

Titre du projet : Albedomètre MicroSPOC

Volet : Recherche

Porteur du projet : Bernard Schmitt

Laboratoires impliqués : IPAG, IGE (LGGE)

Bilan du projet pour l'année/la période

Bilan d'activité (1 page max)

Le but de cette activité était de développer un spectromètre multi-voies fibré de façon à pouvoir acquérir simultanément un spectre venant de l'observation du terrain (neige) et un spectre de référence de la source d'illumination intégré sur un angle solide important échantillonné par un diffuseur cosinus développé par le LGGE. Le spectromètre devait être compact et performant compte tenu des faibles éclairagements en Antarctique. Les spectromètres du commerce n'observent pas simultanément plusieurs sources ce qui contraint à permuter les voies et rend donc la mesure sujette aux fluctuations d'éclairage. L'instrument développé comportait une innovation de concept que nous avons choisi de ne pas diffuser car les performances obtenues se sont révélées très intéressantes pour la spectrométrie Raman développée par Résolution Spectra Systems (RSS) qui a construit l'albedomètre. Cependant les tests de l'instrument ont révélé plusieurs faiblesses :

- les spécifications de l'optique qui permet le croisement d'un réseau de diffraction avec le SPOC se sont montrées trop délicates et exigeantes, ne permettant pas de rester aligné avec de forts changements de température.
- Le collage de la lame directement sur le capteur résiste très mal à la descente en froid qui entraîne le décollement de ladite lame.
- Il est difficile de faire plus que 2 ou 3 entrées fibrées ;
- et surtout, il est très difficile de reconstruire correctement l'enveloppe du spectre (sa réflectance globale), ce qui est justement la spécification la plus importante pour mesurer la taille des grains de neige alors que cette spécification est moins handicapante pour la spectrométrie Raman ou LIBS qui comporte essentiellement des raies en émission.

Il y a eu deux conséquences intéressantes de ces résultats négatifs.

1) Le développement d'une version 'low cost' d'un spectromètre complètement adapté pour la spectrométrie Raman qui a permis à la société RSS de remporter un programme H2020 conséquent qui risque de modifier substantiellement les perspectives de la société dans le domaine biologique. Une procédure de propriété industrielle spécifique est en train d'être mise en place pour que l'UGA puisse licencier cette technologie.

2) Le développement d'une nouvelle famille de spectromètre imageur corrigeant la difficulté de la reconstruction de la frange blanche en re-séparant la fonction de codage interférométrique sur une pièce optique ne touchant pas le capteur et comportant un réseau de microlentilles et un réseau d'interféromètres de Fabry-Perot. Cette nouvelle version très compacte est à l'origine du financement

de programmes majeurs de télédétection des gaz industriels FUI IMAGAZ avec Sofradir et Total (1.4 M€) ainsi que du programme H2020 NanoCARB (mesure satellitaire des gaz à effet de serre) avec Airbus (3M€). Les développements de cette nouvelle configuration ont déjà commencé et des premiers exemplaires sont en cours de livraison.

La problématique de l'albédomètre est au cœur du développement du FUI IMAGAZ et il est prévu dès cet automne de faire des tests sur un prototype avec quatre entrées fibrées sachant que cette nouvelle technologie permettra d'observer simultanément jusqu'à 2500 spectres en imagerie ou 16 voies fibrées avec une sensibilité comparable au microSPOC albédomètre.

Même si directement le Labex n'a pas permis la réalisation de l'albédomètre dans les spécifications requises, les développements et projets qu'il a induit ont permis le développement des concepts et réalisations techniques nécessaires pour permettre sa future réalisation, et même son extension à sa version complète incluant la mesure de l'albédo et du profil d'absorption, que nous allons envisager à très court terme une fois notre nouveau concept validé.

Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)

