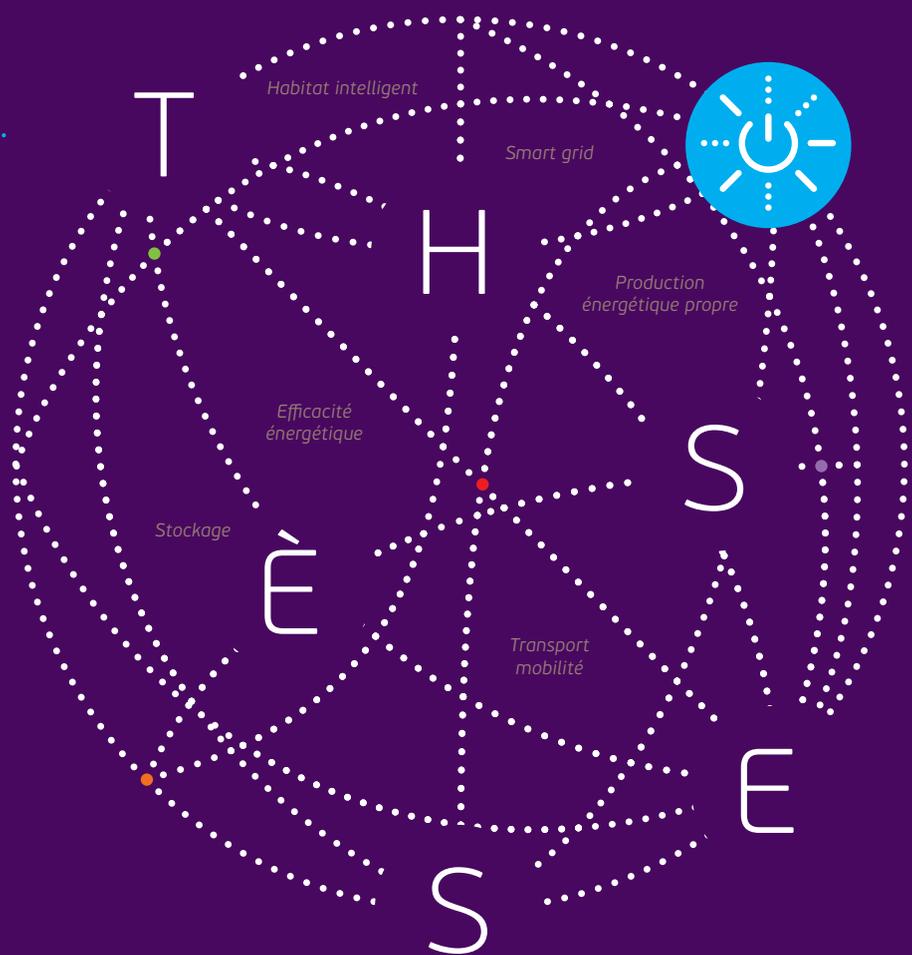


THÈSES
2012 | 2013





Édito

.....



Plus de 2500 personnes dans la région Rhône-Alpes travaillent sur des thématiques de l'ARC « Energies ». Celles-ci sont réparties en quatre axes : la maîtrise de l'énergie et des matières premières, la production énergétique et les énergies renouvelables, les réseaux énergétiques, et les matériaux pour l'énergie.

Chaque année, une douzaine de nouvelles allocations doctorales de recherche sont financées en moyenne par l'ARC 4, pour une durée de 3 ans. Les sujets de thèse sont sélectionnés selon des critères répondant à des exigences d'excellence scientifique et de stratégie régionale comme par exemple le caractère innovant. L'accent est mis sur le maillage des équipes des différents sites de la région et sur les partenariats avec des acteurs socio-économiques. La recherche ainsi financée peut être applicative ou fondamentale, cette dernière étant bien évidemment à l'origine d'innovations sur le plus long terme.

L'ARC Energies a fait le choix de disposer d'un financement au fil de l'eau visant à soutenir l'organisation de colloques ou de congrès, mais permettant aussi d'accueillir des chercheurs étrangers au sein des laboratoires, ou, inversement, d'envoyer les doctorants participer à des conférences scientifiques internationales.

.....

Daniel Bellet, *Responsable scientifique de l'ARC 4*



Énergies

Sujet de société et d'actualités majeur de cette décennie, l'énergie est un secteur en pleine mutation. Il doit accompagner l'ensemble de ses acteurs vers la transition énergétique mais aussi engager des transformations sans précédent pour permettre l'émergence des grands industriels de demain. C'est dans ce contexte que la communauté académique de recherche Energies Rhône-Alpes a pour objectif d'assurer une meilleure structuration de ses activités de recherche pour répondre à ces nouvelles orientations énergétiques. Il s'agit en particulier de mieux fédérer les équipes de recherche dans des secteurs disciplinaires aussi variés que le génie électrique, les matériaux, l'électrochimie, le génie énergétique, l'économie, les sciences humaines et sociales... mais aussi d'encourager les projets impliquant des collaborations avec des acteurs du monde socio-économiques.

INFOS PRATIQUES

ARC 4 ÉNERGIES

G2ELAB
1, rue des Mathématiques
Domaine universitaire BP 46
38402 Saint-Martin-d'Hères
Tél. : 04 76 82 71 68
Email : elisabeth.brochier@G2elab.grenoble-inp.fr
Web : www.arc4-energies.rhonealpes.fr

.....

.....

Nos compétences et objectifs

Les compétences de l'ARC Energies s'étendent des matériaux aux systèmes et s'articulent sur toute la chaîne de valeur de l'énergie autour de 4 thèmes prioritaires :

Thème 1 : maîtrise de l'énergie et des matières premières

Thème 2 : énergies renouvelables

Thème 3 : réseaux énergétiques

Thème 4 : matériaux pour l'énergie

Les moyens alloués par la région Rhône-Alpes au dispositif ARC permettent d'afficher une offre de financement variée et adaptée aux objectifs poursuivis :

- Accompagner la recherche en Rhône-Alpes vers la transition énergétique par le biais de 10 à 15 allocations doctorales par an attribuées à l'issue d'un appel à projets annuel.
- Promouvoir le transfert technologique de la recherche à l'industrie grâce à des crédits de fonctionnement alloués au fil de l'eau ou à l'issue d'un appel à projet annuel pour une offre de services pouvant aller de la recherche de partenariats jusqu'à de l'ingénierie de projets.
- Contribuer à la vie et à la visibilité de la communauté scientifique rhônalpine en énergie au travers de soutiens financiers alloués au fil de l'eau ou à l'issue d'un appel à projets annuels pour des colloques ou des congrès, des actions de mobilité entrante et sortante des chercheurs mais aussi des actions de vulgarisation scientifique ou encore des ateliers de veille prospective et stratégique.

.....

50

Laboratoires

+de 2500

Personnes

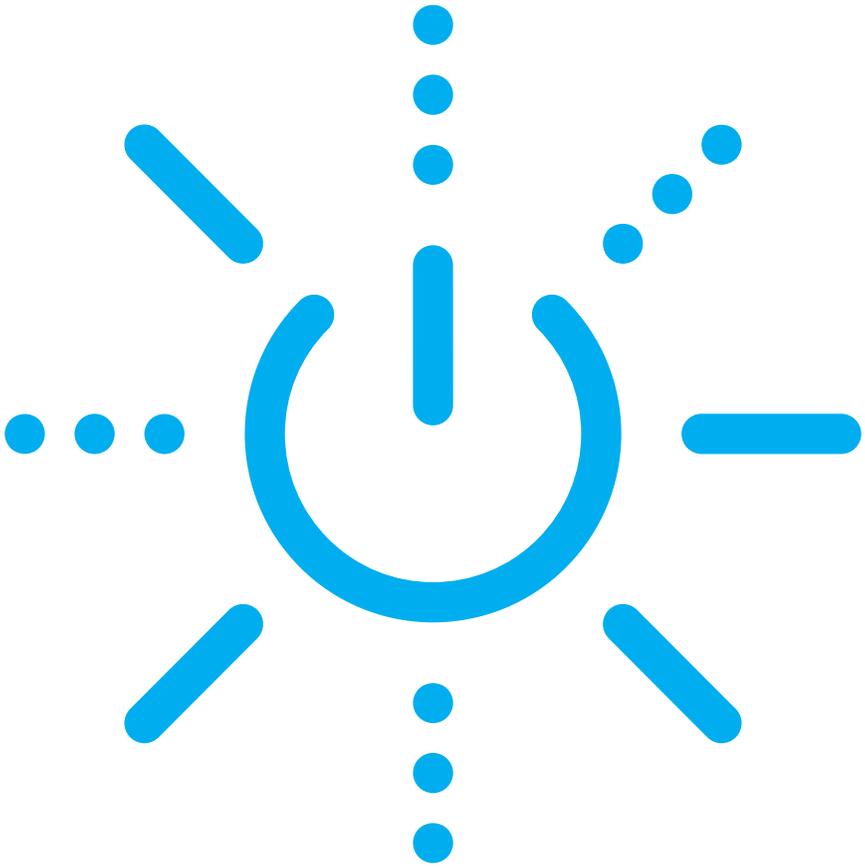


.....

Mots-clés

Efficacité énergétique, production énergétique propre, smart grids, stockage, habitat intelligent, mobilité/transport.

