1 Optique

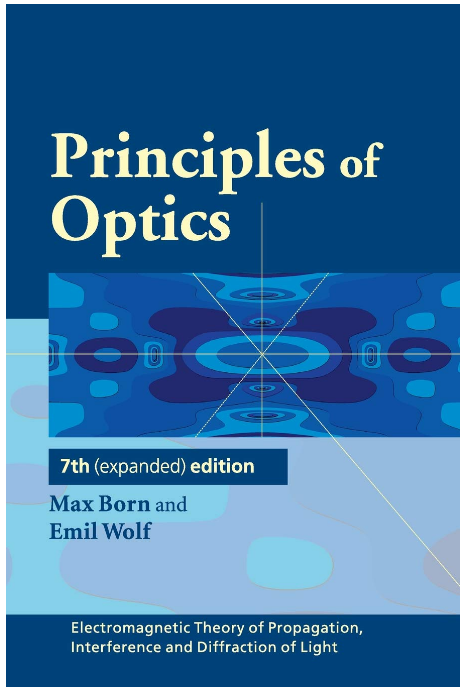

Figure 1 – La bible de l'optique physique

1.1 Optique géométrique

- Établir les 4 relations du prisme. Donner l'expression de la déviation minimale en fonction de l'indice du prisme (schéma obligatoire).
- Établir l'expression du grossissement d'une lunette astronomique (schéma obligatoire).
- Établir l'expression du grossissement d'un microscope (Schéma obligatoire).
- Établir l'expression de l'amplitude de vision nette d'un appareil photo réglé à l'infini (schéma obligatoire).
- Rappeler le principe des méthodes de focométrie suivantes : auto-collimation, Bessel, Silbermann, Badal.
- Expliquer le principe du réglage d'un goniomètre (schémas obligatoires).
- On considère un milieu d'indice continument variable :

  $$n = n_0(1 + az)$$

  avec z verticale ascendante et $|a| << 1$.

  Déterminer l'équation d'un rayon lumineux dans un tel milieu.
- Déterminer la bande passante d'un fibre à saut d'indice.

1.2 Éclairement et vibration scalaire

Montrer que l'éclairement sur un écran (ou un capteur quelconque) est proportionnel à la valeur moyenne du carré de la vibration scalaire.

1.3 Largeur de raie et longueur de cohérence

Montrer que la longueur de cohérence et la largeur de raie d'une raie d'émission sont liées par :

$$l_c = c\tau_c = \frac{c}{\Delta\nu}$$

1.4 Largeur de raie et effet Doppler

Montrer que la largeur de raie d'une lampe spectrale BP est proportionnelle à $\sqrt{T}$.

1.5 Largeur de raie et collisions

Montrer que la largeur de raie d'une lampe spectrale HP est proportionnelle à :

$$\frac{P}{\sqrt{T}}$$

1.6 Formule de Fresnel

- ✘ Montrer la formule de Fresnel :

$$I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi$$

  En précisant les hypothèses faites et la signification des grandeurs intervenant dans la formule.
- ✘ Établir l'expression du contraste C et montrer que ce contraste est maximal quand $I_1 = I_2$.
- ✘ Tracer I en fonction de ϕ, on introduira l'ordre d'interférences p. En déduire l'intensité maximale, l'intensité minimale et l'intensité moyenne.
- ✘ Montrer que la formule de Fresnel s'écrit aussi :

$$I = 2I_{moy}\left(1 + C\cos\phi\right)$$

1.7 Interférences entre deux sources sphériques corrélées

Soit deux sources sphériques monochromatiques (S_1) et (S_2), corrélées.

- ✘ Montrer que la figure d'interférences est constituée d'hyperboloïdes de révolution.
- ✘ Montrer, que dans la cas où (S_1S_2) est parallèle à l'écran, les franges sont rectilignes. Exprimer la différence de marche arrivant en un point M de l'écran , en déduire l'interfrange.
- ✘ Montrer, que dans la cas où (S_1S_2) est perpendiculaire à l'écran, les franges sont circulaires. Exprimer la différence de marche arrivant en un point M de l'écran, en déduire le rayon du k_{ieme} anneau brillant correspondant à l'ordre d'interférence p :

$$r_p = \sqrt{\frac{2\lambda_0 D^2}{a}(p_0 - p)} = \sqrt{\frac{2\lambda_0 D^2}{a}(\varepsilon + (k-1)))}$$

  On précisera la signification des différentes grandeurs introduites.

