Chap.3 – Activités
Division du front d'onde : trous et fentes d'Young

1. Trous d'Young avec une source ponctuelle monochromatique

1.3 Ordre d'interférence $p(M)$ en un point M de l'écran

Activité 1 : Trous d'Young en source ponctuelle monochromatique ✪

A. Dessiner les RL empruntés par la lumière pour aller de la source S en un point M de l'écran
B. Dans le repère cartésien défini sur le schéma, donner les coordonnées des points S_1, S_2 et M
C. Exprimer $p(M)$, en remarquant que $a, x, y \ll D$
D. En déduire l'expression de l'éclairement en tout point M de l'écran.
E. Si l'on n'assimile plus l'air au vide, comment sont modifiés les résultats précédents ?

1.4 Allure de la figure d'interférence – Largeur de l'interfrange

Activité 2 : Allure de la figure d'interférences – Interfrange ✪

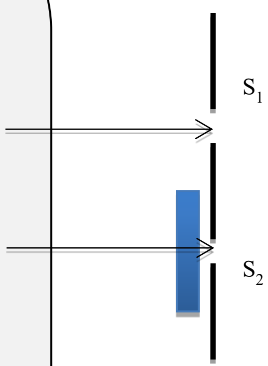
A. Dessiner l'allure des franges sur l'écran
B. Les numéroter avec les valeurs de p associées
C. Donner l'expression de l'interfrange (=distance entre deux franges)

1.6 Introduction d'une lame de verre sur un des deux trajets

Activité 3 : Effet d'une lame de verre sur la figure d'interférences ✪

On introduit une lame de verre d'épaisseur e et d'indice n sur un des deux trajets, avant la fente. Les distances en jeu sont telles que les rayons atteignent la lame avec un angle d'incidence presque nul.
NB : le raisonnement serait le même avec une lame juste derrière une des fentes, car l'inclinaison des RL (même après les fentes) est suffisamment faible pour qu'on puisse considérer l'incidence normale sur la lame.

A. Montrer que l'ensemble de la figure d'interférence est translatée dans une direction. Déterminer la distance de translation de la figure
B. Montrer comment la mesure de cette distance permet de remonter au terme $(n-1)e$
C. Si l'air n'est plus assimilé au vide, comment est modifié ce résultat ?



2 Trous d'Young dans les conditions de Fraunhofer

Activité 4 : Trous d'Young dans les conditions de Fraunhofer ✪

On ne considère ici que les points M de l'écran situés dans le plan du dessin, i.e. tels que $y = 0$.

A. Dessiner un montage réaliste permettant de réaliser ces conditions
B. La source est située sur l'axe de symétrie de l'interféromètre. Déterminer l'expression de l'ordre d'interférence $p(M)$ en un point M situé aux coordonnées $(x, y = 0)$ de l'écran d'observation

On admet que le résultat reste valable pour $y \neq 0$.

3 Trous d'Young : figure obtenue avec un doublet de sources (spatial *ou* spectral)

3.1 Préliminaire : expression de l'ordre en fonction de la position x_s de la source ponctuelle

Activité 5 : Effet d'un déplacement transversal de la source

On déplace la source S perpendiculairement à l'axe z.
On note $\boldsymbol{x_S}$ **l'abscisse du point $\boldsymbol{S}$**. Cette abscisse a été prise nulle jusqu'à maintenant. On rappelle que la distance D_S de la source aux fentes est très grande devant a.

A. Déterminer l'expression de p
B. Même question si la source S est sur l'axe, mais à l'infini.
C. Même question si la source S est hors de l'axe à l'infini (RL arrivent avec un angle α)

3.2 Figure d'interférences donnée par un doublet *spatial*

Activité 6 : Figure d'interférences d'un doublet *spatial* ✪

On considère un doublet de sources ponctuelles S et S', l'une située sur l'axe z, l'autre déplacée d'une distance x_s transversalement à l'axe z. Ces sources sont de même luminosité ε_0.
Lorsque nécessaire, on pourra utiliser les résultats de l'activité précédente.

