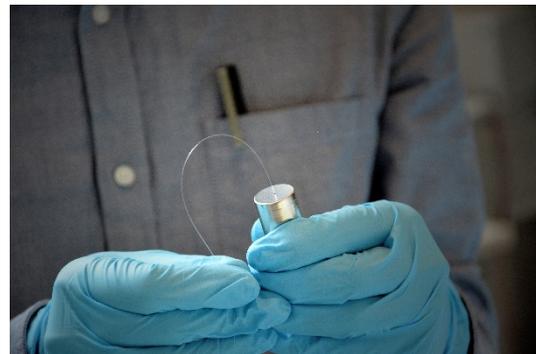
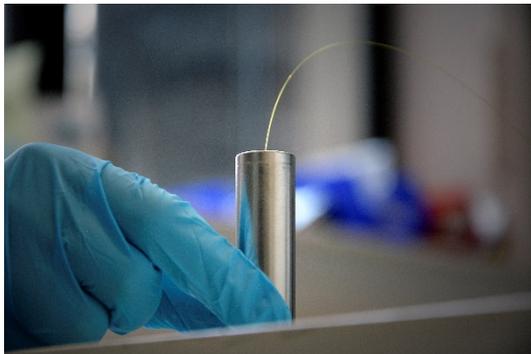


Des fibres optiques et des capteurs in situ pour des batteries plus intelligentes et plus performantes

Les batteries sont aujourd'hui utilisées pour un grand nombre d'applications (appareils portatifs, mobilités électriques, stockage des énergies renouvelables...). Dans nos sociétés modernes où la gestion de l'énergie devient un enjeu essentiel, cette technologie revêt plus que jamais une importance particulière. Chercheurs et industriels cherchent notamment à assurer la sécurité et la fiabilité de ces systèmes de stockage en développant des outils permettant de suivre de l'intérieur l'évolution des batteries. Ces avancées ouvrent la voie des batteries intelligentes du futur. Une équipe internationale (Collège de France, CNRS¹, *Hong Kong Polytechnic University*, MIT, *Dalhousie University*) a adopté une approche transdisciplinaire et encore peu explorée : celle d'incorporer des fibres optiques munies de capteurs dits « de Bragg » dans des cellules² de format 18650³.

L'innovation réside ici dans l'exploitation des signaux optiques obtenus pour décoder les événements thermiques et chimiques ayant lieu au sein de la batterie (i.e. génération de chaleur et transformations de structures).

Dans un article publié dans la revue *Nature Energy*, les chercheurs montrent qu'une analyse avancée des informations captées (décalage des longueurs d'onde) par les fibres permet de connaître en temps réel, et à la demande, l'état de santé des batteries.



Montage expérimental composé d'une cellule 18650 et de capteurs à fibre optique «Bragg» (FBG). Crédit photo : Laboratoire de Chimie du Solide et de l'énergie, Collège de France / Benjamin Campech, RS2E.

« Actuellement, les « packs »⁴ batteries commercialisés sont dotés de capteurs de température positionnés au niveau du module (ensemble de cellules) et non des cellules

¹ Laboratoires français impliqués : Chimie du solide et de l'énergie (CNRS/Collège de France/Sorbonne Université), Laboratoire de réactivité et chimie des solides (CNRS/Université Picardie Jules Verne), au sein du Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie fondé (RS2E) / piloté par le CNRS.

² Unité de base des batteries commerciales

³ Format classique dans l'industrie des batteries

⁴ Un pack est composé de modules eux-mêmes composé de cellules

elles-mêmes. Cette configuration conduit à des systèmes de gestion de batteries (BMS) très conservateurs⁵ et, au final, peu efficaces puisque les capteurs installés ne nous informent jamais de ce qui se passe réellement à l'intérieur des cellules en cas de surchauffe ou d'emballage thermique », explique Jean-Marie Tarascon, professeur au Collège de France, auteur référent pour l'étude et directeur du laboratoire Chimie du solide et énergie (Collège de France/CNRS/Sorbonne Université).

