

## Offre de doctorat

### Impact de l'encapsulation d'un scintillateur et des interactions chimiques aux interfaces sur les performances et mécanismes de luminescence et de scintillation

**Durée : 36 mois**

Aujourd'hui les détecteurs de rayons X pour l'imagerie médicale utilisent comme matériau sensible un écran scintillateur, typiquement à base d'iodure de Césium dopé au Thallium (CsI:Tl) structuré en aiguilles. Ces écrans présentent de nombreux avantages parmi lesquels une forte absorption des rayons X dans les domaines d'énergie liés au domaine médical, une bonne efficacité de conversion en lumière de l'énergie absorbée, une bonne résolution spatiale et une luminescence à une longueur d'onde idéale pour les photodiodes en silicium amorphe, très matures technologiquement, répandues et bon marché. Néanmoins, la toxicité du Thallium et des problèmes de qualité d'image liés aux effets mémoire, dont le « bright burn », qui peuvent induire des incertitudes sur le diagnostic médical, motivent les industriels à chercher des solutions alternatives à la fois en termes de toxicité et d'augmentation de la sensibilité, de la fiabilité et de la durée de vie.

Trixell, un acteur majeur du marché des détecteurs pour l'imagerie médicale, qui développe et fabrique des écrans scintillants de grandes surfaces micro structurés en aiguille, a identifié un potentiel matériau de remplacement dont les effets mémoires sont très diminués. Cependant, un risque technologique majeur reste à résoudre, sa forte sensibilité à l'environnement extérieur, nécessitant une encapsulation contrôlée et pérenne. À cet égard, la technique d'Atomic Layer Deposition (ALD) est attrayante, car elle permet de déposer des films minces de manière uniforme et conformante même sur des supports très structurés avec un contrôle nanométrique de l'épaisseur. De plus, l'ALD est un procédé dont l'industrialisation a déjà été démontrée, notamment dans des domaines tels que la microélectronique ou les OLED (Organic Light Emitting Diodes). Des couches de passivation et des couches barrières ont déjà été réalisées pour les OLEDs ou le packaging.

Les premières études révèlent une corrélation forte entre l'état de surface du matériau et ses propriétés de luminescence et scintillation. En particulier, le mode d'encapsulation s'avère avoir un impact important sur ces performances et leur réponse temporelle. Dans le but de maîtriser le procédé, l'objectif de la thèse est de comprendre les mécanismes chimiques ayant lieu suivant le traitement de surface utilisé et son impact sur les propriétés finales du matériau. Cela passe par l'étude approfondie de l'état de surface du matériau et des interactions chimiques aux interfaces corrélés aux performances et aux mécanismes de luminescence. Sur les matériaux modèles fournis par la société Trixell, le (la) doctorant(e) réalisera ainsi différentes encapsulations, notamment par ALD. Il/Elle étudiera par différentes techniques de caractérisation leurs impacts sur la morphologie, composition, états de surface et propriétés de scintillation. Une attention particulière sera accordée aux mécanismes réactionnels mis en jeu et aux interactions aux interfaces. Pour cela, des caractérisations in-situ, telles que de la spectroscopie Infrarouge de la phase gaz, seront réalisées pendant les dépôts.

Le travail de doctorat s'effectuera à travers une collaboration entre Trixell, le Laboratoire Multimatériaux et Interface (LMI) et l'Institut Lumière-Matière (ILM). En effet, le LMI est un laboratoire spécialisé dans l'élaboration et la caractérisation des matériaux, notamment sous forme de films minces déposés par ALD, tandis que l'ILM est un laboratoire spécialisé, entre autres, dans les mécanismes de scintillation. Il est à noter que les deux laboratoires sont sur le même site de l'Université de Lyon et que l'entreprise Trixell, basée à Moirans, se trouve dans un périmètre géographique proche, permettant une interaction privilégiée et une forte réactivité entre les trois parties. La stratégie de recherche serait définie en commun entre les 3 parties. Le « parcours » de synthèse et d'analyse sera le suivant : Trixell fournirait les matériaux scintillateur structurés, le LMI effectuerait les encapsulations notamment par ALD ainsi que les caractérisations structurelles et l'ILM assurerait les mesures optiques et scintillation.

#### Techniques utilisées

Manipulation sous atmosphère contrôlée. Méthode d'encapsulation : Atomic layer deposition

Technique de caractérisation in-situ : spectroscopie IR

Techniques de caractérisation ex-situ : MEB, EDS, MET, ellipsométrie, DRX, IR, XPS, photoluminescence ; scintillation...

#### Compétences requises

Les candidat(e)s doivent être titulaires d'un master en chimie ou en matériaux (ou équivalent) et être motivé(e)s par un travail interdisciplinaire alliant la synthèse de matériaux aux caractérisations physico-chimiques. Une bonne maîtrise de l'anglais est fortement souhaitable. Les candidat(e)s très motivés, attentifs aux travaux de recherche et possédant d'excellentes compétences en matière de communication et d'organisation, sont encouragé(e)s à postuler.

