

Proposition de stage 2025-26 *Internship Proposal 2025-26*

Parcours type(s) / *Specialty(ies)* :

- ☐ Chimie Analytique, Théorique, Spectroscopies et Electrochimie/ *Analytical, Theoretical Chemistry, Spectroscopies, Electrochemistry*
- ☐ Chimie Moléculaire / *Molecular Chemistry*
- ☒ **Chimie des Matériaux / *Materials Chemistry***
- ☐ Ingénierie Chimique / *Chemical Engineering*

Laboratoire d'accueil / *Host Institution*

Intitulés / *Name* : Chimie du Solide et Énergie

Adresse / *Address* : 11, place Marcellin Berthelot

Directeur / *Director (legal representative)* : Jean-Marie TARASCON

Tél / *Tel* :

E-mail : jean-marie.tarascon@college-de-france.fr

Equipe d'accueil / *Hosting Team* : CSE

Adresse / *Address* : Collège de France – 11, place Marcellin Berthelot

Responsable équipe / *Team leader* : Jean-Marie TARASCON

Site Web / *Web site* : [Solid-State Chemistry and Energy Lab – Research towards better energy storage and conversion systems](https://solid-state.cea.fr/en/research-towards-better-energy-storage-and-conversion-systems)

Responsable du stage (encadrant) / *Direct Supervisor* : Jean-Marie TARASCON/ Ion GHILESCU

Fonction / *Position* : Professeur / Doctorant

Tél / *Tel* :

E-mail : jean-marie.tarascon@college-de-france.fr / ion.ghilescu@college-de-france.fr

Période de stage / *Internship period* * : 6 mois (janvier/février – juillet/août 2026)

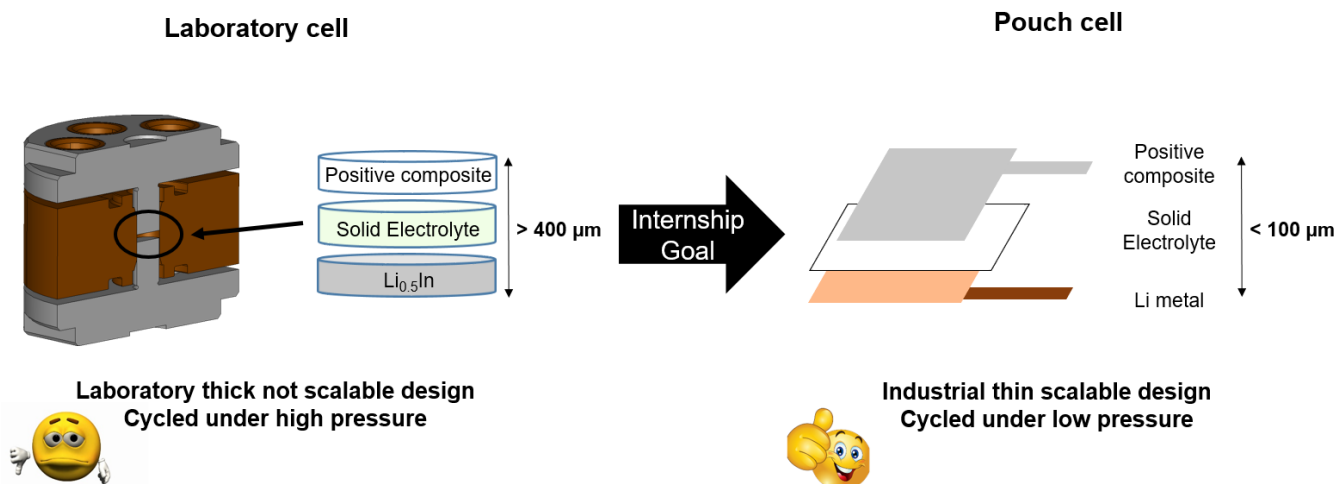
Développement et Caractérisation De Films d'Halogénures Pour Batteries Tout Solide

Projet scientifique du stage (1 à 2 pages) / *Internship scientific Project (1 to 2 pages)* :

La technologie tout solide porte de grands espoirs pour la prochaine génération de batteries. Grâce à l'intégration du Li métal comme électrode négative, un gain considérable en densité d'énergie est possible¹. Récemment, une famille d'électrolytes solides halogénés Li_2MX_y (avec M : Fe, Zr, In... et X : F, Cl, Br et I) a ressurgi. Ils présentent un intérêt marqué de par leur bonne conduction ionique à température ambiante ($\sim \text{mS/cm}$), leur stabilité à haut potentiel ($\geq 4 \text{ V vs Li}^+/\text{Li}$)² et leur facilité à être mis en œuvre par simple pressage. Cependant, ils se dégradent spontanément en contact du Li métal² via la formation d'une interface encore très peu comprise, la stabilisation de cette interface constitue l'un des axes du stage proposé.

