cos(\dots))$.



$N = 4$
 $d = 0.1 \text{ mm}$
 $\lambda = 700 \text{ nm}$

Augmenter le nombre de fentes réduit l'extension spatiale des franges, et augmente leur intensité (ce qui n'est pas visible sur l'image ci-contre).



$N = 5$
 $d = 0.1 \text{ mm}$
 $\lambda = 700 \text{ nm}$

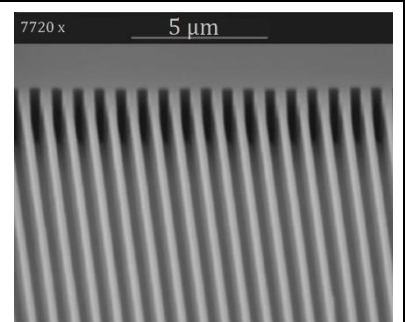
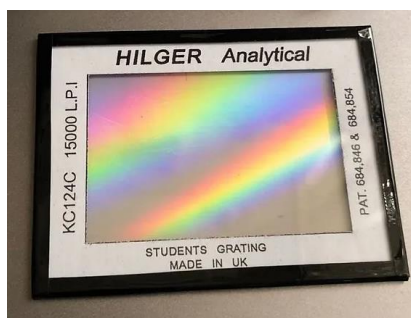
Que se passe-t-il si on fait interférer un rayonnement passé par 100, 1000 ou 10 000 fentes ?

On généralise ici le raisonnement à un nombre arbitrairement grand de fentes, ce qui nous amène à considérer des dispositifs optiques extrêmement utiles : les réseaux optiques.

Réseau optique

Un réseau optique est un instrument présentant à sa surface des structures périodiques, permettant la transmission ou la réflexion des ondes lumineuses.

Le réseau est caractérisé par la période spatiale de répétition des structures, en nombre de répétition par mm^{-1} , ou cm^{-1} .



Il existe des réseaux par transmission, pour lesquels on s'intéresse à la lumière transmise au travers des fentes, et des réseaux en réflexion, qui ne laissent pas passer la lumière, dans lesquels on s'intéresse à la lumière réfléchie par les surfaces périodiques. Bien que les réseaux en réflexion soient plus utilisés, on s'intéressera dans la suite uniquement aux réseaux à transmission. On fera de plus les hypothèses suivantes :

- Les réseaux seront éclairés par des rayons d'incidence parallèle (soient issus d'une source infiniment lointaine, soit issus du foyer d'une lentille convergente).
- L'onde transmise est observée à l'infini (soit très loin, soit sur un écran placé au foyer d'une lentille convergente).

IV.1 – Interférence à N ondes, formule des réseaux

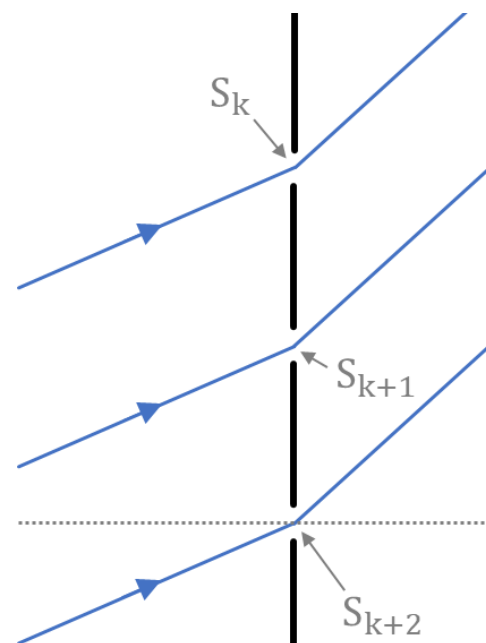
De la même manière que deux fentes créent chacune des ondes secondaires susceptibles d'interférer sur un écran placé à l'infini (ou dans le plan focal d'une lentille convergente), c'est ici N fentes qui créeront N ondes secondaires, qu'on observe à l'infini. La détermination de l'intensité lumineuse en un point de l'écran est très semblable à celui qui a été employé dans la partie I. 4.

On représente ci-dessous les rayons incidents parallèles sur le réseau. Puisqu'ils sont observés dans le plan focal d'une lentille convergente, on sait que les rayons qui convergeront pour former un point sur l'écran sont parallèles avant leur passage dans la lentille.

Attention : les angles des rayons sont algébriques. Si on souhaite que le calcul se fasse sans erreurs de signe, il est nécessaire de faire le schéma avec tous les angles positifs, c'est-à-dire que les rayons arrivent du bas et repartent vers le haut.

Démonstration – position des franges brillantes dans un réseau

En raisonnant sur le schéma ci-dessous, calculer la différence de marche δ entre rayons passant par deux fentes consécutives.



Puisque les fronts d'onde arrivent et repartent de la même manière sur chaque fente, la différence de marche est la même pour chaque rayon. Ainsi, si les ondes issues de deux motifs consécutifs du réseau sont en phase au point d'observation, alors toutes les ondes issues de tous les motifs sont en phase en ce point. La position des *maxima* d'intensité lumineuse peut alors être déterminée uniquement par l'étude de deux motifs consécutifs.