#### Localisation principale de la thèse

Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces (LMI), Campus de la DOUA, Villeurbanne, France.

Le (la) candidat(e) intègrera l'équipe Couches Minces (COM) du LMI dans laquelle la plus grande partie du travail sera effectuée.

#### Contact:

Arnaud Brioude et/ou Marichy Catherine Tel : +33 (0)4 72 43 17 01/4 84 03

[arnaud.brioude@univ-lyon1.fr](mailto:arnaud.brioude@univ-lyon1.fr)

[catherine.marichy@univ-lyon1.fr](mailto:catherine.marichy@univ-lyon1.fr)

---

## PhD offer

### Impact of scintillator encapsulation and chemical interactions at interfaces on luminescence and scintillation performance and mechanisms

**Duration: 36 months**

Today's X-ray detectors for medical imaging use a scintillator screen as a sensitive material, typically based on Cesium Iodide doped with Thallium (CsI:Tl) in needle form. These screens offer many advantages, including high X-ray absorption in the energy ranges associated with the medical field, good conversion efficiency of the absorbed energy into light, good spatial resolution and luminescence at a wavelength ideal for amorphous silicon photodiodes, which are technologically mature, widespread and inexpensive. However, Thallium toxicity and image quality problems linked to memory effects, including "bright burn", which can lead to uncertainties in medical diagnosis, are motivating manufacturers to seek alternative solutions terms of both toxicity and increased sensitivity, reliability and lifetime.

Trixell, a major player in the medical imaging detector market, which develops large-area, micro-structured needle scintillation displays, has identified a potential replacement material with greatly reduced memory effects. However, a major technological risk remains to be resolved: its high sensitivity to the external environment, requiring controlled, long-lasting encapsulation. In this respect, the Atomic Layer Deposition (ALD) technique is attractive, as it enables uniformly and conformally thin films deposition, even on highly structured substrates, with nanometric thickness control. ALD is also a process with proven industrial capability, notably in fields such as microelectronics and OLEDs (Organic Light Emitting Diodes). Passivation and barrier layers have already been produced for OLEDs and packaging.

Initial studies reveal a strong correlation between the material's surface state and its luminescence and scintillation properties. In particular, the encapsulation mode seems to have a significant impact on these performances and their temporal response. With a view to controlling the process, the aim of this thesis is to understand the chemical mechanisms that occur depending on the surface treatment used, and their impact on the final properties of the material. This involves an in-depth study of the material's surface state and the chemical interactions at the interfaces correlated with luminescence performance and mechanisms. Using model materials supplied by Trixell, the PhD student will carry out various encapsulations, in particular by ALD. Using various characterization techniques, he/she will study their impact on morphology, composition, surface state and scintillation properties. Particular attention will be given to the reaction mechanisms involved and to interactions at interfaces. To this end, in-situ characterizations, such as gas-phase infrared spectroscopy, will be done during deposition.

The PhD work will be carried out in collaboration between Trixell, the Laboratoire Multimatériaux et Interface (LMI) and the Institut Lumière-Matière (ILM). The LMI is a laboratory specializing in the development and characterization of materials, particularly in the form of thin films deposited by ALD, while the ILM is a laboratory specializing, among other things, in scintillation mechanisms. It should be noted that the two laboratories are on the same site at the University of Lyon, and that Trixell, based in Moirans, is in the same geographical area, enabling close interaction and responsiveness between the three parties. The research strategy would be defined jointly by the 3 parties. The synthesis and analysis "path" would be as follows: Trixell would supply the structured scintillator materials, LMI would carry out the encapsulations, notably by ALD, as well as the structural characterizations, and ILM would provide the optical and scintillation measurements.

#### Techniques used

Manipulation under controlled atmosphere. Encapsulation method: Atomic layer deposition

In-situ characterization techniques: IR spectroscopy

Ex-situ characterization techniques: SEM, EDS, TEM, ellipsometry, XRD, IR, XPS, photoluminescence ; scintillation..

#### Skills required

Candidates must hold a Master's degree in chemistry or materials (or equivalent) and be motivated by interdisciplinary work combining materials synthesis and physico-chemical characterization. A good command of English is highly desirable. Highly motivated, research-oriented candidates with excellent communication and organizational skills are encouraged to apply.

#### Main thesis location

Multimaterials and Interfaces Laboratory (LMI), DOUA Campus, Villeurbanne, France.

The candidate will join LMI's Thin Films (COM) team, where most of the work will be carried out.

#### Contact:

Arnaud Brioude et/ou Marichy Catherine Tel : +33 (0)4 72 43 17 01/4 84 03

[arnaud.brioude@univ-lyon1.fr](mailto:arnaud.brioude@univ-lyon1.fr)

[catherine.marichy@univ-lyon1.fr](mailto:catherine.marichy@univ-lyon1.fr)