

## Offre de thèse « Mesure de l'apparence des matériaux translucides »

Mots clés : Translucidité, métrologie, apparence, imagerie, BSSRDF

### *Sujet de thèse proposé*

Les matériaux translucides sont partout autour de nous (les végétaux, la peau, le marbre, la porcelaine, les fruits, ...). Malgré des besoins dans de nombreux domaines (cosmétiques, plastiques, impression 3D, computer graphics, médecine...), la mesure et l'étude de la perception de la translucidité n'en sont qu'à leurs tout début. Par exemple, la grandeur radiométrique permettant de caractériser les matériaux translucides, la BSSRDF (Bidirectional Surface Scattering Reflectance Distribution Function), n'est mesurée de manière traçable au SI (Système International) que depuis quelques années, et les marges de progrès sont importantes.

La thèse proposée a pour but de développer la mesure des matériaux translucides, principalement via la réalisation de mesures de BSSRDF. De telles mesures ont déjà été réalisées au laboratoire, mais avec des incertitudes élevées. Le ou la candidate sera en charge de développer un nouvel instrument de mesure de la BSSRDF par imagerie (conception optique, montage optomécanique, caractérisation de caméra, automatisation de la mesure, etc) et de réaliser des mesures dans le cadre de comparaisons inter-laboratoire (mesures expérimentales, traitement des données, calcul d'incertitudes, etc). Cette mission principale s'accompagnera de tâches annexes comme la recherche d'échantillons adaptés, ou la participation à la définition d'une échelle de perception en collaboration avec les partenaires du projet.

### *Contexte du projet Européen xDDiff*

La thèse est proposée dans le cadre du projet collaboratif européen xDDiff, financé par le programme « Europe Partnership on Metrology » de l'Union Européenne ([www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership/](http://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership/)), et coordonné par Gaël Obein. Il regroupe 19 partenaires issus de 11 pays (France, Espagne, Allemagne, République Tchèque, Finlande, Danemark, Suède, Suisse, Belgique, Turquie, Nouvelle Zélande). Ces partenaires sont des Laboratoires Nationaux de Métrologie, des Universités et des industriels. XDDiff fait suite à trois projets Européens sur la mesure de l'apparence coordonnés par le Cnam, dont le dernier, BxDiff ([bxdiff.cmi.cz/](http://bxdiff.cmi.cz/)), s'est terminé fin 2023. Le projet capitalisera aussi sur les résultats du projet en cours HiDyn ([www.hidyn.ptb.de/](http://www.hidyn.ptb.de/)) concernant l'imagerie HDR pour la mesure métrologique.

L'apparence visuelle d'un objet impacte fortement la perception de la qualité, durabilité ou encore de la désirabilité de l'utilisateur ou de l'acheteur. La mesure quantitative de l'apparence visuelle des objets est un sujet en vogue, car il est de très haute importance pour l'industrie, notamment dans le domaine de l'automobile, des cosmétiques, de l'emballage, de l'impression 3D ou de la réalité virtuelle. Depuis quelques années, les techniques de mesure s'appuient sur l'acquisition de la BRDF (bidirectional reflectance distribution function), la BTDF (bidirectional transmittance distribution function) ou encore la BSSRDF (bidirectional surface scattering reflectance distribution function).

Les instruments utilisés par les laboratoires de métrologie pour mesurer ces quantités au meilleur niveau sont complexes, non-portables, et la mesure de quelques points prend beaucoup de temps. Ils ne sont pas toujours adaptés aux besoins des industriels, en particulier lorsqu'il s'agit de caractériser l'apparence de surfaces complexes, comme des surfaces anisotropiques, non-planes, fonctionnalisées ou encore des matériaux translucides. L'objectif du projet est de répondre à ces besoins en proposant de nouveaux instruments, méthodes et outils mathématiques.

La thèse proposée concernera la partie du projet xDDiff ayant pour but de développer la mesure des matériaux translucides.

