

INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON ET SPECTROSCOPIE

U51. ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME

1.1. Éléments à votre disposition

1.1.1. Matériel

Voir cadre 1.

1.1.2. Documentation

Voir cadre 2.

1.1.3. Logiciels

Voir cadre 3.

1.2. Introduction

1.2.1. Étude théorique et description

Faire le lien avec le site :

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/michelson/theoric.html>

ou

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optiphy/michelson.htm>

L'interféromètre de Michelson est constitué des éléments décrits cadre 4.

- M₁ : miroir mobile dont le déplacement est commandé par la vis micrométrique P₁. Il peut être orienté grâce aux vis V₁ et V₂ (réglage grossier). La vis micrométrique P₁ peut être couplée à un moteur synchrone muni d'un réducteur qui l'entraîne à une vitesse de 1/10 de tour par minute.
- M₂ : miroir fixe dont la position peut être préréglée. Il peut être orienté grâce aux vis V₃ et V₄ (réglage fin).
- Sp : lame séparatrice, sa face réfléchissante regarde M₂.
- Cp : lame compensatrice pouvant être orientée par les vis C₁ et P₂.
- Ac : verre anticalorique.

1.2.2. Application de l'interféromètre à la spectroscopie

L'interféromètre de Michelson est un système qui permet d'observer des franges d'interférences à deux ondes par division d'amplitude sur une séparatrice. La différence de marche δ entre 2 rayons qui interfèrent est donnée par :

$$\delta = 2.e.\cos(i) + \frac{\lambda}{2}$$

avec :

- e : différence d'épaisseur d'air traversée (celle-ci varie en tradant un miroir) ;
- i : angle d'incidence (i=0 pour un faisceau parallèle) ;
- λ : longueur d'onde de la source.

Lorsque la différence de marche δ est nulle, on dit que l'on est à l'ordre zéro ou que l'on a le **contact optique**. Au voisinage de l'ordre zéro, il est possible de voir des franges, même en lumière très polychromatique (lumière blanche d'une lampe à filament). Lorsqu'un miroir se déplace en translation, on observe un défilement des franges.

Lorsqu'un miroir se déplace en translation, on observe un défilement des franges.

Liste du matériel
Interféromètre de Michelson de Sopra muni d'un miroir à déplacement motorisé avec alimentation
Récepteur à photodiode + boîtier électronique
Alim. symétrique +15 / -15 V
Oscilloscope
Carte A/N Candibus ou Eurosmart
Lampe à vapeur de sodium
Condenseur
Dépoli
Lentilles f = 500 mm, f = 150 mm
Spectroscopie FT IR IFS 28 BRUKER
Micro-ordinateur
Imprimante

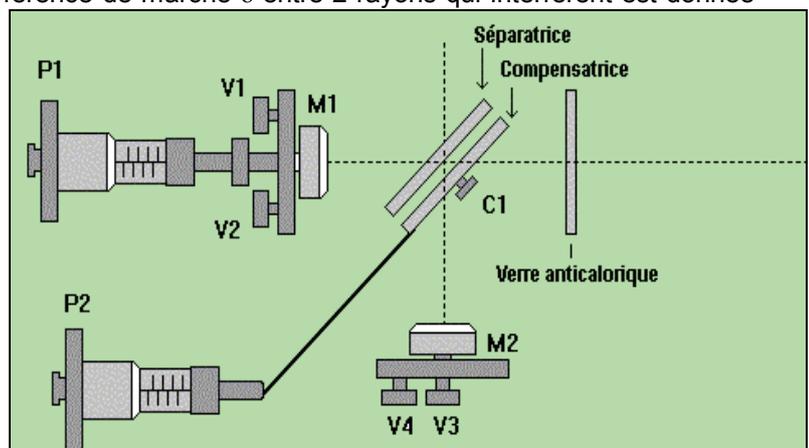
cadre 1.

Liste de la documentation
Dossier technique
Introduction à la spectroscopie FT-IR

cadre 2.

Liste des logiciels
MichelsonLV
Opus
Excel

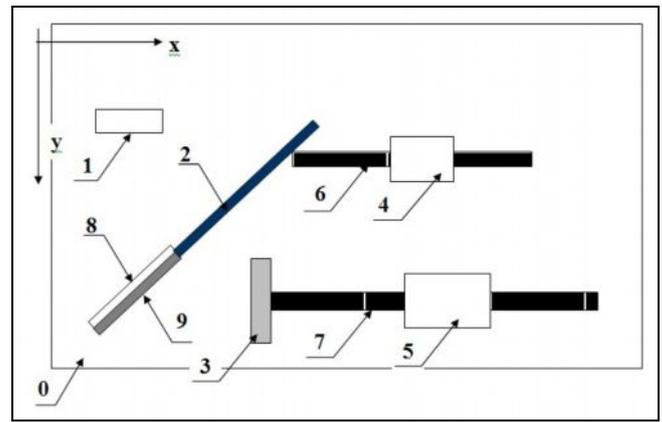
cadre 3.



cadre 4 : Description interféromètre.

