

## **Scattered light from complex interference filters: development of a high performance metrology bench and artificial intelligence synthesis tools**

The development of optical interference filters for multispectral imagers has revealed new problems specific to these thin film components. The numerous physical interfaces between their inner layers generate light scattering which can alter the use of the filter. It is therefore essential to understand and control this phenomenon. Three tools have been developed for that purpose: modeling, metrology, and synthesis.

An electromagnetic model has been implemented by the CONCEPT group of the Fresnel Institute. It considers the structural features of the multilayer and the roughness of each interface.

The metrology relies on the development of SALS (Spectral and Angular Light Scattering characterization Apparatus), a scatterometer which operated on wavelengths between 400 and 1000 nm. As part of this thesis, the spectral range has been extended to 1700 nm with the same performances than those in the visible spectrum. SALS measures down to  $10^{-8}$  sr<sup>-1</sup> for scattered light and up to 13 optical densities in specular, which is around 6 orders of magnitude better than the international state of the art. Experimental results have been compared to the model and reach an excellent agreement.

The implementation of the electromagnetic model paves the way for the synthesis of interference filters based on scattering properties. Until now, no method controls both specular and scattering spectral responses. We propose a model based on deep neural networks to solve this inverse problem. The first results show the ability to control and reduce the scattering of an interference filter of one decade on a specific spectral band.

## **Lumière diffusée par les filtres interférentiels complexes : développement d'un banc de métrologie hautes performances et d'outils de synthèse par intelligence artificielle.**

Le développement des filtres interférentiels pour les imageurs multispectraux a mis en évidence de nouvelles problématiques propres à ces composants couches minces. Les interfaces séparant leurs couches constitutives génèrent de la diffusion lumineuse qui perturbe leur utilisation, il est primordial de comprendre et maîtriser ce phénomène. Trois outils ont été développés : la modélisation, la métrologie et la synthèse.

Un modèle électromagnétique de la diffusion a été mis au point par l'équipe CONCEPT de l'Institut Fresnel. Il prend en compte les caractéristiques structurales de l'empilement et la rugosité de chaque interface.

La métrologie repose sur le développement de SALSA (*Spectral and Angular Light Scattering characterization Apparatus*), un diffusomètre qui opérait initialement sur des longueurs d'onde entre 400 et 1000 nm. Dans le cadre de cette thèse, son fonctionnement a été étendu jusqu'à 1700 nm, tout en conservant les performances acquises sur le spectre visible. SALSA mesure jusqu'à  $10^{-8}$  sr<sup>-1</sup> en diffusion et 13 densités optiques en spéculaire, soit environ 6 ordres de grandeur de mieux que l'état de l'art international. La comparaison des résultats expérimentaux avec le modèle est excellente.

Enfin, le modèle électromagnétique ouvre la voie à la synthèse de composants sous contrôle des propriétés de diffusion. Aucune méthode ne permet de contrôler à la fois les réponses spéculaires et les réponses diffuses. Nous proposons une optimisation par réseaux de neurones artificiels profonds pour résoudre ce problème inverse. Les premiers résultats montrent la possibilité de réduire la diffusion d'un composant complexe d'une décade sur une gamme spectrale choisie.