

# Table des matières

<b>1 Étude de l'interféromètre de Michelson</b>	<b>5</b>
1.1 L'interféromètre de Michelson . . . . .	5
1.2 Réglage de l'interféromètre . . . . .	8
1.3 Lumière blanche et teintes de Newton. . . . .	10
1.4 Enregistrement d'interférogramme . . . . .	11
1.5 Mesure de largeur spectrale/longueur de cohérence temporelle de sources lumineuses .	11
1.6 Transformée de Fourier d'un spectre . . . . .	13
1.7 Bilan . . . . .	14
<b>2 Construction d'un système OCT plein champ</b>	<b>15</b>
2.1 Introduction . . . . .	15
2.2 Principe de la tomographie par cohérence optique plein champ . . . . .	15
2.3 Montage optique . . . . .	17
2.4 Alignements optiques . . . . .	18
<b>3 Microscopie tridimensionnelle avec l'OCT plein champ</b>	<b>21</b>
3.1 Principe de l'acquisition des images tomographiques en OCT plein champ . . . . .	21
3.2 Pilotage de la platine de translation et de la caméra . . . . .	23
3.3 Caractérisation du microscope OCT . . . . .	23
3.4 Imagerie OCT d'échantillons . . . . .	26
<b>A Quelques rappels sur les interférences</b>	<b>29</b>
A.1 Principe général . . . . .	29
A.2 Définitions et notations . . . . .	29
A.3 Interférogramme . . . . .	30
A.4 Influence des caractéristiques de la source de lumière sur l'interférogramme . . . . .	30
<b>B Transformée de Fourier</b>	<b>33</b>
B.1 Interférogramme . . . . .	33
B.2 Transformée de Fourier d'un signal analogique . . . . .	33
B.3 Relation entre l'interférogramme et le spectre de la source . . . . .	34
B.4 Travaux numériques . . . . .	34
<b>C Utilisation du logiciel <i>ImageJ</i></b>	<b>37</b>
<b>D Conseils pour la rédaction d'un compte-rendu de TP</b>	<b>41</b>
<b>E Bibliographie : Article sur l'OCT</b>	<b>43</b>

## Principe et objectifs du projet expérimental

L'objectif de ce travail est de développer et de caractériser un instrument de microscopie optique tridimensionnelle présentant une résolution spatiale de l'ordre du micromètre dans les trois directions.

Déroulement des trois séances (projet expérimental de 24h) :

**Jour 1 :** le premier jour est dédié à la compréhension des concepts optiques à la base de la tomographie par cohérence optique. Le montage à la base de cette technique est un interféromètre de Michelson. L'objectif est donc de régler cet interféromètre de Michelson et de caractériser les propriétés spectrales de différentes sources lumineuses et filtres.

*Travail personnel pour le jour 2 :* Afin de bien apprêter le principe de fonctionnement de la tomographie par cohérence optique, il vous est demandé de lire un article de vulgarisation scientifique en préparation du jour 2 (voir annexe E). Cela vous permet de découvrir les principales applications de ce dispositif et de vous faire une idée des objets observables avec cette technique. Cette lecture vous donne également des éléments indispensables à la rédaction de votre compte-rendu.

**Jour 2 :** le deuxième jour est dédié à la prise en main du matériel optique permettant la réalisation de l'OCT. L'objectif est d'aligner et de régler entièrement le système optique. Une fois le montage validé, il s'agit de caractériser les performances du système (résolutions, champ de vue, taille des pixels, vitesse d'acquisition...).

**Jour 3 :** le troisième jour est dédié à l'utilisation de votre montage pour caractériser des échantillons et réaliser un traitement des images afin d'aboutir à un rendu visuel sous forme de film. Les suggestions et initiatives concernant les échantillons à observer sont les bienvenues.

## Travail attendu

Il vous est demandé de :

- rédiger un compte-rendu sur l'ensemble des trois jours. Le compte-rendu doit être un bilan de votre travail et met en valeur les connaissances acquises ainsi que les initiatives que vous avez prises au cours des trois jours.
- de réaliser quelques films (coupes  $x - y$  et  $x - z$  et visualisations 3D) à partir des images acquises au cours de ce projet expérimental. Ces films sont une illustration de ce que permet l'imagerie OCT (voir Annexe C sur l'utilisation du logiciel ImageJ afin de mettre en forme ce film).

