

RS2E

Centre de Recherche en Amont (CRA)

Laboratoires (17)

Laboratoires LABEX (13)

- LRCS (Amiens)
- ICMCB (Bordeaux)
- ICR & MADIREL (Marseille)
- ICGM (Montpellier)
- IS2M (Mulhouse)
- IMN (Nantes)
- CEMHTI (Orléans)
- Chaire Chimie du Solide & LCMCP & IRCP (Paris)
- IPREM (Pau)
- CIRIMAT (Toulouse)

Laboratoires Associés (4)

- LG2A (Amiens)
- LEPMI (Grenoble)
- IEMN (Lille)
- PHENIX (Paris)

Cellules de Pré-transfert

Prototypage, up-scaling, sécurité et modélisation comportementale

Plateformes Analytiques

DRX/RMN/SPX/Microscopie électronique/
Mössbauer/Sécurité/ Synchrotron

Centre de Recherche Technologique et d'Intégration (CRTI)

CEA, IFPen, INERIS

Club des Industriels (CI)

- **Le Centre de Recherche Amont (CRA)** piloté par le CNRS comprend les laboratoires académiques. Il s'agit de 17 laboratoires CNRS-Universités (Bordeaux, Amiens (2), Nantes, Pau, Montpellier, Marseille (2), Toulouse, Orléans, Paris (4), Mulhouse, Grenoble et Lille, [lien vers la liste complète des laboratoires](#)), **qui ont pour mission d'explorer les nouveaux concepts de batteries et plus particulièrement les matériaux hautes performances**, créant ainsi des nouvelles connaissances et stimulant de nombreuses innovations scientifiques. Le Centre de Recherche Amont regroupe des cellules de pré-transfert qui se présentent comme des outils de caractérisation et des équipements légers nécessaires à des validations de concept en vue d'un transfert rapide au centre d'intégration.
- **Le Centre de Recherche Technologique et d'Intégration (CRTI)** piloté par le CEA se base pour l'essentiel sur la recherche technologique et les plateformes développées au CEA/Grenoble-Chambéry sur la base de STEEVE et de l'[INES](#). Il **permet de réaliser, à grande échelle, des prototypes d'exploration fonctionnelle et de démonstration de performances de systèmes innovants en vue du transfert des ruptures technologiques obtenues (matériaux, électrodes, électrolytes, intégration,...)** vers l'industrie. Le CRTI teste et valide les concepts issus du CRA **jusqu'aux essais de batteries en véhicules** tests avec le soutien de plateformes associées notamment de l'[IFPEN](#) et de l'[INERIS](#).
- **Le Club des Industriels (CI)**
- Il est à l'heure actuelle composé de 15 entreprises (9 grands groupes & 6 PME). Le RS2E offre aux industriels la possibilité :
- d'accéder directement à l'ensemble des innovations et des brevets issus des travaux scientifiques développés en amont.
- de nouer des partenariats spécifiques avec un ou plusieurs membres du réseau (laboratoires et/ou organismes).

Les cellules de pré-transfert

- Au nombre de 4, ces cellules, regroupent les maillons nécessaires au procédé en chaîne indispensable pour assurer le transfert rapide d'un concept vers sa validation à l'échelle de démonstrateurs (prototypes). Leur mission séparée se décline comme suit :
- Cellule de pré-transfert *pour le test des composants en prototype* : Elle est animée par le CEA et vise à l'intégration des innovations réalisées en recherche amont tant au niveau des électrodes et des électrolytes que de leur formulation sur des éléments de batteries de format 18650 et de supercondensateurs de format C, afin d'en retirer des résultats fiables et nécessaires pour juger du passage à l'échelle de prototypage pré-industriel.
- Cellule de pré-transfert *pour la sécurité des batteries* : Elle est animée par l'INERIS (*EPIC experte en sécurité*) et tente d'intégrer la maîtrise des risques tout au long du cycle de vie de nouveaux matériaux (manutention, sécurité, toxicité, recyclage) dès les phases amont d'intégration.
- Cellule de pré-transfert ***Modélisation Comportementale des Pré-prototypes*** : Elle est animée par l'IFP et elle vise à générer des banques de données expérimentales propres aux matériaux testés pour concevoir les systèmes de gestion des batteries.
- Cellule de pré-transfert ***à grande échelle matériaux-composants*** : Elle est à disposition de tout industriel souhaitant évaluer la possibilité de fabrication à grande échelle de nouveaux matériaux, de nouveaux électrolytes brevetés au sein du Centre de Recherche AMONT du RS2E.

Thématiques de recherches RS2E

- **Li-ion avancé** : Dédicée à la technologie à ions Li, elle adressera les verrous technologiques restant à lever au niveau des matériaux d'électrodes, d'électrolytes et de formulation afin d'en augmenter leurs performances, fiabilité et sécurité.
- **Le stockage capacitif** : Accumulateurs et supercondensateurs trouveront une synergie efficace au sein de cette thématique via des recherches communes sur la nano-structuration d'oxydes via des approches 'templates', la confection d'électrodes de carbone microporeuses et la formulation de nouveaux électrolytes dont les liquides ioniques, le tout pour élaborer de nouveaux supercondensateurs classiques ou hybrides à performances exacerbées.
- **Le stockage éco-compatible** : Il traitera les problèmes de recyclage et d'analyse de cycle de vie (ACV) des matériaux et des systèmes trop délaissés aujourd'hui et privilégiera le contexte du développement durable via de nouveaux concepts d'électrodes renouvelables et la mise au point de synthèses innovantes reposant plutôt sur des approches bio-inspirées, biomimétiques et/ou bio-assistées que sur les préceptes de la «chimie verte».
- **Nouvelles chimies** : Les nouvelles technologies ré-émergentes telles Li-Air et Li-S, suscitant l'engouement actuel de nos industriels y sont adressées, tout autant que la technologie Na-ion, les nouveaux systèmes (Na-S, Redox-flow) pour le stockage de masse et la technologie tout solide pour les applications stationnaires haute température.
- **Matériaux intelligents** : Cette thématique vise à l'identification, la fonctionnalisation chimique et mise en forme de matériaux, qui grâce à leurs propriétés redox, possèdent des propriétés optiques, thermoélectriques et électrochromes modulables et dont les chimies sont parfois compatibles pour réaliser des configurations-architectures bi-fonctionnelles astucieuses (faradique-photovoltaïque, faradique-thermoélectrique, ou capacitif-piezo-électrique).