1.8 Interférences entre deux ondes OPPM

Soit deux OPPM, faisant un angle α entre elles, provenant d'une même source primaire et donc corrélées. Montrer que les figure d'interférences est constituée de franges rectilignes et montrer que l'interfrange vaut :

$$i = \frac{\lambda}{2\sin\left(\dfrac{\alpha}{2}\right)}$$

1.9 Problème de cohérence spatiale avec des fentes de Young

On éclaire des fentes de Youns avec une fente source de largeur b perpendiculaire aux fentes de Young. Montrer que l'éclairement observé sur un écran éloigné de D du plan des fentes est de la forme :

$$I(M) = 2I_0 \left(1 + V(b)\cos\phi\right)$$

Prévoir qualitativement pour quelle valeur de b le contraste s'annule puis expliciter la fonction $V(b)$.

1.10 Interférences avec un doublet

Une source primaire, dont le spectre est celui d'un doublet de raies (on note λ_m la longueur d'onde moyenne du doublet et $\Delta\lambda$ l'écart entre les deux raies), éclaire deux sources secondaires S_1 et S_2 . Montrer que l'éclairement obtenu en un point M du champ d'interférences est de la forme :

$$I(M) = 2I_0 \left(1 + V(\delta)\cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_m}\right)\right)$$

Prévoir qualitativement qu'en faisant varier δ on observe un brouillage périodique de la figure d'interférences, puis expliciter la fonction $V(\delta)$.

1.11 Interférences avec une source de profile spectral rectangulaire

Une source primaire, dont le spectre est rectangulaire (on note λ_m la longueur d'onde moyenne et $\delta\lambda$ la largeur de la raie), éclaire deux sources secondaires S_1 et S_2 . Montrer que l'éclairement obtenu en un point M du champ d'interférences est de la forme :

$$I(M) = 2I_0 \left(1 + V(\delta)\cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_m}\right)\right)$$

Prévoir qualitativement pour quelle valeur de δ on observe un brouillage de la figure d'interférences, puis expliciter la fonction $V(\delta)$.

1.12 Interféromètre de Michelson réglé en lame d'air

Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air d'épaisseur e.

- ✘ Dans le cas où l'interféromètre est éclairé par une source ponctuelle monochromatique, montrer que les interférences sont non localisées et que les franges observées en sortie sont des anneaux.
- ✘ Dans le cas où l'interféromètre est éclairé par une source étendue monochromatique, montrer que les interférences sont localisées. Proposer une montage permettant d'observer les franges avec un contraste maximal et montrer que la différence de marche entre deux rayons arrivant en un point M de l'écran est de la forme :

  $$\delta = 2e\cos i$$

  On précisera la signification de l'angle i.
- ✘ On dispose d'une diode LASER dont on souhaite étudier le spectre. A l'aide d'un capteur, placé au centre du dispositif de sortie, on obtient le spectre donné par la figure ci-dessous. Caractérisez ce spectre.