Le compte-rendu et les films réalisés doivent être envoyés à votre enseignant **dans les 10 jours qui suivent votre projet expérimental**.

N'hésitez pas à vous appuyer sur les "conseils pour la rédaction d'un compte-rendu" (voir Annexe D).

Différentes questions ou remarques ponctuent le polycopié (elles sont précédées du symbole ★). Elles ont vocation à alimenter votre réflexion tout au long des trois jours et **ce sont des éléments qui doivent se retrouver dans le compte-rendu**. Voici également quelques éléments à insérer de la manière la plus pertinente qui soit dans votre compte-rendu (liste non exhaustive) :

- ★ le principe de l'interféromètre de Michelson,
- ★ les configurations en lame d'air et en coin d'air et le lien avec les figures d'interférence observées,
- ★ l'interprétation des teintes de Newton,
- ★ la caractérisation spectrale d'une source et de différents filtres à partir d'un interférogramme,
- ★ la notion de cohérence temporelle,
- ★ les simulations numériques illustrant le lien entre le spectre d'émission d'une source et l'interférogramme enregistré par un interféromètre de Michelson,
- ★ le principe de l'OCT,
- ★ les différents éléments nécessaires à la réalisation d'un OCT et leurs rôles,
- ★ les différentes étapes d'alignement afin de montrer que vous avez compris le principe de fonctionnement et le rôle de chaque élément dans le montage optique,
- ★ les caractéristiques du système d'imagerie (résolutions axiale et latérale, la taille d'un pixel),
- ★ l'indication et la justification des paramètres retenus pour chaque acquisition,
- ★ le traitement des images,
- ★ l'interprétation des images obtenus (tailles et morphologie des structures, transparence éventuelle),
- ★ la comparaison de l'OCT avec les autres techniques d'imagerie ou de microscopie (avantages et inconvénients)
- ★ ...

## TABLE DES MATIÈRES

---

### 1.1.3 Configuration en coin d'air

C'est une configuration avec  $M_1$  et  $M'_2$  très rapprochés et formant entre eux un petit angle noté  $\epsilon$ , comme s'ils définissaient un coin qu'on appellera "coin d'air". Les rayons (1) et (2) correspondent à la réflexion d'une partie de  $(O')$  sur  $M_1$ , sur  $M'_2$  respectivement. Ils se coupent en  $M$  dont on retiendra seulement qu'il se situe au voisinage immédiat des miroirs (argument valable parce que le rayon  $(O')$  arrive sur les miroirs presque en incidence normale) (voir Figure 1.4).

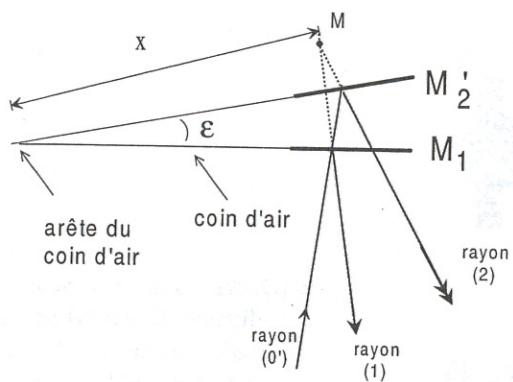


FIGURE 1.4 : Schéma de principe d'un interféromètre de Michelson en configuration coin d'air.

On peut montrer que la différence de marche  $[SM]_{(2)} - [SM]_{(1)}$  vaut ici  $\delta = 2\epsilon x$ , où  $x$  est la distance de  $M$  à l'arête du coin d'air (l'intersection des plans  $M_1$  et  $M'_2$ ). Pour  $\epsilon$  fixé, la valeur de  $\delta$  ne dépend que de la distance entre  $M$  et l'arête donc on observera un phénomène physique à symétrie de translation. Les franges sont donc rectilignes. Chaque frange correspond à une valeur de  $\delta$ , donc de  $\epsilon x$ , qui est l'épaisseur locale de la lame à la position  $x$ . On parle de franges d'égales épaisseurs.

$$I(M) = 2I_0 \left( 1 + \cos\left(2\pi \frac{2\epsilon x}{\lambda}\right) \right) = 2I_0 \left( 1 + \cos\left(2\pi \frac{x}{\Delta x}\right) \right) \quad (1.3)$$

Les franges d'interférence sont alternativement brillantes et sombres avec la périodicité  $\Delta x = \frac{\lambda}{2\epsilon}$ . Elles sont localisées en  $M$  à proximité immédiate des miroirs. On ne peut pas placer un écran d'observation ou un photodétecteur à ce niveau (ce qui couperait l'un des deux faisceaux et les ferait disparaître!). Pour les visualiser ou les enregistrer, on va utiliser une lentille ( $L_I$ ) pour former leur image sur un écran, tout comme un rétroprojecteur forme l'image d'un transparent sur un écran.