.....



2012

.....

Index

- 8** Dispersion en extrusion réactive de whiskers de cellulose (CW) dans le Poly(oxyéthylène)
- 9** Nanothermoélectricité d'un système « cristal d'électron - verre de phonon » à base de germanium
- 10** Étude et caractérisation in situ par émission acoustique et dilatométrie des anodes à base de Si pour batteries Li-ion
- 11** Matériaux Polymères Multicalorifiques : applications à de nouveaux systèmes de refroidissement
- 12** Développement d'une approche en phase liquide pour la croissance de substrats de SiC n+ et p+ pour l'électronique de très forte puissance
- 13** Écoulement de contre-courant d'hélium superfluide : stabilité du transport thermique et conditions aux parois
- 14** Introduction de composants GaN pour la gestion des énergies renouvelables
- 15** Cellules solaires 3^{ème} génération à base de nanofils de Ga(Al)As sur substrat Silicium
- 16** Scénarios pour le déploiement des technologies de stockage de l'électricité dans le système énergétique global

.....

Dispersion en extrusion réactive de whiskers de cellulose (CW) dans le Poly(oxyéthylène)

.....

DOCTORANT

Alix Gassiot-Talabot

DIRECTEUR DE THÈSE

Christian Carrot

LABORATOIRE

IMP / Université Jean Monnet

PARTENAIRES

LEPMI

BATSCAP

KIC InnoEnergy

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Electrolyte polymère,
Nanocristaux de cellulose,
Extrusion, Extrusion réactive,
Poly(oxyéthylène),
Lithium Batteries

.....

A ce jour, deux grands types de source d'énergie électrochimique sont largement utilisés pour la traction électrique : les batteries à forte capacité (stockage électrochimique de l'énergie) et les piles à combustibles à membranes polymères (conversion électrochimique de l'énergie).

Dans un contexte où la recherche vise à développer des solutions à impact environnemental réduit, les électrolytes polymères offrent, par opposition aux électrolytes liquides, une alternative exempte de solvants volatils; le polymère jouant le double rôle de solvant macromoléculaire et de séparateur. Cette voie permet aussi de répondre au cahier des charges en termes de coût et de sécurité.

Ce projet vise à améliorer la dispersion de whiskers de cellulose dans une matrice polymère Poly(oxyéthylène) lors du procédé d'extrusion. L'objectif final est d'augmenter les propriétés mécaniques d'un pré-polymère Poly(oxyéthylène) POE de faible masse molaire, synthétisé au LEPMI (brevet déposé en partenariat avec Hydro-Québec) et utilisé comme électrolyte polymère de batteries lithium. La matrice POE doit être peu cristalline et facilement extrudable (faible viscosité, pas de coupure de chaînes sous faible cisaillement) et post-réticulable. La tenue mécanique est alors assurée par les whiskers de cellulose qui doivent être dispersés efficacement. En effet, tout agglomérat formé lors de l'extrusion diminue la conductivité de l'électrolyte et pénalise le renforcement. L'étude portera donc (i) sur le comportement rhéologique du mélange matrice/charges (ii) sur la compatibilisation des whiskers de cellulose par extrusion réactive et (iii) sur l'extrusion. La tenue mécanique et la conduction des films nanocomposites extrudés seront aussi étudiées.

.....

Nanothermoélectricité d'un système « cristal d'électron - verre de phonon » à base de germanium

.....

DOCTORANT

Yanqing Liu

DIRECTEUR DE THÈSE

Olivier Bourgeois

LABORATOIRE

Institut Néel / CNRS Délégation Alpes

PARTENAIRES

INAC, Centre de thermique de Lyon

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Thermoélectricité, Nanophononique, Couche mince de germanium, Nanoinclusion, Conductivité thermique, Méthode 3ω , Microscopie thermique

.....

Face aux défis globaux de la récupération d'énergie, un important effort de recherche porte le domaine de la thermoélectricité aux frontières entre la recherche scientifique fondamentale et le développement des nanotechnologies. Avant tout, les efforts sont concentrés sur la recherche des bons matériaux thermoélectriques répondant aux concepts de « cristal d'électron - verre de phonon ».

C'est dans cette idée que nanophononique (manipulation des phonons à l'échelle du nanomètre) prend tout son intérêt. L'efficacité thermoélectrique d'un matériau est caractérisée par la figure de mérite, connu comme le facteur ZT, qui est relié à la conductivité thermique, la conductivité électrique et le coefficient Seebeck. Malgré, les difficultés persistent toujours dans une détermination précise de chacun des trois paramètres. La mesure de conductivité thermique reste le plus gros défi expérimental, surtout pour les matériaux à base de semiconducteur pour une application potentielle en microélectronique.

Mon projet de recherche est focalisé sur l'étude approfondie des propriétés thermoélectriques d'une couche mince nanostructurée à base de germanium fabriquée par épitaxie, notamment sur une caractérisation précise des propriétés thermiques. Cette couche mince de Ge dopée par manganèse est incrustée d'inclusions de Ge₃Mn₅ qui ont un diamètre de 5 à 50 nm. Partant d'une matrice conductrice électrique grâce à la monocristallinité parfaite et le haut niveau de dopage, la difficulté réside dans la mesure de conductivité thermique en choisissant les techniques les plus sensibles. Pour ce faire, nous avons pris en compte la technique de méthode 3-omega, ainsi que la technique de microscopie thermique en champ proche. Les efforts expérimentaux sont centrés sur : (i) le développement d'une chaîne de mesure pour la méthode 3-omega adaptée aux couches minces, et puis la réalisation des mesures de différents échantillons de couche Ge:Mn, dans le cadre d'une collaboration intime entre l'Institut Néel et INAC/CEA Grenoble ; (ii) l'adaptation d'une nouvelle sonde thermique fabriquée à l'Institut Néel pour la microscopie thermique ayant une meilleure précision et résolution, et la réalisation des mesures sur les couches de Ge:Mn en champ proche au Centre de Thermique de Lyon. Avec les deux techniques, l'objectif est de bien caractériser les propriétés thermiques des couches de Ge:Mn pour une détermination précise du ZT, ainsi d'arriver à une compréhension complète des mécanismes de la diffusion de phonon par les nanostructures.

.....

Étude et caractérisation in situ par émission acoustique et dilatométrie des anodes à base de Si pour batteries Li-ion

.....

DOCTORANT

Alix Tranchot

DIRECTEUR DE THÈSE

Hassane Idrissi

LABORATOIRE

MATEIS / INSA LYON

PARTENAIRES

LEPMI, INRS-EMT

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Stockage de l'énergie, Matériaux d'électrode, Batteries Li-ion, Emission acoustique

.....

Dans le domaine des batteries rechargeables, les batteries Ni-MH et Li-ion sont parmi les plus performantes. Cependant, des efforts de recherche importants doivent être entrepris afin d'augmenter leurs densités d'énergie et de puissance, de diminuer leur coût et d'améliorer leur sécurité (cas des batteries Li-ion). Ceci est particulièrement critique pour le marché des véhicules hybrides et électriques.

Un challenge important pour l'augmentation de la densité d'énergie des batteries Li-ion est le remplacement du graphite, par une anode métallique comme matériau actif à l'électrode négative. Ces métaux (Sn, Si, Al, Ge...) pourrait constituer une bonne alternative aux composés d'insertion car ils présentent des capacités de stockage très prometteuses. Par exemple, le silicium a une capacité spécifique (3572 mAh/g), qui est dix fois supérieure à celle du graphite (372 mAh/g). Néanmoins sa tenue au cyclage est très faible, associé notamment à une forte expansion volumique (de l'ordre de 300% pour le silicium contre 10% pour le graphite) lors de la formation de l'alliage Si-Li. Ces fortes variations de volume conduisent à une importante décrépiation des particules de silicium et, de fait, induisent une perte de connectivité électronique au sein de l'anode. Cette perte de connectivité entraîne une diminution de la capacité.

A notre connaissance, il existe peu d'outils d'analyse permettant d'étudier in situ (i.e, durant les cycles de charge/décharge) la décrépiation des électrodes pour batteries, celle-ci étant généralement étudiée par une analyse post mortem des électrodes par microscopie (FIB, MET, MEB). Un de nos principaux objectifs sera donc de développer une méthode expérimentale originale et performante, couplant les techniques d'émission acoustique (EA) et des mesures dilatométriques aux méthodes électrochimiques, permettant d'étudier in-situ la décrépiation de nos électrodes dépendamment de leurs particularités chimiques, microstructurales et morphologiques et des conditions de charge/décharge. L'étude de cette décrépiation sera primordiale pour pouvoir optimiser la composition et la mise en forme de nos électrodes à base de silicium pour batteries Li-ion.

Matériaux Polymères Multicaloriques : applications à de nouveaux systèmes de refroidissement

.....

DOCTORANTE

Florence Russo

DIRECTEUR DE THÈSE

Afef Lebouc (G2Elab)
Jean-François Gerard (IMP)
Sébastien Prouvost (IMP)

LABORATOIRE

IMP / INSA LYON

PARTENAIRES

G2Elab
ARKEMA

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Polymères, Electrocalorique, Magnétocalorique, Refroidissement

.....

