

Sujet de Thèse : Liants polymères auto-réparants pour anodes au silicium dans les batteries Li-ion.

Laboratoire : Institut de Chimie Radicalaire ([ICR UMR 7273](#))

Equipe : Chimie Radicalaire Organique et Polymères de Spécialité ([CROPS](#))

Directeur de thèse HDR (100 %) : Dr. Didier GIGMES

Co-encadrant non HDR (0%) : Dr. Sébastien MARIA

email : sebastien.maria@univ-amu.fr

Contexte

L'épuisement des ressources fossiles et la nécessité de protéger notre planète sont devenus des défis sociétaux majeurs, stimulant le développement de nouvelles technologies de stockage de l'énergie. Dans ce contexte, la recherche de batteries lithium rechargeables efficaces pour alimenter les dispositifs électroniques et les véhicules électriques a récemment attiré une attention mondiale. Les anodes à base de silicium (Si) comptent parmi les candidats les plus prometteurs pour les **batteries lithium-ion** (LIBs) de nouvelle génération en raison de leur capacité théorique extrêmement élevée. Cependant, les importantes variations de volume associées à l'insertion/extraction des ions lithium entraînent la pulvérisation des particules de Si et la perte de contact électrique, ce qui entrave considérablement leur exploitation commerciale. Les matériaux développés par l'ICR, basés sur des copolymères à blocs, ont déjà démontré des performances remarquables en tant qu'électrolytes solides pour les batteries au lithium¹. De plus, nous avons déjà appliqué avec succès un liant élastomère à base de copolymères à blocs afin d'améliorer la stabilité d'anodes soumises à d'importants changements de volume². Une avancée majeure consisterait à intégrer un liant **polymère auto-cicatrisant** afin d'améliorer encore la stabilité cyclique des LIBs en réparant de manière autonome les dommages mécaniques internes et externes causés par les variations drastiques de volume des anodes à base de Si³. L'une des stratégies les plus prometteuses pour obtenir une auto-guérison spontanée repose sur l'assemblage supramoléculaire via des liaisons hydrogène dynamiques et réversibles ou des interactions ioniques.

Description du projet

Dans ce contexte, **ce projet de recherche vise à développer un liant auto-cicatrisant basé sur des copolymères à blocs pour la fabrication d'anodes en silicium pour des batteries lithium-ion tout-solide**. Les différents blocs fourniront de la conductivité ionique (ou électronique), de l'élasticité et une capacité d'auto-réparation. Ainsi, la personne recrutée sera responsable **(i)** de la synthèse et de la caractérisation de monomères fonctionnels, **(ii)** de leur copolymérisation par des méthodes avancées de polymérisation, telles que la « Nitroxide Mediated Polymerization »,⁴ afin d'obtenir des liants auto-cicatrisants et flexibles, et **(iii)** de la caractérisation des copolymères. Il/elle collaborera avec un partenaire, le Centre Microélectronique de Provence de l'École des Mines de Saint-Étienne (CMP-EMSE).⁵

Profil

Le candidat ou la candidate devra avoir obtenu (ou en cours d'obtention) un Master (ou diplôme d'ingénieur), avec un très bon dossier académique, en **chimie des polymères**, en **chimie organique** ou dans un domaine connexe. La personne recrutée devra avoir une bonne maîtrise de l'anglais et faire preuve d'une forte motivation, de rigueur, d'autonomie et d'initiative. De bonnes compétences en communication orale sont essentielles, car le processus de sélection repose en grande partie sur la présentation du candidat devant le Conseil du Laboratoire et le Comité de l'École doctorale.

Veuillez envoyer votre candidature comprenant : (i) un CV détaillé, (ii) les relevés de notes de M1 et M2 (iii) une lettre de motivation et (iv) des lettres de recommandation ou les coordonnées de personnes de références à : sebastien.maria@univ-amu.fr Date limite de candidature : 10 avril 2026.

Références bibliographiques

[1] R. Bouchet, S. Maria, R. Meziane, A. Aboulaich, L. Lienafa, J.-P. Bonnet, T. N. T. Phan, D. Bertin, D. Gigmes, D. Devaux, R. Denoyel, M. Armand, Nat. Mater., 12, 452 (2013). [2] A. T. Tesfaye, F. Dumur, D. Gigmes, S. Maria, L. Monconduit, T. Djenizian, Sci. Rep, 9, 4301 (2019). [3] S. Wu, F. Di, J.-G. Zheng, H.-W. Zhao, H. Zhang, L.-X. Li, X. Geng, C.-G. Sun, H.-M. Yang, W.-M. Zhou, D.-Y. Ju, B.-G. Anet, New Carbon Mater., 37(5), 802 (2022). [4] J. Nicolas, Y. Guillauneuf, C. Lefay, D. Bertin, D. Gigmes, B., Charleux, Prog. Polym. Sci., 38, 63 (2013). [5] Nasreldin, R. Delattre, C. Calmes, M. Ramuz, V. A. Sugiawati, S. Maria, J-L de Bougrenet de la Tocnaye, T. Djenizian, Energy Storage Mater., 33, 108 (2020).