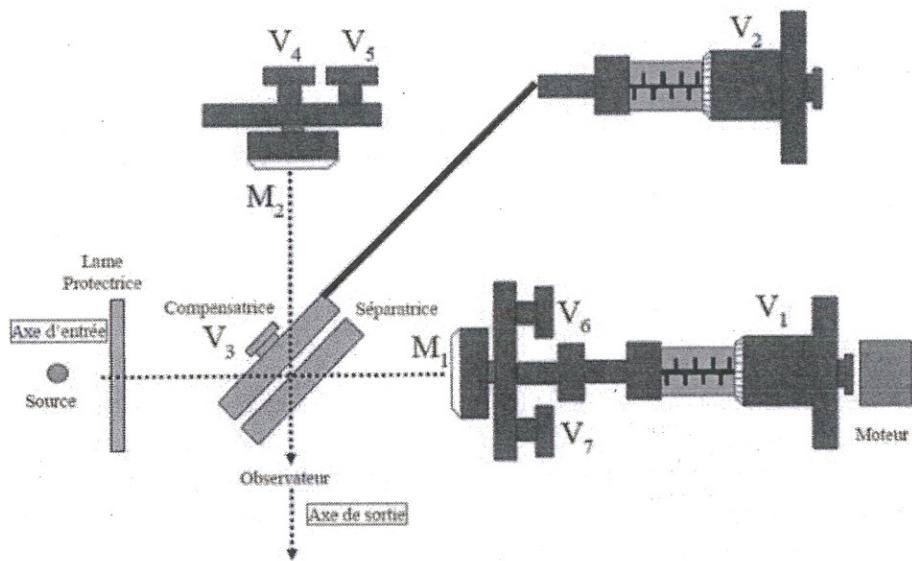
Pour projeter les franges d'interférences d'un interféromètre de Michelson réglé en "coin d'air", le plus simple est de disposer la lentille ( $L_I$ ) approximativement à une distance  $2f_I$  de  $M_1$ , de disposer un écran  $2f_I$  après la lentille puis d'ajuster la position de l'écran pour optimiser la netteté des franges.

### 1.1.4 Synthèse des deux configurations possibles de l'interféromètre de Michelson

- ★ Effectuer une synthèse des deux configurations possibles pour l'interféromètre de Michelson : lame à face parallèle et coin d'air. On pourra notamment préciser la localisation des interférences, leur moyen d'observation et l'allure de la figure d'interférence en lien avec la configuration des miroirs.
- ★ Par la suite lors des phases de réglage, vous allez observer les figures d'interférence en plaçant votre oeil sur l'axe de sortie de l'interféromètre. Expliquer pourquoi il est possible d'observer, à l'œil, les interférences lumineuses dans les deux configurations de l'interféromètre.

## 1.2 Réglage de l'interféromètre

L'interféromètre de Michelson que vous allez utiliser est déjà monté mais pas réglé. Il est composé de deux miroirs  $M_1$  et  $M_2$  monté sur des supports dont l'inclinaison est réglable. La lame séparatrice est au centre du montage. Son orientation est gérée par les vis notées  $V_2$  et  $V_3$ . L'orientation grossière du miroir  $M_1$  est contrôlée par les vis  $V_6$  et  $V_7$ , alors que les vis  $V_4$  et  $V_5$  consiste en un réglage fin du deuxième miroir. Enfin la vis  $V_1$  sert au "chariotage" c'est à dire à translater le miroir  $M_1$  et ainsi régler la distance entre le miroir et la séparatrice. La figure 1.5 représente le dispositif expérimental avec les notations associées.



**FIGURE 1.5 :** Schéma du dispositif expérimental de l'interféromètre de Michelson disponible pour la première partie du projet expérimental.