## *Le laboratoire commun de métrologie LNE-CNAM et l'encadrement de la thèse*

Le Laboratoire Commun de Métrologie LNE-Cnam a pour mission d'assurer la mise en place, la conservation, l'amélioration et le transfert des références métrologiques françaises pour trois unités de base du système international : le mètre, la candela, et l'échelle de température. Les références de radiométrie et photométrie sont réalisées par l'équipe Rayonnements optiques. L'équipe Rayonnements optiques consacre aussi une partie de son activité de recherche à la caractérisation métrologique de l'apparence des matériaux. Via la coordination de 3 projets majeurs sur la thématique depuis 2012, l'équipe est aujourd'hui en position de leader dans ce domaine en Europe.

La thèse sera dirigée par Gaël Obein, maître de conférences HDR au Cnam, directeur du laboratoire LNE-Cnam, responsable de l'équipe Rayonnements optiques, et coordinateur du projet xDDiff. Elle sera co-encadrée par Lou Gevaux, chercheuse et chargée de projet dans l'équipe Rayonnements optiques.

## *Perspectives pendant et au-delà de la thèse*

Cette thèse offre l'opportunité de travailler dans un environnement dynamique et international, avec des collaborations avec de nombreux acteurs académiques et industriels (Apple, Audi, L'Oréal, BASF, Renault, Essilor), principalement en Europe. En plus des compétences généralement développées en doctorat (formation à la recherche par la recherche, autonomie, rigueur scientifique, gestion de projet, présentation orale, réseau, rédaction d'articles, etc), le ou la candidate développera des connaissances en expérimentation optique, métrologie, modélisation, pilotage d'instruments (LabView), analyse des résultats (MatLab), calcul d'incertitudes, photométrie, etc. Cela lui permettra de construire un profil attractif avec des perspectives pour poursuivre dans la recherche académique ou pour rejoindre l'industrie. Le ou la candidate aura l'occasion de se déplacer à l'étranger et de visiter les laboratoires des partenaires du projet (environ 5 réunions sur la durée de la thèse), et de participer à des conférences internationales.

## *Profil recherché*

Etudiant(e) titulaire d'un M2 ou d'un diplôme d'ingénieur spécialisé(e) en optique ou physique, avec un goût pour :

- la mesure expérimentale ;
- le développement d'instruments de mesure ;
- le travail de recherche en laboratoire d'optique ;
- l'approche multidisciplinaire de la thématique (optique, informatique, imagerie, psychophysique, etc) ;
- le travail en équipe internationale.

Des compétences en photométrie/radiométrie, Matlab et Labview seraient un plus.

## *Modalités de recrutement*

Lettre de motivation et CV à envoyer à : Gaël Obein ([gael.obein@lecnam.net](mailto:gael.obein@lecnam.net)) et Lou Gevaux ([lou.gevaux@lecnam.net](mailto:lou.gevaux@lecnam.net)) avant le **31 mai 2024**.

Contrat doctoral d'une durée de 3 ans à partir de septembre 2024.

Employeur : Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.

Lieu de travail : Laboratoire Commun de métrologie (LCM) LNE-Cnam, 61 rue du Landy, 94210 St Denis.

Pour toute question, contacter Gaël Obein ou Lou Gevaux.

## **PhD offer “Appearance measurement of translucent materials” (English version)**

Key words: Translucency, metrology, appearance, imaging, BSSRDF

### *Proposed thesis topic*

Translucent materials are all around us (plants, skin, marble, porcelain, fruit, etc.). Despite needs in many fields (cosmetics, plastics, 3D printing, computer graphics, medicine, etc.), measuring and studying the perception of translucency is still in its infancy. For example, the radiometric quantity used to characterise translucent materials, the BSSRDF (Bidirectional Surface Scattering Reflectance Distribution Function), has only been measured with traceability to the SI (Système International) for a few years, and there is still considerable room for progress.

The objectives of the proposed thesis is to develop the measurement of translucent materials through the measurement of the BSSRDF. Such measurements have already been made in the laboratory, but with high uncertainties. The candidate will be responsible for developing a new instrument for measuring BSSRDF by imaging (optical design, optomechanical assembly, camera characterisation, measurement automation, etc) and for carrying out measurements as part of inter-laboratory comparisons (experimental measurements, data processing, calculation of uncertainties, etc). This main mission will be accompanied by secondary tasks such as finding suitable samples, or participating in the definition of a perception scale in collaboration with the project partners.

