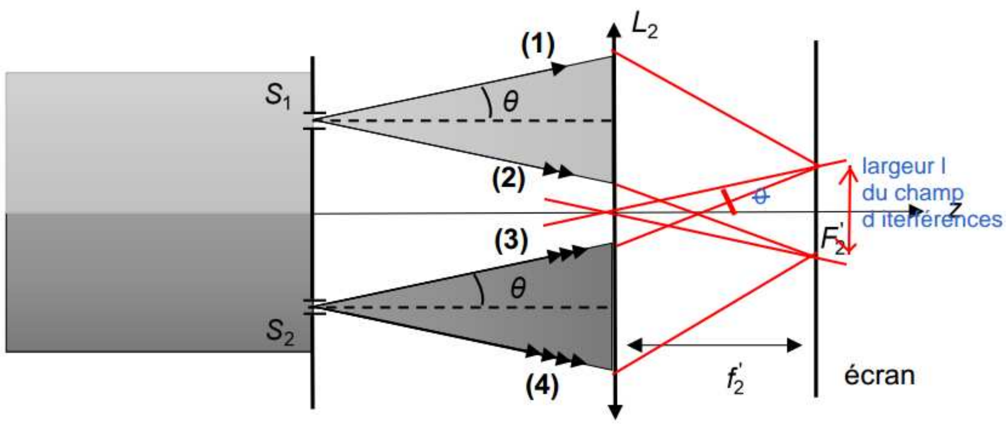
Correction DS 3

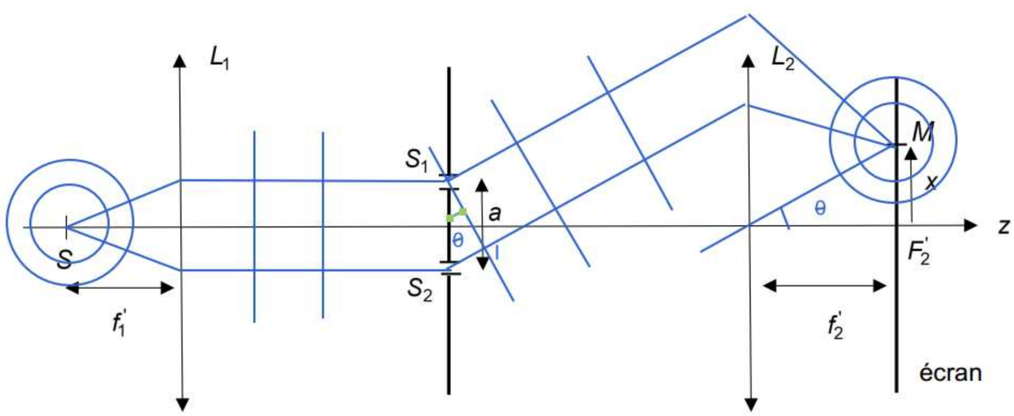
I. Vélocimètrie optique

Utilisation de fentes d'Young

1.



2.



Il s'agit du théorème de Malus qui dit que les surfaces d'onde sont perpendiculaires aux rayons lumineux en tout point.

3. $\delta(M) = (SS_2M) - (SS_1M) = (SS_2) + (S_2I) + (IM) - (SS_1) - (S_1M) = S_2I$ en effet par principe de retour inverse de la lumière M se comporte comme une source et entre une source et une surface d'onde les chemins optiques sont égaux soit $(SS_1) = (SS_2)$ et $(S_1M) = (IM)$.

De plus on a $\tan\theta = \dfrac{x}{f_2'} \approx \theta$ et $S_2I = a\sin\theta \approx a\theta = \dfrac{ax}{f_2'}$.

On en déduit l'ordre d'interférences $p(x) = \dfrac{\delta(M)}{\lambda_0} = \dfrac{ax}{\lambda_0 f_2'}$.

4. L'interfrange i est la distance entre les milieux de deux franges consécutives de même nature soit $i = x_{k+1} - x_k$ où x_k est la position de la frange brillante d'ordre k.