En lumière monochromatique, chaque fois que l'on passe d'une frange claire (ou sombre) à la frange suivante de même nature, δ varie de λ . (Application à la mesure d'une longueur d'onde λ).

En lumière complexe (polychromatique), le défilement des franges créées par chaque radiation sur un capteur permet d'obtenir un signal électrique complexe dont l'étude permet l'analyse de la lumière. (Application à la spectroscopie par transformée de Fourier). Nous en verrons des exemples d'applications en utilisant par la suite le spectroscope infrarouge à transformée de Fourier BRUKER, dont le principe de fonctionnement est le même. La documentation de l'appareil est disponible sur le bureau du poste informatique.



cadre 5 : Schéma interféromètre.

1.3. Étude optique

1.3.1. Étude préliminaire sur l'interféromètre de Michelson

D'après la documentation précédente (« Interférences localisées avec une source étendue »), répondre aux questions suivantes :

- Le miroir M_1 reste immobile. Les deux miroirs sont parfaitement perpendiculaires. On observe des "Anneaux d'égalé inclinaison ou franges d'Haidinger". Dans l'expression de la différence de marche δ , quels sont les facteurs constants et quel est celui qui varie ? Quel type de franges observe-t-on ? Où sont-elles localisées ? Comment les observer avec une lentille et un écran ?
- Le miroir M_1 reste immobile. Les miroirs sont fixes et ne sont pas tout à fait perpendiculaires. On observe des "Fringes d'égalé épaisseur ou franges de Fizeau". Dans l'expression de la différence de marche δ , quels sont les facteurs constants et quel est celui qui varie ? Quel type de franges observe-t-on ? Où sont-elles localisées ? Comment les observer avec une lentille et un écran ?
- Le miroir M_1 mobile se déplace à la vitesse v . La source est monochromatique de longueur d'onde λ . Pendant la durée Δt , on observe le défilement de N franges. Justifier la relation

$$v \cdot \Delta t = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

1.3.2. Étude préliminaire sur le spectroscope FT IR BRUKER (salle B08)

Répondre aux questions suivantes après avoir consulté le fichier exécutable "Introduction à la spectroscopie FT-IR" (sur l'ordinateur en B08) ou la documentation résumée "Document BRUKER" :

- Quel est, en résumé du premier paragraphe, le principal avantage d'un spectro FT IR par rapport à un spectro IR à dispersion par réseau ?
- Identifier les différents composants qui composent chacune des 5 cellules du FT IR et définir le rôle fonctionnel de chaque cellule.
- Quels sont les éléments communs du principe de fonctionnement du FT IR avec l'étude précédente ?
- Quelles grandeur et unité associée sont utilisées par les spectroscopistes (qui travaillent habituellement dans l'infrarouge) pour caractériser les ondes électromagnétiques ?
- Quelles sont, en μm et en eV $E(\text{eV}) = \frac{1,24}{\lambda(\mu\text{m})}$, les limites des 3 domaines d'analyse dans l'infrarouge ?
- Les énergies mises en jeu correspondent-elles à des transitions entre les niveaux d'énergie électronique d'un atome, à des transitions entre les niveaux d'énergie vibratoire d'une molécule ou à des transitions entre les niveaux de rotation d'une molécule ?
- Quels sont les domaines d'application de la spectroscopie IR ?
- Pourquoi faut-il toujours faire un spectre de référence avant d'obtenir le spectre de transmittance (ou transmission) de l'échantillon ?
- Définir la transmittance et l'absorbance d'un échantillon. Dans le produit $\epsilon \cdot b \cdot c$, quel est le terme qui dépend de la longueur d'onde et qui caractérise l'échantillon ?

1.4. Étude cinématique

À partir du schéma donné *cadre 5* et de la nomenclature de l'interféromètre donné *cadre 6* :

- Définir les groupes cinématiques ($A=\{\dots\}$, $B=\{\dots\}$)
- Établir le graphe des liaisons du système étudié.
- Établir le schéma cinématique de l'interféromètre.
- La liaison entre la vis 7 et l'arbre de son moteur d'entraînement est réalisée par l'intermédiaire d'un accouplement élastique. Repérer cet élément sur le système. Indiquer quels sont les degrés de liberté autorisés par cet accouplement entre la vis 7 et l'arbre de son moteur d'entraînement.

Rep.	Désignation
0	Socle
1	Groupe miroir M1
2	Porte lames
3	Groupe miroir M2
4	Écrou
5	Écrou
6	Vis de réglage
7	Vis de déplacement
8	Groupe compensatrice
9	Groupe séparatrice

cadre 6 : Nomenclature interféromètre.