

Photobiopiles à cyanobactéries

L'objectif de ce projet est de construire une photobiopile basée sur l'immobilisation et la connexion de cyanobactéries. Ce concept dérivé des piles à combustible sera appliqué à la réalisation de dispositif de production d'électricité à partir d'énergie solaire. Ce photovoltaïque « vert », ou « biophotovoltaïque » est un tout nouveau domaine encore peu développé dont on peut prédire un essor important dans le futur. Ce projet est donc particulièrement novateur et aura pour objectif le développement d'une photobiopile utilisant l'énergie lumineuse. La construction de ce prototype de photobiopile repose sur la possibilité de générer du courant électrique par oxydation catalysée par des cyanobactéries connectées à une électrode (soit directement soit via un médiateur) et par réduction de l'oxygène

ValHyd

Ce projet vise à valider un concept innovant dans la récupération à faible coût des hydrocarbures imbrûlés, pour améliorer l'efficacité énergétique d'un système de production d'énergie tout en contribuant à réduire les émissions toxiques. L'utilisation d'une pile à combustible de type SOFC en configuration mono-chambre permettra de valoriser en électricité les résidus d'hydrocarbures non consommés contenus dans le gaz d'échappement des moteurs thermiques et également de dépolluer les rejets atmosphériques. Dans un premier temps, ce projet doit permettre de déterminer la capacité de production d'électricité et le taux de dépollution d'une pile mono-chambre au contact d'hydrocarbures et d'oxygène. Dans un deuxième temps, les données expérimentales recueillies nous permettront via analyse et modélisation de déterminer des architectures optimales de ces systèmes ainsi que des données technico-économiques pour permettre d'envisager une application efficace.

HV-GaN

Les propriétés intrinsèques du Nitrure de Gallium (GaN) en font un matériau de choix pour de nombreuses applications (LEDs bleu, amplificateur de puissance hyperfréquence etc.). Des progrès significatifs ont été récemment réalisés sur la croissance du GaN sur substrat de silicium de large diamètre (jusqu'à 200 mm). Cela permet d'envisager l'utilisation de ce matériau pour des applications bas coût dites « grand public » et devrait notamment révolutionner dans les années à venir le domaine de la conversion énergétique avec le développement en cours au niveau industriel d'une nouvelle génération de composant de puissance fonctionnant à 600 V délivrant des rendements de conversion et des températures de fonctionnement bien plus élevés que les composants disponibles actuellement avec, de surcroît, un encombrement très réduit. Afin de bénéficier de cette nouvelle filière de composant pour des applications nécessitant une tension de fonctionnement de plus d'un kilovolt, nous proposons de développer une solution innovante basée sur une gravure localisée du silicium en face arrière afin de repousser les limites de la tension de claquage actuelle des composants GaN-sur-Si au-delà de 3 KV.

CODOPER

L'objectif du projet est d'étudier la fonctionnalisation des polymères utilisés comme encapsulants dans les cellules photovoltaïques. Cette fonctionnalisation devra permettre de convertir des photons ultraviolets en photons infrarouges afin de mieux exploiter le spectre solaire en vue d'un meilleur rendement de conversion dans les cellules solaires. Le polymère étudié sera l'EVA (éthylène vinyl acetate) qui est le plus utilisé comme encapsulant dans l'industrie du photovoltaïque et qui sera associé à des éléments photoluminescents tels que Tb et Yb sous forme de dopant insérés dans une matrice d'oxyde nanométrique. L'utilisation de ces deux éléments de terre rare devrait permettre l'obtention du processus appelé « downconversion », la production de deux photons infrarouge à partir d'un seul photon ultraviolet. Ce projet innovant présente un double intérêt à savoir la compréhension de notions fondamentales de la conversion et une application évidente possible en remplacement de l'EVA actuel dans les modules PV par un nouveau matériau fonctionnel.

