

Mobilité durable | Batteries

BATTERIES: DE LA CONCEPTION AU RECYCLAGE

NOS RÉSEAUX

PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ, CONSORTIUMS

Consortium COMUTES²

?? Créé en 2018 sous l'impulsion d'IFPEN aux côtés du CEA-LITEN, de l'EIGSI, de l'université Gustave Eiffel, de l'IMS et de l'UTC, le consortium COMUTES² (**CO**nsortium pour la **MU**tualisation de **T**ests **E**lectriques sur **S**ystèmes de **S**tockage) a pour objectif de mettre en place et de réaliser des campagnes d'essais mutualisées de vieillissement de batteries, ouvertes à des adhérents extérieurs. La première campagne d'essais, dédiée au vieillissement en cyclage à froid des batteries Li-ion, a été réalisée en 2020. La deuxième, qui concerne la problématique du vieillissement de cellules prismatiques LFP, a été lancée en juin 2023. La troisième campagne démarrera début 2025 : une consultation est en cours pour identifier un sujet d'intérêt pour une majorité d'industriels.

Réseau RS2E

Le Réseau français sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E) rassemble des acteurs publics et privés pour accélérer la recherche fondamentale et l'industrialisation des nouvelles technologies de batteries et de supercondensateurs. Grâce à sa participation au réseau RS2E, IFPEN consolide ses travaux dans le domaine des batteries, notamment en confrontant ses développements aux besoins des industriels et en identifiant des partenaires de recherche pour des thèses ou des projets collaboratifs.

PROJETS COLLABORATIFS

OPTIMA

Le projet OPTIMA (**O**util de **P**roduc**T**ion **I**nnovant de **M**atières **A**ctives), sélectionné dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt « Projets stratégiques sur la chaîne de valeur des batteries » de BPI France, est mené depuis 2024 par IFPEN et Axens dans l'objectif d'implanter d'ici 4 ans sur **le site industriel de Salindres** (Gard) **le premier outil pilote français de production de précurseurs de matières actives pour cathode (pCAM)**. Ce pilote est destiné à accélérer le développement de la filière des pCAM sur le sol français en préparant les nouvelles générations de ces matériaux clés des batteries pour véhicules électriques et en servant de modèle pour de prochaines usines de production.

MACADAMIA

Le projet MACADAMIA (**MA**tériaux pour **CA**tho**D**e pour une **AM**b**I**tion fr**A**nçaise), sélectionné dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt « Projets stratégiques sur la chaîne de valeur des batteries » de BPI France, est mené depuis 2024 pour une durée de 8 ans par IFPEN et Axens dans le but de **développer les futures générations de matières actives de cathodes**, composants clés des batteries pour véhicules électriques. Ces matériaux, élaborés à partir de métaux recyclés dans le respect de normes environnementales très strictes, permettront à la France de réduire sa dépendance aux métaux critiques et d'accéder à la souveraineté industrielle dans ce secteur d'avenir. Les travaux de recherche des équipes d'IFPEN sont consacrés au développement des formulations et des procédés de fabrication de ces produits finis à fort contenu technologique.

BATSS

Le projet européen BATSS (Safe efficient **BAT**tery **S**y**S**tem based on advanced cell technology) vise à faire progresser l'expertise dans les technologies des systèmes de batteries. Coordonné depuis 2024 par CIDETEC Energy Storage (Espagne), il réunit 11 partenaires académiques et industriels européens. BATSS ambitionne de **développer un nouveau concept de pack batterie sûr et optimisé au niveau électrique, thermique et mécanique** à destination de plusieurs types de véhicules dont en particulier les engins de chantier. Les travaux de recherche des équipes d'IFPEN

concernent notamment la caractérisation électrochimique et thermique de la cellule, la modélisation et la simulation paramétrique 1D, la simulation 3D (propagation des gaz d'emballement thermique), les essais de vieillissement, ainsi que l'analyse du cycle de vie (LCA) et la détermination du coût de cycle de vie (LCC) du pack batterie.

Ce projet a bénéficié d'un financement de la part du programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne Horizon Europe au titre de la convention de subvention 101103821.

BATCAT

Le projet européen BatCAT (**BAT**tery **C**ell **A**ssembly **T**win) vise à développer **un jumeau numérique des étapes de fabrication des batteries** et de leur enchainement, basé sur des simulations multi-physiques et piloté par les données. Mené depuis 2024 par l'université norvégienne pour les sciences de la vie, il fédère 17 partenaires comprenant des universités, des entreprises et des centres de recherche à travers toute l'Europe. IFPEN contribue au projet en fournissant **ses modèles physiques de comportement des batteries**, développés depuis de nombreuses années. Ce jumeau numérique vise en particulier à améliorer la compréhension de la dégradation des batteries et le lien entre ces dégradations et les paramètres de fabrication afin de développer des batteries plus performantes et plus durables. Le jumeau numérique sera validé dans des lignes de production à petite échelle pour les batteries Li-ion et Na-ion permettant une large étude paramétrique.