Les systèmes de refroidissement actuels (réfrigérateurs, climatisations) reposent sur le principe de compression-décompression de fluides frigorigènes fluorés ou chlorés. Ces systèmes présentent de nombreux inconvénients tels que des vibrations importantes venant du compresseur, une efficacité énergétique faible et les normes de plus en plus contraignantes associées à l'utilisation de ces fluides. Les systèmes de refroidissement basés sur les effets électrocalorique et magnétocalorique sont une sérieuse alternative.

Ces effets sont définis comme la variation d'entropie induite, respectivement, par un champ électrique et par un champ magnétique. Dans des conditions isothermes, ils se traduisent par la chaleur échangée entre le matériau actif et le milieu extérieur et permettent d'aboutir aux applications de réfrigération (ou encore de climatisation réversible).

L'effet électrocalorique est le plus souvent observé dans le copolymère P(VDF-TrFE) et dans le terpolymère P(VDF-TrFE-CFE). Cependant ces matériaux ne sont pas ceux que nous avons choisis d'étudier car, bien qu'ils présentent un important effet électrocalorique, leurs températures de fonctionnement sont assez éloignées de la température ambiante. Or l'application envisagée impose une température optimale de fonctionnement proche de l'ambiante. C'est pourquoi nous avons choisi d'étudier ce phénomène dans le terpolymère P(VDF-TrFE-CTFE), qui permet de répondre à ce critère. Un de nos principaux objectifs sera d'identifier et comprendre les paramètres qui influencent l'effet électrocalorique, dans des films de P(VDF-TrFE-CTFE), à travers diverses caractérisations afin d'établir les relations structures-propriétés pilotant l'effet électrocalorique. Cette thèse portera également sur la réalisation et la caractérisation de composites magnétocaloriques : polymère-particules magnétocaloriques.

.....

Développement d'une approche en phase liquide pour la croissance de substrats de SiC n+ et p+ pour l'électronique de très forte puissance

.....

DOCTORANT

Yun Ji Shin

DIRECTEUR DE THÈSE

Didier Chaussende

LABORATOIRE

LMGP / Grenoble INP

PARTENAIRES

AMPERE
SCHNEIDER ELECTRIC - NOVASIC

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Matériau SiC, Electronique de puissance, Efficacité énergétique, Procédés de croissance de SiC

.....

Le carbure de silicium (SiC) est un semi-conducteur à grand gap dont les propriétés en font un des meilleurs matériaux pour améliorer l'efficacité de la conversion et de la distribution de l'énergie électrique. A titre d'exemple, l'impact du volume (encore modeste) de diodes Schottky SiC utilisées ces 5 dernières années représente une réduction significative de la consommation électrique mondiale, correspondant à la production de 3 centrales à charbon, et ceci grâce à une meilleure efficacité que leur pendant Silicium.

Dans le même ordre d'idée, le développement intensif des énergies renouvelables doit s'accompagner d'une refonte complète des réseaux de distribution électrique. Là encore, l'électronique de puissance à base SiC semble incontournable. Les enjeux liés à l'utilisation à grande échelle du SiC sont donc considérables et requièrent le développement de lingots monocristallins de grande dimensions aux propriétés optimales. Ce deuxième aspect devient réellement limitant lorsque l'application vise les très fortes puissances.

A ce jour, il n'existe pas de source commerciale de plaquettes de SiC de « qualité ultime » (très faible taux de dislocations) nécessaire au développement de l'électronique SiC de très forte puissance. Ceci est lié au procédé industriel actuel de sublimation de poudre. La faisabilité de la croissance de SiC par un nouveau procédé en phase liquide a été récemment démontrée au LMGP dans le cadre d'un projet ANR Blanc. Le présent sujet de thèse vise à développer l'ensemble des briques scientifiques et technologiques liées à la compréhension et au contrôle optimal de ce nouveau procédé de croissance de cristaux massifs de SiC dont les potentialités en termes de changement d'échelle et d'amélioration de la qualité structurale sont nettement supérieures aux procédés existants.

.....

Écoulement de contre-courant d'hélium superfluide : stabilité du transport thermique et conditions aux parois

.....

DOCTORANT

Jonathan Bertolaccini

DIRECTEUR DE THÈSE

Emmanuel Leveque (LMFA)
Philippe Emmanuel Roche (I NEEL)

LABORATOIRE

Laboratoire de Physique / ENS
LYON

PARTENAIRE

Institut NEEL (Grenoble)

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Maîtrise de l'énergie
et des matières premières

MOTS CLÉS

Hélium, Très basse température, Superfluide, He II, Conductivité thermique exceptionnelle, Refroidissement, Cryogénie, Contrecourant, Transport thermique, Turbulence, Instabilités, Effet de parois, Géométries quelconques, Méthode Boltzmann sur réseau

.....

La conductivité thermique exceptionnelle de l'hélium liquide superfluide (en dessous de 2,17 K) permet un refroidissement très efficace avec de faibles gradients thermiques ; la conductivité du superfluide est plusieurs milliers de fois plus importante que celle du cuivre.

Cette particularité est très largement utilisée dans les grands accélérateurs de particules pour le refroidissement des bobines supraconductrices (productrices de champ magnétique intense), des cavités et des détecteurs, par exemple dans le collisionneur LHC (au CERN) ou le futur ILC. L'efficacité de ce refroidissement conditionne le dimensionnement de ces appareils, et est essentielle pour assurer un fonctionnement dans des conditions de rendement optimal : 1 KW perdu à basse température engendre un surcoût énergétique de l'ordre de 0,5 à 1MW. Par ailleurs, l'hélium utilisé pour le refroidissement est une ressource limitée dont il faut optimiser l'usage. À une échelle plus petite, les propriétés thermiques uniques de l'hélium superfluide sont mises à profit pour le fonctionnement des réfrigérateurs à dilution.

Dans tous ces dispositifs, l'évacuation de la chaleur par l'hélium superfluide est cependant limitée par l'apparition d'un bain turbulent de vortex quantiques dans le superfluide. Les conditions d'apparition de ce bain de vortex échappent largement à une compréhension théorique. Cette thèse propose d'avancer sur cette problématique en menant des simulations numériques originales du modèle à deux fluides de la superfluidité, et en confrontant les résultats obtenus à des résultats expérimentaux dans des géométries équivalentes. Ce travail devrait conduire à une meilleure compréhension des mécanismes déclencheurs de la turbulence superfluide, en précisant, en particulier, l'importance des conditions aux parois dans les écoulements de contre-courant.

.....

Introduction de composants GaN pour la gestion des énergies renouvelables

.....

DOCTORANT

Farshid Sarrafin

DIRECTEUR DE THÈSE

Jean Christophe Crebier

LABORATOIRE

G2Elab / Grenoble INP

PARTENAIRES

AMPERE
FREEMENS

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Energies renouvelables

MOTS CLÉS

Efficacité énergétique,
Energies renouvelables

.....

La gestion des systèmes de production électrique à base d'énergie renouvelable repose sur la mise en oeuvre de convertisseurs d'électronique de puissance performants, fiables, hautement disponibles et pouvant s'insérer sans contrainte dans l'architecture du système. L'intégration est le facteur prépondérant pour atteindre un haut degré de performances mais qui entraîne un glissement de l'environnement des composants de puissance vers davantage de sévérité.

Les composants à semi-conducteur de type GaN ouvrent des perspectives de ruptures technologiques au niveau de la discipline avec des performances d'une décade au-dessus de l'état de l'art autour du silicium. Les convertisseurs associés aux énergies renouvelables (comme le PV) constituent un champ d'application où les composants à base de GaN devraient rivaliser avec les composants à base de SiC pour un coût moindre. Ces performances reposent sur un meilleur compromis entre la fréquence maximale de travail, la température maximum permanente de jonction, la tenue en tension et la capacité maximale en courant.

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse est la conception d'un circuit intégré monolithique de commande rapprochée du convertisseur. Le circuit intégré comprend le driver global pour un onduleur 3 segments à base de composants GaN, sans diode de roue libre. L'idée est d'optimiser la commutation GaN-GaN des bras de pont en approchant d'un temps mort à zéro. Ce type de commutation est une opportunité pour optimiser les performances en commutation et en conséquence de pouvoir retirer les diodes de roue libre actuellement implantées. La littérature perpétue le constat que les diodes de roue libre sont indispensables compte tenu des commandes rapprochées mises en oeuvre. Une plus-value du projet est donc la démonstration de la faisabilité d'un onduleur très haute fréquence de découpage sans diode, grâce à une commande rapprochée idoine. Seule une technologie intégrée avec les interconnexions puissance / commande de haute qualité et performantes peut permettre d'atteindre cet objectif.

.....

Cellules solaires 3^{ème} génération à base de nanofils de Ga(Al)As sur substrat Silicium

.....

DOCTORANT

Abdennacer Benali

DIRECTEUR DE THÈSE

Michel Gendry

LABORATOIRE

INL / ECOLE CENTRALE LYON

PARTENAIRES

IMEP-LAHC
SILSEF

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Energies renouvelables

MOTS CLÉS

Energie Photovoltaïque,
Nanofils, III-V, Silicium,

.....