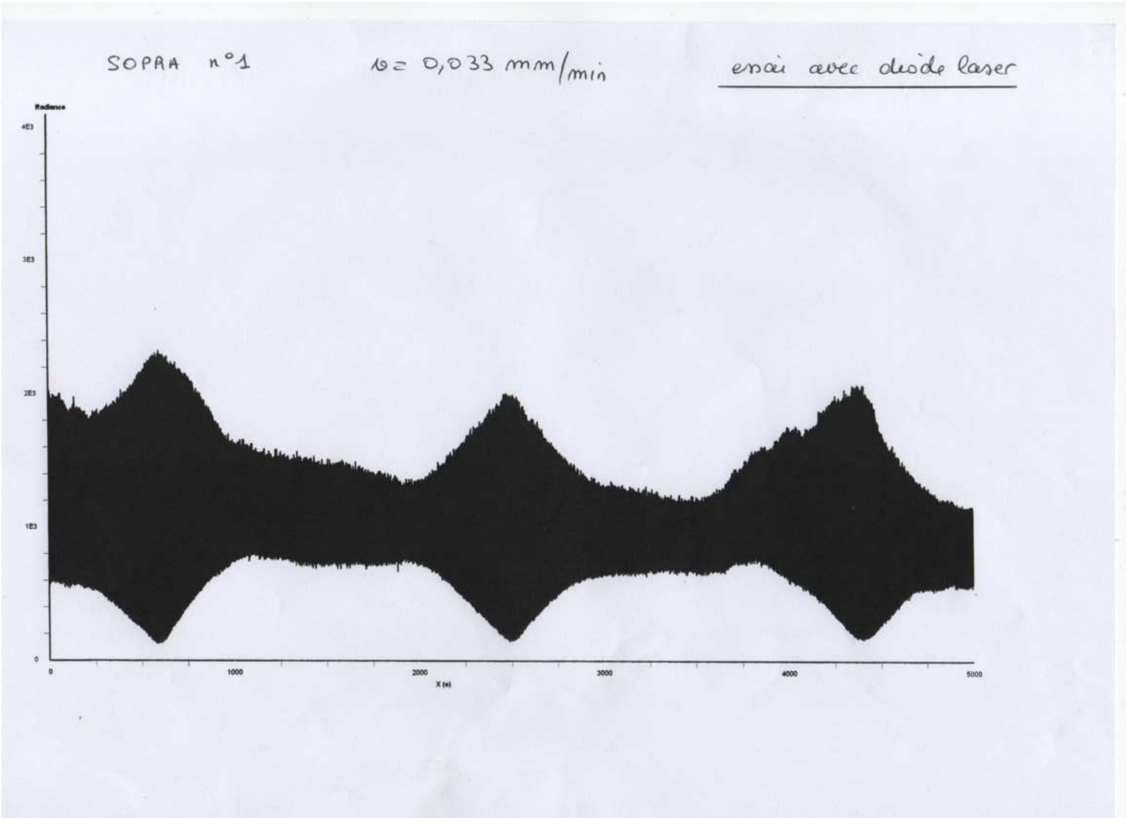

Figure 2 – Spectre de la diode LASER

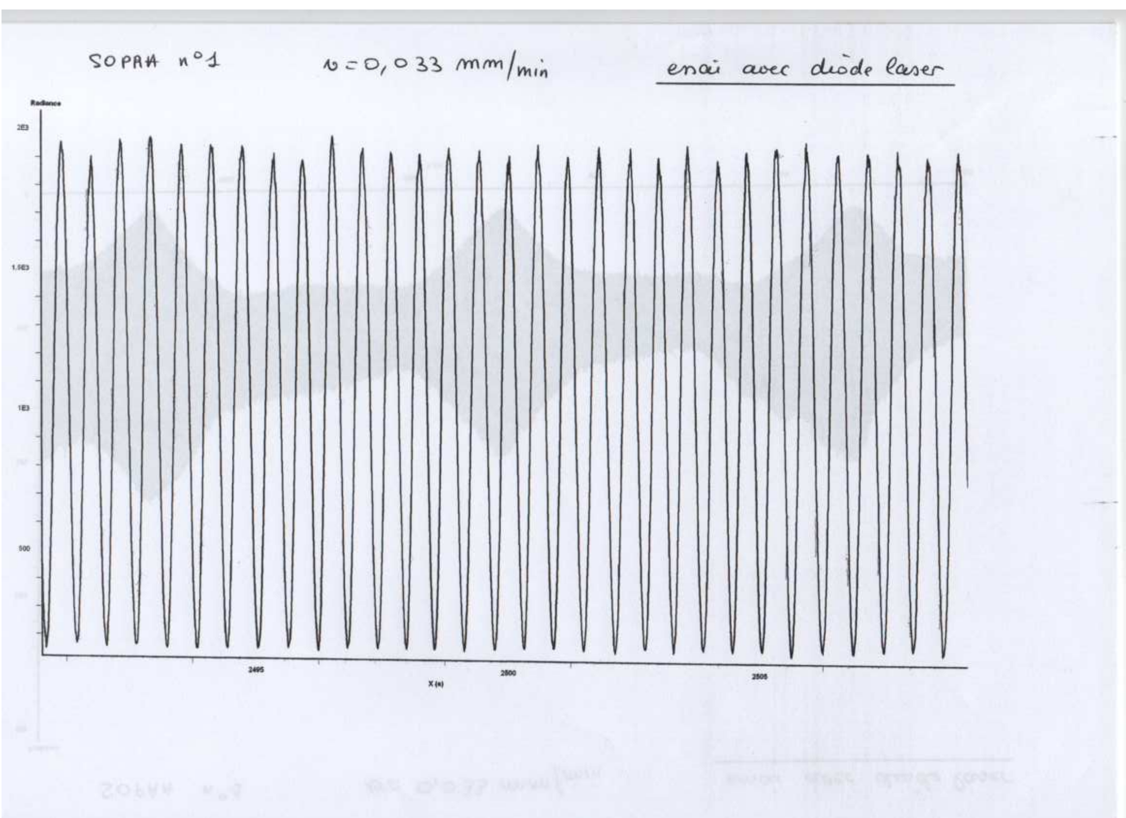

Figure 3 – Zoom sur le spectre de la diode LASER

1.13 Michelson réglé en coin d'air

Le Michelson est réglé en coin d'air d'angle α.