NanoSiThé

Ce projet, regroupant trois instituts du CNRS aux expertises complémentaires, consiste à préparer de nouveaux nanocomposites céramiques combinant le carbure de silicium (SiC) comme matrice et le siliciure de magnésium (Mg₂Si) comme inclusion nanocristalline pour une application en thermoélectricité. La voie dite des « polymères précéramiques » est mise en œuvre pour i) synthétiser des polymères, précurseurs de céramique, ii) les mettre en forme (avec des charges sacrificielles) par dip-coating et pressage à chaud pour élaborer respectivement des revêtements et des pièces, iii) pyrolyser les matériaux pour transformer le polymère en céramique Mg₂Si@SiC

tout en décomposant les charges sacrificielles générant ainsi la porosité dans les matériaux finaux. Des revêtements poreux et des mousses sont ainsi obtenus. Malgré l'absence de données dans la littérature sur ces matériaux en termes de faisabilité d'élaboration et de potentialité TE, l'expertise et la complémentarité du consortium doit nous permettre d'atteindre les objectifs fixés et d'aller au-delà de cette phase dans le cadre notamment des « défis de Sociétés ».

ECoNoPàC

Le projet EcoNoPàC a pour but de développer des matériaux à base de bore pour être utilisés comme combustibles d'un nouveau concept de pile à combustible liquide. Ces matériaux sont des polyboranes neutres ou anioniques, constitués de 8 à 12 atomes de bore, qui sont connus pour leur stabilité chimique et thermique. Nous travaillerons sur leur solubilité et leur électrooxydation partielle, car ce sont deux propriétés fondamentales à la validation de notre concept de pile, une technologie hybride entre la pile à combustible basse température et la batterie rechargeable.

ASCENSION

L'élaboration de nouveaux matériaux aux propriétés de stockage électrochimique de type « super-condensateur » constitue un challenge important dans la recherche d'énergie renouvelable. L'augmentation de la densité d'énergie de ces dispositifs de puissance constitue le verrou pour leur utilisation. Le projet s'inscrit dans la recherche de nouveaux matériaux basés sur l'interface entre une partie organique et un édifice inorganique hôte. Bien qu'exploratoire, le concept répond aux régulations environnementales des produits chimiques : un biopolymère, la lignosulfonate, issu de la biomasse et des hydroxydes doubles lamellaires ont été choisis comme respectivement la source de carbone et la matrice de confinement lamellaire. Après carbonisation et post-traitements, le confinement lamellaire du biopolymère devrait conduire à la formation de carbone microporeux assurant ainsi les propriétés de conductivité électronique (percolant) et d'accumulation de charges, la réponse pseudo-capacitive (faradique rapide) provenant des produits de décomposition de la charpente inorganique. La caractérisation fine aux interfaces des composites permettra de mieux comprendre leur comportement électrochimique testé en électrolyte

PYROS

Le projet vise à étudier les rendements énergétiques de dispositifs de récupération d'énergie thermique pour la génération de courants électriques, basés sur des couches minces monocristallines d'oxydes pyroélectriques intégrées monolithiquement sur des substrats à forte valeur technologique (e.g. Si, SOI). Deux oxydes pyroélectriques particulièrement efficaces seront étudiés : $(\text{Ba},\text{Sr})\text{TiO}_3$ et $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$. L'effet de la contrainte épitaxiale sur les propriétés pyroélectriques sera particulièrement étudié. Cette contrainte doit en effet permettre, dans une certaine mesure, de contrôler l'amplitude et l'orientation de la polarisation électrique de l'oxyde, la dépendance à la température de la pyroélectricité, et la température de Curie. Par ailleurs, différentes stratégies d'optimisation des rendements (cycles thermodynamiques, effets non linéaires, SSH,...) seront étudiées. Ce projet exploratoire serait complémentaire à une thèse financée par la région Rhône-Alpes qui devrait commencer à la rentrée 2013 sur ce sujet.

GREAT

Contrôler les propriétés thermiques d'une nano-céramique conductrice en jouant sur la génération d'architectures nanométriques texturées, c'est le challenge matériaux qu'un consortium de recherche interdisciplinaire lyonnais (INP, INC et INSIS) a commencé à relever dans un but d'innovation dans la thématique de la conversion thermoélectrique de l'énergie. Le projet porte sur l'élaboration de nano-poudres par une approche moléculaire unique en France, la mise en forme par une méthode moderne de frittage flash et l'étude des propriétés physiques vibrationnelles et thermoélectriques du système $\text{TiO}_2\text{-SnO}_2\text{:Nb}^{5+}$. Profitant de la spécificité de la thermodynamique de ce mélange à l'échelle nanométrique, le projet vise à contrôler la croissance de structures lamellaires intra-granulaires associée à un processus de décomposition spinodale. Cela permet d'introduire un nouveau canal de diffusion des ondes de vibrations du réseau, ou phonons, aux longueurs d'ondes les plus pertinentes aux températures d'intérêts de la thermo-électricité.