### Séparatrice et compensatrice

On a considéré pour les explications précédentes une lame séparatrice sans épaisseur. En réalité, c'est une lame à faces parallèles d'épaisseur  $e'$  et d'indice optique  $n$  dont l'une des faces est traitée pour réfléchir la moitié de la lumière. Le rayon qui lors de la première incidence est transmis par la séparatrice la traversera une fois avant de ressortir de l'interféromètre. L'autre rayon la traversera trois fois. Si l'instrument est réglé en lame d'air, ceci aurait pour effet de décaler la position du miroir mobile assurant le contact optique  $\delta = 0$ . Ce décalage est fonction de  $n$  qui lui même dépend de la longueur d'onde. Pour que le contact optique soit réalisé en même temps pour toutes les longueurs d'ondes, on rétablit l'équilibre entre les deux voies en intercalant une lame identique à la séparatrice et appelée "compensatrice". Lorsque la seconde est précisément parallèle à la première, les rayons (1) et (2) auront traversé la même épaisseur totale dans le milieu d'indice  $n$  et la position du miroir mobile assurant le contact optique est la même que si compensatrice et séparatrice étaient sans épaisseur.

**Le réglage de l'interféromètre** doit permettre de déterminer la configuration correspondant au **contact optique**, i.e. la configuration dans laquelle les miroirs sont équidistants de la séparatrice et orthogonaux entre eux. A partir de cette position, on retrouve soit des franges rectilignes (en inclinant l'un des miroirs), soit des anneaux circulaires (en éloignant ou rapprochant le miroir  $M_1$ ). On peut alors utiliser l'une ou l'autre des configurations suivant les applications.

Les réglages suivants permettant d'obtenir le contact optique avec l'interféromètre de Michelson sont décrits précisément dans le fascicule d'alignement à votre disposition sur la paillasse.

### 1.2.1 Réglages préliminaires

Le protocole expérimental détaillé permettant le réglage de l'interféromètre de Michelson se trouve dans le fascicule "Régalges, alignements et acquisitions" disponible sur les paillasses. Seules les principales étapes sont rappelées dans la suite.

- Position sur le plan de travail ✓
- Latitude de réglage ✓
- Réglage grossier de la position et de l'orientation des miroirs ✓
- Réglage de la compensatrice ✓
- Réglage de l'orthogonalité des miroirs ✓

### 1.2.2 Figure d'interférence

— Avec la lampe spectrale :

- Observation des franges rectilignes
- Contact optique approximatif
- Observation des anneaux circulaires
- Projection des anneaux circulaires

Projeter la figure d'interférence sur un écran dans le plan focal image d'une lentille.

★ Où sont localisés les anneaux ? *au fond*

★ Où observera-t-on la figure d'interférence ? *H2*

★ Quelle lentille choisir ? Justifier votre réponse *qd focal pr parallélisme fais au moins de la tâche des anneaux.*  
Afin d'améliorer la qualité de la projection, on conjuguera ensuite l'ampoule de la source et les miroirs à l'aide d'une lentille de courte focale.

★ Expliquer le rôle de la lentille

★ Pourquoi choisit-on de préférence une lentille de courte focale ?

On s'assurera de la stabilité des anneaux en vérifiant que la figure d'interférence est nette sur la totalité de l'écran. Si ce n'est pas le cas, cela signifie que l'axe des sources secondaires n'est pas perpendiculaire à l'écran et il faut à nouveau régler la stabilité des anneaux.

— Avec la lampe blanche :

- Recherche précise du contact optique

Pour s'assurer que vous avez trouvé la position du contact optique, remplacer la lampe à mercure par une lampe blanche.

★ Quelle est la conséquence sur la figure d'interférence (forme, intensité, couleur) du changement de lampe ?

★ Que s'attend on à voir si on est réellement en configuration de contact optique ? Si on n'y est pas mais très proche ? Si on n'y est pas du tout ? *on verra des anneaux de lumière blanche.*

★ En déduire si vous êtes bien réglé. Sinon recommencer le réglage avec la lampe à vapeur de Mercure.

Au contact optique, les miroirs de l'interféromètre sont équidistants de la séparatrice et orthogonaux aux bras de l'interféromètre. Noter alors la position de la vis  $V_1$  pour pouvoir retrouver facilement cette position, dite de contact optique, plus tard.