L'utilisation intelligente de fibres optiques permettant d'obtenir une image en température de l'intérieur de la batterie, mais aussi d'appréhender les flux de chaleur selon son utilisation, pourrait permettre la conception de systèmes de refroidissement plus performants. Par conséquent, les systèmes BMS ainsi développés pourraient permettre d'approcher les limites théoriques de technologies déjà existantes.

S'introduire dans la vie privée des batteries

Une fois la fibre optique insérée dans une cellule de batterie, l'expérimentateur reçoit une information de la fibre sous la forme d'une onde lumineuse, appelée longueur d'onde d'absorption, dont la fréquence et l'amplitude changent lorsque la température et la pression varient. Par leurs travaux, les chercheurs savent maintenant découpler le signal grâce à l'emploi des fibres optiques microstructurées et estimer qualitativement la part des variations due à chaque paramètre physique.

« Notre travail se distingue justement des autres par un agencement spécifique de trois fibres qui nous permet d'avoir accès aux paramètres thermodynamiques de la batterie. Les paramètres obtenus par cette calorimétrie optique sont essentiels au suivi de l'état de santé de la batterie et donc à l'optimisation de sa durée de vie », précise le Dr Jiaqiang Huang, post-doctorant au Collège de France et premier auteur de l'article.

« De plus, nous corrélons maintenant ces changements physiques observables aux événements chimiques qui ont lieu dans la batterie en fonctionnement, ajoute Laura Albero Blanquer, doctorante au Collège de France et deuxième autrice. Les cellules dans les packs batteries étaient jusqu'à maintenant des boîtes noires. »

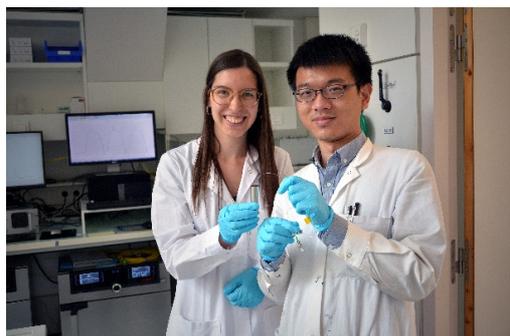


Photo de gauche : Laura Albero Blanquer (gauche) et Dr Jiaqiang Huang (droite)

Photo de droite : Dr Steven T. Boles (gauche), Pr Hwa-Yaw Tam (centre) et Dr Julien Bonefacino (droite)

Crédit photo : *The Hong Kong Polytechnic University*

Concrètement, les informations chimiques récupérées par les chercheurs leur permettent de mieux comprendre les réactions parasites nuisant au fonctionnement de

⁵ Qui ne va pas pousser les performances du pack au-delà d'une large marge de sécurité

la batterie ainsi que les dynamiques de formation et de croissance des interfaces électrodes/électrolytes,

La formation de ces nouvelles phases aux interfaces aussi appelés SEI (*Solid Electrolyte Interphase*) est une étape critique pour les industriels lors de la production des cellules car la nature et la structure de la SEI vont influencer la durée de vie des batteries. Maîtriser l'évolution de ces interfaces devient alors un enjeu essentiel pour les industriels.

« Les avancées techniques et scientifiques mises en avant par notre travail ont été rendues possibles par la convergence de deux domaines d'expertises, celui de la science des batteries et celui de l'ingénierie des capteurs optiques, complète Hwa-Yaw Tam, professeur à la Hong Kong Polytechnic University et spécialiste des capteurs optiques. Ces fibres ont en plus une excellente stabilité chimique et peuvent facilement être utilisées à une échelle industrielle, ce qui font d'elles des candidats idéaux pour d'autres types d'applications dans l'industrie de l'énergie. »

Cette approche est d'autant plus prometteuse que les auteurs de l'étude ont déjà commencé à l'étendre à d'autres systèmes de stockage de l'énergie (batteries alcalines, piles à combustible et supercondensateurs) et à l'utiliser dans d'autres domaines (catalyse ou électrolyse de l'eau pour la production d'hydrogène).

Les auteurs de l'étude ont bénéficié de l'aide de Faurecia, IDL et Tiamat et du soutien de deux fédérations de recherche, le DIM Respire et le RS2E (Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie) sous tutelle du MESRI et du CNRS.