STONE

Le stockage de l'énergie, avec les problèmes de transport qui sont associés, représente un défi majeur. Cependant, les solutions étudiées n'offrent qu'une évolution dans la continuité des technologies mais n'offrent

pas de rupture propre à répondre pleinement à ce problème global. Ce projet propose d'étudier une version totalement nouvelle du stockage de l'énergie dans le noyau atomique plutôt que sur le cortège électronique, comme dans n'importe quelle réaction chimique. Ce changement de paradigme permettrait de stocker des énergies extrêmement élevées allant pour l'instant jusqu'à 10 keV/atome, contre seulement quelques eV/atomes actuellement. A long terme, on pourrait atteindre plusieurs MeV/atome. Les applications sont très vastes allant du stockage simple jusqu'à la propulsion de voitures et de véhicules spatiaux. Le projet vise à définir les méthodes de pompage, les matériaux de stockage et à préparer des expériences qui pourraient commencer fin 2014-courant 2015.

Dust4Pem

En utilisant une technique de dépôt plasma dite de « condensation », le projet Dust4Pem vise à synthétiser des catalyseurs à taille et forme contrôlées afin d'améliorer les densités de puissance des piles à combustible à membrane (architecture CCM, catalyst coated membrane), tout en conservant des charges catalytiques faibles. Alors que la pulvérisation plasma conventionnelle a permis de diminuer considérablement les quantités de métaux nobles dans les piles, cette technique trouve ses limites lorsqu'il s'agit de contrôler la géométrie, la taille, la qualité cristalline et la ségrégation des catalyseurs multi-métalliques. Un meilleur contrôle de la phase d'agrégation des nanoparticules est donc nécessaire. Dans le projet Dust4Pem, les nanoparticules catalytiques seront synthétisées par condensation dans le milieu plasma et seront ensuite injectées dans l'enceinte de dépôt afin de recouvrir une membrane échangeuse d'ions type Nafion pour atteindre des densités de puissance de l'ordre de 0.7 W cm⁻² avec 20 µgPt cm⁻² à la cathode

GREENPAC

La convergence des crises énergétiques, climatiques et économiques conduit à la remise en cause profonde de notre modèle de développement, et nécessite des changements importants dans notre manière de transformer, produire et consommer l'énergie. GREENPAC se propose de développer la première Biopile à combustible « VERTE » performante, où les transformations de l'hydrogène et de l'oxygène seront accélérées par des catalyseurs biologiques efficaces, dégradables et très spécifiques, en lieu et place des catalyseurs au platine. Pour ce faire, GREENPAC développera de nouvelles matrices biohybrides, matériaux carbonés à hiérarchie de pores/biocatalyseurs, afin d'augmenter les densités de puissance tout en assurant le transport des substrats. GREENPAC évaluera aussi l'alimentation de la biopile par de l'hydrogène issu de la fermentation de la biomasse afin de produire de l'électricité verte pour l'alimentation d'appareils nécessitant des densités de puissance de l'ordre du mW/cm² (applications autonomes portables et stationnaires de petite puissance).

NOXOMIX

Le projet NOXOMIX vise à exploiter de nouvelles associations hybrides basées sur : (i) l'utilisation de nouveaux nanocristaux d'oxyde de titane optiquement actifs dans le visible ; (ii) l'utilisation de nouveaux chromophores organiques à forts coefficients d'absorption et de réponse spectrale large ; (iii) l'utilisation de polymères conjugués semi-conducteurs et absorbants. L'objectif est d'exploiter simultanément différents mécanismes de génération de charges à l'interface hybride organique/inorganique, pour aboutir à une conversion photovoltaïque efficace des photons solaires sur la plus large gamme spectrale possible. Les composants élaborés reposeront sur plusieurs concepts de cellules solaires hybrides (cellules sensibilisées à colorants et hétérojonctions hybrides en volume) pour aboutir à de nouvelles architectures mixtes essentiellement développées à l'état solide (pas de composant liquide). La caractérisation avancées des cinétiques de transfert de charges et/ou d'énergie sera finalement menée afin d'optimiser les associations et les processus de génération visés. L'objectif principal est de lever les verrous actuels associés aux filières photovoltaïques hybrides à bas coûts pour la démonstration de performances compétitives.

