



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE



Thèse en cotutelle France-Québec

Titre

"Cellules solaires haut rendement sous très forte concentration de l'Energie Solaire"
High-efficiency solar cells under very high solar energy concentration

Partenaires:

[Unité Mixte Internationale CNRS 3463 LN2](#) (Laboratoire Nanotechnologies & Nanosystèmes)
[Université de Sherbrooke](#). [CRN² \(Québec-Canada\)](#)

Laboratoire d'excellence SOLSTICE CNRS-Université de Perpignan
Laboratoire [PROMES-CNRS, Odeillo et Perpignan \(France\)](#)

Description du sujet:

Le développement de nouvelles cellules solaires "multi-jonctions" capables de convertir beaucoup plus efficacement le spectre solaire que des cellules PV traditionnelles a largement contribué au récent essor des technologies CPV (Concentrating Photovoltaics). Sous concentration du rayonnement solaire, les cellules présentent en effet des rendements de conversion accrus; la concentration est en outre le seul moyen de réduire le coût de production de l'électricité produite par des systèmes PV terrestres utilisant ces cellules. Les multi-jonctions, et en particulier les tri-jonctions à base de semi-conducteurs III-V (tels que InGaP/InGaAs/Ge) ont permis l'année dernière d'atteindre des rendements de conversion supérieurs à 42%.

Outre l'augmentation du nombre de jonctions, qui favorise théoriquement l'efficacité de conversion, l'obtention d'une combinaison optimale des énergies de gap dans un empilement est l'une des clefs pour obtenir un rendement de conversion le plus élevé possible. La croissance métamorphique permet en principe de réaliser des empilements présentant un minimum de défauts cristallins, mais de nombreuses combinaisons de semi-conducteurs ne peuvent être obtenues directement de cette façon en raison d'un désaccord de maille cristalline trop important. En avril dernier, la compagnie américaine Solar Junction a obtenu un rendement de conversion record de 43,5% sous 400 soleils avec sa cellule A-Slam utilisant un empilement de semi-conducteur "à énergie de gap modulable" grâce à l'incorporation d'azote dans la jonction en GaInAs convertissant les photons infrarouges. Une autre voie consiste à incorporer des nanostructures telles que les boîtes quantiques (QD: Quantum dots) dans un ou plusieurs empilements afin de moduler le gap. Cette solution est par exemple utilisée par la compagnie canadienne Cyrium.

En parallèle à ces développements relatifs à la structure des cellules, l'utilisation de concentrations plus élevées est l'une des nouvelles voies privilégiées pour réduire le coût de l'électricité produite par les systèmes CPV; dans ce cas, il est souhaitable que la cellule présente des caractéristiques optimales au voisinage du taux de concentration souhaité. Si la plupart des cellules III-V commerciales présentent un maximum de rendement à 500 soleils, concentration qui correspond à celle utilisée dans les systèmes CPV actuellement en opération, celles-ci voient leurs caractéristiques se dégrader rapidement dès que la concentration dépasse sensiblement cette valeur nominale. Toutefois, les cellules développées par Cyrium ou Solar Junction préservent des valeurs de rendement très élevées au-delà de 1000 soleils, rendant d'ores et déjà intéressante leur utilisation à ce niveau de concentration.

L'objectif de cette thèse est de contribuer au développement de cellules solaires capables de fonctionner à des concentrations de l'ordre de 1500 à 2000 soleils avec des rendements très élevés dans le but de réduire le coût de l'électricité produite par des technologies CPV et rendre celles-ci plus compétitives que leurs concurrentes. Outre une contribution au développement de nouvelles cellules à très haut rendement, il s'agira de maîtriser les aspects optiques et thermiques inhérents à l'utilisation de fortes concentrations; on cherchera en particulier à limiter l'échauffement pouvant résulter de l'utilisation de concentrations très élevées. La thèse comportera donc des aspects élaboration et caractérisation de cellules solaires. Cette partie du travail sera principalement réalisée à l'Université de Sherbrooke au Québec. Elle sera a priori focalisée sur des cellules solaires multi-jonctions à base de nanostructures permettant le confinement quantique, en particulier les boîtes quantiques (Quantum Dots). Les caractérisations des cellules seront en partie réalisées à Sherbrooke et en collaboration avec l'Université d'Ottawa dans le cadre du laboratoire commun « [4CPV Canadian Collaborative Center on Concentrated PhotoVoltaïcs](#) », les tests sous concentration seront réalisés dans ce cas à l'aide de simulateurs. Une partie du travail portera également sur l'intégration des cellules dans des carriers appropriés permettant d'évacuer efficacement la chaleur.

Des tests sous concentration solaire réelle seront effectués en France à Odeillo. Outre la caractérisation in situ des propriétés photovoltaïques des cellules, le travail expérimental réalisé en France portera également sur la modélisation et la caractérisation du système optique de concentration ainsi que sur la caractérisation de l'efficacité du transfert de chaleur et l'optimisation du système de refroidissement. Dans le cadre de cette collaboration franco-québécoise, le doctorant devra concourir au développement de moyens expérimentaux et plus largement d'approches et d'outils utilisables dans les 2 laboratoires d'accueil.

Financement:

Le candidat retenu pour ce projet bénéficiera d'une bourse d'études pour une durée de trois ans complémentée par les indemnités de déplacement ou séjour en lien avec la nature internationale du projet. Il sera inscrit en thèse à l'Université de Sherbrooke au Québec et à l'Université de Perpignan en France et obtiendra les deux diplômes en vertu des accords de cotutelle France-Québec. (contacter les porteurs de projet pour plus d'information au besoin).

Profil recherché:

Le candidat devra effectuer un travail de recherche pluridisciplinaire à dominante expérimentale mais comportant également des travaux de simulation. Il devra avoir des connaissances solides en électronique, nanotechnologies et en transferts thermiques. Des connaissances de base en physique du solide (photovoltaïque) et en optique sont également souhaitables. Le doctorant réalisera une partie de ses travaux de recherche à l'Université de Sherbrooke au Québec, et l'autre partie en France à **PROMES (site d'Odeillo)**. La durée des séjours sur l'un ou l'autre des 2 sites sera ajustée en fonction des besoins du projet. L'intérêt du candidat pour l'aspect de mobilité internationale inhérente à ce projet sera donc, outre la qualité scientifique, l'un des critères de sélection du candidat.

Contacts:

Vincent Aimez: Vincent.Aimez@Usherbrooke.ca , Tel: (819)-821-8000, poste 62137

Alain Dollet: dollet@univ-perp.fr, Tel: +33 4 68682212