

## OFFRE DE THESE

### **Développement de fibres en verre de chalcogénures pour le suivi in operando des réactions chimiques dans les batteries Li(Na)-ion**

Les verres de chalcogénures, à base de S, Se et/ou Te, sous forme de massifs et selon leurs compositions, possèdent des propriétés de transparence s'étendant du visible à l'infrarouge (IR) au-delà de 30  $\mu\text{m}$ . Ils peuvent être synthétisés, mis en forme par différents procédés (fusion-trempe, frittage SPS, impression 3D) et élaborés sous forme de fibres conventionnelles ou microstructurées, de lentilles, de films minces ou de circuits intégrés photoniques. Pour obtenir ces objets, différents procédés sont mis en œuvre comme le fibrage, le moulage, la PVD, la CVD...

Les propriétés de transparence dans l'infrarouge moyen présentent un réel intérêt pour certaines applications parmi lesquelles on peut citer l'assistance à la conduite nocturne ou encore l'imagerie médicale.

Certaines applications nécessitent leur élaboration sous forme de fibres optiques. C'est notamment le cas des capteurs opérant dans le domaine de l'environnement, du médical ou encore du spatial qui ont été développés dans l'équipe Verres et Céramiques de l'Institut des Sciences Chimiques de Rennes depuis un certain nombre d'années.

Le fonctionnement des capteurs à fibres optiques IR est basé sur la spectroscopie par ondes évanescentes. Grâce à cette technique, par simple contact entre la fibre et un produit à analyser, il est possible d'obtenir un spectre infrarouge caractéristique de ce dernier.

La connaissance de l'état chimique et thermique dynamique d'une batterie pendant son fonctionnement est cruciale afin de faire progresser cette technologie en termes de sécurité, de fiabilité et durabilité. Il a été récemment montré qu'il était possible de décoder des événements chimiques et thermiques dans des cellules à ions Na(Li) commerciales via des capteurs optiques. Cependant, les informations clés concernant la nature chimique des espèces parasites et leur évolution au cours du cyclage n'ont pas pu être obtenues. Ce sujet vise à développer des fibres optiques qui seront mises en œuvre en spectroscopie à fibres optiques infrarouge pour suivre l'état de l'électrolyte et sa réaction avec les électrodes dans les batteries commerciales en conditions de travail réelles.

Ce sujet de thèse est proposé dans l'équipe Verres et Céramiques de l'Institut des Sciences Chimiques de Rennes et s'inscrit dans le cadre d'un projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR SensOLiB). L'équipe Verres et Céramiques possède un savoir-faire reconnu dans le domaine des verres de chalcogénures, allant de la synthèse au développement de leurs applications en passant par leurs mises en forme. Cette thèse sera réalisée en collaboration avec l'équipe de Jean-Marie Tarascon, professeur au Collège de France, expert international dans le domaine des batteries et lauréat de la médaille d'or du CNRS 2022, ainsi qu'avec la société IDIL à Lannion, leader français des technologies fibres optiques et lasers.

### **Development of chalcogenide glass fibers for in operando monitoring of chemical reactions in Li(Na)-ion batteries**

Chalcogenide glasses, based on S, Se and/or Te, as bulk materials and according to their compositions, have transparency extending from the visible to the infrared (IR) beyond 30  $\mu\text{m}$ . They can be synthesized and shaped by different manufacturing processes (melting-quenching, SPS sintering, 3D printing) and produced in the form of conventional or microstructured fibers, lenses, thin films or photonic integrated circuits. To obtain these objects, different processes are implemented such as fiber drawing, molding, PVD, CVD, etc. Transparency properties in the mid-infrared are of real interest for certain applications, including night driving assistance and medical imaging.

Some applications require their development in the form of optical fibers. This is particularly the case for sensors operating in the environmental, medical or even space fields that have been developed in the Glasses and Ceramics team of the Chemical Sciences Institute of Rennes for a number of years.

The principle of IR fiber optic sensors is based on evanescent wave spectroscopy. Thanks to this technique, by simple contact between the fiber and a product to be analyzed, it is possible to obtain an infrared spectrum characteristic of the latter.

Dynamic monitoring of the chemical and thermal state of a battery during operation is crucial to improve the battery technology in terms of safety, reliability and durability. It has recently been shown that it is possible to decode chemical and thermal events in commercial Na(Li) ion cells via optical sensors. However, key information regarding the chemical nature of the parasitic species and their evolution during cycling could not be reached. This subject aims to develop optical fibers that will be used in infrared fiber optic spectroscopy to closely monitor the formation of the solid electrolyte interface in commercial batteries under real working conditions.

This PhD subject is proposed by the Glass and Ceramics team of the Institute of Chemical Sciences of Rennes and is part of a project funded by the National Research Agency (ANR SensOLiB). The Glasses and Ceramics team has recognized know-how in the field of chalcogenide glasses, ranging from synthesis to the development of their applications, including their shaping. This thesis will be carried out in collaboration with the team of Jean-Marie Tarascon, professor at the Collège de France, international expert in the field of batteries and the laureate of the CNRS 2022 gold medal, as well as with the company IDIL in Lannion, the French leader in fiber optic and laser technologies.

**Contacts:**

Catherine Boussard-Plédel : [catherine.boussard@univ-rennes1.fr](mailto:catherine.boussard@univ-rennes1.fr)

Xiang-Hua Zhang : [xiang-hua.zhang@univ-rennes1.fr](mailto:xiang-hua.zhang@univ-rennes1.fr)

**Lieu/Place:** Equipe Verres et Céramiques

Institut des Sciences Chimiques de Rennes

UMR 6226 CNRS

Université de Rennes 1

Avenue du Général Leclerc

35042 Rennes

<https://iscr.univ-rennes.fr/glasses-and-ceramics-vc>

**Ecole doctorale/Doctoral School:** S3M, Science de la Matière, des Molécules et Matériaux

**Recrutement/Recruitment:** 1<sup>er</sup> Septembre 2023/ 1st of September, 2023