

TRAVAIL PRATIQUE

Mesure de gaz par spectroscopie photoacoustique

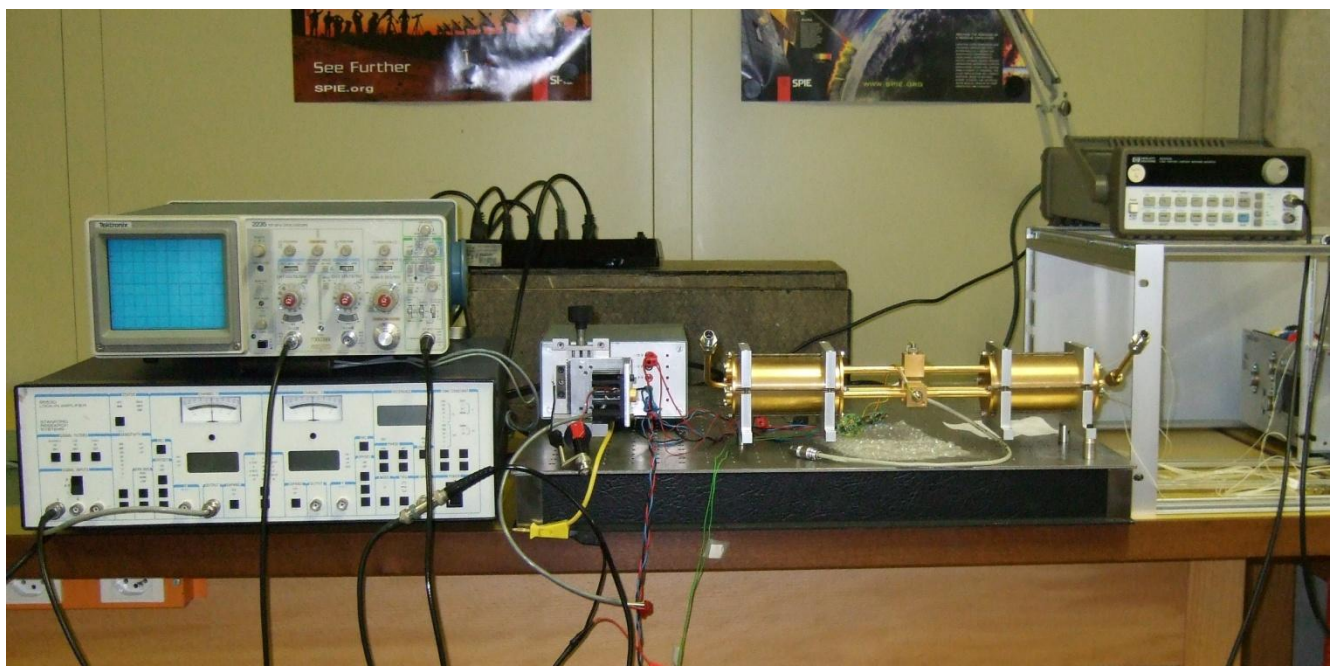
1. But de l'expérience

L'objectif de cette manipulation est de mettre en fonction un capteur de gaz de type photoacoustique, dans le but d'effectuer de mesures de concentration de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone.

L'expérience comportera les étapes suivantes:

1. Mesure de la fréquence de résonance de la cellule, excitée avec un haut-parleur.
2. Recherche d'une raie d'absorption de la vapeur d'eau et optimisation du signal photoacoustique (avec l'aide de l'assistant)
3. Recherche d'une raie d'absorption du CO_2 et optimisation du signal photoacoustique (sans l'aide)

Pour les bases théoriques de l'expérience, se référer au cours "Introduction à la spectroscopie laser".



2. Matériel et instrumentation

Cellule photoacoustique composée de trois résonateurs cylindriques en parallèle

2 lasers monomode, accordés sur une petite plage autour de leur longueur d'onde d'émission (λ : 1310 nm, 1570 nm), montés sur cartes d'alimentation respectives et bénéficiant d'une sortie fibrée.

2 microphones Knowles avec préamplificateur

Haut-parleur

Générateur de signaux HP 33120A

Photodiode (InGaAs) avec amplificateur trans-impédance

Amplificateur Lock-in SR 530

Oscilloscope analogique Tektronix 2235

PC avec carte d'acquisition NI, convertisseur USB/GPIB et logiciel NI LabView

Alimentation ± 15 V

Câbles BNC de raccordement

Procédure

3.1 Préparation

1. **Identifier** tout le matériel mis à disposition.
2. Connecter la carte d'acquisition et le générateur de signaux au PC et vérifiez que la communication avec le PC soit correcte
3. Effectuer les connexions suivantes:
 - Sortie synchro du générateur 33120A avec l'entrée référence du lock-in et l'entrée externe de l'oscilloscope
 - Sortie du préampli du microphone "H₂O" avec l'entrée A du lock-in
 - Sortie de l'ampli trans-impédance avec le canal 1 de l'oscilloscope
 - Sortie OUT du lock-in avec l'entrée analogique AI0 de la carte d'acquisition (bornes 68/67)
 - **Ne pas connecter la sortie du générateur 33120A pour l'instant!**

3.2 Mesure de la fréquence de résonance de la cellule

Le résonateur acoustique qui constitue la cellule de mesure est de type longitudinal (comme un tuyau d'orgue). La fréquence de résonance théorique est donnée par:

—

où c_s est la vitesse du son (340 m/s dans l'air) et l la longueur du résonateur.