A. Pourquoi la figure obtenue est la superposition des figures données par S et S' ?
B. Déterminer l'expression de l'éclairement en fonction des ordres d'interférence p et p', associés aux figures d'interférences données respectivement par S et S'
C. En déduire l'expression de l'éclairement en fonction de $x, x_s, a, D, D_S, \lambda$
D. En déduire l'expression du contraste de la figure d'interférences sur l'écran

Maintenant, on fait croître x_s à partir de zéro, en écartant progressivement S' de l'axe z.

E. Pour quelle valeur de x_s obtient-on un premier « **brouillage des franges** », i.e. une perte de contraste de la figure d'interférences sur l'écran ?
F. A quelle valeur de $\Delta p \overset{\text{def}}{=} p' - p$ cela correspond-il ?

3.3 Figure d'interférences donnée par un doublet *spectral*

Activité 7 : Figure d'interférences d'un doublet *spectral* ✪

On considère une source dont le spectre est constitué de deux raies infiniment fines : on parle de doublet spectral. L'ordre p étant proportionnel à la fréquence des raies (car inversement proportionnel à leur longueur d'onde), on repèrera ces deux raies par leur fréquence f_1 et f_2. Ces deux raies sont d'égale luminosité ε_0.

A. Pourquoi peut-on dire que la figure obtenue est la superposition des figures données par les raies f_1 et f_2 ?
B. Déterminer l'expression de l'éclairement en fonction des ordres d'interférence p_1 et p_2, associés aux figures d'interférences données respectivement par $f_1$et f_2
C. En déduire l'expression de l'éclairement en fonction de x, a, c, D, f_1, f_2
D. Après avoir repéré un $\cos()$ rapide et un $\cos()$ lent, tracer l'allure de l'éclairement $\varepsilon(x)$ sur l'écran
E. En déduire l'expression du contraste de la figure d'interférences sur l'écran

En TP, on ne peut pas « déplacer » $f_1$ou f_2. C'est donc notre regard que l'on va déplacer sur l'écran, i.e. c'est x qui s'écarte progressivement du centre de l'écran (repéré par $x = 0$).

F. Pour quelle valeur de x obtient-on un <u>premier</u> brouillage des franges, i.e. une perte de contraste au voisinage du point M où porte notre regard ?
G. A quelle valeur de $\Delta p \stackrel{\text{def}}{=} p_2 - p_1$ cela correspond-il ?

4 Trous d'Young : effet d'un élargissement de la source (spatial *ou* spectral)

4.1 Figure d'interférences donnée par une source étendue *spatialement*

Activité 8 : Figure d'interférences d'un source *spatialement* étendue ✪

Certains éléments d'énoncé figurent sur le doc principal ($b, \alpha_0, p_{centre}, \Delta p$ etc.)
A. Pourquoi peut-on dire que la figure obtenue avec la source étendue est la somme des figures données par les sources élémentaires ? Traduire cela mathématiquement.
B. Effectuer le changement de variable $x_s \mapsto p$, puis calculer le calcul intégral. Exprimer le résultat en fonction de p_{centre} et Δp :
$$\varepsilon(M) = \frac{2}{a}\lambda\alpha_0 D_s \Delta p[1 + \mathrm{sin}_c(2\pi\Delta p)\cos(2\pi p_{centre})]$$
C. En déduire ensuite l'expression de l'éclairement en fonction de a, x, D, b, D_s, λ
D. Pour une valeur fixée de b, quelle est l'allure de la figure d'interférence ?

Dans la vidéo, on observe la figure en lumière blanche (peu importe l'aspect polychromatique). On y observe l'évolution de la figure d'interférence quand la source est élargie.

E. Le résultat trouvé par le calcul décrit-il fidèlement les observations ?
F. Pour quelle valeur de b obtient-on un <u>premier</u> brouillage des franges ?
G. A quelle valeur de Δp cela correspond-il ?

