

## Soutenance de thèse

**Émilie ROBERT** soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée «*Etude de la chaîne de la vision indirecte pour applications à faibles erreurs colorimétriques*»

**Le 8 mars 2022 à 10h00, salle des thèses de l'ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Pierre MAGNAN	Professeur émérite ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Jérôme VAILLANT	Ingénieur de recherche CEA-LETI	Rapporteur
M. Patrick LE CALLET	Professeur Université de Nantes	Rapporteur
M. Justin PLANTIER	Cadre scientifique IRBA	Co-directeur de thèse
M. David ALLEYSSON	Chargé de recherche LPNC	
Mme Samia BOUCHAFA-BRUNEAU	Professeure Université d'Evry	

**Résumé :** Les images de notre quotidien du 21<sup>ème</sup> siècle sont acquises et visionnées en couleur. Nos télévisions, nos téléphones et ordinateurs, tous permettent une vision indirecte, de la scène à l'œil en passant par un système de d'acquisition et une système d'affichage, avec l'illusion d'une concordance optimale avec la vision directe (de la scène à l'œil) que nous portons au monde qui nous entoure. Pour certaines applications d'imagerie extrêmement exigeantes en termes de colorimétrie, telles que: l'industrie du cinéma, la surveillance, l'industrie du textile ou bien encore l'exploration spatiale, cette illusion est régulièrement altérée par les conditions extrêmes d'acquisition rencontrées. L'objectif de cette thèse est de définir des méthodes pour la reproduction d'images numériques de très haute qualité colorimétrique. Deux axes de recherche principaux sont considérés: la sensibilité spectrale de l'œil humain, et la chaîne du traitement de l'information couleur par les capteurs d'images modernes. Les deux premiers chapitres du manuscrit donnent les connaissances et méthodes liées à ces deux axes. Dans ce cadre, deux études ont été menées sur (i) la méthode de calcul de la matrice de correction des couleurs, et (ii) la prise en compte des variations individuelles de la vision des couleurs par l'humain. Ce travail de thèse vise à définir si l'un de ces deux aspects de la chaîne de la vision indirecte, souvent étudiés indépendamment l'un de l'autre, est à l'origine de trouble importants pour la fidélité colorimétrique. Pour répondre à cette problématique, deux études ont été réalisées: la première quantifie les erreurs résiduelles après l'application à une image de corrections calculées selon deux méthodes calculatoires (moindres carrés linéaires et régression polynomiale d'ordre 2). L'étude se penche en particulier sur deux types de scènes: celles qui présentent des particularités spectrales restreintes, et celles ne permettant pas l'utilisation de mires de calibration. Les résultats sont issus de l'étude de deux capteurs d'images CMOS et sous illuminant D65. Ils indiquent en bon accord avec les études précédentes que pour des scènes contenant des couleurs de l'ensemble du domaine spectral visible, le nombre de patches utilisés pour le calcul de la matrice de correction des couleurs (CCM) peut être réduit en dessous de 24 (mire ColorChecker® X-rite). Concernant les scènes présentant des particularités spectrales, des corrections teintées-spécifiques ont été appliquées à partir de la mire Next Generation Target (NGT). Les résultats suggèrent de compléter l'étude par d'autres méthodes de sélection des teintes pour le calcul de CCM. Dans les applications qui ne permettent pas l'utilisation de mires de calibration, une méthode de caractérisation par imageur multispectral 6-bandes (déjà disponible sur de nombreuses applications spatiales) est étudiée. Elle présente des résultats acceptables sur la caractérisation de la mire ColorChecker® X-rite qui présente des réflectances qui varient de manière très progressive sur le domaine du visible. La deuxième étude quantifie les différences qui peuvent être engendrées par les variations individuelles de la vision humaine, dernier élément de la chaîne de la vision indirecte. Les résultats issus de données en accès-libre dans la littérature, montrent que pour certaines teintes les différences de vision des couleurs peuvent s'avérer très critiques et suggèrent le développement de méthodes d'individualisation des images. Une revue est ensuite faite concernant les leviers technologiques utilisés pour le développement d'une expérience d'égalisation

visant à mesurer la sensibilité spectrale d'individus soumis à ce contexte d'exigences colorimétriques importantes. Une discussion est alors ouverte concernant le développement de nouvelles expériences d'égalisations, proposant des alternatives pratiques issues des travaux de la littérature très récente.

**Mots-clés :** Imagerie spectrale, Matrice de Correction des Couleurs, Imagerie Multispectrale, Vision Individuelle, Expérience d'égalisation