- ✘ Dans le cas où l'interféromètre est éclairé par une source ponctuelle monochromatique, montrer que les interférence sont non localisées et que les franges observées en sortie sont rectilignes.

- ✘ Dans le cas où l'interféromètre est éclairé par une source étendue monochromatique, montrer que les interférences sont localisées. Proposer une montage permettant d'observer les franges avec un contraste maximal et montrer que la différence de marche entre deux rayons arrivant en un point M de l'écran est de la forme :

$$\delta = 2\alpha x$$

  On précisera la signification de x.

- ✘ La source est une lumière blanche. On remplace l'écran de sortie par une fente que l'on place à l'ordre zéro de la figure d'interférence et on place sur un des bras du Michelson une lame d'épaisseur e et d'indice n connu. On place un spectromètre derrière la fente, le spectre obtenu est donné ci dessous :

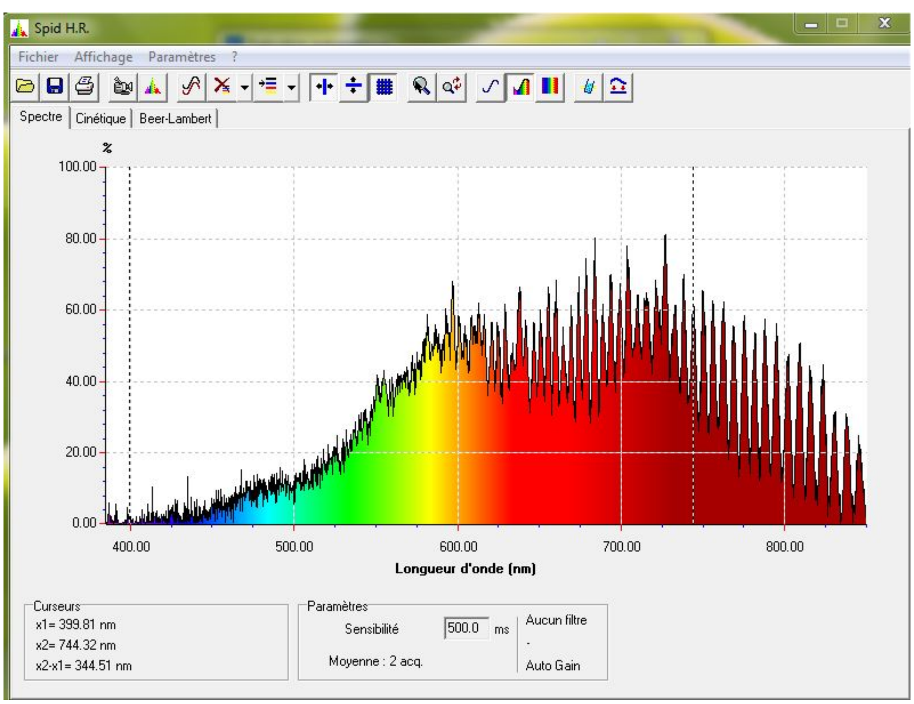

Figure 4 – Spectre de la lumière passant par la fente

longueurs d'onde max	numéro
738.74	1
744.32	2
750.60	3
756.17	4
762.45	5
769.43	6
775.70	7
782.68	8
788.25	9
795.93	10
802.20	11
809.87	12
815.45	13
824.52	14
831.49	15
838.47	16
845.44	17

Figure 5 – Pointage de certaines longueurs d'onde

Déterminer l'épaisseur de la lame de deux manières.

1.14 Réseaux

- ✘ Établir la formule fondamentale des réseaux :

$$\sin i' - \sin i = \frac{p\lambda}{a}$$

On définira toutes les grandeurs intervenant dans la formule.