Or pour la frange brillante d'ordre k on a $p = k = \dfrac{ax_k}{\lambda_0 f_2'}$ soit $x_k = \dfrac{k\lambda_0 f_2'}{a}$ donc $i = \dfrac{\lambda f_2'}{a}$.

Les fentes d'Young ont pour largeur $b = 10\ \mu m$ et sont espacées d'une distance de $a = S_1S_2 = 50\ \mu m$.

5. Le demi angle au sommet de la tache centrale de diffraction θ à travers une fente fine de largeur b est donnée par $\theta = \dfrac{\lambda_0}{b}$: plus la fente est fine et plus ça diffracte.

On a donc $l = 2\theta f_2' = 2\dfrac{\lambda_0 f_2'}{b} = 6,32\ cm$.

On calcule les ordres d'interférences aux extrémités du champ d'interférences soit $p(x = l/2) = \frac{al}{2\lambda_0 f_2'} = +5$

et $p(x=-l/2)=-5$. On voit donc 11 franges brillantes qui correspondent aux ordres d'interférences entiers -5, -4, ... 0 ...+4 et +5.

6. Pour que la détection fonctionne il faut que la taille de la bille soit plus petite que la largeur d'une frange brillante ou d'une frange sombre de largeur $i/2$ soit $2R < \frac{i}{2}$.

7. On a $x_B(t) = x_0 + vt$.

8. La formule de Fresnel donne l'intensité en B liée aux interférences à deux ondes cohérentes (ici de même intensité) soit $I(B) = 2I_0(1+\cos(2\pi p(B)) = 2I_0(1+\cos(\frac{2\pi a x_B(t)}{\lambda_0 f_2'})) = 2I_0(1+\cos(\frac{2\pi avt}{\lambda_0 f_2'} + 2\pi\frac{ax_0}{\lambda_0 f_2'}))$.

On en déduit l'intensité $I' = KI(B) = 2KI_0(1+\cos(\frac{2\pi avt}{\lambda_0 f_2'}+2\pi\frac{ax_0}{\lambda_0 f_2'}))$ de la forme $I' = \frac{I_{max}}{2}(1+\cos(2\pi ft+\phi)$.

Par identification on a $f = \frac{av}{\lambda_0 f_2'} = \frac{v}{i}$.

L'intensité I' est donc une fonction périodique de fréquence $f = \frac{av}{\lambda_0 f_2'}$ et de période $T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda_0 f_2'}{av}$.

Sur la courbe fournie on lit qu'une période correspond à deux divisions et une division correspond à $0,5\ ms$ donc $T = 1\ ms$. AN: $v = \frac{\lambda_0 f_2'}{aT} = 6,32\ m.s^{-1}$.

9. L'algorithme concerné est l'algorithme de Monte Carlo. On lit les incertitudes types $u(f_2') = 0,5.10^{-2}\ m$, $u(a) = 1\ \mu m$ et $u(f) = 0,6\ Hz$.

Instruction 1: $50e-2, 50e-6, 632e-9, 1000$

D'après la théorie on a $v = \frac{\lambda_0 f_2'}{aT} = \frac{\lambda_0 f_2' f}{a}$ d'où pour l'instruction 2 on a: $lambda0*f2-MC*f-MC/f-MC$.

On lit le résultat en dessous de l'histogramme: la vitesse moyenne est $6,3213\ m/s$ et l'incertitude sur la vitesse est $0,0821\ m/s$ d'où le résultat: $v = (6,32 \pm 0,08)\ m/s$.

10. Dans la pratique les ondes ont parcouru la même distance d sur les deux chemins après S_1 et après S_2 avec des vitesses différentes. En terme de chemin optique c'est comme si les ondes ont parcouru des distances différentes en se déplaçant toutes les deux à la vitesse c donc $\delta(F_2') = c\Delta t = \frac{2dv}{c}(n^2-1)$.

11. L'ordre d'interférences sans écoulement en F_2' est nul puisque les deux chemins optiques (SS_1F_2') et (SS_2F_2') sont identiques soit $p_{immobile} = 0$.

