

Interférence 1

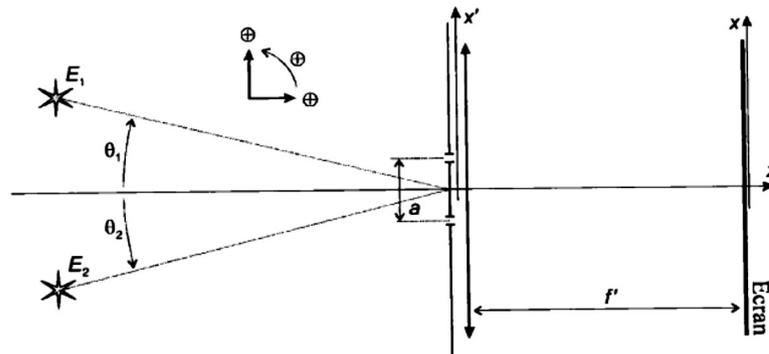
Exercice 1 : fentes d'Young ; détermination de l'indice d'une lame de verre.

On considère un dispositif de fentes d'Young éclairé par une onde plane en incidence normale, avec les caractéristiques suivantes : distance a entre les fentes : 3,3 mm ; distance D entre les fentes et l'écran : 3,0 m ; longueur d'onde λ de la source : $0,55 \mu\text{m}$.

- 1- Exprimer puis calculer l'interfrange caractéristique de la figure observée sur l'écran.
- 2- On place devant la fente du haut une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur $e = 0,10 \text{ mm}$. Justifier que l'interfrange reste la même mais que l'on observe un déplacement global de la figure d'interférence. Dans quel sens le déplacement se fait-il ? Justifier qualitativement.
- 3- Le déplacement mesuré étant de 47,3 mm, quel est l'indice du verre pour la longueur d'onde considérée ? Ce déplacement est-il facilement mesurable en lumière monochromatique ?

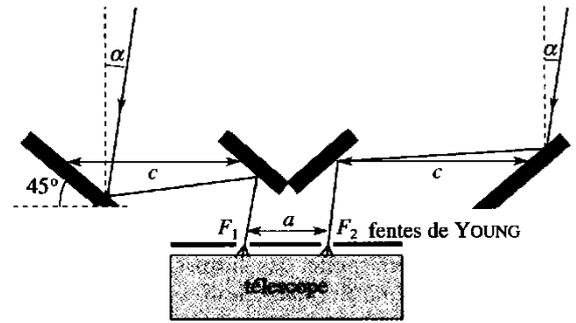
Exercice 2 : Mesure de l'écart angulaire d'une étoile double.

Un dispositif de trous d'Young est dirigé vers un système d'étoiles double, les deux étoiles étant supposées de magnitudes identiques et de même nature. Depuis la Terre, ces deux étoiles sont vues sous un angle 2θ trop faible pour être résolues par un télescope classique. On se propose ici de montrer qu'il est possible de détecter la présence de deux étoiles dans le système, et non d'une seule, et de mesurer l'angle 2θ grâce à la réalisation d'interférences obtenues à partir de la lumière en provenance du système. Le dispositif est schématisé ci-dessous où la distance a entre les trous est supposée réglable ; l'observation est effectuée dans le plan focal image d'une lentille convergente et on suppose qu'un filtre interférentiel non représenté permet de n'éclairer le dispositif que par une onde quasi monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 550 \text{ nm}$.



- 1- Calculer l'éclairement obtenu sur l'écran et montrer qu'en présence d'une étoile double le contraste des franges s'annule pour une valeur de a que l'on exprimera en fonction des données. Déterminer 2θ sachant que la valeur de a produisant le brouillage vaut 116,5 cm.
- 2- Retrouver résultat sans calculer explicitement l'éclairement.
- 3- La réalisation d'interférences est-elle effectivement utilisée en astronomie pour étudier les étoiles de nos jours ? Si oui, pouvez-vous décrire le dispositif réellement utilisé ?

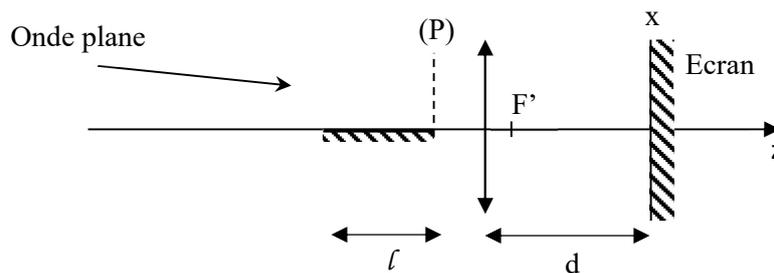
Rq : Le principe de cette mesure date de 1868 et revient aux français H. Fizeau et E. Stephan (\neq J. Stefan) ; toutefois, les trous (ou les fentes) d'Young ne pouvant pas réellement être écartés d'une distance a de l'ordre du mètre, la première mise en œuvre n'arrive qu'en 1920 lorsque A. Michelson et F. Pease parviennent à adapter des fentes d'Young devant un télescope surmontés de miroirs mobiles (schéma ci-contre) ; ce dispositif permet de simuler des fentes d'Young d'écartement réglable, pouvant aller jusqu'à 3 m (l'écartement effectif est la distance $2c + a$ sur le schéma ; pas évident à montrer...).



Exercice 3 : Etude du miroir de Lloyd éclairé par une onde plane.