L'industrie photovoltaïque peut devenir un acteur central de la fourniture d'énergie électrique renouvelable. Pour cela, elle doit poursuivre ses efforts vers la diminution des coûts de production des modules jusqu'à des valeurs inférieures à 0.5 €/W. Une des technologies permettant d'atteindre cet objectif pourrait être celle des cellules tandem à base de semiconducteurs III-V sur Si.

Des rendements de conversion élevés (30%) paraissent désormais possibles à des coûts compatibles avec les applications visées. Une des voies actuellement étudiées pour atteindre ces rendements concerne la croissance de nanofils III-V sur substrat silicium. Les nanofils III-V représentent en effet une alternative aux couches 2D très intéressante pour ce qui est de l'optimisation de l'absorption de la lumière, du transport et de la séparation des porteurs de charge photo-générés mais aussi pour la réduction de la quantité de matière utilisée.

Ce projet de recherche vise à concevoir et fabriquer de nouvelles cellules photovoltaïques à base de réseaux de nanofils III-V sur un substrat de silicium. Notre choix s'est porté sur les nanofils de Ga(Al)As comme matériau actif. Les récents développements des techniques de croissance par Epitaxie par Jets Moléculaires (EJM) en mode VLS (pour Vapeur-Liquide-Solide) montrent que la croissance de nanofils III-V peut-être bien contrôlée et compatible avec nos objectifs.

Un premier objectif de la thèse sera de simuler le réseau de nanofils permettant d'atteindre les rendements de conversion optimum. Le deuxième objectif sera de réaliser ces réseaux de nanofils par EJM-VLS sur des surfaces patternées de silicium. L'objectif final de la thèse étant de réaliser un prototype présentant un rendement de l'ordre de grandeur de 20%, proche de celui d'une cellule classique Ga(Al)As en couche mince, afin de démontrer qu'une telle structure pourrait être une des briques de base des futures cellules tandem à 2 jonctions.

.....

Scénarios pour le déploiement des technologies de stockage de l'électricité dans le système énergétique global

.....

DOCTORANT

Jacques Despres

DIRECTEUR DE THÈSE

Nouredine Hadjsaid

LABORATOIRE

LITEN / CEA

PARTENAIRES

G2Elab, EDDEN
Enerdata

DURÉE DE LA THÈSE

2012-2015

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Réseaux énergétiques

MOTS CLÉS

Stockage, Energies intermittentes, Solaire, Eolien, Adaptation offre-demande, Réseaux électriques, Modélisation technico-économique, Politiques énergie-climat

.....

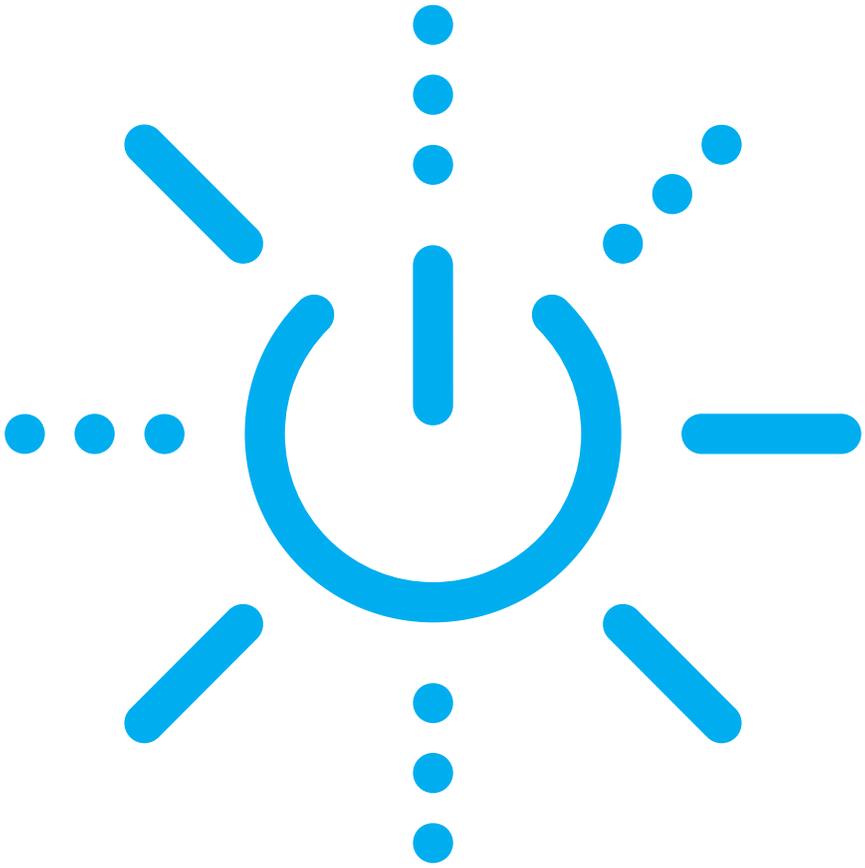
Le système électrique a considérablement évolué ces dernières années avec l'introduction de sources de production d'électricité d'origine renouvelable (éolien, photovoltaïque) venues compléter les modes de production d'électricité classiques que sont les centrales nucléaires, thermiques classiques (à charbon ou à gaz) et hydraulique.

De plus, le contexte politique et sociétal, en particulier dans le cadre des débats sur la transition énergétique en France et en Europe, permet de penser qu'un déploiement massif (poursuite voire accélération de la dynamique de développement actuelle) de ces énergies renouvelables est à prévoir.

Des exercices de modélisation sont donc nécessaires à l'évaluation de scénarios à forte pénétration d'énergies renouvelables intermittentes. Les moyens de stockage de l'électricité permettent par exemple de pallier cette intermittence, mais ils sont absents des modèles économiques long -terme actuels. Le besoin de précision dans les exercices de prospective énergétique est donc indispensable à la prise en compte de l'intermittence.

L'objectif de la thèse est de quantifier le potentiel de déploiement de différentes technologies de stockage de l'électricité, en fonction de différents scénarios de politiques publiques énergie-climat. Le travail de thèse se situe ainsi au carrefour de la technologie et de l'économie ; il utilisera en support le modèle POLES de prospective économique du système énergétique (modèle de simulation), développé par l'équipe EDDEN de l'UPMF à Grenoble. Il s'agit d'enrichir ce modèle par une représentation adaptée de l'insertion massive dans le système électrique des énergies solaires et éoliennes. Une attention particulière est portée au développement du stockage hydraulique, le plus développé actuellement, mais aussi d'autres formes telles que l'hydrogène ou les voitures électriques.

.....



2013

.....

Index

- 20** Pile à combustible alcaline directe à hydrazine-borane. Matériaux électrocatalyseurs et mécanismes réactionnels d'électrooxydation d'hydrazine-borane
- 21** Passivation innovante pour la surface des cellules photovoltaïques en silicium cristallin à haut rendement
- 22** Etudes des relations structure-propriétés de gels de polymères liquide ioniques (PILs) : vers des électrolytes gels pour le stockage de l'énergie
- 23** Etude multi-échelle de la stabilité des mousses
- 24** Electrolytes polymères et électrodes de TiO₂ mésoporeuses pour cellules solaires à colorant
- 25** Propriétés mécaniques de Xérogels de silice : approche multi-échelle des isolants architecturés pour le bâtiment
- 26** Production sélective de l'hydrogène : suivi operando par microscopie et nanoplasmonique environnementales de la réactivité catalytique des nanoalliages
- 27** Gélification de dispersions d'argiles à l'aide de polymères
- 28** Convertisseur de puissance intégré à fort rendement à base de composants « grand gap » pour applications photovoltaïques
- 29** Développement d'une machine de Stirling pour la valorisation d'énergie thermique
- 30** Récupération d'énergie thermique avec des couches minces pyroélectriques monocristallines intégrées pour la génération d'électricité embarquée
- 31** Conversion d'énergie électro-cinétique en nano-fluidique
- 32** PHOCYL (Photolithographie cylindrique sur revêtement sol-gel photogravable)
- 33** Gestion coopérative de flotte de véhicules électriques en vue de son intégration optimale au réseau électrique
- 34** Gestion intelligente de l'énergie fondée sur les réseaux de capteurs dans le contexte de l'habitat collectif

.....

Pile à combustible alcaline directe à hydrazine-borane. Matériaux électrocatalyseurs et mécanismes réactionnels d'électrooxydation d'hydrazine-borane

.....

DOCTORANT

Anicet Zadick

DIRECTEUR DE THÈSE

Marian Chatenet

LABORATOIRE

LEPMI / Grenoble INP

PARTENAIRES

IRCELYON
PAXITECH

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Matériaux pour le stockage et la conversion d'énergie, Piles à combustibles, Électrocatalyseurs, Palladium, Nickel, Cobalt, Hydrogène, Hydrazine-borane, Efficacité de la conversion énergétique, Combustible à haut contenu énergétique

.....

L'énergie est très certainement l'un des enjeux les plus importants pour nos sociétés civilisées, et, doit être pensé de façon globale, aussi bien en termes de production que de stockage. S'il est vrai que les batteries «Lithium» ont fait, et, font toujours l'objet d'un vif intérêt, il est cependant indéniable que cette seule technologie ne parviendra pas à absorber une demande sans cesse croissante et plus exigeante d'énergie électrique délocalisée. Dans cette perspective, les piles à combustible offrent une alternative sérieuse en termes de capacité de stockage d'énergie électrique. Néanmoins, les piles à combustibles et notamment sa technologie la plus avancée aujourd'hui dite « PEMFC » (à membrane échangeuse de protons) peinent à s'imposer industriellement, notamment à cause des problèmes de coûts et de sécurité auxquels elles sont confrontées.