PhD thesis title: : Self-healing polymer binders for silicon anodes in lithium-ion batteries

Laboratory: Institute of Radical Chemistry ([ICR UMR 7273](#))

Team: Radical Organic Chemistry and Specialty Polymers ([CROPS](#))

Directeur de thèse HDR (100%): Dr. Didier GIGMES

Co-encadrant non HDR (0%): Dr. Sébastien MARIA

email: sebastien.maria@univ-amu.fr

Context

The depletion of fossil resources and the need to protect our planet have become major societal challenges, driving the development of new energy storage technologies. In this context, the quest for efficient rechargeable lithium batteries to power electronic devices and electric vehicles has recently gained worldwide attention. Silicon (Si)-based anodes are among the most promising candidates for next-generation **lithium-ion batteries** (LIBs) due to their ultra-high theoretical capacity. However, the severe volumetric changes associated with lithium-ion insertion/extraction lead to the pulverization of Si particles and the loss of electrical contact, significantly hindering their practical deployment. Materials developed by ICR, based on block copolymers, have already demonstrated outstanding performance as solid-state electrolytes for lithium batteries¹. Moreover, we have successfully applied an elastomeric binder derived from block copolymers to enhance the stability of high-volume-change anodes². A key breakthrough will be the integration of a **self-healing polymer** binder to further improve the cycling stability of LIBs by autonomously repairing internal and external mechanical damage caused by the drastic volume changes in Si-based anodes³. One of the most promising strategies to achieve spontaneous self-healing relies on supramolecular assembly through dynamic and reversible hydrogen bonding or ionic interactions.

PhD project description

In this context, **this PhD project aims to develop a self-healing binder based on block copolymers for the fabrication of silicon anodes in solid-state lithium-ion batteries.** The different blocks will provide ionic (or electronic) conductivity, stretchability, and self-healing ability.

Thus, the PhD student will be responsible for **(i)** the synthesis and characterization of functional monomers, **(ii)** their copolymerization using advanced methods of polymerization, such as Nitroxide Mediated Polymerization,⁴ to obtain various self-healing stretchable electrolytes, and **(iii)** the characterization of the newly synthesized copolymers. He/she will collaborate with a partner, the Center Microelectronics in Provence of Ecole des Mines de Saint-Étienne (CMP EMSE).⁵

Candidate profile

The candidate should have completed, or be in the final stages of completing, a Master's degree (or equivalent), with a strong academic record, in **polymer chemistry, organic chemistry**, or a closely related field. The successful applicant should have a good command of English and demonstrate strong motivation, rigor, independence, and initiative. Good oral communication skills are essential, as the selection process relies heavily on the candidate's presentation before the Laboratory Council and the Doctoral School Committee. Please send your applications including (i) a detailed CV, (ii) Master's and undergraduate transcripts, (iii) a motivation letter, (iv) recommendation letters or contacts by email to: sebastien.maria@univ-amu.fr

Application deadline: 10th April 2026

References

[1] R. Bouchet, S. Maria, R. Meziane, A. Aboulaich, L. Lienafa, J.-P. Bonnet, T. N. T. Phan, D. Bertin, D. Gigmes, D. Devaux, R. Denoyel, M. Armand, Nat. Mater., 12, 452 (2013). [2] A. T. Tesfaye, F. Dumur, D. Gigmes, S. Maria, L. Monconduit, T. Djenizian, Sci. Rep, 9, 4301 (2019). [3] S. Wu, F. Di, J.-G. Zheng, H.-W. Zhao, H. Zhang, L.-X. Li, X. Geng, C.-G. Sun, H.-M. Yang, W.-M. Zhou, D.-Y. Ju, B.-G. Anet, New Carbon Mater., 37(5), 802 (2022). [4] J. Nicolas, Y. Guillauneuf, C. Lefay, D. Bertin, D. Gigmes, B., Charleux, Prog. Polym. Sci., 38, 63 (2013). [5] Nasreldin, R. Delattre, C. Calmes, M. Ramuz, V. A. Sugawati, S. Maria, J-L de Bougrenet de la Tocnaye, T. Djenizian, Energy Storage Mater., 33, 108 (2020).