

# RAPPORT ANNUEL 2012-2013

## Chaire de Recherche du Canada en Photonique

Pour la période allant du 1<sup>er</sup> juin 2012 au 31 mai 2013

Titulaire: Alain Haché  
Département de physique et d'astronomie  
Université de Moncton  
Campus de Moncton

### 1. Bilan de l'année académique 2011-2012

Parmi les projets complétés on compte :

- a. **Dilatometre optique.** Un projet industriel sur l'exploration d'un nouveau type de dilatomètre a été initié et complété. Un dilatomètre est un instrument pouvant mesurer l'expansion thermique des matériaux. La compagnie C-Therm Ltd de Fredericton s'est mise en partenariat avec la Chaire pour étudier la conception d'un dilatomètre utilisant un faisceau laser pour mesurer l'expansion thermique. Grâce à une subvention de près de \$25,000 du CRSNG (programme Partenariat), un chercheur, Tran Vinh Son, a été embauché pour une période de 6 mois pour travailler sur le projet. Par la suite, le chercheur a été retenu pour travailler sur d'autres projets. Avec C-Therm, nous avons exploré diverses options pour leur nouvel appareil. Nous avons d'abord testé des senseurs commerciaux de la compagnie Panasonic. Ces senseurs mesurent la position avec une précision de moins d'un micromètre, mais nous avons décelé des problèmes reliés à une dérive continue des mesures. Cette méthode s'est avérée inadéquate. Nous avons ensuite monté nos propres manipulations optiques, avec de meilleurs résultats cette fois-ci. En utilisant une diode laser bleue (405 nm), nous avons pu mesurer des déplacements de l'ordre de 10 nanomètre par interférométrie. Les résultats sont reproductibles et suggèrent qu'un appareil fondé sur cette technique serait efficace et relativement peu coûteux.
- b. **Dilatométrie par diffraction.** En parallèle avec le projet précédent, le chercheur Tran Vinh Son a pu mettre au point une nouvelle méthode optique pour mesurer la dilatation thermique des matériaux. Lorsque la surface d'un échantillon est ondulée à l'échelle du micromètre, la lumière incidente diffracte et acquiert une direction de propagation qui change avec la longueur d'onde. L'apparence arc-en-ciel d'un disque optique en est un exemple. Si on change la distance entre deux crêtes successives sur la surface ondulée, la lumière diffractée change de direction. À partir de ce principe, nous avons démontré la mesure précise de dilatation thermique des matériaux. Cela a été fait en mesurant l'angle de diffraction d'un faisceau laser incident sur une surface ondulée, en fonction de la

température de la surface: l'expansion thermique étire l'ondulation et dévie le faisceau en conséquence. Un article décrivant les fondements théoriques de la technique et une démonstration sur plusieurs matériaux a été soumis à Applied Optics.

- c. **Imagerie infrarouge.** Le dioxyde de vanadium ( $\text{VO}_2$ ) est un matériau intéressant en raison d'un changement de phase qui se produit à faible température. En effet, le matériau passe de diélectrique (transparent) à métallique (réfléchissant) lorsque chauffé à  $70^\circ\text{C}$ . Nous avons exploité cette propriété pour mettre au point une sorte de caméra pouvant mesurer le profil d'un faisceau laser dans l'infrarouge, dans une région du spectre où il a peu de possibilité de faire de l'imagerie. Une publication est parue dans Optics Letters **38**, 1554 (2013).
- d. **Mesure d'une couche mince par diffraction.** Les méthodes optiques pour analyser les couches minces sont extrêmement utiles pour s'assurer de la qualité de la couche et ses propriétés, comme l'épaisseur. Jusqu'à maintenant, on utilise surtout l'ellipsométrie et l'interférométrie pour y arriver. Nous avons mis au point une différente approche, plus simple et robuste, n'utilisant qu'un seul faisceau laser. Lorsqu'un faisceau laser passe sur le rebord d'une couche mince, il se produit une sorte d'interférence entre les parties du faisceau, ce qui modifie la forme du faisceau. Nous avons montré que la déformation du faisceau peut être corrélée à des changements très faibles dans la couche, telle un changement d'épaisseur. Il y a plusieurs applications possibles à cette approche, incluant la mesure de la température en surface. Ce travail a été soumis pour publication dans Applied Optics.
- e. **Modulateur spatial dans l'infrarouge.** En utilisant les propriétés du dioxyde de vanadium citées en c), nous avons mis au point un type de modulateur fonctionnant dans l'infrarouge. Le modulateur permet de modifier la quantité de lumière transmise à différents points dans l'espace, un peu à la manière d'un écran LCD. Chaque `pixel` du modulateur peut laisser passer de la lumière ou non, selon qu'on applique une tension sur des électrodes ou non. Un prototype a été construit pour prouver le concept, mais d'autres tests seront nécessaires pour améliorer le rendement. La théorie et la démonstration font l'objet d'une publication soumise à Optics Communications. Le projet est le fruit d'une collaboration avec mon groupe de recherche et celui du centre de recherche INRS, à Varennes, au Québec.
- f. **Séparateur de faisceau continu ajustable.** Le séparateur optique (ou *beam splitter* en anglais) est une composante au cœur de la plupart des instruments d'optique. Le dispositif est une surface semi-réfléchissante qui transmet une partie d'un faisceau lumineux tout en réfléchissant le reste. L'un des deux faisceaux ainsi créés peut servir de référence, par exemple. Or, l'une des limitations du séparateur standard est que sa performance est fixe : la quantité de lumière transmise et réfléchi ne change pas pour un faisceau donné. Nous avons démontré un nouveau type de séparateur pouvant ajuster la quantité transmise et

réfléchi de la lumière, et ce de façon continue, en appliquant un courant électrique ajustable. Le concept est encore une fois basé sur les propriétés remarquables du dioxyde de vanadium. Ces travaux ont été publiés dans *Applied Optics* **52**, 241-247 (2013).

## 2. Membres actuels du groupe de recherche

Alain Haché	directeur
Bassel Samad	chercheur
Michael Sullivan	étudiant à la maîtrise, co-supervisé
Karim Zongo	étudiant à la maîtrise
Romarc Kabre	étudiant à la maîtrise
Tran Vinh Son	chercheur
Phuong Anh Do	chercheuse (août 2012)

## 3. Subventions

- Subvention du CRSNG (depuis 2009) pour une période de 5 ans. Montant: \$36 000 par année. Titre du projet: *Nanomatériaux et instrumentation optique*.
- Subvention du CRSNG pour un travail de partenariat avec l'industrie (C-Therm Inc.). Montant: \$24 700.
- L'Université de Moncton contribue \$18,000 à mon fond de recherche pour compenser le coût de mon salaire.

## 4. Perspectives pour l'année 2013-14

La Chaire se termine officiellement le 1<sup>er</sup> juillet 2013 suite à un mandat totalisant 10 ans. Le programme de recherche se poursuivra sans changement majeurs.

---

Alain Haché  
Chaire de Recherche du Canada en Photonique  
Département de physique et d'astronomie