Bactricité

Le projet Bactricité vise à améliorer notre compréhension des phénomènes et des mécanismes qui déterminent les performances des Piles à Combustible Microbiennes « PACM ». L'objectif de ce projet est d'étudier théoriquement et expérimentalement l'adhésion de bactéries électroactives sur différentes surfaces conductrices et de déterminer les conditions les plus favorables à leur adhésion. Par ce travail, il sera possible de vérifier l'effet des différentes forces d'interaction bactérie/électrode sur les propriétés catalytiques des biofilms et déterminer des conditions d'adhésion permettant leur enrichissement en bactéries électroactives dans des mélanges de communautés bactériennes. Ce projet vise également à étudier les performances électriques de

PACM à base de biofilms électroactifs contrôlés. L'ensemble de ce travail, permettra d'orienter la conception de PACM de meilleures performances et de proposer des architectures innovantes.

PHOTOCHYM

The global vision of PHOTOCHYM is to bridge the gap between material chemistry and molecular catalysis in a green chemistry approach for sustainable energy. We believe that functional porous coordination polymers (PCP) are very appropriate to design hybrid materials able to mimic enzymes, especially for green catalytic applications. In this sense we envisage PCPs as artificial metalloenzymes able to operate photocatalytic transformations under visible light for green energy production. In this perspective, PHOTOCHYM will demonstrate that the functionalization of well-selected PCPs by grafting a redox catalyst can combine both advantages of porous hybrid solids and molecular complexes. The objective of PHOTOCHYM is to develop unprecedented family of heterogeneous photocatalysts for the visible light driven production of fuels such as hydrogen from water or formate/formic acid from carbon dioxide.

FormHydable

Les hydrates de gaz sont des cristaux formés d'eau et de gaz, qui possèdent des propriétés adaptées aux applications de réfrigération et de climatisation. En effet, ils présentent une chaleur latente de fusion élevée ce qui leur permet d'être utilisés comme réserves de stockage de froid. De plus, dispersés sous forme de coulis, ils peuvent être utilisés pour le transport de froid. Le projet propose d'étudier par une approche de modélisation thermodynamique différents cycles de formation/dissociation d'hydrates mixtes formés à partir de gaz et de sel. L'objectif de cette étude vise à caractériser les transferts gazeux et thermiques au sein de ces systèmes pour les différents cycles étudiés. Il s'agira ensuite d'évaluer l'impact de ces transferts sur l'efficacité de procédés de stockage et de distribution de froid par hydrates mixtes. Ce travail s'inscrit également dans le cadre d'applications de cogénération pour des procédés thermiques fonctionnant à différents niveaux de température. En effet, associés aux différentes sources de chaleur d'une machine thermodynamique, les coulis d'hydrate pourraient être valorisés comme vecteur énergétique. Cette récupération de chaleur par les coulis pourrait ainsi permettre d'augmenter l'efficacité globale des installations.

COLOCO-CPLUM

Le rendement des cellules solaires à base de Si-c est limité dans le domaine de haute énergie du spectre solaire par la thermalisation des porteurs de charges. Il est possible de contourner ce problème en ajoutant sur la cellule une couche mince luminescente (CML) dopées par des ions terres rares qui transforme les photons UV-bleu en photons proche infrarouge deux fois plus nombreux. Des études ont déjà été menées avec succès autour de ce principe à l'ILM. Cependant l'écueil principal rencontré dans ces CML est leur très faible absorption qui limite le gain possible. Notre projet propose de coupler un cristal photonique (CP) à la CML pour accroître l'absorption. Les simulations que nous avons réalisées, montrent qu'en couplant un CP de Si₃N₄ avec une couche de CaYAlO₄ : Ce,Pr,Yb, il est possible d'augmenter l'absorption d'au moins un ordre de grandeur. Notre projet a pour but de réaliser ces structures en couches minces et de comparer les résultats expérimentaux à ceux des simulations. Nous pourrions ensuite étendre ce principe à d'autres matériaux.