Ce projet a bénéficié d'un financement de la part du programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne Horizon Europe au titre de la convention de subvention 101137725.

HyList

Le projet européen HyList (**Hy**brid **Li**thium Metal-based Scalable Solid **St**ate Battery Manufacturing), mené par AIT en partenariat avec 11 partenaires académiques et industriels dont IFPEN, a démarré en janvier 2025 pour une durée de trois ans. Il ambitionne de développer **une technologie tout solide** (ASSB : All Solide-State Battery) utilisant un électrolyte organique hybride conducteur des ions lithium uniquement (HSICP : hybrid single-ion ceramic polymer), une électrode positive spinelle haute tension et sans cobalt : le LNMO (lithium nickel manganese oxides), et le lithium métallique à la négative. IFPEN est leader des travaux de modélisation multiéchelle. Ces travaux comprennent trois sous-parties : la modélisation du transport dans l'électrolyte à l'échelle de la microstructure, la modélisation multiphysique pour l'étude des performances, du vieillissement, et de la sécurité à l'échelle de la cellule, et la simulation système pour les applications véhicules et aéronautiques. IFPEN apporte également sa contribution dans les études économiques et de cycle de vie ainsi que dans les essais (électrochimie, gonflement, sûreté).

Ce projet a bénéficié d'un financement de la part du programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne Horizon Europe au titre de la convention de subvention 101147688.

ISSTOGRAM

Soutenu par BPI France dans le cadre du programme « Soutien aux projets d'investissements pour produire en France les véhicules routiers de demain et leurs composants » de France Relance 2030, le projet ISSTOGRAM (**I**ndustrialisation d'un **S**ystème de **STO**cka**G**e **R**ecycl**A**ble pour la **M**obilité), mené par Savoy, regroupe plusieurs entités du groupe Savoy International, Wise intégration, Pymco Technologies et IFPEN comme partenaire de recherche. Ce projet de trois ans, démarré début 2024, a pour objectif d'**industrialiser en Europe des packs batteries à haute valeur environnementale pour véhicules légers** (de la trottinette au quadricycle). Les packs démontables permettront en particulier de faciliter la maintenance et le réemploi. IFPEN intervient pour mettre en place un outil de diagnostic rapide de l'état de santé des cellules après démontage. Cet outil algorithmique basé sur l'intelligence artificielle a fait l'objet d'un brevet IFPEN. Il sera à terme intégré à la ligne de production/démontage des packs batterie du groupe Savoy.

BATMAN

Le projet ANR BATMAN (**BAT**teries: data **M**ining, **A**rtificial intelligence and digital twins for the **N**ext generation) vise à introduire l'intelligence artificielle dans le développement des batteries de nouvelle génération. Mené depuis 2023 par Sorbonne Université en partenariat avec le CEA, le CNRS, l'université de Toulouse III, le CINES et IFPEN, le projet a trois objectifs majeurs : mettre au point **une méthodologie de criblage haut débit** adaptée aux interfaces du Li métal avec les électrolytes des batteries tout-solide, aux électrolytes des batteries Na-ion et aux matériaux 2D pour les batteries de haute puissance ; développer de nouveaux outils pour simuler **les changements qui se produisent à l'interface électrode/électrolyte** ; créer **un jumeau numérique** capable de prédire et d'optimiser le lien entre la fabrication, les propriétés des électrodes et les performances pour les technologies tout-solide et Na-ion.

SONIC

Le projet SONIC (**S**olid-state **O**rganic anio**NIC** battery), porté par l'IMN, est l'un des 7 projets lauréats de l'appel à projet du PEPR (Programme et Equipements Prioritaires de Recherche) « Batteries ». SONIC rassemble 4 laboratoires (IMN, LRCS, CEA, IFPEN) travaillant sur la construction d'une solution pour réduire l'empreinte environnementale globale des batteries. Démarré en 2023, SONIC ambitionne de développer en 5 ans **des batteries moléculaires tout solide de type anion-ion** dépourvues de métaux et compatibles avec des électrolytes polymères à conduction anionique.

HELENA

Le projet Horizon Europe HELENA (**H**alide solid state batteries for **EL**ectric v**E**hicles a**N**d **A**ircrafts), porté par CIC Energigune (centre de recherche basque sur le stockage de l'énergie), fait coopérer 15 partenaires académiques et industriels dont IFPEN depuis 2022 et pour une durée de 4 ans. L'objectif est de développer **une batterie tout solide (ASSB : All Solide-State Battery) à haute densité d'énergie et haute densité de puissance**. La technologie associera un électrolyte solide inorganique de type halogénure, développé par Saint-Gobain pour les applications automobiles et aéronautiques, une électrode positive NMC riche en Ni (Ni-rich NMC) à haute capacité et une électrode négative en lithium métallique. IFPEN est leader des travaux transverses de modélisation

multi-échelle et multiphysique (du matériau au système) du projet, venant en support à l'ensemble des développements. IFPEN contribue à ces travaux à travers différents développements, modèles et essais expérimentaux.