- 1 Mesurer la longueur du résonateur et calculer la fréquence de résonance théorique.
- 2 Connecter la sortie du générateur 33120A au haut-parleur. Modifier manuellement les paramètres de fréquence (que vous avez calculée!) et d'amplitude et observer le signal sur le lock-in. En cas

d'overload, augmenter la sensibilité jusqu'à obtenir une valeur correcte. Vérifier que votre calcul est correct et discuter des éventuelles discordances.

- 3 Ouvrir le VI *Scan freq 33120*; choisir un signal sinusoïdal, insérer l'amplitude choisie sans offset et une plage de fréquence à ± 50 Hz par rapport à la fréquence calculée, avec un pas de 2 Hz.
- 4 Lancer la mesure. Prendre note de la fréquence où le signal est maximum. Comparer la valeur obtenue avec celle calculée en utilisant la formule précédente. Par la suite, ouvrir le fichier de mesure avec Excel et tracer le graphique correspondant.

3.3 Mesure photoacoustique de la vapeur d'eau

Les lasers utilisés dans l'expérience sont de type DFB (Distributed Feed Back), ce qui rend leur émission monomode. Leur longueur d'onde peut être contrôlée en modifiant soit le courant d'injection, soit la température de la cellule Peltier qui est collée à la cavité du laser. Ces deux paramètres, qui constituent le *point de fonctionnement* du laser, sont fixés à l'aide de deux potentiomètres montés sur les cartes d'alimentation. Un réglage plus ou moins précis des deux points de fonctionnement ayant déjà été fait, il est très important de ne pas toucher la position des potentiomètres!

Un réglage "fin" de la longueur d'onde sera effectué en modifiant l'offset du signal de modulation, ce qui a exactement le même effet d'une modification du courant d'injection.

1. Connecter la sortie du générateur 33120A à l'entrée de modulation "H₂O". Modifier manuellement les paramètres d'amplitude (100 mV) et de fréquence (que vous avez mesurée), puis faire varier la longueur d'onde du laser en modifiant l'offset du signal de modulation par petits pas (10 mV) et observer le signal sur le lock-in. Le cas échéant, observer le même signal à l'oscilloscope pour avoir une idée qualitative du phénomène.
2. Réglage fin du point de fonctionnement. Ouvrir le VI *Scan offset 33120*; fixer l'amplitude (100 mV), sélectionner la fréquence mesurée précédemment et insérer une plage d'offset qui va de -0.2 à 0.2 V. Prendre note de la valeur d'offset qui maximise le signal photoacoustique. Refaire la même mesure avec un signal carré plutôt que sinusoïdal. Par la suite, ouvrir le fichier de mesure avec Excel et tracer les graphiques correspondants.
3. Optimisation de l'amplitude de modulation. Ouvrir le VI *Scan ampl 33120*; sélectionner la fréquence et l'offset mesurés précédemment et insérer une plage d'amplitude qui va de 50 à 300 mV. Prendre note de la valeur d'amplitude qui maximise le signal photoacoustique. Refaire la même mesure avec un signal carré plutôt que sinusoïdal. Par la suite, ouvrir le fichier de mesure avec Excel et tracer les graphiques correspondants.

4.4 Mesure photoacoustique du dioxyde de carbone

Le but est de répéter les mêmes opérations effectuées sur la vapeur d'eau avec le dioxyde de carbone.

1. Remplacer les connexions concernant le H₂O (préampli du microphone et entrée de modulation) avec celles du CO₂.
2. Ensuite, procéder au même type d'optimisation en utilisant les différents VI à disposition.
3. Vérifier le changement de signal photoacoustique en injectant du CO₂ à partir de la bonbonne de gaz et/ou en rinçant la cellule à l'air comprimé.

3. Distribution du travail

Ce TP sera généralement réalisé en équipe de 2 ou 3 personnes.

Chaque groupe est évidemment libre de s'organiser à son gré. Si le groupe est constitué de 3 personnes on suggère que :

- au moins une personne se dédie déjà durant la manip aux calculs théoriques de support et compréhension des résultats trouvés ;
- au moins une personne vérifie que toute la procédure est entièrement et bien suivie et prene des notes et des croquis exhaustifs durant la manip ;
- au moins une personne soigne particulièrement le montage et les mesures, prene des photos, etc..

Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas important que **tous les membres de l'équipe maîtrisent tous les aspects**, à la fois pratiques et théoriques, de ce TP.