### 1.3 Lumière blanche et teintes de Newton.

Une fois au contact optique, on utilise la lumière blanche pour étudier l'effet de la longueur d'onde sur la figure d'interférence. Les anneaux obtenus ont un rayon trop grand pour pouvoir être observés dans leur ensemble : c'est pourquoi on repassera en coin d'air, configuration dans laquelle les franges rectilignes sont localisées au voisinage des miroirs.

- **Franges rectilignes**

Enlever les lentilles de projections et remettre le diffuseur. Reprendre les réglages à l'oeil.

A partir du contact optique, les franges rectilignes s'obtiennent en inclinant l'un des miroirs (vis V<sub>6</sub> et V<sub>7</sub>). En terme de sources secondaires, cela revient à déplacer l'une des sources dans un plan quasiment parallèle à l'axe d'observation.

- **Projection des franges rectilignes**

On cherche à faire l'image de la figure d'interférence sur un écran. La figure d'interférence étant localisée au voisinage des miroirs, on conjuguera les miroirs et l'écran à l'aide d'une lentille.

★ Quelle distance minimale doit-on avoir entre l'écran et les miroirs ?

★ Compte-tenu de la place disponible, indiquer quelle lentille est la plus adaptée ? *dif-dif son f-10*  
Afin d'améliorer la qualité de la projection, on peut utiliser une lentille de grande focale à l'entrée de l'interféromètre permettant d'obtenir un faisceau quasiment parallèle à l'entrée : dans ce cas, seul l'angle entre les miroirs contribue à la figure d'interférence et le contraste est meilleur.

On réglera l'appareil essentiellement en tournant les vis du miroirs M<sub>1</sub> qui agissent sur des axes non horizontaux et non verticaux, afin d'avoir des franges rectilignes horizontales (S<sub>1</sub> au dessus ou en dessous de S<sub>2</sub>) puis verticales (S<sub>1</sub> à côté de S<sub>2</sub>).

La figure d'interférence est formée de franges irisées qui se répartissent symétriquement (forme et couleur) autour d'une frange centrale qui correspond à une différence de marche nulle  $\delta = S_1 M - S_2 M = 0$ . En actionnant la vis V<sub>1</sub>, on amènera la frange centrale au centre de la zone d'observation. Si la compensatrice est parfaitement réglée, la frange centrale doit être blanche. Dans le cas contraire, on agira sur la vis V<sub>2</sub> pour rendre la frange centrale blanche et la figure d'interférence symétrique. L'action sur la compensatrice induit un déphasage supplémentaire et entraîne un décalage global du système de franges. Afin de conserver les franges dans le champ de vision, il faut compenser ce déphasage à l'aide de la vis V<sub>1</sub>.

Les couleurs observées s'appellent les **teintes de Newton**. Il est alors très spectaculaire d'observer les variations d'indice de réfraction induites par les turbulences du gaz (et non d'une flamme !) d'un briquet introduit dans l'un des bras de l'interféromètre. L'origine des teintes de Newton provient du fait que pour  $\delta$  fixé, chaque longueur d'onde donne un terme d'interférence proportionnel à  $\cos(2\pi\delta/\lambda)$ . Par exemple lorsque  $\delta = 2\delta_{M_1} = 0.28 \mu\text{m}$  la couleur jaune ( $\lambda \approx 0.56 \mu\text{m}$ ) n'est pas présente, la teinte violette brunâtre colorée résultante est un alors mélange des couleurs rouge et violette. Ces couleurs permettent de connaître de façon très précise l'épaisseur  $\delta_{M_1}$  de la lame d'air formée par les deux miroirs M<sub>2</sub> et M'<sub>1</sub> à quelques nanomètres près. Quand la différence de marche  $\delta = 2\delta_{M_1}$  augmente, des longueurs d'onde de plus en plus rapprochées s'éteignent et les teintes deviennent pâles car l'oeil ne peut résoudre de si faibles différences de couleur. Cela s'appelle le **blanc d'ordre supérieur**.

- Teintes de Newton et blanc d'ordre supérieur au spectromètre numérique

On va observer le spectre en sortie de l'interféromètre avec un spectromètre numérique. Celui-ci collecte la lumière à l'aide d'une fibre optique et l'envoie sur un réseau de diffraction qui disperse la lumière. Un capteur CCD calibré permet la mesure de l'intensité lumineuse en fonction de la position et donc de la longueur d'onde : c'est l'enregistrement d'un spectre.