Axe transversal : Théorie

- Le groupe théorie du RS2E regroupe un ensemble de chimistes dont l'expertise va des méthodes de Chimie Quantique (échelle microscopique) aux méthodes de Continuum (échelle macroscopique), en passant par les méthodes de Dynamique Moléculaire ou les méthodes dites à « Gros Grains » (échelle mésoscopique). Il a pour but de fédérer les théoriciens français – aujourd'hui localisés dans 7 régions différentes de France – autour de projets communs, en adéquation avec les recherches expérimentales menées dans les autres groupes thématiques du réseau. Il se réunit régulièrement pour dresser le bilan des actions de recherche en cours, mais aussi pour établir de nouveaux projets et initier de nouvelles collaborations.

- Ses **objectifs scientifiques** visent à *accompagner, orienter, aiguiller* les expérimentateurs et industriels du réseau dans leur quête de nouveaux dispositifs électrochimiques plus performants – via le couplage théorie / expérience – mais aussi à *comprendre, interpréter, prédire* les mécanismes électrochimiques mis en jeu dans ces systèmes complexes. Outre les enjeux économiques et écologiques liés aux dispositifs de stockage électrochimique de l'énergie, les questions soulevées par les recherches expérimentales du RS2E lancent de nouveaux défis aux théoriciens pour développer des outils capables (i) de décrire les systèmes au plus près des conditions expérimentales, (ii) d'établir des corrélations entre structures et propriétés, (iii) de comprendre les phénomènes rédox à différentes échelles spatiales et temporelles ou encore (iv) de proposer de nouveaux concepts permettant d'envisager d'autres formes de stockage électrochimique de l'énergie. Les recherches du groupe s'articulent donc naturellement autour d'un axe méthodologique et d'un axe applicatif, tous deux déclinés selon trois thèmes principaux :
- Le **couplage Théorie/Expérience** : ce thème est particulièrement important puisqu'il permet de valider les méthodes de calculs utilisées pour reproduire les données expérimentales et, le cas échéant, de les améliorer par des développements adaptés. Il permet aussi d'analyser quantitativement les données obtenues pour des systèmes complexes comme les défauts ponctuels, la réactivité des surfaces / interfaces, les mécanismes rédox, les phénomènes de diffusion etc ... Les confrontations théorie/expérience se font grâce au calcul de grandeurs thermodynamiques et/ou cinétiques et de simulations de spectroscopies diverses (RMN, XPS, XRD, Mössbauer, etc...). L'évolution des systèmes est également envisagée via les approches dynamiques, dépendantes du temps.

- Le « **Génome à la Française** » : pour concevoir des matériaux toujours plus performants, les méthodes combinatoires se placent aujourd'hui au cœur de la compétition internationale. Une autre approche, plus intuitive, consiste à établir un cahier des charges précis auquel les matériaux d'électrode sont soumis, et de le transcrire en concepts clés qui seront introduits dans des procédures de prédiction structurale.
- Les **Approches Multi-Echelles** : comprendre les processus de dégradation des différents éléments d'une batterie est un véritable défi pour les théoriciens. Une stratégie possible consiste à déterminer des indicateurs de défaillance, véritables signatures de l'état de santé de ces dispositifs, de manière à prévenir la dégradation des batteries et pourquoi pas, à proposer des alternatives à cette dégradation. Les approches multi-échelles (spatiales et temporelles) sont les seules capables de répondre à ce besoin. Elles permettent de traduire, à un niveau macroscopique, l'ensemble des mécanismes élémentaires survenant à l'échelle atomique.

Axe transversal : Sécurité

- L'aspect sécurité peut devenir un frein au développement de nouveaux matériaux et à la commercialisation de systèmes électrochimiques. Il est donc primordial d'évaluer précisément les risques afin de les maîtriser et/ou d'orienter les recherches vers des systèmes plus surs. Les matériaux et électrolytes prometteurs issus des différentes thématiques du réseau sont d'une part conditionnés dans des dispositifs électrochimiques complets grâce à la plateforme de pré-transfert de prototypage. Puis, des tests de sécurité sont effectués sur la plateforme STEEVE sécurité basée à l'INERIS. Ces cellules sont soumises à des essais sévères (surcharge, court-circuit, chauffage adiabatique...) pour lesquelles des conséquences de type incendie ou explosion sont prévisibles.
- D'autre part, la réactivité à l'interface matériau/électrolyte est étudiée par des techniques de calorimétrie. Les produits de décomposition sont identifiés par les différents moyens de caractérisation (IR, XPS, DRX, TEM, spectrométrie de masse) mises à disposition par les plateformes du réseau. A partir des résultats obtenus, les mécanismes de dégradation thermique peuvent être établis permettant de proposer des directions pour l'optimisation du matériau ou de l'électrolyte. L'impact de la composition de l'électrolyte pour batterie Li-ion (sel de lithium, solvant et additif) sur les propriétés de la SEI et le vieillissement est étudié en parallèle, utilisant principalement la technique de spectrométrie de masse. Cette thématique s'appuie sur la cellule de pré-transfert sécurité.