

INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON ET SPECTROSCOPIE

U52. MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME

2.1. Éléments à votre disposition

2.1.1. Matériel

2.1.2. Documentation

2.1.3. Logiciels

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

Liste des logiciels
MichelsonLV
Opus
Excel

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 USB6009
Lampe à vapeur de sodium
Condenseur
Dépoli
Lentilles $f = 500 \text{ mm}$, $f = 150 \text{ mm}$
Spectroscopie FT IR IFS 28 BRUKER
Micro-ordinateur
Imprimante

2.2. Étude simulée de l'amplificateur

Nous allons maintenant analyser le fonctionnement de l'amplificateur destiné à mettre en forme le signal du détecteur des franges pour le rendre compatible avec une acquisition informatique.

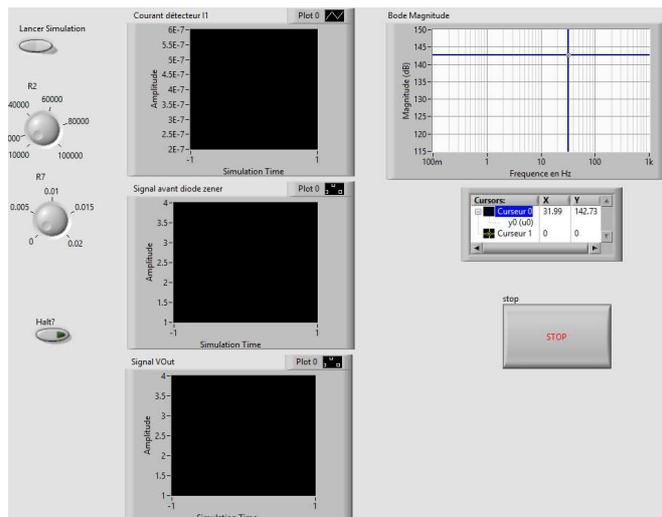
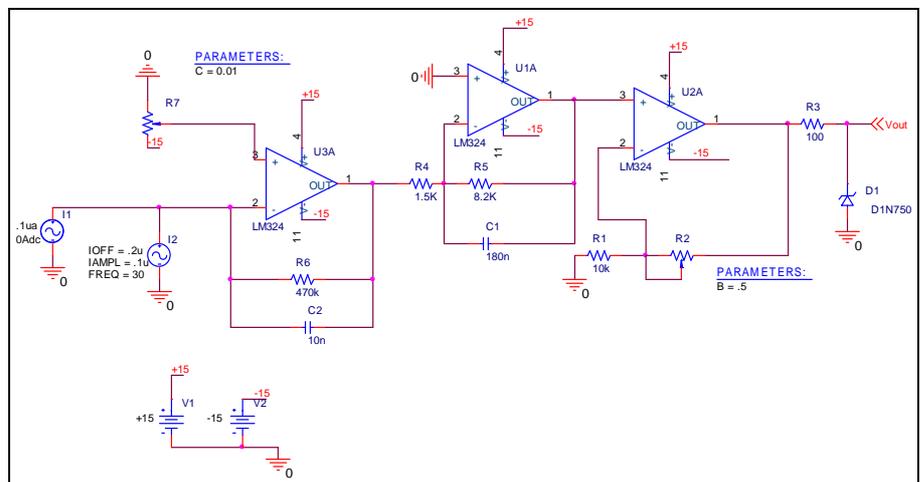
Le schéma du module amplificateur est donné cadre 1.

Le schéma de l'amplificateur a été modélisé sous labview.

- Ouvrir sous labview le fichier ampli_michelson.vi
- Appuyer sur le bouton lancer la simulation pour que celle-ci s'exécute.

1. Mesurer sur le diagramme de Bode, la fréquence de coupure de votre amplificateur (fréquence pour laquelle le gain en $\text{dB} = G_{\text{max}} - 3\text{dB}$)
2. Préciser alors la bande passante de votre amplificateur.

- Donner le rôle des potentiomètres R_7 et R_2 (vous pourrez modifier R_2 et R_7 en direct pendant la simulation).
- Quelle est l'amplitude crête-maximum de I_1 , quelle est l'amplitude maximum de V_{OUT} ($R_2 = 10000$ et $R_7 = 0$) ?
- En déduire le coefficient de transimpédance du montage ($V_{\text{out,max}}/I_{1,\text{max}}$).
- Sachant que le signal de sortie est fait pour être acquis par un convertisseur analogique numérique suppor-



cadre 1 : Schéma de l'amplificateur.

tant au maximum 10 V en entrée en mode unipolaire, donner alors le rôle de la diode Zener placée en sortie de l'amplificateur.