Le spectromètre est à utiliser avec les ordinateurs à votre disposition sur les paillasses.

★ Qu'observe-t-on avec le spectromètre ?

★ Enregistrer un spectre proche du contact optique. Interpréter cette allure avec ce que vous observez à l'oeil.

★ Qu'observez-vous si vous tourner la vis  $V_1$  ? Enregistrer un spectre à une position de  $V_1$  différente de celle du contact optique. Interpréter à l'aide des remarques faites sur les teintes de Newton.

★ A partir de l'équation 1.1, déterminez en fonction de  $\delta$  combien de longueurs d'ondes comprises entre 400 et 800 nm interfèrent destructivement. Faire l'application pour  $\delta = 0, 1$  et  $2 \mu\text{m}$ .

## 1.4 Enregistrement d'interférogramme

Dans la suite, on souhaite déduire les caractéristiques spectrales essentielles de la source (longueur d'onde moyenne et largeur spectrale à mi-hauteur) à partir de l'interférogramme. L'enregistrement de l'interférogramme nécessite de faire varier la différence de marche entre les deux chemins de l'interféromètre. Pour cela la vis  $V_1$  d'entrainement du miroir mobile est couplée à un moteur. Par ailleurs, on place un photorécepteur dans le plan de l'écran de projection qui détecte les variations de l'éclairement lumineux et le transforme en signal électrique. Le signal est ainsi observé à l'oscilloscope et peut ainsi être enregistré.

Il s'agit désormais de mettre en place l'ensemble des éléments nécessaires à l'enregistrement de l'interférogramme. Le détail est donné dans le fascicule de réglage. Commencer la procédure à partir des franges rectilignes de lumière blanches projetées sur un écran.

- Connection du moteur ✓
- Mise en place du photorécepteur ✓
- Oscilloscope numérique ✓
- Sensibilité de la chaîne de détection ✓
- Test d'impression ✓

## 1.5 Mesure de largeur spectrale/longueur de cohérence temporelle de sources lumineuses

### 1.5.1 Lumière blanche

Eclairer l'interféromètre avec une lampe blanche et faire l'image de la figure d'interférence dans le plan de détection du photorécepteur. Enregistrer un interférogramme à partir d'une zone de blanc d'ordre supérieur en balayant l'ensemble de la figure d'interférence.

★ Commenter la forme de l'interférogramme obtenu ainsi que sa symétrie.

★ Déduire de l'enregistrement la longueur d'onde moyenne de la lumière blanche  $\bar{\lambda}$ . Pour cela, il faut mesurer (à l'aide de plusieurs franges pour augmenter la précision) le temps  $t$  mis pour faire défiler une frange. Nous avons en effet, d'une manière générale, la relation suivante entre la différence de marche  $\delta$  dans l'interféromètre, et le temps  $t$  :

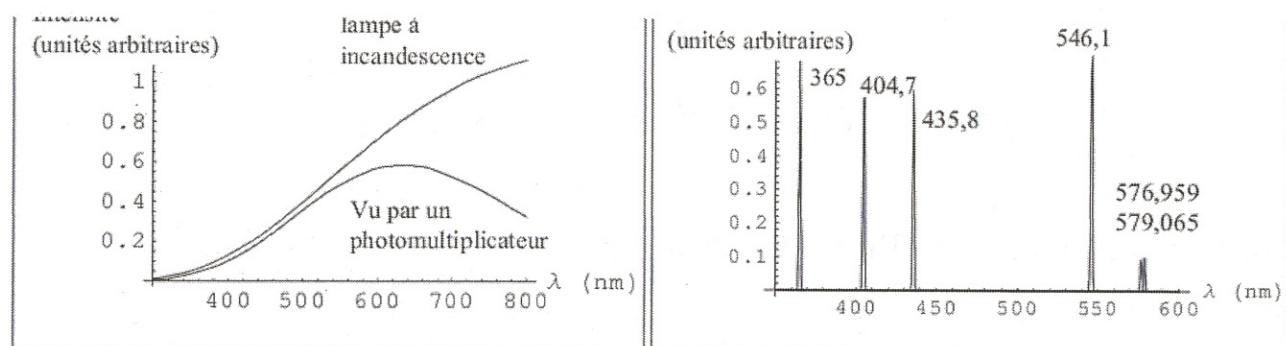
$$t \omega_{\text{moteur}} 2 p_{\text{vis}} = \delta, \quad (1.4)$$

avec  $t$  en s,  $\omega_{\text{moteur}} \approx \frac{1}{15}$  tour/min,  $p_{\text{vis}} = 0.5 \text{ mm/tour}$ .