Formule des réseaux

Les raies brillantes en sortie d'un réseau de pas a sont situées dans des directions vérifiant : $\sin(\theta_t) - \sin(\theta_i) = p \frac{\lambda}{a}$ ($p \in \mathbb{Z}$)

L'entier p est appelé « ordre de la raie ». Les raies brillantes en sortie du réseau sont d'autant plus fines et lumineuses que le pas du réseau est petit ($I_{\max} \propto I_0 N^2$).

Les développements réalisés jusqu'ici ne donnent que la direction dans laquelle on observe les franges brillantes, car on a supposé qu'elles étaient suffisamment fines pour ne pas nécessiter de localisation plus précise. C'est effectivement le cas dans les réseaux réels, car le nombre de fentes est tellement élevé que la largeur des franges obtenues est négligeable.

IV.2 – Utilisation en spectroscopie

La position des ordres du réseau dépend de la longueur d'onde : un réseau peut donc être utilisé pour séparer spatialement les différentes composantes spectrales d'une lumière incidente. D'après la formule des réseaux,

$$\sin(\theta_t) - \sin(\theta_i) = p \frac{\lambda}{a} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{a}{p} (\sin(\theta_t) - \sin(\theta_i))$$

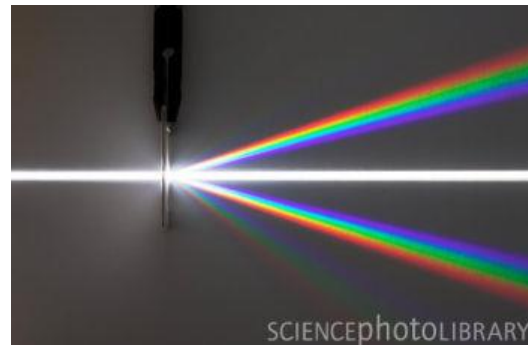
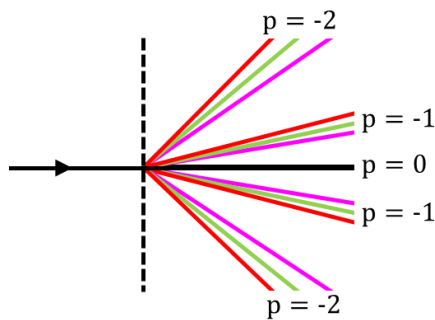
Si on connaît a (ou le nombre de fentes par millimètre $n = 1/a$), et qu'on mesure la position angulaire θ_p des raies brillantes, par exemple avec un goniomètre, on peut en déduire la longueur d'onde correspondante (il est nécessaire de connaître le numéro de l'ordre p observé, mais il suffit de compter le nombre de faisceaux déviés).

Schématiquement, le passage d'un faisceau polychromatique dans un réseau mène à la séparation de la lumière blanche en ses composantes (sauf pour l'ordre $p = 0$, qui ne dévie rien) :

Plus l'ordre est élevé, plus l'espacement est grand.

Ce n'est pas le cas ici, mais il est parfois possible d'observer un **recouvrement** de l'ordre p et $p + 1$).

Les ordres élevés sont peu lumineux (ce qui n'a pas été pris en compte dans les calculs effectués plus haut).



Attention : la déviation des différentes longueurs d'onde par un réseau a peu de choses en commun avec la déviation due à la réfraction dans un prisme. À aucun moment a-t-on mentionné un phénomène de réfraction dans ce chapitre ; on ne parle que d'interférences, qui s'avèrent être destructives partout dans l'espace, sauf dans les directions où les faisceaux sont émis.

Déviation des différentes longueurs d'ondes par un réseau

Pour un ordre donné, les grandes longueurs d'onde sont plus déviées que les petites.

Le montage permettant des mesures précises d'angles et de longueurs d'onde fait intervenir un réseau et un goniomètre :



Une source polychromatique (S) est placée avant un collimateur dont le rôle est de produire des rayons parallèles à envoyer sur le réseau optique (R) placé au centre du goniomètre.

De l'autre côté, une lunette (L) est libre de tourner autour du réseau (son angle est précisément indiqué par des graduations (G) placées sur le goniomètre). En regardant dans la lunette, on peut repérer la position angulaire de chaque raie observée. La relation des réseaux permet alors de connaître l'ensemble des longueurs d'onde émises par la source (connaissant le pas du réseau et l'ordre d'interférence).

Utilisation d'un goniomètre pour déterminer le spectre d'une source

Une ampoule « basse consommation » produisant un éclairage « blanc-chaud », est placée avant le collimateur d'un goniomètre. Le faisceau passe par un réseau à 500 lignes par mm, (placé perpendiculairement au faisceau) avant d'être observé par la lunette. On observe un faisceau non-dévié lorsque la lunette est en face du collimateur ($\theta = 0^\circ$), et trois pics à $\theta \simeq \pm\{12,60^\circ ; 15,71^\circ ; 18,03^\circ\}$.

1. Déterminer les longueurs d'ondes du spectre de l'ampoule. Pourquoi la lumière apparaît-elle blanche ?
2. A quel angle rencontrera la première raie de l'ordre 2 ?