2.3. Étude d'interférogrammes et de spectres par transformation de Fourier

La manipulation suivante étudie le principe de fonctionnement des spectroscopes modernes, tels que le spectroscope FT IR BRUKER. La source à analyser sera une lampe à vapeur de sodium (une fois allumée, laisser la lampe à vapeur de sodium en fonctionnement jusqu'à la fin de cette partie).

Remarque :

L'interféromètre SOPRA est préréglé. Ne pas toucher aux réglages ; le principe du réglage est expliqué dans le dossier technique.

2.3.1. Acquisition du signal

Le principe du montage est décrit *cadre 2*.

La source S est placée au voisinage du foyer du condenseur C et éclaire l'interféromètre de Michelson à travers le verre anticalorique Ac.

Dans le plan focal de la lentille L, on doit voir des anneaux jaunes et noirs bien contrastés.

Si ce n'est pas le cas, faire appel à un professeur.

Enlever l'écran E. Au centre des anneaux, dans le plan focal de la lentille (*cadre 2*), placer la fibre détectrice D du détecteur à photodiode (choisir le boîtier gris qui possède sa propre alimentation).

Faire défiler les anneaux en alimentant le moteur synchrone qui entraîne le miroir mobile M₂ d'un mouvement uniforme (1 tour en 10 min soit v_M = 50 μm/min).

Rq.: le moteur (220V) est muni d'un interrupteur et d'un commutateur permettant de changer le sens de rotation. Il est indispensable de s'assurer que l'aimant de couplage entre l'axe du moteur et la vis P₁ est bien en place.

Observer à l'oscilloscope le signal transmis. Régler correctement la composante continue et le gain de l'amplificateur (la tension doit rester compatible avec la carte Eurosmart en unipolaire ou en bipolaire).

Charger le logiciel *MichelsonLV*. Ouvrir *Paramètres* afin de configurer l'interface.

2.3.1.1. Application à la mesure d'une longueur d'onde.

La lampe à vapeur de sodium est considérée comme étant quasi monochromatique :

$$\lambda = 0,5893 \mu\text{m} ; \text{fréquence } \nu = c/\lambda.$$

Placer la fibre au centre des anneaux, au voisinage de l'ordre 0.

Paramétrer l'*Acquisition du signal d'entrée* de la manière suivante : **512** échantillons de la tension ν fournie par l'amplificateur avec une temporisation T_e de **10 ms** entre les acquisitions. Lancer le moteur puis l'acquisition par *Démarrer*.

Sous *Graphes*, observer le signal $\nu = f(t)$. Il est quasi sinusoïdal. Sa fréquence est celle d'apparition des anneaux :

$$f_0 = \frac{2v_M}{\lambda_0}$$

Il apparaît en effet un anneau lorsque le miroir se déplace de $\lambda/2$ après une durée (période τ) de $\lambda/2v$.

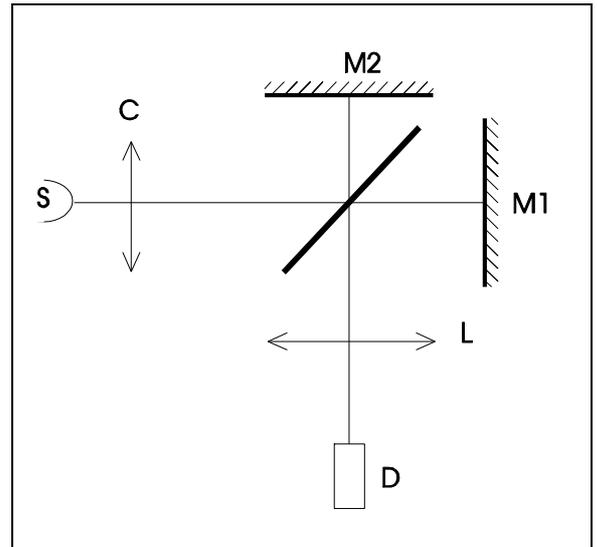
- Sauvegarder l'enregistrement sous *lambda*.

2.3.1.2. L'interférogramme de la source à vapeur de sodium et son spectre de Fourier

a. L'interférogramme

- Paramétrer l'*Acquisition du signal d'entrée* de la manière suivante : **5000** échantillons de la tension ν fournie par l'amplificateur avec une temporisation T_e de **10 ms** entre les acquisitions.
- Sauvegarder le fichier sous *sodium*

- Observer le graphe de la tension $\nu = f(t)$: c'est l'**interférogramme**. Il est presque sinusoïdal.



cadre 2 : Schéma du système avec détecteur.

b. Le spectre de Fourier

- Sous **Graphe**, demander la FFT $v' = f(\lambda)$. Formater l'axe des abscisses entre 300 nm et 1200 nm de chacun des 2 fichiers précédents. Ce programme calcule la TF de $v(t)$: par l'algorithme FFT.

$$TF[v(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} v(t) \exp(-2i\pi ft) dt$$

Il analyse ainsi le signal acquis ; il calcule les fréquences électriques dont ce signal est constitué, donne la longueur d'onde lumineuse $\lambda = \frac{2v_M}{f}$ correspondant à chaque fréquence électrique, et calcule le module m (l'importance) de chaque fréquence ou longueur d'onde.