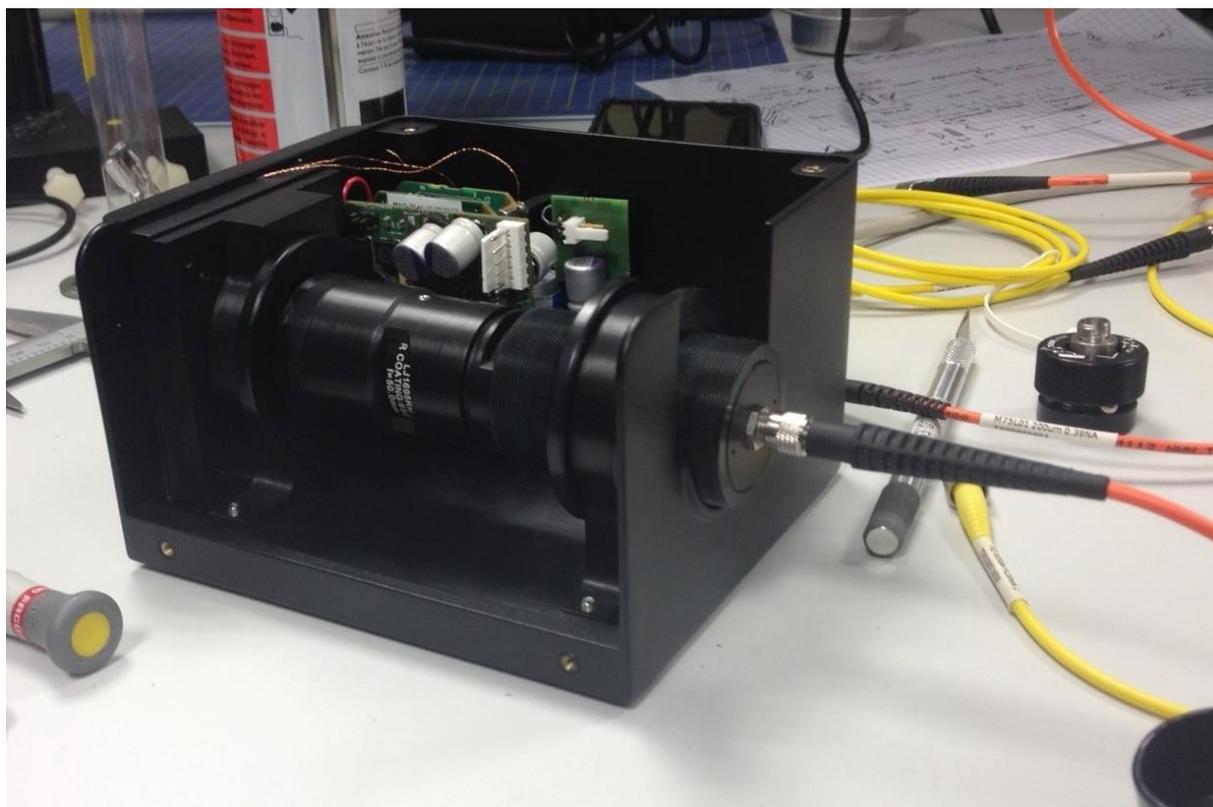
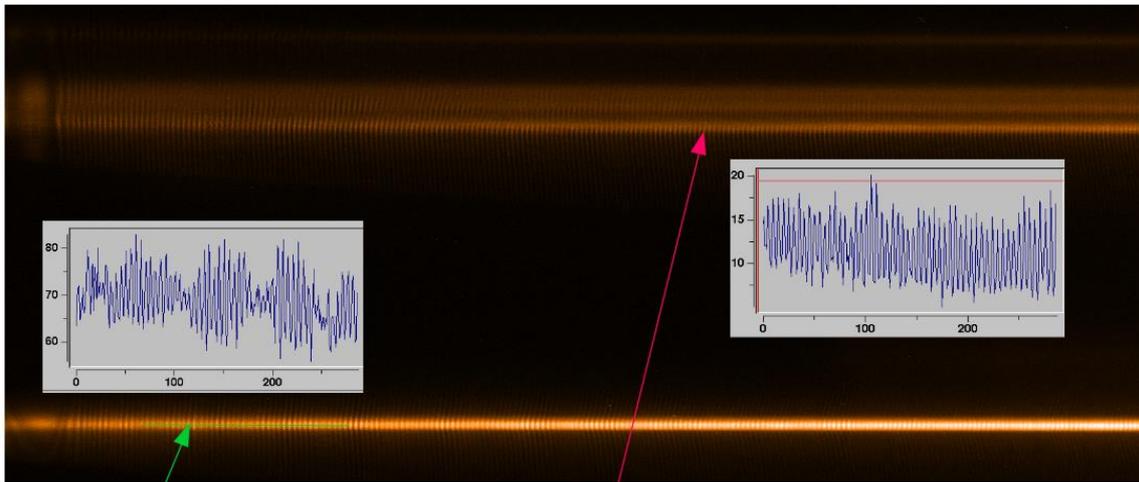
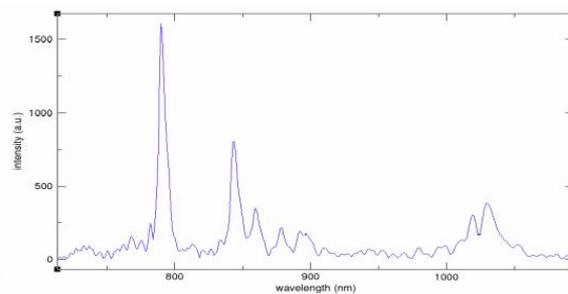


Figure 1 : Albédomètre fabriqué. Il a été conçu pour enregistrer simultanément plusieurs voies fibrées. Ici il est alimenté par une fibre multimode. Un exemple de « faisceau de fibres » est montré dans la figure 3. Sa sensibilité s'est montrée exceptionnelle mais la reconstruction de l'enveloppe du spectre s'est avérée problématique pour l'objectif de mesurer précisément la taille des grains de neige. *Crédit : Etienne Le Coarer*



Ordre 0



Reconstructed CycloHexane

Figure 2 : Exemple d'image acquise montrant en bas un interférogamme à l'ordre 0 du réseau non cross-dispersé. En haut, le spectre est dispersé dans le sens vertical ce qui devait aider à reconstruire l'enveloppe du spectre. Chaque ligne de cette zone correspond à un interférogamme dans une bande spectrale réduite augmentant beaucoup la sensibilité de l'instrument (Fourier cross-dispersé). La reconstruction se fait par une transformée de Fourier par ligne. La TF de chaque ligne est additionnée pour reconstruire le spectre global. Au-dessous : spectre reconstruit (700-1100 nm) de cyclohexane gazeux. *Crédit : Etienne Le Coarer*



Figure 3 : Exemple de faisceau de fibres pouvant permettre d'enregistrer plusieurs spectres simultanément.

Production scientifique (*articles scientifiques, actes de congrès...*)

- Non (confidentiel)

Bilan financier succinct (*avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...*)

Conception Prototype SPOC	RESOLUTION SPECTRA SYSTEMS	7 100.00
Réalisation Prototype SPOC	RESOLUTION SPECTRA SYSTEMS	4 247.00
lentilles et fibres opt THORLABS	THORLABS SAS	653.86
Réseau de micro-lentilles	AMS ADVANCED MICROOPIC SYST	2 500.00
	Total	14 500.86

Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)