Jean-Marie Tarascon est professeur au Collège de France, titulaire de la chaire Chimie du solide et de l'énergie du Collège de France.

Il dirige le Laboratoire de Chimie du solide et de l'énergie (CNRS/Collège de France/Sorbonne Université), le Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie et a reçu la médaille de l'innovation du CNRS en 2017.

Crédit : Collège de France / Patrick Imbert

Références de l'article :

Operando decoding of chemical and thermal events in commercial Na(Li)-ion cells via optical sensors
Jiaqiang Huang, Laura Albero Blanquer, Julien Bonafacino, Eric R. Logan, Daniel Alves Dalla Corte, Charles Delacourt, Betar M. Gallant, Steven T. Boles, Jeff R. Dahn, Hwa-Yaw Tam, Jean-Marie Tarascon. *Nature Energy* 2020

DOI : <https://10.1038/s41560-020-0665-y>

Ressources mises à disposition par le Collège de France et liens :

- Pr Jean-Marie Tarascon - Chaire Chimie du solide et de l'énergie (biographie et accès aux enseignements en ligne depuis 2010) : <https://www.college-de-france.fr/site/jean-marie-tarascon>
- Pr Jean-Marie Tarascon – Enseignement 2020-2021 - Techniques de diagnostic et d'auto-réparation pour des batteries plus performantes – Accès à l'agenda (ouverture le 6 février) : <https://www.college-de-france.fr/site/jean-marie-tarascon/course-2020-2021.htm>
- Pr Jean-Marie Tarascon - Chaire Chimie du solide et de l'énergie – Deux films dans la série Les courTs du Collège de France :
 - Électrochimie appliquée : les différents systèmes de batteries (2'10s) - <https://youtu.be/McnXNn8eqUs>
 - Électrochimie appliquée : les différents systèmes de batteries (6'08s) - <https://youtu.be/O1iYZNqNkJs>

À propos du Collège de France :

Le **Collège de France** est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche unique en France et sans équivalent dans le monde. Depuis sa fondation en 1530, il répond à une double vocation : être à la fois le lieu de la recherche fondamentale la plus audacieuse et celui de son enseignement à tous, sans condition d'inscription. On enseigne au Collège de France « le savoir en train de se constituer dans tous les domaines des lettres, des sciences ou des arts », et on y mène une recherche de pointe en partenariat avec de grandes institutions scientifiques. La grande majorité des enseignements du Collège de France sont librement accessibles sur internet.

En savoir plus sur www.college-de-france.fr

À propos du CNRS :

En France le **Centre national de la recherche scientifique** est une institution publique de recherche parmi les plus reconnues et renommées au monde. Depuis plus de 80 ans, il répond à une exigence d'excellence au niveau de ses recrutements et développe des recherches pluri et inter disciplinaires sur tout le territoire, en Europe et à l'international. Orienté vers le bien commun, il contribue au progrès scientifique, économique, social et culturel de la France. Le CNRS, c'est avant tout 32 000 femmes et hommes et 200 métiers. Ses 1000 laboratoires, pour la plupart communs avec des universités, des écoles et d'autres organismes de recherche, représentent plus de 120 000 personnes ; ils font progresser les connaissances en explorant le vivant, la matière, l'Univers et le fonctionnement des sociétés humaines. Le lien étroit qu'il tisse entre ses activités de recherche et leur transfert vers la société fait de lui aujourd'hui un acteur clé de l'innovation. Le partenariat avec les entreprises est le socle de sa politique de valorisation. Il se décline notamment via plus de 150 structures communes avec des acteurs industriels et par la création d'une centaine de start-up chaque année, témoignant du potentiel économique de ses travaux de recherche. Le CNRS rend accessible les travaux et les données de la recherche ; ce partage du savoir vise différents publics : communautés scientifiques, médias, décideurs, acteurs économiques et grand public.

En savoir plus sur www.cnrs.fr.

Contact pour la presse et les médias :

Guillaume Kasperski (Collège de France) : presse@college-de-france.fr ; tél. : + 33 1 44 27 12 72, +33 6 38 54 80 87

Bureau de presse du CNRS : presse@cnrs.fr ; tél. : + 33 1 44 96 51 51