Cette thèse s'articule autour de ces problématiques en étudiant les mécanismes et l'électrocatalyse de l'électrooxydation directe de l'Hydrazine Borane en milieu alcalin. L'Hydrazine Borane est un composé chimique pouvant « stocker » l'hydrogène, et cette alternative intéressante pour le stockage d'hydrogène est à la fois plus commode à manipuler, plus dense énergétiquement et plus sûre que les réservoirs classiques d'hydrogène. L'Hydrazine-Borane peut alors être utilisé comme combustible qu'il est possible de valoriser directement dans une DHBFC (Direct Hydrazine Borane Fuel Cell – Pile à combustibles directe à Hydrazine Borane).

Dans ce contexte, des catalyseurs modèles nobles tels que le Palladium ou l'Or, mais aussi des catalyseurs à base de Nickel et de Cobalt permettant une réduction importante du coût, seront étudiés. Ainsi, ce projet permettra de répondre aux faiblesses en termes de sécurité et de coût afin de hisser la technologie « pile à combustible » à la place qu'elle mérite dans la réflexion énergétique mondiale.

.....

Passivation innovante pour la surface des cellules photovoltaïques en silicium cristallin à haut rendement

DOCTORANTE

Corina Barbos

DIRECTRICE DE THÈSE

Danièle Blanc-Pellissier

LABORATOIRE

INL / INSA LYON

PARTENAIRES

SIMAP

PHOTOWATT

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Energie photovoltaïque, Cellule solaire, Passivation, ALD, Al₂O₃, Si cristallin

Le rendement des cellules solaires en silicium cristallin fabriquées en laboratoire varie de 14 à 25 % selon la technologie utilisée alors que le rendement théorique maximum est d'environ 29%, de nombreux verrous restent donc à lever pour s'approcher de cette valeur. Un des points clé pour limiter les pertes par recombinaisons et obtenir une efficacité élevée est la passivation de surface. De plus le développement des nouvelles cellules est orienté vers la diminution de l'épaisseur, donc une bonne passivation de surface devient un facteur vital pour obtenir des hauts rendements.

Depuis 2005, il a été montré que des couches très minces d'alumine (Al₂O₃) déposé par ALD permettaient d'améliorer encore la passivation sur type p comme sur type n. L'ALD (Atomic Layer Deposition) est une technique de dépôt en phase vapeur séquentielle, qui permet la croissance de couches de très bonne qualité avec des vitesses de dépôt très bien contrôlées et avec une très bonne uniformité et conformité sur des grandes surfaces, ce qui en fait une technique idéale pour le dépôt de façon contrôlée de couches ultraminces et conformes. Néanmoins, de nombreux verrous restent à lever pour qu'elle puisse s'intégrer dans les procédés de fabrication de cellules en c-Si.

Le projet proposé vise à développer une structure de face arrière de cellule solaire en silicium cristallin, comprenant des couches de passivation élaborées par ALD, un BSF localisé et des métallisations, permettant d'atteindre de haut rendement de conversion (proche de 20%). L'effort portera sur l'optimisation des paramètres de dépôt et de recuit des couches d'Al₂O₃ par ALD thermique et plasma en établissant les corrélations entre les paramètres du dépôt et de recuit et les performances des couches déposées. Une attention particulière dans la première partie de la thèse sera donnée à l'ensemble substrat/dépôt et à l'effet des traitements de surface du substrat avant dépôt sur la passivation. L'optimisation du dépôt devra se faire sur différents types de substrats de silicium (CZ, FZ, type p et type n) et par les deux voies de dépôt, thermique et plasma. Les propriétés de couches ultra-minces d'Al₂O₃ (moins de 5 nm) seront étudiées d'un point de vue fondamental et applicatif.

Etudes des relations structure-propriétés de gels de polymères liquide ioniques (PILs) : vers des électrolytes gels pour le stockage de l'énergie

.....

DOCTORANT

Olivier Ratel

DIRECTEUR DE THÈSE

Jean-Charles Majeste

LABORATOIRE

IMP / Université Jean Monnet
Saint-Etienne

PARTENAIRE

Chimie - ENS

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Hydrogel, Rhéologie, PILs,
Percolation

.....

Face à la dépendance énergétique vis-à-vis du pétrole et nucléaire comme source d'énergie principale, la majorité des gouvernements veulent limiter cette dépendance. La recherche se tourne alors vers des solutions alternatives plus écologiques telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne mais aussi de nouvelles solutions de stockage de cette énergie ne mettant pas en utilisation des métaux toxique ou dangereux.

Ce projet s'inscrit dans les problématiques générales des matériaux innovant pour la production et le stockage de l'énergie électrique. Il se base sur l'utilisation de polymères construits autour d'unités itératives de types « liquide-ionique. Le but de cette thèse sera d'étudier les relations structure-propriété, en particulier les propriétés rhéologiques au sein de matériaux gels générés à partir de structures polymères incorporant des fonctions de type imidazolium sur les chaînes latérales. L'originalité de ces structures repose sur leur méthodologie de synthèse, propre au laboratoire de chimie de l'ENS Lyon, qui permet d'obtenir des structures présentant des paramètres (taille, géométrie linéaire ou branchée, degré de réticulation, nature chimique des extrémités de la chaîne polymère) extrêmement contrôlées, et ainsi d'obtenir une variété de structures pour l'établissement du modèle rhéologique sans commune mesure dans la littérature. Des études préliminaires sur des candidats simples ont mis en évidence le pouvoir gélifiant de ces structures, dont les caractéristiques rhéologiques semblent être étroitement liées à ces différents paramètres.

.....

Etude multi-échelle de la stabilité des mousses

.....

DOCTORANT

Andrea Titta

DIRECTRICE DE THÈSE

Anne Laure Bianco

LABORATOIRE

ILM / UCBL

PARTENAIRES

LMFA

LAFARGE

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Mousse, Matériaux moussés,
Matériaux allégés, Isolants,
Matériaux de construction,
Bâtiment

.....

Le chauffage dans le bâtiment pèse 30% de la consommation d'énergie française. Si on mettait l'ensemble du parc français au niveau de la réglementation thermique 2012, sa consommation d'énergie serait divisée par cinq. L'impact serait considérable¹ ». La première pierre dans l'édification d'un parc immobilier de Haute Qualité Environnementale est un matériau au fort pouvoir d'isolation thermique. Le matériau idéal pour ce faire est à la fois économe en matière première, produit sur site et à moindre coût, tout en combinant légèreté et une bonne tenue mécanique.

Les mousses de béton rassemblent toutes ces qualités. Cependant leur pouvoir isolant est aujourd'hui limité par leur stabilité : lorsque la fraction de gaz est trop haute, la mousse s'effondre avant d'avoir pu se solidifier en un matériau pérenne. L'objectif de ce projet est d'identifier et comprendre les mécanismes de désstabilisation d'une mousse et de les désactiver, afin d'obtenir une mousse ultrastable et un matériau à fort pouvoir isolant. Dans un premier temps, il s'agira d'étudier comment des déformations mécaniques imposées à un amas de bulles entraînent la rupture d'un film individuel, et si le réarrangement qui s'ensuit provoque la rupture des films voisins. L'étude sera expérimentale, grâce à des techniques d'interférométrie et d'imagerie rapide et théorique, grâce à des simulations numériques de type level-set. Ensuite, les règles de propagation observées à l'échelle locale permettront de construire des modèles statistiques simplifiés, capables de rendre compte des phénomènes globaux dans la mousse. Ces prédictions seront confrontées à des expériences « grandeur nature » sur une colonne de mousse de deux mètres de haut. L'originalité du projet réside dans l'approche multiéchelle et globale de la compréhension de la stabilité des mousses.

.....

Electrolytes polymères et électrodes de TiO₂ mésoporeuses pour cellules solaires à colorant

.....

DOCTORANT

Anil Bharwal

DIRECTRICE DE THÈSE

Fannie Alloin

LABORATOIRE

LEPMI / Grenoble INP

PARTENAIRES

GreenMAT-LCIS (Belgique)

AGC Glass Europe

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Cellule photovoltaïque, Cellule à colorant, Electrolyte polymère, Photoanode, TiO₂, Elaboration, Caractérisation physico-chimique et électrochimique

.....

Les cellules solaires actuelles permettent de convertir l'énergie solaire en électricité avec un rendement supérieur, pour les meilleurs systèmes, à 11 %. La technologie des « cellules solaires à colorant » de type Grätzel, basée sur l'utilisation d'une matrice nanoporeuse d'oxyde de titane sensibilisée par un colorant à base de ruthénium et imprégnée par un électrolyte liquide, a ouvert la voie à une nouvelle génération de cellules solaires hybrides organique-inorganique, qui connaît un développement important sur le plan de la recherche et en parallèle un début de développement industriel. Les recherches portent sur la compréhension des phénomènes aux interfaces, et l'optimisation des différents matériaux formant la cellule. De nombreux travaux ont porté sur l'amélioration des électrolytes et ont pour objet la synthèse et l'élaboration d'électrolytes performants, en particulier la substitution de l'électrolyte liquide par un électrolyte polymère plus sécuritaire (pas de fuite d'électrolyte liquide, pas d'évaporation) et permettant une stabilisation des performances (pas de désorption du colorant).