4.2 Figure d'interférences donnée par une source étendue *spectralement*

Activité 9 : Figure d'interférences d'un source *spectralement* étendue ✪

Certains éléments d'énoncé figurent sur le doc principal ($f_m, \Delta f, \beta_0, p_{centre}, \Delta p$ etc.)

A. Pourquoi peut-on dire que la figure obtenue avec le spectre étendu est la somme des figures données par les raies élémentaires ? Traduite cela mathématiquement.
B. Effectuer le calcul intégral en utilisant comme variable d'intégration l'ordre p associé à la source élémentaire située en f. Exprimer le résultat en fonction de p_{centre} et Δp
C. En déduire ensuite l'expression de l'éclairement en fonction de $a, x, D, c, \Delta f, f_m$
D. Pour une valeur donnée de la demi-largeur Δf de la source, quelle est l'allure de l'éclairement sur l'écran ?

En TP, on ne peut pas faire varier la largeur du spectre.
Par contre, on peut déplacer notre regard sur l'écran, i.e. faire varier x.

E. Pour quelle valeur de x obtient-on un <u>premier</u> brouillage des franges ?
F. A quelle valeur de Δp cela correspond-il ?

4.4 Interférences en lumière blanche – Blanc d'ordre supérieur – Spectre cannelé

Activité 10 : Dénombrement des cannelures ✪

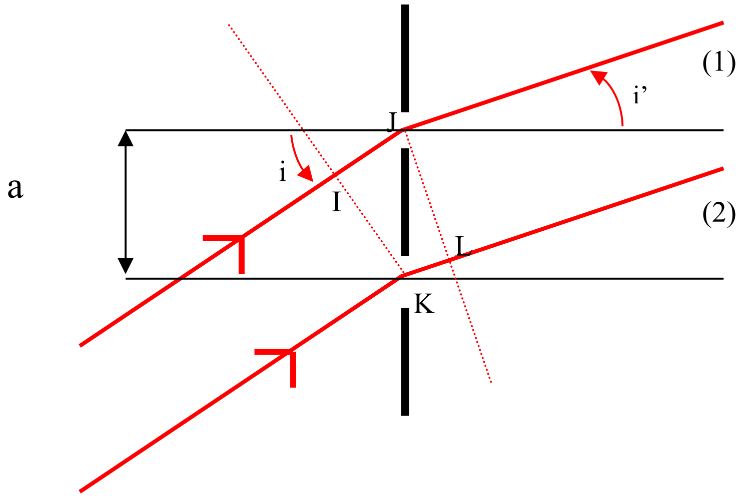
On étudie les interférences en lumière ponctuelle blanche réalisées avec des fentes d'Young.
Valeurs numériques : $D = 1m$, $a = 0{,}2\ mm$, point M en $x = 5\ cm$

A. En ce point $M(x)$ de l'écran, déterminer le nombre de cannelures dans le spectre visible $[400\ ; 800\ nm]$, i.e. les longueurs d'onde « manquantes » dans le spectre.

B. Préciser les longueurs d'onde des cannelures

5 Réseau plan dans les conditions de Fraunhofer

5.2 Formule fondamentale du réseau



Activité 11 : Formule des réseaux ✪

Le réseau est utilisé dans l'air dont on prendra l'indice **n =1**.
On considère que la source de lumière est monochromatique.

On recherche la condition pour que les N ondes issues des N fentes interfèrent toutes constructivement entre elles.

A. Montrer que la ddm entre deux fentes quelconques est proportionnelle à la ddm entre deux fentes successives. En déduire que « les N ondes interfèrent toutes constructivement » équivaut à « deux ondes issues de fentes successives interfèrent constructivement ».

B. Montrer qu'en un point M à l'infini la différence de marche entre les ondes issues de deux fentes successives s'écrit :

$$\delta = a(\sin(i') - \sin(i))$$

C. En déduire la formule des réseaux, reliant l'angle d'incidence i à l'angle d'émergence i'_k pointant vers la frange brillante d'ordre k

-