Algal Domestication

Le projet consiste à développer une approche génétique innovante pour sélectionner par criblage haut-débit des microalgues capables de développer leur plein potentiel de productivité dans un système de production industriel. Bien que douées d'une forte productivité surfacique en biomasse, les microalgues isolées du milieu naturel ont développé des systèmes de régulations complexes qui leur permette de s'adapter aux fluctuations de leur environnement. Ces mécanismes présentent un coût énergétique qui limite la productivité des souches en conditions optimales de croissance. Le développement de procédés de culture industrielle nécessite de domestiquer les souches naturelles pour leur faire exprimer leur plein potentiel dans des conditions contrôlées. Le projet consistera à développer chez la microalgue modèle *Chlamydomonas* des approches génétiques associées à un criblage de haut-débit de souches mutantes basées sur un couplage entre des techniques de cytométrie en flux et d'imagerie fonctionnelle de fluorescence pour d'une part mieux comprendre les mécanismes de régulations de l'appareil photosynthétique et d'autre part d'isoler des souches performantes pour une production industrielle.

IMAGIPAC

Savoir mesurer les variations temporelles de distribution d'eau dans le cœur d'une pile à combustible en fonctionnement constitue un moyen extrêmement puissant d'étudier les phénomènes de transport qui ont lieu en son sein. Les méthodes d'imagerie permettant d'avoir accès à cet type d'information sont cependant peu nombreuses à l'heure actuelle, souvent mal adaptées et / ou accessibles uniquement de façon épisodique via une demande de temps d'expérience sur un grand instrument de type synchrotron. Ce projet propose d'étudier la faisabilité de développer une méthode d'imagerie par résonance magnétique (IRM) possédant de très bonnes résolutions spatiale et temporelle pour accéder à la mesure de profils d'eau au travers d'une pile en fonctionnement. La méthode repose sur la mise au point d'une sonde RMN spécifique se présentant sous la forme d'un résonateur plan intégré à la cellule de pile. Ce nouveau design permettra de s'affranchir des problèmes d'écran posés par la présence de matériaux conducteurs dans le sandwich constitué par les électrodes, les couches carbonées et la membrane électrolyte.

GEPAM

L'objectif de ce projet est d'alimenter des capteurs de manière autonome à partir de la matière organique contenue dans les sols de mangrove par des communautés microbiennes naturellement présentes au sein de celle-ci. Il s'agit d'utiliser une nouvelle technologie de production d'énergie renouvelable : la pile à combustible microbienne benthique. L'association des 2 équipes avec des compétences complémentaires doit permettre de s'affranchir des 2 verrous technologiques majeurs (longévité et puissance) dans ce type de dispositif. Le but est la mise au point d'un démonstrateur comprenant plusieurs piles benthiques associées en série et couplées à un circuit électronique d'équilibrage et de gestion d'énergie dans le but d'alimenter un dispositif électrique le plus longtemps possible. Nous nous attacherons également à l'intégration du dispositif biopile/circuit dans des dimensions pouvant s'appliquer à leur implantation en milieu naturel de Guyane

Thermal Mecha Cell

The objective is to explore a new concept for thermal energy harvesting, based on the combination of bistable operation of a bimetal with efficient harvesting of the mechanical energy generated during switching. Such structures are expected to be much more efficient than thermoelectric generators to harvest thermal energy. The novelty of the proposal is to use an ensemble of piezoelectric nanowires to harvest the mechanical switching and impact energy. This has never been done before. The coordinating lab has demonstrated the superiority of the nanowire approach over more bulky piezoelectric films when high sensitivity to small flexural and pressure strains is needed. The project will benefit from collaboration with ST who will provide the thermal switch. A theoretical analysis will be made of the role of the matrix polymer in terms of ease of process, mechanical, thermal and dielectric properties. The aim of the project is to make a first demonstration of the concept in order to position the laboratories at the cutting edge of research for application to a future FET proposal. The one-year project will develop the integration of the ensemble of nanowires into the bimetal switch, evaluate design and materials options, and evaluate projected performance based on first experimental tests and multi-physics simulation.