L'objectif de la thèse est double, concevoir un électrolyte polymère performant (conductivité ionique élevée, stabilité électrochimique, tenue mécanique) et des électrodes de TiO₂ à porosité adaptée. Dans le cadre de l'utilisation d'un électrolyte polymère, la porosité de la photoanode est l'un des paramètres clés, en effet l'ensemble de la porosité doit être rempli par l'électrolyte pour optimiser la qualité des interfaces électrolyte/colorant/électrode. C'est pourquoi nous proposons de développer une électrode de TiO₂ de porosité contrôlée, optimisée pour l'imprégnation d'espèces visqueuses. La synthèse de cette couche d'oxyde poreuse s'appuie sur les méthodes de template, permettant un contrôle de la taille et de l'organisation spatiale des pores ainsi que le maintien d'une surface spécifique élevée et accessible. Les performances obtenues en cellule à colorant avec les électrolytes et les électrodes sélectionnées seront évaluées.

.....

Propriétés mécaniques de Xérogels de silice : approche multi-échelle des isolants architecturés pour le bâtiment

.....

DOCTORANT

William Goncalves

DIRECTRICE DE THÈSE

Geneviève Foray

LABORATOIRE

MATEIS / UCBL

PARTENAIRES

SIMAP
EDF ENERBAT

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Matériaux pour l'énergie

MOTS CLÉS

Propriétés mécaniques, Isolant du bâtiment, Dynamique moléculaire, Dynamique des éléments discrets, Matériaux architecturés

.....

Au vu des réglementations actuelles, 75% du parc bâti français nécessite une rénovation énergétique. Parallèlement, la pression du prix de l'immobilier, impose sur le neuf comme sur l'existant une efficacité thermique optimale, couplée à une épaisseur d'isolant minimale. Les matériaux super isolants avec des conductivités inférieures à $40\text{mW}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (tels que les Xérogels de silice) peuvent répondre à ce cahier des charges extrêmement exigeant. Ils proposent une rupture technologique par rapport aux matériaux classiques (laines minérales, polystyrène expansé...) qui nécessitent des épaisseurs de 20 à 40 cm. Ces matériaux, tout récemment développés et commercialisés, ont une conductivité inférieure à celle de l'air sec statique. Les performances d'isolation sont donc très prometteuses, mais la durabilité de la structure est un verrou technologique et économique qu'il faut lever pour rendre possible l'utilisation massive de ces matériaux.

La mise en forme des Xérogels de silice par procédé sol-gel conduit à une microstructure très complexe qui se décline sur plusieurs échelles : des particules de quelques nanomètres de diamètre sont reliées par des ponts ou poutres dont la taille se situe autour du nanomètre pour former une structure tri-dimensionnelle de feuillets. Ces feuillets s'agglomèrent et forment des granulats distribués en taille (μm - mm), ce sont ces grains qui sont employés dans les composites isolants. La tenue mécanique de ces matériaux au cours de leur durée de vie est un paramètre clef. En effet, toute fissuration de plus de 30nm réduira drastiquement les propriétés thermiques. Toutefois, la mécanique, et en particulier la mécanique de la rupture de ces matériaux est mal connue à cause de la difficulté à relier les propriétés aux différentes échelles de microstructures. Cette thèse vise à apporter une démarche multi-échelle : de l'échelle du grain nanométrique à celle des feuillets. Il s'agira de coupler la Dynamique Moléculaire (MD – échelle nanoscopique) à la dynamique particulière ou méthode des éléments discrets (DEM – échelle mésoscopique).

.....

Production sélective de l'hydrogène : suivi operando par microscopie et nanoplasmonique environnementales de la réactivité catalytique des nanoalliages

DOCTORANT

Julien Ramade

DIRECTEUR DE THÈSE

Emmanuel Cottancin

LABORATOIRE

ILM / UCBL & CNRS

PARTENAIRES

MATEIS
IRCELYON

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Maîtrise de l'énergie
et des matières premières

MOTS CLÉS

Production d'hydrogène, Catalyse hétérogène, Nanoalliages, Nanoplasmonique operando, Microscopie électronique en transmission corrigée et environnementale

L'étude des nanoparticules a contribué à l'émergence des nanosciences et leurs propriétés peuvent être utilisées dans de nombreux domaines, comme la médecine, l'optique ou la catalyse. Pour étudier ces objets, de nombreuses techniques d'élaboration et de caractérisation ont été mises au point, notamment la synthèse par vaporisation laser développée au sein de la Plateforme Lyonnaise de Recherche sur les Agrégats (PLYRA). Le groupe « Agrégats et Nanostructures » (AGNANO) de l'Institut Lumière Matière s'est aussi spécialisé dans la technique de Spectroscopie par Modulation Spatiale (SMS) sous diverses formes afin d'étudier les propriétés optiques de ces nanoparticules métalliques préalablement triées en taille.

L'objectif de cette thèse est d'étudier des nanoalliages bimétalliques à base d'argent (Ag-Fe, Ag-Pt, Ag-Cu, Ag-In) à l'aide d'un nouveau dispositif, en cours de développement, utilisant les techniques précitées. Le caractère innovant de ce dispositif sera de pouvoir contrôler le milieu environnant (température, atmosphère, pression) de nos échantillons tout en réalisant des mesures optiques et catalytiques. En effet, ces nanoalliages peuvent être également utilisés comme catalyseurs de réactions chimiques, d'où l'importance du contrôle de leur environnement gazeux.

L'objectif principal de ces travaux est de mettre en évidence les mécanismes d'évolution à l'échelle atomique des catalyseurs bimétalliques, notamment dans les conditions expérimentales pour lesquelles ces catalyseurs sont susceptibles d'être utilisés dans l'industrie. Cette meilleure compréhension permettra ultérieurement d'optimiser les conditions de réaction catalytique (notamment diminuer les températures de réaction en vue d'une réduction du coût énergétique) et les catalyseurs eux-mêmes (structure plus stable, composition adaptée). Les systèmes associant un métal usuel (Ni, Fe) et un métal noble (Ag) sont de plus extrêmement prometteurs pour le reformage du méthane en hydrogène. Nous espérons aussi une avancée significative dans l'utilisation de la nanoplasmonique appliquée à la catalyse comme sonde de la structure du catalyseur, mais aussi du mécanisme réactionnel, ce qui est l'un des aspects les plus innovants de ce projet.

Gélification de dispersions d'argiles à l'aide de polymères

.....

DOCTORANT

Alban Pinel

DIRECTEUR DE THÈSE

Etienne Fleury

LABORATOIRE

IMP / INSA LYON

PARTENAIRES

AMPERE

SCHNEIDER ELECTRIC - NOVASIC

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Maîtrise de l'énergie
et des matières premières

MOTS CLÉS

Sobriété énergétique, Bâtiments basse consommation, Contenu énergétique des matériaux, Matériaux et développement durable, Procédés industriels, Maîtrise par la conception des matériaux, Des structures et des procédés industriels (allègement, ressources naturelles, recyclage)

.....

La construction d'habitat en terre crue réclame 60 fois moins d'énergie que nos techniques modernes en béton armé. Développer ce mode de construction est donc un enjeu environnemental majeur. Bien que plus du tiers de la population mondiale vit dans un habitat en terre crue, depuis pratiquement 2000 ans les techniques de ce mode de construction n'ont pratiquement pas évolué. Deux freins peuvent expliquer cet immobilisme de la construction en terre crue : premièrement, une très grande disparité des propriétés du matériau qui complique la normalisation ; ensuite, une productivité trop faible, qui reste à l'état artisanal, en décalage avec les pratiques actuelles de la construction, avec pour conséquence un prix de revient élevé. Une large diffusion de ce mode de construction ne pourra pas se faire sans solution à ces deux problèmes.

L'idée principale du présent projet concerne le deuxième point. Nous nous proposons d'adapter le matériau «terre» aux techniques constructives actuelles en mettant au point des bétons d'argiles coulables permettant une mise en oeuvre analogue à celle d'un béton de ciment, tout en permettant un durcissement suffisamment rapide pour un décoffrage dans un délai raisonnable. Nous envisageons d'obtenir un tel phénomène par l'introduction de polymères autorisant une gélification de la matrice à base d'argile, contrôlée dans le temps. Cette idée est issue de procédés d'élaboration utilisés dans l'industrie de la céramique. Dans un premier temps, des produits fortement chargés et de viscosité adaptée permettront une mise en forme par coulage dans des banches. Dans un second temps, ces mêmes polymères devront provoquer la transition de la suspension vers un état solide, afin de permettre un enlèvement rapide des banches. A terme, nous pensons utiliser des biopolymères, même si pour le début de l'étude, l'utilisation de polymères de synthèse bien définis, contrôlables et modifiables, permettra d'accélérer la démarche.

.....