On considère un repère d'espace $(Oxyz)$ orthonormé direct, l'axe (Ox) étant vertical ascendant et les axes (Oy) et (Oz) étant horizontaux. Une onde plane quasi-monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$ se propage depuis $z = -\infty$ vers $z = +\infty$, son vecteur d'onde formant un angle $\varepsilon = 2^\circ$ avec (Oz) . Enfin, dans le plan (Oyz) se trouve un miroir plan, long de $l = 10 \text{ cm}$ selon (Oz) (voir figure ci-dessous).

On souhaite observer les franges d'interférence qui apparaissent dans le plan vertical (P) situé à l'extrémité du miroir ; pour pouvoir mesurer raisonnablement l'interfrange, on réalise une projection à l'aide d'une lentille fortement convergente ($f' = 4,0 \text{ mm}$) sur un écran situé à $d = 16 \text{ cm}$ du foyer image de la lentille.

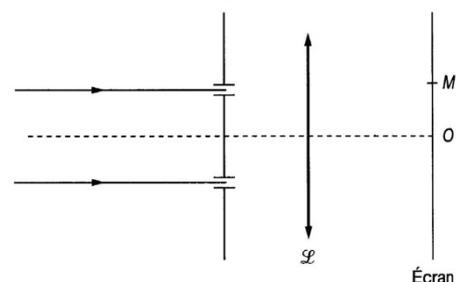


- 1- Déterminer la valeur de l'interfrange mesurée sur l'écran ainsi que le nombre de franges brillantes observées. La frange située au centre de l'écran est-elle brillante ?
- 2- En fait, le miroir n'est pas parfait : il ne réfléchit qu'une fraction R de l'énergie incidente. Cet aspect du dispositif est-il déterminant ?

Exercice 4 : Mesure d'une faible différence de phase en optique.

Un dispositif de deux fentes d'Young est éclairé en incidence normale par un faisceau de lumière parallèle monochromatique. On observe les interférences sur un écran situé dans le plan focal image d'une lentille L de focal f' (cf figure-ci-contre)

- 1- Soit $\Phi(M)$ la différence de phase entre les deux rayons issus des fentes d'Young et interférant en M . Donner l'expression de l'intensité lumineuse en fonction de Φ et de I_0 , intensité en O , point où $\Phi = 0$.



- 2- Déterminer la différence de phase Φ_1 correspondant au point voisin de O pour lequel l'intensité est égale à l'intensité maximale diminuée de 4%

- 3- On découvre une troisième fente, située au milieu des deux précédentes. Elle est ρ fois plus grande que les deux autres, de telle sorte que l'amplitude provenant de la lumière la traversant est ρ fois plus élevée que l'amplitude traversant l'une des deux autres fentes. De plus, elle est recouverte d'une mince lame transparente déphasant le faisceau d'une quantité $\frac{\pi}{2} + \varepsilon$ avec $\varepsilon \ll \frac{\pi}{2}$. Calculer, au premier ordre en ε , la répartition de l'intensité lumineuse sur l'écran en fonction de ρ , I_0 , ε et $\cos\left(\frac{\Phi}{2}\right)$. Faire une représentation graphique. Expliquer la différence due au terme $\varepsilon \neq 0$ par rapport au cas $\varepsilon = 0$
- 4- Quelle valeur donner à ρ pour que la variation d'intensité entre deux maxima successifs, comparée à l'intensité de ces maxima pour $\varepsilon = 0$ soit aussi grande que possible ?
- 5- Avec cette valeur de ρ , calculer la valeur de ε_1 de ε correspondant à une variation relative d'intensité de 4% entre deux maxima successifs. Comparer ε_1 à la valeur Φ_1 trouvée au 2-.
- 6- Afin d'obtenir un ordre de grandeur, évaluer pour une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ la variation d'indice de réfraction δn correspondant à la différence de phase ε_1 . On raisonnera sur un trajet de 1 m à travers de l'air.

S'il reste du temps :

Exercice 5 : Etude rapide de deux dispositifs mettant en jeu des miroirs.

Préliminaire : un résultat important sur les miroirs plans.

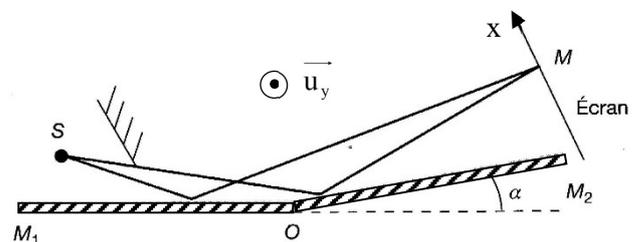
Tracer le rayon réfléchi sur un miroir plan à partir d'un rayon incident quelconque. On conserve le même rayon incident et on fait tourner le miroir d'un angle α sans modifier le plan d'incidence. Montrer que le rayon réfléchi tourne d'un angle 2α dans le même sens que le miroir.

Etude rapide de deux dispositifs.

Déterminer et schématiser la position des sources secondaires, du champ d'interférence et de la frange d'ordre 0, puis exprimer l'interfrange du système de franges observées sur l'écran, pour les dispositifs suivants :

Dispositif 1 (Miroirs de Fresnel) :

- Distance de S à O : d ;
- Distance de l'écran à O : D
- Angle entre les miroirs : $\alpha \ll 1$
- Angle entre M_1 et (SO) : β
- Angle entre l'écran et la normale à M_1 : $\alpha + \beta$



Dispositif 2 :

L et a sont $\ll D$