- ✘ Montrer, par 3 méthodes, la formule d'éclairement des réseaux :

$$I = \frac{I_{max}}{N}\left(\frac{\sin\left(\frac{N\Phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Phi}{2}\right)}\right)^2$$

- ✘ Montrer que le pouvoir de résolution d'un réseau vaut :

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = pN$$

Où p est l'ordre d'interférences.

- ✘ Justifier que pour un réseau éclairé en lumière blanche, les ordres 2 et 3 se recoupent.
- ✘ Justifier qu'au minimum de déviation, on a la relation :

$$\lambda = \frac{2a}{k}\sin\left(\frac{D_m}{2}\right)$$

1.15 Fabry-Pérot

Montrer que l'intensité à la sortie d'un interféromètre de Fabry Pérot, dans les conditions de Fraunhofer, est de la forme :

$$I = \frac{I_0}{1 + m\sin^2\frac{\phi}{2}}$$

On précisera la signification des différentes grandeurs intervenant dans la formule.

1.16 Optique de Fourier

[1]

- ✘ Soit deux fentes de young, infiniment fines, distantes de a, éclairées sous incidence normale par une source monochromatique. Montrer que, dans les conditions de Fraunhofer, l'éclairement dans la direction θ vaut :

$$I(\theta) = \frac{I_0}{2}\left(1 + \cos\left(\frac{2\pi a\theta}{\lambda}\right)\right)$$

  On précisera la signification de I_0

- ✘ Soit deux fentes de young, de largeur b, distantes de a, éclairées sous incidence normale par une source monochromatique. Montrer que, dans les conditions de Fraunhofer, l'éclairement dans la direction θ vaut :

$$I(\theta) = \frac{I_0}{2}\left(\operatorname{sinc}\left(\frac{\pi b\theta}{\lambda}\right)\right)^2\left(1 + \cos\left(\frac{2\pi a\theta}{\lambda}\right)\right)$$

1.17 Polarisation

- ✘ Retrouver la loi de Malus.
- ✘ Comment obtenir une polarisation rectiligne ?
- ✘ Comment obtenir une polarisation circulaire ?
- ✘ Comment obtenir une polarisation elliptique ?
- ✘ Montrer qu'une lame $\lambda/2$ transforme une OPPM polarisée rectilignement en une nouvelle OPPM dont la polarisation rectiligne est symétrique de la première par rapport aux axes neutres de la lame.
- ✘ Montrer qu'une lame $\lambda/2$ transforme une OPPM polarisée elliptiquement en une nouvelle OPPM dont la polarisation elliptique est identique à la première mais d'héliticité opposée.
- ✘ Montrer qu'une lame $\lambda/4$ transforme, de manière générale, une OPPM polarisée rectilignement en une nouvelle OPPM polarisée elliptiquement. Quels sont les cas particuliers ?
- ✘ Montrer qu'une lame $\lambda/4$ transforme une OPPM polarisée circulairement en une nouvelle OPPM dont la polarisation est rectiligne.

1.18 LASER

- ✘ Soit un atome à deux niveaux d'énergie (E_1 et $E_2 > E_1$). Montrer que les populations électroniques dans ces deux niveaux vérifient à l'équilibre thermique :

$$N_{1e} = N\frac{\exp\left(-\frac{E_1}{K_BT}\right)}{\exp\left(-\frac{E_1}{K_BT}\right) + \exp\left(-\frac{E_2}{K_BT}\right)}$$

$$N_{2e} = N\frac{\exp\left(-\frac{E_2}{K_BT}\right)}{\exp\left(-\frac{E_1}{K_BT}\right) + \exp\left(-\frac{E_2}{K_BT}\right)}$$

  Donner la signification de N

1. utiliser les tables de TF

- ✘ Montrer que les coefficients d'Einstein vérifient :

$$A_{12} = \frac{1}{\tau_{rad}} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} B_{12}$$

$$B_{12} = B_{21}$$

- ✘ Montrer qu'un pompage optique radiatif entre les deux niveaux d'énergie, permet au mieux d'égaliser les deux populations.
- ✘ Montrer que l'intervalle spectrale entre deux modes longitudinaux d'un cavité LASER vaut :

$$\Delta\nu = \frac{c}{2d}$$

- ✘ Proposer un protocole permettant d'obtenir une onde quasiment sphérique à partir d'un faisceau LASER
- ✘ Proposer un protocole permettant d'obtenir un faisceau cylindrique à partir d'un faisceau LASER