L'ordre d'interférences avec écoulement en F_2' s'écrit $p_{modile} = \frac{\delta(F_2')}{\lambda_0} = \frac{c\Delta t}{\lambda_0} = \frac{2dv}{\lambda_0 c}(n^2-1)$.

La variation d'ordre d'interférences est donc $p_{modile} - p_{immobile} = \frac{2dv}{\lambda_0 c}(n^2-1)$.

12. Fizeau double l'effet soit $\Delta p = 2\frac{2dv}{\lambda_0 c}(n^2-1)$ et il observe un décalage d'un quart de frange soit une variation d'ordre d'interférences de 1/4 donc $\Delta p = 2\frac{2dv}{\lambda_0 c}(n^2-1) = \frac{1}{4}$ soit $v = \frac{1}{4}\frac{\lambda_0 c}{4d(n^2-1)}$. AN: $v = 9\ m.s^{-1}$: c'est du même ordre de grandeur que précédemment mais ce n'est pas la même valeur.

II. Interféromètre de Michelson modifié

1. Les franges en lame d'air sont localisées à l'infini, on les observe sur un écran placé dans le plan focal image d'une lentille.

Les franges en coin d'air sont localisées sur les miroirs, on les observe en faisant l'image des miroirs sur l'écran avec une lentille.

2. **2.a.** Les franges du coin d'air sont sur l'image A. On mesure $6i_e = 3\ cm$ soit $i_e = 0,5\ cm$.

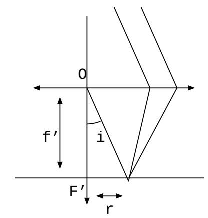
Les franges sont sur les miroirs, on en a fait l'image par la lentille sur l'écran, on observe la même chose sur l'écran que sur les miroirs. Sur l'écran l'image est juste plus grande. On déduit la valeur du grandissement des diamètres des miroirs. Sur la photo, le diamètre mesure $D = 3,35\ cm$ et dans la réalité les miroirs ont pour diamètre $d = 1,5\ cm$ donc $|\gamma| = \frac{3,35}{1,5} = 2,2$.

On en déduit l'interfrange sur le miroir $i_m = \frac{i_e}{|\gamma|} = 0,23\ mm$.

Or on sait que $i_m = \dfrac{\lambda}{2\alpha}$ donc $\alpha = \dfrac{\lambda}{2i_e} = 1,3\ mrad \approx 5'$ (on convertit l'angle en radian en degré en multipliant par $\dfrac{180}{\pi}$ et on convertit en minute d'angle en multipliant par 60 car $1^0 = 60'$).

2.b. On a $p_0 = \dfrac{2e}{\lambda} = 485,6$ c'est l'ordre d'interférences au centre des anneaux, c'est là où il est maximal. Le premier anneau brillant a pour ordre $p_1 = 485$, de second $p_2 = 484$ et le troisième $p_3 = 483$.

On observe les anneaux en plaçant l'écran dans le plan focal de la lentille. On a $\tan i = \dfrac{r}{f'} \approx i$ et $p = p_0 \cos i = p_0(1 - \dfrac{i^2}{2}$ soit $i = \sqrt{2(1 - \dfrac{p}{p_0})}$. On a donc $r = f'\sqrt{2(1 - \dfrac{p}{p_0})} = 5,2\ cm$.



3. On construit l'image M_1' de M_1 par la séparatrice et on observe que M_2 et M_1' ne sont pas parallèles, ils forment un coin d'air de 90^0.

4. Le rayon issu 2 de S est réfléchi sur la séparatrice puis réfléchi sur le miroir M_2: on construit donc S' image de S par la séparatrice et S_2 image de S' par le miroir M_2.

Le rayon 1 issu de S est transmis par la séparatrice puis réfléchi sur les miroirs M_1 et M_3. On construit donc S_1' image de S par M_1 puis S_1 image de S'' par M_3. Les rayons 1 et 2 semblent venir de S_1 et S_2 avec $S_1S_2 = a$.