Objectif du stage :

Ce stage, reposant sur l'expertise de notre laboratoire, consistera à la mise en forme³ par enduction, des films d'halogénures utilisés comme électrolytes solides, ainsi que des films composites d'électrodes positives. La tenue mécanique des films sera assurée par l'incorporation d'un liant polymère. Dans un premier temps, le ou la stagiaire aura pour mission d'identifier les paramètres optimaux, tels que la masse sèche, la proportion d'électrolyte solide et la quantité de liant, afin d'obtenir des films à la fois robustes mécaniquement et présentant une bonne conduction ionique (Li^+). Dans un deuxième temps, le travail se poursuivra par l'étude de la compatibilité chimique entre le lithium métal et le film d'électrolyte solide halogéné, dans le but d'améliorer la stabilité de l'interface. Parallèlement, un effort particulier sera consacré au développement d'un format de cellule de type « pouch », plus proche des dispositifs industriels. Cette approche visera à assurer la transition des cellules fonctionnant sous haute pression vers un format basse pression, tout en mettant en place un montage expérimental adapté à la réalisation de mesures électrochimiques fiables et reproductibles.



Les films élaborés seront caractérisés par différentes techniques afin de relier leur structure et microstructure à leurs performances :

- **Morphologie** : observée par microscopie électronique à balayage (MEB)
- **Propriétés thermiques** : mesurées par analyse thermogravimétrique (TGA) et calorimétrie différentielle (DSC)
- **Structure chimique** : suivie par diffraction des rayons X (DRX)
- **Transport ionique/électronique** : mesuré par des techniques électrochimiques (Impédance, chronoampérométrie...)
- **Performances** : suivies par cyclage galvanostatique

Profil recherché :

Ce stage s'adresse à une/un étudiant(e) de niveau Master 2, école d'ingénieur, ou équivalent, spécialisé(e) en chimie des matériaux avec des connaissances en électrochimie, et motivé(e) par les défis liés à l'énergie, au développement de la technologie tout solide et à la transition énergétique. La/le candidat(e) devra faire preuve de curiosité scientifique, d'esprit d'initiative, d'autonomie et de rigueur, et être motivé par le travail expérimental et en équipe.

Ce projet de stage s'inscrit dans le cadre d'une thèse en collaboration entre le laboratoire de Chimie du Solide et de l'Energie (CSE) au Collège de France, où le stage se déroulera, et le Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris (LCMCP- Equipe RMES) à Sorbonne Université. La/le stagiaire acquerra une expérience pluridisciplinaire en conception et caractérisation de matériaux composites innovants. Les résultats obtenus pourront donner lieu à une publication scientifique et/ou d'un brevet industriel.

Pour toute candidature, envoyez votre CV, ainsi qu'une lettre de recommandation si disponible, au doctorant : **ion.ghilescu@college-de-france.fr**

Références :

- (1)Janek, J.; Zeier, W. G. Challenges in Speeding up Solid-State Battery Development. *Nat Energy* **2023**, 8 (3), 230–240. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01208-9>.
- (2)Asano, T.; Sakai, A.; Ouchi, S.; Sakaida, M.; Miyazaki, A.; Hasegawa, S. Solid Halide Electrolytes with High Lithium-Ion Conductivity for Application in 4 V Class Bulk-Type All-Solid-State Batteries. *Advanced Materials* **2018**, 30 (44), 1803075. <https://doi.org/10.1002/adma.201803075>.
- (3)Chometon, R.; Deschamps, M.; Dugas, R.; Quemin, E.; Hennequart, B.; Deschamps, M.; Tarascon, J.-M.; Laberty-Robert, C. Targeting the Right Metrics for an Efficient Solvent-Free Formulation of PEO:LiTFSI:Li₆ PS₅ Cl Hybrid Solid Electrolyte. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2023**, 15 (50), 58794–58805. <https://doi.org/10.1021/acsami.3c11542>.