Convertisseur de puissance intégré à fort rendement à base de composants « grand gap » pour applications photovoltaïques

DOCTORANT

Leonardo Ruffeil De Oliveira

DIRECTEUR DE THÈSE

Yvan Avenas

LABORATOIRE

G2Elab / Grenoble INP

PARTENAIRES

AMPERE
SCHNEIDER ELECTRIC

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Maîtrise de l'énergie
et des matières premières

MOTS CLÉS

Efficacité énergétique, Solaire
PV, Convertisseur de puissance

La gestion des systèmes de production électrique à base d'une source d'énergie photovoltaïque repose sur la mise en oeuvre de convertisseurs d'électronique de puissance. Ils doivent avoir principalement un rendement élevé, être fiables et pouvoir s'insérer aisément dans l'architecture du système.

Les composants semi-conducteurs en matériau « grand gap » carbure de silicium (SiC) et nitrure de gallium (GaN) ouvrent des perspectives de ruptures technologiques avec des vitesses de commutations qui peuvent être jusqu'à dix fois plus rapides que leurs équivalents en silicium. Ils permettent ainsi une réduction des pertes lors de chaque commutation. Leur utilisation rend également possible un fonctionnement à plus haute température sans accroissement significatif des pertes en conduction contrairement aux composants unipolaires en silicium. Une fréquence de découpage élevée et un fonctionnement à haute température permettent alors d'envisager la fabrication de convertisseurs beaucoup plus compacts.

Le projet présenté ici a pour objectif d'améliorer la mise en oeuvre des composants semi-conducteurs à grand gap en proposant une rupture sur les modes de packaging des puces de puissance par l'utilisation d'une architecture de type tridimensionnelle permettant de positionner les puces d'une même cellule de commutation de la manière la plus rapprochée possible. En effet ce mode de packaging, étudié au G2Elab, permet une réduction notable des inductances parasites. Il sera ainsi possible d'utiliser ces composants de puissance « grand gap » à leur vitesse de commutation maximale tout en évitant un surdimensionnement en tension et en contenant les perturbations de type CEM. Ce travail se basera sur l'utilisation de puces semi-conductrices nouvellement disponibles en matériaux SiC (ex. MOSFET CREE 1200V) et/ou en GaN (ex. HEMT EPC 200V). Le convertisseur visé pour l'application panneau photovoltaïque est un convertisseur DC/DC dont la puissance sera adaptée à un panneau. Cette thèse sera effectuée en trois phases principales : le choix du convertisseur, les développements technologiques pour la réalisation du packaging tridimensionnel et la réalisation du démonstrateur.

Développement d'une machine de Stirling pour la valorisation d'énergie thermique

.....

DOCTORANTE

Gwyddyon Fenies

DIRECTEUR DE THÈSE

Fabien Formosa

LABORATOIRE

SYMME / Université de Savoie

PARTENAIRES

LOCIE
STIRAL

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Energies renouvelables

MOTS CLÉS

Conversion thermique
basse température, Machine
de Stirling

.....

Les apports d'énergie solaire thermiques et les besoins énergétiques sont souvent déphasés dans le temps. Des solutions de stockage thermique ont donc été proposées. Ces technologies sont utilisées principalement aujourd'hui pour le chauffage du bâtiment. La conversion d'une part de cette énergie thermique en énergie électrique permettrait de compléter la restitution de chaleur pour répondre à des besoins plus larges (micro-cogénération ou solution alternative au stockage de l'électricité photovoltaïque dans des batteries).

Compte tenu du niveau de température bas ($T_{\text{chaud}} \leq 100^{\circ}\text{C}$) du stockage thermique, les principes de conversion thermique-électrique envisageables sont la thermoélectricité, le cycle de Rankine organique ou le cycle de Stirling. Dans tous les cas, le rendement intrinsèquement faible à basse température doit être compensé par un coût faible de l'énergie électrique produite. Les trop faibles rendements de conversion des matériaux thermoélectriques disponibles en font une solution non économiquement viable à ce jour. Les machines de Rankine à fluide organique ont en rendement supérieur mais restent à fiabiliser. L'utilisation de machines de Stirling pour la génération d'énergie électrique n'a fait l'objet que de peu d'études à ce jour. Pourtant, la simplicité de ces machines ainsi que la possibilité de concevoir un système totalement hermétique augmentant leur fiabilité et leur robustesse en font une technologie potentiellement peu coûteuse.

Ces travaux visent l'optimisation globale d'un générateur Stirling, par une architecture adaptée et la mise en place de modèles multi-physiques couplés (thermique, thermodynamique, mécanique, électromécanique, électrique). Ils porteront sur la caractérisation des différents composants du moteur en parallèle du développement d'un modèle de machine Stirling qui devrait conduire en fin de thèse à la réalisation d'une machine fonctionnelle.

.....

Récupération d'énergie thermique avec des couches minces pyroélectriques monocristallines intégrées pour la génération d'électricité embarquée

DOCTORANTE

Rahma Moalla

DIRECTEUR DE THÈSE

Romain Bachelet

LABORATOIRE

INL / Ecole Centrale Lyon

PARTENAIRES

LGEF, CEA-LETI
ST MICROELECTRONICS

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Energies renouvelables

MOTS CLÉS

Pyroélectricité, Stratégies d'innovation, Récupération de l'énergie thermique, Matériaux et développement durable, Hétérostructure monocristalline, Intégration sur silicium

L'exploitation des énergies renouvelables est devenue un enjeu majeur pour les sociétés actuelles. L'énergie thermique, associée à la dissipation de chaleur dans les dispositifs microélectroniques intégrés et miniaturisés, n'est souvent pas contrôlée ou perdue. Les matériaux pyroélectriques (PE) sont intéressants dans ce contexte grâce à leur efficacité thermodynamique et la possibilité de les utiliser dans des systèmes compacts. Contrairement aux matériaux thermoélectriques qui exigent un maintien du gradient thermique pour produire de l'électricité, les matériaux pyroélectriques ne nécessitent que des variations temporelles de la température pour générer de l'énergie électrique.

Tirant avantage du savoir-faire de l'INL sur l'élaboration de matériaux en couches minces et particulièrement la croissance d'oxydes fonctionnels sur des plateformes semi-conductrices à forte valeur technologique par épitaxie par jet moléculaire (MBE), des couches minces PE monocristallines seront élaborées sur Si via des couches tampons de SrTiO₃. Les hétérostructures étudiées dans ce projet, pour la récupération d'énergie électrique, peuvent être décrites comme une couche PE intercalée entre deux électrodes métalliques. L'électrode inférieure est élaborée sur la couche tampon de SrTiO₃, elle-même intégrée sur Si.

A notre connaissance, les rendements de conversion d'énergie thermique en énergie électrique basés sur des couches minces pyroélectriques monocristallines n'ont pas encore été étudiés jusqu'à maintenant. La thèse vise donc à améliorer les rendements de conversion énergétiques en se basant sur les hétérostructures optimisées (couches minces monocristallines). Il s'agit notamment d'élaborer des matériaux de structure pérovskite ayant des coefficients PE les plus élevés sur un empilement épitaxié comprenant une couche d'oxyde conductrice servant d'électrode inférieure. Ces couches inférieures de même structure mais de paramètres de maille plus petits que les oxydes PE actifs, induiront ainsi des contraintes de compression dans le plan qui permettraient d'obtenir un axe de polarisation vertical favorable. Ces couches seront épitaxiées sur des couches tampons de SrTiO₃/Si réalisées par MBE. Les propriétés structurales et électriques seront étudiées en détail par diffraction des rayons X (DRX) et par des mesures électriques macroscopiques (C-V, I-V et P-E). Des caractérisations PE, des mesures de rendements énergétiques et des corrélations structure propriétés avec des mesures plus complètes en température au voisinage de la température de transition de Phase (T_c) seront effectuées.

Conversion d'énergie électrocinétique en nano-fluidique

DOCTORANTE

Preeti Sharma

DIRECTRICE DE THÈSE

Elisabeth Charlaix

LABORATOIRE

LiPhy / UJF

PARTENAIRE

CEA-LETI

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Energies renouvelables

MOTS CLÉS

Nano-fluidique, Conversion d'énergie, Interfaces fluides pour l'énergie

Il y a 37 ans Loeb démontrait la possibilité théorique de recouvrer la pression osmotique de l'eau de mer comme source de travail mécanique par **pression-retarded-osmosis (PRO)**. Un an plus tard Weinstein proposait de convertir cette pression osmotique en énergie électrique par **électro-dyalise inverse (reverse-electrodialysis, RED)**.

Aujourd'hui ces procédés reçoivent un regain d'intérêt car il est estimé que "l'énergie bleue" des rivières se mélangeant à l'eau de mer pourrait engendrer jusqu'à 150 GW de puissance renouvelable, assurant les besoins électriques d'un demi-milliard de personnes en utilisant un dixième seulement du flux d'eau douce. Il est important de préciser que la PRO et la RED ont la même source physique, à savoir l'interaction des ions avec une paroi chargée, l'accumulation des contre-ions dans la double-couche électrostatique (EDL), et le couplage des transports hydrodynamique/électrique/osmotique induit par ces interactions de surfaces lorsque des forces thermodynamiques sont appliquées dans le volume du liquide (gradients de pression, tension ou concentration). Parmi ces six transports couplés, trois sont d'intérêt pour la récupération d'énergies renouvelables. Les deux premiers sont la PRO et la RED, le troisième appelé conversion d'énergie électrocinétique (EKC) utilise un gradient de pression mécanique pour la génération d'électricité. Ces transports couplés, qui tirent profit des propriétés interfaciales, sont au coeur des enjeux actuels de la nanofluidique.