### *Context of the xDDiff European project*

The thesis is part of the European collaborative project “xDDiff”, funded by the European Union's "Europe Partnership on Metrology" programme ([www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership/](http://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership/)), and coordinated by Gaël Obein. This project brings together 19 partners from 11 countries (France, Spain, Germany, Czech Republic, Finland, Denmark, Sweden, Switzerland, Belgium, Turkey and New Zealand). These partners are National Metrology Laboratories, Universities and manufacturers. xDDiff follows on from three European projects on the measurement of appearance coordinated by the Cnam, the last of which, BxDiff ([bxdiff.cmi.cz/](http://bxdiff.cmi.cz/)), ran until the end of 2023. The project will also capitalise on the results of the ongoing HiDyn project ([www.hidyn.ptb.de/](http://www.hidyn.ptb.de/)) on HDR imaging for metrological measurements.

The visual appearance of an object has a significant impact on the user's or buyer's perception of its quality, durability and desirability. Quantitative measurement of the visual appearance of objects is a hot topic, as it is of the utmost importance to industry, particularly in the automotive, cosmetics, packaging, 3D printing and virtual reality sectors. In recent years, measurement techniques have been based on the acquisition of BRDF (bidirectional reflectance distribution function), BTDF (bidirectional transmittance distribution function) or BSSRDF (bidirectional surface scattering reflectance distribution function).

The instruments used by metrology laboratories to measure these quantities at the best level are complex, non-portable and the measurement of a few points takes a long time. They don't always meet the needs of industry when it comes to characterising the appearance of complex surfaces, such as anisotropic, non-planar and functionalised surfaces or translucent materials. The aim of the project is to meet these needs by proposing new instruments, methods and mathematical tools.

The proposed thesis will concern the part of the xDDiff project aimed at developing the measurement of translucent materials.

### *The LNE-CNAM joint metrology laboratory and thesis supervision*

The mission of the LNE-Cnam Joint Metrology Laboratory is to set up, maintain, improve and transfer French metrological references for three base units of the international system: the metre, the candela and

the temperature scale. Radiometric and photometric references are maintained by the Optical Radiation team. The Optical Radiation team also devotes part of its research activity to the metrological characterisation of the appearance of materials. Through the coordination of 3 major projects on this theme since 2012, the team is now a leader in this field in Europe.

The thesis will be directed by Gaël Obein, maître de conférences HDR at Cnam, director of the LNE-Cnam laboratory, head of the Optical Radiation team and coordinator of the xDDiff project, and co-supervised by Lou Gevaux, researcher and project leader in the Optical Radiation team.

#### *Perspectives during and beyond the thesis*

This thesis offers the opportunity to work in a dynamic and international environment, with collaborations with numerous academic and industrial partners (Apple, Audi, L'Oréal, BASF, Renault, Essilor), mainly in Europe. In addition to the skills usually developed during a PhD ("research training through research", autonomy, scientific rigour, project management, oral presentation, networking, article writing, etc.), the candidate will develop knowledge on optical experimentation, metrology, modelling, instrument control (LabView), results analysis (MatLab), calculation of uncertainties, photometry, etc. This will enable them to build up an attractive profile with a wide range of skills, with prospects of continuing in academic research or joining industry. The candidate will have the opportunity to travel abroad and visit the laboratories of the project partners (around 5 meetings over the duration of the thesis), and to take part in international conferences.

#### *Candidate profile*

A student with an M2 or engineering degree specialising in optics or physics, with a taste for :

- experimental measurement ;
- the development of measurement instruments ;
- research work in an optics laboratory ;
- a multidisciplinary approach to the subject (optics, computing, imaging, psychophysics, etc.) ;
- working in an international team.

Skills in Photometry/radiometry, Labview and Matlab would be appreciated.

#### *Recruitment procedure*

Letter of application and CV to be sent to : Gaël Obein ([gael.obein@lecnam.net](mailto:gael.obein@lecnam.net)) and Lou Gevaux ([lou.gevaux@lecnam.net](mailto:lou.gevaux@lecnam.net)) before **31 May 2024**.

3-year doctoral contract starting in September 2024.

Employer: Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.

Workplace : Laboratoire Commun de métrologie (LCM) LNE-Cnam, 61 rue du Landy, 94210 St Denis.

Please contact Gaël Obein or Lou Gevaux for any question.