Ainsi, un déplacement du miroir  $M_1$  de  $\bar{\lambda}/2$  correspond, sur le papier, à un temps  $t = \frac{\bar{\lambda}}{\omega_{\text{moteur}} 2 p_{\text{vis}}}$ .

- ★ Evaluer les incertitudes sur  $\bar{\lambda}$ .
- ★ En mesurant le nombre de franges à mi-hauteur (nombre à priori non entier) on en déduira par la formule (A.1) de l'annexe A, la largeur spectrale  $\Delta\lambda$  de la source, avec son incertitude  $\delta(\Delta\lambda)$ .
- ★ Commenter les résultats obtenus pour  $\bar{\lambda}$  et  $\Delta\lambda$  compte-tenu des caractéristiques typiques du spectre de la lumière incidente (voir figure 1.6).

Cette démarche (commenter la forme et la symétrie des interférogrammes, mesurer  $\bar{\lambda}$ ,  $\Delta\lambda$ , évaluer les incertitudes et vérifier que les résultats ne sont pas systématiquement décalés vers le bleu ou vers le rouge par rapport aux résultats attendus) est générale pour tous les interférogrammes enregistrés.



**FIGURE 1.6 :** Spectres typiques des sources lumineuses étudiées. (gauche) Spectre d'émission d'une lampe à incandescence et spectre de la même lampe observé à l'aide d'un photomultiplicateur (capteur peu sensible dans l'infrarouge). (droite) Spectre d'émission d'une lampe spectrale à vapeur de mercure (pour une meilleure lisibilité, la largeur des raies (a été multipliée par 100).

### 1.5.2 Lumière blanche filtrée

On dispose de deux types de filtres : des filtres colorés (large bande spectrale) et des filtres interférentiels (bande spectrale étroite).

Les filtres colorés sont des "gélatinas" absorbant toutes les longueurs d'onde du domaine visible sauf dans un domaine de plusieurs dizaines de nanomètres de largeur (de l'ordre de  $\sim 50$  nm environ). Il faut parfois prendre garde au fait que certains filtres peuvent être formés de deux couches de gélantine différentes, ce qui donne au filtre une allure de double bosse ainsi qu'à l'interférogramme.

Les filtres interférentiels sont des multi-couches diélectriques (fonctionnant sur le modèle du Fabry-Perot) dont l'épaisseur est choisie pour, qu'en sortie, seules certaines longueurs d'ondes interfèrent constructivement. Ces filtres sont donc plus sélectifs et ont un meilleur facteur de transmission que les filtres colorés. En contre-partie, ces filtres sont sensibles à l'inclinaison des rayons lumineux incidents car l'épaisseur optique traversée en dépend. Ils doivent donc être placés sur un faisceau parallèle. La largeur spectrale de leur facteur de transmission est en général de l'ordre de  $\sim 10$  nm.

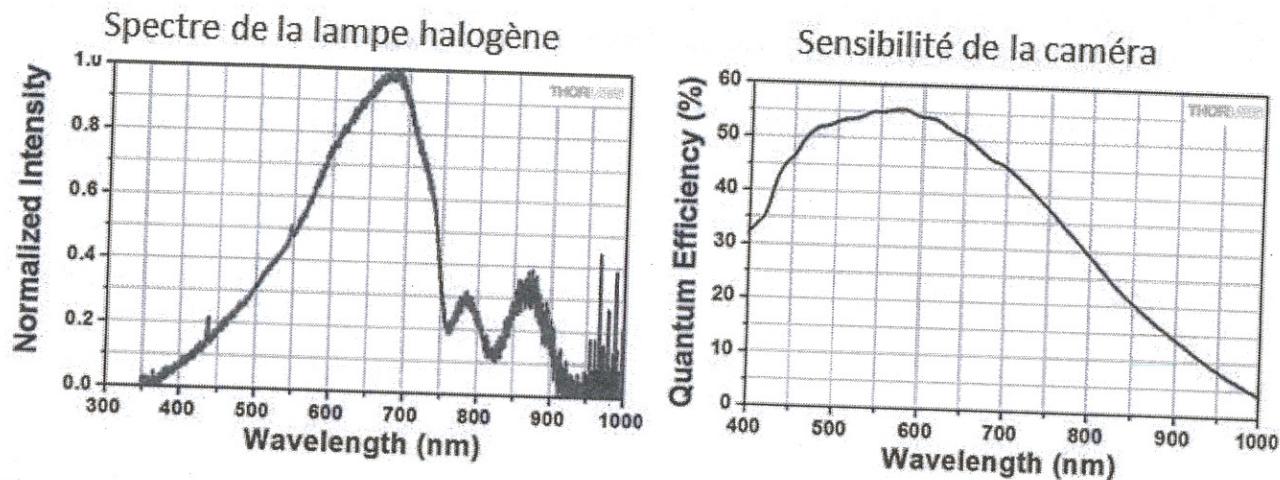
On vous demandera d'enregistrer l'interférogramme correspondant à un seul des deux types de filtre. L'idée est que vous vous entendiez ensuite entre vous pour récupérer les autres interférogrammes.