Sauvegarder le nouveau graphe sous **FFT**.

Observer le graphe du module $m = f(\lambda)$: c'est le **spectrogramme**. Vérifier que l'on obtient des pics aux alentours des longueurs d'onde 0,59 (doublet D) et 0,82 μm .

Rq : m est noté v' dans le logiciel.

- Faire vérifier le montage et l'enregistrement par un professeur.

c. Visualisation des battements entre les 2 raies jaunes et mesure de l'écart $\Delta\lambda$ entre les 2 longueurs d'onde (doublet du sodium),

La lampe à vapeur de sodium est essentiellement bichromatique ; les 2 principales raies sont 2 raies jaunes d'intensité voisines et espacées d'environ 0,6 nm autour de la longueur d'onde : $\lambda = 0,5893 \mu\text{m}$ (fréquence $\nu = c/\lambda$).

En déplaçant manuellement M_1 , par action sur P_1 , on note un brouillage périodique de la figure d'interférence.

Il y a brouillage chaque fois que les systèmes de franges dus à λ_1 et λ_2 sont en **anticoïncidence**.

Mesure

Revenir à l'ordre 0 approximatif en agissant légèrement sur P_1 . Lancer le moteur.

Vérifier que la fibre est toujours au centre des anneaux et que le gain est toujours optimisé.

Paramétrer l'**Acquisition du signal d'entrée** de la manière suivante : **2500** échantillons de la tension v fournie par l'amplificateur avec une temporisation T_e de **200 ms** entre les acquisitions. Lancer le moteur puis l'acquisition par **Démarrer**.

Remarque : cette mesure prend environ 8 minutes. Pendant l'enregistrement, on peut aller en salle B8 brancher le spectro FT-IR de BRUKER, se familiariser avec le fonctionnement des spectroscopes modernes à transformée de Fourier.

Montrer l'acquisition à un professeur.

- Observer le signal $v = f(t)$. Sauvegarder l'enregistrement sous **battements**.

2.4. Spectroscopie FT IR IFS 28-BRUKER

Mettre en marche le spectro Bruker (qui se situe en salle B8, voir *cadre 3*). Pendant que la source se stabilise et que la cavité se débarrasse de l'essentiel de la vapeur d'eau (circulation d'air sur un sel dessiccateur), observer le système (isostatique) de positionnement du support porte-échantillon.

Spectre de l'échantillon de polystyrène

- Ouvrir la logiciel *Opus*. Mot de passe : *OPUS*.
- Faire des enregistrements entre 8000 et 400 cm^{-1} .
- Faire *Mesure/Mesure* ou cliquer sur le raccourci correspondant.
- Vérifier que le support porte-échantillon est vide.
- Valider dans un premier temps l'acquisition d'un "blanc" ou spectre de référence, c'est-à-dire d'un spectre sans échantillon. Le spectre obtenu est un spectre qui correspond à l'absorption des composants et de l'air et qui tient compte de l'émissivité de la source et de la sensibilité spectrale du détecteur.
- Faire des acquisitions entre 8000 et 400 cm^{-1} .
- Le moteur du Michelson fait plusieurs allers-retours (scans). Combien et dans quel but ?
- Placer le film de polystyrène de 38,1 μm d'épaisseur dans le porte-échantillon adapté. Ce film sert à l'étalonnage du spectroscopie. Valider dans un deuxième temps l'acquisition du spectre de transmission de l'échantillon.
- Le logiciel fait le quotient du spectre en transmission de l'échantillon sur celui de la référence. L'enregistrer sous *polystyrène*.
- Faire *Evaluation/Recherche spectrale*.
- Faire glisser à l'aide de la souris le spectre obtenu dans le champ de la recherche spectrale.
- Le logiciel compare le spectre enregistré aux spectres présents dans sa banque de données.
- Essayer plusieurs spectres de la banque de données. Sur quel principe se base-t-il pour effectuer la comparaison ? Cette comparaison dépend-elle de l'épaisseur ? Obtient-on une certitude ?



cadre 3 : Spectro Bruker.



cadre 4 : Support porte-échantillon.