L'objectif de la thèse est de développer une instrumentation originale et de haute résolution pour l'étude fondamentale des mécanismes gouvernant le transport couplé. Il s'agit de déterminer sur la même surface et de façon concomitante : (i) les propriétés qui déterminent le transport couplé, à savoir les propriétés électrostatiques de surface (charge, potentiel, effets de régulation) et les propriétés hydrodynamiques interfaciales (condition limite, plan de glissement), et (ii) les effets de transport en résultant : potentiel zeta, conductivité de surface. L'enjeu est d'être en mesure de confronter quantitativement les approches théoriques, telles que par exemple l'équation de Helmholtz-Schmolukovski qui exprime le potentiel zeta en fonction du potentiel de surface, et qui n'a essentiellement pas été vérifiée expérimentalement.

PHOCYL (Photolithographie cylindrique sur revêtement sol-gel photogravable)

DOCTORANT

Loïc Berthod

DIRECTEUR DE THÈSE

Yves Jourlin

LABORATOIRE

LabHC / Université Jean Monnet
Saint-Etienne

PARTENAIRES

LMGP
HEF

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Energies renouvelables

MOTS CLÉS

Matériaux pour le stockage
d'énergie, Solaire thermique

Le solaire thermodynamique est basé sur la concentration du rayonnement solaire par l'intermédiaire d'un dispositif optique focalisant ou non ce rayonnement sur un système de production de chaleur, associant un récepteur et un fluide caloporteur. La chaleur produite est ensuite convertie en électricité.

C'est dans ce cadre, que s'inscrit ce projet puisqu'il vise à augmenter le rendement des tubes collecteurs équipant les centrales solaires à concentration : à miroirs simples, miroirs cylindro-paraboliques ou miroirs de Fresnel ou encore à tour Comme pour le Photovoltaïque, le récepteur doit recevoir et absorber via une couche absorbante le maximum du spectre solaire incident. Mais il doit aussi sous l'effet de l'échauffement limiter les pertes par radiation ou par convection et donc maintenir une émissivité faible dans le domaine de l'IR. C'est tout l'enjeu scientifique et économique auquel ce projet veut participer et proposer des solutions innovantes

Ce travail de thèse concerne l'amélioration des performances énergétiques de tubes récepteurs présents dans des centrales thermique à concentration. Il portera sur plusieurs objectifs. En premier lieu, il conviendra d'obtenir une couche mince limitant l'émissivité sur un support cylindrique porteur ou non d'une couche absorbante (définie par le partenaire industriel). Cette étape réalisée par voie sol-gel, procédé flexible et économique, nécessitera de proposer plusieurs formulations adaptées à des tubes en matériaux variés afin que le revêtement présente une adhésion maximale au support. Elle conduira à un film mince photosensible. L'étape de gravure sub-micrométrique, déjà maîtrisée sur des supports plans de grandes dimensions, sera ensuite réalisée sur ces tubes en adaptant la méthode de gravure à la géométrie cylindro-circulaire des substrats en liaison avec la nature de la résine solgel. D'autre part, la résine étant à base de TiO₂, les propriétés photocatalytiques seront également exploitées en vue de garantir un bon état de propreté des surfaces. L'obtention d'une couche micro-structurée en surface des tubes récepteurs permettant un contrôle de l'émissivité, des mesures radiatives seront ensuite réalisées pour évaluer les performances énergétiques de ces nouveaux supports, dans le cadre du partenariat avec l'INES.

Gestion coopérative de flotte de véhicules électriques en vue de son intégration optimale au réseau électrique

.....

DOCTORANT

Andrès Antonio Ovalle Villamil

DIRECTEUR DE THÈSE

Seddik Bacha

LABORATOIRE

G2Elab / UJF

PARTENAIRES

GIPSA-Lab
SCHNEIDER ELECTRIC

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Réseaux énergétiques

MOTS CLÉS

Véhicule électrique, Réseau électrique, Supervision, Commande qualité de l'énergie, Plan de tension, Optimisation

.....

La raréfaction des réserves de pétrole et la forte dépendance du secteur de transport terrestre aux énergies fossiles explique la nécessité d'approfondir la recherches sur les véhicules rechargeables (Électriques et Hybrides). Il est convenu maintenant que le remplacement progressif des véhicules conventionnels par les véhicules rechargeables ne conduirait pas forcément à une diminution des gaz à effet de serre mais pourraient les augmenter considérablement. Le véhicule électrique rechargeable, qu'il soit hybride ou purement électrique nécessite à la fois des équipements physiques et une gestion adaptée.

En effet, les impacts attendus peuvent être des plus critiques: Localement sur la qualité de l'énergie: plan de tension, déséquilibres, harmoniques, etc. Globalement sur le réseau de manière générale: plan de fréquence, stabilité, recours à la construction d'ouvrages supplémentaires de production à partir des énergies fossiles. Ces impacts amènent naturellement à envisager les moyens à même de gérer la demande spatio-temporelle de ces véhicules de manière à l'adapter aux contraintes technoéconomiques du réseau.

On envisage dans cette thèse de faire tout d'abord une recherche sur les impacts attendus avec des scénarii convenus sur l'évolution de la flotte de véhicules rechargeables sur un horizon de 20 ans. De là une évaluation sera faite sur les impacts attendus les plus critiques. Les travaux iront ensuite vers la recherche de solutions de coordinations déterministes ayant comme entrée une distribution statistique portant sur les véhicules, à savoir sur leur emplacement, leurs états de charge et la puissance de recharge. Les chargeurs qui seront pris en compte seront réversibles, donc pourront alimenter le réseau si nécessaire, cette réversibilité, naturellement, concerne aussi l'énergie réactive. Le périmètre de la flotte sera dans un premier temps conscrit à un quartier. Les algorithmes de contrôle commande distribués devront bien sûr minimiser les impacts négatifs sur le réseau mais également fournir des services systèmes en coordination avec les autres charges et ressources locales qu'elles soient pilotables ou non.

.....

Gestion intelligente de l'énergie fondée sur les réseaux de capteurs dans le contexte de l'habitat collectif

.....

DOCTORANT

Romain Cailliere

DIRECTEUR DE THÈSE

Samir Aknine

LABORATOIRE

LIRIS / UCBL

PARTENAIRES

DISP
BOUYGUES CONSTRUCTION

DURÉE DE LA THÈSE

2013 - 2016

AXE THÉMATIQUE DE THÈSE

Réseaux énergétiques

MOTS CLÉS

Efficacité énergétique / Sobriété énergétique, Demande d'énergie, Comportements de consommation, Bâtiments basse consommation, Réseaux intelligents, Ville et énergie, Régulation du système énergétique

.....

Le contexte énergétique actuel et l'accroissement des prix des ressources énergétiques impactent fortement les politiques gouvernementales de production de cette énergie. Les réflexions sur les techniques de réduction des coûts de production font de plus en plus écho auprès des autorités concernées. Plusieurs consortiums rassemblant autorités publiques et entreprises (ex., le projet Grid4EU) visent à tester des solutions ayant pour objectif, en plus de la réduction de coût de production, une meilleure gestion du réseau et des politiques d'incitation à la réduction de la consommation d'énergie, via des attitudes écoresponsables. Cette réflexion passe notamment par la proposition de nouveaux modes de pilotage de la consommation énergétique dans les différents types d'habitats et d'infrastructures collectives (résidentiel, tertiaire, industriel,...) en tenant compte des caractéristiques propres à chacun.

Pour permettre la réduction de la consommation d'énergie dans les infrastructures collectives, les conditions d'exploitation de ces structures ainsi que les profils et les comportements propres aux usagers doivent être intégrés en amont, i.e., au stade même de la conception et de la construction de ces infrastructures. L'objectif de ce projet est de proposer et de tester, un système intelligent pour le contrôle et la gestion distribués de la consommation énergétique dans ces structures collectives. Notre approche s'appuiera sur l'étude de trois leviers : La gestion distribuée de contrats incitatifs de consommation énergétique de type « gagnant-gagnant », le captage des données d'usage de l'énergie couplé à un mécanisme de raisonnement approprié sur les comportements des usagers et la mise en place de politiques de gestion mutualisée de l'énergie dans ces infrastructures collectives.

.....



ARC 4 ÉNERGIES

**Livret des thèses
2012 - 2013**

Publication : automne 2014

Graphisme : Graphéine.com

Mise en page : Marina Glavanovic

Email : elisabeth.brochier@G2elab.
grenoble-inp.fr

Crédits photographiques : © iStockphoto/
Denis Raev, Peter Evans, Nuno André

.....



NOUS CONTACTER

ARC 4 - ÉNERGIES

G2ELAB - 11, rue des Mathématiques / Domaine universitaire BP 46 - 38402 Saint-Martin-d'Hères cedex
Tél. : 04 76 82 71 68 - Email : elisabeth.brochier@G2elab.grenoble-inp.fr
<http://www.arc4-energies.rhonealpes.fr>