MAGIE

On s'intéresse dans ce projet à des systèmes prometteurs et innovants pour la mise en place potentielle dans le futur de dispositifs de mémoires opto-magnétiques combinant une écriture réversible par laser et une lecture magnétique de l'information inscrite. Nous nous proposons d'étudier des propriétés magnétiques des hybrides organiques-inorganiques à base de nanoparticules de TiO₂ en fonction de l'irradiation photonique, permettant de créer des centres paramagnétiques Ti³⁺ (liés à des électrons piégés) d'une forte concentration volumique supérieur à 10²⁰ cm⁻³. Ce projet a un caractère fortement exploratoire car il a l'ambition de traiter une nouvelle approche peu énergivore, en rupture complète avec les approches actuellement utilisées dans le stockage de l'information. Il s'agit de mettre en évidence expérimentalement l'apparition d'un magnétisme photo-induit dans des matériaux à base d'oxydes et d'en valider le concept théorique.

TherMioSol

Un des enjeux de l'utilisation des ENR comme substitut des énergies fossiles ou fissibles est l'utilisation de procédés de conversion à haut rendement. Ceci ne peut se faire qu'au travers du développement de technologies innovantes utilisant des mécanismes de conversion de l'énergie solaire à haut rendement. L'objectif du projet TherMioSol est de réaliser une étude théorique sur un nouveau concept non encore exploré et exploité :

la conversion thermoionique de l'énergie solaire concentrée. Cette étude nous permettra d'identifier et d'analyser les différents mécanismes physiques mis en jeu ainsi que leurs limitations.

INCEPT

Multi-junction tandem solar cell in a concentrator system can reach more than 70% of efficiency. The current world record in efficiency is 43.5%, for a GaInP–GaInAs–Ge triple-junction tandem solar cell (theoretic limit defined by the band gap of its constituents has been reached). InGaN multi-junction devices are predicted to be able to achieve an efficiency of more than 70%. However, for indium incorporation larger than 10%, most thick InGaN epitaxial films reported in the literature tend to exhibit the presence of sublayers with distinct compositions and strain states within the epitaxial InGaN film, both detrimental for solar cells applications. The main objective of the project is, using a novel approach for the growth of the InGaN layers (breakthrough of the UMI), the demonstration of efficient InGaN-based solar cells with indium contents larger than 30%. We hope that this project will pave the way for the realization of highly efficient InGaN-based multi-junction tandem solar cells.

NP TiO₂ en microréacteur

Dans le domaine de l'énergie d'origine photovoltaïque, un des grands challenges actuels concerne la conception et la mise au point de dispositif de stockage de l'énergie. Une des pistes très prometteuses est la photobatterie, ce sont des systèmes photochimiques qui utilisent directement l'énergie solaire pour produire des réactions chimiques réversibles qui peuvent être utilisées à la demande comme dans une batterie traditionnelle. Or, un des points clés dans la mise au point de photobatteries performantes est la réalisation de la nanostructuration de l'oxyde de titane lors de leur synthèse, celle-ci permettant l'exacerbation des propriétés photochimiques de la photobatterie. Actuellement la nanostructuration de l'oxyde de titane est réalisée par des techniques batch, l'originalité du projet réside dans le contrôle, le suivi de la synthèse d'oxyde de titane nanostructuré et l'intensification du mélange par la mise en œuvre de microréacteurs qui permettrait a) un contrôle précis du mode opératoire (température, temps, concentration des réactifs...) qui est déterminant pour la génération maîtrisée des nanoparticules et b) une réduction très significative des durées de synthèse des nanoparticules actuellement de plusieurs heures voir de plusieurs jours.

EmiSOL

Dans le but d'atteindre des efficacités de conversion photovoltaïque proches des limites théoriques, ce projet de recherche vise à étudier l'influence de l'architecture des cellules solaires sur l'efficacité avec laquelle les photons sont émis de la cellule, ce qui constitue un facteur critique vers l'atteinte d'efficacités record. On veillera plus précisément à déterminer dans quelle mesure une architecture donnée de cellule est susceptible d'influencer les propriétés optiques des photons émis, et quels sont les paramètres de la cellule sur lesquels il faudra porter une attention particulière afin d'améliorer le degré de contrôle des propriétés de la lumière émise. Ce travail s'articulera autour de 3 volets importants, que sont: 1) Fabrication de cellules tests basées sur l'état de l'art. 2) Mesure du rendement de fluorescence externe des cellules test. 3) Caractérisation électrique des cellules en conditions réelles de fonctionnement.