- ★ Enregistrer les interférogrammes pour un type de filtre. On veillera à insérer le filtre à la sortie de l'interféromètre pour éviter de les soumettre à une chaleur trop intense.
  - ★ Commenter la forme des interférogrammes, mesurer les valeurs de  $\bar{\lambda}$  et  $\Delta\lambda$  obtenues, estimer les incertitudes et les erreurs systématiques.
  - ★ Comparer les valeurs de  $\Delta\lambda$  obtenues aux valeurs mesurées à partir du spectromètre numérique.
  - ★ Comparer les valeurs de  $\Delta\lambda$  obtenues pour un filtre à gélantine et pour un filtre interférentiel.
- Conclusion ?

### 1.5.3 Mesure de l'interférogramme de la lampe halogène de l'OCT

En restant dans cette configuration, remplacer la lampe blanche par la lampe halogène qui sera utilisée pour le montage du système d'imagerie OCT. Régler la luminosité de sorte à la rendre sensiblement aussi lumineuse que la lampe blanche précédente.

- ★ Enregistrer l'interférogramme.
- ★ En déduire la longueur d'onde centrale et la largeur spectrale de cette source.
- ★ Observer et enregistrer le spectre de la source avec le spectromètre numérique.
- ★ Comparer avec les données du constructeur illustrées sur la figure 1.7. Commenter



**FIGURE 1.7 :** Spectre d'émission de la lampe halogène utilisée pour le montage OCT et sensibilité spectrale de la caméra (détecteur silicium).

## 1.6 Transformée de Fourier d'un spectre

Le but de cette partie est de vous familiariser avec le lien entre le spectre d'émission et l'interférogramme obtenu avec l'interféromètre de Michelson à travers des simulations numériques effectués avec le logiciel *Scilab*. La transformée de Fourier de différents spectres est effectuée par un traitement numérique. L'annexe B rappelle le principe de la transformée de Fourier et le lien entre le spectre d'émission et l'interférogramme obtenu. Elle indique également la procédure à suivre pour ces simulations numériques.

- ★ Comment varie la largeur de l'interférogramme en fonction de la largeur du spectre ?
- ★ La transformée de Fourier étant linéaire, interprétez la forme particulière de l'interférogramme du filtre vert à partir du spectre de transmission de ce filtre et de l'interférogramme d'une gaussienne.
- ★ Comparez l'interférogramme d'une source quelconque avec et sans prise en compte de la fonction de transfert de la caméra CCD (voir figure 1.7). Quel est l'effet de la fonction de transfert de la caméra CCD sur l'interférogramme ?

## 1.7 Bilan

Faire un bilan de cette première partie sur l'interféromètre de Michelson. Ce montage optique est à la base du système de tomographie par cohérence optique. Les questions suivantes vous donnent quelques pistes qui peuvent orienter la discussion dans votre compte-rendu.

- ★ Quels sont les éléments constitutifs d'un interféromètre de Michelson et quel est le rôle de chacun.
- ★ Quelle est la conséquence sur la figure d'interférence de l'étendue spatiale de la source ? Expliquer alors les différentes configurations.
- ★ Comment se traduit la polychromatique de la source sur la figure d'interférence ?
- ★ Qu'appelle-t-on le contact optique ?
- ★ Quelles informations sur la source peut-on déduire d'un interférogramme ?