Ce projet a bénéficié d'un financement de la part du programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne Horizon Europe au titre de la convention de subvention 101069681.

Micro-Q-Li

Le projet ANR Micro-Q-Li (**Micro**scopie LIBS **Q**uantitative du **Li**thium), mené depuis 2021 par IFPEN en collaboration avec l'lLM (Institut Lumière Matière), vise à développer **la microscopie quantitative du lithium** à partir de la technique d'imagerie LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy). L'objectif est de diviser par dix la résolution spatiale actuelle de cette technique pour atteindre le micron en conservant une sensibilité suffisante au lithium. L'outil serait ainsi utilisable pour analyser les composants internes des batteries Li-ion comme les électrodes, et ainsi permettre de localiser et quantifier les pertes de lithium cyclable dues aux différents mécanismes de vieillissement microscopiques internes. Les images élémentaires obtenues sont rendues quantitatives par l'obtention de courbes de calibration pour des électrodes mises à des états de charge contrôlés et dont la teneur en lithium est déterminée indépendamment par spectroscopie d'émission atomique. Dans le cadre de ce projet, un prototype a été réalisé. Il a permis de mesurer les performances analytiques du procédé et de montrer son apport dans la caractérisation des batteries lithium ion sur plusieurs cas d'exemple.

AuRAnode

Le projet AuRAnode (***Au**vergne-**R**hône-**A**lpes a**node***), mené par ENWIRES en collaboration avec Tokai Cobex et IFPEN depuis 2021 et financé dans le cadre de l'appel à projets « Projets Structurants Pour la Compétitivité Régions », vise à produire en Auvergne-Rhône-Alpes **un matériau d'électrode négative de batteries lithium-ion**. Nommé SiBoost™, ce matériau conçu par ENWIRES et constitué d'un composite silicium-graphite devrait permettre de doubler la densité d'énergie stockable dans la négative. Utilisable dans les usines de production de cellules actuelles de batteries, il pourra alimenter les futures gigafactories européennes et contribuer à donner à l'Europe une longueur d'avance dans le stockage d'énergie renouvelable et la mobilité électrique. IFPEN contribue à l'optimisation du matériau dans sa version préindustrielle à travers des analyses physico-chimiques, des essais expérimentaux à différentes échelles et des travaux de modélisation du comportement mécanique notamment.

CONTACTS



Julien BERNARD

Responsable du programme « Systèmes électrochimiques et gestion d'énergie »

julien.bernard@ifpen.fr



Alexandre PAGOT

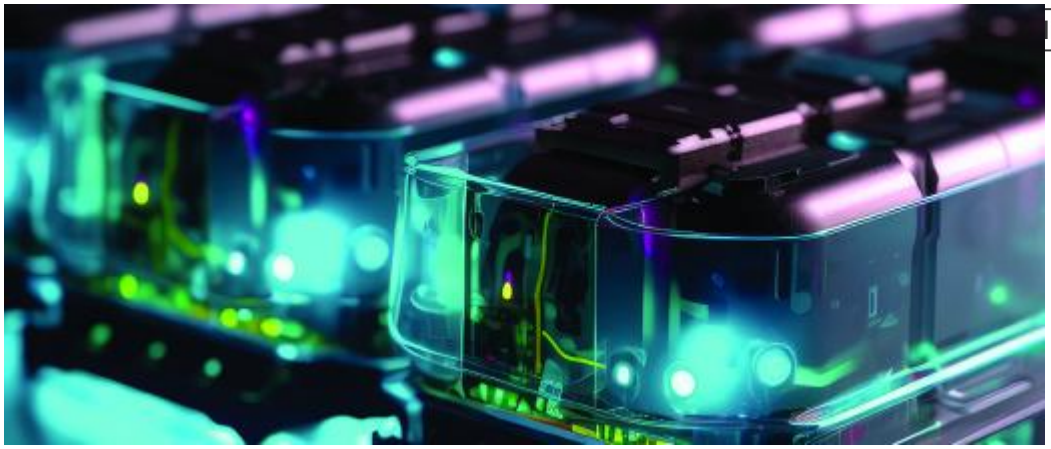
Responsable de programme « Métaux stratégiques de la Mobilité Durable »
alexandre.pagot@ifpen.fr



Innovation et industrie
Actualités
novembre 2020

Étude du vieillissement des batteries : COMUTES2 lance sa première campagne d’essais

Communiqués de presse



lité électrifiée
Batteries

Innovation et industrie
Actualités
septembre 2023

Fin du projet européen MODALIS2 et lancement d’HELENA : en route vers les batteries du futur

Mobilité durable
Mobilité électrifiée
Batteries

Batteries : Nos réseaux

Lien vers la page web :